

**PRA RANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI  
ASETALDOL DENGAN KATALIS ASAM ASETAT KAPASITAS  
10.000 TON/TAHUN**

**PRARANCANGAN PABRIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



**Oleh:**

**Nama : Ali Reza**

**Nama : M. Insan Naufal A.**

**NIM : 18521127**

**NIM : 18521116**

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

**2024**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

## PRARANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDOL MENGUNAKAN KATALIS ASAM ASETAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ali Reza

Nama : M. Insan Naufal A.

NIM : 18521127

NIM : 18521116

Yogyakarta, 30 Juli 2024

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan 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.

TTD



Ali Reza

TTD



M. Insan Naufal A



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,*

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, taufik dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Kimia Krotonaldehid dari Asetaldol dengan Katalis Asam Asetat Kapasitas 10.000 Ton/Tahun” ini disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapatkan selama menempuh pendidikan di bangku kuliah, dan merupakan sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan dari banyak pihak yang sangat berarti bagi penulis. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan baik moril maupun materil selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Dr. Ifa Puspasari, S.T., M.Eng, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu, arahan dan bimbingannya selama penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2018 yang selalu memberikan dukungan, semangat, nasihat dan saling membagikan ilmunya.
8. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Untuk itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, Juli 2024

Penyusun

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirobbil 'alamin, Ya Allah*

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunianya kepada saya sehingga saya diberikan kesempatan untuk menuntut ilmu dan menyelesaikan studi saya di jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Terimakasih Ya Allah karena sudah mengabulkan doa-doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, dan hanya dengan izin-NYA semata saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Terimakasih kepada Mamah saya (Sakina Shahab) yang tidak henti – hentinya memberikan doa, semangat, dorongan, kasih sayang dan kepercayaan yang sangat luar biasa kepada anak tunggalnya agar dapat menimba ilmu yang baik. Semoga kelak saya dapat membalas jasa yang telah diberikan. Mohon maaf jika Aldi belum bisa memberikan yang terbaik selama ini, tetapi dengan izin Allah dan Ridha dari mamah. Aldi akan terus berusaha semaksimal mungkin untuk membahagiakan Mamah di dunia maupun di akhirat. Tidak lupa juga kepada Tante Iah dan Ndah yang sudah saya anggap seperti Mamah saya yang selalu memberikan semangat, doa, nasihat serta kebutuhan yang saya perlukan selama saya menyelesaikan studi saya di Universitas Islam Indonesia , Ami Moh, Ami Gasim, Ami Ucin, Ami Amin yang selalu memberi semangat dan nasihat serta mental yang kuat untuk menyelesaikan studi saya. Sepupu-sepupu saya(Kak Ima, Kak Sana', Kak Nena, Bang Helmi, Haydar, Haniv, Husen) yang selalu mendoakan serta menghibur saya di saat saya sedang sedih maupun senang dan Kedua majikan saya (Kucing) dengan

nama Shocky dan Lucy yang saya cintai dan saya sayangi.

Terimakasih kepada Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah bersediameluangkan waktunya ditengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan, memberikan ilmu, memberi semangat dan menasehati kami. Serta kepada Dosen – dosen Teknik Kimia yang senantiasa memberikan ilmunya dengan tulus dan ikhlas selama saya kuliah.

Terimakasih kepada M. Insan Naufal selaku rekan Tugas akhir saya. Terimakasih atas perjuangan, Kerjasama, kesabaran dan semua yang telah dilewatkan, semoga ilmu yang didapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Terimakasih untuk teman – teman Teknik Kimia 2018. Persembahkan kepada sahabat saya yang mendukung saya sampai di titik sekarang, kepada (Zhavira, Tikem, Geral, Asty, Widy, Sidiq, Gondes, Jeki, Qory, Bima, Mazi, Fajar, Alan, Devin dan Opal) sebagai sahabat yang telah berperan penting selama proses penyelesaian Tugas Akhir saya. Kemudian kepada Keluarga Atlet (Nanad, Sani, Mahe, Nilla dan Yoga) sebagai sahabat yang sudah menghiasi waktu selama kuliah saya dari awal sampai akhir. Kemudian kepada (Fahmi, Kiki, Inne, Shella, Syakor, Sael, Bertus, Zacky A, Zacky S, Mizan, Viki, Ogi, Alwi) sebagai teman yang sangat saya sayangi dari SD sampai sekarang. Kemudian kepada Axel, Rana dan Tama yang telah membantu dan menemani saya selama penyusunan naskah ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Dan terakhir untuk semua teman – teman yang telah berkontribusi dalam proses pengerjaan Tugas akhir saya tetapi saya tidak bisa sebutkan satu-satu. Semoga kita semua dapat mewujudkan cita – cita dan keinginan kita di masa depan nantinya Aamiin.

“Ami ikut do'a, tapi do'a nya mamah mu itu tembus langit.”-Ami Moh

Ali Reza

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya kepada saya sehingga saya mendapatkan kesempatan untuk menuntut ilmu dan dapat menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi, Universitas Islam Indonesia.

Terima kasih kepada kedua orang tua saya, Almarhum Bapak Ir. Afif Hilmansyah., M.Si dan Ibu Happy Rosalina., S.PI., M.Si serta abang saya Muhammad Fathoni Averosyani yang telah memberikan doa, dorongan, motivasi, dan kasih sayang yang sangat luar biasa kepada saya selama ini. Terima kasih khususnya kepada mama saya yang tak henti-hentinya selalu memberikan dukungan moril dan finansial kepada saya. Mohon maaf jika Insan belum jadi anak yang seperti mama inginkan yang belum bisa membalas jasa mama, tapi inshaAllah insan akan membalas jasa yang telah mama berikan selama ini walaupun apa yang mama telah berikan dan korbankan tidak tergantikan. Terima kasih telah berjuang dan berkorban demi masa depan anak yang lebih baik agar selalu berbakti, bermanfaat, dan dapat membahagiakan suatu hari nanti.

Terima kasih juga kepada Om Colin, Bi Ine, Om Yoyo, Bi Neny, Om Iwan, Bi Ice, Mang Dida dan Wa Dida yang juga selalu memberi support kepada saya selama berada di jogja yang berupa moril dan finansial. Semoga semua kebaikan om dan tante diberikan balasan yang berlipat ganda oleh Allah SWT. Doa saya selalu menyertai atas kemurahan hati dan kebaikan om dan tante semuanya.

Terima kasih kepada Bapak Dr. Arif Hidayat, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing. Terima kasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Terima kasih kepada Ali Reza sebagai partner dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang telah bersabar dan terus berjuang dalam penyelesaian penyusunan Tugas Akhir pra rancangan pabrik. Semoga ilmu yang kita dapatkan berkah dan bermanfaat untuk sekitar.

Terima kasih kepada Rizka Nugraheni yang menjadi satu-satunya orang yang tak pernah bosan mendengarkan curhatan saya apapun itu, yang dapat membuat saya bercerita tanpa adanya perasaan takut dijudge, terima kasih sudah selalu ada, selalu mendorong saya dan mengingatkan saya untuk selalu mengerjakan tugas akhir ini hingga akhirnya terselesaikan juga. Semoga kedepannya diberikan kelancaran dan happy ending untuk kita berdua.

Terima kasih juga untuk teman-teman Teknik Kimia angkatan 2018 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, bukan hanya menjadi teman melainkan sudah menjadi keluarga. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan selama duduk di bangku kuliah.

Terima kasih kepada teman-teman Makan Ora (Rizka, Zhavira, Reza dan Alan) yang selalu menemani hari-hari saat menjalani kehidupan di semester tua ini, semoga kita terus menjalin silaturahmi yang baik. Terima kasih kepada teman-teman Keluarga Atlet (Devin, Geraldly, Asty, Tikem, Mahe, Nanad, Nilla, Prayoga, Reza, Sani, dan Widi) yang telah menjadi teman bermain dan belajar selama di masa perkuliahan, teman-teman Ghibah (Mia, Rohmi, Fathya, Ivo, Ibnu) yang telah

menjadi teman sekaligus sahabat sedari SMP yang telah meluangkan waktu untuk mendengar keluh kesah saya dan sama sama berproses. Semoga apa yang kita cita-citakan dapat terwujud dimasa depan nanti.

Muhammad Insan Naufal

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	ix
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxii
ABSTRAK .....	xxiii
ABSTRACT .....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Produksi.....	3
1.3 Tinjauan Pustaka.....	7
1.3.1 Tinjauan Proses Pembuatan Krotonaldehid.....	7
1.3.2 Tinjauan Secara Teknis.....	9
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....	10
1.4.1 Menghitung $\Delta H_{reaksi}^{\circ}$ standar pada suhu 298°K.....	10
1.4.2 Menghitung Energi Gibbs ( $\Delta G_{reaksi}^{\circ}$ ).....	11

1.4.3	Menghitung Konstanta Keseimbangan Reaksi .....	12
1.4.4	Konversi Keseimbangan Reaksi .....	13
1.4.5	Tinjauan Kinetika.....	15
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....		17
2.1	Spesifikasi Sifat Fisik Produk dan Bahan Baku .....	17
2.1.1	Asetaldol .....	17
2.1.2	Asam Asetat .....	18
2.1.3	Air .....	18
2.1.4	Krotonaldehid.....	19
2.2	Spesifikasi Sifat Kimia Produk dan Bahan Baku .....	20
2.2.1	Produk .....	20
2.2.2	Bahan Baku .....	24
2.3	Identifikasi <i>Hazard</i> Produk dan Bahan Baku.....	28
2.4	Pengendalian Kualitas .....	29
2.4.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	29
2.4.2	Pengendalian Kualitas Proses Produksi .....	30
2.4.3	Pengawasan Terkait Waktu Produksi .....	32
2.4.4	Pengendalian Terkait Waktu Produksi.....	32
2.4.5	Pengendalian Kualitas Produk .....	33
BAB III PERANCANGAN PROSES .....		35
3.1	Diagram Alir Proses dan Material .....	35
3.1.1	Diagram Alir Proses .....	35
3.1.2	Diagram Alir Material .....	36

3.2	Uraian Proses.....	37
3.2.1	Tahap Persiapan Bahan Baku.....	37
3.2.2	Proses Reaksi Pembuatan Krotonaldehid.....	37
3.2.3	Proses Pemurnian dan Penyimpanan .....	38
3.3	Spesifikasi Alat.....	39
3.3.1	Spesifikasi Reaktor.....	39
3.3.2	Perancangan Alat Pemisah .....	41
3.3.3	Perancangan Alat Penukar Panas .....	45
3.3.4	Perancangan Alat Penyimpanan.....	59
3.3.5	Spesifikasi Alat Transportasi.....	65
3.4	Neraca Massa.....	75
3.4.1	Neraca Massa Total .....	75
3.4.2	Neraca Massa Alat.....	75
3.5	Neraca Panas.....	78
BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....		84
4.1	Lokasi Pabrik.....	84
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik.....	85
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	87
4.2	Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	88
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses ( <i>Machines Layout</i> ).....	95
4.3.1	Aliran dan Bahan Baku Produk.....	96
4.3.2	Aliran Udara.....	96
4.3.3	Pencahayaan.....	96

4.3.4	Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	96
4.3.5	Jarak antar Alat Proses .....	97
4.3.6	Pertimbangan Ekonomi.....	97
4.3.7	Perluasan dan Pengembangan Pabrik.....	97
4.3.8	Kemudahan Pemeliharaan.....	98
4.4	Organisasi Perusahaan.....	100
4.4.1	Bentuk Perusahaan.....	100
4.4.2	Struktur Organisasi.....	102
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	105
4.4.4	Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan .....	115
4.4.5	Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan.....	117
4.4.6	Ketenagakerjaan.....	121
BAB V UTILITAS .....		125
5.1	Pelayanan Teknik (Utilitas) .....	125
5.1.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water Treatment System</i> ) ..	125
5.1.2	Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ).....	131
5.1.3	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ).....	131
5.1.4	Unit Penyediaan Udara Tekan ( <i>Instrument Air System</i> ).....	134
5.1.5	Unit Penyedia Bahan Bakar .....	134
5.1.6	Unit Pengolahan Limbah.....	135
5.1.7	Spesifikasi Alat Utilitas.....	136
BAB VI EVALUASI EKONOMI .....		141
6.1	Evaluasi Ekonomi.....	141

6.1.1	Penentuan <i>fixed capital investment</i> .....	141
6.1.2	Perhitungan Biaya .....	142
6.1.3	Analisa Kelayakan .....	143
6.1.4	Hasil Perhitungan.....	146
6.1.5	Hasil Analisis Keuntungan.....	151
6.1.6	Hasil Kelayakan Ekonomi.....	152
6.2	Resiko Pabrik.....	153
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....		156
7.1	Kesimpulan.....	156
7.2	Saran.....	157
DAFTAR PUSTAKA .....		159
LAMPIRAN A .....		162
LAMPIRAN B .....		178

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Krotonaldehid.....	3
Tabel 1. 2 Kapasitas Produksi Pabrik Krotonaldehid di Dunia.....	6
Tabel 1. 3 Perbandingan Proses Pembuatan Krotonaldehid.....	9
Tabel 1. 4 $\Delta H_f^\circ$ dan $\Delta G_f^\circ$ masing-masing komponen.....	10
Tabel 2. 1 Spesifikasi Asetaldol .....	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi Asam Asetat .....	18
Tabel 2. 3 Spesifikasi Air .....	18
Tabel 2. 4 Spesifikasi Krotonaldehid .....	19
Tabel 2. 5 Identifikasi <i>Hazard</i> Produk dan Bahan Baku.....	28
Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor.....	39
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer.....	41
Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi-01.....	42
Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi-02.....	44
Tabel 3. 5 Spesifikasi Heater-01.....	45
Tabel 3. 6 Spesifikasi Heater-02.....	46
Tabel 3. 7 Spesifikasi Cooler-01 .....	48
Tabel 3. 8 Spesifikasi Cooler-02 .....	49
Tabel 3. 9 Spesifikasi Cooler-03 .....	50
Tabel 3. 10 Spesifikasi Condenser-01.....	52
Tabel 3. 11 Spesifikasi Condensor-02.....	53
Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler-01 .....	55

Tabel 3. 13 Spesifikasi Reboiler-02 .....	57
Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Acuumulator 01</i> .....	59
Tabel 3. 15 Spesifikasi <i>Acuumulator 02</i> .....	60
Tabel 3. 16 Spesifikasi Tangki-01 .....	61
Tabel 3. 17 Spesifikasi Tangki-02 .....	62
Tabel 3. 18 Spesifikasi Tangki-03 .....	62
Tabel 3. 19 Spesifikasi Tangki-04 .....	64
Tabel 3. 20 Spesifikasi Pompa-01 .....	65
Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa-02.....	66
Tabel 3. 22 Spesifikasi Pompa-03.....	68
Tabel 3. 23 Spesifikasi Pompa-04.....	69
Tabel 3. 24 Spesifikasi Pompa-05.....	70
Tabel 3. 25 Spesifikasi Pompa-06.....	71
Tabel 3. 26 Spesifikasi Pompa-07 .....	72
Tabel 3. 27 Spesifikasi Pompa-08.....	73
Tabel 3. 28 Spesifikasi Pompa-09.....	74
Tabel 3. 29 Neraca Massa Total .....	75
Tabel 3. 30 Neraca Massa di Mixer-01 .....	75
Tabel 3. 31 Neraca Massa di Reaktor-01 .....	76
Tabel 3. 32 Neraca Massa di Reaktor-02 .....	77
Tabel 3. 33 Neraca Massa di Menara Distilasi-01 .....	77
Tabel 3. 34 Neraca Massa di Menara Distilasi-02 .....	78
Tabel 3. 35 Neraca Panas di Mixer-01 .....	78

Tabel 3. 36 Neraca Panas di Reaktor-01 dan Reaktor-02.....	79
Tabel 3. 37 Neraca Panas di Menara Distilasi-01 .....	79
Tabel 3. 38 Neraca Panas di Menara Distilasi-02 .....	80
Tabel 3. 39 Neraca Panas di Heater-01 .....	81
Tabel 3. 40 Neraca Panas di Heater-02 .....	81
Tabel 3. 41 Neraca Panas di Cooler-01.....	82
Tabel 3. 42 Neraca Panas di Cooler-02.....	82
Tabel 3. 43 Neraca Panas di Cooler-03.....	83
Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik .....	92
Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan.....	116
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan.....	117
Tabel 4. 4 Jam kerja karyawan <i>non-shift</i> .....	118
Tabel 4. 5 Jam kerja karyawan <i>shift</i> .....	119
Tabel 4. 6 Jadwal <i>Shift</i> Karyawan 1-15.....	119
Tabel 4. 7 Jadwal <i>Shift</i> Karyawan 16-30.....	120
Tabel 4. 8 Rincian Gaji Karyawan.....	121
Tabel 5. 1 Total Kebutuhan Air .....	126
Tabel 5. 2 Kebutuhan <i>Cooling Water</i> .....	127
Tabel 5. 3 Tabel Kebutuhan Air Umpan Boiler.....	128
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses .....	132
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas.....	133
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik.....	134
Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas.....	136

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas (2).....	137
Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Penampung.....	138
Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Utilitas.....	139
Tabel 5. 11 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas.....	140
Tabel 6. 1 <i>Physical Plant Cost</i> .....	146
Tabel 6. 2 <i>Direct Plant Cost</i> .....	147
Tabel 6. 3 <i>Fixed Capital Investment</i> .....	147
Tabel 6. 4 <i>Direct Manufacturing Cost</i> .....	147
Tabel 6. 5 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> .....	148
Tabel 6. 6 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> .....	148
Tabel 6. 7 <i>Manufacturing Cost</i> .....	149
Tabel 6. 8 <i>Working Capital</i> .....	149
Tabel 6. 9 <i>General Expenses</i> .....	150
Tabel 6. 10 <i>Total Production Cost</i> .....	150
Tabel 6. 11 <i>Fixed Cost</i> .....	150
Tabel 6. 12 <i>Variable Cost</i> .....	151
Tabel 6. 13 <i>Regulated Cost</i> .....	151
Tabel 6. 14 Hasil analisa High Risk dan Low Risk.....	153
Tabel 6. 15 Hasil analisa ekonomi.....	154

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Krotonaldehid di Indonesia .....	4
Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses .....	35
Gambar 3. 2 Diagram Alir Material .....	36
Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik.....	84
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ) .....	94
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses ( <i>Machines Layout</i> ).....	99
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi.....	104
Gambar 5. 1 Diagram alir pengolahan air .....	130
Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi.....	153

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Neraca Massa Reaktor .....	163
Lampiran 2. Menentukan Kecepatan Volumetrik ( $F_v$ , L/Jam).....	164
Lampiran 3. Menghitung Konsentrasi Asetaldol.....	164
Lampiran 4. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi.....	165
Lampiran 5. Menghitung Laju Reaksi.....	165
Lampiran 6. Menentukan Volume Reaktor .....	165
Lampiran 7. Menentukan Optivasi Reaktor.....	165
Lampiran 8. Dimensi Reaktor.....	169
Lampiran 9. Desain Sistem Pengaduk.....	173
Lampiran 10. <i>Procees Engineering Flow Diagram</i> .....	178
Lampiran 11. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan.....	179

## ABSTRAK

Pra rancangan pabrik Krotonaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun didirikan untuk memenuhi kebutuhan Krotonaldehid di Indonesia serta mengurangi impor. Krotonaldehid digunakan dalam produksi asam sorbat, *crotonylidene ureas*, sintesis butil alkohol. Pabrik ini akan didirikan di KITB. Pada proses pembuatan Krotonaldehid ini, Asetaldol direaksikan dengan Asam Asetat membentuk Krotonaldehid dan Air di dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 93 °C dan 1 atm dengan konversi 98%. Hasil studi evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa modal investasi pabrik ini sebesar Rp 829.415.047.000 dengan biaya produksi sebesar Rp 7.363.323.631.000 dan laba setelah pajak diperkirakan sebesar Rp 364.078.509.000. Berdasarkan kondisi operasi dan sifat-sifat bahan baku dan produk, pabrik Krotonaldehid ini tergolong sebagai pabrik resiko rendah. Hasil analisis ekonomi terhadap pabrik ini menunjukkan bahwa *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum dan sesudah pajak sebesar 62,708% dan 43,896% dengan *Pay Out Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak sebesar 0,63 dan 0,71 tahun, sedangkan *Break Even Point* (BEP), *ShutDown Point* (SDP), dan *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 40,038%, 28,563%, dan 20,978%. Dari data analisis kelayakan di atas disimpulkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk ditinjau lebih lanjut.

**Kata Kunci:** Krotonaldehid, Asetaldol, Asam Asetat, Air

## ABSTRACT

*The preliminary design of Crotonaldehyde plant with a capacity of 10,000 tons/year was established to meet the needs of Crotonaldehyde in Indonesia and reduce imports. Crotonaldehyde is used in the production of sorbic acid, crotonylidene ureas, butyl alcohol synthesis. This plant will be established at KITB. In the process of making Crotonaldehyde, Acetaldol is reacted with Acetic Acid to form Crotonaldehyde and Water in a Stirred Tank Flow Reactor (RATB) at a temperature of 93 °C and 1 atm with a conversion of 98%. The results of the economic evaluation study show that the investment capital of this plant is Rp 829,415,047,000 with a production cost of Rp 7,363,323,631,000 and an estimated profit after tax of Rp 364,078,509,000. Based on the operating conditions and properties of raw materials and products, this Crotonaldehyde plant is classified as a low-risk plant. The results of the economic analysis of this factory show that the Percent Return On Investment (ROI) before and after tax is 62.708% and 43.896% with Pay Out Time (POT) before and after tax is 0.63 and 0.71 years, while the Break Even Point (BEP), Shut Down Point (SDP), and Discounted Cash Flow Rate (DCFR) are 40.038%, 28.563%, and 20.978%. From the feasibility analysis data above, it is concluded that this factory is profitable and worthy of further review.*

**Keywords:** *Crotonaldehyde, Acetaldol, Acetic Acid, Water*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Potensi bisnis industri kimia di Indonesia sangat menjanjikan. Produk- produk kimia sangat berperan dalam menopang kebutuhan berbagai sektor industri baik di kawasan Indonesia maupun Asia Tenggara. Apabila didirikan pabrik kimia di Indonesia yang dapat mengakomodasi berbagai kebutuhan produk kimia tersebut, tentu akan memberikan berbagai dampak positif yang bermuara pada peningkatan mutu dan kualitas hidup masyarakat. Salah satu produk kimia dengan potensi bisnis yang menjanjikan adalah Krotonaldehid.

Krotonaldehid merupakan produk kimia dengan nilai pasar yang terus mengalami peningkatan. Nilai pasar dari Krotonaldehid pada tahun 2023 mencapai US\$ 393,46 juta. Nilai pasar tersebut diperkirakan mencapai US\$ 427,20 juta pada tahun 2025, US\$ 483,32 juta pada tahun 2028, dan US\$ 593,71 juta pada tahun 2033. Tidak hanya itu, pertumbuhan nilai investasi tahunan (CAGR) Krotonaldehid pada rentang tahun 2018 hingga 2022 mencapai 2,6%, meskipun terhitung mulai tahun 2020 hingga saat ini dunia digemparkan dengan pandemi COVID-19 yang sempat melumpuhkan perekonomian global (FMI, 2023).

Pada tahun 2020, produsen sekaligus konsumen Krotonaldehid terbesar di dunia adalah China. Selain China, ada juga negara-negara produsen Krotonaldehid terbesar lainnya diantaranya Amerika, Jerman, dan India (FMI, 2023). Berdasarkan data dari UN Comtrade dan Badan Pusat Statistik Nasional (BPS), Indonesia dan

negara-negara di Asia Tenggara memiliki jumlah kebutuhan Krotonaldehid yang cukup tinggi. Namun hingga saat ini, belum terdapat pabrik Krotonaldehid di wilayah Asia Tenggara termasuk Indonesia.

Pendirian pabrik Krotonaldehid dapat menjadi peluang yang sangat bagus dalam menunjang berbagai industri lain di Indonesia serta menghemat devisa negara melalui pengurangan impor Krotonaldehid dari luar negeri, sekaligus menambah devisa negara melalui ekspor Krotonaldehid ke luar negeri. Selain itu, pendirian pabrik Krotonaldehid bertujuan untuk mempercepat alih teknologi sehingga dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan membuka lapangan pekerjaan baru.

Berdasarkan IARC (2021) Krotonaldehid ( $C_4H_6O$ ) merupakan senyawa yang memiliki banyak kegunaan dalam industri. Kegunaan Krotonaldehid antara lain:

1. Produksi asam sorbat, yang merupakan bahan pengawet makanan
2. Produksi *crotonylidene ureas*, yang merupakan bahan baku pupuk pestisida
3. Produksi obat-obatan, resin, cat, pewarna, karet, kabel, dan perekat
4. Sintesis butil alkohol, *butyraldehyde*, *quinaldine*, *thiophenes*, *pyridenes*, dan berbagai bahan kimia lainnya
5. Sebagai *denaturing agent*
6. Sebagai *warning agent* untuk mendeteksi kebocoran pipa

## 1.2 Penentuan Kapasitas Produksi

Kapasitas pabrik mempunyai peran penting dalam pendirian pabrik ini dikarenakan dapat mempengaruhi perhitungan ekonomis maupun teknis saat perancangan. Pabrik Krotonaldehid ini direncanakan memiliki kapasitas sebesar 10.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas produksi tersebut berdasarkan pada beberapa pertimbangan seperti kebutuhan dalam negeri, kebutuhan luar negeri, ketersediaan bahan baku, serta kapasitas maksimal dan minimal pabrik Krotonaldehid yang telah berproduksi. Pabrik Krotonaldehid akan dibangun pada tahun 2028 dan mulai beroperasi pada tahun 2029. Pabrik Krotonaldehid ini ditargetkan dapat memenuhi 100 % kebutuhan dalam negeri dan kebutuhan kecil ekspor. Untuk menentukan kapasitas pabrik dapat ditinjau dari data-data seperti data ekspor-impor, produksi, kebutuhan dalam negeri, ketersediaan bahan baku di Indonesia dan juga kapasitas pabrik yang sudah ada di seluruh dunia.

Penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Selain itu, penentuan kapasitas rancangan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri dimana diharapkan mampu mengurangi nilai impor terhadap Krotonaldehid, terlebih jika bisa menambah devisa negara dengan mengekspor Krotonaldehid itu sendiri. Berikut adalah data impor dari data BPS (Badan Pusat Statistik) yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. 1 Data Impor Krotonaldehid

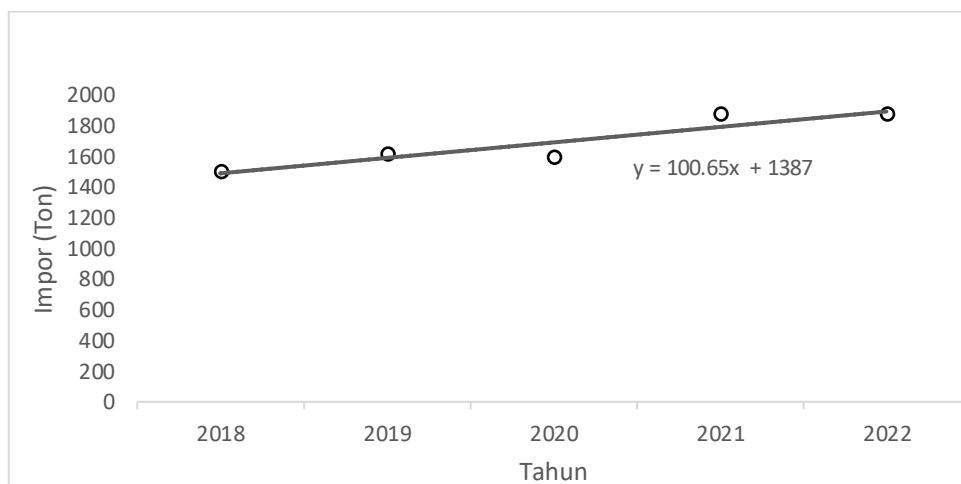
<b>Tahun</b>	<b>Impor (Ton/Tahun)</b>
2018	1.498,54

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2019	1.612,53
2020	1.589,06
2022	1.872,66
2022	1.871,70

(Sumber: Badan Pusat Statistika, 2018-2022)

Nilai impor pada tabel 1.1 digunakan untuk memprediksi impor Krotonaldehid di Indonesia pada tahun 2029. Nilai impor tersebut digunakan untuk memperkirakan konsumsi dalam negeri. Perhitungan nilai konsumsi dalam negeri pada tahun 2029 dilakukan menggunakan metode regresi yang dapat dilihat pada gambar 1.1.

Dari data diatas, dibuat grafik yang berhubungan antara tahun dan jumlah Krotonaldehid yang diimpor ke Indonesia.



Gambar 1. 1 Grafik Data Impor Krotonaldehid di Indonesia

Dari grafik diatas didapatkan suatu persamaan linear, yaitu:

$$y = 100,65x + 1387$$

$$y = 121,99(10) + 447,55$$

$$y = 2.393,5 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan gambar 1.1 menggunakan metode regresi linier didapatkan persamaan  $y = 100,65x + 1378$  dengan  $y$  merupakan jumlah kebutuhan di dalam negeri (ton/tahun) dan  $x$  adalah tahun, sehingga dapat diperkirakan impor Krotonaldehid di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 2.393,5 ton.

Pabrik Krotonaldehid ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dikarenakan kebutuhan Krotonaldehid dalam negeri yang hanya dipenuhi dari impor, hal ini dikarenakan pabrik Krotonaldehid yang belum berdiri di Indonesia dan untuk kelebihan produksi dalam negerinya dapat dilakukan ekspor ke luar negeri.

Bahan baku yang digunakan untuk produksi Krotonaldehid adalah asetaldol ( $C_4H_8O_2$ ). Bahan baku tersebut dapat diperoleh dari produsen luar negeri. Ketersediaan bahan baku dapat diperoleh dari Pabrik Dayang chem (Hangzhou) Co., Ltd. yang berlokasi di China. Pabrik tersebut memproduksi asetaldol yang mempunyai kemurnian 98% (lookchem, 2023).

Kapasitas pabrik yang akan didirikan harus berada di atas kapasitas minimal atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berdiri. Pabrik Krotonaldehid yang sudah berdiri dan kapasitas produksinya per tahun dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Kapasitas Produksi Pabrik Krotonaldehid di Dunia

No	Pabrik dan Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Xiamen BaiFuchem Co.,Ltd., China	2.000
2	Kono Chem Co.,Ltd., China	6.000
3	Wuhan Lwax Pharma Tech Co., Ltd., China	165.000

(Sumber: Lookchem, 2023)

Berdasarkan tabel 1.2 dapat diketahui bahwa kapasitas pabrik yang telah beroperasi adalah 2.000 sampai 165.000 ton/tahun, dengan kapasitas produksi minimal di dunia adalah sebesar 2.000 ton/tahun.

Berdasarkan perhitungan di atas dan kapasitas pabrik Krotonaldehid di dunia, maka dalam perancangan ini dipilih kapasitas 10.000 ton/tahun. Kapasitas ini dinaikkan menjadi 10.000 ton/tahun tujuannya untuk cadangan produksi ketika ada produk yang rusak atau apabila ada permintaan yang berlebih. Kapasitas pabrik ini diharapkan:

1. Dapat memenuhi 100% kebutuhan Krotonaldehid dalam negeri.
2. Dapat mendorong berdirinya industri-industri lain yang menggunakan Krotonaldehid sebagai bahan baku.
3. Dapat menghemat devisa negara karena mengurangi impor, sekaligus menambah devisa karena melakukan ekspor.
4. Dapat membuka lapangan kerja baru sehingga menurunkan tingkat pengangguran.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

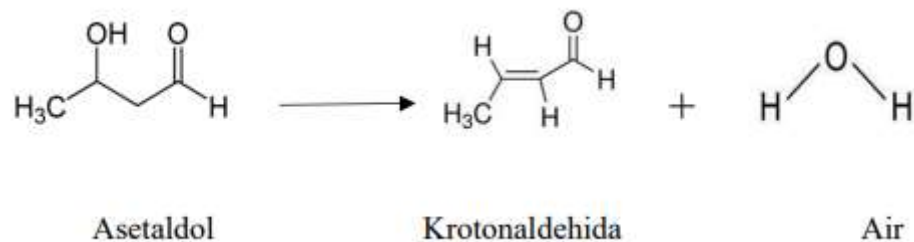
#### 1.3.1 Tinjauan Proses Pembuatan Krotonaldehid

Krotonaldehid dapat diproduksi dengan dua macam proses yaitu dengan reaksi dehidrasi fase cair dan reaksi kondensasi aldol fase gas.

##### 1. Reaksi Dehidrasi Asetaldol Fase Cair

Reaksi dehidrasi asetaldol fase cair diawali dengan pengondisian bahan baku asetaldol ke dalam suasana asam menggunakan asam asetat hingga mencapai pH dengan rentang 3,7–5,5. Campuran kemudian dialirkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk pada kondisi operasi suhu 80°C - 93°C dan tekanan 1 atm. Campuran produk keluaran reaktor terdiri dari Krotonaldehid dan air (Atalay, 2008).

Reaksi yang terjadi:



Krotonaldehid terbentuk dari asetaldol melalui reaksi dehidrasi dengan hasil samping berupa air (Atalay, 2008). Reaksi dehidrasi merupakan reaksi yang melibatkan pelepasan air dari molekul yang bereaksi. Asetaldol merupakan senyawa aldehyd-alkohol, karena itu terdapat gugus fungsi –CHO dan –OH. Pada reaksi ini, gugus fungsi OH dan 1 atom H akan terlepas dari molekul asetaldol dan akan saling berikatan membentuk molekul H<sub>2</sub>O. Lepasnya atom H akan membuat adanya ikatan rangkap 2 pada rantai

karbon. Oleh karena itu, reaksi ini menghasilkan senyawa Krotonaldehid (2-butenal) dengan produk samping air.

Keuntungan dari proses ini adalah suhu dan tekanan operasi reaktor relatif rendah, peralatan yang digunakan relatif sedikit, dan konversi reaksi sangat tinggi yaitu bisa mencapai 90% pada kondisi suhu 93°C dan tekanan 1 atm dan pH 4. Kekurangan dari proses ini adalah penggunaan asam asetat yang bersifat korosif membutuhkan peralatan dengan bahan konstruksi yang tahan terhadap korosif dan harganya lebih mahal.

## 2. Reaksi Kondensasi Aldol Fase Gas

Krotonaldehid diproduksi dengan mengkontakkan uap *aqueous* asetaldehida (AcH) dengan katalis yang terdiri atas gugus litium aluminat dan zirkonium dioksida. AcH yang mengandung asetaldehida dan air dengan perbandingan 1,1-2,2 dikontakkan dengan katalis di dalam reaktor *fixed bed* pada kondisi operasi suhu 465 - 580°F dan tekanan 5-15 psig (Payne, et al, 1952).

Keuntungan dari proses ini adalah tekanan operasi reaktor relatif rendah. Kekurangan dari proses ini adalah suhu operasi yang tinggi dan penggunaan katalis basa padat yang dapat menghasilkan residu berupa abu yang perlu diperhatikan pembersihannya sehingga tidak merusak peralatan. Selain itu, spesifikasi peralatan yang digunakan lebih rumit, produk samping lebih banyak, serta reaksi terjadi pada fase gas sehingga kontrol lebih sulit.

### 1.3.2 Tinjauan Secara Teknis

Kondisi operasi tiap proses untuk menghasilkan Krotonaldehid berbeda-beda sehingga dilakukan perbandingan antara berbagai proses berdasarkan faktor teknis.

Tabel 1. 3 Perbandingan Proses Pembuatan Krotonaldehid

<b>Faktor Pembeding</b>	<b>Dehidrasi Asetaldol Fase Cair</b>	<b>Reaksi Kondensasi Aldol Fase Gas</b>
<b>Bahan Baku</b>	Asetaldol	Asetaldehida
<b>Kondisi Operasi</b>	Suhu: 80°C - 93°C Tekanan: 1 atm pH: 4	Suhu: 240°C - 305°C Tekanan: 0,34 atm – 1,03 atm
<b>Katalis</b>	Katalis cair: Asam Asetat	Katalis padat: LiAlO atau ZrO <sub>2</sub> dan Silika
<b>Konversi</b>	41% - 90%	-
<b>Produk Samping</b>	H <sub>2</sub> O	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO, CO<sub>2</sub> serta hidrokarbon jenuh dan tidak jenuh dengantitik didih rendah.</li> <li>• <i>paraldehyde</i></li> <li>• <i>2-vinylcrotonaldehyde</i></li> <li>• <i>2,4-hexadienal</i></li> <li>• <i>2,4,6-trimethyl-5-carboxaldehyde</i></li> <li>• <i>1,3-dioxane</i></li> </ul>

Berdasarkan proses-proses yang dirangkum pada tabel di atas, dalam perancangan pabrik Krotonaldehid ini dipilih proses dehidrasi asetaldol fase cair. Alasan pemilihan proses tersebut karena proses tersebut memiliki konversi yang sangat tinggi yaitu mencapai 90%, dan prosesnya lebih sederhana sehingga menggunakan peralatan yang lebih sedikit.

#### 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

Tinjauan secara termodinamika ditujukan untuk mengetahui atau menentukan sifat suatu reaksi tersebut memerlukan panas (endotermis) atau melepaskan panas (eksotermis) dan untuk mengetahui arah reaksinya apakah berjalan searah (*irreversible*) atau dapat berbalik (*reversible*). Pada penentuan reaksi ini berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat diketahui dengan perhitungan panas ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada tekanan 1 atm dan pada suhu 298°K.

##### 1.4.1 Menghitung $\Delta H_{reaksi}^\circ$ standar pada suhu 298°K

Nilai  $\Delta H$  yang lebih besar atau lebih kecil menunjukkan jumlah energi yang dibutuhkan atau dihasilkan.  $\Delta H$  positif (+), menunjukkan bahwa panas diperlukan untuk reaksi terjadi. Oleh karena itu, semakin besar  $\Delta H$ , semakin besar energi yang dibutuhkan. Jika  $\Delta H$  bernilai negatif (-) menunjukkan bahwa reaksi tersebut menghasilkan panas selama proses berlangsungnya reaksi.

Daftar  $\Delta H_f^\circ$  masing – masing komponen didapatkan dari buku Yaws (1999), didapatkan  $\Delta H_f^\circ$  pada suhu 298°K sebagai berikut:

Tabel 1. 4  $\Delta H_f^\circ$  dan  $\Delta G_f^\circ$  masing-masing komponen

No	Komponen	$\Delta H_f^\circ_{298,15}$ (kJ/mol)	$\Delta G_f^\circ_{298,15}$ (kJ/mol)
1	H <sub>2</sub> O	-241,81	-228,64
2	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	-103,60	-48,70
3	CH <sub>3</sub> COOH	-434,84	-376,69
4	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-295,00	-186,69

Menentukan panas pembentukan ( $\Delta H_R^\circ$ ) pada kondisi standar (Smith, Van Ness dan Abbott, 2001):

$$\Delta H_R^\circ_{298,15} \text{ reaktan} = \sum \Delta H_f^\circ_{298,15} \text{ reaktan} - \sum \Delta H_f^\circ_{298,15} \text{ produk}$$

Dari data pada tabel 1.4, dapat dihitung panas reaksi standar pada reaksi dehidrasi asetalddol yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta H_R &= \Delta H_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2} - \sum \Delta H_{\text{C}_4\text{H}_6\text{O}} \\ &= (-295,00) - (-103,60) \text{ kJ/mol} \\ &= -191,40 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Karena ( $\Delta H_R^\circ$ ) bernilai negatif maka reaksi berlangsung secara eksotermis.

#### 1.4.2 Menghitung Energi Gibbs ( $\Delta G_{\text{reaksi}}^\circ$ )

$\Delta G^\circ$  menunjukkan reaksi kimia spontan atau tidak disengaja.  $\Delta G^\circ$  positif (+), menunjukkan bahwa reaksi tidak terjadi secara spontan, sehingga dibutuhkan energi tambahan dari luar. Sedangkan negatif (-), yang menunjukkan bahwa reaksi berlangsung spontan dan membutuhkan sedikit energi. Oleh karena itu, semakin kecil atau lebih negatif  $\Delta G^\circ$ , semakin sedikit energi yang dibutuhkan untuk pembangkitan spontan dan dengan demikian semakin baik reaksinya.

Menentukan energi bebas Gibbs ( $\Delta G_R^0$ ) pada kondisi standar (Smith, Van Ness and Abbott, 2001):

$$\Delta G_R^0_{298.15K} = \Delta G_f^0 \text{ produk} - \Delta G_f^0 \text{ reaktan}$$

Dari data pada tabel 2.1, dapat dihitung energi bebas Gibbs pada reaksi dehidrasi asetaldol yaitu:

$$\begin{aligned} \Delta G_R^0 &= \Delta G_f^0 C_4H_6O + \Delta G_f^0 CH_3CH(OH)CH_2CHO \\ &= (-48,70) + (-186,69) \text{ kJ/mol} \\ &= -235,39 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Didapatkan  $\Delta G_R^0 < 0$  maka reaksi berlangsung secara spontan. Menentukan konstanta kesetimbangan reaksi pada kondisi operasi 93°C (366,15 K) (Smith Van Ness, 2005):

$$\ln K_{298,15 K} = - \frac{\Delta G}{RT}$$

### 1.4.3 Menghitung Konstanta Kesetimbangan Reaksi

Nilai konstanta kesetimbangan reaksi pembentukan Krotonaldehid dari asetaldol sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \ln K_{298,15 K} &= - \frac{\Delta G}{RT} \\ &= \frac{235,39 \text{ J/mol}}{8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}} K \times 298 K} \\ &= 26,59 \\ K_{298} &= 3,537 \times 10^{11} \end{aligned}$$

Pada suhu 93°C atau 366,15 K, besarnya konstanta kesetimbangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\ln \frac{K'}{K} = \frac{-\Delta H_{298 K}}{R} \left[ \frac{1}{T'} - \frac{1}{T} \right]$$

$$= \ln \frac{K'}{3,537 \times 10^{11}} = \frac{-127,790}{8,314} \left[ \frac{1}{366,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$K' = 2,195 \times 10^5$$

Karena harga konstanta kesetimbangan relatif besar, maka reaksi berlangsung searah ke arah kanan (*irreversible*).

Keterangan:

K = Konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu standar (298,15 K)

K' = Konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu operasi (366,15 K)

T = Suhu standar (298,15 K)

T' = Suhu operasi (366,15 K)

$\Delta H_{R^{\circ}298,15}$  = Panas reaksi standar (J/mol)

$\Delta G_{R^{\circ}298,15}$  = Energi Gibbs standar (J/mol)

#### 1.4.4 Konversi Kesetimbangan Reaksi

Penentuan konversi kesetimbangan (Xe) adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{C_B \times C_C}{C_A}$$

Dengan,

K = Konstanta Kesetimbangan

C<sub>A</sub> = Konsentrasi Asetaldol (mol/L)

C<sub>B</sub> = Konsentrasi Krotonaldehid (mol/L)

C<sub>C</sub> = Konsentrasi Air (mol/L)

	$C_4H_8O_2$	$\rightarrow$	B	+	C
Mula-mula	$C_{AO}$		-		-
Reaksi	$C_{AO} X_E$		$C_{AO} X_E$		$C_{AO} X_E$
Sisa	$C_{AO} - C_{AO} X_E$		$C_{AO} X_E$		$C_{AO} X_E$

$$C_A = C_{AO} (1 - X_E)$$

$$C_B = C_{AO} (X_E)$$

$$C_C = C_{AO} (X_E)$$

Persamaannya menjadi:

$$K = \frac{(C_{AO} \cdot X_E)(C_{AO} \cdot X_E)}{(C_{AO} \cdot (1 - X_E))}$$

$$K = \frac{C_{AO} \cdot X_E^2}{(1 - X_E)}$$

$$C_{AO} = 1$$

$$K = \frac{X_E^2}{(1 - X_E)}$$

Dengan,

$$\begin{aligned} K &= K_{366,15 \text{ K}} \\ &= 219.533,25 \end{aligned}$$

Maka,

$$K = \frac{X_E^2}{(1 - X_E)}$$

$$219.533,25 = \frac{X_E^2}{(1-X_E)}$$

$$X_E^2 - 219.533,25 X_E + 219.533,25 = 0$$

$$X_{E1} = 219.532,25 \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$X_{E2} = 1$$

Maka, didapatkan nilai konversi kesetimbangan ( $X_E$ ) adalah (100%). Konversi reaksi tertinggi yang digunakan dari (Atalay, 2008) adalah sebesar 90% di mana lebih rendah dari konversi kesetimbangan yang telah dihitung, sehingga konversi tersebut dapat digunakan.

#### 1.4.5 Tinjauan Kinetika

Kinetika berhubungan erat dengan kecepatan reaksi kimia. Faktor konsentrasi, suhu dan tekanan sangat berpengaruh terhadap konstanta kecepatan reaksi maupun pada kecepatan reaksi. Reaksi pembentukan Krotonaldehid dari asetaldol ini memiliki orde reaksi sebesar 1,8. Sehingga dapat ditentukan persamaan kecepatan reaksi sebagai berikut:

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

Dengan,

$-r_A$  = Kecepatan reaksi asetaldol menjadi krotonaldehid ( $\text{kmol/m}^3\text{jam}$ )

$k$  = Konstanta kecepatan reaksi pembentukan krotonaldehid ( $\text{m}^3/\text{kmol}$ )<sup>0,8</sup>/jam

$C_A$  = Konsentrasi asetaldol di dalam reaktor ( $\text{kmol/m}^3$ )

Diketahui nilai  $k$  dengan melalui persamaan:

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

Dengan,

$$R = 8,314 \text{ J/kmol}$$

$$KT = 366,15 \text{ K}$$

Maka didapatkan nilai  $k = 66,9701(\text{m}^3/\text{kmol.jam})^{0.8}$

(Atalay, 2008)

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Sifat Fisik Produk dan Bahan Baku

##### 2.1.1 Asetaldol

Tabel 2. 1 Spesifikasi Asetaldol

<b>Rumus Molekul</b>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>
<b>Rumus Bangunan</b>	
<b>Berat molekul</b>	60,05 g/mol
<b>Titik beku (pada 1 atm)</b>	16,66°C
<b>Titik didih (pada 1 atm)</b>	117,90°C
<b>Fase (pada 25°C, 1 atm)</b>	Cair
<b>Densitas (pada 25°C)</b>	1,04 g/ml
<b>Viskositas (pada 25°C)</b>	1,13 cP
<b>Temperatur kritis</b>	319,56°C
<b>Tekanan kritis</b>	57,86 atm
<b>Kelarutan (dalam air)</b>	1000 g/1000 g air
<i>Flash point</i>	42,78°C
<i>Autoignition temperature</i>	426,67°C
<i>Explosion limits</i>	5,40%-16,00%

*(Sumber: Yaws, 1999)*

### 2.1.2 Asam Asetat


Tabel 2. 2 Spesifikasi Asam Asetat

<b>Rumus Molekul</b>	CH <sub>3</sub> COOH
<b>Rumus Bangunan</b>	
<b>Berat molekul</b>	60,05 g/mol
<b>Titik beku (pada 1 atm)</b>	16,66°C
<b>Titik didih (pada 1 atm)</b>	162,20°C
<b>Fase (pada 25°C, 1 atm)</b>	Cair
<b>Densitas (pada 25°C)</b>	1,04 g/ml
<b>Viskositas (pada 25°C)</b>	1,13 cP
<b>Temperatur kritis</b>	319,56°C
<b>Tekanan kritis</b>	57,86 atm
<b>Kelarutan (dalam air)</b>	1000 g/1000 g air
<i>Flash point</i>	42,78°C
<i>Autoignition temperature</i>	426,67°C
<i>Explosion limits</i>	5,40%-16,00%

(Sumber: Yaws, 1999)

### 2.1.3 Air

Tabel 2. 3 Spesifikasi Air

<b>Rumus Molekul</b>	H <sub>2</sub> O
<b>Rumus Bangunan</b>	

<b>Berat molekul</b>	18,02 g/gmol
<b>Titik beku (pada 1 atm)</b>	0°C
<b>Titik didih (pada 1 atm)</b>	100°C
<b>Densitas (pada 25°C)</b>	1,03 g/ml
<b>Viskositas (pada 25°C)</b>	89,68 cP
<b>Temperatur kritis</b>	374°C
<b>Tekanan kritis</b>	220,55 bar

(Sumber: Yaws, 1999)

#### 2.1.4 Krotonaldehid

Tabel 2. 4 Spesifikasi Krotonaldehid

<b>Rumus Molekul</b>	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O
<b>Rumus Bangunan</b>	
<b>Berat molekul</b>	70,09 g/mol
<b>Titik beku (pada 1 atm)</b>	-76,00°C
<b>Titik didih (pada 1 atm)</b>	104,00°C
<b>Fase (pada 25°C, 1 atm)</b>	Cair
<b>Densitas (pada 25°C)</b>	0,85 g/mL
<b>Viskositas (pada 25°C)</b>	1,13 cP
<b>Temperatur kritis</b>	297,85°C
<b>Tekanan kritis</b>	42,50 bar
<b>Kelarutan (dalam air)</b>	181 g/1000 g air
<b>Flash point</b>	12,78°C

<i>Autoignition temperature</i>	232,22°C
<i>Explosion limits</i>	2,10%-15,50%

(Sumber: Yaws, 1999)

## 2.2 Spesifikasi Sifat Kimia Produk dan Bahan Baku

### 2.2.1 Produk

#### 2.2.1.1 Krotonaldehid

Krotonaldehid (*crotonaldehyde*) adalah senyawa organik dengan rumus kimia  $C_4H_6O$ . Berikut adalah beberapa sifat kimia dari krotonaldehid:

a. Struktur dan Sifat Molekul:

- Krotonaldehid adalah aldehida tak jenuh dengan ikatan rangkap antara atom karbon kedua dan ketiga dalam rantai karbonnya.
- Rumus struktur:  $CH_3-CH=CH-CHO$ .

b. Reaktivitas:

- Sebagai aldehida, krotonaldehid dapat mengalami reaksi adisi nukleofilik pada gugus karbonil.
- Ikatan rangkap dalam molekulnya membuatnya mampu menjalani reaksi adisi elektrofilik, seperti reaksi dengan halogen atau asam halida.
- Dapat mengalami reaksi oksidasi, di mana gugus aldehida ( $-CHO$ ) diubah menjadi gugus karboksilat ( $-COOH$ ).
- Dapat berpolimerisasi secara spontan pada kondisi tertentu.

c. Kelarutan:

- Krotonaldehid larut dalam pelarut organik seperti etanol, eter, dan kloroform.
- Kelarutannya dalam air terbatas.

d. Sifat Fisik:

- Pada suhu kamar, krotonaldehid adalah cairan tidak berwarna hingga kekuningan.
- Memiliki bau yang menyengat dan tajam.

e. Kegunaan:

- Digunakan dalam sintesis organik untuk pembuatan senyawa lain.
- Dapat digunakan sebagai prekursor dalam produksi plastik, resin, dan bahan kimia lainnya.

f. Toksisitas dan Bahaya:

- Krotonaldehid adalah senyawa beracun dan iritan. Paparan dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan saluran pernapasan.
- Harus ditangani dengan hati-hati dan menggunakan perlindungan yang sesuai untuk menghindari kontak langsung.
- Air ( $H_2O$ ) adalah senyawa kimia yang sangat penting dan memiliki berbagai sifat kimia yang unik. Berikut adalah beberapa sifat kimia air:

2.2.1.2 Air

Air ( $H_2O$ ) adalah senyawa kimia yang sangat penting dan memiliki berbagai sifat kimia yang unik. Berikut adalah beberapa sifat kimia air:

- a. Struktur Molekul:
- Molekul air terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen yang terikat secara kovalen.
  - Sudut ikatan antara atom hidrogen sekitar  $104.5^\circ$ , memberikan bentuk molekul yang bengkok.
- b. Polaritas:
- Air adalah molekul polar karena perbedaan elektronegativitas antara oksigen dan hidrogen.
  - Polaritas air memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekulnya.
- c. Ikatan Hidrogen:
- Molekul air dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lain atau dengan molekul polar lainnya.
  - Ikatan hidrogen bertanggung jawab atas banyak sifat fisik dan kimia air yang unik, seperti titik didih tinggi, tegangan permukaan tinggi, dan kapasitas panas yang besar.
- d. Reaksi Kimia:
- Air dapat bertindak sebagai asam atau basa dalam reaksi asam-basa, sesuai dengan teori *Brønsted-Lowry*.
  - Dapat berdisosiasi sedikit menjadi ion hidrogen ( $H^+$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ), sehingga menunjukkan sifat amfoter.
  - Bertindak sebagai pelarut universal, mampu melarutkan banyak zat ionik dan molekular karena polaritasnya.

e. Hidrasi dan Hidrolisis:

- Dalam reaksi hidrasi, air menambahkan molekul ke senyawa lain.
- Hidrolisis adalah reaksi di mana air memutus ikatan dalam molekul, seringkali menghasilkan dua produk.

f. Elektrolisis:

- Air dapat diuraikan menjadi oksigen dan hidrogen gas melalui proses elektrolisis, yang memerlukan listrik.
- Persamaan reaksi:  $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ .

g. Peran dalam Reaksi Redoks:

- Air dapat bertindak sebagai agen oksidasi atau reduksi dalam berbagai reaksi redoks.

h. pH:

- Air murni memiliki pH netral sekitar 7 pada suhu 25°C, karena konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$  sama-sama  $1 \times 10^{-7}$  M.

i. Interaksi dengan Zat Lain:

- Air bereaksi dengan oksida logam untuk membentuk hidroksida (basa).
- Bereaksi dengan oksida non-logam untuk membentuk asam.
- Berperan penting dalam reaksi hidrasi, dehidrasi, dan pelarutan.

