

**PRA RANCANGAN PABRIK  
PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA DAN  
FORMALDEHIDA KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**

**TUGAS AKHIR**

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



**Oleh :**

**Nama : Muhammad Ar Rafi Bati Pasya      Nama : Sri Mulyawati  
NIM : 19521188                                      NIM : 19521193**

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

**2023**

# LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

## PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

Kami yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ar Rafi Bati Pasya    Nama : Sri Muliyawati  
NIM : 19521188                                NIM : 19521193

Yogyakarta, 6 Oktober 2023

Menyatakan bahwa naskah pra rancangan pabrik ini sudah ditulis sesuai kaidah ilmiah. Apabila dikemudian hari terbukti ada plagiasi atau pelanggaran lainnya, maka kami siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun.

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



Muhammad Ar Rafi Bati Pasya  
NIM. 19521188



Sri Muliyawati  
NIM. 19521193

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA  
DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Muhammad Ar Rafi Bati Pasya      Nama : Sri Muliyawati  
NIM : 19521188                                      NIM : 19521193

Yogyakarta, 6 Oktober 2023

Pembimbing



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK  
PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA DAN  
FORMALDEHIDA KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN  
PRA RANCANGAN PABRIK**

Oleh:

Muhammad Ar Rafi Bati Pasya	Sri Muliyawati
19521188	19521193

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

Tim Penguji,

Ketua Penguji  
Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc

Anggota I  
Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng

Anggota II  
Umi Rofiqah, S.T., M.T

 15/11/23  
  


Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

  
Oleh: Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.



## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr., Wb.*

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN”** dengan tepat waktu.

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

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

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penulis diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua kami Ibu Hj Rukati, Bapak H Mikro Rinata, Ibu Desi Arisanti, S.E., dan Bapak Yantes Mufrinaldi yang selalu mendo'akan serta memberikan dukungan serta motivasi kepada kami untuk menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU, ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing kami, memberikan masukan, dan memberikan semangat kepada kami dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas Akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia Angkatan 2019 yang selalu memberikan semangat dan doa.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penyusunan laporan penelitian.

Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini agar dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis berharap laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya mahasiswa Teknik Kimia.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, Oktober 2023

Penyusun

# LEMBAR PERSEMBAHAN 1

Alhamdulillahirobbil'alamin

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmatnya, karunianya kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan maksimal. Kami sangat bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan untuk bisa menuntut ilmu dan menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Berkat semua nikmat dan rahmat dalam bentuk apapun yang diberikan-Nya dan ridhonya, kami bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Terimakasih kepada kedua orang tua saya, Ayah Yantes Mufrinaldi dan Bunda Desi Arisanti, S.E. yang telah berkorban untuk saya dalam bentuk moril dan materi serta senantiasa memberikan doa dan kasih sayang yang sangat luar biasa. Dan juga seluruh anggota keluarga yang saya sangat sayangi dan banggakan saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya atas semua dukungan dan semangatnya. Tentu lembar persembahan ini tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan rasa terimakasih saya kepada keluarga. Saya selalu meminta doa dan dukungan dengan apapun yang akan saya jalani kedepannya, agar bisa membanggakan dan membahagiakan kalian seperti saya bangga dan bahagia dengan adanya kalian.

Untuk partner Tugas Akhir perancangan pabrik saya Sri Muliyawati yang selama ini telah bersabar dengan saya yang terkadang mungkin terlalu susah di ajak bekerja sama dalam penyelesaian penyusunan pra rancangan pabrik yang tidak biasa ini saya ucapkan terimakasih. Untuk semua waktu, ilmu, semangat, dedikasi, kekompakan dan dukungan selama ini saya juga ucapkan terimakasih. Semoga apa yang menjadi mimpi-mimpi kita bisa terwujud dikemudian hari. Aamiin

Kepada Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. selaku Dosen pembimbing yang selalu baik hati untuk meluangkan waktu hampir setiap hari untuk membimbing kami Dan selalu cepat merespon saat dibutuhkan. Atas bimbingan dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikannya tugas akhir dengan baik saya ucapkan terimakasih sebesar-besarnya.

Terima kasih juga untuk semua sahabat dan teman yang mendukung dan membantu baik moril maupun materil yaitu Ayu Rahma Lestari, Rif'at Afandi Zulkarnain, "Pria Panas" grub (Harvik, Walby, Aqiel, Aqil, Ari, Asim, Dedek, Defa, Fadel, Gilang, Wahyu, Palek, Rafi, Rifan, Sidiq, dan Rian), "Panjenengan ASW" grub (Herman, Sri, Ilham, Noval, Coki, Akip, Farrel, Inggis, Mayang, Nadia, Muti, dan Ayu), Serta Addin, Manan dan Teddy. Tak lupa untuk kakak dan abang yang banyak membantu semasa awal kuliah (Kak Sylvi, Bang Ijal, Bang Weli dan Bang Dedi). Kepada kalian semua terima kasih sudah hadir dari awal maba sampai pada titik ini, semoga kita semua selalu dalam lindungan allah Subhanahu Wa Ta'ala dan segala keinginan kita dapat terwujud nantinya dan semoga kita semua sukses kedepannya amin.

Seluruh teman-teman "REACTOR 19" (Teknik Kimia Angkatan 2019) dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan terbaik bagi kelancaran proses perkuliahan kita semua. Saya mengucapkan ribuan terimakasih.

Terimakasih untuk diri saya sendiri karena telah berjuang keras hingga sejauh ini, walau terkadang lelah tetapi selalu kuat dan pantang menyerah.

Muhammad Ar Rafi Bati Pasya

Teknik Kimia UII 2019



## **LEMBAR PERSEMBAHAN 2**

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

Allah SWT karena sudah mengabulkan doa-doa yang saya panjatkan setiap harinya, melindungi saya, memberikan petunjuk, dan hanya dengan izin-Nya kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tak lupa shalawat serta salam saya haturkan kepada Nabi Agung Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam yang senantiasa menjadi sosok dan suri tauladan kita semua, yang selalu kita nantikan syafa'at beliau di Yaumul Akhir kelak.

Kepada kedua orang tua saya, mamah Hj Rukati, papah H Mikro Rinata yang selalu memberi dukungan, doa, nasihat, kasih sayang dan pengorbaannya. Terimakasih untuk mamah dan papah yang tidak pernah berhenti untuk selalu berdoa dan mendukung anak-anak nya, dan selalu berjuang agar bisa memberikan yang terbaik untuk anak-anak nya. Saya sangat bersyukur dilahirkan oleh mamah dan papah, keluarga dengan penuh kasih dan sayang. Untuk kakak saya yang luar biasa, Novi yuliyanti, dan Hardi junaedi, serta adik saya Asef Saefullah dan M. Aldi Maulana atas segala do'a dan dukungan moral, semangat, dan nasihat. Tak lupa pula kepada keponakan-keponakan saya Naira Aprilia, Reyna Almahira Syafa, Azkadina Kaffah, dan Azkadina Kifah yang selalu menjadi penyemangat dan selalu mengobati lelah saya dalam menjalani hari. Semoga seluruh keluarga saya senantiasa diberikah kesehatan dan selalu diberkahi Allah SWT.

Kepada Bapak Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang sudah yakin bahwa saya dan partner saya memiliki potensi lebih untuk menyelesaikan TA dengan baik, segala bentuk wejangan dan nasihat yang diberikan selama masa pengerjaan Tugas Akhir, tak akan pernah kami lupakan, dan akan selalu menjadi kenangan. Serta seluruh pengajar dari Prodi Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia, terimakasih atas waktu, ilmu, bimbingan, dan arahnya selama ini sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan benar.

Kepada patner saya M. Ar rafi Bati Pasya yang telah kebersamai saya pada tugas akhir ini. Tentunya dalam setiap perjuangan yang kami hadapi ada kendala, salah paham dan lika-liku dalam mengerjakan tugas akhir ini. Namun, alhamdulillah dapat teratasi dengan baik. Semoga segala ilmu yang didapat akan bermanfaat untuk menempuh perjalanan selanjutnya. Semoga segala cita-cita dan harapan akan diijabah oleh Allah SWT.

Kepada seluruh teman dan sahabat saya yang selalu mendukung dan mendampingi saya yaitu M. addintia Irfan N yang telah memberi dukungan dan bantuannya, terimakasih sudah kebersamai saya untuk menyelesaikan kuliah ini. Kepada mahasiswi santuy (Mayang, Ayu, Meuthia, Nadia, Inggis), serta Herman, Aqib, Farel, Ilham, Noval, Syauqi, Teddy, Yovy, Manan, Cassa. Terimakasih telah memberikan dukungan moral, semangat, serta menghibur dikala senang maupun susah.

Seluruh teman-teman “REACTOR 19” (Teknik Kimia Angkatan 2019) dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang selalu memberikan semangat, doa, dan dukungan terbaik bagi kelancaran proses perkuliahan kita semua. Semoga kelak kita menjadi orang yang sukses dan bermanfaat bagi sesama.

Terimakasih untuk diri saya sendiri karena telah berjuang keras, walau terkadang lelah tetapi selalu kuat dan pantang menyerah.

Sri Muliyawati

Teknik Kimia UII 2019

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....	iv
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN 1 .....	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN 2 .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xix
ABSTRAK .....	xx
<i>ABSTRACT</i> .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik.....	3
1.2.1    Proyeksi Kebutuhan Pentaeritritol .....	4
1.2.2    Kebutuhan Produk Pentaeritritol di Berbagai Negara di Asia .....	5
1.2.3    Konsumsi Pentaeritritol.....	6
1.2.4    Skala Produksi Pentaeritritol di Berbagai Negara.....	7
1.3    Tinjauan Pustaka.....	8
1.3.1    Macam-macam proses pembuatan produk.....	8
1.3.2    Kegunaan Produk .....	13
1.4    Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....	14
1.4.1    Tinjauan Termodinamika .....	14
1.4.2    Tinjauan Kinetika .....	17
BAB II PERANCANGAN PRODUK .....	18
2.1    Spesifikasi Bahan Baku.....	18
2.2    Spesifikasi Produk.....	19
2.3    Pengendalian Kualitas .....	19

2.4.1	Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....	19
2.4.2	Pengendalian Kualitas Proses .....	20
2.4.3	Pengendalian Kualitas Produk .....	22
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		24
3.1	Uraian Proses.....	24
3.1.1	Proses Persiapan Bahan Baku .....	24
3.1.2	Tahap Reaksi .....	25
3.1.3	Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk .....	26
3.2	Spesifikasi Alat.....	28
3.2.1	Tangki Penyimpanan .....	28
3.2.2	Silo Penyimpanan .....	28
3.2.3	<i>Mixer</i> .....	29
3.2.4	Reaktor .....	30
3.2.5	<i>Neutralizer</i> .....	32
3.2.6	Evaporator (2 Buah).....	33
3.2.7	<i>Crystalizer</i> .....	35
3.2.8	<i>Centrifuge</i> .....	35
3.2.9	<i>Rotary Dryer</i> .....	36
3.2.10	Kondensor .....	37
3.2.11	<i>Heater</i> .....	38
3.2.12	<i>Cooler</i> .....	41
3.2.13	<i>Belt Conveyor</i> .....	42
3.2.14	Screw Conveyor .....	43
3.2.15	Pompa.....	44
3.2.16	Fan.....	46
3.3	Neraca Massa dan Neraca Panas .....	47
3.3.1	Neraca Massa Total .....	47
3.3.2	Neraca Massa Alat.....	47
3.3.3	Neraca Panas Total .....	51
3.3.4	Neraca Panas Alat .....	52
3.4	Diagram Alir Proses dan Material .....	56
3.4.1	Diagram Alir Kualitatif .....	56

3.4.2	Diagram Alir Kuantitatif .....	57
BAB IV PERANCANGAN PABRIK .....		58
4.1	Lokasi Pabrik.....	58
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik .....	59
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik .....	61
4.2	Tata Letak Pabrik.....	62
4.3	Tata Letak Mesin/Alat Proses.....	65
4.4	Organisasi Perusahaan.....	67
4.4.1	Bentuk Perusahaan .....	67
4.4.2	Struktur Organisasi.....	68
4.4.3	Tugas dan Wewenang.....	70
4.4.4	Status, Penggolongan Jabatan, Jumlah dan Gaji Karyawan .....	76
4.4.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan .....	80
4.4.6	Ketenagakerjaan.....	82
BAB V UTILITAS .....		85
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....	86
5.1.1	Unit Penyedia Air.....	86
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	88
5.2	Unit Pembangkit Steam.....	94
5.3	Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....	95
5.4	Unit Penyediaan Udara Tekan .....	98
5.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	99
5.6	Unit Pengolahan Limbah.....	99
5.7	Spesifikasi Alat Utilitas .....	100
5.7.1	Perancangan Pengolahan Air.....	100
8.	Bak Penampungan Sementara (BU-06) .....	106
5.7.2	Pengolahan Air Sanitasi .....	107
5.7.3	Pengolahan Air Pendingin.....	109
5.7.4	Pengolahan Air <i>Steam</i> .....	111
5.7.5	Pengolahan Air <i>Service</i> .....	115
5.7.6	Pompa Utilitas.....	116
BAB VI EVALUASI EKONOMI .....		122

6.2	Evaluasi Ekonomi.....	122
6.3	Penaksiran Harga Peralatan.....	124
6.4	Perhitungan Biaya .....	127
6.5	Analisa Resiko Pabrik .....	133
6.6	Analisa Keuntungan .....	134
6.7	Analisa Kelayakan.....	134
BAB VII PENUTUP .....		141
7.1	Kesimpulan.....	141
7.2	Saran .....	142
DAFTAR PUSTAKA .....		143
LAMPIRAN-1 .....		145
LAMPIRAN-2 .....		162
LAMPIRAN-3 .....		163

