

PRA RANCANGAN
PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Kimia



Oleh:

Nama : Imelza Viridhyani Pramesti
No. Mhs : 18521142

Nama : Septiani Putri
No. Mhs : 18521219

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN

PRA RANCANGAN PABRIK
ISLAM

Oleh:

Nama	: Imelza Virdhyani Pramesti	Nama	: Septiani Putri
No. Mhs	: 18521142	No. Mhs	: 18521219

Yogyakarta, 15 Juli 2022

Pembimbing I,



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.

Pembimbing II,



Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.

الجامعة الإسلامية
الاستدرا

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imelza Virdhiyani Pramesti
No. Mhs : 18521142

Nama : Septiani Putri
No. Mhs : 18521219

Yogyakarta, 15 Juli 2022

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan 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.



Imelza Virdhiyani Pramesti



Septiani Putri

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Imelza Virdhyani Pramesti Nama : Septiani Putri
No. Mhs : 18521142 No. Mhs : 18521219

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 15 Juli 2022

Tim Penguji,

Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng.

Ketua

Lucky Wahyu Nuzulia, S.T., M.Eng.

Anggota I

Venitalitya Alethea SA, S.T., M.Eng.

Anggota II



Three handwritten signatures are present on the right side of the document, each on a horizontal line. The top signature is dated 19/7/22.

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr., Wb.

Puji syukur kehadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN”** tepat waktu.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S1) Teknik Kimia di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu menyelesaikan laporan ini secara langsung maupun tidak, yang terhormat :

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 mendoakan kami serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., dan Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng. selaku pembimbing tugas akhir.
6. Teman-teman seperjuangan Angkatan 2018 yang selalu memberikan semangat.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir.

Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya. Penulis

menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

Wassalamu 'alaikum Wr., Wb.

Yogyakarta, 17 Juli 2022

Penyusun



LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* hingga akhir hayat kita

Bapak Ilhamsyah dan Ibu Enok Supriatiningsih serta adik saya tercinta, Vanaya yang selalu memberikan do'a dan motivasi dan kasih sayang yang luar biasa.

Septiani Putri sebagai partner pra rancangan pabrik saya, dari masa kepanitiaan, kerja praktik dan penelitian yang sudah sabar selama ini dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, dan semangat selama ini. Semoga kita bisa mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri maupun orang lain.

Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, terimakasih atas bimbingan dan arahnya selama ini sehingga kami dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik.

Ujut (Farah, Saila, Rina, Ayu, Helma, Nickyta) sahabat saya, terima kasih telah memberikan dukungan dari jaman smp hingga saat ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepan nya.

Definisi Bahagia (Titah, Nabila, Nada, Amel, Nisa, Syahrul, Daffa, Milzam) dan Widya Millatina sahabat saya, terima kasih telah memberikan dukungan dari jaman man hingga saat ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepan nya.

Amelia, Dwi dan Jijah sahabat saya, terima kasih telah memberikan dukungan dari jaman kuliah hingga saat ini. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepan nya.

Imelza Virdhyani Pramesti

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shalallahu Alaihi Wassalam* hingga akhir hayat kita.

Papa, mama, dan adik saya tercinta yang selalu memberikan doa dan kasih sayang yang luar biasa untuk saya. Imelza Virdhyani sebagai partner pra rancangan pabrik saya, dari masa kepanitiaan, kerja praktik dan penelitian yang sudah sabar selama ini dan terus berjuang dalam penyusunan pra rancangan pabrik ini. Terima kasih atas waktu, ilmu, dan semangat selama ini. Semoga kita bisa mendapatkan ilmu yang bermanfaat untuk diri sendiri maupun orang lain.

Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lilis Kistriyani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, terimakasih atas bimbingan dan arahnya selama ini sehingga kami dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik.

Kewl (Karin, Fida, Nadien, Reindita, dan Tiana), Inaz, Ganis, Farid, Group Guyon (Irena, Dhiavara, Thoriq, dan Vierdi) sahabat saya, terima kasih atas semua dukungannya sedari dulu hingga sekarang. Semoga kita diberikan ilmu yang bermanfaat dan sukses bersama untuk kedepannya.

Untuk Zulfa, Zalza, Guntur, Nasha, dan Jijah sahabat-sahabat saya di kuliah terima kasih banyak atas semua waktu dan dukungannya sampai saat ini. Semoga kita mendapatkan ilmu yang bermanfaat dan sukses untuk kedepannya.

Septiani Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan.....	3
1.2.1 Pabrik yang Memproduksi Krotonaldehid di Dunia	4
1.3 Tinjauan Pustaka.....	5
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	7
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	7
1.4.2 Tinjauan Kinetika	11
BAB II.....	14
PERANCANGAN PRODUK	14
2.1 Spesifikasi Bahan.....	14
2.2 Pengendalian Kualitas.....	16
2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	16
2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses.....	16
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk.....	18
BAB III	20
PERANCANGAN PROSES	20
3.1 Diagram Alir Kualitatif.....	20
3.2 Uraian Proses	21
3.2.1 Unit Persiapan Bahan Baku.....	21
3.2.2 Unit Reaksi Proses.....	21

3.2.3	Unit Pemurnian dan Penyimpanan	23
3.3	Diagram Alir Kuantitatif.....	25
3.4	Spesifikasi Alat	26
3.4.1	Spesifikasi Reaktor.....	26
3.4.2	Spesifikasi Alat Pemisah dan Pendukung	27
3.4.3	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan.....	35
3.4.4	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan	36
3.4.5	Spesifikasi Alat Penukar Panas	40
3.5	Neraca Massa	52
3.5.1	Neraca Massa Total	52
3.5.2	Neraca Massa Alat.....	53
3.6	Neraca Panas	56
BAB IV	60
PERANCANGAN PABRIK	60
4.1	Lokasi Pabrik	60
4.1.1	Faktor Primer.....	61
4.1.2	Faktor Sekunder	63
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	64
4.2.1	Perkantoran/Administrasi.....	65
4.2.2	Proses.....	65
4.2.3	Instalasi dan Utilitas	66
4.2.4	Fasilitas Umum.....	66
4.2.5	Keamanan	66
4.2.6	Pengolahan Limbah.....	66
4.2.7	Perluasan	67
4.3	Tata Letak Mesin/ Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	70
4.3.1	Aliran Bahan Baku dan Produk.....	70
4.3.2	Aliran Udara	70
4.3.3	Pencahayaan	70
4.3.4	Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	71
4.3.5	Jarak Antar Alat Proses	71
4.3.6	Pertimbangan Ekonomi	71
4.4	Organisasi Perusahaan	75
4.4.1	Bentuk perusahaan	75

4.4.2	Struktur Organisasi.....	76
4.4.3	Tugas dan Wewenang	79
4.4.4	Status, Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan.....	85
4.4.5	Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan.....	88
4.4.6	Ketenagakerjaan	91
BAB V.....		95
UTILITAS.....		95
5.1	Unit Penyedia dan Pengolahan Air (Water Treatment System)	95
5.1.1	Unit Penyedia Air	95
5.1.2	Unit Pengelolaan Air	101
5.2	Kebutuhan Air.....	106
5.3	Unit Pembangkit Steam	109
5.4	Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik	109
5.5	Unit Penyedia Udara Instrumen.....	112
5.6	Unit Penyedia Bahan Bakar	113
5.7	Unit Pengolahan Limbah	113
5.8	Spesifikasi Alat Utilitas	114
BAB VI.....		124
EVALUASI EKONOMI.....		124
6.1	Harga Alat.....	125
6.1.1	Dasar Perhitungan	128
6.1.2	Perkiraan Harga Alat	129
6.1.3	Perhitungan Biaya	132
6.1.3.1	Modal (Capital Investment).....	132
6.1.3.2	Biaya Produksi (Manufacturing Cost)	135
6.1.3.3	Pengeluaran Umum (General Expenses)	138
6.1.4	Analisa Keuntungan	139
6.1.5	Analisa Kelayakan.....	139
6.1.5.1	Return on Investment (ROI)	139
6.1.5.2	Pay Out Time (POT).....	140
6.1.5.3	Break Event Point (BEP).....	142
6.1.5.4	Shut Down Point (SDP).....	144
6.1.5.5	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)	145
BAB VII.....		149

PENUTUP.....	149
7.1 Kesimpulan	149
7.2 Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN.....	154



DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Pabrik Produsen Krotonaldehid di Dunia.....	4
Tabel 1. 2 Nilai ΔH_f^0 dan ΔG_f^0 masing – masing komponen.....	7
Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan.....	14
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor	26
Tabel 3. 2 Spesifikasi Filter	27
Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi 1.....	28
Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi 2.....	30
Tabel 3. 5 Spesifikasi Decanter.....	32
Tabel 3. 6 Spesifikasi Akumulator 1.....	33
Tabel 3. 7 Spesifikasi Akumulator 2.....	34
Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan	35
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (1)	36
Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (2)	37
Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (3)	38
Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (4)	39
Tabel 3. 13 Spesifikasi Heater 1	40
Tabel 3. 14 Spesifikasi Heater 2	41
Tabel 3. 15 Spesifikasi Heater 3	42
Tabel 3. 16 Spesifikasi Heater 4	43
Tabel 3. 17 Spesifikasi Heater 5	44
Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater 6	45
Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler 1	46
Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler 2	47
Tabel 3. 21 Spesifikasi Condensor 1.....	48
Tabel 3. 22 Spesifikasi Condensor 2.....	49
Tabel 3. 23 Spesifikasi Reboiler 1	50
Tabel 3. 24 Spesifikasi Reboiler 2	51
Tabel 3. 25 Neraca Massa Total.....	52
Tabel 3. 26 Neraca Massa Reaktor 1	53
Tabel 3. 27 Neraca Massa Neutralizer	53
Tabel 3. 28 Neraca Massa Filter	54
Tabel 3. 29 Neraca Massa Menara Distilasi 1.....	54
Tabel 3. 30 Neraca Massa Reaktor 2	55
Tabel 3. 31 Neraca Massa Menara Distilasi 2.....	55
Tabel 3. 32 Neraca Massa Decanter.....	56
Tabel 3. 33 Neraca Panas Reaktor 1	56
Tabel 3. 34 Neraca Panas Neutralizer	56
Tabel 3. 35 Neraca Panas Filter	56
Tabel 3. 36 Neraca Panas Menara Distilasi 1	57
Tabel 3. 37 Neraca Panas Reaktor 2	57
Tabel 3. 38 Neraca Panas Menara Distilasi 2	57

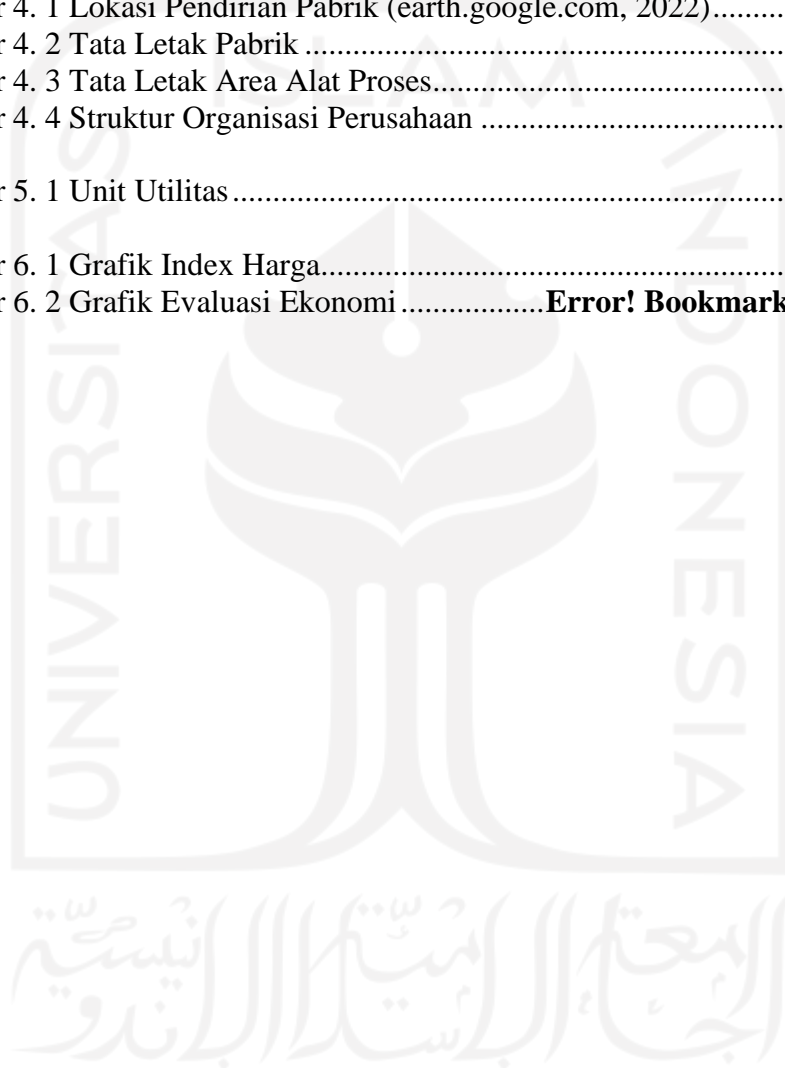
Tabel 3. 39 Neraca Panas Decanter.....	57
Tabel 3. 40 Neraca Panas Heater 1	57
Tabel 3. 41 Neraca Panas Heater 2	58
Tabel 3. 42 Neraca Panas Heater 3	58
Tabel 3. 43 Neraca Panas Heater 4	58
Tabel 3. 44 Neraca Panas Heater 5	58
Tabel 3. 45 Neraca Panas Heater 6	58
Tabel 3. 46 Neraca Panas Cooler 1	59
Tabel 3. 47 Neraca Panas Cooler 2	59
Tabel 4. 1 Rincian Luas Area Pabrik	67
Tabel 4. 2 Penggolongan Jabatan.....	86
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan.....	87
Tabel 4. 4 Siklus Pergantian Shift Karyawan	90
Tabel 4. 5 Gaji Karyawan	91
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pembangkit Steam.....	106
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....	107
Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Service.....	108
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses	110
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	111
Tabel 5. 6 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (1)	114
Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (2)	115
Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (3)	116
Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (4)	117
Tabel 5. 10 Spesifikasi Bak Utilitas	118
Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki (1)	119
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki (2)	120
Tabel 5. 13 Spesifikasi Screener Utilitas	121
Tabel 5. 14 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas	121
Tabel 5. 15 Spesifikasi Blower Cooling Tower Utilitas	122
Tabel 5. 16 Spesifikasi Dearator	122
Tabel 5. 17 Spesifikasi Mixed-Bed.....	123
Tabel 6. 1 Indeks Harga pada Tahun 1986 hingga 2016.....	126
Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses	129
Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas.....	130
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC).....	132
Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC).....	133
Tabel 6. 6 Fixed Capital Investment (FCI)	133
Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI).....	135
Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC).....	136
Tabel 6. 9 Indirect Manufacturing Cost (IMC).....	136
Tabel 6. 10 Fixed Manufacturing Cost (FMC)	137
Tabel 6. 11 Total Manufacturing Cost (MC)	137
Tabel 6. 12 General Expenses	138

Tabel 6. 13 Total Production Cost	138
Tabel 6. 14 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa).....	143
Tabel 6. 15 Annual Regulated Expenses (Ra)	143
Tabel 6. 16 Annual Variable Value (Va)	143
Tabel 6. 17 Annual Sales Value (Sa)	144



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Konsumsi Krotonaldehid di Dunia.....	3
Gambar 1. 2 Grafik Pertumbuhan Konsumsi Krotonaldehid di Dunia.....	4
Gambar 1. 3 Struktur Molekul Krotonaldehid	6
Gambar 1. 4 Struktur Molekul Asetaldehid	6
Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik (earth.google.com, 2022).....	60
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik	69
Gambar 4. 3 Tata Letak Area Alat Proses.....	72
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan	79
Gambar 5. 1 Unit Utilitas	99
Gambar 6. 1 Grafik Index Harga.....	128
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	Error! Bookmark not defined.



ABSTRAK

Krotonaldehid merupakan liquid yang memiliki warna bening kekuningan dan mempunyai bau yang kuat dengan rumus molekul C_4H_6O . Krotonaldehid digunakan pada industri kimia terutama di bidang FMCG (*Fast Moving Consumer Good*) untuk pembuatan asam sorbat sebagai pengawet makanan. Peluang berkembangnya industri krotonaldehid di Indonesia cukup besar, mengingat kebutuhannya yang terus meningkat dan sampai saat ini belum ada pabrik krotonaldehid yang tercatat telah berdiri di Indonesia. Pabrik krotonaldehid ini direncanakan akan dibangun di Kota Cilegon, Banten dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun yang beroperasi selama 330 hari. Reaksi dijalankan pada Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan 2 tahapan yaitu pembentukan aldol dengan dibantu katalis NaOH dengan kondisi operasi isothermal ($35^{\circ}C$) dan tekanan 3,45 atm kemudian pembentukan krotonaldehid dengan kondisi operasi isothermal ($80^{\circ}C$) dan tekanan 3,45 atm. Unit pemurnian produk pada produksi ini terletak pada Menara Distilasi 1 (MD-01) yang memisahkan sisa reaktan asetaldehid, Menara Distilasi 2 (MD-02) yang memisahkan sisa aldol dan air, kemudian Decanter yang meningkatkan kemurnian produk krotonaldehid menjadi 95% terhadap air. Untuk mencapai kapasitas produksi 10.000 ton/tahun dibutuhkan bahan baku asetaldehid 31.245,47 ton/tahun, NaOH 7.773,09 ton/tahun dan asam asetat 84,96 ton/tahun. Kebutuhan energi untuk menjalankan pabrik ini meliputi kebutuhan listrik sebanyak 202,18 kW, kebutuhan air pendingin sebanyak 339.152,49 ton/tahun, dan kebutuhan udara instrumen sebanyak 1700 kg/Jam. Hasil analisis menunjukkan bahwa pabrik krotonaldehid ini memiliki tingkat resiko rendah (*low risk*) dengan pajak sebesar 20%, *Return on Investment* (ROI) minimal sebesar 11%, *Pay Out Time* (POT) maksimal sebesar 5 tahun, dan *Break Even Point* (BEP) sebesar 40-60%. Hasil evaluasi ekonomi pabrik krotonaldehid ini menunjukkan modal tetap sebesar Rp 459,297,691,094.90 modal kerja sebesar Rp 440,483,621,350.56, dan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 107,867,157,718.38 sebelum pajak sebesar 23,49%, POT sebelum pajak sebesar 2,99 tahun, BEP sebesar 56,05%, *Shut Down Point* (SDP) sebesar 31,73%, dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) sebesar 22,58%. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi ini, dapat disimpulkan bahwa pabrik krotonaldehid secara ekonomi layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Aldol, Asetaldehid, Krotonaldehid, Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

ABSTRACT

Crotonaldehyde is a liquid that has a clear yellowish color and has a strong odor with the molecular formula C_4H_6O . Crotonaldehyde is used in the chemical industry, especially in the field of FMCG (Fast Moving Consumer Good) for the manufacture of sorbic acid as a food preservative. The opportunity for the development of the crotonaldehyde industry in Indonesia is quite large, considering the increasing demand and until now there is no recorded crotonaldehyde factory in Indonesia. The crotonaldehyde plant is planned to be built in Cilegon City, Banten with a production capacity of 10,000 tons/year which operates for 330 days. The reaction was carried out in the Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) with 2 stages, namely the formation of aldol with the help of a NaOH catalyst with isothermal operating conditions (35°C) and a pressure of 3.45 atm then the formation of crotonaldehyde with isothermal operating conditions (80°C) and a pressure of 3.45 atm. The product purification unit in this production is located in the Distillation Tower 1 (MD-01) which separates the remaining acetaldehyde reactant, Distillation Tower 2 (MD-02) which separates the remaining aldol and water, then the Decanter which increases the purity of the crotonaldehyde product to 95% with respect to water. To achieve a production capacity of 10,000 tons/year, raw materials for acetaldehyde are 31.245,47 tons/year, NaOH 7.773,09 tons/year and acetic acid 84,96 tons/year. The energy requirements to run this factory include electricity needs of 202,18 kW, cooling water requirements of 339.152,49 tons/year, and instrument air requirements of 1.700 kg/hour. The results of the analysis show that this crotonaldehyde factory has a low risk level with a tax of 20%, Return on Investment (ROI) of 11%, Pay Out Time (POT) of 5 years, and a Break Even Point (BEP) by 40-60%. The results of the economic evaluation of the crotonaldehyde factory showed that the fixed capital was Rp 459.297.691.094,90, working capital was Rp 440.483.621.350,56, and the profit before tax was Rp 107.867.157.718,38 before tax of 23,49%, POT before tax of 2.99 years, BEP of 56,05%, Shut Down Point (SDP) of 31,73%, and Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR) of 22.58%. Based on the results of this economic evaluation, it can be concluded that the crotonaldehyde plant is economically feasible to establish.

Keywords: Acetaldehyde, Aldol, Continuous Stirred Tank Reactor, Crotonaldehyde

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krotonaldehid (C_4H_6O) ditemukan secara alami dalam emisi beberapa vegetasi dan gunung berapi; banyak makanan mengandung krotonaldehid dalam jumlah kecil. Krotonaldehid terutama digunakan dalam pembuatan asam sorbat, yang merupakan penghambat ragi dan jamur. Krotonaldehid telah digunakan sebagai bahan peringatan dalam bahan bakar, sebagai denaturan alkohol, sebagai penstabil untuk tetraetil-timbal, dalam pembuatan akselerator karet, dan dalam penyamakan kulit. Krotonaldehid atau juga dikenal sebagai propilen aldehid merupakan senyawa kimia yang memiliki peran penting di dalam industri kimia (Emil Luscher, 1928).

Krotonaldehid (C_4H_6O) merupakan senyawa organik yang sangat reaktif dan banyak digunakan dalam industri kimia. Kegunaan krotonaldehid antara lain: (IARC 1995, Budavari et al. 1996; Verschueren 1996).

- Produksi asam sorbat, yang merupakan bahan pengawet makanan.
- Produksi trimethylhydroquinone, yang merupakan bahan baku Vitamin E.
- Sintesis butil alkohol, butyraldehyde, quinaldine, thiophenes, dan pyridenes.

- Sebagai warning agent dalam bahan bakar gas dan untuk mencari celah dalam kebocoran pipa.
- Sebagai solvent dalam sintesis organik, sebagai denaturing agent, dan dalam penyamakan kulit.

Pendirian pabrik krotonaldehid dari asetaldehid dapat menjadi peluang yang cukup baik dalam menunjang kebutuhan berbagai industri lain di Indonesia, di mana dapat membantu dalam menghemat devisa negara melalui pengurangan impor bahan krotonaldehid yang memiliki kegunaan utama untuk pembuatan asam sorbat sebagai pengawet makanan dan banyak digunakan pada perusahaan yang bergerak di bidang FMCG di Indonesia. Selain itu juga pendirian pabrik krotonaldehid bertujuan untuk mengembangkan perindustrian di Indonesia dengan mempercepat alih teknologi sehingga dapat meningkatkan sumber daya manusia dan membuka lapangan pekerjaan baru. Industri kimia sendiri memiliki keterkaitan dengan industri berkembang lainnya yang mana secara tidak langsung mempengaruhi kegiatan sosial ekonomi masyarakat. Pengembangan industri kimia nasional mampu memberikan nilai tambah yang optimal di samping untuk memenuhi kebutuhan domestik yang terus meningkat dan selama ini dipenuhi dari sektor impor. Krotonaldehid sendiri merupakan salah satu jenis bahan kimia yang masih diperoleh dengan cara impor.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas pabrik suatu produk merupakan salah satu hal penting dalam proses perancangan pabrik. Penentuan kapasitas pabrik krotonaldehid ini menggunakan data konsumsi dunia seperti berikut

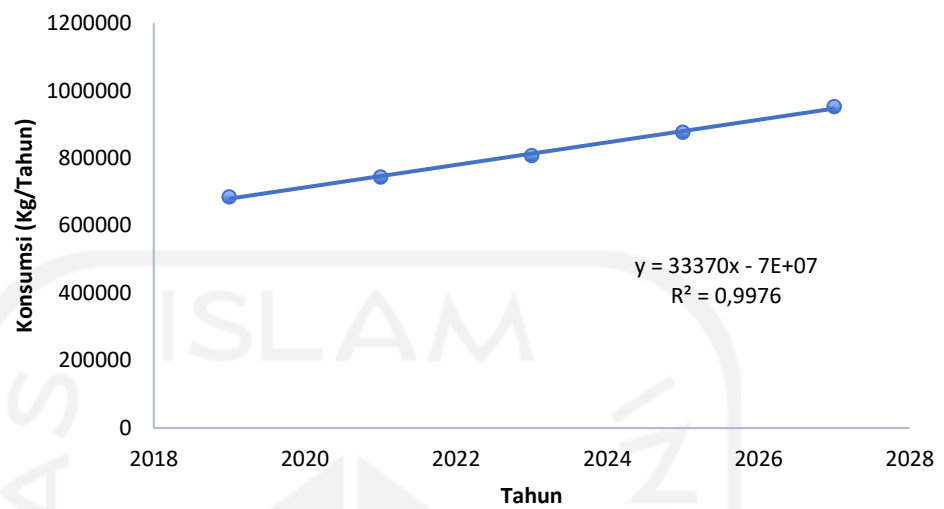


Gambar 1. 1 Konsumsi Krotonaldehid di Dunia

(profsharemarketresearch.com, 2022)

Dari proyeksi tahun 2027 diasumsikan bahwa konsumsi krotonaldehid di dunia akan mencapai 355,1 juta USD atau sekitar 2918,69 kg per tahun.

Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan massa konsumsi krotonaldehid pada skala global, dengan harga krotonaldehid sebesar 8,17 USD per kg atau sekitar Rp 121,664.07 (indiamart.com, 2022).



Gambar 1. 2 Grafik Pertumbuhan Konsumsi Krotonaldehid di Dunia
 Dapat dilihat dari grafik tersebut kebutuhan krotonaldehid cenderung naik.

1.2.1 Pabrik yang Memproduksi Krotonaldehid di Dunia

Berikut ini merupakan pabrik yang memproduksi krotonaldehid yang telah beroperasi di dunia dengan kapasitas per tahunnya.

Tabel 1. 1 Data Pabrik Produsen Krotonaldehid di Dunia

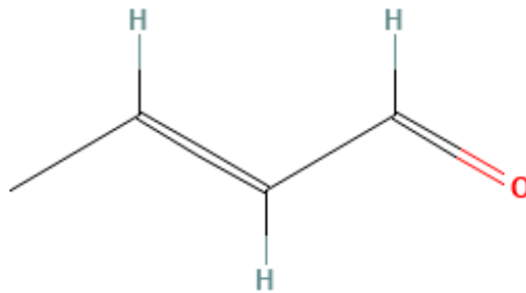
Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
Godavari Biorefineries Ltd.	7.000
Shandong Kunda Biotechnology Co., Ltd	20.000

Berdasarkan proyeksi konsumsi global krotonaldehid pada tahun 2027 dan kapasitas pabrik yang memproduksi krotonaldehid di dunia maka perancangan pabrik krotonaldehid ini memiliki kapasitas sebesar 10.000 ton/tahun dengan alasan:

- Dapat memenuhi kebutuhan nasional akan krotonaldehid.