## 2.2.2 Bahan Baku

### 2.2.2.1 Asetaldol

Asetaldol, juga dikenal sebagai 3-hidroksibutan-2-on atau aldol, adalah senyawa organik yang merupakan hasil reaksi aldol dari dua molekul asetaldehida. Berikut adalah beberapa sifat kimia dari asetaldol:

a. Struktur dan Sifat Molekul

b. Reaksi Kimia

- **Reaksi Aldol:**

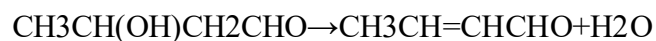
1) Asetaldol adalah produk dari reaksi aldol antara dua molekul asetaldehida.

2) Reaksi aldol melibatkan pembentukan ikatan karbon-karbon baru antara gugus karbonil dan alfa-hidrogen dari molekul aldehida atau keton.

- **Dehidrasi:**

1) Asetaldol dapat mengalami dehidrasi (kehilangan molekul air) untuk membentuk krotonaldehid (crotonaldehyde), yaitu senyawa dengan ikatan rangkap antara karbon kedua dan ketiga.

2) Reaksi dehidrasi:



- **Oksidasi:**

1) Asetaldol dapat dioksidasi menjadi senyawa yang lebih teroksidasi, seperti asam 3-hidroksibutanoat atau bahkan asam malonat.

2) Reaksi oksidasi dapat dilakukan menggunakan agen pengoksidasi seperti kalium permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) atau asam kromat ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ).

- **Reduksi:**

Gugus karbonil pada asetaldol dapat direduksi menjadi alkohol primer menggunakan agen pereduksi seperti natrium borohidrida ( $\text{NaBH}_4$ ) atau litium aluminium hidrida ( $\text{LiAlH}_4$ ).

c. Kelarutan

- **Pelarut:** Asetaldol larut dalam air dan pelarut organik polar lainnya seperti etanol dan eter.
- **Sifat Higroskopis:** Asetaldol dapat menarik air dari lingkungan, membuatnya bersifat higroskopis.

d. Stabilitas

- **Kondisi Penyimpanan:** Asetaldol harus disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk mencegah dehidrasi dan oksidasi.
- **Suhu:** Penyimpanan pada suhu rendah dapat membantu menjaga stabilitasnya.

e. Sifat Fisik

- **Keadaan:** Pada suhu kamar, asetaldol biasanya berbentuk cairan.
- **Bau:** Memiliki bau yang manis dan sedikit menyengat.\

f. Kegunaan

- **Sintesis Organik:** Asetaldol sering digunakan sebagai intermediate dalam sintesis organik untuk pembuatan senyawa yang lebih kompleks.
- **Penelitian:** Digunakan dalam studi mekanisme reaksi aldol dan reaksi organik lainnya.

2.2.2.2 *Asam Asetat*

Berikut adalah rincian sifat kimia asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) :

a. Struktur dan Sifat Molekul

b. Reaksi Kimia

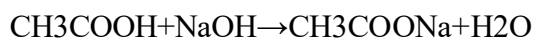
- **Disosiasi dalam Air:**

1) Asam asetat adalah asam lemah yang sebagian terionisasi dalam larutan air:  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$

2) Asam asetat adalah asam lemah yang sebagian terionisasi dalam larutan air:  $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$

- **Reaksi dengan Basa:**

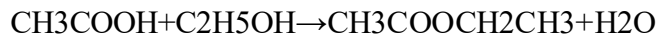
Asam asetat bereaksi dengan basa untuk membentuk garam dan air (reaksi netralisasi):



- **Esterifikasi:**

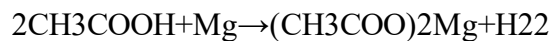
1) Asam asetat bereaksi dengan alkohol membentuk ester dan air, dalam suatu reaksi yang disebut esterifikasi:  $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{R-OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOR} + \text{H}_2\text{O}$

2) Misalnya, dengan etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH):



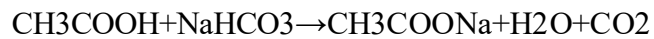
- **Reaksi dengan Logam:**

Asam asetat bereaksi dengan logam aktif seperti magnesium menghasilkan garam asetat dan gas hidrogen:



- **Reaksi dengan Karbonat dan Bikarbonat:**

Asam asetat bereaksi dengan karbonat atau bikarbonat menghasilkan garam asetat, air, dan gas karbon dioksida:



c. Sifat Fisik

- **Pelarut:** Juga larut dalam pelarut organik seperti etanol, eter, dan benzena.
- **Titik Didih:** 118.1°C
- **Titik Didih:** 118.1°C
- **Bau:** Memiliki bau tajam dan khas yang mirip dengan cuka.

d. Kelarutan

- **Kelarutan dalam Air:** Sangat larut dalam air dan membentuk larutan yang bersifat asam.
- **Pelarut:** Juga larut dalam pelarut organik seperti etanol, eter, dan benzena.

e. Kegunaan

- **Industri:** Digunakan dalam produksi polietilen tereftalat (PET), asetat selulosa, dan polivinil asetat.
- **Makanan:** Digunakan sebagai pengawet makanan dan bahan tambahan dalam cuka.
- **Laboratorium:** Digunakan sebagai pelarut dan reagen dalam sintesis kimia.

f. Keselamatan

- **Korosif:** Asam asetat pekat bersifat korosif dan dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, dan saluran pernapasan.
- **Penanganan:** Harus ditangani dengan hati-hati, menggunakan perlindungan seperti sarung tangan dan kaca mata pelindung.

### 2.3 Identifikasi *Hazard* Produk dan Bahan Baku

Tabel 2. 5 Identifikasi *Hazard* Produk dan Bahan Baku

Komponen	<i>Hazard</i>						
	Explosive	Flamable	Toxic	Irritant	Oxidizing	Corrosive	Radioactive
Asetaldol		√			√		
Asam Asetat		√				√	√
Krotonaldehid		√	√	√	√		√

## **2.4 Pengendalian Kualitas**

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik pembuatan Krotonaldehid ini meliputi Pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk. Lalu untuk memperoleh dan menjaga produk supaya sesuai dengan spesifikasi yang telah direncanakan, maka produksi yang dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan sesuai dengan tahap-tahap proses yang ada. Dan kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang memiliki mutu dan kualitas tinggi sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang telah ditetapkan. Selain itu diharapkan juga untuk waktu pemroduksian produk berjalan sesuai dengan jadwal yang ada. Oleh karena itu, harus adanya pengendalian produksi antara lain:

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

Pengendalian kualitas dari bahan baku disini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas yang dihasilkan oleh bahan baku yang digunakan untuk membuat produk yang diinginkan. Dimana ditinjau dari beberapa pertimbangan apakah bahan baku yang ada sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu, sebelum dilakukan atau dimulai tahap proses produksi harus dilakukan pengecekan terkait pengujian kualitas bahan baku yang berupa Asetaldol ( $C_4H_8O_2$ ) dengan tujuan agar bahan yang digunakan dalam pembuatan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan dalam pabrik.

Dan semua pengawasan terkait mutu bahan baku dapat dilakukan analisa di laboratorium maupun menggunakan alat kontrol. Dan setelah dilakukannya analisa

apabila kualitas bahan baku yang ada tidak sesuai, maka kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dilakukan pengembalian kepada supplier.

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

Pengendalian proses produksi pabrik terdiri dari aliran dan alat-alat yang berfungsi sebagai system control. Pengendalian dan pengawasan jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di control room, dilakukan dengan cara automatic control yang menggunakan indikator. Apabila terjadi kesalahan dan penyimpangan terhadap proses yang sedang berjalan pada indikator yang telah di set yaitu berkaitan dengan flow rate bahan baku maupun produk, level control, maupun temperature control, dapat diketahui atau dapat terdeteksi dari sinyal serta tanda yang diberikan yaitu bunyi alarm, nyala lampu dan tanda- tanda lain. Lalu saat terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada kondisi awal hal ini bias dilakukan secara manual atau otomatis.

Beberapa alat kontrol yang dijalankan dalam proses pemroduksian pabrik yaitu, kontrol terhadap kondisi operasi yang berhubungan dengan temperature, tekanan dan sebagainya. Dan alat control yang harus di set pada kondisi tertentu yaitu sebagai berikut:

a. *Flow Rate*

Merupakan salah satu alat yang dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk dan aliran keluar proses.

b. *Temperature Control*

Merupakan salah satu alat yang pada umumnya *temperature control* memiliki *set point* batasan nilai suhu yang dimasukkan parameter di

dalamnya. Dimana ketika nilai suhu benda (nilai aktual) yang diukur melebihi *set point* hanya selisih beberapa derajat saja, maka outputnya akan bekerja

c. *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki.

Jika belum sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan atau di set, maka akan menimbulkan isyarat atau tanda berupa nyala lampu dan bunyi alarm. Pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik. Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mana mutunya sesuai dengan standard dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat. Untuk menjaga kelancaran proses, maka perlu diadakan pengawasan selama proses berlangsung dan pengawasan produk Krotonaldehid pada saat berada di tangki penyimpanan sebelum dilakukannya pendistribusian pada konsumen yang membutuhkan.

Dan secara umum pengendalian kualitas atau mutu proses dilakukan dengan menggunakan tiga metode antara lain:

a. Pengawasan Proses Secara Langsung

Pada pengendalian mutu ini team *quality control* secara langsung mengawasi dari masing-masing proses, dengan cara memperhatikan perlakuan terhadap aliran bahan baku dan mesin produksi.

b. Pengawasan Melalui Panel Kendali dan Pengawasan Secara Otomatis

Pengendalian proses secara otomatis yang terdapat dalam mesin produksi misalnya keadaan tekanan saat terjadinya reaksi, suhu operasi reaktor, banyaknya material dalam suatu alat dan lain - lain. Apabila terjadi penyimpangan terhadap bahan baku selama proses, maka secara otomatis mesin produksi akan berhenti.

#### **2.4.3 Pengawasan Terkait Waktu Produksi**

Pada pengawasan proses dengan cara ini lebih ditekankan pada parameter-parameter mesin produksi yang sedang berjalan. Apabila tidak sesuai dengan standar maka harus diatur lagi settingan mesinnya agar memenuhi standar yang telah ditentukan.

#### **2.4.4 Pengendalian Terkait Waktu Produksi**

Dalam mencapai kuantitas/jumlah tertentu perlu adanya waktu tertentu yang harus diperhitungkan sebelumnya. Maka dari itu pengendalian waktu dibutuhkan untuk mengefisienkan waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung, agar nantinya produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana dan target yang sudah dirancang.

#### **2.4.5 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan sejak dari bahan baku sampai telah menjadi produk. Untuk memperoleh mutu dan kualitas produk standard maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara system control sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan bisa dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standard yang ada maka dilakukan pasti dilakukan analisa produk terlebih dahulu sebelum dipasarkan. Dan uji yang dilakukan adalah pengujian kemurnian produk serta komposisi komponen yang terkandung dalam produk Krotonaldehid tersebut apakah sudah sesuai dan layak untuk digunakan.

Selain itu dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Sedangkan faktor internal adalah terkait kemampuan pabrik, yaitu:

##### **a. Kemampuan Pasar**

Terdapat dua kemungkinan dimana yang pertama adalah kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Yang kedua kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Dari kedua kemampuan tersebut ada tiga alternatif yang dapat diambil, yaitu rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar

dengan mempertimbangkan untung dan rugi. Kemudian rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan untuk tahun berikutnya. Serta bias dilakukannya tindakan serta upaya untuk mencari daerah pemasaran lain agar produk bisa terjual.

b. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor yaitu berupa material (bahan baku) dimana dengan pemakaian bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas, maka akan mencapai target produksi yang diinginkan. Kemudian terkait manusia sebagai tenaga kerja dimana kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian yang menimpa pabrik. Oleh karena itu perlu dilakukannya semacam training atau pelatihan pada setiap karyawan di pabrik tersebut yang nantinya akan meningkatkan keterampilan dan cara berpikir dalam menjalankan suatu pekerjaan.

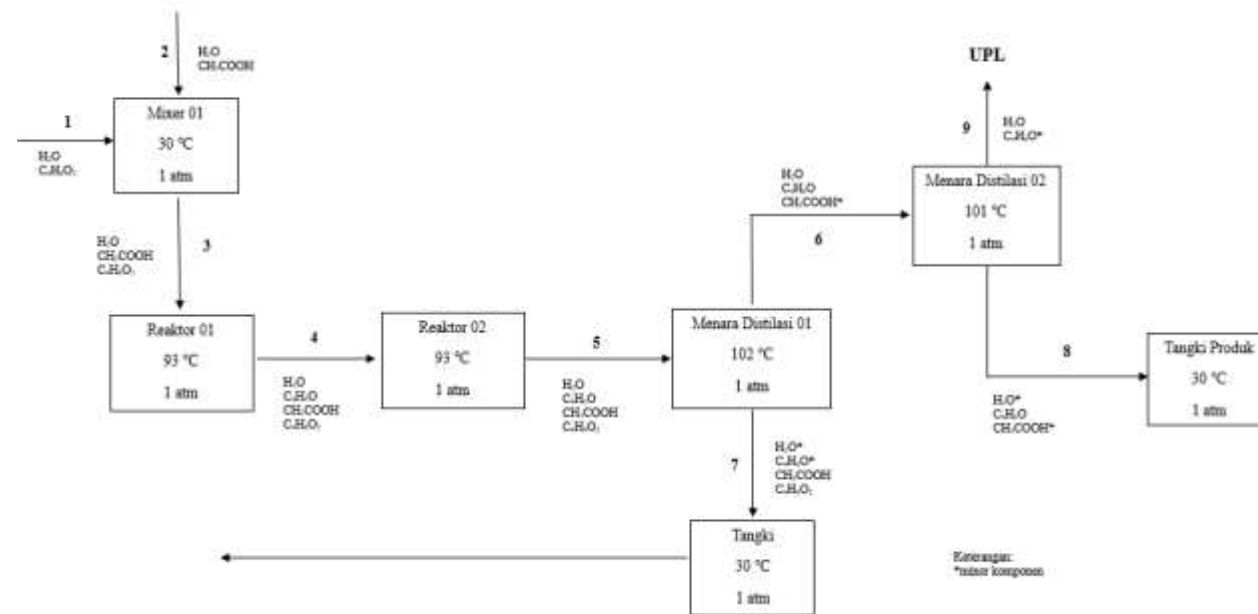
Selain terkait pada dua hal diatas dalam suatu pabrik juga berkaitan dengan kemampuan mesin (peralatan) yang digunakan di dalam suatu pabrik. Dimana ada dua hal yang mempengaruhi kemampuan dan kehandalan peralatan yaitu keefektifan jam kerja pada mesin dan kemampuan mesin itu sendiri. Jam kerja mesin efektif disini berkaitan dengan kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu untuk menghasilkan produk yang diinginkan.

# BAB III

## PERANCANGAN PROSES

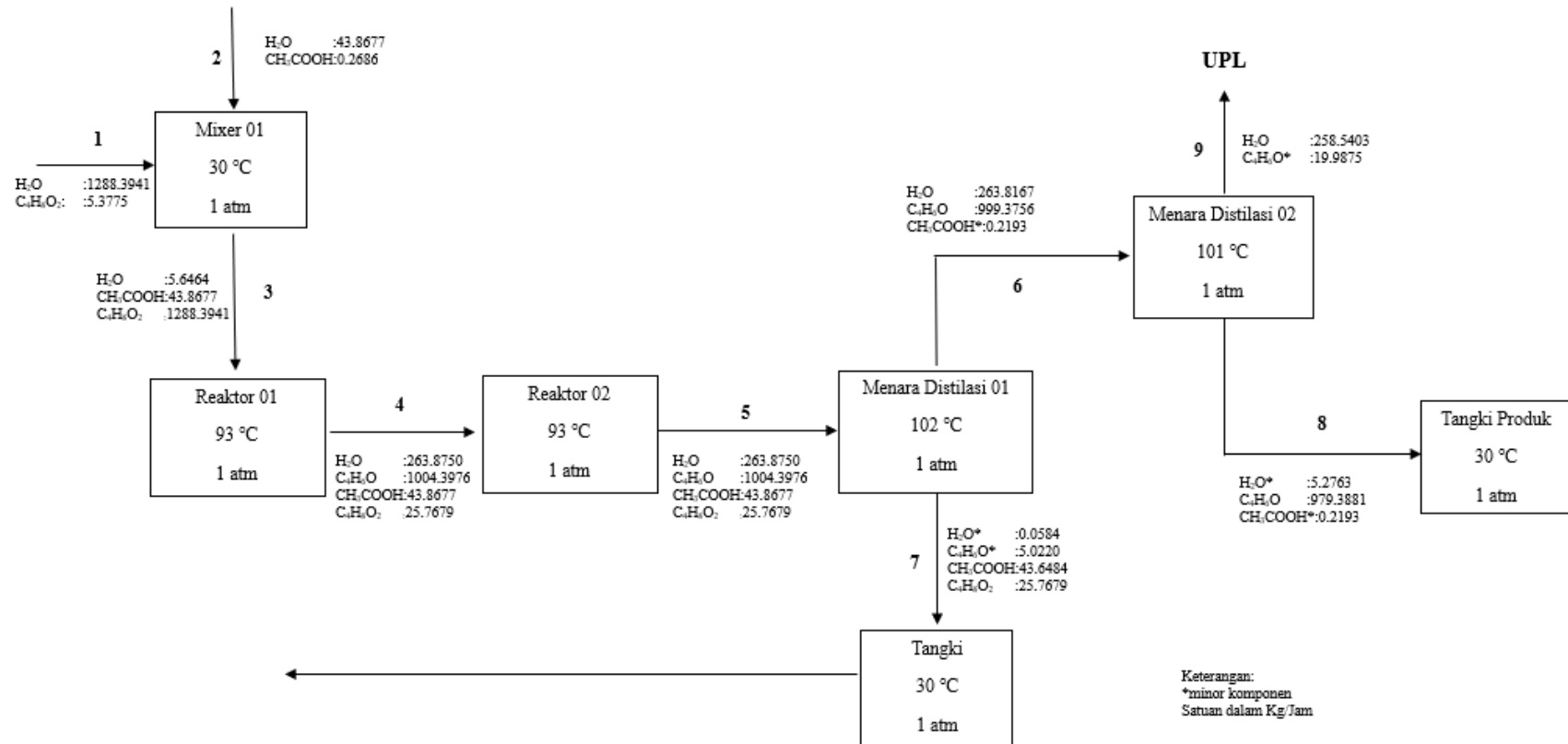
### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

#### 3.1.1 Diagram Alir Proses



Gambar 3. 1 Diagram Alir Proses

### 3.1.2 Diagram Alir Material



Gambar 3. 2 Diagram Alir Material

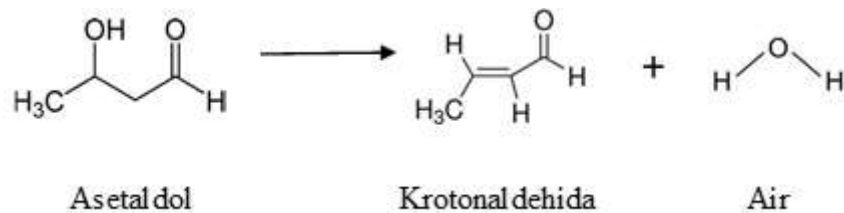
## 3.2 Uraian Proses

### 3.2.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pada proses industri pembuatan Krotonaldehid, bahan baku yang digunakan adalah Asetaldol dan Katalis Asam Asetat. Pada proses persiapan bahan baku diawali dengan mengalirkan Asetaldol 98% menggunakan Pompa 01 menuju *Mixer* (M-01) dan mengalirkan katalis Asam asetat 98% sebanyak 10% dari bahan baku menuju *Mixer* (M-01). Larutan keluaran *Mixer* (M-01) dipanaskan menggunakan *Heater* (H-01) terlebih dahulu sampai suhu 93°C sebelum masuk Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-01).

### 3.2.2 Proses Reaksi Pembuatan Krotonaldehid

Pada proses reaksi pembentukan Krotonaldehid dari arus keluaran *Mixer* (M-01) yang sudah dipanaskan menjadi suhu 93°C dan tekanan 1 atm dari reaktor alir tangka berpengaduk (R-01). Reaksi yang terjadi di dalam reaktor sebagai berikut:



Reaksi dehidrasi Asetaldol fase cair diatas bersifat eksotermis, spontan dan *irreversible*. Dikarenakan maka untuk menjaga suhu yang bereaksi di dalam reaktor dilengkapi dengan pendingin. Konversi optimum yang dihasilkan dari reaksi ini sebesar 98%.

Arus keluaran dari reaktor berupa Air, Krotonaldehid, Asam Asetat dan sisa Asetaldol. Selanjutnya produk keluaran reaktor masuk ke *Heater* (H-02) untuk dipanaskan menjadi suhu 102°C sebelum masuk ke Menara Distilasi (MD-01).

### 3.2.3 Proses Pemurnian dan Penyimpanan

Menara Distilasi (MD-01) berfungsi untuk memisahkan Krotonaldehid dari air dengan sisa reaktan dan katalis dengan titik didih yang lebih rendah sehingga dilakukan pemisahan dengan distilasi. Hasil atas berupa Krotonaldehid dan air di kondensasi menggunakan condenser (CD-01) dan ditampung di dalam akumulator (ACC-01) lalu dikembalikan menuju Menara sebagai arus refluks, kemudian keluaran akumulator (ACC-01) menuju Menara Distulasi (MD-02).

Hasil bawah Menara distilasi (MD-01) berupa sisa Asetaldol dan Katalis diuapkan Sebagian menggunakan reboiler (RB-01) dan uap yang terbentuk dikembalikan ke dalam Menara. Sisa Asetaldol dan Katalis yang keluar sebagai hasil bawah dialirkan menuju Tangki (T-03) untuk disimpan selama 30 Hari dan di digunakan kembali.

Kemudian keluaran akumulator (ACC-01) dilanjutkan menuju Menara Distilasi (MD-02) yang berfungsi untuk memisahkan Krotonaldehid dari air dan sisa reaktan. Krotonaldehid membentuk campuran *heterogeneous azeotrope* dengan titik didih yang lebih rendah, sehingga untuk mendapatkan kemurnian produk krotonaldehid yang tinggi dilakukan dengan system distilasi azeotrope.

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 (MD-02) berupa air dan sisa reaktan di kondensasi menggunakan kondenser (CD-02) dan ditampung di dalam akumulator (ACC-02), Sebagian dari arus keluar akumulator (ACC-02) lalu

dikembalikan menuju Menara sebagai refluks. Arus yang keluar dari hasil atas Menara dialirkan ke unit pengolahan limbah (UPL).

Hasil bawah Menara distilasi (MD-02) berupa Krotonaldehid, Sebagian menggunakan reboiler (RB-02) dan uap yang terbentuk dikembalikan ke dalam Menara. Krotonaldehid yang keluar sebagai hasil bawah dialirkan menuju Tangki (T-04).