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data Impor Pentaeritritol di Indonesia tahun 2015-2018.....	4
Tabel 1. 2 Kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara asia .....	5
Tabel 1. 3 Data Penggunaan pentaeritritol .....	7
Tabel 1. 4 Data Produsen Pentaeritritol di Dunia.....	7
Tabel 1. 5 Perbandingan metode pembuatan Pentaeritritol.....	11
Tabel 1. 6 Harga $\Delta H_f^\circ$ Masing-Masing Komponen .....	14
Tabel 1. 7 Harga $\Delta G_f^\circ$ Pada Masing-Masing Komponen .....	15
Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku.....	18
Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk.....	19
Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Silo Penyimpanan .....	28
Tabel 3. 3 Spesifikasi Mixer .....	29
Tabel 3. 4 Spesifikasi Reaktor.....	30
Tabel 3. 5 Spesifikasi Neutralizer .....	32
Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator-01 .....	33
Tabel 3. 7 Spesifikasi Evaporator-02 .....	34
Tabel 3. 8 Spesifikasi Crystalizer .....	35
Tabel 3. 9 Spesifikasi Centrifuge-01 .....	35
Tabel 3. 10 Spesifikasi Centrifuge-0.....	36
Tabel 3. 11 Spesifikasi Rotary Dryer .....	36
Tabel 3. 12 Spesifikasi Kondenser Total.....	37
Tabel 3. 13 Spesifikasi Heater-01 .....	38
Tabel 3. 14 Spesifikasi Heater-02 .....	38
Tabel 3. 15 Spesifikasi Heater-03 .....	39
Tabel 3. 16 Spesifikasi Heater-04 .....	40
Tabel 3. 17 Spesifikasi Heater-05 .....	40
Tabel 3. 18 Spesifikasi Cooler-01 .....	41
Tabel 3. 19 Spesifikasi Belt Conveyor.....	42
Tabel 3. 20 Spesifikasi Screw Conveyor .....	43
Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa .....	44
Tabel 3. 22 Spesifikasi Fan .....	46
Tabel 3. 23 Neraca Massa Total .....	47
Tabel 3. 24 Neraca Massa di Mixer .....	47
Tabel 3. 25 Neraca Massa di Reaktor .....	48
Tabel 3. 26 Neraca Massa di Neutralizer .....	48
Tabel 3. 27 Neraca Massa di Evaporator (EV-01) .....	49
Tabel 3. 28 Neraca Massa di Crystalizer (CR-01) .....	49
Tabel 3. 29 Neraca Massa di Centrifuge (CF-01) .....	50
Tabel 3. 30 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-01) .....	50
Tabel 3. 31 Neraca Massa di Evaporator (EV-02) .....	50
Tabel 3. 32 Neraca massa di centrifuge-2 (CF-02).....	51

Tabel 3. 33 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-02) .....	51
Tabel 3. 34 Neraca Panas Total .....	51
Tabel 3. 35 Neraca Panas di Mixer .....	52
Tabel 3. 36 Neraca Panas di Reaktor .....	52
Tabel 3. 37 Neraca Panas di Neutralizer .....	53
Tabel 3. 38 Neraca Panas di Evaporator (EV-01) .....	53
Tabel 3. 39 Neraca Panas di Crystalizer (CR-01) .....	53
Tabel 3. 40 Neraca Panas di Centrifuge (CF-01) .....	54
Tabel 3. 41 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-01) .....	54
Tabel 3. 42 Neraca Panas di Evaporator (EV-02) .....	54
Tabel 3. 43 Neraca Panas di Centrifuge-02.....	55
Tabel 3. 44 Neraca Panas di Rotary Dryer (RD-02) .....	55
Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah Pabrik Pentaeritritol .....	64
Tabel 4. 2 Jumlah dan Gaji Karyawan .....	78
Tabel 4. 3 Pembagian Shift Karyawan .....	82
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik.....	92
Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin .....	93
Tabel 5. 3 Kebutuhan Steam .....	93
Tabel 5. 4 Kebutuhan Air Service .....	94
Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses.....	96
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas .....	97
Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Total.....	98
Tabel 5. 8 Spesifikasi Screening .....	100
Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Pengendapan Awal.....	100
Tabel 5. 10 Bak Penggumpal .....	101
Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Larutan Alum .....	102
Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Pengendapan I .....	103
Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Pengendapan II .....	104
Tabel 5. 14 Spesifikasi Sand Filter.....	105
Tabel 5. 15 Spesifikasi Bak Penampungan Sementara .....	106
Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Klorinasi.....	107
Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Kaporit .....	107
Tabel 5. 18 Tangki Air Bersih .....	108
Tabel 5. 19 Spesifikasi Bak Pendingin.....	109
Tabel 5. 20 Spesifikasi Cooling Tower .....	110
Tabel 5. 21 Spesifikasi Blower Cooling Tower.....	111
Tabel 5. 22 Spesifikasi Mixed Bed .....	111
Tabel 5. 23 Spesifikasi Tangki NaCl.....	112
Tabel 5. 24 Spesifikasi Tangki NaOH .....	113
Tabel 5. 25 Spesifikasi Tangki Demin .....	113
Tabel 5. 26 Spesifikasi Dearator .....	114
Tabel 5. 27 Spesifikasi Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .....	115
Tabel 5. 28 Spesifikasi Tangki Service .....	115
Tabel 5. 29 Spesifikasi Pompa Utilitas .....	116



Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat Proses .....	125
Tabel 6. 2 Harga Indeks Hasil Regresi Linear .....	126
Tabel 6. 3 Pyhsical Plant Cost (PPC).....	128
Tabel 6. 4 Direct Plant Cost (DPC).....	128
Tabel 6. 5 Fixed Capital Investment (FCI).....	129
Tabel 6. 6 Working Capital Investment.....	130
Tabel 6. 7 Direct Manufacturing Cost.....	131
Tabel 6. 8 Indirect Manufacturing Cost .....	131
Tabel 6. 9 Fixed Manufacturing Cost (FMC).....	132
Tabel 6. 10 Total Manufacturing Cost (MC).....	132
Tabel 6. 11 General Expense .....	133
Tabel 6. 12 Total Production Cost.....	133
Tabel 6. 13 Fixed Cost (Fa).....	137
Tabel 6. 14 Regulated Cost (Ra) .....	137
Tabel 6. 15 Variable Cost (Va) .....	137
Tabel 6. 16 Annual Sales Value (Sa) .....	138

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Pentaeritritol di Indonesia Tahun 2015-2018 .....	4
Gambar 1. 2 Grafik Impor Pentaeritritol di Beberapa Negara Asia Tahun 2015-2018.....	6
Gambar 1. 3 Struktur Kimia Senyawa Pentaeritritol .....	8
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif .....	56
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif .....	57
Gambar 4. 1 Lokasi Rencana Pabrik Pentaeritritol.....	59
Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik Pentaeritritol.....	65
Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses Pabrik Pentaeritritol.....	67
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan .....	70
Gambar 5. 1 Tata Letak Utilitas Pabrik Pentaeritritol .....	86
Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan Ekonomi.....	140

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN-1 .....	126
LAMPIRAN-2 .....	140
LAMPIRAN-3 .....	141

## ABSTRAK

Pentaeritritol adalah senyawa organik yang memiliki rumus molekul  $C_5H_{12}O_4$ . Senyawa ini biasanya digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia dan memiliki beberapa aplikasi yang berbeda. Pentaeritritol juga dapat digunakan untuk pembuatan alkyd resin, *stabilizers*, poliuretan, pelumas sintesis, peledak, dan rosin ester. Perkembangan industri kimia menjadi bagian penting dalam pertumbuhan ekonomi nasional. Inovasi dalam bidang industri kimia semakin ditingkatkan, salah satunya pengembangan dalam industri produk antara, hal ini dikarenakan industri kimia produk antara dinilai sangat menguntungkan. Oleh karena itu perancangan pabrik kimia pentaeritritol dirasa perlu untuk membantu pertumbuhan ekonomi nasional dan mengurangi ketergantungan terhadap ekspor luar negeri. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri, dirancang pabrik pentaeritritol dengan kapasitas 75.000 ton per tahun. Proses produksi pentaeritritol dimulai dengan memasukkan Larutan NaOH, larutan formaldehid, dan asetaldehid dimana proses ini terjadi pada temperatur  $50^{\circ}C$  dengan tekanan operasi 3 atm. Rasio mol formaldehid : asetaldehid : NaOH = 4,5 : 1 : 1,2. Setelah itu, larutan hasil dinetralkan dengan asam format hingga pH 5,5-6,5 untuk mencegah terbentuknya produk samping. Yield yang dihasilkan dengan cara diatas adalah konsentrasi pentaeritritol diperoleh 98%. Dari proses diperoleh produk berupa pentaeritritol 98% dan natrium format 92% yang akan dipisahkan dengan 2 Evaporator, *crystallizer* dan *centrifuge*. Bahan baku pabrik ini yaitu asetaldehid sebesar 24.264,706 ton/tahun, formaldehid sebesar 74.448,529 ton/tahun, natrium hidroksida sebesar 26.470,588 ton/tahun dan asam format sebesar 3523,81 ton/tahun. Selain itu kebutuhan air sebesar 1.255.229 kg/jam, dan listrik sebesar 637,17 kW. Pabrik memperkerjakan karyawan sebanyak 144 orang. Pabrik ini memiliki fixed capital sebesar Rp 283.116.488.865,92 dan working capital Rp 13.265.558,86. Berdasarkan analisis kelayakan yang telah dilakukan, pabrik pentaeritritol dari formaldehid dan asetaldehid ini termasuk *low risk*. Nilai ROI dan POT sudah memenuhi nilai standar yang ditetapkan untuk pabrik low risk dengan nilai ROI sebelum pajak 61,69% dan setelah pajak sebesar 48,69% dan POT sebelum pajak 1,45 tahun dan setelah pajak sebesar 1,08 tahun. Nilai BEP sebesar 40,53 %, SDP sebesar 30,54 %, dan DCFR sebesar 35,5%. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang dilakukan dengan parameter-parameter diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak dan juga menarik untuk ditinjau lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek dari resiko pendirian dan juga proses yang digunakan.

Kata Kunci : Asetaldehida, Formaldehida, Pentaeritritol, RATB

## **ABSTRACT**

*Pentaerythritol is an organic compound that has the molecular formula  $C_5H_{12}O_4$ . It is commonly used as a raw material in the chemical industry and has several different applications. Pentaerythritol can also be used for the manufacture of alkyd resins, stabilizers, polyurethanes, synthetic lubricants, explosives, and rosin esters. The development of the chemical industry is an important part of national economic growth. Innovation in the field of the chemical industry is increasingly being improved, one of which is the development of the intermediate product industry, this is because the intermediate product chemical industry is considered very profitable. Therefore, the design of a pentaerythritol chemical plant is deemed necessary to help national economic growth and reduce dependence on foreign exports. To meet domestic and foreign needs, a pentaerythritol plant with a capacity of 75,000 tons per year was designed. The pentaerythritol production process begins with the introduction of NaOH solution, formaldehyde solution, and acetaldehyde where this process occurs at a temperature of 50 °C with an operating pressure of 3 atm. The mole ratio of formaldehyde: acetaldehyde: NaOH = 4.5 : 1 : 1,2. After that, the resulting solution is neutralized with formic acid to pH 5.5-6.5 to prevent the formation of by-products. The yield produced by the above method is the concentration of pentaerythritol obtained 98%. From the process, the product obtained is 98% pentaerythritol and 92% sodium formate which will be separated by 2 evaporators, crystallizer and centrifuge. The raw materials for this plant are acetaldehyde of 24,264.706 tons/year, formaldehyde of 74,448.529 tons/year, sodium hydroxide of 26,470.588 tons/year and formic acid of 3523.81 tons/year. In addition, the water requirement is 403,771.97 kg/hour, and electricity is 637,17 kW. The factory employs 144 employees. This factory has a fixed capital of Rp 283,116,488,865.92 and a working capital of Rp 13,265,558.86. Based on the feasibility analysis that has been carried out, this pentaerythritol plant from formaldehyde and acetaldehyde is considered low risk. The ROI and POT values have met the standard values set for low risk plants with a pre-tax ROI value of 61%% and after tax of 48.69% and a pre-tax POT of 1.45 years and after tax of 1.08 years. The BEP value is 40.53%, SDP is 30.54%, and DCFR is 35.5%. Based on the economic evaluation carried out with the above parameters, it can be concluded that this plant is feasible and also attractive for further review by considering aspects of the risk of establishment and also the process used.*

*Keywords: Acetaldehyde, CSTR, Formaldehyde, Pentaerythritol*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri kimia memegang peranan sangat penting dalam peradaban manusia. Produk-produk industri kimia dibutuhkan dan digunakan di semua bidang kehidupan sehari-hari. Salah satu implementasinya pada pembudidayaan tumbuhan dan hewan yang memerlukan pupuk kimia, pakan (makanan hewan), insektisida, pestisida, herbisida dan desinfektan. Beraneka ragam bahan bangunan dan bahan konstruksi peralatan merupakan hasil pengolahan kimiawi, misalnya saja logam, semen, kapur, keramik, plastik dan cat.

Salah satu industri kimia yang mempunyai peluang besar di masa mendatang adalah industri pentaeritritol. Pentaeritritol merupakan bahan kimia yang mempunyai banyak fungsi (Maity, 2009), diantaranya :

1. Resin pentaeritritol digunakan dalam pembuatan cat dan tinta karena dapat menghasilkan viskositas yang tinggi, dapat menstabilkan warna, serta tahan air sehingga digunakan di cat dan coating.
2. Pentaeritritol dapat digunakan tanpa atau dengan campuran garam logam sebagai penstabil panas.
3. Pada industri tekstil, pentaeritritol digunakan untuk menghaluskan serat, baik serat sintetis maupun serat kimia. Hal ini dikarenakan ester asam lemak

dari pentaeritritol mempunyai tingkat kestabilan yang tinggi, mempunyai titik didih yang tinggi, namun mempunyai kelarutan yang rendah.

4. Pada industri pelumas mesin, pentaeritritol digunakan dalam pembuatan pelumas.
5. Pentaeritritol dapat diubah menjadi polyether yang memiliki ketahanan korosi dan stabilitas yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan pipa, *valve*, dan pelapis logam.
6. Resin yang terbuat dari pentaeritritol dapat juga digunakan sebagai insulasi listrik.
7. Pentaeritritol yang dinitrasi dengan asam nitrat akan menghasilkan *pentaerythritol tetranitrate* (PETN) . PETN sendiri digunakan sebagai pendorong utama bagi *trinitrotoluen* (TNT) untuk menghasilkan ledakan yang sangat dahsyat.

Pada tahun 1882, pentaeritritol ditemukan sebagai produk samping dari reaksi antara barium hidroksida dengan formaldehida tidak murni. Akan tetapi, beberapa tahun kemudian, tepatnya pada tahun 1891, ditemukan bahwa pengotornya adalah asetaldehida, yang terkondensasi dengan formaldehida dalam kondisi basa.

Indonesia saat ini sedang mengalami perkembangan ekonomi dan infrastruktur yang signifikan. Hal ini membuat kebutuhan akan bahan-bahan pendukung seperti cat juga tinggi. Hal ini membuat pentaeritritol sebagai salah satu bahan baku cat akan mengalami peningkatan kebutuhan. Pemanfaatan cat

dan coating yang bisa digunakan untuk industri otomotif juga membuat permintaan pentaeritritol diperkirakan akan meningkat setiap tahun. Namun, untuk pabrik pentaeritritol di Indonesia saat ini belum tersedia sehingga pemenuhan bahan baku pentaeritritol saat ini masih dipenuhi dengan cara impor. Terdapat beberapa industri kimia lain di Indonesia yang membutuhkan pentaeritritol sebagai bahan bakunya. Sehingga, industri kimia yang membutuhkan pentaeritritol harus mengimpor bahan bakunya. Oleh sebab itu, dibutuhkan pendirian pabrik pentaeritritol untuk memenuhi kebutuhan pentaeritritol dalam negeri yang akan terus meningkat. Selain di Indonesia, negara- negara asia lainnya juga cukup banyak membutuhkan pentaeritritol. Pendirian pabrik juga diharapkan akan menyeimbangkan neraca perdagangan Indonesia sehingga bisa meningkatkan devisa negara melalui ekspor pentaeritritol.