1.3 Tinjauan Pustaka

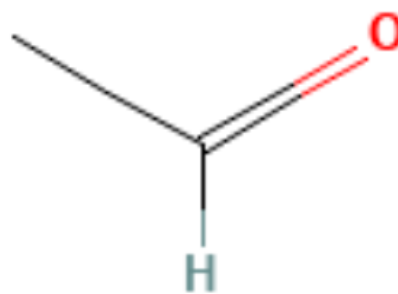
Krotonaldehid adalah liquid yang memiliki warna bening kekuningan dan mempunyai bau yang kuat. Krotonaldehid memiliki karakteristik sangat mudah terbakar dan dapat menghasilkan uap beracun pada suhu kamar. Krotonaldehid ditemukan secara alami dalam emisi beberapa vegetasi dan gunung berapi. Krotonaldehid sukar larut dalam air tetapi mudah larut dalam pelarut organik seperti alkohol dan eter. Dengan adanya udara, yaitu oksigen, Krotonaldehid cenderung pertama membentuk peroksida dan kemudian mengoksidasi untuk membentuk asam crotonic, sedangkan dengan adanya asam mineral ia cenderung berpolimerisasi dan, dengan adanya alkali pada pemanasan, cenderung mengembun atau membentuk resin.



Gambar 1. 3 Struktur Molekul Krotonaldehid

(pubchem.ncbi.nlm.nih.gov)

Krotonaldehid diproduksi dengan bahan baku bernama asetaldehid. Asetaldehid merupakan cairan yang tidak memiliki warna, memiliki bau menyengat seperti buah-buahan dan mudah terbakar. Bahan ini juga memiliki reaktifitas kimia yang tinggi, sehingga merupakan bahan intermediet yang penting dalam produksi pembuatan asam asetat, alkil amina, pyridine, 2 ethyl hexanol, pentaerythrytol, n-butanol, chloral, asam laktat, dan krotonaldehid.



Gambar 1. 4 Struktur Molekul Asetaldehid

(pubchem.ncbi.nlm.nih.gov)

Krotonaldehid umumnya digunakan dalam pembuatan asam sorbat, yang merupakan penghambat ragi dan jamur. Krotonaldehid adalah pelarut yang efektif untuk banyak minyak nabati dan mineral, lemak, lilin, resin alami dan sintetis serta sulfur elementer.

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan dari segi termodinamika ditujukan untuk mengetahui atau menentukan sifat suatu reaksi yaitu melepaskan panas (eksotermis) atau memerlukan panas (endotermis) serta untuk mengetahui arah reaksi apakah berjalan searah (*irreversible*) atau dapat berbalik (*reversible*). Dalam penentuan panas reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis dilakukan perhitungan dengan menggunakan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada tekanan 1 atm dan suhu 298 K.

Tabel 1. 2 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° masing – masing komponen

Komponen	ΔH_f° , kJ/mol	ΔG_f° , kJ/mol
CH ₃ CHO	-166,36	-133,30
CH ₃ CH(OH)CH ₂ CHO	-348,34	-268,4
C ₄ H ₆ O	-103,60	-48,70
H ₂ O	-241,81	-228,64

(Yaws, 1999)

Pada pembentukan krotonaldehid terjadi reaksi berikut :

Reaksi aldol



Reaksi dehidrasi



Perhitungan panas reaksi standar dan konstanta kesetimbangan untuk reaksi dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut :

- Perhitungan panas reaksi standar berdasarkan data pada Tabel 1.2

$$\Delta H_R^0 = \sum \Delta H_f^0 \text{ produk} - \sum \Delta H_f^0 \text{ reaktan}$$

Reaksi aldol:

$$\Delta H_R^0 = (\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO}) - (2\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{CHO})$$

$$\Delta H_R^0 = (-348,34) - (2 \times -166,36)$$

$$\Delta H_{R1}^0 = -15,62 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{R1}^0 = -15.620 \text{ J/mol}$$

Reaksi dehidrasi:

$$\Delta H_R^0 = (\Delta H_f^0 \text{ C}_4\text{H}_6\text{O} + \Delta H_f^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^0 \text{ CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO})$$

$$\Delta H_R^0 = ((-103,60) + (-241,81)) - (-348,34)$$

$$\Delta H_{R2}^0 = 2.93 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{R2}^0 = 2.930 \text{ J/mol}$$

sehingga:

$$\Delta H_R^0 \text{ total} = \Delta H_{R1}^0 + \Delta H_{R2}^0$$

$$\Delta H_R^0 \text{ total} = -15.620 \text{ J/mol} + 2.930 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_R^0 \text{ total} = -12.690 \text{ J/mol}$$

Karena nilai ΔH_R^0 bernilai negatif maka reaksi bersifat eksotermis.

- Konstanta kesetimbangan (K) pada keadaan standar

$$\Delta G_f^0 = -RT \ln K$$

dimana:

ΔG_f^0 : Energi Gibbs pada keadaan standar ($T = 25^\circ\text{C}$, $P = 1 \text{ atm}$)

R : Tetapan gas ideal = $8,314 \text{ J/mol K}$

K : Konstanta kesetimbangan

T : Suhu

Reaksi aldol:

$$\Delta G_f^0 = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta G_f^0 \text{ CH}_3\text{CH(OH)CH}_2\text{CHO}) - (2\Delta G_f^0 \text{ CH}_3\text{CHO})$$

$$= (-268,4) - (2 \times -133,30)$$

$$= -1,8 \text{ kJ/mol}$$

$$= -1.800 \text{ J/mol}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G_f^0}{RT} = \frac{1800 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298 \text{ K}} = 0,7265$$

$$K_{298} = 0,48$$

Reaksi dehidrasi:

$$\Delta G_f^0 = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan}$$

$$= (\Delta G_f^0 \text{ C}_4\text{H}_6\text{O} + \Delta G_f^0 \text{ H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^0 \text{ CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CHO})$$

$$= ((-48,70) + (-228,64)) - (-268,4)$$

$$= -8,94 \text{ kJ/mol}$$

$$= -8.940 \text{ J/mol}$$

$$\ln K_{298} = -\frac{\Delta G_f^0}{RT} = \frac{8940 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \times 298 \text{ K}} = 3,6084$$

$$K_{298} = 0,027$$

Untuk mengetahui reaksi berjalan secara irreversible atau reversible pada T operasi = 35 °C = 308 K dapat dihitung menggunakan Van't Hoff yaitu :

$$\ln \frac{K_{operasi}}{K_{298}} = -\frac{\Delta H}{R} \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

$$\ln \frac{K_{308}}{0,027} = -\frac{12.690}{8,314} \times \left(\frac{1}{308} - \frac{1}{298} \right)$$

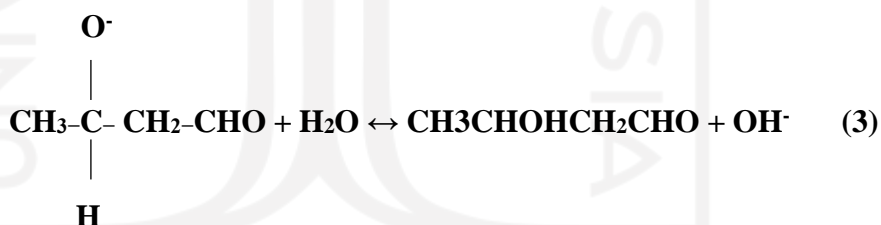
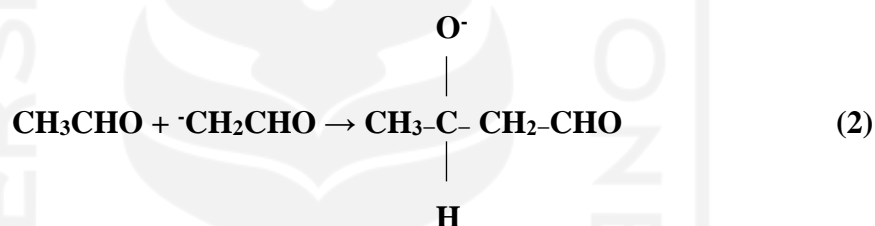
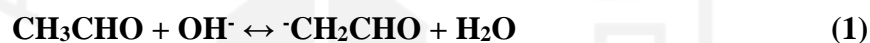
$$K_{308} = 1,84676$$

Karena harga kesetimbangan K bernilai >1 menunjukkan bahwa reaksi bersifat *irreversible* (searah) (Smith & Van Ness, 1996).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Reaksi yang terjadi diawali dengan pembentukan asetatol dari asetaldehid secara aldol kondensasi kemudian asetatol ini mengalami reaksi dehidrasi membentuk krotonaldehid dan air.

Reaksi tersebut ditunjukkan dengan mekanisme reaksi berikut ini :



Pada ketiga reaksi tersebut yang merupakan *rate-limiting reaction* adalah reaksi pertama yang merupakan reaksi ionisasi sementara reaksi kedua dan ketiga yang merupakan reaksi hidrogenasi adalah reaksi spontan yang berjalan sangat cepat. Apabila reaksi pertama berjalan lebih lambat dari reaksi kedua dan ketiga, maka dapat terjadi *reverse ionization* yang menyebabkan enolate dapat kembali menjadi asetaldehid. Kinetika reaksi

acetaldehyde aldol condensation pada 35 °C adalah reaksi orde 2 terhadap asetaldehid dan order 1 terhadap hidroksida (Atalay, dkk, 1991). Sehingga dapat ditentukan persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A^2$$

Dengan,

$-r_A$ = kecepatan reaksi asetaldehid menjadi asetaldol, kmol/m³ /jam

k = konstanta kecepatan reaksi pembentukan asetaldol, (m³/kmol)³ /jam

C_A = Konsentrasi asetaldehid didalam reaktor, kmol/m³

Diketahui nilai dari masing masing persamaan arhenius yaitu :

$$A = 3,536 \times 10^7 \text{ kmol/ m}^3 \cdot \text{min}$$

$$E = 53178 \text{ kJ/kmol}$$

$$R = 8,314$$

$$T = 35 \text{ }^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$$

Maka dari persamaan Arhenius yaitu :

$$k = A e^{-\frac{Ea}{RT}}$$

Didapatkan nilai k = 0,03385 m³/kmol.jam

(Atalay, dkk, 1991)

Selanjutnya dilakukan pemanasan asetaldol menjadi krotonaldehid dan air dengan konversi sebesar 85%. Reaksi pembentukan krotonaldehid dari asetaldol ini memerlukan katalis asam yaitu asam asetat, dengan orde reaksi sebesar 1,8 (Atalay, 2008)

Sehingga dapat ditentukan persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A^{1,8}$$

Dengan,

$-r_A$ = kecepatan reaksi asetaldol menjadi krotonaldehid, kmol/m³
/jam

k = konstanta kecepatan reaksi pembentukan krotonaldehid,
(m³/kmol)³ /jam

C_A = Konsentrasi asetaldol didalam reaktor, kmol/m³

Diketahui nilai k dengan melalui persamaan :

$$k = 20,583 \exp(-3416,8/RT)$$

Didapatkan nilai $k = 6,4253 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$

(Atalay, 2008)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan

	Produk Utama	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Bahan Baku Pendukung
	Krotonaldehid	Asetaldehid	Sodium Hidroksida	Asam Asetat
Rumus Molekul	C_4H_6O	C_2H_4O	NaOH	CH_3COOH
Berat Molekul	70,1 kg/kmol	44,1 kg/kmol	40 kg/kmol	60,05 kg/kmol
Titik Didih	104 °C	20,2 °C	1388 °C	118 °C
Titik Leleh	-76 °C	-123 °C	318 °C	16,6 °C
Berat Jenis	0,85 gr/mL	0,78 gr/mL	2,1 gr/mL	1,049 gr/mL
Tekanan Uap, 25°C	4 kPa	101 kPa	-	57,87 kPa
Komposisi	C_4H_6O : 95% H_2O : 5%	C_2H_4O : 99 % (Sigma Aldrich)	NaOH : 48% (PT. Asahimas Chemical)	CH_3COOH : 99,8 % (PT. Indo Acidatama)
Titik Nyala, °C	13 °C	-38 °C	-	39 °C

Viskositas	-	0,21 cP (20 °C)	4 cP (350 °C)	1,056 cP (25 °C)
Kelarutan	15% - 18%	Larut dalam air, alkohol, dan pelarut organik.	Larut dalam air, etanol.	Larut dalam air, alkohol, dan gliserin.
Hazard	Mudah terbakar, korofis, <i>toxic</i> , dapat menyebabkan iritasi terhadap kulit dan mata, menyebabkan gangguan pernapasan jika terhirup.	Mudah terbakar, dapat menyebabkan iritasi terhadap kulit dan mata, menyebabkan gangguan pernapasan jika terhirup, karsinogen.	Mudah terbakar, korosif, dapat menyebabkan luka bakar pada kulit dan iritasi pada mata.	Mudah terbakar, korosif, dapat menyebabkan luka bakar pada kulit dan iritasi pada mata.

Sumber : PubChem, 2022

2.2 Pengendalian Kualitas

Untuk menghasilkan produk krotonaldehida yang mempunyai spesifikasi dan kualitas sesuai dengan standar yang diinginkan, maka dibutuhkan suatu pengendalian kualitas (*quality control*) yang terdiri atas pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses produksi, pengendalian terkait waktu produksi dan pengendalian kualitas produk.

2.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk memastikan kualitas bahan baku yang akan digunakan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan untuk proses produksi. Pengendalian kualitas bahan baku dilakukan pada awal proses saat sebelum bahan baku memasuki proses produksi dengan melakukan beberapa pengujian terhadap bahan baku yang akan digunakan, dalam hal ini asetaldehida, sodium hidroksida, dan asam asetat.

2.2.2 Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian kualitas proses produksi pada pabrik krotonaldehida ini menggunakan sistem kontrol otomatis (*automatic control system*) yang dilakukan di ruang kendali (*control room*) dan meliputi kontrol aliran (*flow controller* dan *level controller*) dan kontrol kondisi operasi (*temperature controller* dan *pressure controller*) terhadap bahan baku maupun produk. Jika terdapat indikasi penyimpangan proses, maka controller akan memberikan isyarat/tanda baik berupa bunyi, nyala lampu dan lain-lain sehingga

operator dapat segera melakukan tindakan untuk mengembalikan proses produksi seperti semula baik secara otomatis maupun manual. Beberapa alat kontrol yang digunakan dan harus diatur pada kondisi tertentu adalah sebagai berikut.

- *Flow Controller (FC)*

Merupakan alat yang dipasang untuk mengatur laju alir suatu aliran fluida, baik aliran masuk maupun keluar dengan memanfaatkan sinyal pneumatic yang diubah menjadi sinyal elektrik berupa arus (miliamper) yang akan dikirim menuju control valve yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal pneumatic sehingga mampu menggerakkan valve. Prinsip kerja secara umum pada alat ini yaitu memanfaatkan perbedaan tekanan sehingga diperoleh nilai ΔP dan akan dikalibrasikan sesuai dengan set point yang diinginkan.

- *Level Controller (LC)*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki untuk mengukur ketinggian bahan pada suatu alat. Jika ketinggian atau level bahan kurang atau lebih dari kondisi yang telah ditetapkan, maka dapat diketahui dari tanda/isyarat yang muncul. Alat tersebut memanfaatkan sinyal pneumatic yang diubah menjadi sinyal electric berupa arus (miliamper) yang akan dikirim menuju control valve yang sebelumnya diubah lagi menjadi sinyal pneumatic sehingga mampu menggerakkan

valve sehingga tercapai level yang sesuai dengan kondisi yang ditetapkan.

- *Temperature Controller (TC)*

Temperature controller merupakan alat yang dapat mendeteksi suhu bahan atau alat. Secara umum, temperature controller mempunyai set point atau batasan nilai suhu yang telah ditetapkan. Ketika nilai suhu bahan atau alat yang diukur melebihi atau kurang dari set point, maka alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

- *Pressure Control (PC)*

Pressure controller merupakan alat yang digunakan untuk mengamati tekanan operasi suatu alat dan bila terjadi perubahan atau penyimpangan dari set point yang telah ditetapkan, alat ini akan memberikan sinyal sehingga dapat segera dilakukan pengendalian.

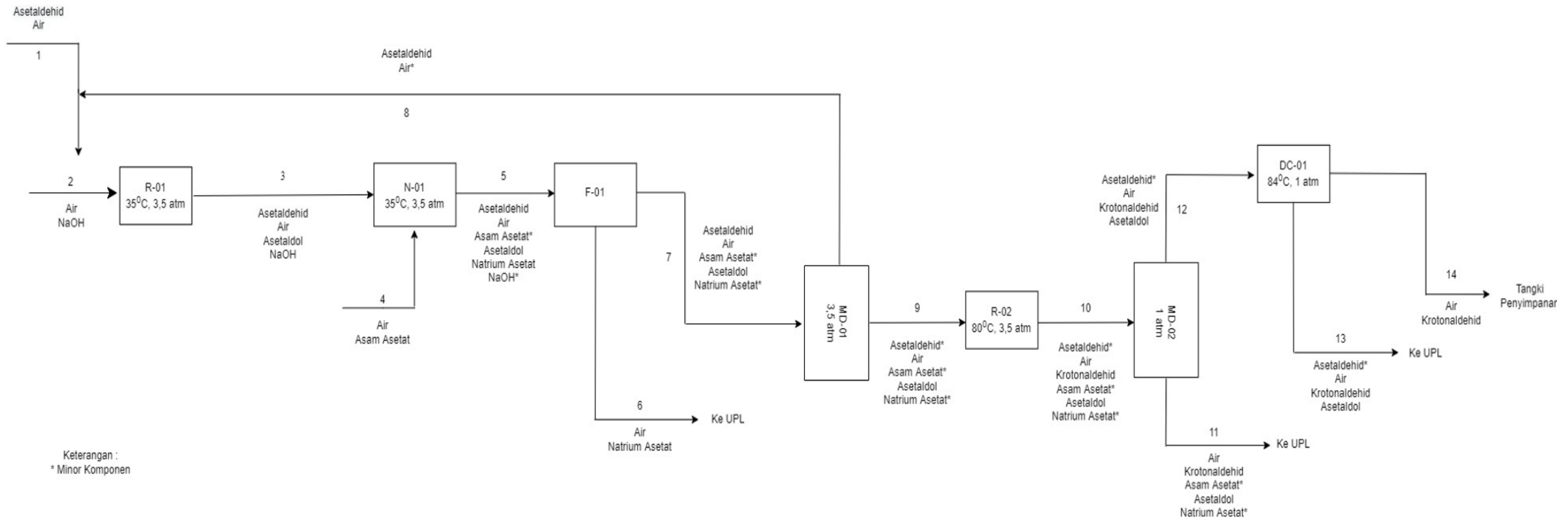
2.2.3 Pengendalian Kualitas Produk

Sama seperti dengan pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas produk juga bertujuan untuk menjamin produk krotonaldehida yang dihasilkan sesuai standar mutu dan spesifikasi produk yang telah ditentukan. Krotonaldehida merupakan bahan yang toksik dimana mudah terbakar hingga

menyebabkan beberapa iritasi seperti iritasi kulit, mata hingga saluran pernapasan. Diperlukan cara dalam menangani bahan secara aman yang mana dengan menggunakan pakaian pelindung, dilarang menghirup zat/campuran dan menghindari terbentuknya uap/aerosol. Dalam penyimpanan bahan juga diperlukan keamanan termasuk adanya inkompatibilitas. Krotonaldehid harus dilindungi dari cahaya pada wadah tertutup rapat di tempat yang kering dan berventilasi baik, serta jauhkan dari panas dan sumber api. Dengan suhu penyimpanan yang direkomendasikan sekitar 2-8⁰C

BAB III PERANCANGAN PROSES

3.1 Diagram Alir Kualitatif



3.2 Uraian Proses

Proses produksi krotonaldehid dari asetaldehid secara umum dapat dibagi menjadi tahap persiapan bahan baku, reaksi, pemurnian dan penyimpanan.

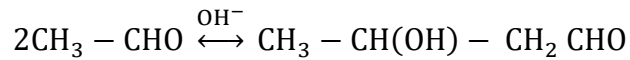
3.2.1 Unit Persiapan Bahan Baku

Bahan baku asetaldehid dengan konsentrasi 99% yang disimpan dalam tangki penyimpanan (TP-01) pada suhu 30°C dan tekanan 2 atm. Umpan segar asetaldehid dipompa hingga tekanannya menjadi 3,45 atm dan dinaikkan suhunya menjadi 35°C, kemudian dicampur dengan arus asetaldehid recycle. Katalis NaOH disimpan dalam bentuk encer di dalam tangki penyimpanan (TP-02) kemudian larutan NaOH dinaikkan tekanannya menggunakan pompa hingga mencapai tekanan operasi 3,45 atm dan dinaikkan suhunya hingga suhu 35°C.

3.2.2 Unit Reaksi Proses

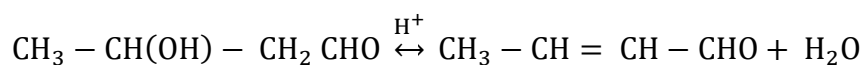
Bahan baku dan katalis yang sudah sesuai dengan kondisi operasi reaktor dialirkan menuju Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-01). Pada reaktor (R-01) terjadi reaksi pembentukan asetaldol dengan kondisi basa. Asetaldehid direaksikan dalam reaktor aldol dengan larutan NaOH sebagai katalis. Reaksi dijalankan pada suhu rendah 35°C dan pada tekanan 3,45 atm. Konversi asetaldol yang terbentuk yaitu 56%. Reaksi berjalan secara eksotermis, sehingga reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin untuk menjaga suhu

dalam reaktor. Reaksi aldol yang terjadi dalam reaktor (R-01) sebagai berikut.



Produk asetaldol kemudian dipompa menuju neutralizer (N-01) untuk dinetralkan menggunakan asam organik yaitu asam asetat. Asam asetat dari tangki penyimpanan (TP-03) disesuaikan tekanannya dengan pompa dan alirkan ke neutralizer (N-01). Arus keluaran neutralizer (N-01) dialirkan menuju filter (F-01) untuk menyaring natrium asetat. Hasil luaran filter dinaikkan suhunya menjadi 80°C lalu diumpankan ke menara distilasi (MD-01). Menara distilasi (MD-01) berfungsi untuk memisahkan asetaldehid yang tidak bereaksi dari produk reaksi aldol. Hasil atas menara distilasi (MD-01) dialirkan sebagai arus recycle bahan baku asetaldehid, sedangkan hasil bawah menara dialirkan ke reaktor (R-02).

Pada reaktor (R-02) terjadi reaksi dehidrasi, yaitu pembentukan krotonaldehid dan air dari asetaldol dengan konversi sebesar 85%. Reaktor beroperasi pada suhu 80°C tekanan 3,45 atm dan reaksi bersifat endotermis. Reaktor (R-02) dilengkapi dengan jaket pemanas. Reaksi dehidrasi yang terjadi dalam reaktor (R-02) sebagai berikut.



Air Selanjutnya hasil reaksi berupa krotonaldehid air dan sisa reaktan diumpankan ke menara distilasi 2 (MD-02) untuk proses pemurnian.

3.2.3 Unit Pemurnian dan Penyimpanan

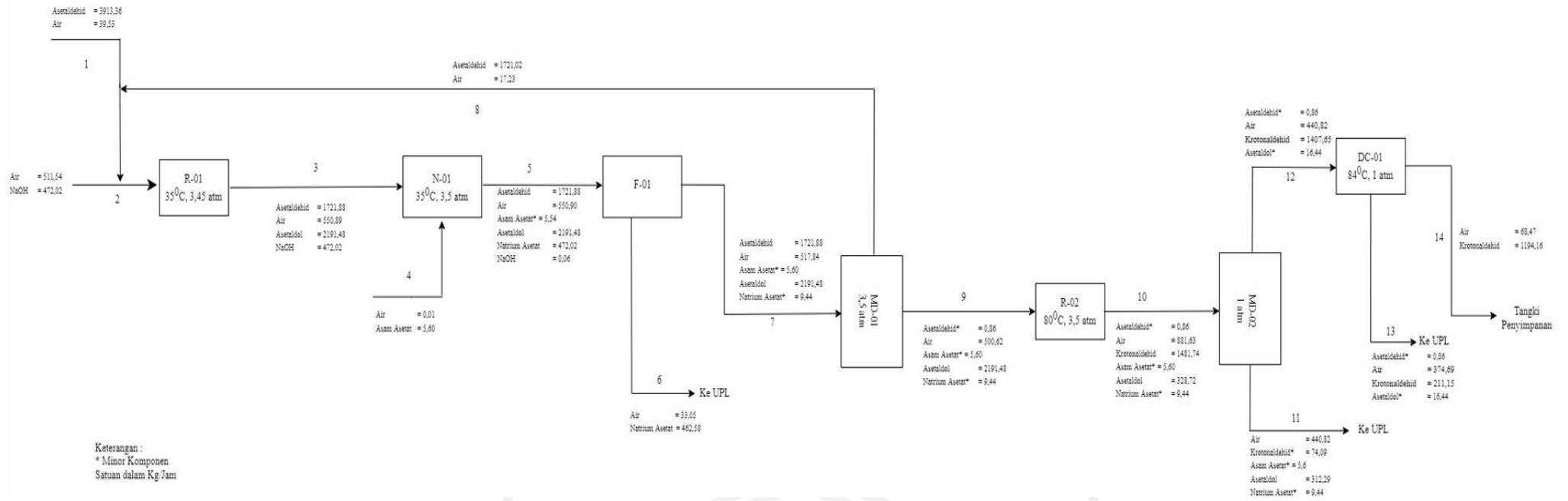
Menara distilasi 2 (MD-02) berfungsi untuk memisahkan krotonaldehid dari air dan sisa reaktan. Krotonaldehid dan air membentuk campuran *heterogeneous azeotrope* dengan titik didih yang lebih rendah, sehingga untuk mendapatkan kemurnian produk krotonaldehid yang tinggi tidak bisa dilakukan dengan pemisahan biasa melainkan dengan sistem distilasi azeotrop.

Unit pemurnian untuk campuran azeotropik berupa menara distilasi 2 (MD-02) dan dekanter (DC-01). Pada kesetimbangan campuran *heterogeneous azeotrope* Krotonaldehid dan Air akan membentuk fasa uap yang setimbang dengan dua fasa cairan yang tidak saling larut (*immiscible*). Hasil atas dari menara distilasi 2 (MD-02) dikondensasi menggunakan kondenser (CD-02) dan ditampung di dalam akumulator (ACC-02). Sebagian dari arus keluar akumulator (ACC-02) lalu dikembalikan menuju menara sebagai arus refluks. Arus keluar akumulator (ACC-02) berupa campuran azeotrop krotonaldehid dan air tersebut dipisahkan dengan dekanter (DC-01).

Hasil bawah menara distilasi 2 (MD-02) berupa air dan sisa reaktan diuapkan sebagian menggunakan reboiler parsial (RB-02) dan uap yang terbentuk dikembalikan ke dalam menara. Air dan sisa reaktan yang keluar sebagai hasil bawah menara dialirkan ke Unit pengolahan limbah.