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

<b>REAKTOR-01 dan REAKTOR-02</b>	
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Fungsi</b>	Mereaksikan Asetaldol dan Katalis Asam Asetat menjadi Krotonaldehid
<b>Jenis/Tipe</b>	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
<b>Mode Operasi</b>	Kontinyu
<b>Jumlah</b>	2 unit
<b>Harga (\$)</b>	4.360.527
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu (°C)</b>	93
<b>Tekanan (atm)</b>	1
<b>Kondisi Proses</b>	Isothermal
<b>Kontruksi dan Material</b>	

<b>REAKTOR-01 dan REAKTOR-02</b>	
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Bahan Kontruksi</b>	<i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>
<b>Tinggi Reaktor (m)</b>	5,97
<b>Diameter (ID) shell (m)</b>	3,48
<b>Tebal shell (in)</b>	0,25
<b>Tinggi shell (m)</b>	5,22
<b>Kode</b>	R-01 R-02
<b>Jenis Head</b>	<i>Torispherical Flanged and Dishead Head</i>
<b>Spesifikasi Khusus</b>	
<b>Tipe Pengaduk</b>	<i>Turbin 6 blade disk standar</i>
<b>Diameter Pengaduk (m)</b>	1,16
<b>Kecepatan Pengaduk (rpm)</b>	56
<b>Jumlah baffle</b>	4
<b>Tenaga Pengaduk (HP)</b>	2
<b>Lebar baffle</b>	0,19

### 3.3.2 Perancangan Alat Pemisah

#### 1. Mixer

Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer

<b>MIXER</b>	
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kode</b>	M-01
<b>Fingsi</b>	Mencampurkan Bahan Baku Asetaldol dengan Katalis Asam Asetat sebelum diumpankan ke dalam reaktor
<b>Tipe</b>	Tangki Pencampur Berpengaduk bentuk Silinder tegak dengan alas datar dan tutup flanged and dished.
<b>Material</b>	<i>Stainless Steel SA 167 Tipe 304-3.</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Tekanan Operasi (atm)</b>	1
<b>Suhu Operasi (°C)</b>	30
<b>Spesifikasi</b>	
<b>Diameter (m)</b>	1,19
<b>Tinggi Tangki (m)</b>	1,80
<b>Tebal <i>Shell</i> (in)</b>	0,18
<b>Diameter Pengaduk (m)</b>	0,35
<b>Tenaga Pengaduk (HP)</b>	0,5

<b>MIXER</b>	
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kecepatan Pengaduk (rpm)</b>	241,86
<b>Harga (\$)</b>	187.548

## 2. Menara Distilasi

Tabel 3. 3 Spesifikasi Menara Distilasi-01

<b>MENARA DISTILASI-01</b>	
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kode</b>	MD-01
<b>Fungsi</b>	Untuk memisahkan komponen sisa Asetaldol dan Asam Asetat sebagai keluaran bawah (residu) dan Krotonaldehid dan air sebagai keluaran atas (distilat)
<b>Jenis</b>	<i>Multicomponen Distillation</i>
<b>Tipe</b>	<i>Tray</i>
<b>Material</b>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Tekanan umpan (bar)</b>	373,57
<b>Suhu umpan (°K)</b>	1,09
<b><i>Distilat</i> (°K)</b>	374,94

<b>MENARA DISTILASI-01</b>	
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Tekanan <i>Distilat</i> (bar)</b>	1
<b><i>Bottom</i> (°K)</b>	399,46
<b>Tekanan <i>bottom</i> (bar)</b>	1,17
<b>Spesifikasi</b>	
<b>Diameter (m)</b>	1
<b>Tinggi (m)</b>	18,37
<b>Material</b>	Baja Karbon
<b><i>Tipe Tray</i></b>	
<b>Jenis <i>tray</i></b>	Sieve
<b>Jumlah <i>plate</i> aktual (buah)</b>	50
<b>Harga (\$)</b>	1.015.885

Tabel 3. 4 Spesifikasi Menara Distilasi-02

<b>MENARA DISTILASI</b>	
<b>SPEKIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kode</b>	MD-02
<b>Fungsi</b>	Untuk memisahkan air sebagai hasil atas (distilat) dan Krotonaldehid sebagai hasil bawah (residu)
<b>Jenis</b>	<i>Multicomponen Distillation</i>
<b>Tipe</b>	<i>Tray</i>
<b>Material</b>	<i>Stainless Steel SA 167 grade 3 type 304</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Tekanan umpan (bar)</b>	1,04
<b>Suhu Umpan (°K)</b>	374,91
<b><i>Distilat</i> (°K)</b>	373,23
<b>Tekanan <i>Distillat</i> (bar)</b>	1
<b><i>Bottom</i> (°K)</b>	377,15
<b>Tekanan <i>Bottom</i> (bar)</b>	1,88
<b>Spesifikasi</b>	
<b>Diameter (m)</b>	2
<b>Tinggi (m)</b>	51,67

<b>Material</b>	Baja Karbon
<b><i>Tipe Tray</i></b>	
<b>Jenis tray</b>	Sieve
<b>Jumlah plate aktual (buah)</b>	160
<b>Harga (\$)</b>	51.258

### 3.3.3 Perancangan Alat Penukar Panas

#### 1. Heater

Tabel 3. 5 Spesifikasi Heater-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>HEATER 01</b>	
<b>Fungsi</b>	Memanaskan umpan dari Mixer Sebelum masuk ke dalam Reaktor 01
<b>Jenis</b>	<i>Double Pipe</i>
<b>Tipe</b>	<i>Steam</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu Masuk (°K)</b>	303,15
<b>Suhu Keluar (°K)</b>	366,15
<b>Tekanan (bar)</b>	1
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	249.412,39

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>HEATER 01</b>		
<b>Mechanical Design</b>		
	Annulus	Tube
<b>Panjang (ft)</b>	12	12
<b>Hairpin</b>	3	3
<b>IPS</b>	2	1,25
<b>ID (in)</b>	2,06	1,38
<b>OD (in)</b>	2,38	1,66
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	2,08	2,08
<b>Pressure Drop</b>	11,89	213,08
<b>Rd</b>	0,58	0,58
<b>Harga (\$)</b>	87,04	

Tabel 3. 6 Spesifikasi Heater-02

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>HEATER 02</b>	
<b>Fungsi</b>	Memanaskan umpan dari Reaktor Sebelum masuk ke dalam Menara Distilasi 01
<b>Jenis</b>	<i>Double Pipe</i>
<b>Tipe</b>	<i>Steam</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>HEATER 02</b>		
<b>Suhu Masuk (°K)</b>	366,15	
<b>Suhu Keluar (°K)</b>	375,57	
<b>Tekanan (bar)</b>	1	
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	34.789,67	
<b>Mechanical Design</b>		
	Annulus	Tube
<b>Panjang (ft)</b>	12	12
<b>Hairpin</b>	1	1
<b>IPS</b>	2	1,25
<b>ID (in)</b>	2,06	1,38
<b>OD (in)</b>	2,38	1,66
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	0,69	0,69
<b>Pressure Drop</b>	0,09	104,64
<b>Rd</b>	2,51	2,51
<b>Harga (\$)</b>	87,04	

## 2. Cooler

Tabel 3. 7 Spesifikasi Cooler-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>COOLER 01</b>		
<b>Fungsi</b>	Mendinginkan residu dari Menara Distilasi 01 Sebelum masuk ke dalam Tangki 03	
<b>Jenis</b>	<i>Double Pipe</i>	
<b>Tipe</b>	<i>Cooling Water</i>	
<b>Kondisi Operasi</b>		
<b>Suhu Masuk (°K)</b>	399,46	
<b>Suhu Keluar (°K)</b>	303,15	
<b>Tekanan (atm)</b>	1,17	
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	18.221,75	
<b>Mechanical Design</b>		
	Annulus	Tube
<b>Panjang (ft)</b>	12	12
<b>Hairpin</b>	10	10
<b>IPS</b>	2	1,25
<b>ID (in)</b>	2,06	1,38
<b>OD (in)</b>	2,38	1,66

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>COOLER 01</b>		
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	6,94	6,94
<b>Pressure Drop</b>	20,66	17,56
<b>Rd</b>	4,08	4,08
<b>Harga (\$)</b>	86,61	

Tabel 3. 8 Spesifikasi Cooler-02

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>COOLER 02</b>	
<b>Fungsi</b>	Mendinginkan residu dari Menara Distilasi 02 Sebelum masuk ke dalam Tangki 04
<b>Jenis</b>	<i>Double Pipe</i>
<b>Tipe</b>	<i>Cooling Water</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu Masuk (°K)</b>	377,15
<b>Suhu Keluar (°K)</b>	303,15
<b>Tekanan (atm)</b>	1,88
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	167.420,59
<b>Mechanical Design</b>	

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>COOLER 02</b>		
	Annulus	Tube
<b>Panjang (ft)</b>	12	12
<b>Hairpin</b>	3	3
<b>IPS</b>	2	1,25
<b>ID (in)</b>	2,06	1,38
<b>OD (in)</b>	2,38	1,66
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	2,08	2,08
<b>Pressure Drop</b>	222,80	118,60
<b>Rd</b>	0,92	0,92
<b>Harga (\$)</b>	139	

Tabel 3. 9 Spesifikasi Cooler-03

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>COOLER 03</b>	
<b>Fungsi</b>	Mendinginkan distilat dari Menara Distilasi 02 Sebelum masuk ke dalam UPL
<b>Jenis</b>	<i>Double Pipe</i>
<b>Tipe</b>	<i>Cooling Water</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu Masuk (°K)</b>	373,23

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>COOLER 03</b>		
<b>Suhu Keluar (°K)</b>	303,15	
<b>Tekanan (atm)</b>	1	
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	78.693,91	
<b>Mechanical Design</b>		
	Annulus	Tube
<b>Panjang (ft)</b>	12	12
<b>Hairpin</b>	1	1
<b>IPS</b>	2	1,25
<b>ID (in)</b>	2,06	1,38
<b>OD (in)</b>	2,38	1,66
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	0,69	0,69
<b>Pressure Drop</b>	21,77	3,79
<b>Rd</b>	1,05	1,05
<b>Harga (\$)</b>	32,97	

### 3. Condenser

Tabel 3. 10 Spesifikasi Condenser-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>CONDENSER 01</b>	
<b>Kode</b>	CD-01
<b>Fungsi</b>	Untuk Mengembunkan uap Air dan C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O
<b>Tipe</b>	<i>Sheel and Tube Heat Exchanger</i>
<b>Jenis Bahan</b>	Carbon Stell SA-283 Grade C
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu masuk (°K)</b>	375,08
<b>Suhu keluar (°K)</b>	374,94
<b>Beban panas (KJ/Jam)</b>	6.798.292,59
<b>Tekanan (bar)</b>	1,09
<b>SPESIFIKASI</b>	
<b><i>Pitch, triangular (in)</i></b>	15/16
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	33,29
<b>Uc (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	6,65
<b>Ud (KJ/m<sup>2</sup>.s.K)</b>	0,73
<b>Rd terhitung</b>	1,21
<i>Tube</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Cold fluid</i>

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>CONDENSER 01</b>	
<b>Passes</b>	6
<b>Nt (Jumlah Tube)</b>	152
<b>L (ft)</b>	12
<b>OD (in)</b>	0,75
<b>ID (in)</b>	0,58
<b>BWG</b>	14
<b><math>\Delta</math> Pt</b>	15.586,60
<i>Shell</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot fluid</i>
<b>ID (in)</b>	16
<b>Passes</b>	6
<b><math>\Delta</math> Ps</b>	4.445,48
<b>Harga (\$)</b>	366,92

Tabel 3. 11 Spesifikasi Condensor-02

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>CONDENSER 02</b>	
<b>Kode</b>	CD-02
<b>Fungsi</b>	Untuk Mengembunkan uap Air
<b>Tipe</b>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>CONDENSER 02</b>	
<b>Jenis Bahan</b>	Carbon Stell SA-283 Grade C
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu masuk (°K)</b>	373,23
<b>Suhu keluar (°K)</b>	373,23
<b>Beban panas (KJ/jam)</b>	6.798.292,59
<b>Tekanan (bar)</b>	1,04
<b>SPESIFIKASI</b>	
<b><i>Pitch, triangular (in)</i></b>	15/16
<b>A (ft<sup>2</sup>)</b>	14,44
<b>Uc (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	6,80
<b>Ud (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	0,58
<b>Rd terhitung</b>	1,56
<i>Tube</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Cold fluid</i>
<b>Passes</b>	4
<b>Nt (Jumlah <i>Tube</i>)</b>	32
<b>L (ft)</b>	12
<b>OD (in)</b>	0,75
<b>ID (in)</b>	0,58
<b>BWG</b>	14

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>CONDENSER 02</b>	
<b>Δ Pt</b>	237.511,81
<i>Shell</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot fluid</i>
<b>ID (in)</b>	8
<b>Passes</b>	4
<b>Δ Ps</b>	32.732,00
<b>Harga (\$)</b>	131,93

#### 4. Reboiler

Tabel 3. 12 Spesifikasi Reboiler-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>REBOILER 01</b>	
<b>Kode</b>	RB-01
<b>Fungsi</b>	Menguapkan cairan $\text{CH}_3\text{COOH}$ dan $\text{C}^4\text{H}^8\text{O}^2$ yang keluar dari Menara Distilasi sebagai hasil bawah
<b>Tipe</b>	<i>Kettle</i>
<b>Jenis Bahan</b>	<i>Carbon steel</i>
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu masuk (°K)</b>	389,48

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>REBOILER 01</b>	
<b>Suhu keluar (°K)</b>	399,46
<b>Tekanan (bar)</b>	1,17
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	2.151.295,63
<b>SPESIFIKASI</b>	
<i>Pitch, triangular</i> <b>(in)</b>	3/4
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	24,47
<b>Uc (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	0,99
<b>Ud (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	3,30
<b>Rd terhitung</b>	0,70
<i>Tube</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot fluid</i>
<b>Passes</b>	4
<b>Nt (Jumlah <i>Tube</i>)</b>	112
<b>L (ft)</b>	12
<b>OD (in)</b>	0,75
<b>ID (in)</b>	0,58

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>REBOILER 01</b>	
<b>BWG</b>	14
<b>Δ Pt</b>	0,01
<i>Shell</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Cold fluid</i>
<b>ID (in)</b>	14
<b>Passes</b>	4
<b>Harga (\$)</b>	297,38

Tabel 3. 13 Spesifikasi Reboiler-02

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>REBOILER 02</b>	
<b>Kode</b>	RB-02
<b>Fungsi</b>	Menguapkan cairan $\text{CH}_3\text{COOH}$ dan $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ yang keluar dari Menara Distilasi sebagai hasil bawah
<b>Tipe</b>	<i>Kettle</i>
<b>Jenis Bahan</b>	<i>Carbon steel</i>
<b>Kondisi Operasi</b>	
<b>Suhu masuk (°K)</b>	377,55

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>REBOILER 02</b>	
<b>Suhu keluar (°K)</b>	377,15
<b>Tekanan (bar)</b>	1
<b>Beban Panas (KJ/jam)</b>	9.932.371,01
<b>SPESIFIKASI</b>	
<b><i>Pitch, triangular</i> (in)</b>	3/4
<b>A (m<sup>2</sup>)</b>	61,76
<b>Uc (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	0,99
<b>Ud (KJ/ m<sup>2</sup>.s.K)</b>	3,30
<b>Rd terhitung</b>	0,70
<i>Tube</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Hot fluid</i>
<b>Passes</b>	4
<b>Nt (Jumlah <i>Tube</i>)</b>	308
<b>L (ft)</b>	12
<b>OD (in)</b>	0,75
<b>ID (in)</b>	0,58

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>REBOILER 02</b>	
<b>BWG</b>	14
<b>Δ Pt</b>	0,01
<i>Shell</i>	
<b>Aliran Fluida</b>	<i>Cold fluid</i>
<b>ID (in)</b>	20
<b>Passes</b>	4
<b>Harga (\$)</b>	513

### 3.3.4 Perancangan Alat Penyimpanan

#### 1. *Accumulator*

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Accumulator 01*

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b><i>ACCUMULATOR 01</i></b>	
<b>Kode</b>	ACC-01
<b>Fungsi</b>	Menampung embunan yang berasal dari Menara Distilasi 01
<b>Jenis</b>	Tangki Slinder Horizontal
<b>Jumlah</b>	1
<b>Bahan</b>	Baja Karbon
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	374,94

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<i>ACCUMULATOR 01</i>	
<b>Tekanan (bar)</b>	1
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	0,88
<b>D (m)</b>	1
<b>L (m)</b>	3
<b>Harga (\$)</b>	10.94

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Accuumulator 02*

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<i>ACCUMULATOR-02</i>	
<b>Kode</b>	ACC-02
<b>Fungsi</b>	Menampung embunan yang berasal dari Menara Distilasi 02
<b>Jenis</b>	Tangki Slinder Horizontal
<b>Jumlah</b>	1
<b>Bahan</b>	Baja Karbon
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	373,23
<b>Tekanan (bar)</b>	1
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	1,15

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<i>ACCUMULATOR-02</i>	
<b>D (m)</b>	1
<b>L (m)</b>	3
<b>Harga (\$)</b>	10.94

## 2. Tangki

Tabel 3. 16 Spesifikasi Tangki-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>TANGKI-01</b>	
<b>Kode</b>	T-01
<b>Fungsi</b>	Menampung $C_4H_8O_2$ untuk waktu 15 hari
<b>Jenis</b>	Tangki Silinder Horizontal
<b>Bahan</b>	Baja Karbon
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (<math>^{\circ}K</math>)</b>	303.15
<b>Tekanan (bar)</b>	1
<b>SPESIFIKASI</b>	
<b>V (<math>m^3</math>)</b>	252,35
<b>D (m)</b>	5
<b>L (m)</b>	15
<b>Harga (\$)</b>	92.21

Tabel 3. 17 Spesifikasi Tangki-02

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>TANGKI-02</b>	
<b>Kode</b>	T-02
<b>Fungsi</b>	Menampung CH <sub>3</sub> COOH untuk waktu 15 hari
<b>Jenis</b>	Tangki Silinder Horizontal
<b>Bahan</b>	Baja Karbon
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	303.15
<b>Tekanan (bar)</b>	1
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	15,90
<b>D (m)</b>	2
<b>L (m)</b>	6
<b>Harga (\$)</b>	1.473

Tabel 3. 18 Spesifikasi Tangki-03

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>TANGKI-03</b>	
<b>Kode</b>	T-03
<b>Fungsi</b>	Menampung residu dari Menara Distilasi 01 selama 1 bulan
<b>Jenis</b>	Tangki Silinder Tegak

<b>SPEKIFIKASI UMUM</b>		
<b>TANGKI-03</b>		
<b>Bahan</b>	Baja Karbon	
<b>KONDISI OPERASI</b>		
<b>Suhu (°K)</b>	303,15	
<b>Tekanan (bar)</b>	1,17	
<b>SPEKIFIKASI</b>		
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	1.059,65	
<b>D (m)</b>	10,66	
<b>T (m)</b>	14,63	
<b>Tebal shell</b>	<b>1 (0-6 ft)</b>	0,18
	<b>2 (6-12 ft)</b>	0,18
	<b>3 (12-18 ft)</b>	0,18
	<b>4 (18-24 ft)</b>	0,18
	<b>5 (24-30 ft)</b>	0,18
	<b>6 (30-36 ft)</b>	0,19
	<b>7 (36-42 ft)</b>	0,21

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>TANGKI-03</b>		
	<b>8 (42-48 ft)</b>	0,24
<b>Harga (\$)</b>		171.919

Tabel 3. 19 Spesifikasi Tangki-04

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>TANGKI-04</b>		
<b>Kode</b>	T-04	
<b>Fungsi</b>	Menampung residu (produk) dari Menara Distilasi 02 selama 20 hari	
<b>Jenis</b>	Tangki Silinder Tegak	
<b>Bahan</b>	Baja Karbon	
<b>KONDISI OPERASI</b>		
<b>Suhu (°K)</b>	303.15	
<b>Tekanan (bar)</b>	1,88	
<b>SPESIFIKASI</b>		
<b>V (m<sup>3</sup>)</b>	14.604,17	
<b>D (m)</b>	48,76	
<b>T (m)</b>	9,14	
	<b>1 (0-6 ft)</b>	0,25

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>		
<b>TANGKI-04</b>		
<b>Tebal shell</b>	<b>2 (6-12 ft)</b>	0,26
	<b>3 (12-18 ft)</b>	0,40
	<b>4 (18-24 ft)</b>	0,54
	<b>5 (24-30 ft)</b>	0,68
	<b>6 (30-36 ft)</b>	0,82
<b>Harga (\$)</b>		1.109.659

### 3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi

#### 1. Pompa

Tabel 3. 20 Spesifikasi Pompa-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-01</b>	
<b>Kode</b>	P-01
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan $C_4H_8O_2$ dari Tangki-01 menuju Mixer-01
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-01</b>	
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	303,15
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,0003
<b>Head pompa (m)</b>	16.255,36
<b>ID (in)</b>	0,82
<b>OD (in)</b>	1,05
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	3/4
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,527E+01
<b>Daya Motor (HP)</b>	150
<b>Harga (\$)</b>	53,94

Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa-02

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-02</b>	
<b>Kode</b>	P-02
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan CH <sub>3</sub> COOH dari Tangki-02 menuju Mixer-01

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-02</b>	
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	303,15
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.18151E-05
<b>Head pompa (m)</b>	12,38
<b>ID (in)</b>	0,54
<b>OD (in)</b>	0,36
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	14
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	5,696E-03
<b>Daya Motor (HP)</b>	0,50
<b>Harga (\$)</b>	7,22

Tabel 3. 22 Spesifikasi Pompa-03

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-03</b>	
<b>Kode</b>	P-03
<b>Fungsi</b>	Memompa umpan dari Mixer-01 menuju Reaktor-01
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	303,15
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00035
<b>Head pompa (m)</b>	26,52
<b>ID (in)</b>	0,82
<b>OD (in)</b>	1,05
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	3/4
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,628E-02
<b>Daya Motor (HP)</b>	0,50
<b>Harga (\$)</b>	55,07

Tabel 3. 23 Spesifikasi Pompa-04

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-04</b>	
<b>Kode</b>	P-04
<b>Fungsi</b>	Memompa umpan dari Reaktor-01 menuju Reaktor-02
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	366,15
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00046
<b>Head pompa (m)</b>	26,52
<b>ID (in)</b>	1,04
<b>OD (in)</b>	1,31
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	1
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,462E+00
<b>Daya Motor (HP)</b>	15
<b>Harga (\$)</b>	64,90

Tabel 3. 24 Spesifikasi Pompa-05

<b>SPEKIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-05</b>	
<b>Kode</b>	P-05
<b>Fungsi</b>	Memompa umpan dari Reaktor-02 menuju Menara Distilasi-01
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	366,15
<b>SPEKIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00046
<b>Head pompa (m)</b>	1.302,91
<b>ID (in)</b>	1,04
<b>OD (in)</b>	1,31
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	1
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,462E+00
<b>Daya Motor (HP)</b>	15
<b>Harga (\$)</b>	64,90

Tabel 3. 25 Spesifikasi Pompa-06

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-06</b>	
<b>Kode</b>	P-06
<b>Fungsi</b>	Memompa distilat dari Menara Distilasi-01 menuju Menara Distilasi-02
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	374,94
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00044
<b>Head pompa (m)</b>	12,54
<b>ID (in)</b>	1,04
<b>OD (in)</b>	1,31
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	1
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,709E-04
<b>Daya Motor (HP)</b>	0,50
<b>Harga (\$)</b>	63,57

Tabel 3. 26 Spesifikasi Pompa-07

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-07</b>	
<b>Kode</b>	P-07
<b>Fungsi</b>	Memompa residu dari Menara Distilasi-01 menuju Tangki-03
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	399,46
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	2.23939E-05
<b>Head pompa (m)</b>	9.584,93
<b>ID (in)</b>	0,82
<b>OD (in)</b>	1,05
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	3/4
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,1218E+02
<b>Daya Motor (HP)</b>	5
<b>Harga (\$)</b>	10,59

Tabel 3. 27 Spesifikasi Pompa-08

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-08</b>	
<b>Kode</b>	P-08
<b>Fungsi</b>	Memompa residu dari Menara Distilasi-02 menuju Tangki-04
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	377,15
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,00036
<b>Head pompa (m)</b>	3,76
<b>ID (in)</b>	0,82
<b>OD (in)</b>	1,05
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	3/4
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2,4883E-04
<b>Daya Motor (HP)</b>	0,50
<b>Harga (\$)</b>	56,30

Tabel 3. 28 Spesifikasi Pompa-09

<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>POMPA-09</b>	
<b>Kode</b>	P-09
<b>Fungsi</b>	Memompa distilat dari Menara Distilasi-02 menuju UPL
<b>Jenis</b>	Pompa sentrifugal
<b>Bahan</b>	Baja komersial
<b>KONDISI OPERASI</b>	
<b>Suhu (°K)</b>	373,23
<b>SPESIFIKASI UMUM</b>	
<b>Kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)</b>	8,2474E-05
<b>Head pompa (m)</b>	3,76
<b>ID (in)</b>	1,04
<b>OD (in)</b>	1,31
<b>Sch number</b>	40 ST 40 S
<b>IPS (in)</b>	1
<b>Viskositas (kg/ms)</b>	2.8022E-04
<b>Daya Motor (HP)</b>	0,50
<b>Harga (\$)</b>	23,16

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 29 Neraca Massa Total

<b>NM TOTAL</b>					
<b>Komponen</b>	<b>Input (Kg/Jam)</b>		<b>Output (Kg/Jam)</b>		
	<b>Arus 1</b>	<b>Arus 2</b>	<b>Arus 7</b>	<b>Arus 8</b>	<b>Arus 9</b>
H <sub>2</sub> O	5,3775	0,2686	0,0584	5,2763	258,5403
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	0	0	5,0220	979,3881	19,9875
CH <sub>3</sub> COOH	0	43,8677	43,6484	0,2193	0
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1.288,3941	0	25,7679	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.293,7177</b>	<b>44,1363</b>	<b>74,4966</b>	<b>984,8838</b>	<b>278,5279</b>
	<b>1.337,9082</b>		<b>1.337,9082</b>		

#### 3.4.2 Neraca Massa Alat

##### 1. Neraca Massa di Mixer-01

Tabel 3. 30 Neraca Massa di Mixer-01

<b>Mixer-01</b>			
<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/Jam)</b>		<b>Output (Kg/Jam)</b>
	<b>Arus 1</b>	<b>Arus 2</b>	<b>Arus 3</b>
H <sub>2</sub> O	5,3775	0,2686	5,6464
CH <sub>3</sub> COOH	0	43,8677	43,8677
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1.288,3941	0	1.288,3941

<b>Mixer-01</b>			
<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/Jam)</b>		<b>Output (Kg/Jam)</b>
	<b>Arus 1</b>	<b>Arus 2</b>	<b>Arus 3</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.293,7717</b>	<b>44,1363</b>	<b>1.337,9082</b>
	<b>1.337,9082</b>		

2. Neraca Massa di Reaktor-01 (R-01)

Tabel 3. 31 Neraca Massa di Reaktor-01

<b>Reaktor-01</b>		
<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/Jam)</b>	<b>Output (Kg/Jam)</b>
	<b>Arus 3</b>	<b>Arus 4</b>
H <sub>2</sub> O	5,6464	263,8750
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	0	1.004,3976
CH <sub>3</sub> COOH	43,8677	43,8677
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1.288,3941	25,7679
<b>TOTAL</b>	<b>1.337,9082</b>	<b>1.337,9082</b>

3. Neraca Massa di Reaktor-02

Tabel 3. 32 Neraca Massa di Reaktor-02

<b>Reaktor-02</b>		
<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/Jam)</b>	<b>Output (Kg/Jam)</b>
	<b>Arus 4</b>	<b>Arus 5</b>
H <sub>2</sub> O	263,8750	263,8750
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	1.004,3976	1.004,3976
CH <sub>3</sub> COOH	43,8677	43,8677
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	25,7679	25,7679
<b>TOTAL</b>	<b>1.337,9082</b>	<b>1.337,9082</b>

4. Neraca Massa di Menara Distilasi-01 (MD-01)

Tabel 3. 33 Neraca Massa di Menara Distilasi-01

<b>Reaktor-01</b>			
<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/Jam)</b>	<b>Output (Kg/Jam)</b>	
	<b>Arus 5</b>	<b>Arus 6</b>	<b>Arus 7</b>
H <sub>2</sub> O	263,8750	263,8167	0,0584
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	1.004,3976	999,3756	5,0220
CH <sub>3</sub> COOH	43,8677	0,2193	43,6484
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	25,7679	0	25,7679
<b>TOTAL</b>	<b>1.337,9082</b>	1.263,4117	74,4966
		<b>1.337,9082</b>	

5. Neraca Masaa di Menara Distilasi-02 (MD-02)

Tabel 3. 34 Neraca Massa di Menara Distilasi-02

<b>Reaktor-01</b>				
<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/Jam)</b>		<b>Output (Kg/Jam)</b>	
	<b>Arus 6</b>		<b>Arus 8</b>	<b>Arus 9</b>
H <sub>2</sub> O	263,8167		5,2763	258,5403
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	999,3756		979,3881	19,9875
CH <sub>3</sub> COOH	0,2193		0,2913	0
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0		0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.263,4117</b>		984,8838	278,5279
			<b>1.263,4117</b>	

3.5 Neraca Panas

1. Mixer

Tabel 3. 35 Neraca Panas di Mixer-01

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>		<b>Output</b>
	<b>Arus 1</b>	<b>Arus 2</b>	<b>Arus 3</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	675,4173	33,73338	709,1881525
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	0	2.838,605	2.838,605438
<b>C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub></b>	111.481,7	0	111.481,6951
	112.157,1	2.872,339	115.029,4886
<b>TOTAL</b>	<b>115.029,45</b>		<b>115.029,45</b>

2. Reaktor-01 dan Reaktor-02

Tabel 3. 36 Neraca Panas di Reaktor-01 dan Reaktor-02

Komponen	Input (Kj/Jam)	Output (Kj/Jam)	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
<b>H<sub>2</sub>O</b>	709,1881	102.654,5935	102.654,5935
<b>C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O</b>	0	222.035,6651	222.035,6651
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	2.838,6054	9.433,1471	9.433,1471
<b>C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub></b>	111.481,6951	7.357,8065	7.357,8065
<b>Q loss</b>	0	-115.897,8	-115.897,8
<b>Q reaksi</b>	110.553,97	<b>225.583,5</b>	<b>225.583,5</b>
<b>TOTAL</b>	<b>225.583,5</b>	<b>225.583,5</b>	

3. Menara Distilasi-01

Tabel 3. 37 Neraca Panas di Menara Distilasi-01

Komponen	Input (Kj/Jam)	Output (Kj/Jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
<b>H<sub>2</sub>O</b>	102.654,6	112.599,6	31,27925
<b>C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O</b>	222.035,7	245.162,1	1.596,237
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	9.433,147	52,12315	13.262,84
<b>C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub></b>	7.357,807	0	10.322,72
<b>ΔH condensor</b>	0	6.798.293	0
<b>ΔH reboiler</b>	119.820,8	0	0

Komponen	Input (Kj/Jam)	Output (Kj/Jam)	
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
<b>SubTotal</b>	<b>461.302</b>	<b>715.627,6</b>	<b>25.213,07</b>
<b>TOTAL</b>	<b>461.302</b>	<b>7.181.319</b>	

#### 4. Menara Distilasi-02

Tabel 3. 38 Neraca Panas di Menara Distilasi-02

Komponen	Input (Kj/Jam)	Output (Kj/Jam)	
	Arus 6	Arus 8	Arus 9
<b>H<sub>2</sub>O</b>	112.599,6	108.472,6	2.303,718
<b>C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O</b>	245.162,1	4.809,497	246.494,3
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	52,123	0	53,415
<b>C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub></b>	0	0	0
<b>ΔH condensor</b>	0	957.103,2	0
<b>ΔH reboiler</b>	-20.064,6	0	0
<b>SubTotal</b>	<b>337.749,2</b>	<b>1.070.385</b>	<b>248.851,4</b>
<b>Total</b>	<b>337.749,2</b>	<b>1.319.237</b>	

5. Heater

Tabel 3. 39 Neraca Panas di Heater-01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Fluida Dingin	Fluida Panas
H <sub>2</sub> O	705,846	2.188,12
CH <sub>3</sub> COOH	2.939,76	9.113,24
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	115.112	356.879
m steam	324.006	74.594,1
<b>TOTAL</b>	<b>442.774</b>	<b>442.774</b>

Tabel 3. 40 Neraca Panas di Heater-02

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Fluida Dingin	Fluida Panas
H <sub>2</sub> O	102.798	113.212,6
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	223.718,8	246.384,2
CH <sub>3</sub> COOH	9.483,835	10.444,66
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	7.391,372	8.140,206
m steam	45.194,54	10.404,87
<b>TOTAL</b>	<b>388.586,5</b>	<b>388.586,5</b>

6. Cooler

Tabel 3. 41 Neraca Panas di Cooler-01

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Fluida Panas	Fluida Dingin
H <sub>2</sub> O	30,746	7,302172
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	1.474,1	350,1041
CH <sub>3</sub> COOH	12.540	2.978,342
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	9.852,1	2.339,867
m air	18.222	36.443,5
<b>TOTAL</b>	<b>42.119</b>	<b>42.119,12</b>

Tabel 3. 42 Neraca Panas di Cooler-02

Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Fluida Panas	Fluida Dingin
H <sub>2</sub> O	2.286,67	659,597
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	232.953	67.195,9
CH <sub>3</sub> COOH	51,2613	14,7865
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	0	0
m air	167.421	334.841
<b>TOTAL</b>	<b>402.711</b>	<b>402.711</b>

Tabel 3. 43 Neraca Panas di Cooler-03

<b>Komponen</b>	<b>Input (Kj/Jam)</b>	<b>Output (Kj/Jam)</b>
	<b>Fluida Panas</b>	<b>Fluida Dingin</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	107.818,153	32.319,07011
<b>C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O</b>	4.562,451219	1.367,619243
<b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	0	0
<b>C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub></b>	0	0
<b>m air</b>	78.693,91491	157.387,8298
<b>TOTAL</b>	<b>191.074,52</b>	<b>191.074,52</b>

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik

Untuk pemilihan dan penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu hal yang penting dipertimbangkan dalam perancangan suatu pabrik, dikarenakan berkaitan mulai dari nilai ekonomis maupun operasional mulaidari produksi sampai dengan distribusi dan pemasaran pabrik yang didirikan. Beberapa aspek yang harap diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik diantaranya ketersediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, lingkungan sekitar, keamanan untuk menjalankan operasi pabrik, sarana pendukung dan sebagainya.