## **1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik**

Kapasitas produksi suatu pabrik merupakan hal yang perlu dipertimbangkan pada saat perancangan pabrik. Semakin besar peluang kapasitas produksi dari suatu pabrik, maka pabrik yang didirikan akan menguntungkan. Prediksi kapasitas pabrik salah satunya diambil berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai impor pentaeritritol di Indonesia, dan kebutuhan pentaeritritol di luar negeri.

Pemilihan kapasitas produksi pentaeritritol di Indonesia untuk 4 tahun terakhir mulai dari tahun 2015 sampai tahun 2018 di dapatkan dari data sebagai berikut



### 1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pentaeritritol

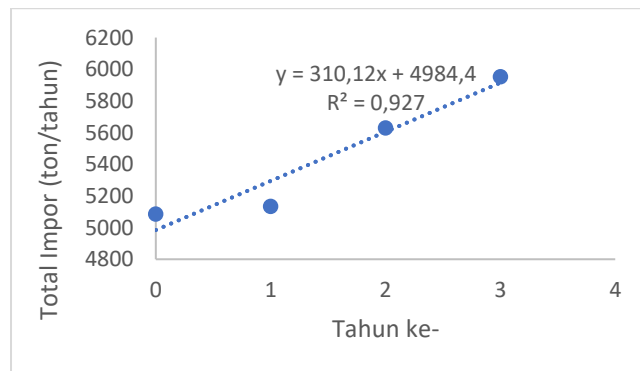
Kebutuhan akan Pentaeritritol dalam negeri semakin meningkat dari tahun ke tahun berdasarkan data Badan Pusat Statistik nasional. Hal ini dapat ditinjau dari Tabel 1.1 di bawah ini

Tabel 1. 1 Data Impor Pentaeritritol di Indonesia tahun 2015-2018

Tahun	Jumlah Impor (ton)
2015	5.083,862
2016	5.133,349
2017	5.628,687
2018	5.952,499

(Sumber : bps.go.id)

Dari data di atas, dibuat grafik hubungan antara tahun dan jumlah pentaeritritol yang di impor ke Indonesia



Gambar 1. 1 Grafik Impor Pentaeritritol di Indonesia Tahun 2015-2018

Untuk menghitung kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada beberapa tahun yang akan datang, maka dapat digunakan persamaan garis lurus pada persamaan (1) berikut :

$$y = ax + b \quad \dots (1.1)$$

Dengan

$x =$  Tahun ke- $x$

$y =$  Kebutuhan pentaeritritol pada tahun ke- $x$  (ton/tahun)

$a =$  gradien,

$b =$  intercept

Dengan menggunakan persamaan (1.1) tersebut, dapat diperkirakan kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2028 (pada tahun ke-13) yaitu :

$$y = (310,12 \times 13) + 4984,4$$

$$y = 9.016 \text{ ton}$$

Dapat disimpulkan bahwa perkiraan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2028 sebesar 9.016 ton.

### 1.2.2 Kebutuhan Produk Pentaeritritol di Beberapa Negara di Asia

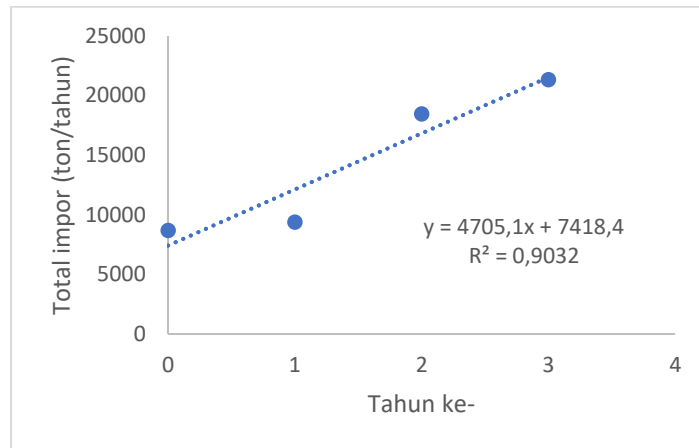
Selain melihat kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun mendatang, perlu diperhatikan pula kebutuhan pentaeritritol di luar negeri terutama di beberapa negara asia, sebagai berikut :

Tabel 1. 2 Kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara asia

No	Negara	2015	2016	2017	2018
1	Jepang	2.033,477	2.347,971	9.946,640	11.410,290
2	Malaysia	4.579,033	4.819,260	4.958,592	6.258,405
3	China	2.085,641	2.216,980	3.562,633	3.685,195

(Sumber : dataun.org, 2022)

Dari data di atas, dibuat grafik hubungan antara tahun dan jumlah kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara asia



Gambar 1. 2 Grafik Impor Pentaeritritol di Beberapa Negara Asia Tahun 2015-2018

Dengan menggunakan persamaan (1.1) didapatkan nilai y untuk beberapa negara asia pada tahun ke-13 sebesar :

$$y = (4705,1 \times 13) + 7.418,4$$

$$y = 68.585 \text{ ton}$$

Dari perolehan data kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara asia pada tahun 2028 diperkirakan sebesar 68.585 ton/tahun. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa kebutuhan pentaeritritol di dalam (9.016 ton) dan luar negeri (68.585 ton) pada tahun 2028 sebesar 77.601 ton/tahun.

### 1.2.3 Konsumsi Pentaeritritol

Berdasarkan data yang didapat dari ICIS Chemical Business penggunaan pentaeritritol sebagai berikut :

Tabel 1. 3 Data Penggunaan pentaeritritol

Penggunaan	Persen (%)
<i>Alkyd paint</i>	37
<i>Alkyd ink</i>	14,4
<i>Alkyd adhesive/sealants</i>	11
<i>Plasticizers</i>	9
<i>Alkyd varnshes fro floors and woodwork</i>	8
<i>Radiation cure coating</i>	7
<i>Lubricant explosives</i>	4

Maka berdasarkan Tabel 1.3 diperoleh perkiraan penggunaan pentaeritritol pada pabrik *alkyd paint* di tahun 2028 yaitu sebesar 9.433,776 Ton/Tahun.

$$\text{Kapasitas} = \text{Supply} - \text{Demand}$$

$$= (\text{Impor} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Konsumsi})$$

$$= 62.905 \text{ ton/tahun}$$

#### 1.2.4 Skala Produksi Pentaeritritol di Berbagai Negara

Berdasarkan pertimbangan skala komersil, kapasitas pabrik Pentaeritritol dari bahan baku asetaldehida dan formaldehida yang telah berdiri berkisar antara 5.000-50.000 ton/tahun, sebagaimana terdapat pada tabel 1.3 berikut :

Tabel 1. 4 Data Produsen Pentaeritritol di Dunia

No	Negara	Produsen	Kapasitas (ton/tahun)
1	Ankleshwar, India	Kanoria Chemicals & Industries	5.000
2	Hengyang, China	Hunan Hengyang Sanhua	13.000
3	Gemlik-Bursa, Turkey	MKS Marmara Entegre Kimya	17.000

4	Perstorp, Sweden	Perstorp	27.000
5	Bruchhausen, Germany	Perstorp	36.000
6	Yichang, China	Hubei Yichang Chemical	50.000

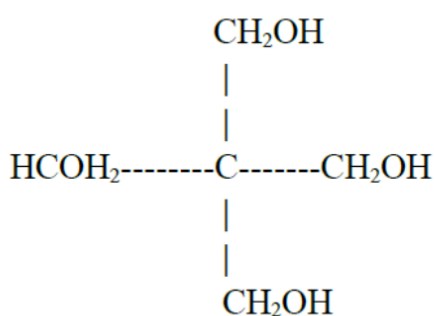
(Sumber : [www.icis.com](http://www.icis.com))

Dengan melihat kebutuhan pentaeritritol baik di dalam maupun di luar negeri, maka besarnya kapasitas pabrik pentaeritritol yang direncanakan adalah sebesar 75.000 ton/tahun.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Macam-macam proses pembuatan produk

Pentaeritritol merupakan senyawa kristal berwarna putih tidak berbau yang memiliki rumus kimia  $C_5H_{12}O_4$ . Senyawa ini memiliki titik leleh yang cukup tinggi, yakni berkisar pada suhu  $262^{\circ}C$  dan bersikap higroskopis. Pentaeritritol merupakan senyawa yang larut dalam air. Sedangkan kelarutnya pada cairan organik sangat terbatas dan larut dalam pelarut eter. Struktur kimia senyawa pentaeritritol ditunjukkan pada gambar 1.5 berikut :



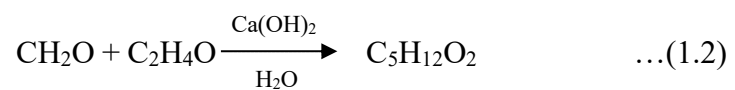
Gambar 1. 3 Struktur Kimia Senyawa Pentaeritritol

Pentaeritritol dapat diperoleh sebagai produk komersil dengan beberapa metode.

Terdapat 2 macam proses pembuatan Pentaeritritol, antara lain :

1. Proses pembuatan Pentaeritritol dengan menggunakan Kalsium Hidroksida

Reaksi yang terjadi :



Metode pertama yang digunakan yaitu menggunakan bahan baku formaldehid, asetaldehid dan kalsium hidroksida sebagai media alkalinnya, dengan perbandingan yang tetap. Kondisi operasi pada proses ini tidak boleh melebihi atau dijaga agar tetap pada suhu operasi 50 °C, karena reaksi samping cepat terjadi. Waktu yang dibutuhkan untuk reaksi ini di dalam tangki reaktor adalah selama 2 jam dengan yield hasil 80 %. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor tangki alir berpengaduk (*continuous stirred tank reactor*).

Endapan yang terjadi disaring di dalam *centrifuge*. Filtrat hasil penyaringan kemudian dipekatkan dalam evaporator. Kemudian, larutan yang dihasilkan dikeringkan dalam *dryer*. Produk dari *dryer* siap untuk dikemas. Kristal dalam proses ini warnanya tidak putih karena terdapat produk reaksi samping, sehingga perlu proses pemurnian lebih lanjut. Proses ini membutuhkan lebih banyak alat yang digunakan. Hal ini menyebabkan meningkatnya biaya kebutuhan alat sehingga proses ini tidak ekonomis. (sumber : [www.organicssynthesis.com](http://www.organicssynthesis.com))

2. Proses pembuatan Pentaeritritol dengan menggunakan Sodium Hidroksida

Reaksi yang terjadi :



Pentaeritritol dibuat dengan menggunakan formaldehida dan asetaldehida yang direaksikan dengan sodium hidroksida. Kemudian asam format digunakan untuk menetralkan sisa sodium hidroksida menjadi sodium format. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (RATB). Reaktor bekerja secara kontinyu dimana metode terbaik adalah dengan memasukkan secara bersamaan ketiga bahan baku tersebut. Perbandingan mol formaldehida : asetaldehida : sodium hidroksida adalah 4,5 : 1 : 1,2. Kondisi operasi reaktor alir tangki berpengaduk adalah 50 °C dan 3 atm, dimana reaksi berlangsung dalam fase cair.

Sodium hidroksida ditambahkan ke dalam larutan formaldehida. Kemudian, asetaldehida ditambahkan secara perlahan dengan disertai pengadukan. Hasil keluaran dari reaktor kemudian ditambah dengan asam untuk menetralkan sisa alkali yang berupa sodium hidroksida. Larutan tersebut kemudian di evaporasi dan dipisahkan antara produk utama dengan produk sampingnya yang berupa sodium format.

Sedangkan produk utama akan dikristalisasi dan dikeringkan menjadi padatan pentaeritritol. (Peter and cupit, 1959).

Tabel 1. 5 Perbandingan metode pembuatan Pentaeritritol

Proses	Kalsium Hidroksida	Natrium Hidroksida
Bahan Baku	Asetaldehid dan Formaldehid	Asetaldehid dan Formaldehid
Kondisi Proses	-	T = 50 P = 3 atm
Reaktor	RATB	RATB
Konversi	-	84%
Kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kristal yang dihasilkan tidak putih</li> <li>- kalsium hidroksida lebih mahal</li> <li>- dalam proses nya menggunakan lebih banyak alat</li> </ul>	-
Kelebihan	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menghasilkan produk samping yang bernilai ekonomis</li> <li>- yield yang dihasilkan tinggi</li> <li>- Lebih mudah dalam merubah ion sodium menjadi sodium format</li> <li>- proses lebih umum digunakan pada pabrik pentaeritritol</li> </ul>
Sumber	<a href="http://www.organicssynthesis.com">www.organicssynthesis.com</a>	Peter and cupit, 1959



Berikut merupakan deskripsi proses yang digunakan produsen pentaeritritol untuk memproduksi pentaeritritol

1. *Hubei Yihua Chemical Industry CO., Ltd.*

Larutan NaOH 15-50% (w/v) dimasukkan ke dalam larutan formaldehida 10 - 25% (w/v), kemudian ditambahkan asetaldehida 60-99% (w/v), dimana proses ini terjadi pada temperatur awal 30 - 50 °C. Rasio mol formaldehida: asetaldehida : NaOH = 4,5 : 1 : 1,2. Reaksi kemudian berjalan selama 30-100 menit dengan tekanan operasi 0-0,2 Mpa dan suhu akhir 45-70 °C. Setelah itu, larutan hasil dinetralkan dengan asam format hingga ph 5,5-6,5. Yield yang dihasilkan dengan cara diatas adalah 91,1-92,4% berdasarkan asetaldehida dan konsentrasi pentaeritritol diperoleh 95-99%.

2. *Perstorp Specialty Chemicals AB*

Reaksi dijalankan dengan rasio formaldehida : asetaldehida = 6:1 pada larutan NaOH. Reaksi berjalan secara eksotermis dan suhu reaksi akan mencapai 40-70 °C. Campuran hasil reaksi kemudian dinetralkan dengan asam format hingga pH 5,7. Hasil campuran ini kemudian dievaporasi hingga 50-70% berat lalu didinginkan. Kristal pentaeritritol yang terbentuk dipisahkan dengan *centrifuge*. Yield yang dihasilkan adalah 90% berdasarkan asetaldehida dan kemurnian pentaeritritol adalah 99%.

### 3. *Heyden Chemical Corporation*

Larutan formaldehida 17-30% (berat) larutan NaOH 50% (berat) pada suhu sekitar 20-30 °C. Kemudian ditambahkan larutan asetaldehida sedikit demi sedikit. Rasio formaldehida : NaOH : asetaldehida adalah 4,5 : 1,5 : 1. Reaksi akan berjalan selama 3-4 jam pada suhu 25 °C dan suhu dinaikkan hingga 60 °C selama 1-2 jam. Setelah reaksi selesai larutan diturunkan pHnya dengan asam format hingga pH 7,8-8. Yield yang dihasilkan adalah 86-90% berdasarkan asetaldehida.

Berdasarkan deskripsi proses dari 3 produsen diatas maka dapat dipilih proses yang dijalankan *Hubei Yihua Chemical Industry Co., Ltd.* Hal ini dikarenakan yield yang dihasilkan oleh produsen ini tinggi dan kemurnian yang dihasilkan juga tinggi.