Decanter (DC-01) akan memurnikan kembali produk krotonaldehid dari air. Hasil atas keluaran decanter berupa krotonaldehid dan air dengan kemurnian produk sebesar 95% diturunkan tekanannya menggunakan expansion valve (EV-04) menjadi 1 atm lalu disesuaikan suhunya hingga suhu penyimpanan yaitu 30°C. Hasil produk bawah decanter dialirkan menuju menara distilasi 2 (MD-02). Produk krotonaldehid yang sudah sesuai kondisi tangki penyimpanan dialirkan menuju tangki penyimpanan krotonaldehid (TP-04).

3.3 Diagram Alir Kuantitatif



3.4 Spesifikasi Alat

3.4.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

Reaktor	R-01	R-02	NT-03
Fungsi	Mereaksikan asetaldehid menjadi asetaldol	Mereaksikan asetaldol menjadi krotonaldehid	Menetralkan hasil keluaran produk Reaktor 1 yang berkondisi basa menjadi asam dengan menambahkan asam asetat
Jenis/Tipe	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk	Tangki Berpengaduk
Mode Operasi	Kontinyu	Kontinyu	Kontinyu
Jumlah	1	1	1
Harga	Rp 2.281.847.838,01	Rp 2.281.847.838,01	-
Kondisi Operasi			
Suhu	35 °C	80 °C	35 °C
Tekanan	3,45 atm	3,45 atm	3,45 atm
Kondisi Proses	Isotermal	Isotermal	
Konstruksi dan Material			
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316
Diameter (ID) shell	3,72 m	1,51 m	1,54 m
Tebal shell	0,013 m	0,0064 m	0,0047 m
Tinggi total	7,16 m	2,92 m	2,92 m
Jenis head	<i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>	<i>Torispherical Flanged & Dished Head</i>

Spesifikasi Khusus			
Tipe Pengaduk	<i>Paddle with 2 blades</i>	<i>Paddle with 2 blades</i>	<i>Paddle with 2 blades</i>
Diameter Pengaduk	1,24 m	0,50 m	0,51 m
Kecepatan Pengaduk	56 rpm	155 rpm	125 rpm
Power Pengadukan	25 hP	7,5 hP	40 hP
Jumlah baffle	4 buah	4 buah	4 buah
Lebar baffle	0,124 m	0,05 m	0,05 m
Jenis Jaket	Pendingin	Pemanas	Pendingin

3.4.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Pendukung

Tabel 3. 2 Spesifikasi Filter

Spesifikasi Umum	
Kode	F-01
Fungsi	Memisahkan padatan natrium asetat yang terbentuk dari proses netralisasi dengan komponen cair keluaran dari neutralizer
Jenis/Tipe	<i>Rotary Filter Vacuum</i>
Jumlah	1
Kondisi Operasi	
Suhu	35 °C
Tekanan	1 atm

Spesifikasi	
Bahan Konstruksi	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316
Diameter Filter	0,61 m
Panjang Filter	1,22 m
Luas Permukaan Filter	2,33 m ²
Kecepatan Putaran	1 rpm
Power Blower	3 hP

Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi 1

Spesifikasi Umum	
Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan asetaldehid dari komponen lainnya
Jenis	<i>Multistage Distillation</i>
Tipe	<i>Sieve Tray Column</i>
Material	Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316

Kondisi Operasi	
Umpan	47 °C, 1 atm
Distilat	25 °C, 1 atm
Bottom	70 °C, 1 atm

Spesifikasi Shell	
--------------------------	--

Diameter	1,14 m
Tinggi	15,24 m
Tebal	0,0047 m
Material	Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316

Spesifikasi Head

Jenis	<i>Torispherical dished head</i>
Tebal	0,0047 m
Material	Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316

Spesifikasi Tray

Jenis <i>Tray</i>	<i>Sieve tray</i>
<i>Feed Plate</i>	3
Jumlah <i>plate actual</i>	30 buah
Tebal <i>tray</i>	0,03 m
Diameter <i>hole</i>	0,05 m
<i>Tray Spacing</i>	0,45 m
Jumlah Lubang	3.955 buah

Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi 2

Spesifikasi Umum	
Kode	MD-02
Fungsi	Memisahkan asetaldol dan krotonaldehid
Jenis	<i>Multistage Distillation</i>
Tipe	<i>Sieve Tray Column</i>
Material	Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316
Kondisi Operasi	
Umpan	96 °C, 1,7 atm
Distilat	97 °C, 1,8 atm
Bottom	101 °C, 2,1 atm
Spesifikasi Shell	
Diameter	0,67 m
Tinggi	5,37 m
Tebal	0,0047 m
Material	Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316
Spesifikasi Head	
Jenis	<i>Torispherical dished head</i>
Tebal	0,0047 m

Material	Stainless Steel 167 Grade 11 Type 316
----------	--

Spesifikasi Tray

Jenis Tray	Sieve tray
<i>Feed Plate</i>	2
Jumlah plate actual	8 buah
Tebal tray	0,003 m
Diameter hole	0,005 m
Tray Spacing	0,45 m
Jumlah Lubang	1.380 buah

Tabel 3. 5 Spesifikasi Decanter

Spesifikasi Umum	
Kode	DC-01
Fungsi	Memisahkan fase ringan dan fase berat yang keluar dari Menara Distilasi 2 dengan prinsip perbedaan densitas dan kelarutannya.
Jenis	<i>Horizontal Drum</i>
Material	Stainless Steel SA 229 Type 304
Kondisi Operasi	84 °C, 2 atm
Spesifikasi Shell	
Diameter	0,58 m
Panjang	1,48 m
Tebal	0,188 m
Spesifikasi Head	
Jenis	<i>Torispherical head</i>
Tinggi	0,16 m
Tebal	0,188 m

Tabel 3. 6 Spesifikasi Akumulator 1

Spesifikasi Umum	
Kode	ACC-01
Fungsi	Sebagai penampung keluaran condenser pada MD-01 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar
Jenis	Tangki Silinder Horizontal
Material	Stainless Steel SA 167 type 316
Kondisi Operasi	31 °C, 1 atm
Kapasitas	0,41 m ³
Spesifikasi Shell	
Diameter	0,43 m
Panjang	2,62 m
Tebal	0,005 m
Spesifikasi Head	
Tinggi	0,13 m
Tebal	0,005 m
Panjang Tangki Total	2,87 m

Tabel 3. 7 Spesifikasi Akumulator 2

Spesifikasi Umum	
Kode	ACC-02
Fungsi	Sebagai penampung keluaran condenser pada MD-02 untuk menjaga kontinuitas dan kestabilan aliran keluar
Jenis	Tangki Silinder Horizontal
Material	Stainless Steel SA 167 type 316
Kondisi Operasi	106 °C, 1,8 atm
Kapasitas	0,44 m ³
Spesifikasi Shell	
Diameter	0,44 m
Panjang	2,67 m
Tebal	0,005 m
Spesifikasi Head	
Tinggi	0,13 m
Tebal	0,005 m
Panjang Tangki Total	2,93 m

3.4.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tangki	T-01	T-02	T-03	T-04
Fungsi	Menyimpan kebutuhan asetaldehid	Menyimpan kebutuhan NaOH	Menyimpan kebutuhan asam asetat	Menyimpan hasil produk krotonaldehid
Lama penyimpanan	30 hari	15 hari	15 hari	20 hari
Fasa	Cair	Cair	Cair	Cair
Jumlah tangki	4	1	1	1
Kondisi Operasi	30 °C, 2 atm	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm	30 °C, 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi: Stainless Steel SA-167 grade 11 type 316 Volume tangki (m ³): 4.428,25 m ³ Diameter (m): 12,19 m Tinggi (m): 5,48 m Jumlah <i>course</i> : 3 Tebal <i>shell</i> (m): 0,0191 m	Bahan Konstruksi: Stainless Steel SA-167 grade 11 type 316 Volume tangki (m ³): 292,72 m ³ Diameter (m): 6,09 m Tinggi (m): 3,65 m Jumlah <i>course</i> : 2 Tebal <i>shell</i> (m): 0,0079 m	Bahan Konstruksi: Stainless Steel SA- 167 grade 11 type 316 Volume tangki (m ³): 4,46 m ³ Diameter (m): 3,05 m Tinggi (m): 3,65 m Jumlah <i>course</i> : 2 Tebal <i>shell</i> (m): 0,0064 m	Bahan Konstruksi: Stainless Steel SA-167 grade 11 type 316 Volume tangki (m ³): 854,49 m ³ Diameter (m): 7,62 m Tinggi (m): 3,65 m Jumlah <i>course</i> : 2 Tebal <i>shell</i> (m): 0,0095 m

	(Torispherical Head) Tebal head (m): 0,0191 m (Flat Bottom) Tebal bottom (m): 0,0064 m	(Conical Head) Tebal head (m): 0,0079 m (Flat Bottom) Tebal bottom (m): 0,0064 m	(Conical Head) Tebal head (m): 0,0064 m (Flat Bottom) Tebal bottom (m): 0,0064 m	(Conical Head) Tebal head (m): 0,0095 m (Flat Bottom) Tebal bottom (m): 0,0064 m
Head & Bottom				
Harga	Rp 3.902.842.094	Rp 1.508.545.348	Rp 349.456.605	Rp 2.193.618.694

3.4.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (1)

Spesifikasi	Pompa			
Bahan	Asetaldehid	NaOH	Asam Asetat	Asetaldehid, Air, Asetaldol, NaOH
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04
Fungsi	Memompa bahan baku asetaldehid dari Tangki menuju Reaktor 1	Memompa bahan baku NaOH dari Tangki menuju Reaktor 1	Memompa bahan baku asam asetat dari Tangki menuju Neutralizer	Memompa hasil keluaran dari Reaktor 1 menuju Neutralizer
Kondisi Operasi				
Viskositas	0,22 cP	1115,51 cP	1,05 cP	177,67 cP
Kapasitas	6,15 m ³ /jam	0,81 m ³ /jam	0,012 m ³ /jam	5,67 m ³ /jam
Pump Head	7,79 m	7,91 m	3,55 m	3,28 m
Suhu Fluida	30 °C	30 °C	30 °C	35 °C

Submersibility	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Daya Motor	0,5 hP	0,125 hP	0,05 hP	0,25 hP
Material	Stainless Steel SA 167 Grade	Stainless Steel SA 167 Grade	Stainless Steel SA 167 Grade	Stainless Steel SA 167 Grade
Construction	11 Type 316	11 Type 316	11 Type 316	11 Type 316
Harga	Rp 14.423.907	Rp 11.312.706	Rp 11.312.706	Rp 14.423.907

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (2)

Spesifikasi	Pompa			
Bahan	Asetaldehid, Air, Asetaldol, Asam Asetat	Asetaldehid Air	Asetaldehid, Air, Asetaldol, Asam Asetat	Asetaldehid, Air, Asetaldol, Krotonaldehid
Kode	P-05	P-06	P-07	P-08
Fungsi	Memompa hasil keluaran dari Filter menuju Menara Distilasi 1	Memompa hasil keluaran dari Menara Distilasi 1 (Distilat) menuju Reaktor 1	Memompa hasil keluaran dari Menara Distilasi 1 (Bottom) menuju Reaktor 2	Memompa hasil keluaran dari Menara Distilasi 2 (Distilat) menuju Decanter
Kondisi Operasi				
Viskositas	0,54 cP	0,20 cP	0,5 cP	0,26 cP
Kapasitas	5,63 m ³ /jam	2,79 m ³ /jam	3,18 m ³ /jam	2,77 m ³ /jam

Pump Head	17,50 m	8,03 m	3,63 m	1,54 m
Suhu Fluida	35 °C	47 °C	70 °C	96 °C
Submersibility	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>	<i>Immersed</i>
Jenis Pompa	<i>Multi Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>
Daya Motor	2 hP	0,25 hP	0,167 hP	0,05 hP
Material Construction	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316
Harga	Rp 14.423.907	Rp 11.312.706	Rp 11.312.706	Rp 11.312.706

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (3)

Spesifikasi	Pompa dan Expansion Valve	
Bahan	Air, Asetaldol, Asam Asetat, Krotonaldehid	Asetaldehid, Air, Asetaldol, Asam Asetat, Natrium Asetat
Kode	P-09	EXV-01
Fungsi	Memompa hasil keluaran dari Menara Distilasi 2 (Bottom) menuju UPL	Menurunkan tekanan keluaran neutralizer dari 3,45 atm menjadi 1 atm
Kondisi Operasi		
Viskositas	0,32 cP	82,93 cP
Kapasitas	1,07 m ³ /jam	6,88 m ³ /jam
Pump Head	0,09 m	

ID		0,17 in
OD		0,19 in
Suhu Fluida	101 °C	35 °C
Submersibility	<i>Immersed</i>	-
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	<i>Globe Valve Open</i>
Daya Motor	0,05 hP	-
Material	Stainless Steel SA 167	Stainless Steel SA 167
Construction	Grade 11 Type 316	Grade 11 Type 316
Harga	Rp 11.312.706	Rp 1.210.988

Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair (4)

Spesifikasi Pompa dan Expansion Valve			
Bahan	Air, Asetaldol, Asam Asetat, Krotonaldehid	Asetaldehid, Air, Asetaldol, Krotonaldehid	Air, Krotonaldehid
Kode	EXV-02	EXV-03	EXV-04
Fungsi	Menurunkan tekanan keluaran reaktor 2 dari 3,45 atm menjadi 1,7 atm	Menurunkan tekanan keluaran Decanter dari 2 atm menjadi 1 atm	Menurunkan tekanan keluaran Decanter dari 2 atm menjadi 1 atm
Kondisi Operasi			
Viskositas	0,33 cP	0,31 cP	0,27 cP
Kapasitas	3,73 m ³ /jam	0,82 m ³ /jam	1,92 m ³ /jam
ID	0,13 in	0,08 in	0,12 in
OD	0,15 in	0,11 in	0,14 in
Suhu Fluida	80 °C	84 °C	84 °C

Submersibility	-	-	-
Jenis Pompa	<i>Globe Valve Open</i>	<i>Globe Valve Open</i>	<i>Globe Valve Open</i>
Daya Motor	-	-	-
Material Construction	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316	Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316
Harga	Rp 1.210.988	Rp 1.210.988	Rp 1.210.988

3.4.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3. 13 Spesifikasi Heater 1

Kode	HE-01	
Fungsi	Memanaskan fluida dari tangki 1 menuju reaktor 1	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	20 °C	100 °C
Suhu Keluar	35 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	173.466,72 kJ/jam	
Mechanical Design		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	

Hairpin	2 buah	
ID	2,38 in	2,06 in
OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,05 psi	0,01 psi
Rd	0,013 watt/m ² /K	

Tabel 3. 14 Spesifikasi Heater 2

Kode	HE-02	
Fungsi	Memanaskan fluida dari tangki 2 menuju reaktor 1	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	

Kondisi Operasi

	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	100 °C
Suhu Keluar	35 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	27.894,38 kJ/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	

ID	2,38 in	2,06 in
OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,03 psi	0,0004 psi
Rd	0,09 watt/m ² /K	

Tabel 3. 15 Spesifikasi Heater 3

Kode	HE-03	
Fungsi	Memanaskan fluida dari tangki 3 menuju neutralizer	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	

Kondisi Operasi

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	100 °C
Suhu Keluar	35 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	27.894,38 kJ/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	
ID	2,38 in	2,06 in

OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0 psi	0,0004 psi
Rd	0,10 watt/m ² /K	

Tabel 3. 16 Spesifikasi Heater 4

Kode	HE-04	
Fungsi	Memanaskan keluaran dari filter menuju menara distilasi	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	
	Kondisi Operasi	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	35 °C	100 °C
Suhu Keluar	47 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	92.687,24 kJ/jam	
	<i>Mechanical Design</i>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	
ID	2,38 in	2,06 in

OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,03 psi	0,007 psi
Rd	10,98 watt/m ² /K	

Tabel 3. 17 Spesifikasi Heater 5

Kode	HE-05	
Fungsi	Memanaskan hasil dari menara distilasi1 menuju reaktor 2	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	70 °C	100 °C
Suhu Keluar	80 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	37.621,40 kJ/jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	
ID	2,38 in	2,06 in

OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,02 psi	0,0008 psi
Rd	4,61 watt/m ² /K	

Tabel 3. 18 Spesifikasi Heater 6

Kode	HE-06	
Fungsi	Memanaskan hasil dari reaktor 2 menuju menara distilasi 2	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	

Kondisi Operasi

	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	80 °C	100 °C
Suhu Keluar	96 °C	100 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	37.621,40 kJ/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	

ID	2,38 in	2,06 in
OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,001 psi	0,001 psi
Rd	1,86 watt/m ² /K	

Tabel 3. 19 Spesifikasi Cooler 1

Kode	CL-01	
Fungsi	Mendinginkan larutan yang keluar dari menara distilasi 2 menuju decanter	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Pendingin	

Kondisi Operasi

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	25 °C	84 °C
Suhu Keluar	30 °C	30 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Pendingin	79.802,29 kJ/jam	

Mechanical Design

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	
ID	2,38 in	2,06 in

OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,004 psi	0,003 psi
Rd	0,03 watt/m ² /K	

Tabel 3. 20 Spesifikasi Cooler 2

Kode	CL-02	
Fungsi	Mendinginkan larutan yang keluar dari decanter menuju tangki penyimpanan	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Pendingin	
Kondisi Operasi		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	25 °C	84 °C
Suhu Keluar	30 °C	30 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Pendingin	79.802,29 kJ/jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang	3,65 m	
Hairpin	2 buah	
ID	2,38 in	2,06 in

OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,012 psi	0,0003 psi
Rd	0,02 watt/m ² /K	

Tabel 3. 21 Spesifikasi Condensor 1

Kode	CD-01	
Fungsi	Mengebunkan hasil uap atas menara distilasi 1	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Tipe	Air Pendingin	
Kondisi Operasi		
	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
Suhu Masuk	20 °C	30,56 °C
Suhu Keluar	25 °C	25,4 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Pendingin	5.679.465,13 kJ/jam	
Mechanical Design		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang	7,32 m	
Pases	1	1
ID	35 in	1,01 in

OD	1,25 in	
A	286,17 m ²	
<i>Baffle Spaces</i>	1	1
BWG	11	
<i>Pitch</i>	1	
<i>Pressure Drop</i>	0,32 psi	0,002 psi
Rd	0,001 watt/m ² /K	

Tabel 3. 22 Spesifikasi Condensor 2

Kode	CD-02	
Fungsi	Mengembunkan uap hasil atas menara distilasi 2	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	20 °C	106,49 °C
Suhu Keluar	40 °C	96,61 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	1.020.036,28 kJ/jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>

Panjang	3,65 m	
Hairpin	5 buah	
ID	3,5 in	3,07 in
OD	4,03 in	
A	3,14 in ²	7,38 in ²
Pressure Drop	0,03 psi	0,44 psi
Rd	0,16 watt/m ² /K	

Tabel 3. 23 Spesifikasi Reboiler 1

Kode	RB-01	
Fungsi	Menguapkan hasil bawah menara distilasi 1	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	87 °C
Suhu Keluar	40 °C	70 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	5.708.036,68 kJ/jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>

Panjang	3,65 m	
Hairpin	40 buah	
ID	3,5 in	3,07 in
OD	4,03 in	
A	3,14 in ²	7,38 in ²
Pressure Drop	0,07 psi	0,86 psi
Rd	0,15 watt/m ² /K	

Tabel 3. 24 Spesifikasi Reboiler 2

Kode	RB-02	
Fungsi	Menguapkan hasil bawah menara distilasi 2	
Jenis	<i>Double Pipe Exchanger</i>	
Tipe	Steam	
Kondisi Operasi		
	<i>Anulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk	30 °C	118 °C
Suhu Keluar	40 °C	101 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Pendingin	1.219.068 kJ/jam	
<i>Mechanical Design</i>		
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>

Panjang	3,65 m	
Hairpin	7 buah	
ID	2,38 in	2,06 in
OD	3,06 in	
A	2,93 in ²	3,35 in ²
Pressure Drop	0,007 psi	0,68 psi
Rd	0,16 watt/m ² /K	

3.5 Neraca Massa

3.5.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 25 Neraca Massa Total

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)				Keluar (kg/Jam)			
		Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 6	Arus 8	Arus 11	Arus 13	Arus 14
1.	Asetaldehid	3.913,36				1.721,02		0,86	
2.	Air	39,53	511,54	0,01	33,05	17,23	440,82	374,69	66,12
3.	Krotonaldehid						74,09	211,15	1.196,50
4.	Asam Asetat			5,60			5,60		
5.	Asetaldol						312,29	16,44	
6.	Natrium Asetat				462,58		9,44		
7.	Sodium Hidroksida		472,02					0,05	
	Sub Total	3.952,88	983,38	5,61	495,64	1.738,24	842,22	603,19	1.262,63
	Total		4.941,87				4.941,87		

3.5.2 Neraca Massa Alat

Tabel 3. 26 Neraca Massa Reaktor 1

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)		Keluar (kg/Jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1.	Asetaldehid	3.913,36		1.721,88
2.	Air	39,53	511,36	550,89
3.	Krotonaldehid			
4.	Asam Asetat			
5.	Asetaldol			2.191,48
6.	Natrium Asetat			
7.	Sodium Hidroksida		472,02	472,02
	Sub Total	3.952,88	983,38	4.936,26
	Total	4.936,26		4.936,26

Tabel 3. 27 Neraca Massa Neutralizer

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)		Keluar (kg/Jam)
		Arus 3	Arus 4	Arus 5
1.	Asetaldehid	1.721,88		1.721,88
2.	Air	550,89	0,01	550,90
3.	Krotonaldehid			
4.	Asam Asetat		5,60	5,54
5.	Asetaldol	2.191,48		2.191,48
6.	Natrium Asetat			472,02
7.	Sodium Hidroksida	472,02		0,06
	Sub Total	4.936,26	5,61	4.941,87
	Total	4.941,87		4.941,87

Tabel 3. 28 Neraca Massa Filter

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)	Keluar (kg/Jam)	
		Arus 5	Arus 6	Arus 7
1.	Asetaldehid	1.721,88		1.721,88
2.	Air	550,90	33,05	517,84
3.	Krotonaldehid			
4.	Asam Asetat	5,6		5,6
5.	Asetaldol	2.191,48		2.191,48
6.	Natrium Asetat	472,02	462,58	9,44
7.	Sodium Hidroksida	0,06		
	Sub Total	4.941,87	495,64	4.446,23
	Total	4.941,87	4.941,87	

Tabel 3. 29 Neraca Massa Menara Distilasi 1

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)	Keluar (kg/Jam)	
		Arus 7	Arus 8	Arus 9
1.	Asetaldehid	1.721,88	1.721,02	0,86
2.	Air	517,84	17,23	500,62
3.	Krotonaldehid			
4.	Asam Asetat	5,6		5,6
5.	Asetaldol	2.191,48		2.191,48
6.	Natrium Asetat	9,44		9,44
7.	Sodium Hidroksida			
	Sub Total	4.446,23	1.738,24	2.707,99
	Total	4.446,23	4.446,23	

Tabel 3. 30 Neraca Massa Reaktor 2

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)	Keluar (kg/Jam)
		Arus 9	Arus 10
1.	Asetaldehid	0,86	0,86
2.	Air	500,62	881,63
3.	Krotonaldehid		1.481,74
4.	Asam Asetat	5,6	5,6
5.	Asetaldol	2.191,48	328,72
6.	Natrium Asetat	9,44	9,44
7.	Sodium Hidroksida		
	Sub Total	2.707,99	2.707,99
	Total	2.707,99	2.707,99

Tabel 3. 31 Neraca Massa Menara Distilasi 2

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)	Keluar (kg/Jam)	
		Arus 10	Arus 11	Arus 12
1.	Asetaldehid	0,86	0,86	
2.	Air	881,63	440,82	440,82
3.	Krotonaldehid	1.481,74	74,09	1.407,65
4.	Asam Asetat	5,6	5,6	
5.	Asetaldol	328,72	312,29	16,44
6.	Natrium Asetat	9,44	9,44	
7.	Sodium Hidroksida			
	Sub Total	2.707,99	842,22	1.865,77
	Total	2.707,99	2.707,99	

Tabel 3. 32 Neraca Massa Decanter

No.	Komponen	Masuk (kg/Jam)			Keluar (kg/Jam)					
		Arus 12			Arus 13			Arus 14		
1.	Asetaldehid	0,86			0,86					
2.	Air	440,82			374,69			66,12		
3.	Krotonaldehid	1.407,65			211,15			1.196,50		
4.	Asam Asetat									
5.	Asetaldol	16,44			16,44					
6.	Natrium Asetat									
7.	Sodium Hidroksida									
Sub Total		1.865,77			603,14			1.262,62		
Total		1.865,77			1.865,77					

3.6 Neraca Panas**Tabel 3. 33** Neraca Panas Reaktor 1

Masuk	kJ/Jam		Keluar	kJ/Jam	
Arus Masuk	134.230,92		Arus Keluar	77.852,71	
			Pendingin	56.378,21	
Total	134.230,92		Total	134.230,92	

Tabel 3. 34 Neraca Panas Neutralizer

Masuk	kJ/Jam		Keluar	kJ/Jam	
Arus Masuk	2.461.726,46		Arus Keluar	81.580,50	
			Pendingin	2.380.145,95	
Total	2.461.726,46		Total	2.461.726,46	

Tabel 3. 35 Neraca Panas Filter

Masuk	kJ/Jam		Keluar	kJ/Jam	
Arus Masuk	81.589,50		Arus Keluar	81.349,61	
Total	81.589,50		Total	81.349,61	

Tabel 3. 36 Neraca Panas Menara Distilasi 1

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	152.724,38	Arus Keluar	122.638,28
Reboiler	5.708.036,68	Distilat	58.657,65
		Condensor	5.679.465,13
Total	5.860.761,07	Total	5.860.761,07

Tabel 3. 37 Neraca Panas Reaktor 2

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	20.112,60	Arus Keluar	979.466,74
Pemanas	959.354,14		
Total	979.466,74	Total	979.466,74

Tabel 3. 38 Neraca Panas Menara Distilasi 2

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	398.340	Arus Keluar	179.340,47
Reboiler	1.219.068,74	Distilat	418.032,69
		Condensor	1.020.036,28
Total	1.617.409,45	Total	1.617.409,45

Tabel 3. 39 Neraca Panas Decanter

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	186.777,80	Arus Keluar	186.777,80
Total	186.777,80	Total	186.777,80

Tabel 3. 40 Neraca Panas Heater 1

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	46.615,63	Arus Keluar	126.851,09
Steam	173.466,72		
Total	126.851,09	Total	126.851,09

Tabel 3. 41 Neraca Panas Heater 2

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	16.315,29	Arus Keluar	44.209,67
Steam	27.894,37		
Total	44.209,67	Total	44.209,67

Tabel 3. 42 Neraca Panas Heater 3

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	115,78	Arus Keluar	48.735,73
Steam	48.619,95		
Total	48.735,73	Total	48.735,73

Tabel 3. 43 Neraca Panas Heater 4

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	75.580,68	Arus Keluar	168.267,92
Steam	92.687,23		
Total	168.267,92	Total	168.267,92

Tabel 3. 44 Neraca Panas Heater 5

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	159.144,26	Arus Keluar	196.765,67
Steam	37.621,40		
Total	196.765,67	Total	196.765,67

Tabel 3. 45 Neraca Panas Heater 6

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	519.001,43	Arus Keluar	681.037,77
Steam	162.036,34		
Total	681.037,77	Total	681.037,77

Tabel 3. 46 Neraca Panas Cooler 1

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	447.135,10	Arus Keluar	367.332,80
		Pendingin	79.802,29
Total	447.135,10	Total	447.135,10

Tabel 3. 47 Neraca Panas Cooler 2

Masuk	kJ/Jam	Keluar	kJ/Jam
Arus Masuk	181.507,25	Arus Keluar	14.547,18
		Pendingin	166.960,06
Total	181.507,25	Total	181.507,25

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan lokasi pendirian pabrik merupakan salah satu hal yang dipertimbangkan. Hal ini menjadi penting karena menyangkut keberlangsungan pabrik baik secara ekonomi maupun operasional mulai dari produksi hingga distribusi dan pemasaran. Beberapa aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, sarana pendukung dan sebagainya.