Pabrik Krotonaldehid dari Asetaldol dengan katalis Asam Asetat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) Kec. Gringsing, Kabupaten Batang, Provinsi Jawa Tengah dengan pertimbangan sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Rencana Lokasi Pendirian Pabrik

#### 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer memiliki tujuan utama yang meliputi proses produksi dan distribusi, adapun faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik sebagai berikut:

##### 1. Ketersediaan Bahan Baku

Pada pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan sumber bahan baku dapat meminimalisir biaya transportasi bahan baku menuju pabrik. Oleh karena itu, pabrik Krotonaldehid yang bahan baku utamanya Asetaldol yang direncanakan akan berdiri di KITB sebagai lokasi pabrik. Pengiriman bahan baku Asetaldol didapatkan dari mengimpor dari Handan Langyi Trading Co., Ltd. China. Untuk kebutuhan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sebagai katalis pabrik ini didapatkan dari PT. Bumi Putra Lestari, Surabaya. Pemilihan lokasi pabrik di KITB sebagai lokasi pabrik Krotonaldehid dianggap tepat dikarenakan dekat dengan pelabuhan Semarang untuk keperluan bahan yang diimpor, dan PT. Bumi Putra Lestari sebagai penyuplai  $\text{CH}_3\text{COOH}$  98%.

##### 2. Pemasaran

Lokasi pabrik ini diharapkan dekat dengan industri- industri lainnya yang membutuhkan Krotonaldehid sebagai bahan utama maupun pendukung. Kabupaten Batang merupakan lokasi yang strategis untuk sisi dalam negeri, dikarenakan KITB berada di Jawa Tengah yang akan memenuhi kebutuhan Krotonaldehid di Indonesia seperti pembuatan Asam Sorbat untuk pengawet makanan.

### 3. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu proses yang penting dalam mendukung proses produksi. Sarana utilitas tersebut antara lain adalah air, listrik, bahan bakar, dan lain-lain. Untuk itu, lokasi pabrik yang dekat dengan sarana utilitas yang baik sangatlah menguntungkan. Pada pabrik ini listrik didapatkan dari PT. Bhimasena Power Indonesia yang memiliki pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas  $\pm 2.000$  MW, dan apabila terjadi gangguan dapat menggunakan generator cadangan. Untuk kebutuhan bakar dapat diperoleh dari Pertamina.

### 4. Transportasi

Pada sarana transportasi, dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik merupakan faktor penting karena diperlukan penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Untuk dari segi sarana transportasi, KITB relatif strategis dikarenakan dilengkapi dengan transportasi darat yang memadai dan prasarana yang dapat menghubungkan berbagai kota besar pulau jawa.

### 5. Ketenagakerjaan

Pada lokasi pabrik Krotonaldehid ini terdapat di kota yang dimana kota ini merupakan daerah industri di Indonesia, sehingga ketersediaan tenaga kerja industri di kota ini sudah memadai dari segi pendidikan maupun fisik.

#### 4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Pada faktor sekunder ini tidak secara langsung berperan pada operasional pabrik, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi:

##### 1. Perluasan Pabrik

Pada pendirian suatu pabrik hendaknya mempertimbangkan rencana perluasan pabrik untuk beberapa tahun kedepannya. Saat pemilihan lokasi pendirian pabrik harus daerah yang mempunyai cukup lahan. Hal ini digunakan agar suatu saat nanti saat akan dilakukan perluasan area maka tidak adakesulitan dalam mencari lahan perluasan.

##### 2. Perizinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga akan memperoleh kemudahan untuk mengurus perizinan pendirian pabrik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik diantaranya:

- a. Keamanan kerja terpenuhi.
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- c. Pemanfaatan area tanah seefisien mungkin.
- d. Transportasi yang baik dan efisien.

##### 3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Lingkungan prasarana dan fasilitas sosial yang dimaksud seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, penyediaan bengkel industri, dan

fasilitas umum lainnya seperti rumah sakit, sekolah, bank dan sarana ibadah.

#### 4. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka karena sudah terbiasa dengan adanya industri, karena dengan pendirian pabrik baru akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka, sehingga terjadi peningkatan kesejahteraan di sekitar masyarakat setelah pabrik-pabrik didirikan.

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

Tata letak pabrik atau plant layout merupakan suatu kedudukan dari suatu bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat perkantoran, lalu lintas karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku, tempat alat proses, dan produk yang saling berhubungan. Tata letak pabrik ini dirancang sedemikian rupa. Sehingga pengguna area pabrik lebih efisien dan proses produksi di pabrik dapat berjalan lancar tanpa ada masalah keamanan, keselamatan, dan kenyamanan bagi karyawan dapat terpenuhi. Selain peralatan proses dan utilitas, terdapat beberapa bangunan lainnya yakni, kantor, bengkel, laboratorium, kantin, poliklinik, pemadam kebakaran, pos keamanan, mesh, dan sebagainya ditempatkan pada bagian yang tidak akan mengganggu lalu lintas, barang dan proses. Perancangan tata letak yang baik memiliki keuntungan yang baik yakni (Peters and Timmerhaus, 2004):

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

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

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik adalah sebagai berikut:

1. Daerah Proses

Daerah proses merupakan daerah yang digunakan untuk menempatkan alat-alat yang berhubungan dengan proses produksi. Dimana daerah proses ini diletakkan pada daerah yang terpisah dari bagian lain.

2. Keamanan

Keamanan merupakan kemungkinan adanya bahaya ledakan kebakaran, asap atau gas beracun harus benar-benar diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik. Sehingga harus dilakukan penempatan alat-alat pengaman seperti hidran, penampungan air yang cukup dan penahan ledakan. Tangki penyimpanan bahan baku dan perlu adanya jarak antara bangunan satu dengan lainnya yang berguna memberikan pertolongan dan penyediaan jalan bagi karyawan untuk menyelamatkan diri.

3. Bangunan

Bangunan diharuskan memenuhi standar dan perlengkapan yang mumpuni seperti ventilasi, instalasi, dan lain-lainnya tersedia dan memenuhi syarat.

#### 4. Luas Area yang Tersedia

Faktor yang membatasi kemampuan penyedia area yakni harga tanah. Pemakaian tempat disesuaikan dengan area yang tersedia. Jika harga tanah terlalu tinggi, maka diperlukan efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu efisiensi dalam pemakaian ruangan hingga peralatan tertentu diletakkan di atas peralatan yang lain, ataupun lantai ruangan diatur sedemikian rupa agar menghemat tempat.

#### 5. Instalasi dan Utilitas

Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, *steam*, dan listrik akan memudahkan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses ditata dengan baik sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkanya dan dapat membuat kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

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

##### 1. Perkantoran/Administrasi

Daerah perkantoran merupakan pusat kegiatan administrasi dan keuangan pabrik, serta untuk urusan dengan pihak luar maupun pihak dalam pabrik itu sendiri. Daerah ini biasanya berada di bagian depan area pabrik.

##### 2. Produksi

Daerah produksi merupakan tempat berlangsungnya kegiatan operasional produksi. Daerah ini meliputi tempat penyimpanan bahan baku dan produk, penempatan alat-alat proses dan ruangan pengendalian (*control*

*room*). Daerah ini berada di tempat yang terpisah dengan daerah lainnya untuk tujuan keamanan.

### 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. Fasilitas Umum

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

### 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.

### 6. Pengelolaan Limbah

Pendirian suatu pabrik juga harus memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Untuk itu 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.

## 7. Perluasan

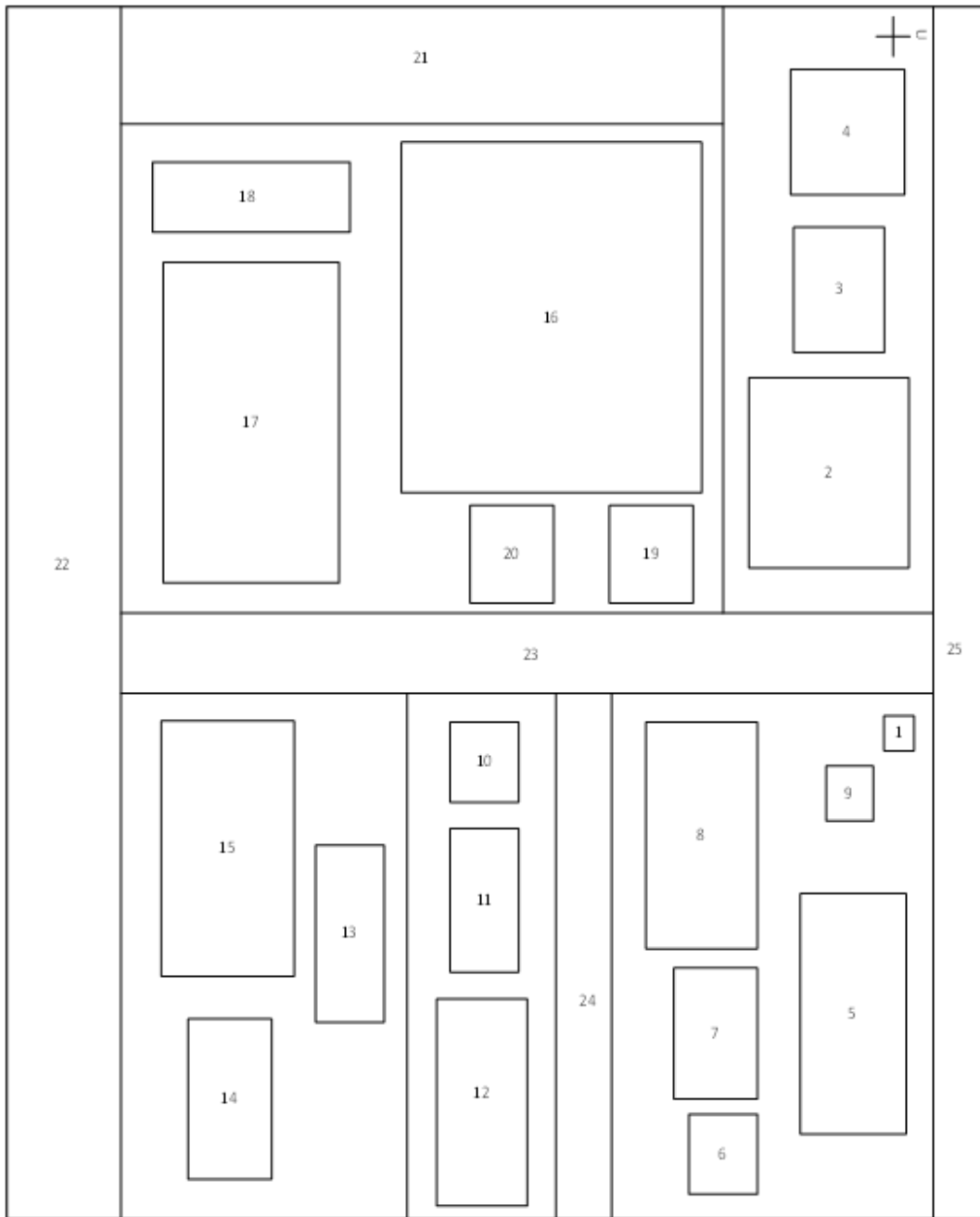
Dalam rangka mengantisipasi kemungkinan adanya peningkatan kapasitas produksi yang disebabkan oleh permintaan produk yang meningkat, perlu dipertimbangkan untuk menyediakan lahan kosong sebagai daerah perluasan pabrik apabila dibutuhkan dimasa mendatang.

Pembangunan Pabrik Krotonaldehid direncanakan akan menggunakan area seluas 20.000 m<sup>2</sup>. Adapun rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Daftar Tata Letak Pabrik

No	Nama Bangunan	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Area Proses	3.000
2	Area tangka bahan baku	4.000
3	Area parkir	130
4	Kantor administrasi	500
5	Gardu jaga	45
6	Aula	150
7	Kantin	250
8	Gudang	210
9	Perpustakaan	200
10	Pemadam	500
11	Poliklinik	120
12	Bengkel	300
13	Tempat ibadah	150
14	Laboratorium	200

<b>No</b>	<b>Nama Bangunan</b>	<b>Luas (m<sup>2</sup>)</b>
15	Rumah boiler	150
16	Rumah generator	150
17	Kantor utilitas	100
18	Taman	700
19	Perumahan	900
Luas bangunan		11.755
Luas tanah		20.000



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Skala 1:100

#### Keterangan Bangunan:

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Pos Keamanan              | 14. Bengkel                |
| 2. Kantor Utama              | 15. Gudang Peralatan       |
| 3. Parkir Utama              | 16. Area Proses            |
| 4. Parkir Truk               | 17. Area Utilitas          |
| 5. Mess Karyawan             | 18. UPL                    |
| 6. Poliklinik                | 19. Ruang Kontrol Produksi |
| 7. Kantin                    | 20. Ruang Kontrol Utilitas |
| 8. Masjid                    | 21. Area Perluasan 1       |
| 9. Taman 1                   | 22. Area Perluasan 2       |
| 10. Taman 2                  | 23. Jalan Utama Pabrik     |
| 11. Kantor Teknik & Produksi | 24. Jalan II Pabrik        |
| 12. Laboratorium             | 25. Jalan Utama            |
| 13. Unit Pemadam Kebakaran   |                            |

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

Tata letak alat proses atau *Machines Layout* merupakan pengaturan yang optimum terhadap alat-alat proses pabrik. Perancangan tata letak alat proses yang optimum dapat menguntungkan secara ekonomi karena dapat meminimalisir biaya konstruksi dan kegiatan operasional produksi dapat berjalan secara efisien. Selain itu, hal ini menjadi penting karena berkaitan dengan keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan selama berkerja. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatur tata letak alat proses sebagai berikut:

#### **4.3.1 Aliran dan Bahan Baku Produk**

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang 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. Sirkulasi udara yang lancar diperlukan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat yang berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan 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**

Lalu lintas manusia dan kendaraan di area proses harus menjadi perhatian termasuk jarak antar alat, lebar jalan dan kemudahan akses bagi karyawan untuk mencapai alat-alat proses. Hal ini dilakukan agar apabila terjadi gangguan pada alat, karyawan dapat dengan cepat untuk memperbaiki sehingga dapat meminimalisir potensi bahaya yang dapat ditimbulkan. 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 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 agar 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 meminimalisir biaya operasi sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi, namun tetap harus mengedepankan aspek keamanan dan keselamatan.

#### **4.3.7 Perluasan dan Pengembangan Pabrik**

Setiap pabrik yang didirikan diharapkan dapat berkembang dengan penambahan unit sehingga diperlukan susunan pabrik yang memungkinkan adanya perluasan (Vibrant, 1959). Ada tiga macam penyusunan tata letak alat proses, yaitu:

1. Tata Letak Produk atau Garis (*Products Layout/Line Layout*)

Susunan mesin atau peralatan berdasarkan urutan proses produksi. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi suatu jenis produk dalam jumlah besar dan mempunyai tipe proses kontinyu. Pabrik Epichlorohydrin ini akan didirikan dalam penyusunan tata letak alat prosesnya menggunakan Tata Letak Produk atau Garis (*Products Layout/Line Layout*).

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

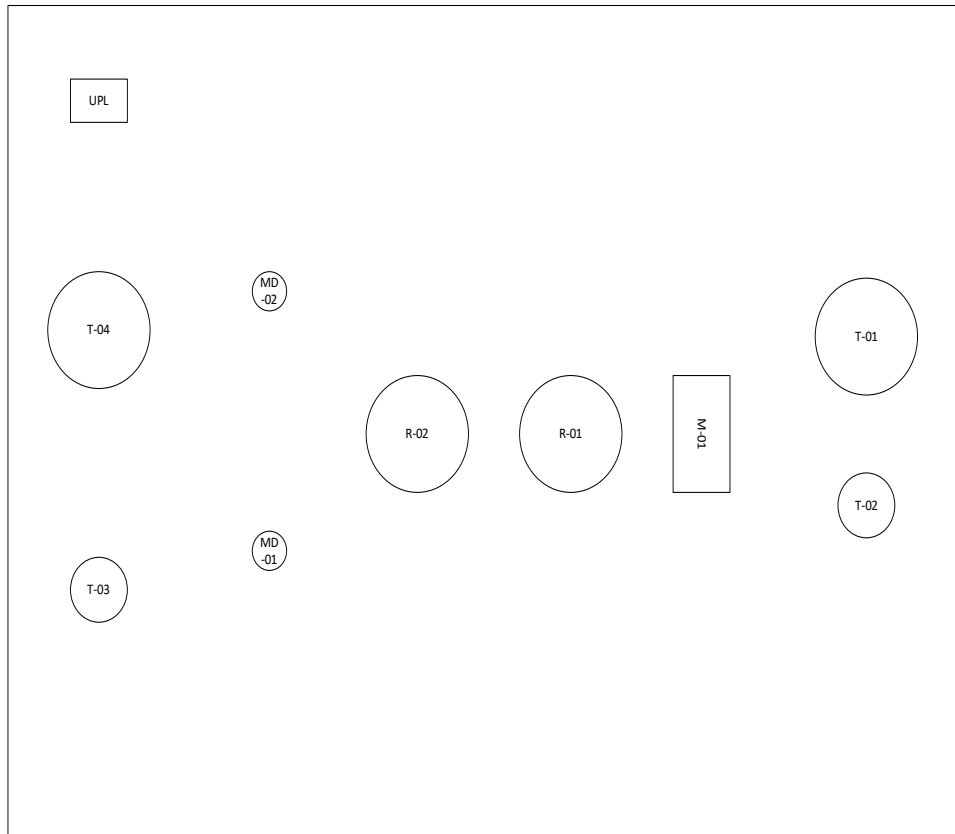
Penyusunan mesin atau peralatan berdasarkan fungsi yang sama pada ruang tertentu. Biasanya digunakan pada pabrik yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

## 3. Tata letak Kelompok (*Group Layout*)

Kombinasi dari *Line Layout* dan *Process Layout*. Biasanya dipakai oleh perusahaan besar yang memproduksi lebih dari satu jenis produk.

### **4.3.8 Kemudahan Pemeliharaan**

Kemudahan pemeliharaan alat ini juga dapat dipertimbangkan dalam penempatan alat-alat proses. Hal ini disebabkan karena pemeliharaan alat merupakan hal yang penting untuk menjaga alat peroperasi sebagaimana mestinya dan berumur Panjang. Penempatan alat yang baik akan memberikan ruang gerak yang cukup untuk memperbaiki maupun untuk membersihkan peralatan.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses (*Machines Layout*)

Skala 1:100

Keterangan Alat:

T-01: Tangki  $C_4H_8O_2$

R-01: Reaktor-01

T-02: Tangki  $CH_3COOH$

R-02: Reaktor-02

T-03: Tangki  $C_4H_8O_2$  dan  $CH_3COOH$

MD-01: Menara Distilasi-01

T-04: Tangki  $C_4H_6O$

MD-02: Menara Distilasi-02

M-01: Mixer-01

UPL: Unit Pembuangan Limbah

## **4.4 Organisasi Perusahaan**

### **4.4.1 Bentuk Perusahaan**

Pabrik Krotonaldehid yang akan didirikan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). PT merupakan bentuk dari perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Dalam PT pemegang saham hanya yang bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham. Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk PT atau korporasi. PT merupakan asosiasi pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum. Bentuk PT memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Perusahaan dibentuk berdasarkan hukum

Pembentukan menjadi badan hukum disertai akte perusahaan yang berisi informasi-informasi nama perusahaan, tujuan-tujuan perusahaan, jumlah modal dan lokasi kantor pusat. Setelah pengolahan perusahaan menyerahkan akte perusahaan dan disertai uang yang diminta untuk keperluan akte perusahaan, maka izin diberikan. Dengan izin ini perusahaan secara sah dilindungi oleh hukum dalam pengolahan intern perusahaan.

2. Badan hukum terpisah dari pemiliknya (pemegang saham)

Hal ini menunjukkan bahwa perusahaan ini didirikan bukan dari perkumpulan pemegang saham tetapi merupakan badan hukum yang terpisah. Kepemilikan dimiliki dengan memiliki saham. Apabila seorang pemilik saham meninggal dunia, maka saham dapat dimiliki oleh ahli

warisnya atau pihak lain sesuai dengan kebutuhan hukum. Kegiatan-kegiatan perusahaan tidak dipengaruhi olehnya.

3. Menguntungkan bagi kegiatan-kegiatan yang berskala besar

Perseroan Terbatas (PT) sesuai dengan perusahaan berskala besar dengan aktifitas-aktifitas yang kompleks.

Dalam mempertimbangkan pemilihan perusahaan ini ada beberapa hal yang dilihat, sebagai berikut:

1. Mudah mendapatkan modal

Dalam perseroan terbatas, modal didapatkan melalui penjualan saham di pasar modal. Modal terbagi dalam saham-saham, sehingga jika ada orang yang ingin ikut serta menanam 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 tanggung jawab pemegang saham terbatas

Dalam perseroan terbatas, pemegang saham hanya bertanggung jawab menyertor penuh jumlah modal yang disebutkan dalam tiap-tiap saham tanpa ikut adil dalam mengelolah perusahaan. Hal ini membuat kelancaran produksi relatif lebih stabil karena pengolahan perusahaannya 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 adil secara langsung dalam mengelola perusahaan.

#### 5. Lapangan usaha lebih luas

Suatu perusahaan terbatas dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini dapat memperluas usahanya.

### **4.4.2 Struktur Organisasi**

Struktur organisasi merupakan salah satu unsur yang sangat diperlukan dalam suatu perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang
3. Pembagian tugas kerja yang jelas

4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem pengontrolan atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu: *system line and staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawannya bertanggung jawab pada seorang atasan saja, sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawasan demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang-orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi garis dan staf ini, yaitu:

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran kepada unit operasional.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.

5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

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. 4



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi

### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

#### 1. Direktur

Direktur merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab penuh terhadap jalannya perusahaan. Tugas dan wewenang Direktur adalah sebagai berikut:

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pimpinan, konsumen serta karyawan.
- c. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian.
- d. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

#### 2. Kepala Bagian Produksi

Tugas seorang Kepala Bagian Produksi biasanya melibatkan berbagai tanggung jawab penting untuk memastikan proses produksi berjalan dengan efisien dan efektif. Berikut adalah beberapa tugas utama yang umumnya diemban oleh seorang Kepala Bagian Produksi:

##### a. Perencanaan Produksi

Merencanakan jadwal produksi, menetapkan target produksi, dan memastikan bahwa semua sumber daya yang diperlukan (bahan baku, tenaga kerja, mesin) tersedia untuk memenuhi target.

b. Pengawasan Produksi

Mengawasi proses produksi sehari-hari untuk memastikan bahwa produksi berjalan sesuai rencana, kualitas produk terjaga, dan waktu produksi sesuai dengan jadwal yang ditetapkan.

c. Manajemen Tim

Mengelola dan memimpin tim produksi, termasuk mengatur tugas dan tanggung jawab anggota tim, memberikan pelatihan, dan memastikan kinerja tim optimal.

d. Pengendalian Kualitas

Memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan, termasuk melakukan inspeksi dan pengujian produk.

e. Efisiensi Operasional

Mencari cara untuk meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi biaya, dan meminimalkan pemborosan.

f. Pemeliharaan Mesin dan Peralatan

Mengatur pemeliharaan rutin mesin dan peralatan produksi untuk mencegah kerusakan dan downtime yang dapat menghambat produksi.

g. Laporan Produksi

Menyusun laporan produksi secara berkala untuk manajemen, termasuk pencapaian target produksi, analisis kinerja, dan usulan perbaikan.

h. Kepatuhan terhadap Standar Keselamatan

Memastikan bahwa seluruh proses produksi mematuhi peraturan keselamatan kerja dan lingkungan, serta mengurangi risiko kecelakaan di tempat kerja.

i. Koordinasi antar Departemen

Berkoordinasi dengan departemen lain seperti pemasaran, pengadaan, dan logistik untuk memastikan kelancaran alur kerja dan distribusi produk.

j. Inovasi dan Pengembangan Proses

Berperan dalam pengembangan proses produksi baru atau perbaikan proses yang ada untuk meningkatkan kinerja dan kualitas produk.