#### **1.3.2 Kegunaan Produk**

Kegunaan produk Pentaeritritol antara lain :

1. Digunakan dalam pembuatan cat dan tinta.
2. Pentaeritritol dapat digunakan tanpa atau dengan campuran garam logam sebagai penstabil panas.
3. Digunakan untuk menghaluskan serat dalam industri tekstil.
4. Pada industri pelumas mesin, pentaeritritol digunakan dalam pembuatan pelumas.

5. Pentaeritritol dapat diubah menjadi polyether yang memiliki ketahanan korosi dan stabilitas yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan pipa, valve, dan pelapis logam.
6. Resin yang terbuat dari pentaeritritol dapat juga digunakan sebagai insulasi listrik.

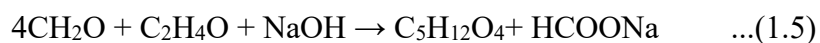
## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Pada tinjauan termodinamika ditujukan untuk mengetahui sifat reaksi, seperti bersifat eksotermis atau endotermis serta berlangsung secara berlawanan ataupun searah. Kondisi reaksi dijaga pada suhu 50°C dan tekanan 3 atm dengan reaksi yang terjadi yaitu :



Dimana, F = formaldehida, A = asetaldehida, N = Sodium hidroksida, P = pentaeritritol, NF = sodium format.



Harga  $\Delta H_f^\circ$  masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel

1.4 sebagai berikut :

Tabel 1. 6 Harga  $\Delta H_f^\circ$  Masing-Masing Komponen

Komponen	Harga $\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
CH <sub>2</sub> O	-115.90
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-166.36
NaOH	-423.12
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	-776.70

HCOONa	-666.5
--------	--------

(Sumber : Yaws, 1990 hal. 288)

Setelah menghitung nilai  $\Delta H_f^\circ$  pada masing-masing komponen, kemudian dihitung nilai entalpi pada keseluruhan.

- Entalpi keseluruhan ( $\Delta H_r^\circ$ ) :

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = \Delta H_{f^\circ} \text{ produk} - \Delta H_{f^\circ} \text{ reaktan} \quad \dots(1.6)$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = [(1 \times -776,70) + (1 \times -666,50)] - [(4 \times -115,90) + (1 \times -166,36) + (1 \times 423,12)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta H_{r(298)}^\circ = -390,12 \text{ kJ/mol}$$

Kemudian menghitung nilai *Gibbs* ( $\Delta G_f^\circ$ ) keseluruhan pada reaksi yang sama pada suhu 298 K. Perhitungan nilai *Gibbs* keseluruhan komponen dapat ditinjau berdasarkan Tabel 1.6 berikut :

Tabel 1. 7 Harga  $\Delta G_f^\circ$  Pada Masing-Masing Komponen

Komponen	Harga $\Delta H_f^\circ$ (kJ/mol)
CH <sub>2</sub> O	-109.91
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	-133.30
NaOH	-379.50
C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	-542.65
HCOONa	-559,90

(Sumber : Yaws, 1990 hal. 318)

- Energi *Gibbs* Keseluruhan :

$$\Delta G_{r(298)}^\circ = \Delta G_{f^\circ} \text{ produk} - \Delta G_{f^\circ} \text{ reaktan} \quad \dots(1.7)$$

$$\Delta G_{r(298)}^\circ = [(1 \times -542,65) + (1 \times -599,90)] - [(4 \times -109,91) + (1 \times -133,30) + (1 \times 379,50)] \text{ (kJ/mol)}$$

$$\Delta G^{\circ}_{r(298)} = -190 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan enthalpi diperoleh hasil -390,12 KJ/mol, dapat disimpulkan bahwa hasil bernilai negatif yang menandakan bahwa reaksi yang terjadi merupakan reaksi *eksotermis* atau terjadinya perpindahan kalor dari sistem ke lingkungan yang menandakan reaksi ini mengeluarkan panas. Sedangkan untuk nilai energi *Gibbs* yang didapat sebesar -190 kJ/mol, yang berarti reaksi berlangsung secara spontan (reaksi dapat terjadi tanpa masukan energi dari luar).

Dari persamaan tersebut dapat dicari konstanta kesetimbangan reaksi pada T = 298K

$$\Delta G = -RT \ln K \quad \dots(1.8)$$

(Smith, 1981)

Dari Penjabaran didapatkan persamaan :

$$\frac{\ln K_1}{K_2} = \frac{\Delta Hr}{R} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad \dots(1.9)$$

$$\Delta G = -RT \ln K \quad \dots(1.10)$$

$$\ln K_{298} = \frac{190,11}{-8,314 \times 298}$$

$$K_{298} = 1,080$$

Pada suhu operasi 50°C (323K), harga K :

$$\frac{\ln K_1}{\ln K_2} = \frac{\Delta Hr}{R} \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right] \quad \dots(1.11)$$

$$\frac{\ln K_{318}}{\ln K_{298}} = \left( -\frac{190,11}{8,314} \right) \left( \frac{1}{323} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln K_{318} = 0,005$$

$$K = 1,006$$

Dikarenakan nilai K mendekati 1, maka menandakan bahwa reaksi yang terjadi berlangsung secara *reversible* yang merupakan reaksi setimbang. Untuk mencegah reaksi terjadi *reversibel* yaitu dengan cara menaikkan konsentrasi reaktan, dan suhu dari reaktan dibatasi dimana tidak dapat digunakan dengan suhu yang tinggi. Hal ini dilakukan dengan memasukan komposisi reaktan (formaldehid) berlebihan, dan menjaga reaksi suhu stabil. Sehingga reaksi dapat berjalan ke kanan atau ke arah produk.

#### 1.4.2 Tinjauan Kinetika

Tinjauan secara kinetika bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia, yang meliputi ilmu yang mempelajari tentang pengukuran laju reaksi dan variabel-variabel dalam laju reaksi yaitu konsentrasi, suhu, dan tekanan. Reaksi pembuatan pentaeritritol merupakan reaksi orde 3 terhadap asetaldehida dengan nilai konstanta kecepatan reaksi sebagai berikut :

$$-ra = k \cdot C_a \cdot C_b \cdot C_c \quad \dots(1.12)$$

$$k = 1,82 \times 10^{17} \exp\left(-\frac{22800}{RT}\right) L^2 mol^2 \cdot jam \quad \dots(1.13)$$

(Peters & Cupit, 1959)

dimana :

k = konstanta kecepatan reaksi

R = tetapan gas

T = suhu

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

#### 2.1 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Baku

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Formaldehida	Asetaldehida
Rumus Kimia	CH <sub>2</sub> O	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O
Berat Molekul, g/mol	30,02	44,05
Wujud	Cairan	Cairan
Warna	Tidak Berwarna	Tidak Berwarna
Titik Didih, °C	98	20,2
Titik Leleh, °C	-15	-123,5
Densitas gram/ml	1,08	0,788
Kelarutan dalam Air	Mudah larut	Tanpa batas
Konsentrasi, %	37	99

Spesifikasi	Bahan Baku	
	Natrium Hidroksida	Asam Format
Rumus Kimia	NaOH	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
Berat Molekul, g/mol	30	46,03
Wujud	Padatan	Cairan
Warna	Putih	Tidak Berwarna
Titik Didih, °C	1.388	101
Titik Leleh, °C	323	8,6
Densitas gram/ml	-	1,22
Kelarutan dalam Air	Larut	Tanpa batas
Konsentrasi, %	98	94

Sumber : Perry, 1997 dan MSDS LabChem, 2018

## 2.2 Spesifikasi Produk

Tabel 2. 2 Spesifikasi Produk

Spesifikasi	Produk	
	Pentaeritritol	Sodium Format
Rumus Kimia	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	HCOONa
Berat Molekul, g/mol	136,15	68,01
Wujud	Kristal Padat	Padatan
Warna	Putih	Putih
Titik Didih, °C	369	411
Titik Leleh, °C	259	253
Kelarutan dalam Air	5,6 gram/100 gram	44 gram/100 gram
Konsentrasi, %	98	92

Sumber : Perry, 1997

## 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas atau pengendalian mutu merupakan suatu usaha yang akan dilakukan untuk menghasilkan produk Pentaeritritol yang memiliki spesifikasi dan kualitas yang sesuai dengan standar yang diinginkan. Pengendalian kualitas (*quality control*) terdiri dari pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan terakhir pengendalian kualitas produk.

### 2.4.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku dilaksanakan untuk memastikan bahan baku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi agar proses yang dilakukan akan menghasilkan produk yang sesuai dengan standar. Proses pengendalian kualitas bahan baku dapat ditinjau dari spesifikasi bahan baku yang digunakan dan dilakukan sebelum bahan baku memasuki proses produksi. Pengendalian kualitas



ini dilaksanakan pada semua bahan baku dan bahan pembantu yaitu asetaldehid, formaldehid, asam format, dan sodium hidroksida. Proses ini dilakukan dengan cara menganalisa bahan baku dan bahan pembantu secara 2 metode, yaitu kualitatif dan kuantitatif.

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

Pengendalian kualitas pada proses produksi bertujuan untuk menjaga produk yang dihasilkan. Pengendalian kualitas pada proses dapat ditinjau dari pengawasan bahan baku dan bahan pembantu, serta alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Pengawasan dan pengendalian kualitas terhadap jalannya operasi dilakukan dengan alat pengendalian yang terdapat pada ruang pengawasan (control room), pengawasan dilakukan secara otomatis menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada proses, maka sinyal atau tanda atau nyala lampu atau bunyi alarm dan sebagainya yang menyala, maka hal tersebut dapat mengindikasikan terjadinya penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan dan diatur baik dari *flow rate* bahan baku atau produk, *level control*, dan *temperature control*.

Pengawasan yang dikontrol oleh alat ini berupa pengontrolan atau pengawasan terhadap kondisi operasi baik dari segi temperatur, aliran, dan sistem kontrol. Alat kontrol yang harus di atur pada kondisi tertentu yaitu antara lain:

1. Alat Sistem Kontrol, terbagi dalam :
  - a. *Sensor*; digunakan untuk mengidentifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan meliputi manometer untuk sensor

aliran fluida, tekanan, dan level serta *thermocouple* sebagai sensor suhu.

- b. *Controller* dan Indikator merupakan alat untuk pengawasan dan pengendalian jalannya proses produksi yang biasanya dikendalikan pada *control room* atau ruang pengawasan, dapat dilakukan secara *automatic control* maupun secara manual dengan bantuan indikator.

Adapun alat kontrol yang digunakan antara lain :

- 1) *Temperature Control* (TC)

*Temperature control* merupakan alat kontrol yang dipasang untuk mengontrol suhu di dalam alat proses. Apabila suhu yang ditentukan tidak sesuai maka akan menimbulkan masalah dan timbul tanda berupa suara atau nyala lampu.

- 2) *Pressure Control* (PC)

*Pressure control* merupakan alat kontrol yang dipasang untuk mengontrol tekanan pada sistem terutama proses yang memerlukan tekanan diatas tekanan atmosfer. *Control valve* dihubungkan dengan saklar yang mana jika tekanan pada suatu proses naik lebih dari *set point* maka saklar akan aktif dan mematikan *control valve*.

### 3) *Flow Control (FC)*

*Flow control* merupakan alat kontrol yang digunakan untuk mengontrol kecepatan aliran fluida. Alat ini dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan aliran keluar proses.

### 4) *Level Control (LC)*

*Level control* merupakan alat kontrol yang berfungsi untuk mengontrol ketinggian (*level*) larutan pada suatu tangki atau alat proses.

- c. *Actuator*, digunakan untuk memanipulasi agar variabelnya sama dengan *variable controller*. Alat yang digunakan adalah *automatic control valve* dan *manual control valve*.

## 2. Aliran Sistem Kontrol, terbagi dalam :

- a. Aliran pneumatis atau aliran udara tekan digunakan untuk *valve* dari *controller* ke *actuator*.
- b. Aliran listrik atau elektrik digunakan untuk suhu dari sensor ke *controller*.
- c. Aliran mekanik atau aliran gerakan/perpindahan *level* digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

### **2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk**

Pengendalian kualitas dari produk dilakukan untuk mengetahui dan memastikan apakah produk yang dihasilkan dari proses produksi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Proses pengendalian kualitas produk ini

dilakukan dengan cara yang sama dengan pengendalian kualitas bahan baku, yaitu dengan pengujian bahan di dalam laboratorium pengujian.

## **BAB III**

### **PERANCANGAN PROSES**

#### **3.1 Uraian Proses**

Prarancangan pabrik Pentaeritritol dengan kapasitas produksi 75.000 ton/tahun dari bahan baku asetaldehida dan formaldehida akan beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan 330 hari dalam setahun. Secara keseluruhan, proses dapat digolongkan menjadi tiga tahapan, yaitu :

1. Tahap persiapan bahan baku,
2. Tahap reaksi,
3. Tahap pemisahan dan pemurnian produk.

##### **3.1.1 Proses Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku Formaldehida 37% dari produsen dialirkan dan disimpan ke dalam tangki penyimpanan (T-01) untuk persediaan selama 7 hari pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Bahan baku Asetaldehida 99% dari produsen dialirkan dan disimpan ke dalam tangki penyimpanan (T-02) untuk persediaan selama 7 hari pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Bahan baku Natrium Hidroksida 98% berupa padatan dari produsen disimpan di dalam silo (SL-01) selama 7 hari kemudian dilarutkan dengan air di *mixer* (M-01) pada suhu 30 °C dengan tekanan 1 atm untuk membentuk larutan NaOH 50%. Katalisator cair berupa Asam Format 94% dari produsen akan dialirkan dan disimpan ke dalam tangki penyimpanan (T-03) untuk persediaan selama 7 hari pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm.

### 3.1.2 Tahap Reaksi

Dari tangki penyimpanan (T-01) akan dialirkan bahan baku Formaldehida menggunakan pompa (P-01) menuju Reaktor (R-01) yang sebelumnya telah dinaikkan suhunya menggunakan *heat exchanger* (HE-01) menjadi suhu 50 °C dan tekanan 3 atm, dan dari tangki penyimpanan (T-02) akan dialirkan bahan baku Asetaldehida menggunakan pompa (P-02) menuju Reaktor (R-01) yang sebelumnya telah dinaikkan suhunya menggunakan *heat exchanger* (HE-02) menjadi suhu 50 °C dan tekanan 3 atm. Dari silo penyimpanan (SL-01), padatan natrium hidroksida dibawa menggunakan *belt conveyor* (BC-01) yang kemudian dilarutkan di dalam *mixer* (M-01) dengan bantuan air pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm, pelarutan bersifat eksotermis sehingga membutuhkan pendingin, lalu dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju Reaktor (R-01) yang sebelumnya dipanaskan menggunakan *heat exchanger* (HE-04) sehingga suhu larutan menjadi 50 °C dengan tekanan 3 atm .