Dalam perancangan pabrik krotonaldehid dari asetaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Dengan lokasi pendirian dapat dilihat dari pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Lokasi Pendirian Pabrik
(earth.google.com, 2022)

Dalam pra rancangan pabrik krotonaldehid dari asetaldehid yang didirikan di sekitar kawasan industri Cilegon, Banten ini meninjau beberapa pertimbangan sebagai berikut.

4.1.1 Faktor Primer

a. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan krotonaldehid berupa asetaldehid sendiri dipenuhi dari luar negeri. Asetaldehid dibeli dari pabrik bahan kimia di Amerika yaitu Sigma-Aldrich Corp. Pengangkutan bahan dari Amerika hingga ke Indonesia menggunakan kapal container berkapasitas besar menuju Pelabuhan Krakatau Bandar Samudra, lalu menuju lokasi pabrik menggunakan truk tangker.

b. Pemasaran

Sasaran pasar produk krotonaldehid meliputi pasar dalam dan luar negeri. Lokasi pabrik yang diharapkan dekat dengan industri FMCG yang mana membutuhkan krotonaldehid sebagai asam sorbat.

c. Utilitas

Dalam proses produksi, sarana pendukung proses atau yang disebut sebagai utilitas merupakan salah satu hal yang penting. Utilitas pabrik yang diambil dari luar terdiri dari air, listrik, dan bahan bakar minyak solar dan fuel oil. Untuk itu,

lokasi pabrik yang dekat dengan ketersediaan sarana utilitas yang baik sangat menguntungkan. Pada pabrik ini, air diperoleh dari air laut dan air cadangan berasal dari PT. Krakatau Tirta Industri sebagai penyuplai. Begitu pula dengan bahan bakar yang dapat diperoleh dari PT. Pertamina. Kebutuhan listrik untuk pabrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan PT. Krakatau Daya Listrik sedangkan untuk listrik pada proses atau sebagai cadangan menggunakan generator.

d. Transportasi

Sarana transportasi yang memadai juga merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik karena diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi kota Cilegon, Banten relatif strategis dan mudah dijangkau baik transportasi darat, laut maupun udara.

e. Tenaga Kerja

Pendirian pabrik di suatu daerah tentu saja akan membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi masyarakat sekitar. Kebutuhan akan tenaga kerja yang handal dan profesional demi keberlangsungan kegiatan produksi berjalan dengan baik. Pulau Jawa merupakan lokasi sumber daya manusia yang bermutu dan berkualitas cukup memadai karena

keberadaan kampus terbaik, sehingga para lulusan kampus tersebut dapat direkrut untuk menjadi karyawan.

4.1.2 Faktor Sekunder

a. Perluasan Pabrik

Pendirian sebuah pabrik perlu mempertimbangkan adanya rencana perluasan area pabrik untuk beberapa tahun kedepan. Hal ini dilakukan guna mengantisipasi meningkatnya permintaan akan produk yang dihasilkan. Sehingga pemilihan lokasi pendirian pabrik harus berada di daerah yang mempunyai lahan yang cukup. Dalam hal ini, Kawasan industri Cilegon masih memiliki lahan kosong yang luas untuk memenuhi kriteria tersebut.

b. Perizinan

Saat ini Cilegon merupakan kawasan industri dan berada dalam teritorial negara Indonesia, sehingga secara geografis pendirian pabrik Kawasan tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah dan memudahkan perizinan dalam mendirikan sebuah industri.

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Masyarakat sekitar Kota Cilegon cukup terbuka dan telah terbiasa dengan kehadiran industri di lingkungan sekitarnya. Hal ini akan memberikan keuntungan dalam meningkatkan

perekonomian masyarakat karena dapat membuka lapangan pekerjaan yang luas bagi seluruh masyarakatnya.

d. Sarana Pendukung

Cilegon memiliki sarana dan fasilitas umum yang sangat memadai. Fasilitas-fasilitas yang dimaksud adalah seperti sarana kesehatan, Pendidikan, rumah ibadah, perbankan, perumahan dan sebagainya.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik atau *plant layout* merupakan suatu pengaturan yang optimal dari seperangkat fasilitas-fasilitas dalam pabrik. Tata letak pabrik meliputi tempat perkantoran/administrasi, tempat peralatan proses, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, tempat unit pendukung proses, fasilitas karyawan serta tempat lainnya yang mendukung keberlangsungan proses produksi pabrik. Tata letak yang tepat sangat penting untuk mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja para pekerja serta keselamatan proses. Selain itu, faktor keamanan juga menjadi hal yang sangat penting. Penempatan alat-alat produksi harus ditata sedemikian rupa agar keamanan dan kenyamanan karyawan selama bekerja dapat terjamin. Perancangan tata letak pabrik yang baik memiliki keuntungan yaitu (Peters dan Timmerhaus, 2004) :

1. Mengurangi biaya produksi.
2. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses.

3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga dapat mengurangi *material handling*.
5. Memberikan ruang gerak untuk mempermudah dalam perbaikan peralatan dan mesin ketika terjadi kerusakan.

Hadiguna dkk. (2008) mendefinisikan tata letak sebagai kumpulan unsur-unsur fisik yang diatur mengikuti aturan atau logika tertentu. Sistem *material handling* yang kurang sistematis menjadi masalah yang cukup besar dan mengganggu kelancaran proses produksi sehingga memengaruhi industri secara keseluruhan.

Secara garis besar, tata letak pabrik dibagi menjadi beberapa bagian utama sebagai berikut.

4.2.1 Perkantoran/Administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan yang mengatur kelancaran operasi, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik. daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

4.2.2 Proses

Daerah proses merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi dimana meliputi alat proses diletakkan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk dan ruang pengendalian (*control room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

4.2.3 Instalasi dan Utilitas

Daerah instalasi dan utilitas merupakan tempat yang menyediakan kebutuhan-kebutuhan penunjang proses, seperti kebutuhan air, *steam* pemanas, air pendingin, listrik dan bahan bakar.

4.2.4 Fasilitas Umum

Daerah ini merupakan pusat fasilitas umum yang dapat digunakan oleh karyawan meliputi perumahan/mess, poliklinik, tempat ibadah, kantin, taman dan sebagainya.

4.2.5 Keamanan

Daerah keamanan merupakan tempat untuk menyimpan alat-alat keamanan dalam rangka mengantisipasi dan meminimalisir dampak yang ditimbulkan apabila terjadi ledakan, asap, kebakaran, kebocoran gas beracun dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu disediakan alat pemadam kebakaran di beberapa titik yang berbahaya dan dapat memicu kebakaran.

4.2.6 Pengolahan Limbah

Perlu adanya daerah khusus yang digunakan sebagai tempat pengolahan limbah agar tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah produksi akan mengalami pengolahan dan pengujian lebih lanjut untuk memastikan batas komponen berbahaya yang terkandung sehingga aman jika dibuang ke lingkungan

4.2.7 Perluasan

Perluasan pabrik perlu dipertimbangkan dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat di masa mendatang.

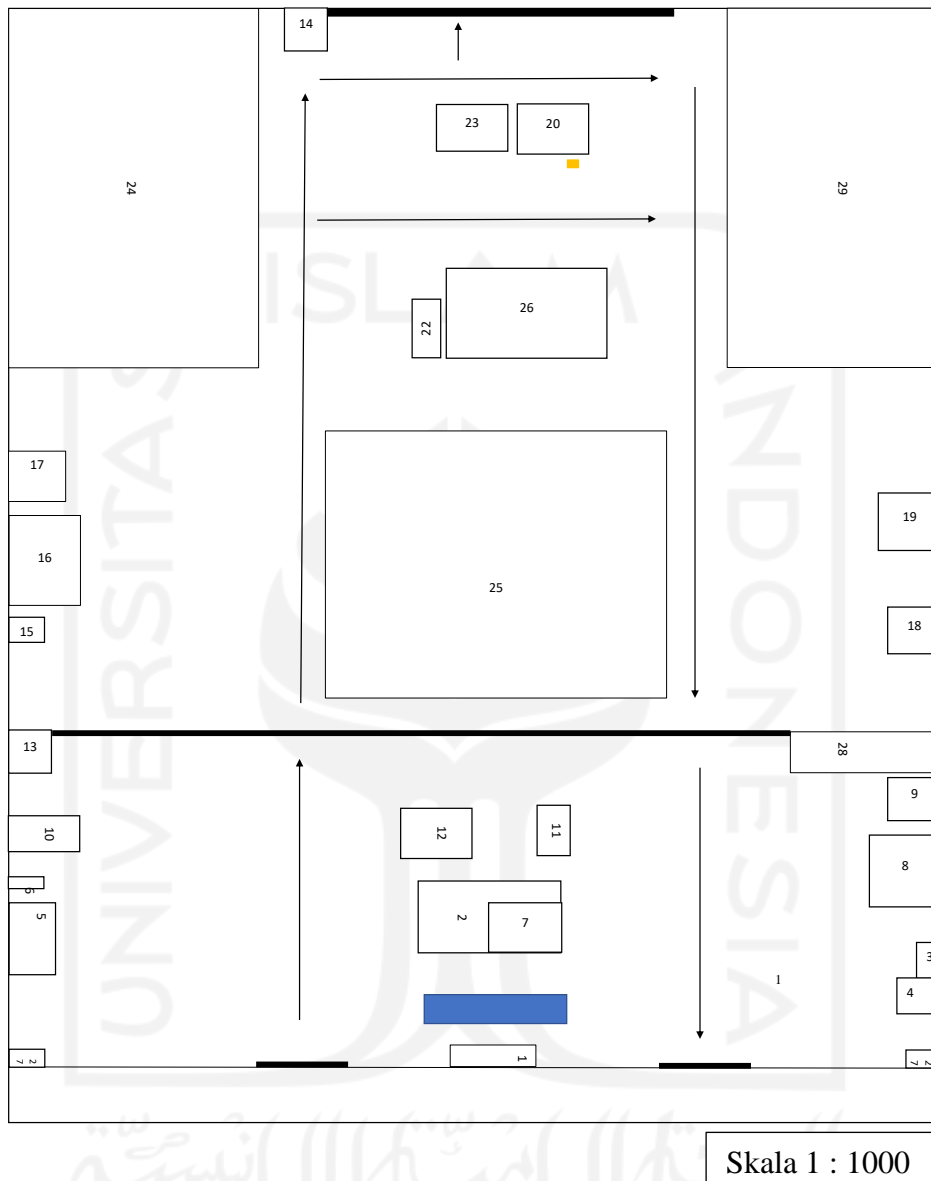
Rincian luas pabrik yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1. dan tata letak pabrik (*plant layout*) dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4. 1 Rincian Luas Area Pabrik

No.	Lokasi	Luas (m ²)
1.	Pos Satpam	144
2.	Kantor Utama	800
3.	Parkir Direksi	70
4.	Parkir Tamu	126
5.	Parkir Karyawan	260
6.	Parkir Sepeda	33
7.	Aula	300
8.	Masjid	400
9.	Poliklinik	180
10.	Kantin	200
11.	Perpustakaan	130
12.	Kantor Teknik	280
13.	Pos Jaga 1	144
14.	Pos Jaga 2	144
15.	Area Parkir	70
16.	Parkir Container	500
17.	Unit Pemadam	224
18.	Laboratorium	195

19.	Control Room	280
20.	Bengkel	280
21.	Power Station	12
22.	Unit Pengolahan Limbah	130
23.	Gudang	260
24.	Area Tangki Penyimpanan	7.000
25.	Area Proses	8.000
26.	Area Utilitas	1.125
27.	Taman 1	100
28.	Taman 2	500
29.	Area Perluasan	6.000
30.	Jalan	1.500
	Luas Bangunan	21.287
	Luas Tanah	27.887

Tata letak pabrik secara keseluruhan tersaji pada gambar :



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

Keterangan

- | | | |
|--------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1. Pos Satpam | 11. Perpustakaan | 21. Power Station |
| 2. Kantor Utama | 12. Kantor Teknik | 22. Unit Pengolahan Limbah |
| 3. Parkir Direksi | 13. Pos Jaga 1 | 23. Gudang |
| 4. Parkir Tamu | 14. Pos Jaga 2 | 24. Area Tangki Penyimpanan |
| 5. Parkir Karyawan | 15. Area Parkir | 25. Area Proses |

6. Parkir Sepeda	16. Parkir Container	26. Area Utilitas
7. Aula	17. Unit Pemadam	27. Taman 1
8. Masjid	18. Laboratorium	28. Taman 2
9. Poliklinik	19. Control Room	29. Area Perluasan
10. Kantin	20. Bengkel	30. Jalan

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

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produksi yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi.

4.3.2 Aliran Udara

Sirkulasi udara di dalam dan sekitar area proses harus dipastikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat sehingga mengakibatkan akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu menjadi perhatian.

4.3.3 Pencahayaan

Pencahayaan atau penerangan di seluruh area pabrik harus memadai terutama pada malam hari karena pabrik bekerja selama 24 jam dalam sehari. Selain itu, pada tempat-tempat tertentu dimana terdapat alat-alat proses yang mempunyai risiko akan bahaya yang tinggi perlu diberikan penerangan tambahan.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan *layout* pabrik diperhatikan agar para pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Hal ini bertujuan apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Keamanan pekerja selama menjalani tugasnya juga diprioritaskan. Selain itu, jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat, kendaraan dan alat pemadam kebakaran dapat dengan mudah menjangkau alat tersebut.

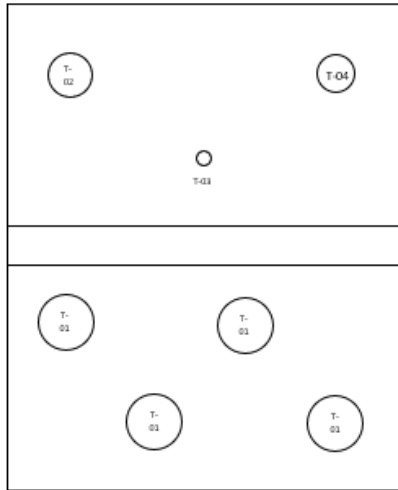
4.3.5 Jarak Antar Alat Proses

Dalam mengatur tata letak alat proses, jarak antar alat proses harus diperhitungkan secara cermat, terutama pada alat-alat yang beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Alat-alat tersebut harus ditempatkan di lokasi khusus yang terpisah dari alat-alat proses yang lain. Hal ini bertujuan apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut, tidak langsung membahayakan alat-alat yang lain.

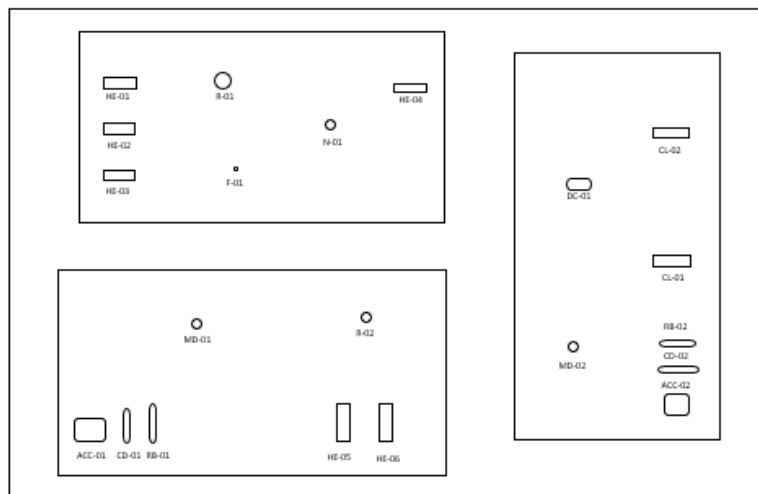
4.3.6 Pertimbangan Ekonomi

Penyusunan tata letak alat proses yang tepat dan optimum diharapkan dapat meminimaisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

Tata letak Area Tangki dan Area Proses tersaji sebagai berikut :



Area Tangki Penyimpanan



Area Proses

Skala 1 : 1000

Gambar 4. 3 Tata Letak Area Alat Proses

Keterangan

T - 01	: Tangki Penyimpanan Asetaldehid
T - 02	: Tangki Penyimpanan Asetaldehid
T - 03	: Tangki Penyimpanan Asetaldehid
T - 04	: Tangki Penyimpanan Asetaldehid
T - 05	: Tangki Penyimpanan Sodium Hidroksida
T - 06	: Tangki Penyimpanan Asam Asetat
T - 07	: Tangki Penyimpanan Krotonaldehid
R - 01	: Reaktor 1
R - 02	: Reaktor 2
N - 01	: Neutralizer
F - 01	: Filter
MD - 01	: Menara Distilasi 1
MD - 02	: Menara Distilasi 2
CD - 01	: Kondensor 1
CD - 02	: Kondensor 2
RB - 01	: Reboiler 1
RB - 02	: Reboiler 1
ACC - 01	: Akumulator 1
ACC - 02	: Akumulator 2
DC - 01	: Decanter
HE - 01	: <i>Heater</i> 1

HE - 02 : Heater 2

HE - 03 : Heater 3

HE - 04 : Heater 4

HE - 05 : Heater 5

HE - 06 : Heater 6

CL - 01 : Cooler 1

CL - 02 : Cooler 2



4.4 Organisasi Perusahaan

4.4.1 Bentuk perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan untuk pabrik krotonaldehid ini adalah Perseroan Terbatas (PT). perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang modal awalnya diperoleh dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal ke perusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bentuk perusahaan ini adalah sebagai berikut.

1. Mudah Mendapatkan Modal

Dalam perseroan terbatas, modal diperoleh melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga hal ini menjadi mungkin apabila ada orang yang ingin ikut serta menanamkan modal dalam jumlah kecil namun tidak menghalangi pemasukan modal dalam jumlah besar. Sehingga akan memudahkan pergerakan di pasar modal dan pengumpulan modal dengan penjualan saham menjadi efektif.

2. Wewenang dan TanggungJawab Pemegang Saham Terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggungjawab menyetor penuh jumlah modal yang

disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut andil dalam mengelola perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengelolaan perusahaan hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

3. Pemilik dan Pengurus Perusahaan Terpisah Satu Sama Lain

Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.

4. Kelangsungan Hidup Perusahaan Lebih Terjamin

Jika terjadi pergantian pemegang saham dari jabatannya, tidak akan berpengaruh terhadap direksi, staf, maupun karyawan yang bekerja di dalamnya. Hal ini dikarenakan para pemilik saham tidak ikut andil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

4.4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang kelangsungan dan kemajuan perusahaan, karena berhubungan dengan komunikasi yang terjadi dalam perusahaan demi tercapainya kerjasama yang baik antar karyawan sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan dengan baik. Setiap perusahaan bias saja memiliki struktur organisasi yang berbeda - beda, tergantung pada kebutuhannya masing-masing.

Untuk mendapatkan system organisasi yang baik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman, antara lain :

1. Pendelegasian wewenang
2. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem kontrol atas kerja yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel

(Widjaja, 2003)

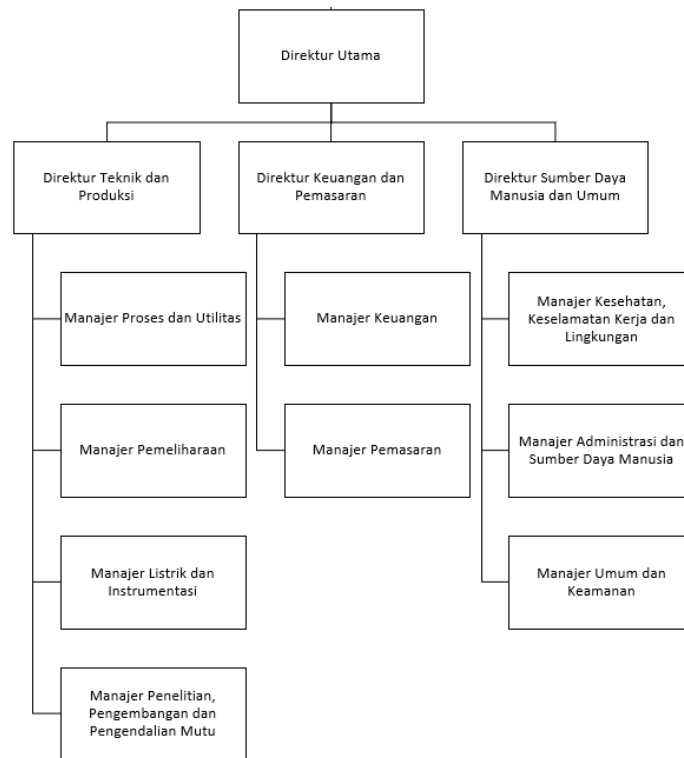
Dengan berpedoman terhadap asas-asas tersebut, maka dipilih organisasi kerja berdasarkan *Line and Staff System*. Pada system ini garis wewenang lebih sederhana, praktis dan tegas. Demikian pula dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam system organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja.

Menurut Djoko (2003), ada 2 kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi kerja berdasarkan system garis dan staff ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau lini, yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

2. Sebagai staff, yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris, sementara dalam hal tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh Direktur Utama yang dibantu oleh beberapa Direktur di bawahnya. Baik Dewan Komisaris maupun Direktur Utama dipilih oleh para pemegang saham dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang merupakan kekuasaan tertinggi dalam perusahaan. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

4.4.3 Tugas dan Wewenang

1. Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggungjawab penuh terhadap jalannya perusahaan kepada Dewan Komisaris. Tugas dan wewenang Direktur Utama adaah sebagai berikut.

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan
- b. Bertanggungjawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.

- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, antara lain :

- Direktorat Teknik dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik.

Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

- Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat Keuangan dan Pemasaran memiliki tugas dan wewenang dalam menyusun dan mengalokasikan anggaran dan pendapatan perusahaan serta melaksanakan kebijakan pemasaran. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Keuangan dan Bagian Pemasaran.

- Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum memiliki tugas dan wewenang dalam hal yang berhubungan dengan administrasi, personalia, humas, keamanan, dan keselamatan kerja. Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

2. Bagian

Setiap bagian memiliki tugas dan wewenang dalam mengatur, mengkoordinir dan mengawal pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis wewenang yang diberikan oleh pimpinan perusahaan dan bertanggungjawab kepada direktorat yang menaunginya. Bagian-bagian tersebut terdiri dari :

- Bagian Proses dan Utilitas

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.

- Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi.
- Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu
Bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- Bagian Keuangan
Bertanggungjawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.
- Bagian Pemasaran
Bertanggungjawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.
- Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan
Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.
- Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia
- Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.

- Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

3. Seksi

Setiap seksi memiliki tugas dan wewenang dalam melaksanakan pekerjaan dalam lingkungan seksinya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing. Setiap seksi bertanggung jawab kepada bagian yang menaunginya.

Seksi-seksi tersebut terdiri dari :

- Seksi Proses

Bertanggungjawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

- Seksi Utilitas

Bertanggung jawab dalam penyediaan air, steam, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

- Seksi Pemeliharaan dan Bengkel

Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.

- Seksi Listrik dan Instrumentasi
Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.
- Seksi Penelitian dan Pengembangan
Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan.
- Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu
Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.
- Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)
Bertanggungjawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.
- Seksi Unit Pengolahan Limbah
Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.
- Seksi Tata Usaha
Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis dibidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta asset perusahaan.

- Seksi Personalia
Bertanggungjawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.
- Seksi Hubungan Masyarakat
Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.
- Seksi Keamanan
Bertanggungjawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

4.4.4 Status, Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan

a. Status Karyawan

Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut :

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) dari direksi. Dan mendapat gaji harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan merupakan karyawan yang bekerja di pabrik atau perusahaan jika diperlukan saja. Karyawan ini menerima gaji borongan untuk suatu pekerjaan yang telah disetujui.

b. Penggolongan Jabatan

Jabatan dalam struktur organisasi perusahaan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi Pendidikan dan keahlian sesuai jabatan dan tanggungjawabnya. Karyawan pada perusahaan ini terdiri dari beragam jenjang Pendidikan, mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama (SMP) hingga Magister (S-2). Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang pendidikannya dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Penggolongan Jabatan

No.	Jabatan	Pendidikan
1.	Direktur Utama	S-2
2.	Direktur Bagian	S-1
3.	Manajer	S-1
4.	<i>Leader</i> (Ka. Seksi)	S-1

5.	<i>Engineer</i>	S-1
6.	Staff	D3/S-1
7.	Security	SLTA
8.	Operator	D3/S-1
9.	<i>Assitant and Medic</i>	D3/S-1
10.	<i>Service Personel (Cleaning Service, Supir)</i>	SLTA

c. Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan pada perusahaan harus diperhitungkan secara cermat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efesien. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan. Rincian jumlah karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah
1.	Direktur Utama	1
2.	Direktur Bagian	3
3.	Manajer	9
4.	<i>Leader (Ka. Seksi)</i>	12
5.	<i>Engineer</i>	15
6.	Staff	63
7.	Security	10
8.	Operator	46
9.	<i>Assitant and Medic</i>	10
10.	<i>Service Personel (Cleaning Service, Supir)</i>	15

4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

a. Pembagian Jam Kerja

Pabrik krotonaldehid ini direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari. Sisa hari yang tidak termasuk hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan (*maintenance*) dan *shut down*. Oleh karena itu, untuk menjaga kelancaran proses produksi serta kegiatan administrasi dan pemasaran, maka pembagian jam kerja harus diatur seefektif dan seefisien mungkin. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan pada perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu :

1. Karyawan *Non-Shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak menangani secara langsung proses produksi. Karyawan *non-shift* meliputi jajaran direksi, kepala bagian, kepala seksi serta jabatan-jabatan di bawahnya yang bekerja di kantor.

Karyawan *non-shift* bekerja selama 5 hari selama seminggu dengan pembagian kerja sebagai berikut :

Jam kerja : Senin-Jumat pukul 07.00-16.00 WIB

Jam istirahat : Senin-Kamis pukul 12.00-13.00 WIB

Jumat pukul 11.30-13.30 WIB

2. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang menangani secara langsung proses produksi atau mengatur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kegiatan produksi. Sebagian dari bagian Teknik, bagian Gudang, dan beberapa bagian lain harus siaga demi keselamatan dan keamanan pabrik. Karyawan *shift* akan bekerja secara bergantian dalam sehari semalam, dengan pembagian *shift* sebagai berikut :

Shift 1 : pukul 07.00-15.00

Shift 2 : pukul 15.00-23.00

Shift 3 : pukul 23.00-07.00

Jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pergantian *shift* setiap 3 hari kerja sekali.