Tugas-tugas ini memerlukan keterampilan manajemen yang kuat, pengetahuan teknis dalam bidang produksi, serta kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan dan tantangan yang mungkin muncul.

3. Kepala Seksi dan Wakil Seksi

Kepala Seksi bertanggung jawab untuk mengelola dan mengawasi aktivitas sehari-hari dalam seksi atau divisinya. Berikut adalah beberapa tugas umum yang biasanya diemban oleh seorang Kepala Seksi:

a. Pengawasan Operasional

Mengawasi pelaksanaan tugas dan tanggung jawab tim di bawahnya untuk memastikan pekerjaan berjalan sesuai rencana dan prosedur yang ditetapkan.

b. Perencanaan Kerja

Menyusun rencana kerja harian, mingguan, atau bulanan untuk timnya, serta menetapkan prioritas pekerjaan agar target dan tujuan dapat tercapai.

c. Koordinasi antar Tim

Berkoordinasi dengan Kepala Seksi lainnya atau dengan atasan untuk memastikan bahwa pekerjaan antar divisi atau seksi berjalan lancar dan selaras.

d. Pemantauan Kerja

Memantau dan mengevaluasi kinerja anggota tim, memberikan arahan atau bimbingan, serta melakukan tindakan korektif jika diperlukan.

e. Penyelesaian Masalah

Mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah atau hambatan yang muncul dalam pelaksanaan tugas tim, serta mencari solusi yang efektif dan efisien.

f. Laporan Kinerja

Menyusun laporan tentang pencapaian, kendala, dan kegiatan seksi kepada atasan, serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan jika diperlukan.

g. Pengembangan Tim

Mengarahkan pengembangan kompetensi anggota tim melalui pelatihan atau mentoring, serta memastikan anggota tim memiliki

keterampilan yang diperlukan untuk melaksanakan tugasnya dengan baik.

h. Kepatuhan terhadap Prosedur

Memastikan bahwa semua kegiatan dalam seksi mematuhi standar operasi, kebijakan perusahaan, dan peraturan yang berlaku.

i. Pengelolaan Sumber Daya

Mengelola dan mengalokasikan sumber daya yang ada, termasuk tenaga kerja, waktu, dan peralatan, untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

j. Pengembangan dan Inovasi

Berpartisipasi dalam pengembangan proses kerja yang lebih efisien dan inovatif, serta memberikan masukan untuk perbaikan berkelanjutan.

k. Keselamatan dan Keamanan

Menjaga dan mengawasi pelaksanaan standar keselamatan kerja dalam tim, serta memastikan lingkungan kerja yang aman bagi seluruh anggota tim.

Seorang Kepala Seksi harus memiliki keterampilan kepemimpinan yang kuat, kemampuan untuk bekerja sama dengan baik dengan tim, dan pemahaman yang mendalam tentang bidang kerja yang mereka awasi.

Tugas Wakil Kepala Seksi (Wakil Kasie) umumnya berkaitan dengan mendukung Kepala Seksi dalam melaksanakan tanggung jawabnya. Wakil Kepala Seksi biasanya bertindak sebagai perpanjangan tangan Kepala Seksi

dan mengambil alih beberapa tugas manajerial serta operasional. Berikut adalah beberapa tugas yang umumnya diemban oleh seorang Wakil Kepala Seksi:

a. Mendukung Kepala Seksi

Membantu Kepala Seksi dalam mengawasi dan mengelola aktivitas sehari-hari dalam seksi atau divisi. Ini mencakup tugas-tugas seperti pengawasan operasional, pengendalian kualitas, dan memastikan kelancaran pekerjaan tim.

b. Penggantian Kepala Seksi

Mengambil alih tugas dan tanggung jawab Kepala Seksi saat Kepala Seksi tidak hadir atau berhalangan, termasuk dalam pengambilan keputusan.

c. Koordinasi Tim

Berkoordinasi dengan anggota tim dan memastikan bahwa semua tugas yang diberikan oleh Kepala Seksi dikerjakan dengan baik dan tepat waktu.

d. Monitoring Kinerja

Membantu dalam memantau kinerja anggota tim, memberikan umpan balik, dan melaporkan perkembangan atau masalah kepada Kepala Seksi.

e. Penyelesaian Masalah

Membantu dalam mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah operasional atau kendala yang dihadapi tim, serta mencari solusi untuk meningkatkan efisiensi.

f. Penyusunan Laporan

Membantu dalam penyusunan laporan harian, mingguan, atau bulanan tentang kegiatan dan kinerja seksi, serta memberikan masukan untuk perbaikan.

g. Pelatihan dan Pengembangan

Membantu dalam pelatihan dan pengembangan anggota tim, baik melalui bimbingan langsung maupun melalui penyelenggaraan program pelatihan.

h. Pengelolaan Sumber Daya

Membantu dalam pengelolaan sumber daya yang ada, seperti tenaga kerja, material, dan waktu, untuk memastikan penggunaan yang efisien dan efektif.

i. Kepatuhan terhadap Prosedur

Memastikan bahwa seluruh kegiatan dalam seksi tetap mematuhi prosedur, standar operasi, dan kebijakan perusahaan yang berlaku.

j. Kolaborasi antar Divisi

Berkolaborasi dengan Wakil Kepala Seksi atau Kepala Seksi dari divisi lain untuk memastikan kelancaran operasional secara keseluruhan.

k. Pengembangan Inovasi

Memberikan ide-ide untuk inovasi dan perbaikan proses kerja, serta mendukung implementasi inisiatif baru yang dapat meningkatkan kinerja seksi.

Wakil Kepala Seksi harus memiliki kemampuan kepemimpinan dan komunikasi yang baik, serta kesiapan untuk mengambil alih peran Kepala Seksi kapan pun diperlukan.

4. Kepala Operator dan Operator

Tugas seorang Kepala Operator melibatkan pengawasan dan pengelolaan kegiatan operasional harian, terutama terkait dengan pengoperasian mesin atau sistem tertentu. Berikut adalah beberapa tugas utama yang biasanya diemban oleh seorang Kepala Operator:

- a. Pengawasan Operasional
- b. Koordinasi Tim Operator
- c. Pemeliharaan dan Perbaikan
- d. Pemantauan Kinerja Mesin
- e. Kepatuhan terhadap Standar Keselamatan
- f. Pengembangan dan Pelatihan Tim
- g. Penyusunan Laporan Operasional
- h. Peningkatan Efisiensi Operasional
- i. Pengendalian Kualitas
- j. Pengambilan Keputusan
- k. Kolaborasi dengan Departemen Lain

Seorang Kepala Operator harus memiliki pengetahuan teknis yang kuat, keterampilan dalam manajemen tim, serta kemampuan untuk menganalisis dan menyelesaikan masalah teknis dengan cepat.

Operator pabrik bertanggung jawab untuk menjalankan, memantau, dan memelihara mesin serta peralatan yang digunakan dalam proses produksi.

Berikut adalah beberapa tugas utama seorang operator pabrik:

a. Pengoperasian Mesin

Menjalankan mesin dan peralatan produksi sesuai dengan prosedur operasi standar (SOP) yang telah ditetapkan. Ini termasuk memulai, menghentikan, dan mengatur pengoperasian mesin.

b. Pemantauan Proses Produksi

Memantau jalannya proses produksi untuk memastikan bahwa mesin beroperasi dengan baik dan produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas. Operator harus memperhatikan parameter seperti suhu, tekanan, kecepatan, dan lainnya sesuai dengan instruksi kerja.

c. Pemeriksaan dan Pengaturan Mesin

Melakukan pemeriksaan rutin terhadap kondisi mesin dan peralatan, serta melakukan penyesuaian kecil jika diperlukan untuk menjaga performa mesin tetap optimal.

d. Pemeliharaan Harian

Mengidentifikasi masalah teknis yang muncul selama operasional mesin, seperti suara tidak normal, getaran, atau

penurunan performa, dan melaporkannya kepada supervisor atau teknisi pemeliharaan untuk tindakan lebih lanjut.

e. Pengidentifikasian Masalah

Mengidentifikasi masalah teknis yang muncul selama operasional mesin, seperti suara tidak normal, getaran, atau penurunan performa, dan melaporkannya kepada supervisor atau teknisi pemeliharaan untuk tindakan lebih lanjut.

f. Keamanan Kerja

Memastikan bahwa semua kegiatan operasional dijalankan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Operator harus mematuhi semua prosedur keselamatan dan menggunakan alat pelindung diri (APD) yang diperlukan.

g. Pencatatan dan Pelaporan

Mencatat data operasional harian, seperti jumlah produksi, waktu henti mesin, dan masalah yang terjadi. Laporan ini biasanya diserahkan kepada atasan untuk dianalisis lebih lanjut.

h. Pengendalian Kualitas

Memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan, dan melakukan tindakan korektif jika ditemukan produk yang tidak sesuai.

i. Kolaborasi dengan Tim

Bekerja sama dengan anggota tim lainnya, seperti operator lain, teknisi pemeliharaan, dan pengawas produksi, untuk memastikan kelancaran proses produksi.

j. Penerapan Perubahan

Mengikuti dan menerapkan perubahan dalam prosedur operasi atau pengaturan mesin yang mungkin diperlukan seiring dengan peningkatan proses produksi atau teknologi baru.

k. Pelatihan dan Pengembangan

Mengikuti pelatihan yang diselenggarakan oleh perusahaan untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan mengenai mesin dan proses produksi yang digunakan di pabrik.

Operator pabrik harus memiliki keterampilan teknis yang baik, ketelitian, serta kemampuan untuk bekerja dalam lingkungan yang mungkin memiliki tekanan tinggi. Keselamatan dan kepatuhan terhadap prosedur operasional adalah prioritas utama dalam menjalankan tugas-tugas ini.

#### **4.4.4 Status Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan**

1. Status Karyawan

Statusnya karyawan ini dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, antara lain:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap ini merupakan karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) dari direksi dan

mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b. 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.

c. Karyawan Borongan

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

2. Penggolongan Jabatan

Dalam struktur organisasi perusahaan, jabatan diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi Pendidikan dan keahlian sesuai jabatan dan tanggung jawabnya. Karyawan pada perusahaan ini terdiri dari beragam jenjang Pendidikan, mulai dari lulusan Sekolah Menengah Pertama hingga Magister (S-2). Rincian penggolongan jabatan beserta jenjang Pendidikannya dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Daftar Jabatan Perusahaan

<b>Jabatan</b>	<b>Pendidikan</b>
Direktur	S2
Kepala Bagian Produksi	S1
Kepala Seksi	S1

<b>Jabatan</b>	<b>Pendidikan</b>
Wakil Kepala Seksi	S1
Kepala Operator	S1
Operator	SMU/STM

### 3. Jumlah Karyawan

Dalam perusahaan, jumlah karyawan harus diperhitungkan secara cermat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara efektif dan efisiensi. Jumlah karyawan pada setiap posisi tergantung pada kebutuhan. Rincian jumlah karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.3:

Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan

<b>No</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>
1	Direktur Utama	1
2	Kepala Bagian Produksi	1
3	Kepala Seksi	2
4	Wakil Kepala Seksi	2
5	Kepala Operator	8
6	Operator	60

#### 4.4.5 Pembagian Jam Kerja dan Sistem Gaji Karyawan

##### 1. 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 mungkin. Berdasarkan jam kerjanya, karyawan pada perusahaan ini dibedakan menjadi dua golongan yaitu:

a. 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, berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non-shift*:

Tabel 4. 4 Jam kerja karyawan *non-shift*

<b>Hari Kerja</b>	<b>Jam Kerja</b>	<b>Istirahat</b>
Senin-Kamis	08.00-16.00	12.00-13.00
Jumat	08.00-16.00	11.30-13.00

b. Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang menangani secara langsung proses produksi atau mengantur bagian tertentu dari pabrik yang berhubungan dengan keamanan dan kegiatan produksi. Sebagai 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:

Tabel 4. 5 Jam kerja karyawan *shift*

<i>Shift</i>	Jam Kerja
<i>Shift 1</i>	07.00-15.00
<i>Shift 2</i>	15.00-23.00
<i>Shift 3</i>	23.00-07.00

Jam kerja shift berlangsung selama 8 jam sehari dan mendapat pengganti shift setiap 3 hari kerja sekali. Karyawan shift bekerja dengan sistem 3 hari kerja, 1 hari libur. Pada hari minggu dan libur besar semua karyawan shift tidak libur. Namun, setiap karyawan mendapat jatah cuti selama 12 hari setiap tahunnya. Pembagian shift dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapatkan giliran shift sedangkan 1 regu libur. Jadwal shift karyawan dapat dilihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7:

Tabel 4. 6 Jadwal *Shift* Karyawan 1-15

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I
B		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
C	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

Tabel 4. 7 Jadwal *Shift* Karyawan 16-30

Regu	Hari														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A		II	II	II		III	III	III		I	I	I		II	II
B	II		III	III	III		I	I	I		II	II	II		III
C	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	
D	I	I	I		II	II	II		III	III	III		I	I	I

## 2. Sistem Gaji Karyawan

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

### a. Gaji Bulanan

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

### b. Gaji Harian

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

c. 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 4.8 berikut:

Tabel 4. 8 Rincian Gaji Karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp) (Orang/Bulan)	Gaji (Rp)(Bulan)
1	Direktur	1	20.000.000	20.000.000
2	Kepala Bagian Produksi	1	13.000.000	13.000.000
3	Kepala Seksi	2	10.000.000	20.000.000
4	Wakil Kepala Seksi	2	7.000.000	14.000.000
5	Kepala Operator	8	5.000.000	40.000.000
6	Operator	60	3.000.000	180.000.000
<b>TOTAL</b>		<b>74</b>	<b>58.000.000</b>	<b>287.000.000</b>

#### 4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan memiliki 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

Diberikan berdasarkan golongan karyawan yang bersangkutan.

b. Tunjangan Jabatan

Diberikan berdasarkan jabatan yang dipegang oleh karyawan.

c. Tunjangan Lembur

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 digunakan 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 meningkat produktivitas 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. Tempat Ibadah

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

c. Pakaian Kerja

Perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya kepada semua karyawan untuk menghindarikesenjangan

antar karyawan. Selain itu, perusahaan menyediakan masker dan berbagai alat pelindung diri (APD) lain sebagai alat pengaman kerja.

d. Makan dan Minum

Makanan dan minuman 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.

e. Transportasi

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

5. Jaminan Ketenagakerjaan

Perusahaan menyediakan asuransi pertanggung jiwa dan asuransi kecelakaan kerja bagi karyawan yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial Tenaga Kerja (JAMSOSTEK).

# **BAB V**

## **UTILITAS**

### **5.1 Pelayanan Teknik (Utilitas)**

Unit utilitas adalah sarana penunjang yang sangatlah penting dalam menciptakan kelancaran jalan proses produksi. Sarana penunjang ialah sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Beberapa utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik Krotonaldehid ini meliputi:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyediaan Udara Tekanan (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah

#### **5.1.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)**

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ini bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan dalam memenuhi kebutuhan air di pabrik. Kebutuhan air meliputi air pendingin, air umpan boiler dan air domestik untuk kebutuhan kantor dan rumah tangga, air untuk pemadam kebakaran dan air cadangan. Pabrik Krotonaldehid ini akan didirikan di kawasan industri terpadu Batang. Oleh karena itu kebutuhan air yang diperoleh dari sungai terdekat. Untuk spesifikasi air sungai sebagai berikut:

pH	= 6,8-7,8
Konduktivitas	= 100-400 $\mu$ S
TOC ( <i>Total Organic Carbon</i> )	= 1000 ppm
TDS ( <i>Total Dissolve Solid</i> )	= 88,4278 mg/L
Kontaminan Klorin	= 50 mg/L
Kontaminan Tembaga	= 0,0006 mg/L
Kekeruhan ( <i>Turbiditas</i> )	= 5 NTU
Kesadahan total	= 35 mg/L
Silika (SiO <sub>2</sub> )	= 30

Tabel 5. 1 Total Kebutuhan Air

No.	Keperluan	Jumlah (kg/jam)
1	<i>Domestik Water</i>	1.312,5
2	<i>Service Water</i>	1.312,5
3	<i>Cooling Water</i>	194.677,72
4	<i>Steam Water</i>	5.853,19
<b>Total</b>		<b>203.155,90</b>

Secara keseluruhannya kebutuhan air pada pabrik ini digunakan untuk

keperluan berikut:

#### 1. Air Pendingin

Air pendingin ini pada umumnya digunakan sebagai pendingin karena pertimbangan sebagai berikut:

- a. Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume
- b. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar
- c. Mudah pengolahan dan pengaturannya
- d. Tidak terdekomposisi
- e. Air sanitasi

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Cooling Water*

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
<i>Condensor-01</i>	CD-01	162.483,09
<i>Condensor-02</i>	CD-02	22.875,31
<i>Cooler-01</i>	CL-01	642,41
<i>Cooler-02</i>	CL-02	5.902,49
<i>Cooler-03</i>	CL-03	2.774,39
<b>Total</b>		<b>194.677,72</b>

## 2. Air Umpan Boiler

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler ini yakni:

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler disebabkan oleh air yang mengandung larutan-larutan asam, gas-gas larutan seperti O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>. O<sub>2</sub> masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

Dalam pembentukan kerak ini disebabkan oleh adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.

c. Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada boiler karena adanya zat-zat organik yang tidak larut dalam jumlah besar, efek penguapan terutama terjadi pada alkalitas tinggi.

Tabel 5. 3 Tabel Kebutuhan Air Umpan Boiler

<b>Nama Alat</b>	<b>Kode</b>	<b>Jumlah (kg/jam)</b>
Heater-01	HE-01	118,00
Heater-02	HE-02	18,27
<i>Reboiler-01</i>	RB-01	1.017,80
<i>Reboiler-02</i>	RB-02	4.699,11
<b>Total</b>		<b>5.853,19</b>

3. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air karyawan dan kebutuhan air perumahan.

a. Air untuk Perumahan

Air untuk perumahan berkisar antara 200 liter/orang.hari sampai 300 liter/orang.hari. Maka dirancang:

Jatah air untuk perumahan = 300 liter/orang.hari

Dilingkungan pabrik ada 5 rumah dan setiap rumah dihuni 6 orang. Maka:

Air untuk perumahan = 5 rumah x 6 orang/rumah x 300 liter/orang.hari x hari/24jam  
= 375 liter/jam

Rapat massa air = 1 kg/liter

Massa air perumahan = 375 liter/jam x 1 kg/liter  
= 375 kg/jam

b. Air untuk Kantor

Jatah untuk kantor berkisar antara 75 liter/hari.orang sampai 150 liter/hari.orang, maka:

Dirancang jatah air 150 liter/orang.hari

Air untuk kantor dirancang untuk memenuhi 150 orang

Maka air untuk kantor = 150 orang x 150 liter/orang.hari x 1 kg/liter x hari/24jam = 937,5 kg/jam

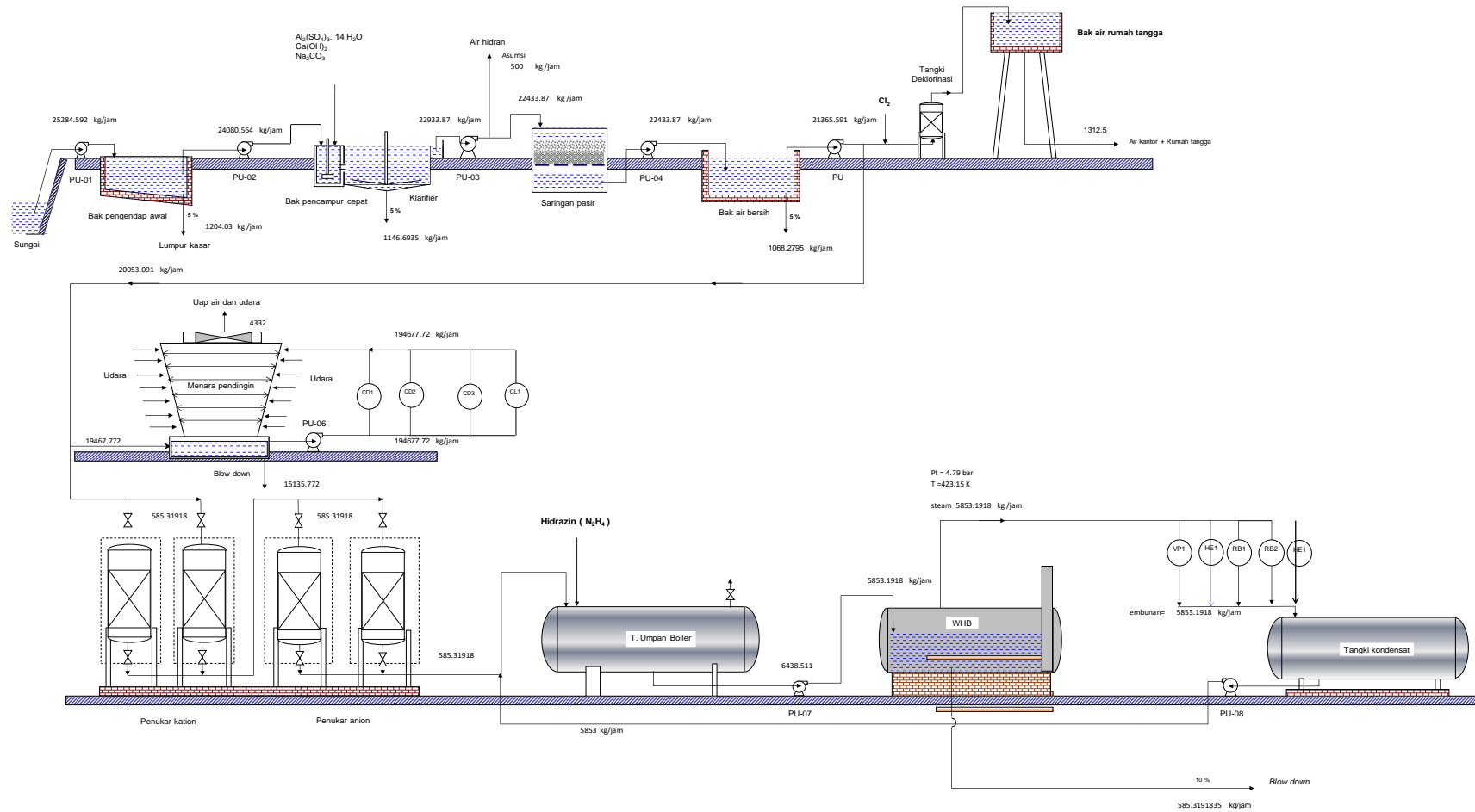
4. Air untuk layanan umum dan hidran

Dirancang air untuk layanan umum dan hidran sejumlah air untuk kantor dan perumahan

Massa air untuk layanan umum = 1.312,5 kg/jam

Berikut diagram alir pengolahan air:

### UTILITAS



Gambar 5. 1 Diagram alir pengolahan air

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

Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi, yang dengan menyediakan *boiler* dengan spesifikasi:

Kapasitas = 5853,192 Kg/Jam

Jumlah = 1

Suhu = 423,15 °K

Tekanan = 1 atm

Alat yang membutuhkan *steam* adalah *heater* dan *reboiler*. Sebelum masuk ke *boiler*, air harus dihilangkan kesadahnya karena akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Sebelum masuk *boiler*, air yang dilewatkan dalam *ion exchanger* dan *deaerator* terlebih dahulu agar tidak menimbulkan kerak.

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

Pada pabrik Krotonaldehid ini kebutuhan diperoleh dari PT. Bhimasena Power Indonesia dan generator diesel. Fungsi dari generator diesel ini sebagai tenaga cadangan saat terjadinya gangguan atau pemadaman listrik oleh PT Bhimasena Power Indonesia. Berikut ini spesifikasi generator diesel yang digunakan yaitu:

Kapasitas = 2215,48 KW

Jumlah = 1

Berikut rincian untuk kebutuhan listrik pabrik:

1. Tabel Kebutuhan Listrik Proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		HP	KW
<i>Mixer-01</i>	M-01	0,5	24,17
Reaktor -01	R-01	1,5	0,64
Reaktor-02	R-02	1,5	0,64
Pompa-01	P-01	150	111.85
Pompa-02	P-02	0,50	0.37
Pompa-03	P-03	0,50	0.59
Pompa-04	P-04	15	11.18
Pompa-05	P-05	15	11.18
Pompa-06	P-06	0,50	0.37
Pompa-07	P-07	5	3.72
Pompa-08	P-08	0,50	0.37
Pompa-09	P-09	0,50	0.37
<b>Total</b>		185	165,51

2. Tabel Kebutuhan Listrik Utilitas

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		HP	KW
Pompa Utilitas 1	PU-01	7,5	5,59
Pompa Utilitas	PU-02	0,75	0,55
Pompa Utilitas	PU-03	0,75	0,55
Pompa utilitas 4	PU-04		0.00
Pompa utilitas 5	PU-05	3	2,23
Pompa utilitas 6	PU-06	20	14,91
Pompa utilitas 7	PU-07	7,5	5,59
Kompresor utilitas	KU	0,5	0,37
Fan		25	18,64
Pengaduk		0,5	0,37
rake		1,5	1,11
<b>Total</b>		<b>67</b>	<b>49,96</b>

Total Kebutuhan Listrik Utilitas = 49,963 KW

Total Kebutuhan *Plant* = 165,517 + 49,963

= 215,48 KW

### 3. Kebutuhan Listrik lainnya

Untuk kebutuhan listrik seperti kantor, bengkel, laboratorium, penerangan dan lainnya dirancang sebesar 2000 KW

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik

<b>Keperluan</b>	<b>Kebutuhan (KW)</b>
Kebutuhan <i>plant</i>	215,48
Kebutuhan lainnya	2000
<b>Total</b>	2215,48

#### 5.1.4 Unit Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Unit Penyediaan Udara Tekan diperlukan untuk memenuhi kebutuhan udara tekan untuk pemakaian alat dengan prinsip *pneumatic* terutama alat-alat kontrol. Pada dasarnya proses yang terjadi pada unit ini adalah mengurangi berat jenis udara dari kandungan kondensat sebelum masuk ke unit instrumen udara. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 56,07 m<sup>3</sup>/jam dan tekanan 6,35 bar pada alat pengadaan udara tekan menggunakan kompresor.