Pada Reaktor (R-01) akan terjadi reaksi pembentukan produk Pentaeritritol dengan suhu operasi 50 °C dan tekanan 3 atm. Perbandingan formaldehid : asetaldehid : sodium hidroksida pada umpan masuk reaktor adalah 4,5 : 1 : 1,2 untuk meminimalkan terbentuknya reaksi samping. Hasil keluar Reaktor (R-01) berupa campuran antara produk pentaeritritol, dipentaeritritol, sodium format, dan sisa reaktan berupa asetaldehid, formaldehid, dan sodium hidroksida kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-05) menuju Neutralizer (N-01).

Natrium hidroksida yang tersisa dalam campuran dapat mengakibatkan reaksi samping yang membentuk dipentaeritritol dari pentaeritritol, sehingga arus

keluar Reaktor (R-01) dipompa menggunakan (P-05) ke Neutralizer (N-01) untuk menghilangkan sisa natrium hidroksida yang ada. Untuk menetralkan natrium hidroksida, maka larutan asam format 94% dialirkan dari tangki penyimpanan (T-03) menggunakan pompa (P-04) yang kemudian dinaikkan suhunya dengan *heat exchanger* (HE-03) hingga suhu 50 °C dengan tekanan 3 atm menggunakan pompa (P-04) menuju Neutralizer (N-01).

### 3.1.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian Produk

Hasil reaksi dari *Neutralizer* (N-01) yang berupa campuran produk pentaeritritol, dipentaeritritol, sodium format, dan sisa reaktan berupa asetaldehid dan formaldehid. Campuran ini kemudian dipompa dengan (P-06) menuju evaporator (EV-01) untuk memisahkan produk dan reaktan yang tidak bereaksi agar kemurnian yang didapat tinggi. Hasil atas dari evaporator berupa uap akan melewati kondenser CD-101 agar fase uap dapat berubah menjadi fase cair hingga suhunya 35°C kemudian dialirkan menuju UPL sedangkan hasil bawah dari evaporator (EV-01) dipompa dengan pompa (P-07) melewati pendinginan menggunakan *cooler* (CL-01) hingga suhu menjadi 80 °C menuju *crystallizer* (CR-01) untuk membentuk kristal pentaeritritol. *Crystallizer* (CR-01) bekerja pada kondisi operasi 30 °C, pada tekanan 1 atm dan yang dilengkapi dengan jaket pendingin. Hasil dari *crystallizer* (CR-01) ini adalah kristal pentaeritritol dan dipentaeritritol serta cairan sisa larutan sodium format. Campuran cairan dan padatan kemudian dipisahkan dengan dipompa menggunakan pompa (P-08) terlebih dahulu menuju *centrifuge* (CF-01). Kristal pentaeritritol dan dipentaeritritol yang mengandung banyak air dilewatkan ke *rotary dryer* (RD-01)

yang beroperasi pada suhu 100 °C melalui *belt conveyor* (BC-02) agar kadar airnya berkurang kemudian keluaran *rotary dryer* (RD-01) berupa produk pentaeritritol disimpan ke dalam silo (SL-02) melalui *belt conveyor* (BC-03).

Hasil atas *centrifuge* (CF-01) yang berupa larutan sodium format dipompa dengan (P-09) ke *evaporator* (EV-02) untuk dikurangi kadar airnya. Evaporator beroperasi pada suhu 105 °C. Hasil dari evaporator (EV-02) berupa *slurry* sodium format diangkut menggunakan *screw conveyor* (SC-01) yang dilengkapi dengan pendingin menuju Centrifuge-02 (CF-02) untuk dipisahkan dari *mother liquor* nya. Kemudian cake diangkut menggunakan *belt conveyor-04* (BC-04) menuju *rotary dryer* (RD-02) yang beroperasi pada suhu 100 °C menggunakan pompa (P-10) agar kadar airnya berkurang, kemudian produk sodium format disimpan ke dalam silo (SL-03) melalui *belt conveyor-04* (BC-05).



### 3.2 Spesifikasi Alat

#### 3.2.1 Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

Tangki	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku formaldehida ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) untuk proses produksi	Menyimpan bahan baku asetaldehida ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) untuk proses produksi	Menyimpan bahan baku asam format ( $\text{CH}_2\text{O}_2$ ) untuk proses produksi
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari	7 hari
Fasa	Cair	Cair	Cair
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 3 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Bahan Konstruksi	<i>Stainless Steel SA-167 Grade 3 type 304</i>		
Volume Tangki ( $\text{m}^3$ )	1.819,93	4.151,25	166,57
Diameter (m)	24,38	13,72	9,14
Tinggi (m)	9,14	5,49	2,44
Jumlah <i>Course</i>	5	3	8
Tebal <i>Shell</i> (m)	0,005	0,005	0,005
Harga	\$149.209	\$65.181	\$27.181

#### 3.2.2 Silo Penyimpanan

Tabel 3. 2 Spesifikasi Silo Penyimpanan

Silo	S-01	S-02	S-03
Fungsi	Menyimpan bahan baku Natrium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ )	Menyimpan produk Pentaeritritol ( $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$ )	Menyimpan produk Natrium Format ( $\text{HCOONa}$ )

Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari	7 hari
Fasa	Padat	Padat	Padat
Jumlah	1	1	1
Kondisi Operasi	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm	Suhu : 30 °C Tekanan : 1 atm
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Diameter (m)	5,92	9,40	7,74
Tinggi (m)	8,35	13,18	10,88
Tebal <i>Shell</i> (m)	0,31	0,19	0,19
Tebal <i>Bottom</i> (m)	0,50	0,62	0,19
Harga	\$111.485	\$458.051	\$246.953

### 3.2.3 Mixer

Tabel 3. 3 Spesifikasi Mixer

Kode	<b>M-01</b>	
Fungsi	Melarutkan natrium hidroksida (NaOH) untuk proses produksi	
Jenis	Tangki Silinder tegak dengan <i>Torispherical Dishead Head</i> berpengaduk	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	T = 30	°C
	P = 1	atm
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Jumlah Pengaduk	1	buah
Waktu Tinggal	10	menit
	<b>Dimensi Mixer</b>	
Diameter	0,9892	m
Tinggi	1,4933	m
Tinggi Cairan	0,9380	m
Volume <i>Mixer</i>	0,8389	m <sup>3</sup>
Volume <i>Head</i>	0,0790	m <sup>3</sup>
Tebal <i>Shell</i>	0,1875	in

Tebal <i>Head</i>	0,1875	in
Jumlah Pengaduk	1	buah
Kecepatan Pengadukan	291,272	rpm
<i>Power Motor</i>	5,00	Hp
<b>Koil Pendingin</b>		
Panjang koil,m	24,45	m
Jumlah Lilitan Koil	6	lilitan
Luas Transfer Panas	73,55	ft <sup>2</sup>
Tinggi Cairan Setelah Ditambah Koil ,m	1,27	m
Harga	\$86.790	

### 3.2.4 Reaktor

Tabel 3. 4 Spesifikasi Reaktor

Kode	R-01	
Fungsi	Mereaksikan asetaldehida, formaldehida, dan natrium hidroksida (CH <sub>2</sub> O, CH <sub>3</sub> CHO, dan NaOH) , untuk membentuk produk pentaeritritol	
Jenis/Tipe	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk	
Mode Operasi	kontinyu	
Jenis Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	50	°C
Tekanan	3	atm
<b>Dimensi</b>		
Diameter <i>shell</i>	2,90	m
Tinggi <i>shell</i>	4,425	m
Tebal <i>shell</i>	2,00	in
Volume <i>shell</i>	20,76	m <sup>3</sup>
Tinggi Reaktor	7,33	m

Volume Reaktor	20,98	m <sup>3</sup>
<b>Dimensi Head</b>		
Tinggi head	0,73	m
Tebal head	0,87	in
Volume head	0,08	m <sup>3</sup>
Jenis Pengaduk	<i>Turbine with 6 Flat Blades</i>	
Jumlah Pengaduk	1	buah
Jumlah Baffle	4	buah
Diameter Pengaduk	1	m
Tinggi Pengaduk	3,89	m
Lebar Pengaduk	0,50	m
Jarak Pengaduk	1,30	m
Kecepatan Pengadukan	84	rpm
Power Pengadukan	30	Hp
<b>Koil Pendingin</b>		
Panjang koil,m	70,45	m
Jumlah Lilitan Koil	9	lilitan
Luas Transfer Panas	847,15	ft <sup>2</sup>
Tinggi Cairan Setelah Ditambah Koil ,m	6,55	m
Harga	\$ 256.095	

### 3.2.5 Neutralizer

Tabel 3. 5 Spesifikasi Neutralizer

Kode	N-01	
Fungsi	Menetralkan natrium hidroksida dengan asam format (NaOH dengan CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	
Jenis/Tipe	Silinder tegak dengan <i>Torispherical Dishead Head</i> berpengduk	
Jenis Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>	
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	50	°C
Tekanan	3	atm
<b>Dimensi Neutralizer</b>		
Diameter <i>shell</i>	4,2355	m
Tinggi <i>shell</i>	4,0784	m
Tebal <i>shell</i>	0,6250	in
Volume <i>shell</i>	53,8083	m <sup>3</sup>
Tinggi <i>Neutralizer</i>	8,3426	m
Volume <i>Neutralizer</i>	54,1803	m <sup>3</sup>
<b>Dimensi Head</b>		
Tinggi <i>head</i>	1,1019	m
Tebal <i>head</i>	0,6250	in
Volume <i>head</i>	0,3719	m <sup>3</sup>
Jenis Pengaduk	<i>Turbine with 6 Flat Blades</i>	
Jumlah Pengaduk	1	buah
Jumlah <i>Baffle</i>	4	buah
Diameter Pengaduk	1,3642	m
Tinggi Pengaduk	5,3203	m
Lebar Pengaduk	0,3410	m
Jarak Pengaduk	1,7734	m

Kecepatan	56	rpm
Pengadukan		
<i>Power</i> Pengadukan	40	Hp
<b>Jaket Pendingin</b>		
Diameter Dalam Jacket	4,53	m
Diameter Luar Jacket	4,57	m
Beban Pendingin	12.167.952,32	kJ/jam
Luas Selubung	283,93	m <sup>2</sup>
<i>Neutralizer</i>		
Harga	\$ 105.205	

### 3.2.6 Evaporator (2 Buah)

Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator-01

Kode	EV-01		
Fungsi	Menguapkan air, asetaldehida, dan formaldehida		
Jenis/Tipe	<i>Vertical Long Tube Evaporator</i>		
	Kondisi Operasi		
Suhu	105		°C
Tekanan	1		atm
	<b>Dimensi Vessel Evaporator</b>		
Diameter	6,09		m
Tinggi	9,94		m
Tebal Shell	0,34		m
Tebal Head	0,375		m
	<b>Dimensi Heat</b>		
	<i>Shell</i>		<i>Tube</i>
	<i>Hot fluid (steam)</i>		<i>Cold fluid</i>
			(Umpan campuran, air, pentaeritritol, natrium format, asetaldehida dan formaldehida)
ID Shell	21,25 in	OD Tube	1 in
		ID Tube	0,87 in
Pass	1 in	Pass	1 in

Baffle Space	21,25 in	Number Tube (NT)	199 buah
$\Delta Ps$	1,22 Psi	$\Delta Pt$	0,020 Psi
Rd terhitung		0,0015 jam ft <sup>2</sup> F/Btu	
Rd min		0,0010 jam ft <sup>2</sup> F/Btu	
Harga		\$ 379.216	

Tabel 3. 7 Spesifikasi Evaporator-02

Kode	EV-02		
Fungsi	Menguapkan air dari arus keluar centrifuge CF-01		
Jenis/Tipe	<i>Vertical Long Tube Evaporator</i>		
	Kondisi Operasi		
Suhu	105		°C
Tekanan	1		atm
	Dimensi <i>Vessel Evaporator</i>		
Diameter	4,25		m
Tinggi	7,25		m
Tebal Shell	0,34		m
Tebal Head	00,375		m
	Dimensi <i>Heat</i>		
	<i>Shell</i>	<i>Tube</i>	
	<i>Hot fluid (steam)</i>	<i>Cold fluid</i>	
		(Umpan campuran air, pentaeritritol, natrium format)	
ID Shell	21,25 in	OD Tube	1 in
Pass	8 in	ID Tube	0,87 in
Baffle Space	1,77 in	Pass	6 in
$\Delta Ps$	0,05 Psi	Number Tube (NT)	152 buah
Rd terhitung		$\Delta Pt$	0,59 Psi
Rd min		0,0016 jam ft <sup>2</sup> F/Btu	
Harga		0,0010 jam ft <sup>2</sup> F/Btu	
		\$ 330.656	

### 3.2.7 *Crystalizer*

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Crystalizer*

<b>Kode</b>	<b>CR-01</b>		
Fungsi	Mengkristalkan produk pentaeritritol		
Jenis/Tipe	<i>Scraped Surface tipe Swenson Walker</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Waktu tinggal	2 jam		
<b>Kondisi Operasi</b>			
Suhu	30		°C
Tekanan	1		atm
<b>Spesifikasi</b>			
Diameter	1,41		m
Panjang	12,19		m
Volume <i>Shell</i>	37,74		m <sup>3</sup>
<b>Pengaduk</b>			
Jenis Pengaduk	<i>Spiral agitator</i>		
Jumlah Pengaduk	1		
Diameter Pengaduk	1,13		m
Daya Pengaduk	5		Hp
<b>Jaket Pendingin</b>			
Tebal Jaket	0,02		m
Harga	\$ 92.964		

### 3.2.8 *Centrifuge*

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Centrifuge-01*

<b>Kode</b>	<b>CF-01</b>		
Fungsi	Memisahkan kristal pentaeritritol dari larutan keluaran <i>crystalizer</i> (CR-01)		
Jenis/Tipe	<i>Disk Centrifuge</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
<b>Kondisi Operasi</b>			
Suhu	30		°C



Tekanan	1		atm
		<b>Spesifikasi</b>	
Diameter <i>Bowl</i>	13		in
Panjang <i>Bowl</i>	72		in
Kecepatan	7500		rpm
Power	6		Hp
Harga		\$ 88.689	

Tabel 3. 10 Spesifikasi Centrifuge-02

<b>Kode</b>	<b>CF-02</b>		
Fungsi	Memisahkan padatan sodium format dan air hasil keluaran <i>Evaporator-01</i> (EV-02)		
Jenis/Tipe	<i>Disk Centrifuge</i>		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
	<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	30		°C
Tekanan	1		atm
		<b>Spesifikasi</b>	
Diameter <i>Bowl</i>	13		in
Panjang <i>Bowl</i>	39		in
Kecepatan	7500		rpm
Power	6		Hp
Harga		\$ 70.453	

### 3.2.9 Rotary Dryer

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Rotary Dryer*

<b>Kode</b>	<b>RD-01</b>	<b>RD-02</b>
Fungsi	Mengurangi kadar air pada kristal Pentaeritritol	Mengurangi kadar air pada kristal Sodium format
Jenis/Tipe	<i>Rotary dryer direct contact</i>	
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	