Karyawan *shift* bekerja dengan system 3 hari kerja, 1 hari libur. Pada hari Minggu dan libur hari besar semua karyawan *shift* tidak libu. Namun, setiap karyawan mendapatkan jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapat giliran *shift* sedangkan 1 regu libur. Jadwal *shift* karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Siklus Pergantian Shift Karyawan

Shift	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pagi	A	A	A	C	C	D	D	B	B
Sore	B	B	B	A	A	C	C	D	D
Malam	C	C	C	D	D	B	B	A	A
Off	D	D	D	B	B	A	A	C	C

b. Sistem Gaji Karyawan

Sistem pembagian gaji karyawan pada perusahaan ini terbagi menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Gaji Bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 1 setiap bulannya.

2. Gaji Harian

Gaji harian merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian dan karyawan borongan.

3. Gaji Lembur

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

Rincian gaji setiap karyawan pada setiap jabatan dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Gaji/ Bulan
1.	Direktur Utama	Rp 75.000.000
2.	Direktur Bagian	Rp 67.000.000
3.	Manajer	Rp 35.000.000
4.	<i>Leader</i> (Ka. Seksi)	Rp 15.000.000
5.	<i>Engineer</i>	Rp 10.000.000
6.	Staff	Rp 4.000.000
7.	Security	Rp 3.500.000
8.	Operator	Rp 4.000.000
9.	<i>Assitant and Medic</i>	Rp 7.500.000
10.	<i>Service Personel (Cleaning Service, Supir)</i>	Rp 2.500.000

4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan mempunyai hak dalam hal ketenagakerjaan seperti yang tertuang dalam peraturan perundang-undangan. Hak-hak tersebut antara lain :

1. Tunjangan

Tunjangan karyawan terdiri dari :

- a. Tunjangan yang berupa gaji pokok yang diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.
- b. Tunjangan jabatan yang diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.
- c. Tunjangan lembur yang diberikan kepada karyawan yang bekerja di luar jam kerja berdasarkan jumlah jam kerja.
- d. Tunjangan hari raya (THR), diberikan sebesar nilai satu bulan gaji kepada karyawan setiap tahunnya saat menjelang hari raya Idul Fitri.

2. Hari Libur Nasional

Untuk karyawan harian (non-shift), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional dihitung sebagai kerja lembur (overtime).

3. Hak Cuti

Hak cuti karyawan terdiri dari :

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun tersebut.

- b. Cuti sakit diberikan kepada setiap karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter, termasuk kepada karyawan wanita yang melahirkan.

4. Fasilitas Karyawan

Dalam rangka meningkatkan produktifitas karyawan, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas yang dapat digunakan oleh karyawan untuk menjaga kondisi jasmani dan rohani karyawan, sehingga mereka tidak merasa jenuh dalam menjalankan pekerjaan sehari-hari dan kegiatan dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Fasilitas yang disediakan perusahaan meliputi:

- a. Poliklinik

Poliklinik disediakan bertujuan untuk menjaga kesehatan karyawan yang merupakan salah satu hal yang berpengaruh dalam efisiensi produksi pabrik. Poliklinik yang disediakan ditangani oleh dokter dan perawat.

- b. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindari kesenjangan antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

c. Makan dan Minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang. Makanan dan minuman direncanakan akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk perusahaan.

d. Tempat Ibadah

Tempat ibadah yang disediakan perusahaan berupa masjid, agar karyawan tetap dapat melaksanakan kewajiban rohani dan aktivitas keagamaan lainnya.

e. Transportasi

Untuk meringankan beban pengeluaran karyawan, perusahaan menyediakan alat transportasi bagi karyawan yang tidak menggunakan transportasi pribadi berupa shuttle bus. Bus akan beroperasi di beberapa titik tempat tinggal karyawan untuk mengantar dan menjemput karyawan saat akan berangkat dan pulang bekerja.

5. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggungjawaban jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan.

BAB V

UTILITAS

Unit utilitas pada pabrik krotonaldehid berfungsi untuk menyediakan produk berupa bahan-bahan yang akan dibutuhkan sebagai penunjang proses produksi krotonaldehid. Produk yang dihasilkan pada utilitas antara lain adalah air, steam, listrik, dan udara. Untuk memproduksi bahan tersebut utilitas pabrik krotonaldehid memiliki beberapa unit diantaranya, unit pengolahan air, unit penyediaan cooling water, pembangkit steam, power generation, dan unit instrument air & plant air (IA/PA) serta dilengkapi dengan unit pengolahan limbah.

Unit utilitas terdiri dari:

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

5.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air (Water Treatment System)

5.1.1 Unit Penyedia Air

Air merupakan salah satu bahan baku maupun bahan penunjang yang sangat dibutuhkan dalam proses produksi. Unit pengadaan dan pengolahan air merupakan unit yang berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air untuk seluruh kegiatan dalam

pabrik. Selain sebagai penyedia kebutuhan air, unit ini juga mengolah air proses, air pendingin, air sanitasi dan air pemadam kebakaran hingga siap untuk digunakan. Dalam industri, untuk memenuhi kebutuhan air pada umumnya menggunakan air sungai, air sumur, air danau hingga air laut.

Dalam perancangan pabrik asam fosfat ini, sumber air yang digunakan adalah sumber air yang berasal dari laut di Cilegon. Berikut beberapa pertimbangan dalam menggunakan air laut sebagai sumber air:

- a. Pabrik ini membutuhkan air dengan kapasitas besar sehingga dipilih air laut sebagai sumber air karena jumlah air laut merupakan sumber yang kontinuitasnya tinggi sehingga dianggap dapat memenuhi kebutuhan pabrik dan dapat menghindari kekurangan air.
- b. Sumber air terdekat dari pabrik ini adalah air laut di Pantai Cilegon Mandiri karena pabrik direncanakan dibangun di Kota Cilegon.

1. Air pendingin

Air pendingin diproduksi oleh menara pendingin (cooling tower). Unit air pendingin ini mengolah air dengan proses pendinginan, untuk dapat digunakan sebagai air dalam proses pendinginan pada alat pertukaran panas (heat exchanger) dari alat yang membutuhkan pendinginan. Pada umumnya air

digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut:

- a) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- b) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- c) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- d) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- e) Tidak terdekomposisi

2. Air untuk pembangkit steam (Boiler Feed Water)

Umpan atau steam dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas. Adapun syarat air umpan boiler, yaitu:

- a) Tidak membuih (berbusa)

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan foaming pada boiler 96 karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

- b) Tidak menyebabkan kerak

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

- c) Tidak menyebabkan korosi pada pipa

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 . O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

3. Air Sanitasi

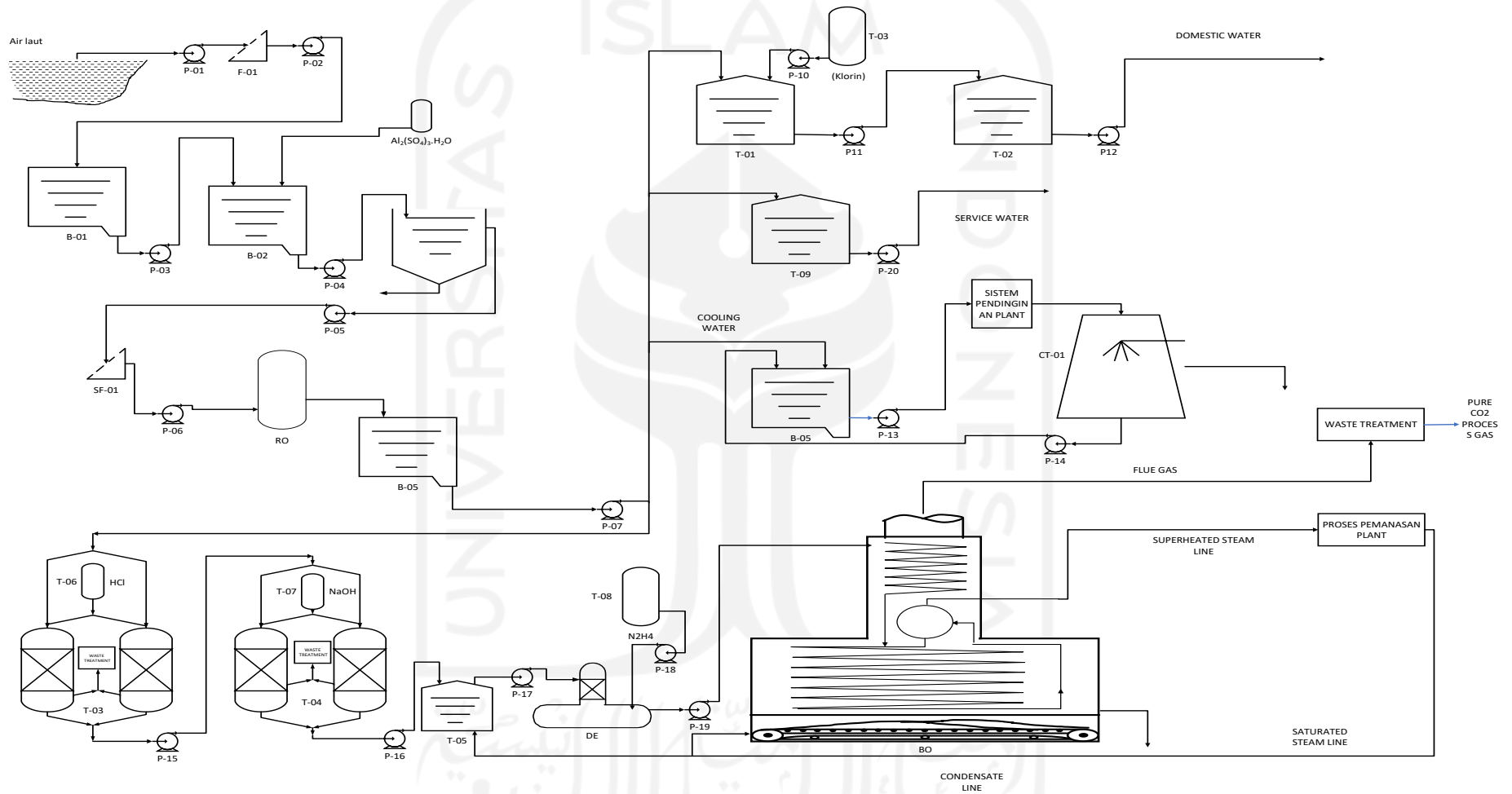
Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi. Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran, laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat fisika, meliputi:

- Suhu : dibawah suhu udara
- Warna :jernih
- Rasa : tidak berasa
- Bau : tidak berbau

b) Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang
- Terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bahan beracun.
- Tidak mengandung bakteri terutama panthogen
- yang dapat merubah fisik air



Gambar 5. 1 Unit Utilitas

Keterangan Alat

BU-1	: Bak Air Pendingin
T-01	: Tangki Klorinasi / Karbon aktif (TU-01)
T-02	: Tangki Air Bersih (T-02)
T-03	: Tangki kation Exchanger
T-04	: Tangki Anion Exchanger
T-05	: Tangki air boiler
T-06	: Tangki H ₂ SO ₄
T-07	: Tangki NaOH
T-08	: Tangki N ₂ H ₄
T-09	: Tangki Air Service
TU-03	: Klorin
P	: Pompa
De	: Deaerator
Bo	: Boiler
CT	: Cooling Tower

5.1.2 Unit Pengelolaan Air

Sebelum digunakan air laut perlu diproses dahulu agar dapat memenuhi syarat untuk dapat digunakan sebagai air proses, air umpan boiler, air pendingin maupun air untuk kegiatan dalam pabrik. Adapun tahapan dalam pengolahan air sungai ini antara lain:

1. Penyaringan Awal / Screen (WF)

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari laut harus mengalami pembersihan awal dimana air laut dilewatkan melalui Screen (penyaringan awal) yang berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti pasir, kerikil dan sebagainya. Kemudian baru dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak pengendap (B-01)

Air laut setelah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran yang mudah mengendap karena ukurannya yg masih cukup besar tetapi lolos dari penyaring awal (screen). Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. Bak penggumpal (B-02)

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia.

Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah tawas atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 .

4. Clarifier (C-01)

Air setelah melewati bak penggumpal air dialirkan ke Clarifier untuk memisahkan/mengendapkan gumpalan gumpalan dari bak penggumpal. Air baku yang telah dialirkan kedalam clarifier yang alirannya telah diatur ini akan diaduk dengan agitator. Air keluar clarifier dari bagian pinggir secara overflow sedangkan sludge (flok) yang terbentuk akan mengendap secara gravitasi dan di blow down secara berkala dalam waktu yang telah ditentukan.

5. Bak Penyaring/sand filter (B-03)

Setelah keluar dari clarifier air kemudian dialirkan ke bak saringan pasir, dengan tujuan untuk menyaring partikel-partikel halus yang masih lolos atau yang masih terdapat dalam air dan belum terendapkan. Penyaringan dan pengendapan secara bertahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa air benar-benar bersih dari pengotor sehingga aman digunakan untuk proses produksi maupun kegiatan pabrik lainnya. Penyaringan pada tahap ini menggunakan sand filter yang terdiri dari antrasit, pasir, dan kerikil sebagai media penyaring.

6. Reverse Osmosis

Air yang sudah melalui penyaringan di sand filter dialirkan ke dalam alat reverse osmosis untuk di desalinasi. Proses desalinasi merupakan proses untuk menghilangkan kadar garam yang ada di dalam air.

7. Bak Penampung Sementara (B-04)

Air yang sudah melalui proses sand filter kemudian dialirkan ke dalam tangki penampung sementara. Proses selanjutnya bergantung pada fungsi air tersebut karena setelah dari bak penampung sementara spesifikasi untuk air proses, air umpan boiler dan air pendingin berbeda dengan air yang digunakan untuk kegiatan selain proses produksi.

8. Tangki Karbon Aktif (TU-01)

Air setelah melalui bak penampung sementara (B-04) dialirkan ke Tangki Karbon Aktif (TU-01). Dalam Tangki Karbon Aktif ini Air ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti amuba, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi. Klor adalah zat kimia yang sering dipakai karena harganya murah dan masih mempunyai daya desinfeksi sampai beberapa jam setelah pembubuhannya. Kemudian air dialirkan ke Tangki Air Bersih (TU- 02) untuk keperluan air minum dan perkantoran.

9. Tangki air bersih (TU-02)

Tangki air bersih ini fungsinya untuk menampung air bersih yang telah diproses. Dimana air bersih ini digunakan untuk keperluan air minum dan perkantoran.

10. Tangki Kation Exchanger (TU-03)

Air dari bak penampung (B-04) berfungsi sebagai make up boiler, selanjutnya air diumpankan ke tangki kation exchanger (TU-03). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H⁺ sehingga air yang akan keluar dari kation exchanger adalah air yang mengandung anion dan ion H⁺. Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu regenerasi kembali dengan asam sulfat (H₂SO₄).

11. Tangki Anion Exchanger (TU-04)

Air yang keluar dari tangki kation exchanger (TU-03) kemudian diumpankan ke tangki anion exchanger. Tangki ini berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO₃²⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ akan terikat dengan resin.

12. Unit Deaerator (DE)

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan boiler dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada boiler seperti

oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (kation exchanger dan anion exchanger) dipompakan menuju deaerator.

Pada pengolahan air untuk (terutama) boiler tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator ini berfungsi menghilangkan gas O_2 dan CO_2 yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_2) yang berfungsi untuk mengikat oksigen. Air yang keluar dari deaerator dialirkan dengan pompa sebagai air umpan boiler (boiler feed water).

13. Bak Air Pendingin (B-05)

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam cooling tower. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya blow down di cooling tower, diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan.

5.2 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pembangkit Steam

Alat	Kode	Kebutuhan Steam (Kg/Jam)
Heater-01	HE-01	108,77
Heater-02	HE-02	17,50
Heater-03	HE-03	17,50
Heater-04	HE-04	58,12
Heater-05	HE-05	24,10
Heater-06	HE-06	24,10
Reboiler-01	RB-01	148266,77
Reboiler-01	RB-02	31166,36
Reaktor-02	R-02	3798,72
Jumlah		183481,94

Air pembangkit steam sebanyak 80% digunakan kembali, maka *make up* yang diperlukan adalah sebanyak 20%. Sehingga *make up steam* sebesar: $= 20\% \times 183481,94 \text{ kg/jam} = 220178,33 \text{ kg/jam}$.

2. Kebutuhan Air Pendingin

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kode	Kebutuhan Air (Kg/Jam)
Reaktor-01	R-01	1904,72
Neutralizer	NT-01	14571,39
Condensor-01	CD-01	295598,33
Condensor-02	CD-02	26082,87
Cooler-01	CL-01	497,59
Cooler-02	CL-02	497,59
Jumlah		339152,49

- Jumlah air yang menguap (W_e)
 $= 339152,49 \times 0,00085 \times (308 - 298)$
 $= 1729,68 \text{ kg/jam}$

- Jumlah air yang terbawa aliran keluar tower (W_d)
 $= 406982,98 \times 0,0002$
 $= 81,40 \text{ kg/jam}$

- Blowdown
 $= 495,16 \text{ kg/jam}$

- Jumlah air make up
 $= 2767,48 \text{ kg/jam}$

3. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air untuk karyawan. Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari.

Diambil kebutuhan air tiap orang = 100 liter/hari

Jumlah karyawan = 184 orang

Kebutuhan air untuk semua karyawan = 17905,98 kg/jam

4. Kebutuhan Air Service

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Service

Penggunaan	Jumlah (kg/hari)
Bengkel	200
Poliklinik	300
Laboratorium	500
Pemadam kebakaran	1000
Kantin, musholla, dan kebun	2000
Total Kebutuhan	4000

5.3 Unit Pembangkit Steam

Unit ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan steam pada produksi dengan cara menyediakan steam untuk boiler. Sebelum air dari water treatment plant digunakan sebagai umpan boiler, mula-mula diatur terlebih dahulu kadar silika, oksigen dan bahan terlarut lainnya dengan cara menambahkan bahan kimia ke dalam boiler feed water tank. Air kemudian dialirkan ke dalam economizer sebelum dialirkan masuk ke dalam boiler yaitu alat penukar panas dengan tujuan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran residu boiler. Gas dari sisa pembakaran tersebut dialirkan menuju economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap. Setelah uap air terkumpul kemudian dialirkan menuju steam header untuk didistribusikan menuju alat-alat proses.

5.4 Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik karena:

- a. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- b. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari:

1. Listrik untuk AC

2. Listrik untuk laboratorium dan bengkel
3. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
4. Listrik untuk penerangan
5. Listrik untuk instrumentasi

Keuntungan tenaga listrik dari PLN adalah biayanya murah, sedangkan kerugiannya adalah kesinambungan penyediaan listrik kurang terjamin dan tenaganya tidak terlalu tetap. Sebaliknya jika disediakan sendiri (Genset), kesinambungan akan tetap dijaga, tetapi biaya bahan bakar dan perawatannya harus diperhatikan. Energi listrik diperlukan untuk penggerak alat proses, alat utilitas, instrumentasi, penerangan, dan alat-alat kontrol. Rincian kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses

Kode Alat	Daya	
	Hp	Watt
R-01	25	18642,5
R-02	7,5	5592,75
NT-01	40	29828
RVF-01	3	2237,1
P-01	0,5000	372,85
P-02	0,1250	93,2125
P-03	0,05	37,285
P-04	0,25	186,425

P-05	1,5	1118,55
P-06	0,167	124,5319
P-07	0,167	124,5319
P-08	0,05	37,285
P-09	0,05	37,285
Total	82,86	58432,31

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas

Kode Alat	Daya	
	Hp	Watt
B-02	2,00000	1491,4000
BL-01	0,12500	93,2125
CP-01	7,00000	5219,9000
PU-01	5,00000	3728,5000
PU-02	5,00000	3728,5000
PU-03	5,00000	3728,5000
PU-04	10,00000	7457,0000
PU-05	5,00000	3728,5000
PU-06	5,00000	3728,5000
PU-07	3,00000	2237,1000
PU-08	3,00000	2237,1000
PU-09	3,00000	2237,1000

PU-10	1,50000	1118,5500
PU-11	1,00000	745,7000
PU-12	1,50000	1118,5500
PU-13	1,50000	1118,5500
PU-14	1,50000	1118,5500
PU-15	1,50000	1118,5500
PU-16	7,50000	5592,7500
PU-17	3,00000	2237,1000
PU-18	1,50000	1118,5500
PU-19	3,00000	2237,1000
PU-20	0,00000	0,0000
Total	76,63	57139,27

Kebutuhan listrik untuk penerangan	= 17,84 kW
Kebutuhan listrik kantor	= 17,84 kW
Kebutuhan listrik bengkel, laboratorium, dll	= 17,84 kW
Kebutuhan listrik untuk alat kontrol	= 29,73 kW
Total Kebutuhan Listrik Pabrik	= 202,18 kW

5.5 Unit Penyedia Udara Instrumen

Unit penyedia udara instrumen berupa blower unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan udara yang diperlukan oleh semua alat controller, dimana setiap alat controller membutuhkan sekitar 1 ft³ /menit atau 28,32 L/menit dimana jumlah alat controller pada pabrik adalah sebanyak 21 buah.

5.6 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar yang dibutuhkan boiler dan generator . Jenis bahan bakar yang dipilih adalah solar, dengan spesifikasi:

Specific gravity = 0,87

Densitas = 870 kg/m³

Heating value = 18774,94 BTU/lbm

Alasan pemilihan bahan bakar tersebut antara lain karena mudah didapat, ekonomis, dan mudah dalam penyimpanannya. Kebutuhan bahan bakar disuplai langsung dari PT. PERTAMINA (Persero) sebanyak 13,06 liter/jam.

5.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah bertujuan untuk mengolah limbah yang dihasilkan dalam pabrik, sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan meliputi:

1. Air buangan sanitasi yang berasal dari toilet, dapur, dan pencucian. Limbah tersebut dikumpulkan dalam unit stabilisasi kemudian diolah dengan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Klorin berfungsi sebagai desinfektan yang dapat membunuh mikroorganisme penyebab penyakit.
2. Air buangan utilitas yang berasal dari unit demineralisasi dan sisa regenerasi resin. Air ini bersifat asam atau basa sehingga diperlukan

penetralkan (hingga pH 7) menggunakan H₂SO₄ atau NaOH sebelum dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang.

3. Limbah sisa proses yang berasal dari keluaran filter. Limbah tersebut berupa garam yang akan langsung dialirkan menuju penampungan akhir dan dibuang. Serta limbah keluaran Menara Distilasi 2 yang mengandung asetaldol (311,67 kg/Jam) air (456,65 kg/Jam) dan sedikit krotonaldehid dan asam asetat merupakan limbah berbahaya. Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) yang dihasilkan akan diberikan kepada pihak ketiga yang memiliki izin untuk pengolahan limbah B3 sesuai peraturan yang berlaku.

5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

Tabel 5. 6 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (1)

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Kode	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan air dari laut menuju filter	Mengalirkan air dari filter menuju Bak Pengendapan Awal	Mengalirkan air dari Bak Pengendapan Awal menuju Bak Penggumpal	Mengalirkan air dari Bak Penggumpal menuju clarifier	Mengalirkan air dari clarifier menuju sand filter
Jenis	Centrifugal Pump				
Tipe	Mixed Flow Impeller				
Bahan	Commercial Steel				
Kapasitas (gpm)	492,1	467,5	444,12	916,3	421,91
Spesifikasi					
Head Pompa (ft.lbf/lbm)	18,71	18,48	18,28	22,05	18,1
Sch.	40	40	40	40	40
Tenaga Pompa (HP)	3,4	3,19	3,45	8,58	2,82

Tenaga Motor (HP)	5	5	5	10	3
-------------------	---	---	---	----	---

Tabel 5. 7 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (2)

Spesifikasi		Pompa Utilitas				
Kode	P-06	P-07	P-08	P-09	P-10	
Fungsi	Mengalirkan air dari sand filter menuju RO	Mengalirkan air dari bak penyimpanan air dingin dan mendistribusikannya melalui pompa 8 dan 9	Mengalirkan air dari Bak Penyimpanan menuju tangki kation exchanger	Mengalirkan air dari bak penyimpanan menuju tangki domestic water, service water dan cooling water	Mengalirkan air dari kation exchanger menuju tangki klorinasi	
Jenis	Centrifugal Pump					
Tipe	Mixed Flow Impeller					
Bahan	Commercial Steel					
Kapasitas (gpm)	400,82	380,78	380,78	380,78	0,016	
Spesifikasi						
Head Pompa (ft.lbf/lbm)	17,93	17,78	17,78	17,78	12,1	
Sch.	40	40	40	40	40	
Tenaga Pompa (HP)	2,66	2,5	2,5	2,5	0,00099	
Tenaga Motor (HP)	5	3	3	3	1,5	

Tabel 5. 8 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (3)

Spesifikasi		Pompa Utilitas				
Kode	P-11	P-12	P-13	P-14	P-15	
Fungsi	Mengalirkan air dari Tangki Klorinisasi ke Tangki Air bersih	Mengalirkan air dari Tangki Air bersih ke Area Dosmetik	Mengalirkan air dari Bak Air Dingin (BU-03) menuju ke Cooling Tower (CT-01)	Mengalirkan air dari Cooling Tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin	Mengalirkan air dari tangki penampung NaCl menuju Mixed Bed (TU-05)	
Jenis	Centrifugal Pump					
Tipe	Mixed Flow Impeller					
Bahan	Commercial Steel					
Kapasitas (gpm)	92,53	92,53	14,3	14,3	237,08	
Spesifikasi						
Head Pompa (ft.lbf/lbm)	12,42	17,36	12,27	14,30	6,23	
Sch.	40	40	40	40	40	
Tenaga Pompa (HP)	0,71	0,94	0,11	0,13	0,98	
Tenaga Motor (HP)	1	1,5	1,5	1,5	1,5	

Tabel 5. 9 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Utilitas (4)

Spesifikasi		Pompa Utilitas				
Kode	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20	
Fungsi	Mengalirkan air dari Mixed Bead (TU-05) menuju Tangki air Demin	Mengalirkan air dari Tangki air Demin menuju Tangki Deaerator (De-01)	Mengalirkan larutan Hydrazine dari Tangki N ₂ H ₄ (T-08) menuju Tangki Deaerator (De-01)	Mengalirkan air dari Deaerator (De-01) menuju Boiler	Mengalirkan air dari Tangki air Service menuju area kebutuhan service	
Jenis	Centrifugal Pump					
Tipe	Mixed Flow Impeller					
Bahan	Commercial Steel					
Kapasitas (gpm)	273,08	273,08	0,0082	273,08	0,86	
Spesifikasi						
Head Pompa (ft.lbf/lbm)	28,88	10,51	4,27	11,56	30,01	
Sch.	40	40	80	40	80	
Tenaga Pompa (HP)	4,34	1,65	0,0002	1,81	0,13	
Tenaga Motor (HP)	7,5	3	1,5	3	2	