#### 5.1.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Pada unit penyediaan bahan bakar ini mempunyai fungsi untuk memenuhi kebutuhan pada bahan bakar pada boiler dan generator. Jenis bahan bakar yang digunakan generator yaitu solar. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler sebesar 581.189,77 kg/jam dan generator sebesar 132,25 L/jam.

### 5.1.6 Unit Pengolahan Limbah

Pabrik Krotonaldehid ini menghasilkan limbah buangan baik yang berasal dari proses produksi, utilitas maupun kegiatan-kegiatan lain. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah-limbah tersebut sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak merusak lingkungan sekitar. Limbah yang dihasilkan dari pabrik Krotonaldehid ini limbah cair. Pengolahan limbah tersebut harus disesuaikan dengan jenis limbahnya. Limbah cair yang dihasilkan berdasarkan air proses, utilitas dan sanitasi. Pengolahan limbah cair harus memperhatikan parameter air buang yang sesuai dengan peraturan pemerintah yaitu:

COD = maks. 100 mg/l

BOD = maks. 20 mg/l

TSS = maks. 80 mg/l

Oil = maks. 5 mg/l

pH = 6,5 - 8,5

Pengolahan untuk masing-masing limbah tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Limbah Air Proses

Pengolahan air yang berasal dari buangan alat proses dilakukan dengan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor KEP- 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, menyatakan bahwa maksimal batas padatan yang terlarut dalam air adalah 4000 mg/L untuk limbah cair kelompok II. Untuk menghilangkan larutan tersebut maka dilakukan proses

desalinasi dengan menggunakan alat evaporator yang dilengkapi dengan kondensor untuk penguapan.

## 2. Limbah Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari perkantoran, perumahan, toilet dan lain-lain pengolahannya tidak memerlukan penanganan khusus, yaitu dengan cara diolah pada unit stabilisasi menggunakan aerasi, dan injeksi klorin.

### 5.1.7 Spesifikasi Alat Utilitas

#### 1. Pompa Utilitas

Tabel 5. 7 Spesifikasi Pompa Utilitas

Spesifikasi	Pompa Utilitas				
Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
<b>Fungsi</b>	Memompa air sungai menuju bak pengendap awal	Memompa air dari bak pengendap awal menuju ke bak klarifikasi	Memompa air dari bak klarifikasi menuju sand filter	Memompa air dari sand filter menuju bak air bersih	Memompa air dari bak air bersih menuju be bak air minum dan umpan boiler
<b>Jenis Pompa</b>	<i>Centrifugal Pump</i>				<i>Centrifugal Pump</i>

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>				
<b>Bahan</b>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>	<i>Commercial</i>		<i>Commercial</i>
<b>Konstruksi</b>	<i>steel</i>	<i>steel</i>	<i>steel</i>		<i>steel</i>
<b>Kapasitas (m<sup>3</sup>/jam)</b>	25,28	24,20	22,93		21,47
<b>SPESIFIKASI</b>					
<b>Pump head, (m)</b>	25,75	4,71	4,10	< 0	21,38
<b>Tenaga Pompa (HP)</b>	4,75	0,53	0,61		2,39
<b>Tenaga Motor (HP)</b>	7,5	0,75	0,75		3

Tabel 5. 8 Spesifikasi Pompa Utilitas (2)

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>	
<b>Kode</b>	PU-06	PU-07
<b>Fungsi</b>	Memompa air dari bak menuju cooling water	Memompa air dari boiler menuju ke WHB
<b>Jenis Pompa</b>	<i>Centrifugal Pump</i>	

<b>Spesifikasi</b>	<b>Pompa Utilitas</b>	
<b>Bahan Kontruksi</b>	<b>Commercial steel</b>	<b>Commercial steel</b>
<b>Kapasitas (m3/jam)</b>	195,65	6,43
<b>SPESIFIKASI</b>		
<b>Pump head, (m)</b>	17,10	176,88
<b>Tenaga Pompa (HP)</b>	17,46	6,90
<b>Tenaga Motor (HP)</b>	20	7,5

## 2. Bak Penampung

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Penampung

<b>SPESIFIKASI</b>	<b>BAK PENAMPUNG</b>			
<b>Kode</b>	<b>BAK</b>	<b>RMT</b>	<b>BAB</b>	<b>BAM</b>
<b>Fungsi</b>	Mengendapkan kotoran kasar yang terbawa oleh air sungai	Mencampur bahan kimia penggumpal dan	Menampung air bersih dari saringan pasir	Menampung air untuk kantor, pelayanan

<b>SPESIFIKASI</b>	<b>BAK PENAMPUNG</b>			
<b>Kode</b>	<b>BAK</b>	<b>RMT</b>	<b>BAB</b>	<b>BAM</b>
		pengurang kesadahan		dan rumah tangga
<b>Jenis</b>	Beton bertulang			
<b>vl (m<sup>3</sup>)</b>	731,85	0,48	216,44	75,97

### 3. Tangki Penyimpanan

Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Utilitas

<b>spesifikasi</b>	<b>TANGKI PENYIMPANAN UTILITAS</b>					
<b>Kode</b>	<b>PK</b>	<b>TNacl</b>	<b>PA</b>	<b>TNaOH</b>	<b>TBWF</b>	<b>Tkond</b>
<b>Fungsi</b>	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air	Melarutkan Nacl untuk regenerasi penukar kation	Menghilangkan masi terkandung dalam air	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar kation	Menyimpan air umpan boiler	Menampung kondensat
<b>Jenis</b>	Tangki silindertegak				Tangki silinder horisontal dengan deaerator	Tangki silinder horisontal
<b>D (m)</b>	0,47	0,41	0,32	0,50	4	2
<b>T (m)</b>	0,57	0,41	0,39	0,50		

<b>spesifikasi</b>	<b>TANGKI PENYIMPANAN UTILITAS</b>					
<b>Kode</b>	<b>PK</b>	<b>TNacl</b>	<b>PA</b>	<b>TNaOH</b>	<b>TBWF</b>	<b>Tkond</b>
<b>L(m)</b>					12	6

#### 4. Cooling Tower

Tabel 5. 11 Spesifikasi Cooling Tower Utilitas

<b>SPESIFIKASI</b>	<b>COOLING TOWER</b>
<b>Fungsi</b>	Mendinginkan suhu air
<b>Jenis</b>	Menara pendingin jujut tarik
<b>P (m)</b>	6,76
<b>L (m)</b>	6,76
<b>T (ft)</b>	30
<b>Daya Penggerak (HP)</b>	20,17

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

#### **6.1 Evaluasi Ekonomi**

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

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

Ada beberapa hal yang harus dipikirkan sebelum melakukan analisis terhadap lima faktor diatas, yakni:

##### **6.1.1 Penentuan *fixed capital investment***

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik Krotonaldehid ini adalah:

Kapasitas pabrik	= 10.000 ton/tahun
Satu tahun operasi	= 330 hari
Tahun pendirian pabrik	= 2029
Kurs mata uang	= 1 U\$\$ = Rp. 16.000

## 6.1.2 Perhitungan Biaya

### 1. *Capital Investment*

*Capital Investment* adalah jumlah pengeluaran yang dibutuhkan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikan pabrik.

*Capital Investment* terdiri dari:

#### a. *Fixed Capital Investment*

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

#### b. *Working Capital Investment*

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

### 2. *Total Production Cost*

#### a. *Manufacturing Cost*

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

#### 1) *Direct Cost*

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

2) *Indirect Cost*

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

3) *Fixed Cost*

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

### 6.1.3 Analisa Kelayakan

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

1. *Return On Investment (ROI)*

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

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

*Profit* atau keuntungan dihitung berdasarkan *annual sales* ( $S_a$ ) dan *total manufacturing cost*. *Finance* akan dihitung sebagai komponen yang

berisikan pengembalian hutang selama pembangunan pabrik. Pabrik dengan resiko rendah mempunyai ROI *before tax* sebesar 11% sedangkan pada pabrik dengan resiko tinggi minimum ROI *before tax* sebesar 44%.

## 2. Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time* merupakan waktu pengambilan modal yang dihasilkan dari keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui beberapa tahun modal investasi yang dilakukan akan kembali. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *Pay Out Time* adalah:

$$POT = \frac{Fix\ Capital\ Invesment}{Keuntungan\ Tahunan + Depresiasi}$$

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

## 3. Break Event Point (BEP)

*Break Even Point* merupakan titik impas dimana pabrik tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Kondisi ini kapasitas produksi pada saat sales sama dengan *total cost*. Pabrik akan mengalami kerugian apabila beroperasi dibawah nilai BEP, dan akan mengalami keuntungan apabila beroperasi diatas nilai BEP. Nilai BEP pada umumnya memiliki nilai kisaran antara 40% - 60%. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *breakevent point* adalah:

$$BEP = \frac{F_a + 0,3 R_a}{(S_a - V_a - 0,7R_a)} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa = *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra = *Annual regulated expenses* pada produksi maksimum

Sa = *Annual variable value* pada produksi maksimum

Va = *Annual sales value* pada produksi maksimum

#### 4. *Shut Down Point* (SDP)

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

$$SDP = \frac{0,3R_a}{(S_a - V_a - 0,7R_a)} \times 100\%$$

#### 5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFR)

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

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

Keterangan:

FC = *Fixed capital*

WC = *Working capital*

SV = *Salvage value*

C = *Cash flow* = (keuntungan setelah pajak + depresiasi + finance)

n = Umur pabrik

i = Nilai DCFR

#### 6.1.4 Hasil Perhitungan

Pada pendirian pabrik Krotonaldehid ini memerlukan perencanaan keuangan dan analisis yang baik untuk meninjau apakah pabrik ini layak untuk didirikan atau tidak. Hasil perhitungan akan disajikan pada Tabel 6.1 Sampai dengan Tabel 6.13:

Tabel 6. 1 *Physical Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	175.681.891.049,13	11.376.592,43
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	73.913.266.782,43	4.786.384,68
3	<i>Installation Cost</i>	27.095.375.992	1.754.609,13
4	<i>Piping Cost</i>	98.177.030.385,6	6.357.627,73
5	<i>Instrumentation Cost</i>	21.134.574.164,13	1.368.606,83
6	<i>Insulation Cost</i>	6.484.505.164	419.915,63
7	<i>Electrical Cost</i>	273.038.000	17.681,06
8	<i>Building Cost</i>	19.295.000.000	1.249.481,95

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	100.000.000.000	6.475.677,36
<b><i>Physical Plant Cost (PPC)</i></b>		<b>522.054.681.684,42</b>	<b>33.806.576,80</b>

Tabel 6. 2 *Direct Plant Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Engineering and Construction</i>	63.632.304.000	3.977.019
<b>Total DPC + PPC</b>		<b>585.686.985.684,42</b>	<b>37.783.595,80</b>

Tabel 6. 3 *Fixed Capital Investment*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	585.686.985.684,42	37.783.595,80
2	<i>Contractor's Fee</i>	38.179.376.000	2.386.211
3	<i>Contingency</i>	57.269.072.000	3.579.317
<b><i>Fixed Capital Investment (FCI)</i></b>		<b>681 135 433 684,42</b>	<b>43 749 123,80</b>

Tabel 6. 4 *Direct Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	5.738.136.103.000	358.633.506,43
2	<i>Labor Cost</i>	3.817.200.000	238.575
3	<i>Supervisory Cost</i>	572.580.000	35.786,25
4	<i>Maintenance Cost</i>	24.652.095.000	1.540.755,93

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
5	<i>Plant Supplies Cost</i>	3.697.814.000	231.113,37
6	<i>Royalty and Patents Cost</i>	78.833.448.000	4.927.090,5
7	<i>Utilities Cost</i>	461.341.205.000	28.833.825,31
<b><i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i></b>		<b>6.311.050.445.000</b>	<b>394.440.652,81</b>

Tabel 6. 5 *Indirect Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	763.440.000	47.715
2	<i>Laboratory</i>	763.440.000	47.715
3	<i>Plant Overhead</i>	3.817.200.000	238.575
4	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	159.528.517.000	9.970.532,31
<b><i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i></b>		<b>164.872.597.000</b>	<b>10.304.537,31</b>

Tabel 6. 6 *Fixed Manufacturing Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	35.217.279.000	2.201.079,93
2	<i>Property Taxes</i>	8.294.151.000	518.384,43
3	<i>Insurance</i>	3.521.728.000	220.108
<b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b>		<b>47.033.158.000</b>	<b>2.939.572,37</b>

Tabel 6. 7 *Manufacturing Cost*

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	6.311.050.445.000	394.440.652,81
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	164.872.597.000	10.304.537,31
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	47.033.158.000	2.939.572,37
<b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b>		<b>6.522.956.200.000</b>	<b>407.684.762,5</b>

Tabel 6. 8 *Working Capital*

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Raw Material Inventory</i>	478.178.009.000	29.886.125,56
2	<i>In Process Inventory</i>	9.883.267.000	617.704,18
3	<i>Product Inventory</i>	543.579.683.000	33.973.730,18
4	<i>Extended Credit</i>	1.087.159.367.000	67.947.460,43
5	<i>Available Cash</i>	543.579.683.000	33.973.730,18
<b><i>Working Capital (WC)</i></b>		<b>2.662.380.009.000</b>	<b>6.342.822.921,37</b>

Tabel 6. 9 *General Expenses*

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Administration</i>	14.958.143.000	934.883,93
2	<i>Sales Expense</i>	157.666.896.000	9.854.181
3	<i>Research</i>	197.083.620.000	1.231.772,62
4	<i>Finance</i>	376.819.100.000	23.551.193,75
<b><i>General Expenses (GE)</i></b>		<b>746.527.759.000</b>	<b>35.572.031,31</b>

Tabel 6. 10 *Total Production Cost*

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	6.522.956.200.000	407.684.762,5
2	<i>General Expenses (GE)</i>	746.527.759.000	46.657.984,93
<b><i>Total Production Cost (TPC)</i></b>		<b>7.269.483.959.000</b>	<b>454.342.747,43</b>

Tabel 6. 11 *Fixed Cost*

<b>No</b>	<b>Komponen</b>	<b>Harga (Rp)</b>	<b>Harga (\$)</b>
1	<i>Depreciation</i>	35.217.279.000	2.201.079,93
2	<i>Property Taxes</i>	8.294.151.000	518.384,43
3	<i>Ansurance</i>	3.521.728.000	220.108
<b><i>Fixed Cost (Fa)</i></b>		<b>47.033.158.000</b>	<b>2.939.572,37</b>

Tabel 6. 12 *Variable Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	5.738.136.103.000	358.633.506,43
2	<i>Packaging &amp; Shipping</i>	159.528.517.000	9.970.532,31
3	<i>Utilities</i>	461.341.205.000	28.833.825,31
4	<i>Royalty &amp; Patent</i>	78.833.448.000	4.927.090,5
<b>Variabel Cost (Va)</b>		<b>6.437.839.273.000</b>	<b>402.364.954,56</b>

Tabel 6. 13 *Regulated Cost*

No	Komponen	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Labor Cost</i>	3.817.200.000	238.575
2	<i>Payroll Overhead</i>	763.440.000	47.715
3	<i>Supervision</i>	572.580.000	35.786,25
4	<i>Plant Overhead</i>	3.817.200.000	238.575
5	<i>Laboratory</i>	763.440.000	47.715
6	General Expense	746.527.759.000	46.657.984,93
7	Maintenance	24.652.095.000	1.540.755,93
8	Plant Supplies	3.697.814.000	231.113,37
<b>Regulated Cost (Ra)</b>		<b>784.611.528.000</b>	<b>49.038.220,5</b>

### 6.1.5 Hasil Analisis Keuntungan

Total penjualan = Rp 7.883.344.787.000 / tahun

Total *Production Cost* = Rp 7.363.232.631.000 / tahun

Keuntungan sebelum pajak	= Rp 65.846.431.280.000 / tahun
Pajak pendapatan	= Rp 156.033.647.000 / tahun
Keuntungan setelah pajak	= Rp 48.265.434.280.000 / tahun

### 6.1.6 Hasil Kelayakan Ekonomi

#### 1. Return On Investment (ROI)

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

ROI sebelum pajak = 62,708 %

ROI setelah pajak = 43,896 %

#### 2. Pay Out Time (POT)

$$POT = \frac{\text{Fix Capital Invesment}}{\text{Keuntungan Tahunan} + \text{Depresiasi}}$$

POT sebelum pajak = 0,63 tahun

POT setelah pajak = 0,71 tahun

#### 3. Break Event Point (BEP)

$$BEP = \frac{F_a + 0,3 R_a}{(S_a - V_a - 0,7R_a)} \times 100\%$$

BEP = 40,038 %

#### 4. Shut Down Point (SDP)

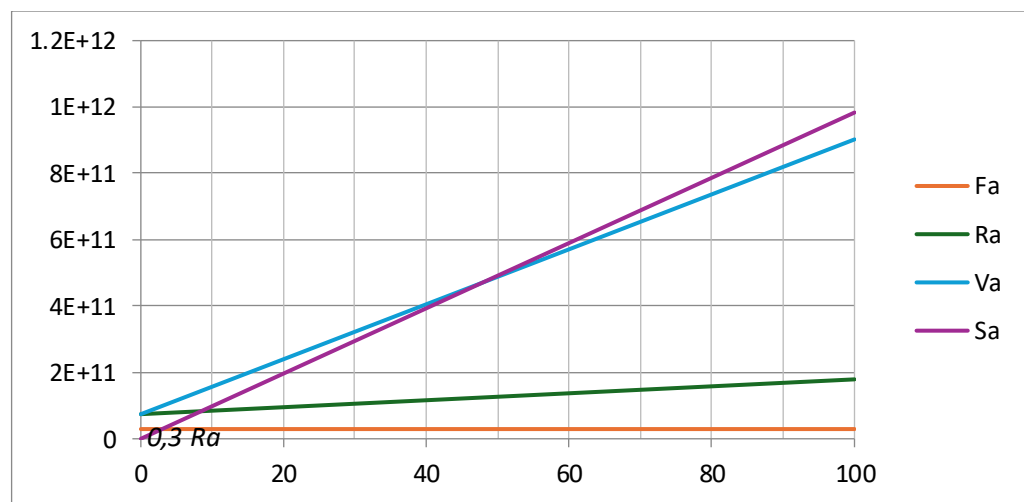
$$SDP = \frac{0,3R_a}{(S_a - V_a - 0,7R_a)} \times 100\%$$

SDP = 28,563 %

#### 5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)

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

Umur pabrik	= 10 tahun
<i>Fixed Capital Investment (FC)</i>	= Rp 829.415.047.000
<i>Working Capital (WC)</i>	= Rp 140.003.765.000
<i>Salvage (SV)</i>	= Rp 119.295.000.000
<i>Cash Flow (C)</i>	= Rp 849.149.832.000
DFCR	= 28,56 %



Gambar 6. 1 Grafik Evaluasi Ekonomi

## 6.2 Resiko Pabrik

Suatu pabrik harus dilihat risikonya apakah pabrik tersebut tinggi (*high risk*) atau beresiko rendah (*low risk*). Resiko pabrik ini dapat ditinjau dari berbagai parameternya yang dapat dilihat dari Tabel 6.14 dan 6.15:

Tabel 6. 14 Hasil analisa High Risk dan Low Risk

No	Parameter Resiko	Deskripsi	Risk	
			High	Low
1.	Kondisi Operasi	Suhu maksimal yang digunakan 102 °C		√

		Tekanan maksimal yang digunakan 1 atm		√
2.	Bahan Baku yang Digunakan	Asetaldol		√
		Asam Asetat		√
3.	Sifat Produk yang Dihasilkan	Krotonaldehid		√
4.	Regulasi Pemerintah	Limbah pabrik		√
5.	Keberadaan Pabrik			√

Untuk analisa ekonomi didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. 15 Hasil analisa ekonomi

<b>Parameter Kelayakan</b>	<b>Perhitungan</b>	<b>Standar Kelayakan (Aries and Newton, 1954)</b>
<b>Profit</b>		
Profit sebelum pajak	Rp 65.846.431.280.000	Pajak (11%) (peraturan Dirjen Pajak Nomor PER- 17/PJ/2015)
Profit setelah pajak	Rp 48.265.434.280.000	
<i>Return On Investment (ROI)</i>		
ROI sebelum pajak	62,708 %	Industrial Chemical minimal 11% (Low Risk) dan
ROI setelah pajak	43,896 %	

<b>Parameter Kelayakan</b>	<b>Perhitungan</b>	<b>Standar Kelayakan (Aries and Newton, 1954)</b>
		44% (High Risk)
<i>Pay Out Time</i>		
POT sebelum pajak	0,63 tahun	Industrial Chemical minimal 5 tahun (Low Risk) dan 2 tahun (High Risk)
POT setelah pajak	0,71 tahun	
<i>Break Even Point (BEP)</i>	40,038 %	40% - 60%
<i>Shut Down Point (SDP)</i>	28,563 %	>20%
<i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)</i>	20,978 %	1,5 x suku bunga acuan bank = 5,25%

Dari data hasil analisa resiko pabrik dan ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik Krotonaldehid dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak dan menarik untuk dikaji lebih lanjut.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari perancangan pabrik Krotonaldehid ini adalah sebagai berikut:

1. Pra rancangan pabrik Krotonaldehid dari Asetaldol menggunakan katalis Asam Asetat dengan kapasitas 10.000 Ton/Tahun akan didirikan di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB), Kecamatan Gringsing, Kabupaten Batang, Jawa Tengah dengan luas tanah 20.000 m<sup>3</sup> dan jumlah karyawan sebanyak 74 orang.
2. Pabrik Krotonaldehid ini merupakan pabrik yang tergolong resiko rendah (*low risk*).
3. Pabrik Krotonaldehid ini didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan terhadap impor, dan membantu memperbaiki perekonomian negara.
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut:
  - a. Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak sebesar 65.846.431.280 Rp/Tahun, dan keuntungan setelah pajak sebesar 48.265.434.280 Rp/Tahun.
  - b. *Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 62,7 % dan ROI setelah pajak sebesar 43,89 % syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah adalah minimum 11 %.

- c. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak : 0,63 tahun, sedangkan sesudah pajak adalah 0,71 tahun
- d. *Break Event Point* (BEP) pada 40,038 % dan *Shut Down Point* (SDP) pada 28,563 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40% - 60%.
- e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 20,97 %, syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sebesar 1,5 x suku bunga pinjaman bank

Berdasarkan hasil Analisa Ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik krotonaldehid dari Asetaldol menggunakan katalis Asam Asetat dengan kapasitas 10.000 Ton/Tahun ini layak untuk didirikan.

## 7.2 Saran

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

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

3. Produk Krotonaldehid dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat melihat pesatnya kebutuhan masyarakat saat ini.
4. Pendirian pabrik Krotonaldehid dapat menjadi solusi pemerintah untuk mendorong tumbuhnya industri kimia di dalam negeri, agar menjadi sector penggerak perekonomian nasional.
5. Dalam perancangan pabrik kimia diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang di dukung dengan adanya referensi dan pranalar lain yang berhubungan dengan konsep dasar pendirian suatu pabrik.

## 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. 2008. *Production of Crotonaldehyde from Acetaldo.* Chemie Ingenieur Technik.
- Brown, George Granger., 1950, "*Unit Operation*", John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Coker, A. (2013). *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 4th edition*. DOI: 10.1016/B978-0-7506-8524-5.00018-5: Elsevier Inc
- Coughanowr, Donald R., Steven E. LeBlanc, 2009. *Process Systems Analysis and Control*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983, *Chemical Engineering*, Vol. 6, Pergamon Press, Oxford.
- Coulson, J. M., and Richardson, J. F., 2005, *Chemical Engineering Design* vol. 6, 4 th ed., Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Ernest, Ludwig E. 2001. Ludwig, Ernest E. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 2, 3rd edition*. London: Gulf Professional Publishing. London: Gulf Professional Publishing.
- Garrett, Donald. E. 1989. "*Chemical Engineering Economics*". 1st ed Van Nostrand Reinhold. New York

- Kern, Donald. Q., 1965, "*Process Heat Transfer*", New York: Mc Graw-Hi Book Company.
- Kister, Henry. Z, 1990. *Distillation Operation*. New York: McGraw-Hill Books Company
- Lyons J., and Charles W. White. 2002. *Proces Equipment Cost Estimantion Final Report*. National Energy Technology Lab., Morgantown, WV
- McCabe, W.L., Smith, J.C., and Harriot, P., 2005, *Unit Operation of Chemical Engineering, 7th ed.*, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York
- Payne, F., and W. R. Breneman, 1952. Lymphoid areas in the endocrine glands of fowl. *Poultry Sci.* 31:155-165.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1997, *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7 th ed.*, Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
- Peters, M. S., and Timmerhaus, K. D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 4th ed.*, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West, R.E., 2003, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 5 th ed.*, Mc-Graw Hill, New York.
- Silla, H. (2003). *Chemical Process Engineering Design and Economics*. United State of America: Marcell Dekker, Inc.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott, M.M., 2001, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 6th ed, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York
- Smith, J.M. and Van Ness, H.C., 1987, *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 4th ed.*, McGraw-Hill Book Co., New York.