Waktu tinggal	2,18 jam	3,68 jam
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu (°C)	100	100
Tekanan (atm)	1	1
<b>Spesifikasi</b>		
Diameter (m)	2,13	2,53
Panjang (m)	9,26	10,28
Kecepatan putar (rpm)	4,03	3,04
Daya Motor (Hp)	15	20
Harga	\$ 9.142	\$ 9.142

### 3.2.10 Kondensor

Tabel 3. 12 Spesifikasi Kondenser Total

<b>Spesifikasi Condensor Total</b>		
Kode	CD-01	
Fungsi	Mengembunkan produk dari Hasil Atas Evaporator 1 Dari fase gas menjadi fase cair	
Jenis	<i>Shell and Tube Heat Exchanger (Cooler)</i>	
Kondisi Operasi	1 atm	
<b>Kondisi Operasi</b>		
	<i>Shell (Gasses)</i>	<i>Tube (water)</i>
Suhu Masuk	150°C	30 °C
Suhu Keluar	35 °C	50 °C
Tekanan	1 atm	
Beban Panas	275.385,53 Btu/jam	
<b>Mechanical Design</b>		
	<i>Shell (Gasses)</i>	<i>Tube (water)</i>
<i>A</i> , ft <sup>2</sup>	1.498,00	
Panjang		24 ft
Passes	4	8
BWG		18 ft
Baffle	10,35 in	
ID	17,25 in	1,4 in
OD		1,5 in
Nt		160 buah
<i>Pressure Drop</i>	1,10123 psi	4,44 psi
Rd		0,04771
Harga		\$ 35.500

### 3.2.11 Heater

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Heater-01*

<b>Kode</b>	<b>H-01</b>	
Fungsi	Memanaskan bahan baku Formaldehida	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
	<i>(Steam)</i>	<i>(cold fluid)</i>
Suhu Masuk, °C	150	30
Suhu Keluar, °C	150	50
Tekanan, atm	3	3
Beban Panas (Btu/jam)	1.814.705	
	<b>Mechanical Design</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang, ft	20	20
<i>Hairpin</i>	6	6
ID, in	4,026	3,068
OD, in	4,5	3,5
a', ft <sup>2</sup> /ft	1,178	0,917
A, ft <sup>2</sup>		45,95
<i>Pressure Drop</i> , Psi	2,09	0,005
Rd		0,002 Btu/Jam.ft <sup>2</sup> .F
Harga		\$ 1.900

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Heater-02*

<b>Kode</b>	<b>H-02</b>	
Fungsi	Memanaskan bahan baku Asetaldehida	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
	<i>(Steam)</i>	<i>(cold fluid)</i>
Suhu Masuk, °C	150	30
Suhu Keluar, °C	150	50
Tekanan, atm	3	3
Beban Panas (Btu/jam)	1.814.705	
	<b>Mechanical Design</b>	

	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang, ft	15	15
<i>Hairpin</i>	6	6
ID, in	3,07	0,17
OD, in	3,5	2,38
$a'$ , ft <sup>2</sup> /ft	0,92	0,62
$A$ , ft <sup>2</sup>		12,28
Pressure Drop, Psi	0,002	0,005
Rd		0,002 Btu/Jam.ft <sup>2</sup> .F
Harga		\$ 1.069

Tabel 3. 15 Spesifikasi *Heater-03*

<b>Kode</b>	<b>H-03</b>	
Fungsi	Memanaskan bahan baku asam format	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
	<i>(Steam)</i>	<i>(cold fluid)</i>
Suhu Masuk, °C	150	30
Suhu Keluar, °C	150	50
Tekanan, atm	3	3
Beban Panas (Btu/jam)		138.573
	<b>Mechanical Design</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang, ft	15	15
<i>Hairpin</i>	3	3
ID, in	2,47	1,38
OD, in	2,88	1,66
$a'$ , ft <sup>2</sup> /ft	0,75	0,43
$A$ , ft <sup>2</sup>		7,02
Pressure Drop, Psi	0,71	0,02
Rd		0,002 Btu/Jam.ft <sup>2</sup> .F
Harga		\$1.187

Tabel 3. 16 Spesifikasi *Heater-04*

<b>Kode</b>	<b>H-04</b>	
Fungsi	Memanaskan larutan NaOH dari Mixer-01	
Jenis	<i>Double Pipe</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
	<i>(Steam)</i>	<i>(cold fluid)</i>
Suhu Masuk, °C	150	30
Suhu Keluar, °C	150	50
Tekanan, atm	3	3
Beban Panas (Btu/jam)	402.894,071	
	<b>Mechanical Design</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Panjang, ft	15	15
<i>Hairpin</i>	5	5
ID, in	2,47	1,38
OD, in	2,88	1,66
a', ft <sup>2</sup> /ft	0,75	0,43
A, ft <sup>2</sup>	20,40	
<i>Pressure Drop</i> , Psi	2,57	0,28
Rd	0,002 Btu/Jam.ft <sup>2</sup> .F	
Harga	\$1.187	

Tabel 3. 17 Spesifikasi *Heater-05*

<b>Kode</b>	<b>H-05</b>	
Fungsi	Memanaskan udara yang akan digunakan di dalam <i>Rotary Dryer</i> 1 dan 2	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Tipe	<i>Steam</i>	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	<i>Annulus</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk, °C	150	30
Suhu Keluar, °C	150	150
Tekanan, atm	1	1
Beban Panas	18.788.256 Btu/jam	
	<b>Mechanical Design</b>	
	<i>shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang, ft	24	24
<i>passes</i>	4	1
ID, in	17,25	0,58
OD, in	-	0,75
<i>Baffle space</i> , in	1,44	-

<i>Number Tube (NT)</i>	-	203
<i>A, ft<sup>2</sup></i>		1.236,96
<i>Pressure Drop, Psi</i>	0,34	0,02
<i>Rd</i>		0,165 Btu/Jam.ft <sup>2</sup> .F
<i>Harga</i>		\$ 3.206

### 3.2.12 Cooler

Tabel 3. 18 Spesifikasi *Cooler-01*

<b>Kode</b>	<b>CL-01</b>	
Fungsi	Mendinginkan hasil keluar evaporator EV-01 menuju <i>Crystallizer-01 (CR-01)</i> 105 °C ke suhu 80 °C	
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	
Tipe	Air Pendingin	
	<b>Kondisi Operasi</b>	
	<i>shell</i>	<i>Tube</i>
Suhu Masuk, °C	30	105
Suhu Keluar, °C	45	80
Tekanan, atm	1	1
Beban Panas, (Btu/jam)	8.86.775	
	<b>Mechanical Design</b>	
	<i>shell</i>	<i>Tube</i>
Panjang, ft	24	24
<i>passes</i>	4	1
ID, in	17,25	1,4
OD, in	-	1,5
BWG	-	18
<i>Baffle space, in</i>	10,34	-
<i>Number Tube (NT)</i>	-	140
<i>A, ft<sup>2</sup></i>		1.197,21
<i>Pressure Drop, Psi</i>	1,05	1,50
<i>Rd, Btu/Jam.ft<sup>2</sup>.F</i>		0,04
<i>Harga, \$</i>		\$ 64.821

### 3.2.13 *Belt Conveyor*

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Belt Conveyor*

<b>Kode</b>	<b>BC-01</b>	<b>BC-02</b>
Fungsi	Mengangkut bahan padatan sodium hidroksida dari silo	Mengangkut cake dari centrifuge-01 menuju rotary dryer-01
Jenis/Tipe	<i>Closed Belt Conveyor</i>	
Jumlah	1	1
<b>Spesifikasi</b>		
Lebar <i>Belt</i> (in)	14	14
Panjang (ft)	30	20
Kapasitas (ton/jam)	3,34	26,28
Daya Motor (Hp)	0,125	0,5
Harga	\$ 2.081	\$ 2.731

Lanjutan Tabel 3.19 Spesifikasi *Blet Conveyor*

<b>Kode</b>	<b>BC-03</b>	<b>BC-04</b>	<b>BC-05</b>
Fungsi	Mengangkut Padatan produk dari rotary dryer (RD-01) menuju silo Pentaeritritol (S-02)	Mengangkut cake sodium format dari Centrifuge (CF-02) menuju rotary dryer-02 (RD-02)	Mengangkut Padatan produk dari rotary dryer (RD-02) menuju silo Sodium Format (S-03)
Jenis/Tipe	<i>Closed Belt Conveyor</i>		
Jumlah	1	1	1
<b>Spesifikasi</b>			
Lebar <i>Belt</i> (in)	14	14	14
Panjang (ft)	30	30	36
Kapasitas (ton/jam)	14,04	5,50	7,7

Daya Motor (Hp)	0,5	0,125	0,3
Harga	\$ 16.028	\$ 13.279	\$ 14.129

### 3.2.14 Screw Conveyor

Tabel 3. 20 Spesifikasi Screw Conveyor

<b>Kode</b>	SC-01
<b>Spesifikasi</b>	Cooling Screw Conveyor
<b>Fungsi</b>	Mengangkut dan mendinginkan slurry hasil keluaran <i>Evaporator-02</i> (EV-02)
<b>Kondisi Operasi</b>	
- Tekanan	1 atm
- Suhu	105 °C
<b>Jenis Conveyor</b>	<i>Horizontal Screw Conveyor – Rotary Cutoff Valve</i>
	<b>Spesifikasi</b>
<b>Kapasitas</b>	10.000 Kg/Jam
<b>Speed</b>	55 rpm
<b>Motor power</b>	1,69 Hp
<b>Dimensi</b>	
- Panjang	9,14 m
- Diameter	10 in
- Panjang jaket	1,5 ft
- Tebal jaket	0,25 in
<b>Material Konstruksi</b>	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
<b>Harga</b>	\$ 9.431



### 3.2.15 Pompa

Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa

Pompa	P-01	P-02	P-03	P-04
Jumlah	1	1	1	1
Fungsi	Memompa bahan baku CH <sub>2</sub> O dari tangki penyimpanan (TP-1) menuju Reaktor R-01	Memompa bahan baku C <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O dari tangki penyimpanan (TP-1) menuju reaktor R-01	Memompa bahan baku larutan NaOH dari <i>Mixer</i> (M-01) menuju reaktor R-01	Memompa bahan baku Asam Format HCOONa dari Tangki penyimpanan (T-03) menuju Neutralizer N-01
<b>Kondisi Operasi</b>				
Viskositas, Cp	0,58	0,19	39,40	73,63
Kapasitas, m <sup>3</sup>	33,38	4,84	5,47	1,22
<i>Pump Head</i> , m	81,57	7,33	53,57	64,97
Suhu Fluida, °C	30	30	30	30
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>			
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>			
Daya Motor, Hp	0,50	0,33	0,75	0,17
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial Steel</i>			
Harga	\$ 16.147	\$ 10.567	\$ 10.567	\$ 6.886

Lanjutan Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa

Pompa	P-05	P-06	P-07
Jumlah	1	1	1
Fungsi	Memompa hasil Reaktor-01 (R-01) menuju <i>Neutralizer-01</i> (N-01)	Memompa hasil <i>Neutralizer</i> (N-01) ke <i>Evaporator-01</i> (EV-01)	Memompa hasil bawah <i>Evaporator-01</i> (EV-01) ke <i>Crystallizer-01</i> (CR-01)

<b>Kondisi Operasi</b>			
Viskositas, Cp	5,26	5,09	0,92
Kapasitas, m <sup>3</sup>	37,63	38,43	19,46
<i>Pump Head</i> , m	8,34	6,79	2,74
Suhu Fluida, °C	50	50	80
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>		
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>		
Daya Motor, Hp	3	1,50	0,5
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial Steel</i>		
Harga, \$	\$ 20.659	\$ 20.659	\$ 8.073

Lanjutan Tabel 3.21 Spesifikasi Pompa

<b>Pompa</b>	<b>P-08</b>	<b>P-09</b>
Jumlah	1	1
Fungsi	Memompa hasil Crystallizer 1 (CR-01) menuju ke Centrifuge 1 (CF-01)	Memompa hasil filtrat Centrifuge 1 (CF-01) ke Evaporator 2 (EV-02)
<b>Kondisi Operasi</b>		
Viskositas, Cp	1,02	1,70
Kapasitas, m <sup>3</sup>	19,64	10,70
<i>Pump Head</i> , m	1,89	3
Suhu Fluida, °C	30	30
<i>Submersibility</i>	<i>Immersed</i>	
Jenis Pompa	<i>Single Stage Centrifugal Pump</i>	
Daya Motor, Hp	0,50	0,50
<i>Material Construction</i>	<i>Commercial Steel</i>	
Harga, \$	\$ 8.073	\$ 10.567

### 3.2.16 Fan

Tabel 3. 22 Spesifikasi Fan

Kode	F-01	
Fungsi	Menyedot udara dari luar untuk kebutuhan udara panas di <i>rotary dryer</i>	
<b>Kondisi Operasi</b>		
Suhu	30	°C
Tekanan	1	atm
<b>Konstruksi dan Material</b>		
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
<b>Spesifikasi</b>		
Laju Alir	48.342,40	m <sup>3</sup> /jam
Daya Motor	40	Hp
Harga	\$ 2,57	

### 3.3 Neraca Massa dan Neraca Panas

#### 3.3.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 23 Neraca Massa Total

<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/jam)</b>	<b>Output (kg/jam)</b>
CH <sub>2</sub> O	9.400,07	2.732,99
CH <sub>3</sub> CHO	3.063,73	487,13
NaOH	3.342,25	
HCOOH	1.149,87	
H <sub>2</sub> O	19.407,12	18.528,17
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>		7.595,15
HCOONa		5,681,82
C <sub>10</sub> H <sub>22</sub> O <sub>7</sub>		455,61
<b>Total</b>	<b>35.120,87</b>	<b>35.120,87</b>

#### 3.3.2 Neraca Massa Alat

1. Neraca Massa di Mixer

Tabel 3. 24 Neraca Massa di Mixer

<b>Komponen</b>	<b>Input (kg/jam)</b>		<b>Output (kg/jam)</b>
	<b>Arus 3</b>	<b>Arus 21 (Utilitas)</b>	<b>Arus 4</b>
NaOH	3.342,25		3.342,25
H <sub>2</sub> O		3.342,25	3.342,25
<b>Total</b>	<b>6.684,49</b>		<b>6.684,49</b>

## 2. Neraca Massa di Reaktor

Tabel 3. 25 Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)			Output (kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 4	Arus 5
CH <sub>2</sub> O	9.400,07			2.372,99
C <sub>3</sub> CHO		3.063,73		487,13
NaOH			3.342,24	999,89
H <sub>2</sub> O	16.005,52	30,64	3.342,24	19.378,40
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>				7.508,41
HCOONa				3.982,00
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>				455,61
<b>Total</b>		<b>35.184,44</b>	<b>35.184,44</b>	

## 3. Neraca Massa di Neutralizer

Tabel 3. 26 Neraca Massa di Neutralizer

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6	Arus 7
CH <sub>2</sub> O	2.372,99		2.373,99
C <sub>3</sub> CHO	487,13		487,13
NaOH	999,89		
HCOOH		1.149,87	
H <sub>2</sub> O	19.378,40	28,72	19.857,07
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	7.508,41		7.508,41
HCOONa	3.982,00		5.681,82
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	455,61		455,61
<b>Total</b>		<b>36.363,03</b>	<b>36.363,03</b>