Tabel 5. 10 Spesifikasi Bak Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas
Kode	BU-05
Fungsi	Menampung kebutuhan air pendingin
Jenis	Bak Persegi
Bahan	Beton bertulang
Spesifikasi	
Panjang (m)	5,4221
Lebar (m)	5,4221
Tinggi (m)	2,7111
Diameter (m)	-
Jumlah	1

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki (1)

Spesifikasi	Tangki Utilitas				
	Kode	T-01	TU-01	TU-02	T-02
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan tawas padatan alum 50 % untuk 1 minggu	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga	Menampung larutan HCl yang akan digunakan untuk Kation exchanger.	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi Anion exchanger.
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak
Bahan	Carbon Steel				
Spesifikasi					
Panjang (m)	-	-	-	-	-
Lebar (m)	-	-	-	-	-
Tinggi (m)	3,2231	8,6931	8,6931	3,377	2,691
Diameter (m)	1,6116	8,6931	8,6931	3,377	2,691
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki (2)

Spesifikasi		Tangki Utilitas			
Kode	De	T-04	T-05	T-06	TU-04
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler.	Menyimpan larutan N ₂ H ₄	Mencampur Kondensat sirkulasi dan makeup air umpan boiler sebelum dibangkitkan sebagai steam alam boiler	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan boiler.	Menampung Air Service untuk keperluan layanan umum
Jenis	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak	Silinder Tegak
Bahan	Carbon Steel				
Spesifikasi					
Panjang (m)	-	-	-	-	-
Lebar (m)	-	-	-	-	-
Tinggi (m)	4,3228	4,3464	12,4691	12,4691	5,2747
Diameter (m)	4,3228	4,3464	12,4691	12,4691	5,2747
Jumlah	1	1	1	1	1

Tabel 5. 13 Spesifikasi *Screener* Utilitas

Fungsi	Menyaring Kotoran-Kotoran yang berukuran besar misalnya: pasir, batu, kerikil, dll
Bahan	Aluminium
Spesifikasi	
Panjang (ft)	10
Lebar (ft)	8
Diameter (cm)	1
Jumlah	1

Tabel 5. 14 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas

Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	Cooling Tower Induced Draft
Spesifikasi	
Panjang (ft)	1,87
Lebar (ft)	1,87
Tinggi (ft)	5,79
Jumlah	1

Tabel 5. 15 Spesifikasi Blower Cooling Tower Utilitas

Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Jenis	Centrifugal Blower
Spesifikasi	
Kapasitas (ft ³ /jam)	83866,1
Effisiensi	84
Power (HP)	0,125
Bahan	Carbon Steel SA-285 Grade C
Jumlah	1

Tabel 5. 16 Spesifikasi Dearator

Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler
Jenis	Tangki Siinder Tegak
Spesifikasi	
Kapasitas (m ³ /jam)	52842,8
Diameter (m)	4,32
Tinggi (m)	4,32
Volume (m ³)	63,41
Jumlah	1

Tabel 5. 17 Spesifikasi Mixed-Bed

Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl, SO ₄ , dan NO ₃
Jenis	Tangki Siinder Tegak
Resin	Zeolit
Spesifikasi	
Diameter (m)	2,62
Tinggi tangki (m)	1,68
Tinggi bed (m)	1,4
Volume bed (m ³)	7,55
Volume bak resin (m ³)	45634,94
Tebal (in)	0,19
Jumlah	1

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Pada evaluasi ekonomi perancangan pabrik krotonaldehid merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam pendirian suatu pabrik. Dengan dilakukannya evaluasi ekonomi bisa untuk memperkirakan modal investasi untuk mengetahui apakah pabrik yang sedang dirancang layak atau tidak jika didirikan. Salah satu bagian penting dari perancangan pabrik ini adalah estimasi harga dari alat – alat yang akan digunakan dalam kebutuhan pabrik, karena harga alat tersebut digunakan sebagai dasar patokan untuk estimasi evaluasi analisa ekonomi tentang kelayakan investasi penanaman modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan melihat kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang akan diperoleh kedepannya, lamanya modal penanaman investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas atau balik modal. Beberapa faktor yang ditinjau dalam evaluasi ekonomi ini 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)

Kendati demikian ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan sebelum melakukan ini perlu menganalisis lima faktor di atas, seperti:

1. Penentuan modal industri (*total capital investment*), yang meliputi:
 - a. Modal tetap (*fixed capital investment*)

- b. Modal kerja (*working capital investment*)
- 2. Penentuan total biaya produksi (*total production cost*), yang meliputi :
 - a. Biaya pembuatan (*manufacturing cost*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*general expenses*)
- 3. Pendapatan modal

Perkiraan yang perlu dilakukan untuk mengetahui titik impas, adalah sebagai berikut :

- a. Biaya tetap per tahun (*fixed cost annual*)
- b. Biaya variabel per tahun (*variable cost annual*)
- c. Biaya mengambang (*regulated cost annual*)

6.1 Harga Alat

Harga alat akan selalu mengalami perubahan setiap tahunnya tergantung pada kondisi ekonomi. Sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dengan mencari tahu terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.

Indeks harga pada tahun 2026 dapat diperkirakan menggunakan garis linier data indeks pada tahun 1986 hingga 2016 yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. 1 Indeks Harga pada Tahun 1986 hingga 2016

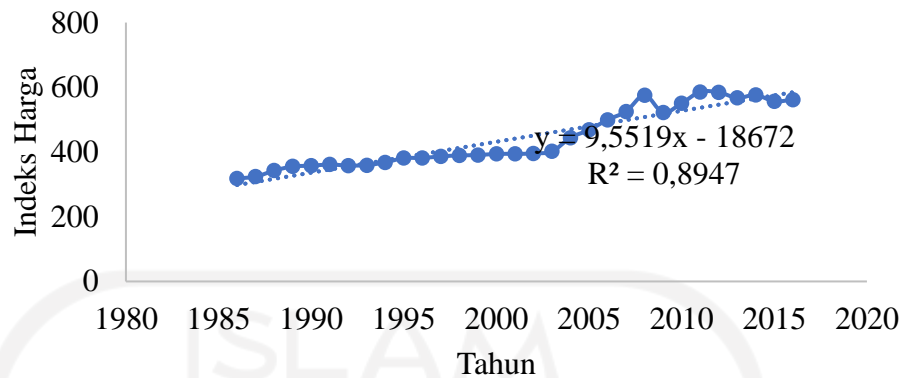
No.	Tahun (Xi)	Indeks (Yi)
1	1986	318,4
2	1987	323,8
3	1988	342,5
4	1989	355,4
5	1990	357,6
6	1991	361,3
7	1992	358,2
8	1993	359,2
9	1994	368,1
10	1995	381,1
11	1996	381,7
12	1997	386,5
13	1998	389,5
14	1999	390,6
15	2000	394,1
16	2001	394,3
17	2002	395,6
18	2003	402
19	2004	444,2
20	2005	468,2

Tabel 6.1 Indeks Harga pada Tahun 1986 hingga 2016

21	2006	499,6
22	2007	525,4
23	2008	575,4
24	2009	521,9
25	2010	550,8
26	2011	585,7
27	2012	584,6
28	2013	567,3
29	2014	576,1
30	2015	556,8
31	2016	561,7

Sumber : www.chemengonline.com

Dari data diatas, maka persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $9,5519x - 18672$. Pabrik krotonaldehid dari asetaldehid kapasitas 10.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2026 dan beroperasi pada tahun 2027. Dari persamaan regresi linear tersebut diperoleh indeks sebesar 680,149 pada tahun 2026. Grafik *plotting* data dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 6. 1 Grafik Index Harga

Harga alat pada pabrik krotonaldehid diperoleh dari situs matche (www.matche.com) serta dari beberapa referensi lainnya. Perhitungan alat pada tahun 2026 saat pabrik didirikan diperoleh dengan rumus berikut :

$$E_x = \left(\frac{N_x}{N_y}\right) E_y \text{ (Aries \& Newton)}$$

Keterangan :

E_x : Harga tahun pembelian

E_y : Harga pembelian alat pada tahun referensi

N_x : Indeks harga pada tahun pembelian

N_y : Indeks harga pada tahun referensi

6.1.1 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisa ekonomi pabrik krotonaldehid ini adalah :

1. Kapasitas produksi : 10.000 toh/tahun
2. Satu tahun operasi : 330 hari

3. Pabrik didirikan tahun : 2026
4. Pabrik beroperasi tahun : 2027
5. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp 14.653
6. Umur alat : 10 tahun

6.1.2 Perkiraan Harga Alat

Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	USD	Rp
1	Tangki Penyimpanan Asetaldehid	T-01	4	\$ 1.065.382,43	Rp 15.611.368.377,72
2	Tangki Penyimpanan NaOH	T-02	1	\$ 102.949,19	Rp 1.508.545.348,56
3	Tangki Penyimpanan Asam Asetat	T-03	1	\$ 23.848,32	Rp 349.456.605,97
4	Tangki Penyimpanan Krotonaldehid	T-04	1	\$ 149.701,34	Rp 2.193.618.694,92
5	Reaktor	R-01 R-02	2	\$ 311.444,91	Rp 4.563.695.676,02
6	Menara Distilasi	MD-01	1	\$ 476.638,42	Rp 6.984.325.707,14
7	Menara Distilasi	MD-02	1	\$ 469.925,20	Rp 6.885.954.883,55
8	Neutralizer	NT-01	1	\$ 124.100,00	Rp 146.513.700,72
9	Filter	F-01	1	\$ 192.911,67	Rp 2.826.792.545,35
10	Decanter	DC-01	1	\$ 12.750,59	Rp 186.838.185,37
11	Heater	HE-01	1	\$ 1.062,55	Rp 15.569.848,78
12	Heater	HE-02	1	\$ 708,37	Rp 10.379.899,19
13	Heater	HE-03	1	\$ 708,37	Rp 10.379.899,19
14	Heater	HE-04	1	\$ 944,49	Rp 13.839.865,58
15	Heater	HE-05	1	\$ 944,49	Rp 13.839.865,58
16	Heater	HE-06	1	\$ 1.180,61	Rp 17.299.831,98
17	Cooler	CL-01	1	\$ 1.180,61	Rp 17.299.831,98
18	Cooler	CL-02	1	\$ 1.416,73	Rp 20.759.798,37
19	Akumulator	ACC-01	1	\$ 10.517,37	Rp 154.114.169,20
20	Akumulator	ACC-02	1	\$ 7.608,31	Rp 111.486.864,21
21	Condensor	CD-01	1	\$ 245.921,06	Rp 3.603.555.001,20

Tabel 6.2 Perkiraan Harga Alat Proses

22	Condensor	CD-02	1	\$	1.888,98	Rp	27.679.731,17
23	Reboiler	RB-01	1	\$	29.515,25	Rp	432.495.799,47
24	Reboiler	RB-02	1	\$	2.007,04	Rp	29.409.714,36
25	Pompa	P-01	2	\$	12.986,71	Rp	190.298.151,77
26	Pompa	P-02	2	\$	7.792,03	Rp	114.178.891,06
27	Pompa	P-03	2	\$	7.792,03	Rp	114.178.891,06
28	Pompa	P-04	2	\$	12.986,71	Rp	190.298.151,77
29	Pompa	P-05	2	\$	12.986,71	Rp	190.298.151,77
30	Pompa	P-06	2	\$	7.792,03	Rp	114.178.891,06
31	Pompa	P-07	2	\$	7.792,03	Rp	114.178.891,06
32	Pompa	P-08	2	\$	7.792,03	Rp	114.178.891,06
33	Pompa	P-09	2	\$	7.792,03	Rp	114.178.891,06
34	Expansion Valve	EXV-01	1	\$	54,31	Rp	795.792,27
35	Expansion Valve	EXV-02	1	\$	54,31	Rp	795.792,27
36	Expansion Valve	EXV-03	1	\$	54,31	Rp	795.792,27
37	Expansion Valve	EXV-04	1	\$	54,31	Rp	795.792,27
Total					\$ 3.273.170,90	Rp	47.962.755.167,38

Tabel 6.3 Perkiraan Harga Alat Utilitas

No.	Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	USD	Rp
1	Screening		1	\$ 28.453	Rp 416.925.950,69
2	Reservoir		1	\$ 1.771	Rp 25.949.747,97
3	Bak Penggumpal		1	\$ 1.771	Rp 25.949.747,97
4	Bak Pengendap I		1	\$ 1.771	Rp 25.949.747,97
5	Bak Pengendap II		1	\$ 1.771	Rp 25.949.747,97
6	Sand Filter		1	\$ 11.806	Rp 172.998.319,79
7	Reverse Osmosis		30	\$ 361.267	Rp 5.293.748.585,53
8	Bak Air Penampung Sementara		1	\$ 1.771	Rp 25.949.747,97
9	Bak Air Pendingin		1	\$ 11.452	Rp 167.808.370,19
10	Cooling Tower		1	\$ 514.510	Rp 7.539.266.776,39
11	Blower Cooling Tower		1	\$ 5.348	Rp 78.896.921,73
12	Deaerator		1	\$ 17.709	Rp 259.497.479,68
13	Mixed Bed		1	\$ 70.837	Rp 1.037.989.918,73
14	Boiler		1	\$ 1.311.185	Rp 19.213.193.395,72

Tabel 6.3 Perkiraan Harga Alat Utilitas

15	Tangki Alum		1	\$	11.098	Rp	162.618.420,60
16	Tangki Kaporit		1	\$	3.188	Rp	46.709.546,34
17	Tangki Klorinasi		1	\$	14.994	Rp	219.707.866,13
18	Tangki Air Bersih		1	\$	28.571	Rp	418.655.933,89
19	Tangki HCl		1	\$	67.885	Rp	994.740.338,78
20	Tangki Air Demin		1	\$	28.453	Rp	416.925.950,69
21	Tangki Hydrazine		1	\$	30.578	Rp	448.065.648,25
22	Tangki Air Bertekanan		1	\$	30.932	Rp	453.255.597,85
23	Tangki Service Water		1	\$	30.932	Rp	453.255.597,85
24	Pompa 1	PU-01	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
25	Pompa 2	PU-02	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
26	Pompa 3	PU-03	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
27	Pompa 4	PU-04	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
28	Pompa 5	PU-05	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
29	Pompa 6	PU-06	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
30	Pompa 7	PU-07	2	\$	28.099	Rp	411.736.001,10
31	Pompa 8	PU-08	2	\$	20.306	Rp	297.557.110,04
32	Pompa 9	PU-09	2	\$	20.306	Rp	297.557.110,04
33	Pompa 10	PU-10	2	\$	472	Rp	6.919.932,79
34	Pompa 11	PU-11	2	\$	17.709	Rp	259.497.479,68
35	Pompa 12	PU-12	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
36	Pompa 13	PU-13	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
37	Pompa 14	PU-14	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
38	Pompa 15	PU-15	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
39	Pompa 16	PU-16	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
40	Pompa 17	PU-17	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
41	Pompa 18	PU-18	2	\$	472	Rp	6.919.932,79
42	Pompa 19	PU-19	2	\$	22.904	Rp	335.616.740,39
43	Pompa 20	PU-20	2	\$	472	Rp	6.919.932,79
44	Tangki Bahan Bakar		1	\$	20.188	Rp	295.827.126,84
45	Kompresor		1	\$	6.472	Rp	95.149.075,88
Total				\$	3.031.524	Rp	44.421.826.249,94

6.1.3 Perhitungan Biaya

6.1.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment atau disebut juga dengan modal investasi atau sejumlah uang yang harus disiapkan sebelum mendirikan dan menjalankan suatu pabrik. Ada 2 macam *capital investment*, yaitu :

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed capital investment yaitu biaya atau modal tetap yang harus dikeluarkan untuk pengadaan fasilitas-fasilitas di suatu pabrik dan alat operasi lainnya. Setelah melakukan perhitungan rencana maka pabrik krotonaldehid ini memerlukan rencana *physical plant cost, direct plant cost and fixed capital investment* seperti pada Tabel 6.4 sampai Tabel 6.6

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost (PPC)*

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	Rp 92.382.690.008,93	\$ 6.304.694,60
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	Rp 23.095.672.502,23	\$ 1.576.173,65
3	<i>Instalasi cost</i>	Rp 16.431.786.839,95	\$ 1.121.394,04
4	<i>Pemipaan</i>	Rp 52.516.848.251,40	\$ 3.584.033,87

5	<i>Instrumentasi</i>	Rp	23.347.412.653,01	\$	1.593.353,76
6	<i>Insulasi</i>	Rp	3.751.119.909,33	\$	255.996,72
7	<i>Listrik</i>	Rp	9.238.269.000,89	\$	630.469,46
8	<i>Bangunan</i>	Rp	63.861.000.000,00	\$	4.358.220,16
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	Rp	55.774.000.000,00	\$	3.806.319,53
Total		Rp	340.398.799.164,75	\$	23.230.655,78

Tabel 6. 5 Direct Plant Cost (DPC)

No.	Jenis Biaya		Jumlah Biaya (Rp)		Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Physical Plant Cost</i>	Rp	340.398.799.164,75	\$	23.230.655,78
2	<i>Engineering and Construction</i>	Rp	68.079.759.832,95	\$	4.646.131,16
Total		Rp	408.478.558.997,70	\$	27.876.786,94

Tabel 6. 6 Fixed Capial Investment (FCI)

No.	Jenis Biaya		Jumlah Biaya (Rp)		Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Direct Plant Cost</i>	Rp	408.478.558.997,70	\$	27.876.786,94
2	<i>Cotractor's fee</i>	Rp	16.339.142.359,41	\$	1.115.071,48
3	<i>Contingency</i>	Rp	40.847.855.899,77	\$	2.787.678,69
Total		Rp	465.665.557.257,37	\$	31.779.537,11

2. *Working Capital Investment*

Working capital investment yaitu modal biaya yang diperlukan dalam mendirikan pabrik atau usaha untuk mengoperasikan suatu pabrik selama kurun waktu tertentu. Ada beberapa sumber modal yang bisa didapatkan dalam pendirian suatu pabrik yaitu bisa dari pinjaman bank, uang pribadi, atau dari pihak investor. Rasio perbandingan antara uang pribadi dengan pinjaman dari bank tergantung dari jumlah uang sendiri dan uang pinjaman bisa menggunakan *sharing profit* atau sebesar 40:60 atau 30:70 atau perbandingan lainnya menyesuaikan dari uang yang ditanamkan. Tujuan akhir dari penanaman modal adalah mendapatkan keuntungan dari modal yang sudah ditanam, beberapa ciri-ciri investasi yang baik yaitu :

- a. Bisa menghasilkan laba yang maksimum
- b. Investasi yang cepat kembali
- c. Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dan lain sebagainya.

Tabel 6. 7 Working Capital Investment (WCI)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 52.399.247.261,42	\$ 3.576.008,14
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp 114.874.748.084,60	\$ 7.839.674,34
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 83.545.271.334,25	\$ 5.701.581,34
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 106.567.272.727,27	\$ 7.272.727,27
5	<i>Available Cash</i>	Rp 83.545.271.334,25	\$ 5.701.581,34
	Total	Rp 440.483.621.350,56	Rp 30.091.572,42

6.1.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost adalah biaya yang harus disediakan atau dikeluarkan untuk melakukan produksi suatu produk dalam pabrik, meliputi *Direct Cost*, *Indirect Cost*, *Fixed Cost* yang selalu berkaitan dengan pembuatan suatu produk. *Manufacturing Cost* antara lain :

1. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct manufacturing cost atau biaya langsung adalah biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 8 Direct Manufacturing Cost (DMC)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 576.391.719.875,66	\$ 39.360.597,20
2	<i>Labor</i>	Rp 18.054.000.000,00	\$ 1.232.102,64
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.805.400.000,00	\$ 123.210,26
4	<i>Maintenance</i>	Rp 69.849.833.588,61	\$ 4.701.743,92
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 10.477.475.038,29	\$ 705.261,59
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 23.444.800.000,00	\$ 1.600.000,00
7	<i>Utilities</i>	Rp 86.285.733.730,75	\$ 5.888.605,32
Total		Rp 786.309.962.233,30	Rp 53.661.977,90

2. Indirect Manufacturing Cost (IMC)

Indirect manufacturing cost atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6. 9 Indirect Manufacturing Cost (IMC)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.708.100.000,00	\$ 184.815,40
2	<i>Laboratory</i>	Rp 1.805.400.000,00	\$ 123.210,26
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 9.027.000.000,00	\$ 616.051,32
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 58.612.000.000,00	\$ 4.000.000,00
Total		Rp 72.152.500.000,00	\$ 4.924.076,98

3. Fixed Manufacturing Cost (FMC)

Fixed manufacturing cost atau biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan oleh pabrik pada saat kondisi operasi maupun tidak. Pengeluaran yang bersifat konstan atau tetap yang tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 10 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 46.566.555.725,74	\$ 3.177.953,71
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 9.313.311.145,15	\$ 635.590,74
3	<i>Insurance</i>	Rp 4.656.655.572,57	\$ 317.795,37
Total		Rp 60.536.522.443,46	Rp 4.131.339,82

Tabel 6. 11 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp786.308.962.233,30	\$ 53.661.997,90
2	<i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp72.152.500.000,00	\$ 4.924.076,98
3	<i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp60.536.522.443,46	\$ 4.131.339,82
Total		Rp 918.997.984.676,76	\$ 62.717.394,71

6.1.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

General expenses atau disebut pengeluaran umum terdiri dari pengeluaran-pengeluaran yang berhubungan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk oleh *Manufacturing cost*. Biaya yang harus dikeluarkan guna untuk kepentingan dalam kelancaran jalannya perusahaan secara keseluruhan

Tabel 6. 12 *General Expenses*

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Administration</i>	Rp 23.444.800.000,00	\$ 1.600.000,00
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 58.612.000.000,00	\$ 4.000.000,00
3	<i>Research</i>	Rp 46.889.600.000,00	\$ 3.200.000,00
4	<i>Finance</i>	Rp 18.131.947.359,98	\$ 1.237.422,19
Total		Rp 147.078.347.359,98	\$ 10.037.422,19

Tabel 6. 13 *Total Production Cost*

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Manufacturing Cost</i> (MC)	Rp 918.997.984.676,76	\$ 62.717.394,71
2	<i>General Expenses</i> (GE)	Rp 147.078.347.359,98	\$ 10.037.422,19
Total		Rp 1.066.076.332.036,74	\$ 72.754.816,90

6.1.4 Analisa Keuntungan

1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 1.172.240.000.000,00

Total biaya produksi : Rp 1.064.372.842.281,62

Keuntungan : Total Penjualan – Total Biaya Produksi

: Rp 107.867.157.718,38

2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak : 35% x Rp 107.867.157.718,38

: Rp 37.753.505.201,43 (Perpu No.1 Tahun 2020)

Keuntungan : Keuntungan Sebelum Pajak - Pajak

: Rp 70.113.652.516,95

6.1.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan berfungsi untuk mengetahui laba yang didapatkan agar mendapatkan keuntungan maksimum dan bisa melihat hasil keuntungan kecil atau besar, agar bisa dikategorikan pabrik yang potensial atau tidak potensial dari sisi ekonomi, ada beberapa cara yang dilakukan untuk melihat suatu kelayakan pabrik, antara lain :

6.1.5.1 Return on Investment (ROI)

Return on investment (ROI) adalah rasio profit yang didapatkan dari investasi atau keuntungan yang didapatkan

dari investasi yang sudah dikeluarkan. Jumlah uang yang diterima atau hilang disebut laba/rugi atau bunga

$$\% \text{ ROI} = \frac{\textit{Profit}}{\textit{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

1. ROI sebelum pajak (ROI b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% (Aries & Newton, 1955).

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan sebelum pajak}}{\textit{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI b} = \frac{\text{Rp } 107.867.157.718,38}{\text{Rp } 459.297.691.094,90} \times 100\%$$

$$\text{ROI b} = 22,80 \%$$

2. ROI setelah pajak (ROI a)

$$\text{ROI} = \frac{\text{Keuntungan setelah pajak}}{\textit{Fixed Capital Investment}} \times 100\%$$

$$\text{ROI a} = \frac{\text{Rp } 70.113.652.516,95}{\text{Rp } 459.297.691.094,90} \times 100\%$$

$$\text{ROI a} = 14,82 \%$$

6.1.5.2 Pay Out Time (POT)

Pay Out Time adalah jumlah dari tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk

kembalinya *Capital Investment* dengan profit sebelum dikurangi dengan deperesiasi. Pay Out Time juga bias di katakan jangka waktu pengembalian modal yang sudah ditanam berdasarkan keuntungan yang sudah dicapai. Waktu minimum teoritis yang dibutuhkan untuk mengembalikan suatu modal tetap yang ditanamkan atas dasar keuntungan setiap tahun ditambah dengan penyusutan. Waktu dalam pengembalian modal yang dihasilkan bedasarkan keuntungan yang didapatkan. Perhitungan ini dibutuhkan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang sudah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{keuntungan sebelum pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

1. POTb sebelum pajak (POT b)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{keuntungan sebelum pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 569.039.454.482,97}{(\text{Rp } 166.627.796.999,22 + 0,1 \times \text{Rp } 569.039.454.482,97)} \times 100\%$$

$$= 3,05 \text{ Tahun}$$

2. POTa sesudah pajak (POT a)

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{(\text{keuntungan setelah pajak} + 0,1 \times \text{Fixed Capital})} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp } 569.039.454.482,97}{(\text{Rp } 108.308.068.049,49 + 0,1 \times \text{Rp } 569.039.454.482,97)} \times 100\%$$

$$= 4,03 \text{ Tahun}$$

6.1.5.3 Break Event Point (BEP)

Break Event Point adalah titik impas atau biasa disebut balik modal yaitu suatu titik dimana kondisi pabrik mendapatkan keuntungan maupun kerugian. Perusahaan yang sudah mencapai titik *Break Event Point* yaitu perusahaan yang sudah mempunyai kesamaan antara modal yang di gunakan untuk melakukan proses suatu produksi dengan pendapatan produk yang sudah dihasilkan. Jumlah produksi saat penjualan sama dengan pengeluaran. Pabrik akan mengalami kerugian jika beroperasi dibawah *Break Event Point*. dan apabila beroperasi diatas *Break Event Point* pabrik bisa dikatakan untung. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%.