- Smith, J.M., Van Ness, H.C. and Abbott, M.M. (2005) *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 7th International Edition, McGraw-Hill Chemical Engineering Series. McGraw-Hill, Boston
- Treybal, R.E., 1981, "*Mass Transfer Operation*", 3rd ed., McGraw-Hill Book Company, Singapore
- Vilbrandt, F.C. and Dryden, C.E., 1959, *Chemical Engineering Plant Design, 4th edition*, McGraw Hill International Book Company, Kogakusha Ltd, Tokyo
- Yaws, Carl L. 1999. *Chemical properties handbook: physical, thermodynamic, environmental, transport, safety, and health related properties for organic and inorganic chemicals*. New York :McGraw-Hil

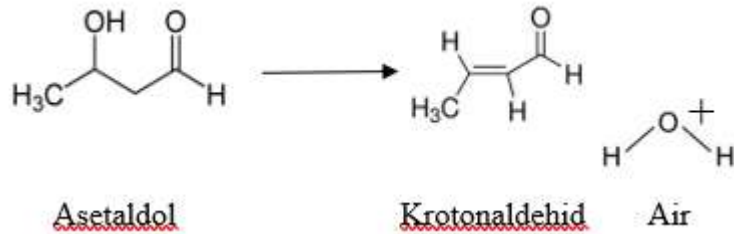
## LAMPIRAN A

### PERHITUNGAN REAKTOR

Kode	: R - 01 & R – 02
Fase	: Cair – cair
Bentuk	: Tangki Silinder Tegak dengan Tutup Torispherical Dished Head
Fungsi	: Mereaksikan Asetaldol ( $C_4H_8O_2$ ) dengan katalis Asam Asetat $CH_3COOH$ menjadi Krotonaldehid $C_4H_6O$ .
Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Bahan Konstruksi	: Stainless Steel SA – 167 Tipe 316
Kondisi Operasi	:
– Suhu	: $93^{\circ}C$
– Waktu Reaksi	: 3 jam 7 menit
– Tekanan	: 1 atm
– Konversi	: 98%

Lampiran 1. Neraca Massa Reaktor

Reaksi yang terjadi:



Reaktor -01		
Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 3	Arus 4
H <sub>2</sub> O	5.6464	263.8750
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	0	1004.3976
CH <sub>3</sub> COOH	43.8677	43.8677
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1288.3941	25.7679
Total	1377.9082	1337.9082

Reaktor -02		
Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 4	Arus 5
H <sub>2</sub> O	263.8750	263.8750
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	1004.3976	1004.3976
CH <sub>3</sub> COOH	43.8677	43.8677

Reaktor -02		
Komponen	Input (Kg/Jam)	Output (Kg/Jam)
	Arus 4	Arus 5
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	25.7679	25.7679

Lampiran 2. Menentukan Kecepatan Volumetrik (Fv, L/Jam)

Komponen	Massa (Kg/Jam)	Xi Massa	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Xi $\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Fv (m <sup>3</sup> /Jam)
H <sub>2</sub> O	5.6464	0.0042	962.7871	0.3417	5.8646
CH <sub>3</sub> COOH	43.8677	0.0327	968.7939	0.3301	45.2807
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1288.3941	0.9629	1002.9752	0.3280	1284.5953
Total	1337.9082	1	2934.5382	1	1335.7407

Lampiran 3. Menghitung Konsentrasi Asetaldol

$$Ca_0 = \frac{Fa_0}{Fv}$$

$$Ca_0 = \frac{\text{Mol asetaldol}}{\text{Total Fv}}$$

$$Ca_0 = \frac{14.6226}{1335.7407}$$

$$Ca_0 = 0.0109472 \text{ kmol/m}^3$$

#### Lampiran 4. Menghitung Konstanta Kecepatan Reaksi

Using a regression technique, the order of the reaction 'n' was found to be 1.8. The rate constants at 80°C and 93°C were determined. The rate constant was defined by the relation :

$$k = 20.583 \exp(-3416.8/RT)$$

##### Nomenclature

$C_A$	Concentration of acetaldol (kmol/m <sup>3</sup> )
$k$	Rate constant of reaction of acetaldol to crotonaldehyde (m <sup>3</sup> /kmol) <sup>0.8</sup> /min
$n$	Order of reaction (-)
$R$	Ideal gas constant (kJ/kmol K)
$r_A$	Rate of reaction (kmol/m <sup>3</sup> min)
$T$	Temperature (K)

59

$$K = 66.9701(\text{m}^3/\text{kmol}\cdot\text{jam})^{0.8}$$

#### Lampiran 5. Menghitung Laju Reaksi

$$(-r_A) = k \cdot C_A$$

$$(-r_A) = K \cdot (1 - C_A)$$

$$(-r_A) = 66,231 \text{ kmol/m}^3\text{Jam}^{1.8}$$

#### Lampiran 6. Menentukan Volume Reaktor

$$V = \frac{F a_0 X}{-r_A}$$

$$V = 27.7126 \text{ m}^3$$

#### Lampiran 7. Menentukan Optivasi Reaktor

Tujuan dari optimasi ini adalah untuk menentukan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor

– Jumlah 1 reaktor

$$V = \frac{F v \cdot X_A}{K \cdot C_{A0} (1 - X_A)^{0.8} (M - X_A)}$$

Diperoleh:

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0.98$$

$$v_1 = 27.7126$$

– Jumlah 2 reaktor

$$V = \frac{Fv \cdot X_a}{K \cdot C_{a0}(1-X_{a2})(M-X_{a2})}$$

Diperoleh:

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0.83$$

$$X_{a2} = 0.98$$

$$V_1 = 27.7124$$

$$V_2 = 27.7124$$

– Jumlah 3

reaktor

$$V = \frac{Fv \cdot X_a}{K \cdot C_{a0}(1-X_{a3})(M-X_{a3})}$$

Diperoleh:

$$X_{a0} = 0$$

$$X_{a1} = 0.66$$

$$X_{a2} = 0.90$$

$$X_{a3} = 0.98$$

$$V_1 = 19.7136$$

$$V_2 = 19.7136$$

$$V_3 = 19.7136$$

- Jumlah 4 reaktor

$$V = \frac{Fv.Xa}{K.Ca0(1-Xa4)(M-Xa4)}$$

Diperoleh:

$$Xa0 = 0$$

$$Xa1 = 0.54$$

$$Xa2 = 0.81$$

$$Xa3 = 0.93$$

$$Xa4 = 0.98$$

$$V1 = 16.8221$$

$$V2 = 16.8221$$

$$V3 = 16.8221$$

$$V4 = 16.8221$$

Didapatkan data volume dan konversi di setiap reaktor sebagai berikut:

Jumlah Reaktor	Optimasi	Volume ( L )		
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>
1 RATB	27.7126	-	-	-
2 RATB	27.7124	27.7124	-	-
3 RATB	19.7136	19.7136	19.7136	-
4 RATB	16.8221	16.8221	16.8221	16.8221

Jumlah Reaktor	Konversi				
	X0	X1	X2	X3	X4
1	0	0.98			
2	0	0.83	0.98		
3	0	0.66	0.90	0.98	
4	0	0.54	0.81	0.93	0.98

Untuk mengetahui Jumlah reaktor dilakukan optimasi, dengan menggunakan data harga reaktor yang diambil dari <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal. Dipilih Stainless Steel sebagai bahan pembuat reaktor, tipe jacket agitated. Sehingga didapatkan:

N	Volume reaktor	Z	Cost/unit	Cost
		(Gallon)	\$	
1	27.7126	27.7126	1,745	1,745
2	55.4253	110.8506	2,644	5,289
3	59.1410	177.4230	2,749	8,248
4	67.2887	269.1547	2,971	11,883

Dapat dilihat dari segi ekonomi, jumlah reaktor berpengaruh pada harga reaktor. Dari hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dan banyaknya reaktor yang terbaik yaitu dengan menggunakan 2 reaktor.

#### Lampiran 8. Dimensi Reaktor

##### 1. Menentukan Diameter reaktor

Perbandingan diameter dengan tinggi reaktor yang optimum  $D : H < 2$  (penyimpanan bahan cair) dipilih perbandingan  $D : H = 1 : 1,5$  (Tabel 4-27 Ulrich, 198 : 248).

$$D = \frac{(4 \times V)^{1/3}}{\pi}$$

$$D = 3.4860 \text{ m}$$

$$D = 3,6603 \text{ m}$$

Maka, Nilai H,

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

$$= 5,229 \text{ m}$$

$$= 17,1556 \text{ ft}$$

$$= 205,8674 \text{ in}$$

##### 2. Menentukan Tekanan Desain

Tekanan Operasi

$$(P) = 1 \text{ atm}$$

Tekanan desain 5-10% diatas tekanan kerja normal

(Coulson, 1988 Hal.673).

Tekanan yang dipilih 10% diatasnya

$$\begin{aligned}
 P_{\text{desain}} &= 1,1 \times P_{\text{operasi}} \\
 &= 1,1 \times 14,69 \text{ psi} \\
 &= 16,1655 \text{ psi}
 \end{aligned}$$

### 3. Menentukan Tebal Dinding Reaktor

Dirancang menggunakan bahan stainless steel SA 167 grade 3 type 316

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

Keterangan:

$t_s$  = tebal shell, in

$r$  =  $\frac{1}{2} \times D$   
 = 68.6225 in

$E$  = Efisiensi Pengelasan  
 = 80%

$C$  = Faktor Korosi  
 = 0.1250

$f$  = Tegangan yang diijinkan  
 = 18750 psia

Maka:

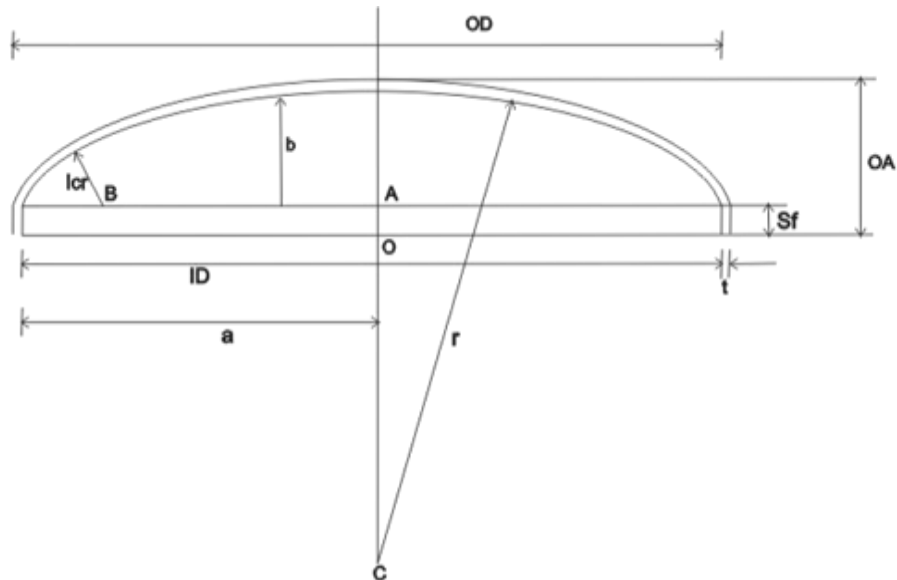
$t_s$  = 0,2330 in

Diambil  $t_s$  standard  $\frac{1}{4}$  in (Brownell and Young, hal. 88).

$OD$  =  $ID + 2 \times t_{\text{shell standar}}$   
 =  $137,2449 + (2 \times 0,25)$   
 = 137,7449 in

### 4. Perancangan Head dan Bottom Tangki

Jenis Head yang dipilih adalah Torispherical Flanged and Dished Head. Dikarenakan tekanan operasi yang dirancang yaitu 1 atm (15 psig) termasuk kedalam rentang tekanannya yaitu dari 15 psig – 200 psig dan harga yang lebih ekonomis.



#### 1. Ketebalan Torispherical Head

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

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

$$w = 1,7182$$

Maka

$$Th = 0,1925 \text{ in}$$

Dipakai tebal head (th) standar  $\frac{1}{4}$  in = 0,25 in

#### 2. Tinggi Head

Berdasarkan Ukuran OD standart pada tabel 5.7 Brownell

hal :90 didapatkan :

$$\text{OD} = 66 \text{ in}$$

$$t_s = 0,2500 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 4$$

$$r = 60 \text{ in}$$

$$E = 80\%$$

$$C = 0,1250$$

$$f = 18750 \text{ psia}$$

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

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

$$\text{ID} = \text{OD standar} - (2 \times t_s \text{ standar})$$

$$\text{ID} = 65 \text{ in}$$

$$a = \text{ID}/2$$

$$= 65 / 2$$

$$= 32,7500 \text{ in}$$

$$\text{AB} = \text{ID} - i_{cr}$$

$$= 28,7500$$

$$\text{BC} = r - i_{cr}$$

$$= 56 \text{ in}$$

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

$$= 48,0566 \text{ in}$$

$$b = r - \text{AC}$$

$$= 11,9434 \text{ in}$$

$$= 0,3034 \text{ m}$$

$$\text{Maka Tinggi Head Total (OA)} = sf + b + th$$

$$= 14,6934 \text{ in}$$

$$= 0,3732 \text{ m}$$

$$\text{Maka Tinggi Reaktor Total} = 2 \times \text{Tinggi Head Total} + \text{Tinggi}$$

$$\text{shell} = 5,9775 \text{ m}$$

#### Lampiran 9. Desain Sistem Pengaduk

Pengaduk yang akan digunakan dalam reaktor dipilih berdasarkan:

Viskositas fluida pada temperature = 93 °C

(T,K), ( $\mu$ , cP) = 366,15 K

Dengan Rumus:

$$\log_{10} \mu_{\text{liq}} = A + B/T + C T + D T^2$$

Komponen	A	B	C	D	$\mu$
H <sub>2</sub> O	-10,21580	1795,20	0,01773	-0,00001	0,305984
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	-522850	733,16	0,01186	-0,00001	0,253606
CH <sub>3</sub> COOH	-3,89370	784,82	0,00667	0,00001	50,552925
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	-13,71940	2769,50	0,02440	0,00002	142485,2986
Total					142536,4111

#### 1. Menentukan Jenis Pengaduk

Dilihat dari nilai viskositas cairan, maka pengaduk mixer dapat dipilih

jenis *blade turbine* dengan spesifikasi pengaduk "*flat six blade turbine*"

*with disk*" karena turbin ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

Dari Brown, 1978 page 507 diperoleh data:

$$D_t/D_i = 3$$

$$Z_l/D_i = 2,7 \text{ sampai } 3,9$$

= diambil 3,9

$$Z_i/D_i = 0,75 \text{ sampai } 1,3$$

= 1,3 Maka jumlah Sudut Blade = 6

$$W_b/D_i = 0,17 \text{ Maka jumlah Baffle} = 4 \text{ terpisah } 90^\circ \text{ satu sama lain.}$$

$$L/D_i = 0,25$$

$$D_t = 137,2449 \text{ in}$$

= 3,4860 m

= 11,4371 ft

Keterangan:

$D_i$  = 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

$$\begin{aligned} \text{Diameter Pengaduk (DI)} &= D_t/3 \\ &= 45,7483 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 1,1620 \text{ m} \\
&= 3,8123 \text{ ft} \\
\text{Jarak Pengaduk dari dasar tangki (Zi)} &= Di \times 1,3 \\
&= 59,4728 \text{ in} \\
&= 1,5106 \text{ m} \\
&= 4,9560 \text{ ft} \\
\text{Tinggi Pengaduk (ZL)} &= Di \times 3,9 \\
&= 178,4184 \text{ in} \\
&= 4,5318 \text{ m} \\
&= 14,8681 \text{ ft} \\
\text{Lebar Pengaduk (L)} &= Di \times 0,25 \\
&= 11,4371 \text{ in} \\
&= 0,2905 \text{ m} \\
&= 0,9531 \text{ ft} \\
\text{Lebar Baffle} &= Di \times 0,17 \\
&= 7,7772 \text{ in} \\
&= 0,1975 \text{ m} \\
&= 0,6481 \text{ ft}
\end{aligned}$$

## 2. Menghitung Jumlah Impeller

Dimana WELH adalah *Water Equivalen Liquid High*

$$\frac{\text{WELH}}{2 DI} = \left( \frac{\pi DI N}{600} \right)^2 = \text{tinggi bahan} \times \frac{\rho_{\text{cairan}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\text{WELH} = 3,6221 \text{ m}$$

Maka Jumlah Impeller:

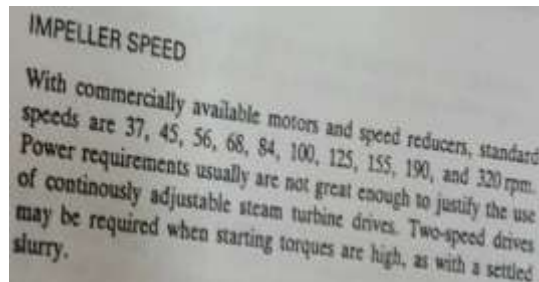
$$\begin{aligned}\Sigma \text{ Impeller} &= \text{WELH} / D \\ &= 3,6221/3,4680 \\ &= 1,03\end{aligned}$$

Maka Jumlah Impeller yang dibutuhkan adalah 1 buah.

### 3. Menghitung Kecepatan Pengaduk

$$\begin{aligned}N &= \frac{600}{\pi DI} \sqrt{\frac{\text{WELH}}{2 DI}} \\ N &= 62,5738 \text{ rpm} \\ &= 1,0429 \text{ rps}\end{aligned}$$

Jenis motor: dipilih tipe fixed speed belt (paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan).



$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Standar Pengaduk} &= 56 \text{ rpm} \\ &= 0,9333 \text{ rps}\end{aligned}$$

### 4. Menghitung Power Pengaduk

$$Pa = Np \cdot \rho \cdot Ni^3 \cdot Di^5$$

Dimana:

$$Np \quad (\text{Power Number}) \quad = 6$$

$$\rho \text{ (Densitas Campuran)} = 62,4629 \text{ Kg/m}^3$$

$$D_i \text{ (Diameter Pengaduk)} = 1,1620 \text{ m}$$

$$N_i \text{ (Kecepatan Pengaduk)} = 0,933 \text{ rps}$$

$$\text{Maka } P_a = 0,6456 \text{ Kw}$$

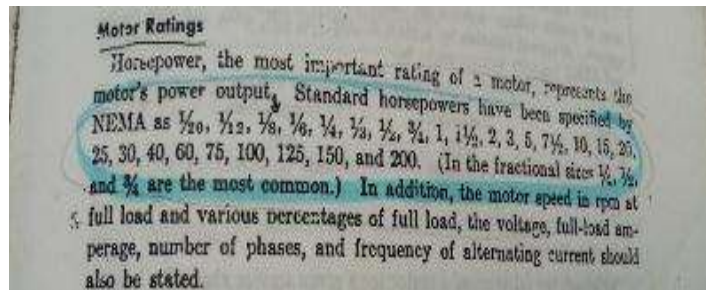
$$= 0,8657 \text{ Hp}$$

Daya motor, efisiensi motor adalah 80% (figur 14.38 peters hal 521)

$$\text{Sehingga } P = 0,8657/80\%$$

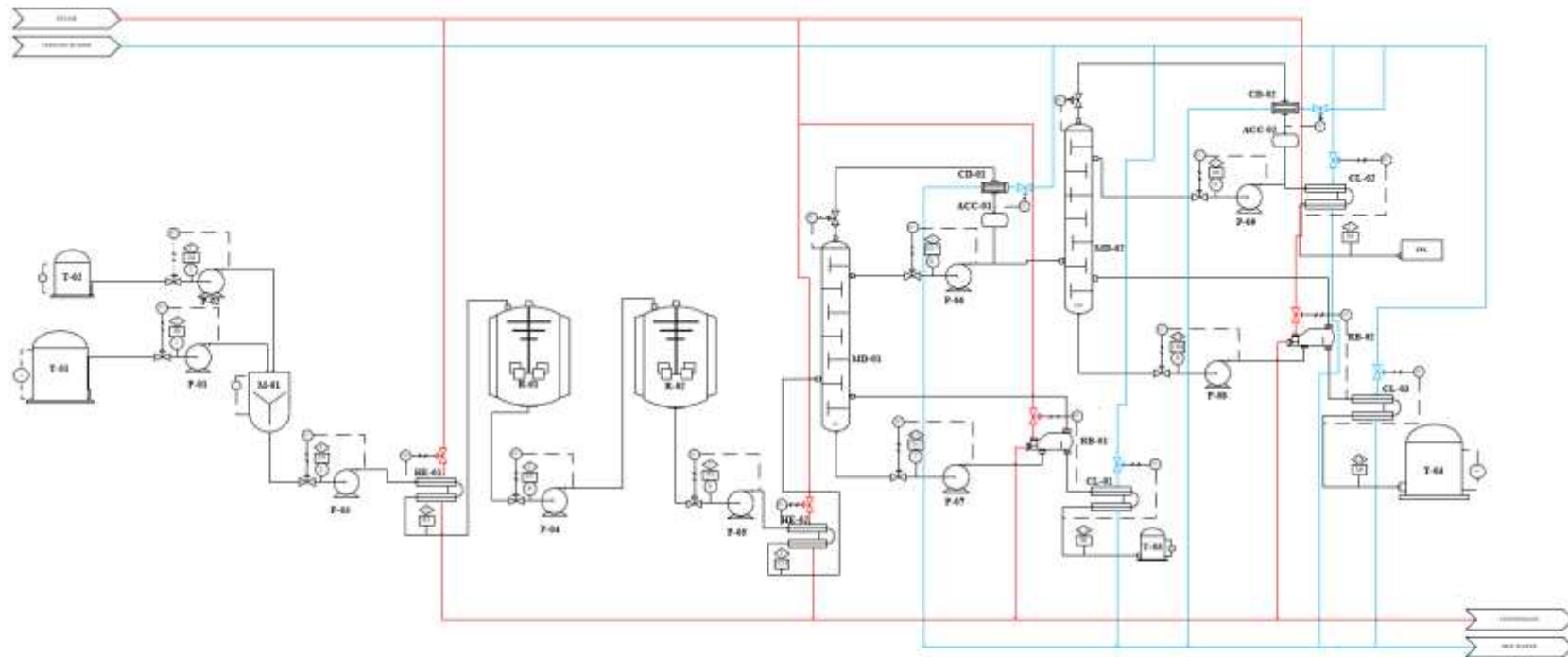
$$= 1,0821 \text{ Hp}$$

Maka dipilih power standar  $P = 1,5 \text{ Hp}$  (standar NEMA, Rase & Barrow, 1957, p.358)



## LAMPIRAN B

Lampiran 10. *Procees Engineering Flow Diagram*  
*Pra Rancangan Pabrik Krotonaldehid dari Asetaldol Menggunakan Katalis Asam Asetat Kapasitas*  
*10. 000 Ton/Tahun Kapasitas*



KOMPONEN	NOMOR ARUS (KG/JAM)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H <sub>2</sub> O	5.3775	0.2686	5.6464	263.875	263.875	263.8167	0.0584	5.2763	258.5403
C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O				1004.3976	1004.3976	999.3756	5.022	979.3881	19.9875
CH <sub>3</sub> COOH		43.8677	43.8677	43.8677	43.8677	0.2193	43.6484	0.2193	
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	1288.3491		1288.3941	25.7679	25.7679		25.7679		
TOTAL	1293.7266	44.1363	1337.9082	1337.9082	1337.9082	1263.4116	74.4967	984.88374	278.5278

Keterangan	Simbol	STRUKTUR
ACC	Accumulator	Accumulator
CD	Condenser	Condenser
CL	Cooler	Cooler
HE	Heater	Preheater/Reboiler
M	Motor	Motor
MD	Menara Distilasi	Distillation Column
P	Pompa	Pump
R	Reaktor	Reactor
RB	Reboiler	Reboiler
T	Tangki	Tank

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA YOGYAKARTA	
	PROSES ENGINEERING FLOW DIAGRAM PERANCANGAN PABRIK KROTONALDEHID DARI ASETALDEHID MENGGUNAKAN KATALIS ASAM ASETAT KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN	
Nama Dosen : Nama Mahasiswa :	1. M. Fauzan 2. M. Fauzan	(080117) (080118)
Di buat dengan ET SET		

Lampiran 11. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PERANCANGAN**


1. Nama Mahasiswa : Ali Reza  
No. MHS : 18521127
2. Nama Mahasiswa : M. Insan Naufal A  
No. MHS : 18521116

Judul Perancangan: Prarancangan Pabrik Krotonaldehid dari Asetaldol dengan Katalis Asam Asetat Kapasitas 10.000 Ton/Tahu.

Mulai Bimbingan : 7 November 2023

Batas akhir Bimbingan : 2 November 2024

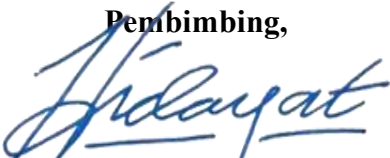
No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	1 Maret 2024	Perkenalan dan pemberitahuan judul tugas akhir	
2	4 Maret 2024	Diskusi mengenai tahap perancangan pabrik dan penentuan kapasitas	
3	13 Maret 2024	Bimbingan mengenai pemilihan proses dan spesifikasi bahan	
4	29 April 2024	Bimbingan mengenai diagram alir	

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
5	8 Mei 2024	Bimbingan mengenai Menara Distilasi	
6	21 Mei 2024	Bimbingan Mengenai alat-alat kecil	
7	4 Juni 2024	Bimbingan Mengenai Utilitas	
8	25 Juni 2024	Bimbingan mengenai Ekonomi	
9	19 Juli 2024	Bimbingan mengenai <i>Process Engineering Flow Diagram</i>	
10	25 Juli 2024	Bimbingan mengenai Pengecekan Naskah	

**Disetujui Draft Penulisan:**

**Yogyakarta, 30 Juli 2024**

**Pembimbing,**

  
**Arif Hidayat, Dr., S.T., M.T.**

## LAMPIRAN C

### Lembar Revisi

Nomor	Komentar Perbaikan	Versi Naskah lama	Versi Naskah revisi	Halaman	Paragraf
1	Format Penulisan				
	a. Penulisan Sumber Data Impor	Penulisan Sumber rata tengah	Penulisan Sumber rata kanan	4	
	b. Penulisan Sumber Yaws	Penulisan Sumber rata tengah	Penulisan Sumber rata kanan	17-20	
	c. Penulisan Judul PEFD	Penulisan kurang kata “Pabrik”	Penambahan kata “Pabrik”	178	
	d. Grafik Impor	Perbaikan di Grafik Impor	Penambahan kata impor di sumbu x serta menghilangkan angka desimal	4	

	e. Penulisan Daftar Isi, Daftar Gambar, Daftar Tabel, Daftar Lampiran	Penulisan jarak antar paragraph 1 cm	Penulisan jarak antar paragraph menjadi 2 cm	xii-xxii	
2	Metode Perhitungan				
	a. Membuat waktu penyimpanan pada tangka menjadi sama(15 hari)	Lama waktu penyimpanan pada Tangki 3 (T-03) a selama 30 hari	Lama waktu penyimpanan pada Tangki 1,2,3 dan 4 (T-01; T-02; T-03; T-04) menjadi 15 hari	61-64	
	b. Merubah volume dari tangki 3 dan tangki 4 karena waktu penyimpananny a menjadi 15 hari	Volume tangki 3 yaitu 1.059,6567 m <sup>3</sup> dan volume tangki 4 yaitu 14.604,179 m <sup>3</sup>	Volume tangki 3 menjadi 529,8283 m <sup>3</sup> dan volume tangki 4 menjadi 7.302,089 m <sup>3</sup>	63 dan 64	

3	Pertanyaan dari Dosen Penguji				
	Pengertian Plate dan Kenapa Plate MD-01 berjumlah 50?	<p>Plate berfungsi sebagai tempat terjadinya kontak antara uap dan cairan sehingga terjadi pemisahan komponen-komponen campuran berdasarkan titik didihnya dan jumlah plate di MD-01 50 buah dikarenakan perbedaan titik didih antara komponen sangat tinggi sehingga plate</p>			

		berjumlah 50 buah.			
	Jelaskan perancangan Reaktor?	Langkah-langkah yang digunakan untuk merancang sebagai berikut:  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menghitung Neraca Massa Reaktor</li> <li>2. Menentukan kecepatan volumetrik</li> <li>3. Menghitung Konsentrasi bahan baku</li> <li>4. Menghitung konstanta kecepatan reaksi</li> <li>5. Menghitung laju reaksi</li> <li>6. Menentukan volume reaktor</li> <li>7. Menentukan optimasi reaktor</li> <li>8. Menentukan dimensi reaktor</li> <li>9. Menentukan desain sistem pengaduk</li> </ol>			

--	--	--	--	--	--