#### 4. Neraca Massa di Evaporator-01

Tabel 3. 27 Neraca Massa di Evaporator (EV-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 8	Arus 9
CH <sub>2</sub> O	2.372,99	2.372,99		
C <sub>3</sub> CHO	487,13	487,13		
H <sub>2</sub> O	19.857,07	13.304,24		6.552,83
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	7.508,41			7.508,41
HCOONa	5.681,82			5.681,82
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	455,61			455,61
<b>Total</b>	<b>36.363,03</b>		<b>36.363,03</b>	

#### 5. Neraca Massa di *Crystalizer-01*

Tabel 3. 28 Neraca Massa di *Crystalizer* (CR-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 9	Arus 10	Arus 9	Arus 10
H <sub>2</sub> O	6.552,83	6.552,83		
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	7.508,41	7.508,41		
HCOONa	5.681,82	5.681,82		
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	455,61	455,61		
<b>Total</b>	<b>20.198,67</b>	<b>20.198,67</b>		

6. Neraca Massa di *Centrifuge-01*

Tabel 3. 29 Neraca Massa di *Centrifuge* (CF-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 11	Arus 12
H <sub>2</sub> O	6.552,83	327,64		6.225,19
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	7.508,41	7.132,99		375,42
HCOONa	5.681,82			5.681,82
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	455,61	455,61		
<b>Total</b>	<b>20.198,67</b>			<b>20.198,67</b>

7. Neraca Massa di *Rotary Dryer-01*

Tabel 3. 30 Neraca Massa di *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 11	Arus 19 ( <i>Hot Air</i> )	Arus 13	<i>Wet Air</i>
H <sub>2</sub> O	327,64	0,00	32,76	294,88
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	7.132,99	0,00	7.132,98	0,00
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	455,61	0,00	455,60	0,00
Udara	-	28.902,10		28.902,10
<b>Total</b>		<b>36.125,34</b>		<b>36.125,34</b>

8. Neraca Massa di *Evaporator-02*

Tabel 3. 31 Neraca Massa di *Evaporator* (EV-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 12	Arus 14	Arus 14	Arus 15
H <sub>2</sub> O	6.225,19	1.398,84		4.826,35
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	375,42	375,42		
HCOONa	5.681,82	5.681,82		
<b>Total</b>	<b>12.282,43</b>			<b>12.282,43</b>

## 9. Neraca Massa di Centrifuge-02

Tabel 3. 32 Neraca massa di centrifuge-2 (CF-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 14	Arus 15	Arus 16	
H <sub>2</sub> O	1.398,84	69,94	1.328,90	
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	375,42	244,02	131,40	
HCOONa	5.681,82	5.397,73	284,091	
<b>Total</b>	<b>7.456,08</b>		<b>7.456,08</b>	

## 10. Neraca Massa di Rotary Dryer-02

Tabel 3. 33 Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-02)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 17	Arus 20 (Hot Air)	Arus 18	(Wet Air)
H <sub>2</sub> O	69,94		6,99	62,95
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	244,02		244,02	
HCOONa	5.397,73		5.397,73	
Udara		40.469,73		40.469,73
<b>Total</b>	<b>47.925,08</b>		<b>47.925,08</b>	

### 3.3.3 Neraca Panas Total

Tabel 3. 34 Neraca Panas Total

Alat	Q Masuk (kJ/Jam)	Q Keluar (kJ/Jam)
<i>Mixer-01</i>	2.332.036,89	2.332.036,89
Reaktor-01	33.868.619,14	33.868.619,14
<i>Neutralizer-01</i>	14.204.648,63	14.204.648,63
Evaporator-01	9.423.082,92	9.423.082,92
Crystallizer-01	17.076,45	17.076,45
Centrifuge-01	390,48	390,48



Rotary Dryer-01	301.803,23	301.803,23
Evaporator-02	2.901.799,83	2.901.799,83
Centrifuge-02	138,48	138,48
Rotary Dryer-02	247.167,17	247.167,17
<b>Total</b>	<b>63.296.624,73</b>	<b>63.296.624,73</b>

### 3.3.4 Neraca Panas Alat

#### 1. Neraca Panas di *Mixer-01*

Tabel 3. 35 Neraca Panas di *Mixer*

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	106.490,09	-
Q <sub>2</sub>	-	106.490,09
$\Delta H_{\text{Dilution}}$	2.225.546,79	
Q <sub>pendingin</sub>		2.225.546,79
<b>Total</b>	<b>2.332.036,89</b>	<b>2.332.036,89</b>

#### 2. Neraca Panas di Reaktor

Tabel 3. 36 Neraca Panas di Reaktor

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	2.038.910,06	-
Q <sub>2</sub>	-	2.045.885,60
Q <sub>Reaksi</sub>	31.829.709,09	-
Q <sub>pendingin</sub>	-	31.822.733,55
<b>Total</b>	<b>33.868.619,14</b>	<b>33.868.619,14</b>

### 3. Neraca Panas di Neutralizer

Tabel 3. 37 Neraca Panas di Neutralizer

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	2.111.246,08	-
Q <sub>2</sub>	-	2.089.495,82
Q <sub>Reaksi</sub>	12.093.402,55	-
Q <sub>pendingin</sub>	-	12.115.152,81
<b>Total</b>	<b>14.204.648,63</b>	<b>14.204.648,63</b>

### 4. Neraca Panas di Evaporator-01

Tabel 3. 38 Neraca Panas di Evaporator (EV-01)

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	2.646.617	-
Q <sub>2</sub>	-	9.423.083
Q <sub>Steam</sub>	6.776.466	-
<b>Total</b>	<b>9.423.083</b>	<b>9.423.083</b>

### 5. Neraca Panas di *Crystalizer*-01

Tabel 3. 39 Neraca Panas di *Crystalizer* (CR-01)

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	18.245,15	-
Q <sub>2</sub>	-	1.486,98
Q <sub>kristalisasi</sub>	-1.169	
Q <sub>pendingin</sub>		15.590,47

<b>Total</b>	<b>17.076,45</b>	<b>17.076,45</b>
--------------	------------------	------------------

6. Neraca Panas *Centrifuge*-01

Tabel 3. 40 Neraca Panas di *Centrifuge* (CF-01)

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	390,48	-
Q <sub>2</sub>	-	390,48
<b>Total</b>	<b>390,48</b>	<b>390,48</b>

7. Neraca Panas di *Rotary Dryer*-01

Tabel 3. 41 Neraca Panas di *Rotary Dryer* (RD-01)

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	60.671,58	-
Q <sub>2</sub>	-	301.803,23
Q <sub>Steam</sub>	241.131,65	-
<b>Total</b>	<b>301.803,23</b>	<b>301.803,23</b>

8. Neraca Panas di Evaporator-02

Tabel 3. 42 Neraca Panas di Evaporator (EV-02)

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	1.990.637,32	-
Q <sub>2</sub>	-	2.901.799,83
Q <sub>Steam</sub>	911.162,52	-
<b>Total</b>	<b>2.901.799,83</b>	<b>2.901.799,83</b>

9. Neraca Panas di Centrifuge-02

Tabel 3. 43 Neraca Panas di Centrifuge-02

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	138,48	-
Q <sub>2</sub>	-	138,48
<b>Total</b>	<b>138,48</b>	<b>138,48</b>

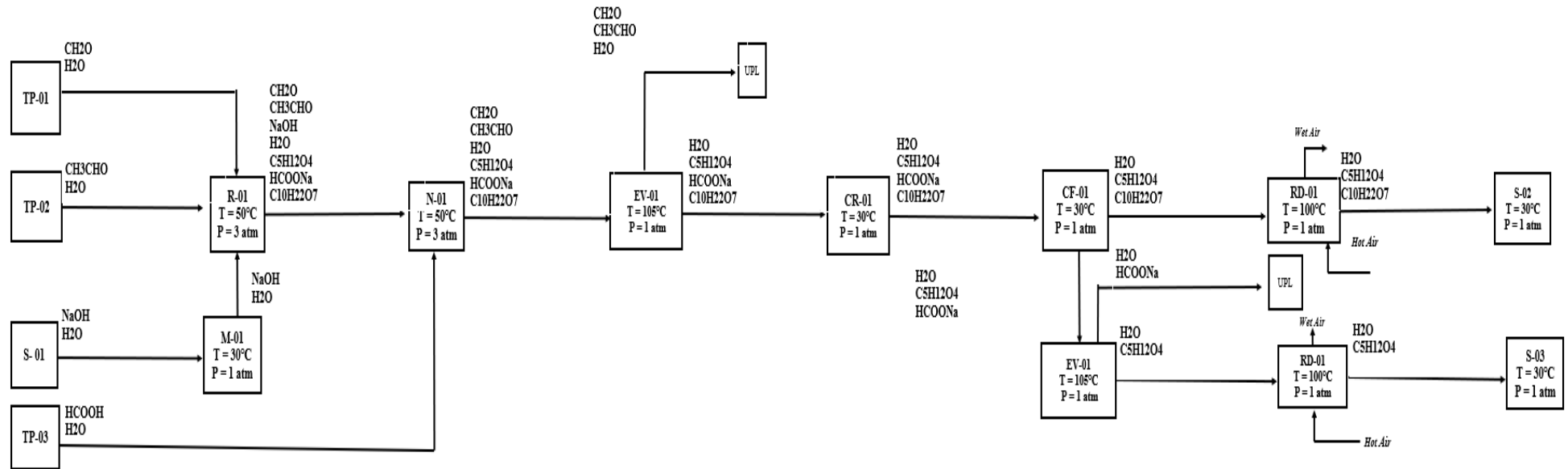
10. Neraca Panas di *Rotary Dryer*-02

Tabel 3. 44 Neraca Panas di *Rotary Dryer* (RD-02)

<b>Komponen Energi</b>	<b>Masuk (kJ/jam)</b>	<b>Keluar (kJ/jam)</b>
Q <sub>1</sub>	74.958,45	-
Q <sub>2</sub>	-	247.167,17
Steam	172.208,72	-
<b>Total</b>	<b>247.167,17</b>	<b>247.167,17</b>

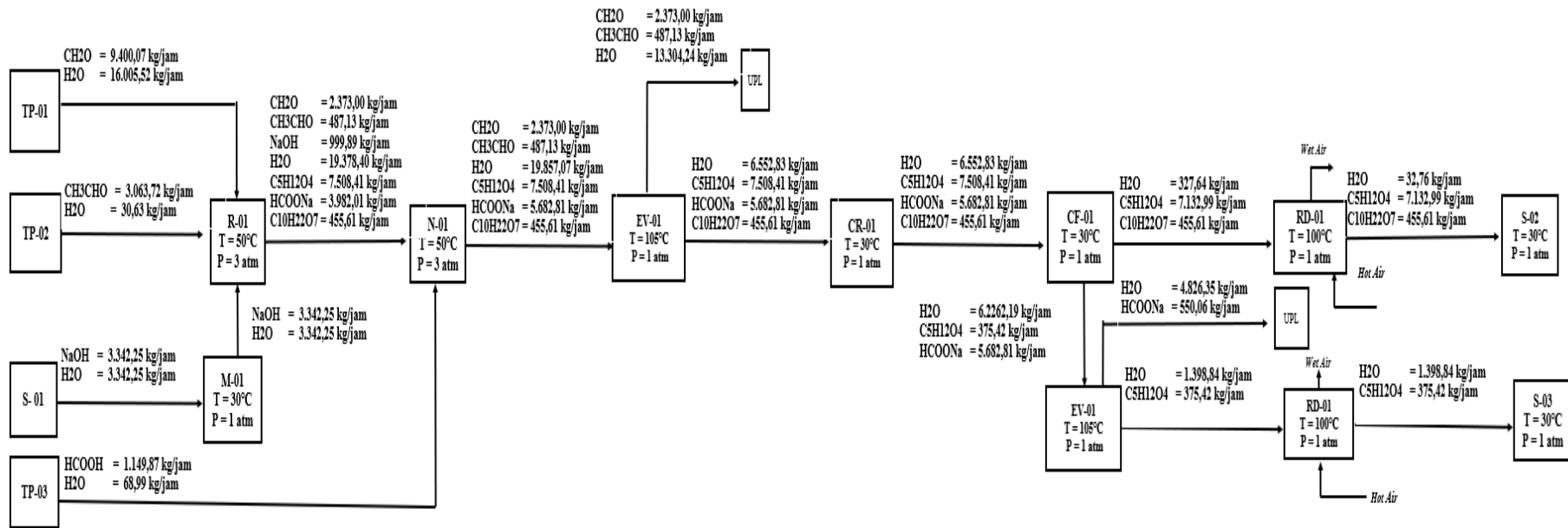
### 3.4 Diagram Alir Proses dan Material

#### 3.4.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

### 3.4.2 Diagram Alir Kuantitatif



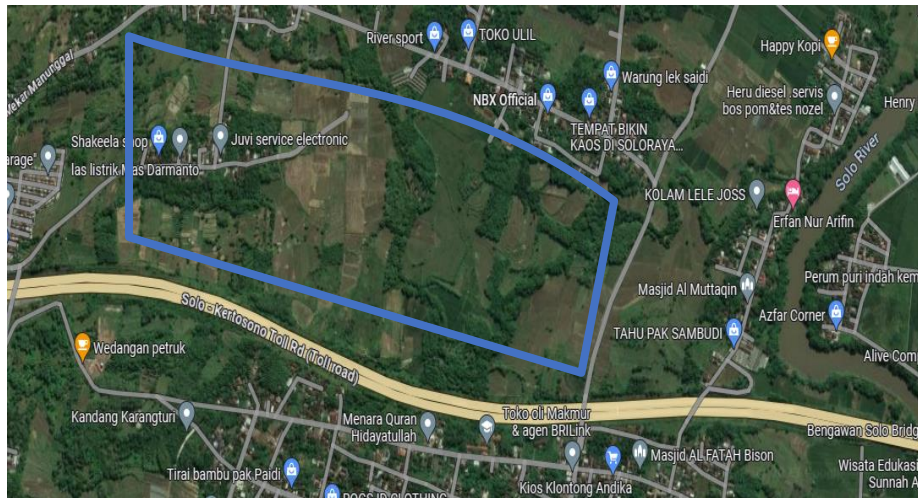
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN PABRIK**

#### **4.1 Lokasi Pabrik**

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik harus direncanakan dengan baik dan tepat. Kemudahan dalam pengoperasian pabrik dan perencanaan di masa depan merupakan faktor – faktor yang perlu mendapat perhatian dalam penetapan lokasi suatu pabrik. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan distribusi dari produk yang dihasilkan. Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang mesti dipertimbangkan misalnya pengadaan bahan baku, utilitas, dan lain – lain. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Berdasarkan pertimbangan diatas, maka ditentukan rencana pendirian pabrik pentaeritritol ini berlokasi di daerah Kecamatan Gondangrejo, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Faktor – faktor yang menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Lokasi Rencana Pabrik Pentaeritritol