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

Dimana:

Fa = Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

Ra = Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

Va = Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa = Annual Sales Value pada produksi maksimum Annual

Tabel 6. 14 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Depretiation</i>	Rp 45.929.769.109,49	\$ 3.134.495,95
2	<i>Property Taxes</i>	Rp 9.185.953.821,90	\$ 626.899,19
3	Asuransi	Rp 4.592.976.910,95	\$ 313.449,59
Total		Rp 59.708.699.842,34	\$ 4.074.844,73

Tabel 6. 15 Annual Regulated Expenses (Ra)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	Gaji Karyawan	Rp 18.054.000.000,00	\$ 1.232.102,64
2	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 2.708.100.000,00	\$ 184.815,40
3	<i>Supervision</i>	Rp 1.805.400.000,00	\$ 123.210,26
4	<i>Plant Overhead</i>	Rp 9.027.000.000,00	\$ 616.051,32
5	<i>Laboratorium</i>	Rp 1.805.400.000,00	\$ 123.210,26
6	<i>General Expense</i>	Rp 146.942.026.248,91	\$ 10.028.118,90
7	<i>Maintenance</i>	Rp 68.894.653.664,23	\$ 4.701.743,92
8	<i>Plant Supplies</i>	Rp 10.334.198.049,64	\$ 705.261,59
Total		Rp 259.570.777.962,78	\$ 17.714.514,29

Tabel 6. 16 Annual Variable Value (Va)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 576.750.830.745,76	\$ 39.360.597,20
2	<i>Packaging</i>	Rp 46.889.600.000,00	\$ 3.200.000,00

3	<i>Shipping</i>	Rp	11.722.400.000,00	\$	800.000,00
4	<i>Utilities</i>	Rp	86.285.733.730,75	\$	5.888.605,32
5	<i>Royalty & Patent</i>	Rp	23.444.800.000,00	\$	1.600.000,00
Total		Rp	745.093.364.476,50	\$	50.849.202,52

Tabel 6. 17 Annual Sales Value (Sa)

No.	Jenis Biaya	Jumlah Biaya (Rp)	Jumlah Biaya (\$)
1	<i>Annual Sales Value</i>	Rp 1.172.240.000.000,00	\$ 80.000.000,00
Total		Rp 1.172.240.000.000,00	\$ 80.000.000,00

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel diatas, maka didapatkan nilai BEP sebesar:

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

Didapatkan nilai perhitungan BEP sebagai berikut:

$$BEP = 56,66 \%$$

6.1.5.4 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik di mana suatu aktivitas produksi dalam pabrik harus berhenti, hal ini disebabkan ada beberapa penyebab diantaranya yaitu *variable cost* yang sangat tinggi, atau keputusan yang salah dalam pengambilan keputusan yang mengakibatkan cost tidak ekonomis dan menyebabkan pabrik tidak menghasilkan profit yang

diharapkan. Kapasitas persen minimal suatu pabrik bisa mencapai kapasitas produk dalam jangka waktu satu tahun, apabila persen yang ditentukan tidak bisa dicapai dalam waktu satu tahun maka pabrik yang sebelumnya beroperasi harus diberhentikan/ditutup sementara atau ditutup secara permanen.

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

Dimana:

Ra = Annual Regulated Expenses pada produksi maksimum

Va = Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa = Annual Sales Value pada produksi maksimum

Didapatkan nilai perhitungan SDP sebagai berikut:

$$SDP = 31,94 \%$$

6.1.5.5 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

Discount Cash Flow Rate of Return merupakan salah satu Cara metode yang digunakan untuk menghitung prospek suatu pertumbuhan investasi dalam beberapa kurun waktu kedepan. Gambaran dari metode *Discount Cash Flow Rate of Return* ini jika kita sebagai seorang investor dan menginvestasikan sebagian dana, ingin mengetahui

pertumbuhan berapa persen atau mungkin berapa kali lipat setelah beberapa waktu kedepan. Biasa disebut juga arus kas yang terdiskon, dikarenakan dari cara menghitungnya adalah dengan mengestimasi arus dana yang akan datang untuk kemudian di potong dan bisa menghasilkan nilai pada masa terkini. Persamaan untuk menghitung DCFR adalah sebagai berikut:

$$\frac{(WC+FCI) \times (1+i)^n}{CF} = \{(1+i)^{(n-1)} + (1+i)^{(n-2)} + \dots + (1+i) + 1\} + \frac{(WC+SV)}{CF}$$

Dimana:

FCI = Fixed capital investment

WC = Working capital investment

SV = Salvage value = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut:

FCI = Rp 459.297.691.094,90

WC = Rp 440.483.621.350,56

SV = Rp 45.929.7699.109,49

n = 10

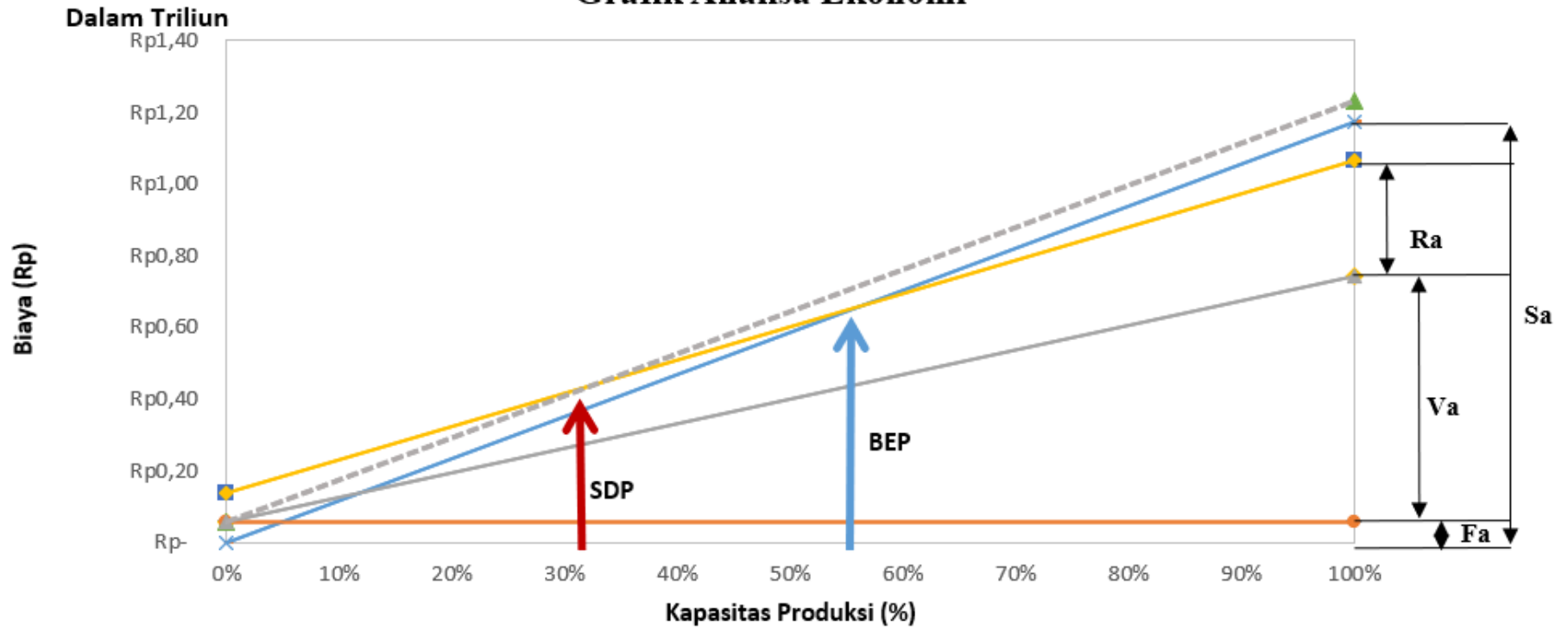
Sehingga diperoleh *trial & error* dapat dihitung nilai DCFR.

Diperoleh nilai DCFR adalah:

DCFR = 22,58 %



Grafik Analisa Ekonomi



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan prarancangan pabrik krotonaldehid ini adalah sebagai berikut :

1. Pabrik krotonaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini membutuhkan sekitar 31.245,47 ton/tahun asetaldehid, 7.773,09 ton/tahun NaOH dan 84,96 ton/tahun sebagai bahan baku pembuatan krotonaldehid.
2. Pabrik krotonaldehid akan didirikan di Cilegon, Banten dengan pertimbangan dekat dengan bahan baku, tenaga kerja, pengembangan pabrik, ketersediaan air dan listrik, serta mempunyai prospek yang baik karena lokasinya dekat dengan Kawasan Industri.
3. Luas tanah yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik krotonaldehid sebesar 27.887 m².
4. Pabrik membutuhkan tenaga kerja sebanyak 184 orang.
5. Pabrik krotonaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun membutuhkan utilitas berupa :
 - a. Air pendingin sebanyak 339.152,49 ton/tahun.
 - b. Steam sebanyak 183.481,94 kg/Jam.
 - c. Bahan bakar sebanyak 13,06 liter/Jam.
 - d. Udara tekan sebanyak 1700 kg/Jam.
 - e. Listrik sebanyak 202,18 kW.

6. Berdasarkan analisis ekonomi, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

a. Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 107.867.157.718,38

Keuntungan setelah pajak (35%) sebesar Rp 70.113.652.516,95

b. *Return of Investment* (ROI)

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 23,49% dan ROI setelah pajak sebesar 15,27%. Syarat ROI setelah pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah adalah diatas 11% (Aries & Newton,1995).

c. *Pay Out Time* (POT)

POT sebelum pajak selama 2,99 tahun dan POT setelah pajak selama 3,96 tahun. Syarat POT setelah pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimal 5 tahun (Aries & Newton,1995).

d. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) yang didapatkan sebesar 56,05%. BEP untuk pabrik kimia umumnya adalah 40-60%.

e. *Shut Down Point* (SDP)

Shut Down Point (SDP) yang didapatkan sebesar 31,73%. SDP untuk pabrik kimia umumnya diatas 20%.

f. *Discounted Cash Flow* (DCFR)

Discounted Cash Flow (DCFR) sebesar 22,58%. Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik krotonaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak untuk dikaji lebih lanjut dan memenuhi syarat untuk didirikan.

7.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik – pabrik kimia yang ramah lingkungan.
3. Produk krotonaldehid dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D. 1955. "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw Hill Handbook Co., Inc., New York.
- Atalay, F.S. and Atalay, S. 1991. *Kinetics of acetaldol production*. Chemie Ingenieur Technik, 63(9). 933-934.
- Atalay, F.S. and Atalay, S. 2008. *Production of Crotonaldehyde from Acetaldol*. Chemie Ingenieur Technik.
- Brown, G.G. 1950. "Unit Operations", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1979. "Process Equipment Design", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- De Caro, Cosimo A. 2021. *pH-Stating Application in the Pharmaceutical and Chemical Industry*, Analytical Chemistry Application Brochure No. 50, Mettler-Toledo Publication No. 30592910, May.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company. Japan
- Luscher, E. 1928. *Manuefacture of Crotonaldehyde from Acetaldehyde and Aldol*. Switzerland Paten 186,591. 4 May.
- Material Safety Data Sheet
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kawasan Industri
- Peraturan Pemerintah Nomor 101 tahun 2014 tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
- Perry, R. H., and Green, D. W. 2008. *Perry's chemical engineers' handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.

Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott M. 1997. "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 6ed, McGraw-Hill, Int.ed., New York.

Timmerhaus, K.D., Max S.P., and Ronald E.W. 1990. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, Mc.Graw Hill Book Company Inc., New York

Wallas, S.M. 1990. *Chemical Process Equipment*, Butterworth-Heinemann Washington.

Yaws, Carl L. 1999. *Chemical properties handbook : physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals*. New York :McGraw-Hill,

<https://www.bi.go.id/id/default.aspx> Suku Bunga. Diakses pada 26 Juli 2022

<http://www.matche.com> Diakses 22 Juli 2022

<https://m.chemicalbook.com/> Diakses pada 3 Februari 2022

<https://pajak.go.id/> Pajak Penghasilan. Diakses pada 26 Juli 2022

<https://www.profsharemarketresearch.com/> Diakses pada 3 Februari 2022

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/176> Diakses pada 8 Februari 2022

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/14798> Diakses pada 8 Februari 2022

[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/177#section=Autoignition-](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/177#section=Autoignition-Temperature)

[Temperature](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/177#section=Autoignition-Temperature) Diakses pada 8 Februari 2022

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Crotonaldehyde> Diakses pada 8 Februari 2022

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perancangan Reaktor

REAKTOR

Fungsi	: Mereaksikan Asetaldehida menjadi asetaldol
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Kondisi Operasi	: Tekanan (P) = 3,45 atm dan suhu (T) = 35°C
Sifat Reaksi	: Eksotermis

A. Kinetika Reaksi



Diketahui nilai dari masing masing persamaan arhenius yaitu :

$$A = 3,5\text{E}+07 \text{ mol/L. s}$$

$$E = 53178 \text{ J/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J/mol.k}$$

$$T = 35 \text{ }^\circ\text{C} = 308 \text{ K}$$

Maka dari persamaan Arrhenius yaitu:

$$k = Ae^{\frac{-Ea}{RT}}$$

Didapatkan nilai $k = 0,03385 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$

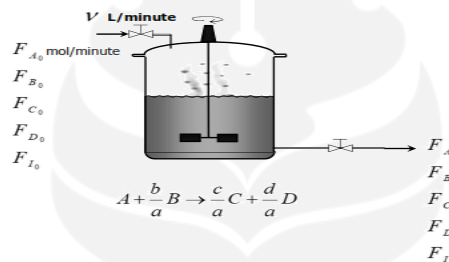
(Radhakrishnamurti, P.S, dkk. 1985)

B. Perancangan Reaktor

Model matematis perancangan reaktor :

Asumsi :

1. Isotermal
2. Pengadukan sempurna
3. Laju alir volumetrik tetap
4. Steady state



Gambar 1. Skema *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)

Pada keadaan steady state dapat dituliskan :

$$(\text{Rate of Flow of Input}) - (\text{Rate of Flow of Output}) - (\text{Rate of Reaction}) = \text{Rate of Acc} \quad (1)$$

Berdasarkan kondisi stoikiometri: $F_A = F_{A0} - F_{A0} \cdot X$ dapat diubah menjadi

$$F_{A0} \cdot X = F_{A0} - F_A \quad (2)$$

$$F_{A0} - F_A - (-r_a) V = 0$$

$$F_{A0} \cdot X = (-r_a) V$$

$$V = \frac{F_{A0} \cdot X}{(-r_a)}$$

$$V = \frac{F_{AO} \cdot X}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$V = \frac{F_{AO} \cdot X}{k \cdot (C_A)^2}$$

Sehingga diperoleh :

$$V = 33,78 \text{ m}^3$$

Menentukan Optimasi Jumlah Reaktor

1. Jumlah Reaktor 1

$$X_1 = 0,56$$

$$k = 0,0339 \text{ m}^3/\text{kmol} \cdot \text{jam}$$

$$F_v = 5,1364 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{AO} = 14,9858 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Persamaan umum :

$$V = \frac{F_v \cdot C_{AO} (X_n - X_{n-1})}{k \cdot (C_{AO} (1 - X_n))^2}$$

$$V_1 = 33,7752 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,5$$

2. Jumlah Reaktor 2

$$V_2 = 0,62 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0,62 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,28$$

$$X_2 = 0,56$$

3. Jumlah Reaktor 3

$$V_3 = 0,42 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,42 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0,42 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,1867$$

$$X_2 = 0,3733$$

$$X_3 = 0,5600$$

4. Jumlah Reaktor 4

$$V_4 = 0,31 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0,31 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,31 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0,31 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,14$$

$$X_2 = 0,28$$

$$X_3 = 0,42$$

$$X_4 = 0,56$$

5. Jumlah Reaktor 5

$$V_5 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$V_1 = 0,25 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,11$$

$$X_2 = 0,22$$

$$X_3 = 0,34$$

$$X_4 = 0,45$$

$$X_5 = 0,56$$

Menghitung Jumlah Reaktor Yang Optimal

Menurut Aries dan Newton, 1995 perhitungan harga total reaktor menyatakan bahwa :

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dengan :

C_a = Kapasitas alat a

C_b = Kapasitas alat b

E_a = Harga pembelian alat a

E_b = Harga pembelian alat b

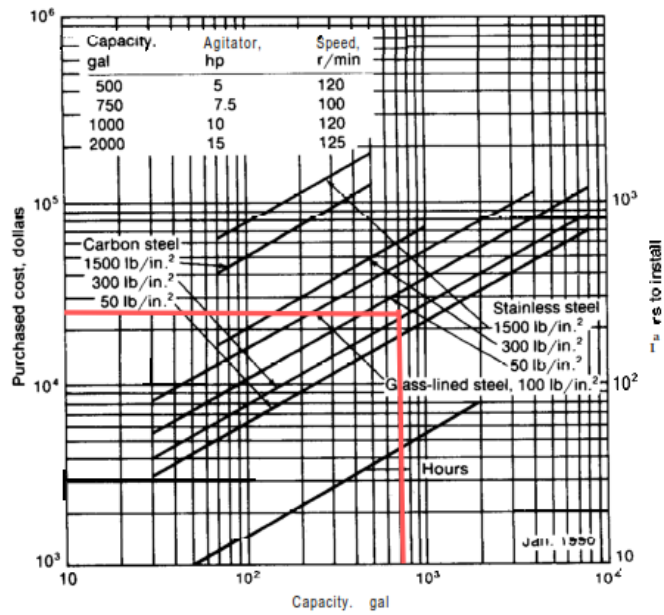
Kondisi operasi :

$$1 \text{ atm} = 14,6959 \text{ lb/in}^2$$

$$3,45 \text{ atm} = 50,7010 \text{ lb/in}^2$$

Bahan : Stainless steel

Basis : Volume 1000 gallons = \$ 15.000,00 (Peter dan Timmerhaus, 1991)



Gambar 2. Grafik Penentuan Penggunaan Bahan

Perhitungan Harga Reaktor

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

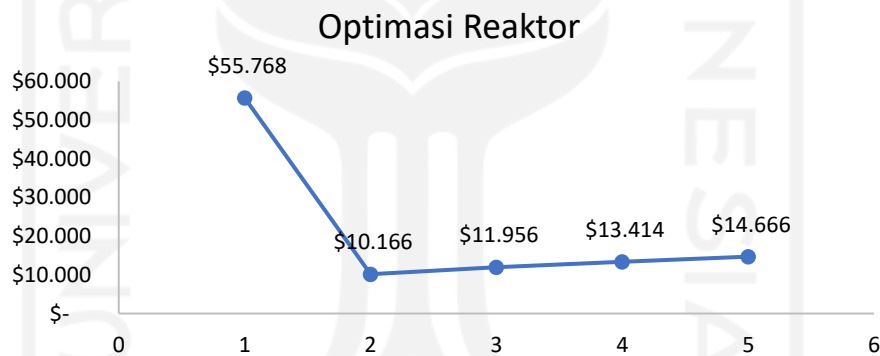
Dimana :

$$E_a = \$ 15.000,00$$

$$C_a = 1000 \text{ gallons}$$

Tabel 2. Perbandingan Harga Penggunaan Jumlah Reaktor

N	Volume reaktor (Gallon)	Z (Gallon)	Cost/unit \$	Cost
1	8922,4719	8922,471945	\$ 55.768	\$ 55.768
2	164,6965	329,3929166	\$ 5.083	\$ 10.166
3	109,7976	329,3929166	\$ 3.985	\$ 11.956
4	82,3482	329,3929166	\$ 3.353	\$ 13.414
5	65,8786	329,3929166	\$ 2.933	\$ 14.666



Gambar 3. Grafik Optimasi Reaktor

Berdasarkan grafik diatas dipilih jumlah 1 reaktor karena dengan volume yang lebih besar tetap memberikan harga relatif minimum dibandingkan dengan 2 reaktor atau lebih dengan volume yang lebih kecil.

PERANCANGAN REAKTOR 1

A. Perancangan Dimensi Reaktor

Komponen masuk reaktor :

No.	Komponen	BM (Kmol/Kg)	Fm (Kmol/Jam)	Fw (Kg/Jam)	f (kg/m ³)	Fv (m ³ /jam)
1	CH ₃ COOH	44,0000	88,7655	3905,6838	760,3879	5,1364
2	H ₂ O	88,0000	30,5448	549,8060	1018,4091	0,5399
3	CH ₃ CH(OH)CH ₂ CHO	18,0000	0,0000	0,0000	1084,9181	0,0000
4	NaOH	40,0000	10,7067	471,0966	1907,1231	0,2470
Total		190,0000	130,0171	4926,5865	4770,8382	5,9233

Perancangan ini menggunakan 1 reaktor dengan volume reaktor sebesar :

$$V_{\text{shell}} = 33,78 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{over design}} = 40,53 \text{ m}^3$$

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak, sehingga :

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

$$V = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Dengan rancangan, $D = H$

(Brownell & Young, 1959)

$$D = 3,72 \quad \text{m}$$

$$D = 146,6 \quad \text{in}$$

$$D = 12,22 \quad \text{ft}$$

Perancangan ini memilih $H = 1,5 D$, sehingga

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 5,59 \quad \text{m}$$

$$H = 219,9 \quad \text{in}$$

$$H = 18,33 \quad \text{ft}$$

$$V_{\text{dish}} = 0,0025 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,0893 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

dipilih $sf = 2,5 \text{ in}$

$$V_{sf} = 0,0048 \quad \text{m}^3$$

$$V_{sf} = 0,1695 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 2(V_{\text{dish}} + V_{sf})$$

$$V_{\text{Head}} = 0,0147 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 0,5177 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{reaktor}} = 340,54 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = 1431,83 \quad \text{ft}^3$$

Menghitung Volume dan Tinggi cairan dalam Shell

$$\text{Volume bottom} = 0,5 \times \text{Volume head}$$

$$= 0,0073 \quad \text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan} &= \text{Volume shell} - \text{Volume bottom} \\ &= 40,5230 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tinggi cairan dalam shell :

$$\begin{aligned} \mathbf{h} &= \frac{4 \cdot \mathbf{V}}{\pi \cdot \mathbf{D}^2} \\ h &= 3,72 \text{ m} \\ h &= 12,21 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cairan dalam shell} &= V_{\text{shell}} - V_h - V_{\text{sf}} \\ &= 33,76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menghitung Tebal Shell (ts)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959, p.254)

Dimana:

$$\begin{aligned} r &= 0,5 \times \text{Diameter tangki} &= 73,3 \text{ in} \\ E &= \text{efisiensi pengelasan} &= 80\% \\ C &= \text{faktor korosi} &= 0,125 \\ F &= \text{Tegangan yang diijinkan} &= 18.750 \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan nilai ts :

$$ts = 0,4279 \text{ in, digunakan tebal standar } 1/2 \text{ in maka:}$$

$$ts = 0,5000 \quad (\text{Brownell \& Young, 1959})$$

$$\mathbf{ID \text{ Shell}} = 146,60 \text{ in}$$

$$\mathbf{OD \text{ Shell}} = 147,60 \text{ in}$$

OD Standart = 156

icr = 9,38 in

r = 144 in

E = 80%

C = 0,1250 in

f = 18.750 psi

(Brownell & Young, 1959)

Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA- 167 Grade 11 Type 316*

(Brownell & Young, 1959, p.342)

Bentuk head : *Torispherical Flanged & Dished Head*

(Brownell & Young, 1959, p.87)

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959, p.138)

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

w = 1,73

th = 0,55 in

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young (hal 88), th standar yaitu :

th = 0,63 menggunakan tebal standar 5/8 in

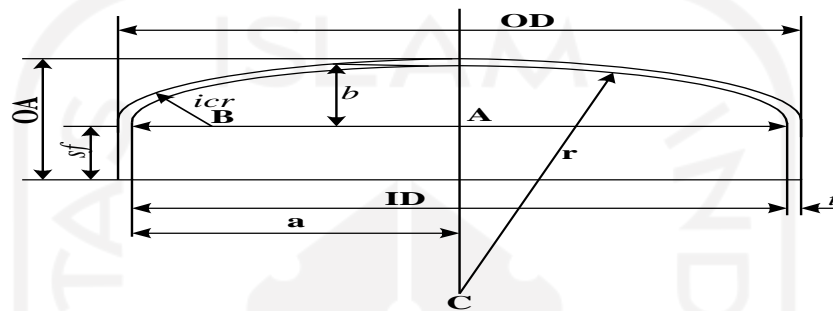
Menentukan Tinggi Reaktor Total

Berdasarkan table 5.8 Brownell & Young 93 diperoleh nilai sf 1 ½ - 3

diambil:

$$sf = 2,5000 \text{ in}$$

$$= 0,0635 \text{ m}$$



$$ID = OD_{\text{standar}} - (2 \cdot ts)$$

$$= 155 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 77,5 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$

$$= 68,13 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 134,63 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 116,12 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 27,88 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi total head (OA)} = sf + b + th$$

$$= 31,01 \text{ in}$$

$$= 0,71 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi reaktor total} = (2 \times \text{tinggi head total}) + \text{tinggi shell}$$

$$= 7,16 \text{ m}$$

Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi ;

$$\text{Toperasi} = 35^\circ\text{C}$$

$$\mu = 152,02 \text{ Cp}$$

$$\rho = 915,44 \text{ kg/m}^3$$

$$= 57,15 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 0,0331 \text{ lb/in}^3$$

$$V \text{ cairan} = 40,52 \text{ m}^3$$

Dipilih jenis *flat six blade turbine with disk*, karena turbin ini dapat digunakan dengan kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental, sehingga berdasarkan *Brownell & Young* p.

507 diperoleh data :

$$Dt/Di = 3$$

$$Zl/Di = 3,9$$

$$Z_i/D_i = 1,3$$

$$W_b/D_i = 0,1$$

$$L/D_i = 0,25$$

$$D_t = 146,6 \text{ in}$$

Jumlah Baffle = 4 (terpisah 90° satu sama lain)

Jumlah sudut = 6

D_i = Diameter pengaduk

D_t = Diameter dalam reaktor

Z_L = Tinggi cairan dalam reaktor

W_b = Lebar baffle

Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki

L = Lebar Pengaduk

Sehingga didapatkan :

$$D_t = 146,6 \text{ in} = 3,72 \text{ m}$$

$$D_i = 48,87 \text{ in} = 1,24 \text{ m}$$

$$Z_i = 63,53 \text{ in} = 1,61 \text{ m}$$

$$Z_L = 190,58 \text{ in} = 4,84 \text{ m}$$

$$L = 12,22 \text{ in} = 0,31 \text{ m}$$

$$W_b = 4,89 \text{ in} = 0,12 \text{ m}$$

Menghitung Jumlah Impeller

WELH adalah *Water Equivalen Liquid Hight* memiliki rumus :

$$\begin{aligned} \text{WELH} &= \text{tinggi bahan} \times \text{sg} \\ &= \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}} \\ &= 3,35 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ impeller} &= \frac{\text{WELH}}{D} \\ &= 0,9 \quad \text{m} \\ &= 1 \text{ pengaduk} \end{aligned}$$

Menghitung Putaran Pengaduk

$$\begin{aligned} \frac{\text{WELH}}{2 DI} &= \left(\frac{\pi DI N}{600} \right)^2 \\ N &= \frac{600}{\pi DI} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 DI}} \\ N &= 54,48 \quad \text{rpm} \\ &= 0,91 \quad \text{rps} \end{aligned}$$

Jenis motor dipilih : *fixed speed belt*

Karena paling ekonomis dan mudah dalam pemasangan serta perbaikannya

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan standar pengaduk} &= 56 \quad \text{rpm} \\ &= 0,93 \quad \text{rps} \end{aligned}$$

Menghitung Power Pengaduk

Diketahui :

$$\rho = 915,0223 \quad \text{kg/m}^3 = 57,1230 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 152,02 \text{ Cp} = 0,1 \text{ lb/ft.s}$$

$$Di = 4,07 \text{ ft}$$

$$N = 0,93 \text{ rps}$$

$$Re = \frac{\rho N D^2}{\mu}$$

$$Re = 8658,51$$

$$Pa = Np \cdot P \cdot Ni^3 \cdot Di^3$$

$$Pa = 13156,46 \quad \text{Watt}$$

$$= 17,6431 \quad \text{hP}$$

Maka, berdasarkan peters hal. 512 didapatkan efisiensi motor adalah 87% :

Sehingga, nilai P = 20,28 hP

Dipilih power standar P = 25 hP

(Berdasarkan standar NEMA, Rase & Barrow p. 358)

PERANCANGAN JAKET PENDINGIN REAKTOR 1

Alasan pemilihan : - Karena reaksi berlangsung secara eksoterm
- Digunakan media pendingin berupa air pendingin

Kondisi Operasi : - Suhu fluida dingin masuk reaktor = 25 °C = 298 K
- Suhu fluida dingin keluar reaktor = 30 °C = 303 K
- Suhu reaktor masuk = 35 °C = 308 K
- Suhu reaktor keluar = 35 °C = 308 K

1. Jumlah Pemanas Yang Dibutuhkan

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 20,53 \text{ kmol/jam}$$

2. Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m}{\text{densitas air}}$$

$$Q_v = 369,50 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Luas Perpindahan Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 12,98 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$UD = 125 \quad \text{btu/jam.ft}^2\text{°F}$$

$$Q = 13465,71 \quad \text{kcal/jam}$$

$$A = 32,92 \quad \text{ft}^2 = 3,06 \text{ m}^2$$

4. Luas Selubung

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 65,31 \quad \text{m}^2$$

Karena Luas sebelung reaktor > Luas Perpindahan Panas, maka rancangan menggunakan jaket pendingin.

5. Menghitung Ukuran Jaket Pendingin

$$ID = OD \text{ tangki} + 2jw$$

$$= 130 \quad \text{in}$$

6. Menghitung Tebal Dinding Jaket

$$t = \frac{P \cdot ri}{f \cdot E - 0.6P} + C$$

$$ts = 0,5 \quad \text{in}$$

$$OD = 132 \quad \text{in}$$

$$ID = 131 \quad \text{in}$$

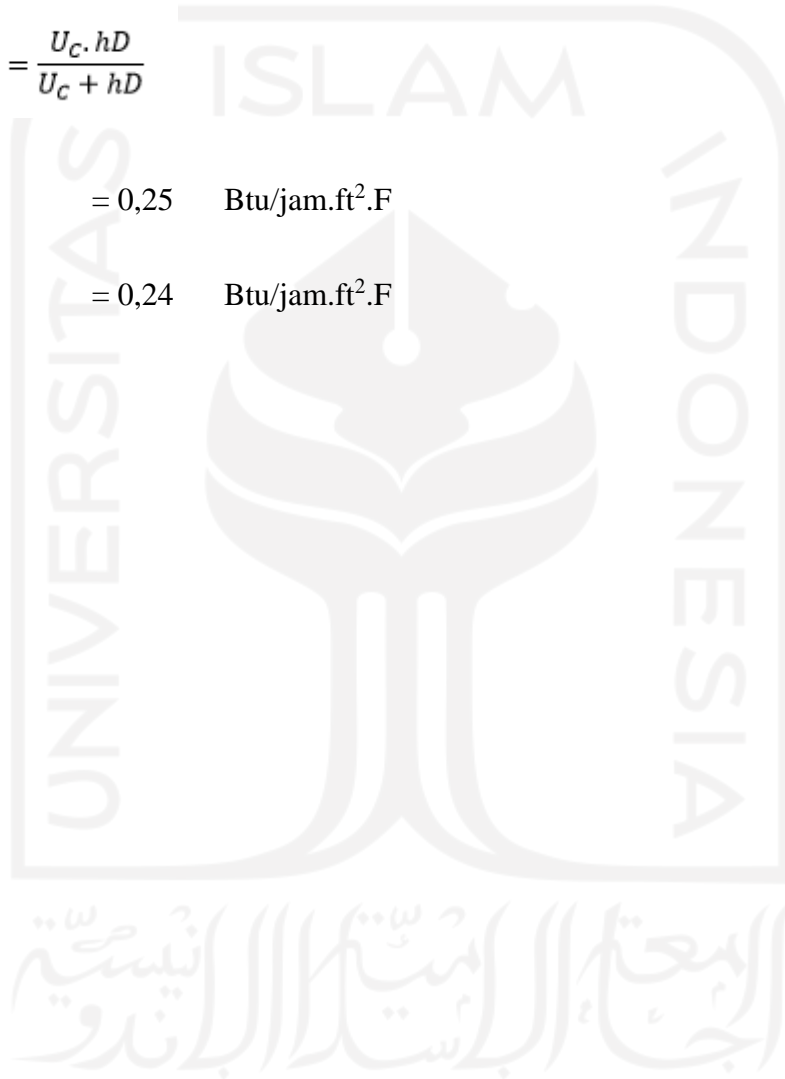
7. Menghitung U_c dan U_d

$$U_c = \frac{h_{i_o} h_o}{h_{i_o} + h_o}$$

$$U_D = \frac{U_c \cdot hD}{U_c + hD}$$

$$U_c = 0,25 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$$

$$U_d = 0,24 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$$



PERANCANGAN REAKTOR 2

A. Perancangan Dimensi Reaktor

Komponen masuk reaktor :

No.	Komponen	BM	Fm	Fw	f (kg/m ³)	Fv
		(Kmol/Kg)	(Kmol/Jam)	(Kg/Jam)		(m ³ /jam)
1	H ₂ O	18,0000	29,5908	532,6339	693,9734	0,7675
2	CH ₃ CH(OH)CH ₂ CHO	88,0000	24,8544	2187,1829	975,6407	2,2418
3	CH ₃ COOH	60,0000	0,1784	10,7067	1028,3334	0,0104
4	C ₄ H ₆ O	70,0000	0,0000	0,0000	783,6045	0,0000
5	H ₂ O	18,0000	29,5908	532,6339	693,9734	0,7675
Total		236,0000	54,6236	2730,5236	3481,5520	3,0197

Perancangan ini menggunakan 1 reaktor dengan volume reaktor sebesar :

$$V_{\text{shell}} = 2,25 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{over design}} = 2,7 \quad \text{m}^3$$

Reaktor yang digunakan berbentuk silinder tegak, sehingga :

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

$$V = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}}$$

Dengan rancangan, D = H

(Brownell & Young, 1959)

$$D = 1,51 \quad \text{m}$$

$$D = 59,43 \quad \text{in}$$

$$D = 4,95 \quad \text{ft}$$

Perancangan ini memilih $H = 1,5 D$, sehingga

$$H = 1,5 \times D$$

$$H = 2,26 \quad \text{m}$$

$$H = 89,14 \quad \text{in}$$

$$H = 7,43 \quad \text{ft}$$

$$V_{\text{dish}} = 0,000049D^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,0002 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 10,28 \quad \text{in}^3$$

$$V_{\text{dish}} = 0,006 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{144}$$

dipilih $sf = 2,5 \text{ in}$

$$V_{sf} = 0,0008 \quad \text{m}^3$$

$$V_{sf} = 0,03 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 2(V_{\text{dish}} + V_{sf})$$

$$V_{\text{Head}} = 0,0019 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{Head}} = 0,07 \quad \text{ft}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = V_{\text{shell}} + V_{\text{head}}$$

$$V_{\text{reaktor}} = 2,70 \quad \text{m}^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = 95,42 \quad \text{ft}^3$$

Menghitung Volume dan Tinggi cairan dalam Shell

$$\text{Volume bottom} = 0,5 \times \text{Volume head}$$

$$= 0,0010 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume cairan} = \text{Volume shell} - \text{Volume bottom}$$

$$= 2,6990 \text{ m}^3$$

Tinggi cairan dalam shell :

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

$$h = 1,51 \text{ m}$$

$$h = 4,95 \text{ ft}$$

Menghitung Tebal Shell (ts)

$$ts = \frac{P \cdot r}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959, p.254)

Dimana :

$$r = 0,5 \times \text{Diamter tangka} = 29,71 \text{ in}$$

$$E = \text{efisiensi pengelasan} = 80\%$$

$$C = \text{faktor korosi} = 0,125$$

$$F = \text{Tegangan yang diijinkan} = 18750$$

Sehingga, didapatkan nilai ts :

ts = 0,246 in, digunakan tebal standar 1/4 in maka:

ts = 0,2500 (Brownell & Young, 1959)

ID Shell = 59,43 in

OD Shell = 59,93 in

OD Standart = 60

icr = 3,62 in

r = 60 in

E = 80%

C = 0,125 in

f = 18750 psi

(Brownell & Young, 1959)

Menentukan Tebal Head (th) dan Tebal Bottom

Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA- 167 Grade 11 Type 316*

(Brownell & Young, 1959, p.342)

Bentuk head : *Torispherical Flanged & Dished Head*

(Brownell & Young, 1959, p.87)

$$th = \frac{Prw}{(2fE - 0.2P)} + C$$

(Brownell & Young, 1959, p.138)

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

$$w = 1,77$$

$$th = 0,3 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.6 Brownell & Young (hal 88), th standar yaitu :

$$th = 0,3125 \text{ menggunakan tebal standar } 5/16 \text{ in}$$

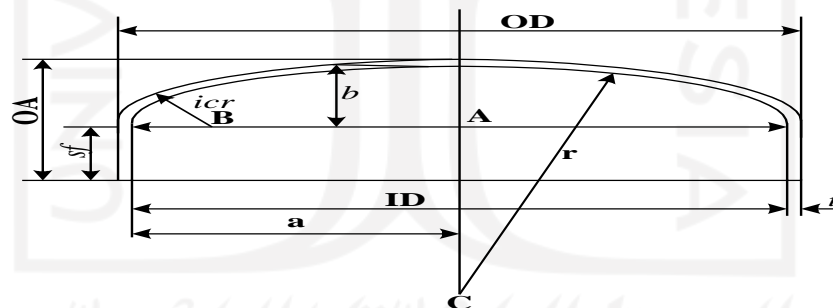
Menentukan Tinggi Reaktor Total

Berdasarkan table 5.8 Brownell & Young 93 diperoleh nilai sf 1 ½ - 3

diambil:

$$sf = 2,5 \quad \text{in}$$

$$= 0,063 \quad \text{m}$$



$$ID = OD_{\text{standar}} - (2 \cdot ts)$$

$$= 59,5 \quad \text{in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= 29,75 \quad \text{in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$

$$= 26,125 \quad \text{in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 56,38 \quad \text{in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 49,96 \quad \text{in}$$

$$b = r - AC$$

$$= 10,04 \quad \text{in}$$

$$\text{Tinggi total head (OA)} = sf + b + th$$

$$= 12,86 \quad \text{in}$$

$$= 0,33 \quad \text{m}$$

$$\text{Tinggi reaktor total} = (2 \times \text{tinggi head total}) + \text{tinggi shell}$$

$$= 2,92 \quad \text{m}$$

Menentukan Jenis Pengaduk

Kondisi Operasi ;

$$T_{\text{operasi}} = 35^{\circ}\text{C}$$

$$\mu = 0,45 \text{ Cp}$$

$$\rho = 822,93 \text{ kg/m}^3$$

$$= 51,37 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 0,03 \text{ lb/in}^3$$

$$V_{\text{cairan}} = 2,70 \text{ m}^3$$

Dipilih jenis *flat six blade turbine with disk*, karena turbin memiliki volume yang besar dan dapat digunakan dengan kecepatan putaran yang tinggi, sehingga berdasarkan *Brownell & Young* p. 507 diperoleh data :

Dt/Di	= 3
Zl/Di	= 3,9
Zi/Di	= 1,3
Wb/Di	= 0,1
L/Di	= 0,25
Dt	= 59,43 in
Jumlah Baffle	= 4 (terpisah 90° satu sama lain)
Jumlah sudut	= 6
Di	= Diameter pengaduk
Dt	= Diameter dalam reaktor
ZL	= Tinggi cairan dalam reaktor
Wb	= Lebar baffle
Zi	= Jarak pengaduk dari dasar tangki
L	= Lebar Penganduk

Sehingga didapatkan :

$$D_t = 59,43 \text{ in} = 1,51 \text{ m}$$

$$D_i = 19,81 \text{ in} = 0,50 \text{ m}$$

$$Z_i = 25,75 \text{ in} = 0,65 \text{ m}$$

$$Z_L = 77,26 \text{ in} = 1,96 \text{ m}$$

$$L = 4,95 \text{ in} = 0,13 \text{ m}$$

$$W_b = 1,98 \text{ in} = 0,05 \text{ m}$$

Menghitung Jumlah Impeller

WELH adalah *Water Equivalen Liquid Hight* memiliki rumus :

$$\text{WELH} = \text{tinggi bahan} \times \text{sg}$$

$$= \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$= 1,27 \text{ m}$$

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

$$= 0,84 \text{ m}$$

$$= 1 \text{ pengaduk}$$

Menghitung Putaran Pengaduk

$$\frac{WELH}{2 DI} = \left(\frac{\pi DI N}{600} \right)^2$$

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

$$N = 130,18 \quad \text{rpm}$$

$$= 2,17 \quad \text{rps}$$

Jenis Motor dipilih : fixed speed belt

Karena paling ekonomis dan mudah dalam pemasangan serta perbaikannya

$$\text{Kecepatan standar pengaduk} = 155 \quad \text{rpm}$$

$$= 2,5833 \quad \text{rps}$$

Menghitung Power Pengaduk

Diketahui :

$$\rho = 822,93 \quad \text{kg/m}^3 = 51,37 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu = 0,45 \quad \text{Cp} = 0,0003 \text{ lb/ft.s}$$

$$Di = 1,65 \quad \text{ft}$$

$$N = 2,5833 \quad \text{rps}$$

$$Re = \frac{\rho N Di^2}{\mu}$$

$$Re = 1196385,63$$

$$Pa = Np \cdot P \cdot Ni^3 \cdot Di^3$$

$$Pa = 4575,65 \text{ Watt}$$

$$= 6,14 \quad \text{hP}$$

Maka, berdasarkan peters hal. 512 didapatkan efisiensi motor adalah 80% :

Sehingga, nilai $P = 6,14 \text{ hP}$

Dipilih power standar $P = 7,5 \text{ hP}$

(Berdasarkan standar NEMA, Rase & Barrow p. 358)



PERANCANGAN JAKET PEMANAS REAKTOR 2

Alasan pemilihan : - Karena reaksi berlangsung secara eksotermis
- Digunakan media pendingin berupa air pendingin

Kondisi Operasi : - Suhu fluida masuk reaktor = 125°C = 398 K
- Suhu fluida keluar reaktor = 150°C = 423 K
- Suhu reaktor masuk = 80 °C = 353 K
- Suhu reaktor keluar = 80 °C = 353 K

1. Jumlah Pemanas Yang Dibutuhkan

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 197,74 \text{ kmol/jam}$$

2. Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m}{\text{densitas air}}$$

$$Q_v = 3559,34 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3. Luas Perpindahan Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)}{\ln \frac{(T_2 - t_1)}{(T_1 - t_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 101,85 \text{ }^\circ\text{F}$$

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

$$UD = 125 \quad \text{btu/jam.ft}^2\text{°F}$$

$$Q = 129711,66 \quad \text{kcal/jam}$$

$$A = 40,43 \quad \text{ft}^2 = 3,76 \text{ m}^2$$

4. Luas Selubung

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 10,73 \quad \text{m}^2$$

Karena Luas selubung reaktor > Luas Perpindahan Panas, maka rancangan menggunakan jaket pemanas.

5. Menghitung Ukuran Jaket Pemanas

$$ID = OD \text{ tangki} + 2jw$$

$$= 70 \quad \text{in}$$

6. Menghitung Tebal Dinding Jaket

$$t = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C$$

$$t_s = 0,25 \quad \text{in}$$

$$OD = 70,5 \quad \text{in}$$

$$ID = 71,5 \quad \text{in}$$

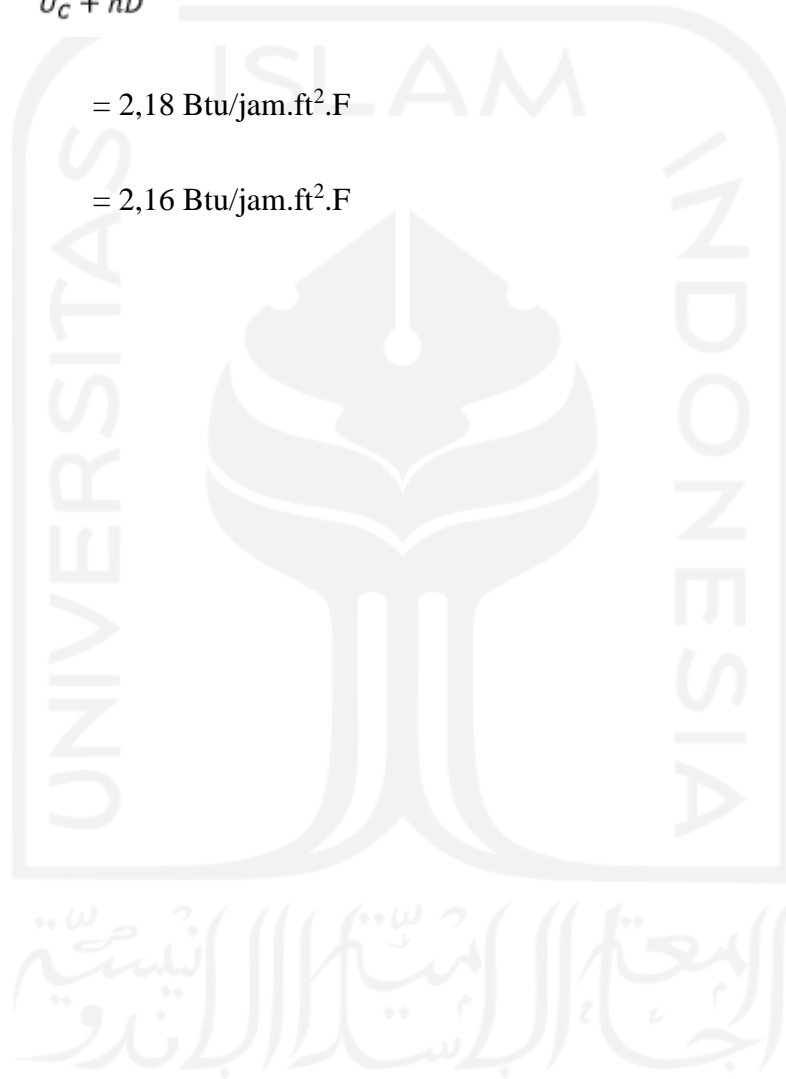
7. Menghitung U_c dan U_d

$$U_c = \frac{h_{i_o} h_o}{h_{i_o} + h_o}$$

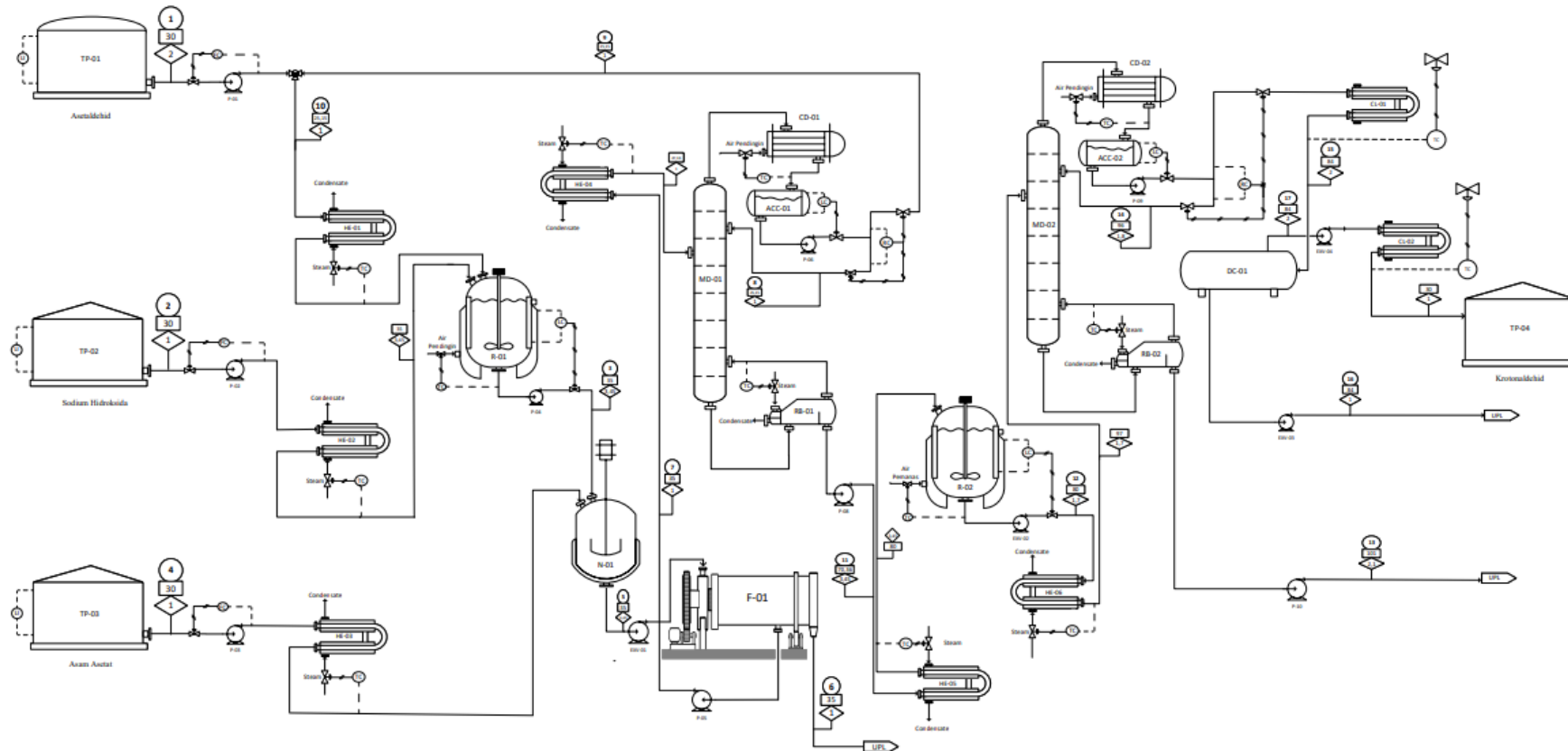
$$U_D = \frac{U_c \cdot hD}{U_c + hD}$$

$$U_c = 2,18 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$$

$$U_d = 2,16 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{.F}$$



PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



Komponen	Nomor Arus (kg/jam)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Asetaldehid	3.913,26		1.721,88		1.721,88		1.721,88		2063,27	1.721,02	0,86	0,86		0,072	0,86	0,86	
Air	39,53	511,36	550,89	0,01	550,90	33,05	517,84	37,88	17,23	500,62	381,63	440,82	37,08	440,82	374,69	66,12	
Krotonaldehid											1.481,74	74,09	118,40	1.407,65	211,15	1.196,50	
Asam Asetat				5,60	5,54		5,6				5,6	5,6	5,6				
Asetaldehid			2.191,48		2.191,48		2.191,48			2.191,48	328,72	312,29	1,38	16,44	16,44		
Natrium Asetat				472,02	462,58	9,44				9,44	9,44	9,44					
Sodium Hidroksida		472,02	472,02		0,86												
Total	3.952,88	983,38	4.936,26	5,61	4.941,87	495,64	4.446,23	2101,26	1.738,24	2.707,99	2.707,99	842,22	156,98	1.865,77	603,14	1.262,62	

Keterangan					
ACC	Accumulator	RB	Reboiler	TC	Temperature Controller
CL	Cooler	RVF	Rotary Vacuum Filter	◇	Tekanan
CD	Condenser	TP	Tangki Penyimpanan	□	Suhu
DC	Decanter	FC	Flow Controller	○	Nomor Arus
HE	Heater	LC	Level Controller	◇	Control Valve
N	Neutralizer	LI	Level Indicator	—	Piping
P	Pompa	PC	Pressure Controller	—	Sinyal Pneumatic
R	Reaktor	RC	Ratio Controller	Sinyal Electric


JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022

PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID
DARI ASETALDEHID
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

MUSYAWIR
 Insya Vihayanti Pratiwi (18521142)
 Septian Dini (18521139)
 DOSEN PEMBIMBING:
 Dr. Ha Purpana, S.T., M.Eng., Ph.D.
 Lita Kristyana, S.T., M.Eng.







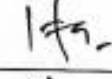




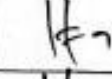

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Imelza Virdhyani Pramesti
 No. MHS : 18521142
2. Nama Mahasiswa : Septiani Putri
 No. MHS : 18521219

Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Crotonaldehide dari Acetaldehyde Kapasitas
 10.000 Ton/Tahun

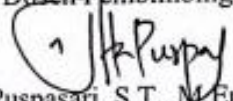
Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Juni 2022

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf dosen
1	3 Februari 2022	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik dan penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik, tinjauan pustaka, dan pemilihan proses (Luaran 1)	
2	4 Februari 2022	Revisi luaran 1	
3	6 Februari 2022	Revisi luaran 1	
4	8 Februari 2022	Pengesahan luaran 1	
5	11 Maret 2022	Pengesahan luaran 2	
6	18 Maret 2022	Diskusi mengenai luaran 2	
7	13 April 2022	Diskusi mengenai Luaran 3 dan 4	
8	14 April 2022	Pengesahan luaran 3 dan 4	
9	30 Mei 2022	Diskusi luaran 5	
10	10 Juni 2022	Revisi luaran 5 dan Diskusi luaran 6	
11	21 Juni 2022	Diskusi luaran 6	
12	23 Juni 2022	Revisi luaran 5 dan 6	
13	12 Juli	Diskusi luaran 6 sampai 11	

	2022		
--	------	--	--

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng














KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Imelza Virdhyani Pramesti
No. MHS : 18521142
2. Nama Mahasiswa : Septiani Putri
No. MHS : 18521219

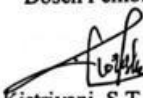
Judul Prarancangan : Prarancangan Pabrik Crotonaldehyde dari Acetaldehyde Kapasitas
10.000 Ton/Tahun

Mulai Masa Bimbingan : 6 Desember 2021

Batas Akhir Bimbingan : 4 Desember 2022

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf dosen
1	14 Januari 2022	Perkenalan dan diskusi mengenai tahap prarancangan pabrik dan penentuan kapasitas pabrik, latar belakang pendirian pabrik, tinjauan pustaka, dan pemilihan proses (Luaran 1)	
2	5 Februari 2022	Pengesahan Luaran 1	
3	11 Maret 2022	Revisi Luaran 2	
4	11 Maret 2022	Pengesahan Luaran 2	
5	3 April 2022	Diskusi Luaran 3 dan 4	
6	14 April 2022	Revisi Luaran 3 dan 4	
7	14 April 2022	Pengesahan Luaran 3 dan 4	
8	24 Mei 2022	Pengesahan Luaran 5	
9	9 Juni 2022	Revisi luaran 5 dan diskusi luaran 6	
10	24 Juni 2022	Diskusi luaran 5 dan 6	
11	27 Juni 2022	Revisi luaran 5 dan 6	
12	11 Juli 2022	Diskusi luaran 7 dan 8	
13	26 Juli 2022	Diskusi luaran 9 sampai 15	

Dosen Pembimbing 2


Lilis Kistriyani, S.T., M.Eng.