#### 4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

a. Ketersediaan Bahan Baku

Lokasi bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan hidup suatu pabrik. Lokasi pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku yaitu asetaldehida, formaldehida dan natrium hidroksida. Sumber bahan baku formaldehida diperoleh dari PT Arjuna Utama Kimia, Surabaya, Jawa timur. Bahan baku asetaldehida diperoleh dari PT. Indo Acidatama, Karanganyar, Jawa Tengah. Bahan baku natrium hidroksida diperoleh dari PT. Toya Indo Manunggal, Jawa Timur. Serta bahan baku pendukung yaitu asam format diperoleh dari PT Sintas Kurama Perdana Cikampek.

b. Pemasaran Produk

Pemasaran produk Sebagian besar untuk mencukupi kebutuhan impor dalam negeri dengan prioritas utama pemasaran pentaeritritol antara lain



industri cat, resin alkyd, surface coating dan sebagian lagi untuk tujuan ekspor ke negara lain.

c. Utilitas

Utilitas merupakan penunjang utama dalam mendirikan suatu pabrik. Utilitas dan sarana pendukung lainnya mudah didapatkan di Karanganyar. Kebutuhan air dapat diambil dari Sungai Bengawan Solo. Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PT Perusahaan Listrik Negara (PT PLN), akan tetapi untuk dapat menghindari pemberhentian proses akibat gangguan transmisi aliran listrik PT PLN, maka pabrik memiliki generator cadangan.

d. Transportasi

Sarana transportasi yang memadai menjadi faktor penting karena berkaitan dengan proses transportasi untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan dan pengiriman produk. Dari segi sarana transportasi darat, Karanganyar merupakan lokasi yang strategis karena berdekatan dengan sarana transportasi yang menghubungkan dengan berbagai kota dengan Kawasan industri lainnya melalui Tol Trans-Jawa. Selain itu untuk menunjang sarana transportasi laut, Karanganyar merupakan lokasi yang berdekatan dengan Pelabuhan yaitu Pelabuhan Gresik yang berada di Kabupaten Gresik.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pabrik ini meliputi tenaga kerja terdidik, terampil maupun tenaga kasar. Tenaga kerja tersebut dapat diperoleh dari daerah sekitar lokasi pabrik dan luar daerah.

f. Keadaan Iklim

Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur udara berkisar 20-30 °C. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor maupun banjir besar jarang terjadi sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar.

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

a. Perluasan Pabrik

Pemilihan lokasi sebuah pabrik turut mempertimbangkan rencana perluasan area pabrik untuk 10 sampai dengan 20 tahun kedepan. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi peningkatan permintaan produk yang menuntut adanya peningkatan kapasitas pabrik yang membutuhkan perluasan lahan. Kabupaten Karanganyar berada di pinggiran kota yang memiliki banyak lahan kosong, sehingga memenuhi kriteria ini.

b. Biaya dan Perizinan

Keamanan dan kemudahan kerja disekitar lokasi pabrik terpenuhi yaitu, pengoperasian, pengangkutan, pemindahan, maupun perbaikan semua peralatan proses. Yang kedua adalah tanah yang tersedia untuk lokasi

pabrik masih cukup luas dengan harga yang terjangkau, serta pemanfaatan area tanah dengan efisien. Serta yang terakhir adalah adanya transportasi yang terjangkau.

c. Lingkungan Masyarakat Sekitar

Sikap masyarakat sekitar diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik Pentaeritritol. Hal ini dikarenakan dapat meningkatkan jumlah ketersediaan lapangan kerja masyarakat sekitar serta membantu meningkatkan perekonomian sekitar secara keseluruhan.

#### **4.2 Tata Letak Pabrik**

Tata letak pabrik (*plant layout*) dalam pra rancangan pabrik merupakan bagian yang penting sebagai tempat keseluruhan bagian yang ada di pabrik yang terdiri atas tempat perkantoran, peralatan proses, penyimpanan bahan baku, unit pendukung proses, fasilitas kegiatan internal dan eksternal, dan sebagainya. Tata letak pabrik harus dirancang untuk mendukung efisiensi proses produksi pabrik dan berjalan secara optimal. Selain itu, keamanan, keselamatan dan kenyamanan karyawan dalam bekerja turut dipertimbangkan. Penataan letak pabrik dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

- a. Urutan proses produksi.
- b. Pengembangan lokasi baru atau penambahan perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c. Distribusi ekonomis pada pengadaan air, tenaga listrik, dan bahan baku.
- d. Pemeliharaan dan perbaikan.

- e. Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f. Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan, dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g. Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya tinggi.
- h. Masalah pembuangan limbah cair.
- i. *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

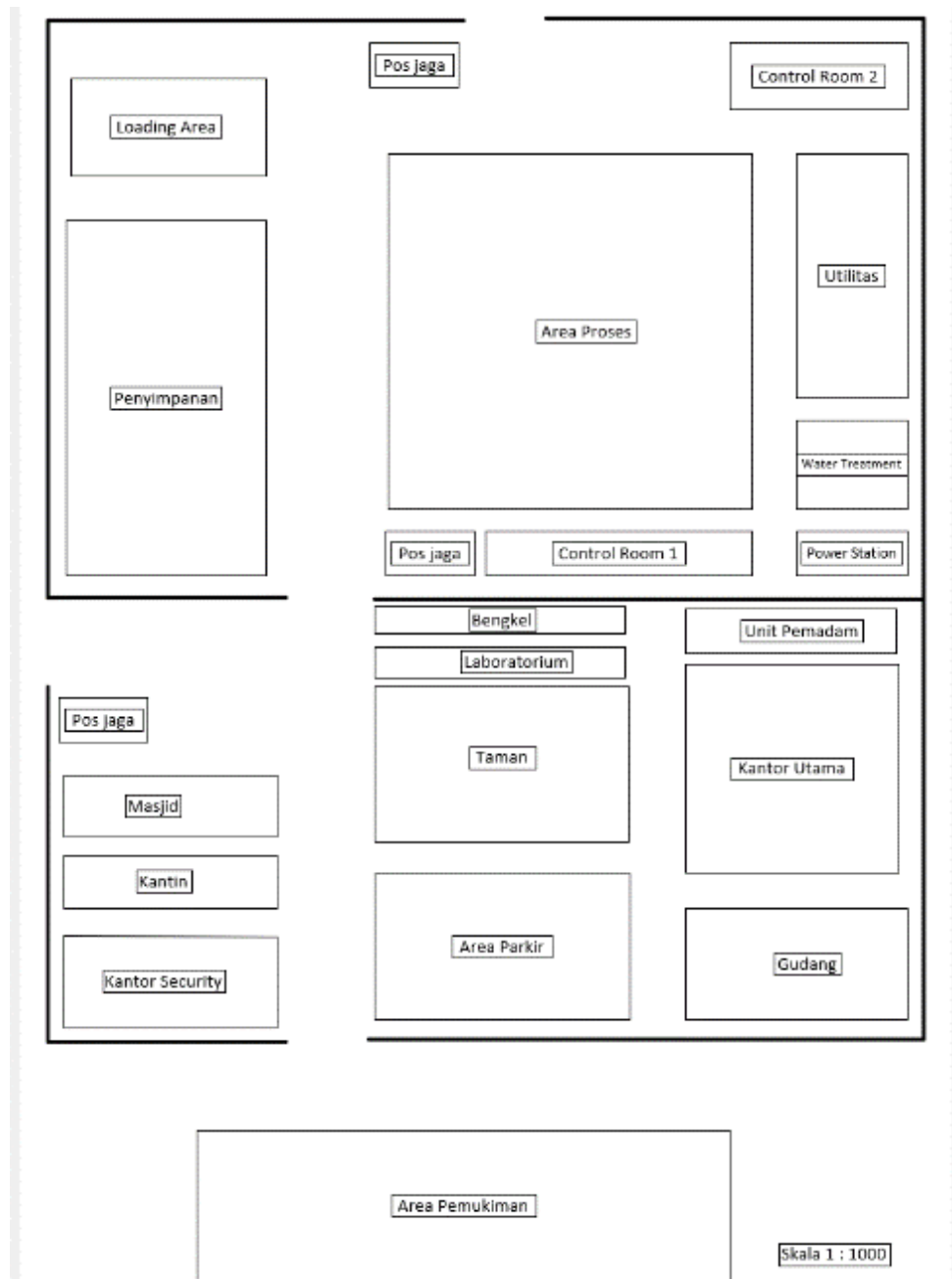
Berdasarkan pertimbangan faktor dalam penataan letak pabrik, diharapkan dapat memberikan beberapa keuntungan sebagai berikut :

- a. Mempermudah *material handling*.
- b. Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perawatan.
- c. Meningkatkan keselamatan kerja
- d. Meningkatkan pengawasan operasi dan proses menjadi lebih baik.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Perincian Luas Tanah Pabrik Pentaeritritol

Lokasi	Tanah			Bangunan		
	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m <sup>2</sup>	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m <sup>2</sup>
Kantor utama	24	20,4	490	20	17	340
Pos keamanan/satpam	3,6	3,6	13	3	3	9
Mess	36	30	1.080	30	25	750
Parkir Tamu	14	26	380	12	22	264
Parkir truk	14,4	9,6	138	12	8	96
Ruang timbang truk	14,4	7,2	104	12	6	72
Kantor teknik dan produksi	24	16,8	403	20	14	280
Klinik	14,4	12	173	12	10	120
Masjid	16,8	14,4	242	14	12	168
Kantin	12	12	144	10	10	100
Bengkel	14,4	24	346	12	20	120
Unit pemadam kebakaran	19,2	16,8	323	16	14	224
Gudang alat	26,4	12	317	22	10	220
Laboratorium	12	12	144	10	10	100
Utilitas	28,8	12	346	24	10	240
Area proses	84	54	4.536	70	45	3.150
Control Room	36	8,4	302	30	7	210
Control Utilitas	12	12	144	10	10	100
Jalan dan taman	25	30	750	-	-	-
Perluasan Pabrik	120	30	3.600	-	-	-
<b>Luas tanah, m<sup>2</sup></b>	<b>13.974</b>					
<b>Luas bangunan, m<sup>2</sup></b>	<b>6.683</b>					
<b>Total, m<sup>2</sup></b>	<b>20.657</b>					

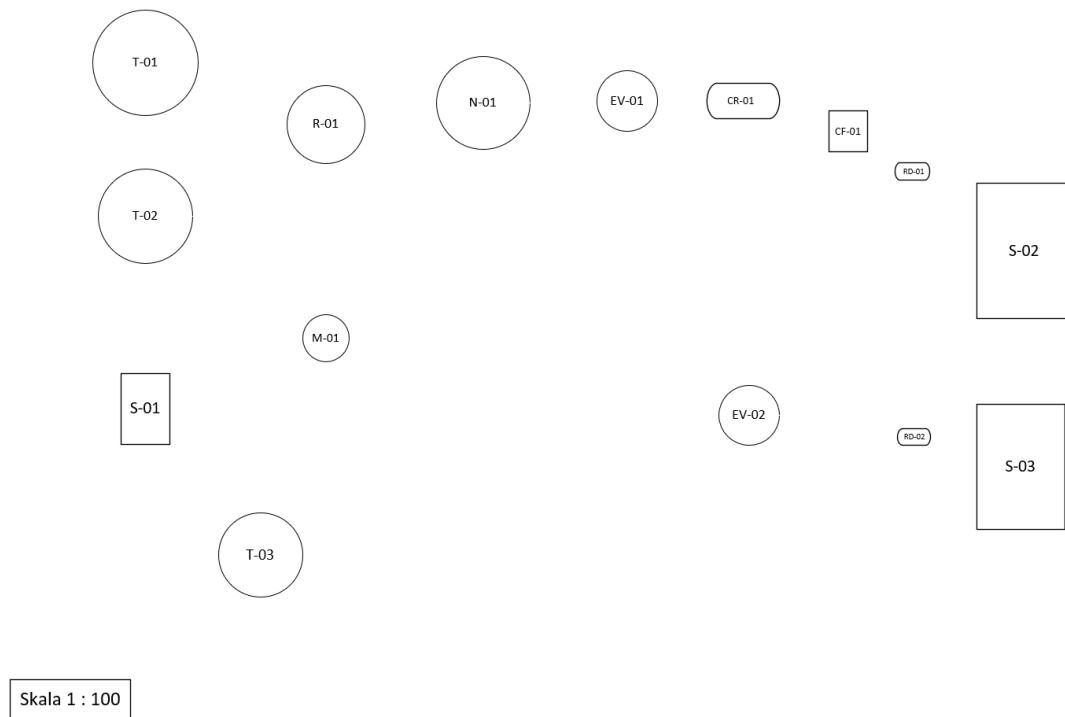


Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik Pentacrititol

### 4.3 Tata Letak Mesin/Alat Proses

Tata letak mesin/alat proses merupakan suatu pengaturan dari komponen komponen fasilitas pabrik. Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran Bahan Baku dan Produk, jalur aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta dapat menunjang kelancaran dan keamanan produksi.
2. Aliran Udara, arah hembusan angin serta kelancaran aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara atau keadaan berhenti pada suatu tempat berupa akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan karyawan.
3. Pencahayaan, pada seluruh area pabrik harus memadai. Serta perlunya tambahan penerangan pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.
4. Lalu Lintas Kendaraan dan Manusia, dalam perancangan *lay out* peralatan perlu diperhatikan supaya karyawan dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat, mudah dan aman. Sehingga, apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki.
5. Pertimbangan Ekonomi, penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan dapat meminimalisir biaya operasi dan tetap menjamin kelancaran serta keamanan produk pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.
6. Jarak Antar Alat Proses, untuk alat proses yang mempunyai tekanan operasi dan suhu yang tinggi, sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, untuk menghindari jika terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut sehingga tidak membahayakan alat-alat proses lainnya.



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat Proses Pabrik Pentaeritritol

#### 4.4 Organisasi Perusahaan

##### 4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Pentaeritritol dalam pra rancangan ini direncanakan akan memiliki bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu bentuk perusahaan yang modal pendiriannya didapatkan dari penjualan saham, dimana tiap pemegang saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut yang dimiliki pemegang saham sebagai bentuk sebagian kepemilikan atas perusahaan tersebut dengan ikut menyetorkan modal. Dalam perseroan terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang



disebutkan dalam tiap-tiap saham. Adapun alasan pemilihan Perseroan Terbatas sebagai bentuk perusahaan ini adalah:

1. Mudah mendapatkan modal melalui penjualan surat berharga perusahaan (saham).
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan struktural perusahaan.
3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain, dimana pemilik perusahaan adalah para pemegang saham, sementara pengurus perusahaan adalah direksi beserta jajarannya yang diawasi oleh Dewan Komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staff dan karyawan.
5. Efisiensi dari manajemen dimana pemegang saham duduk dalam dewan komisaris ini dapat memilih dewan direksi diantaranya direktur utama perusahaan yang berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas.

#### **4.4.2 Struktur Organisasi**

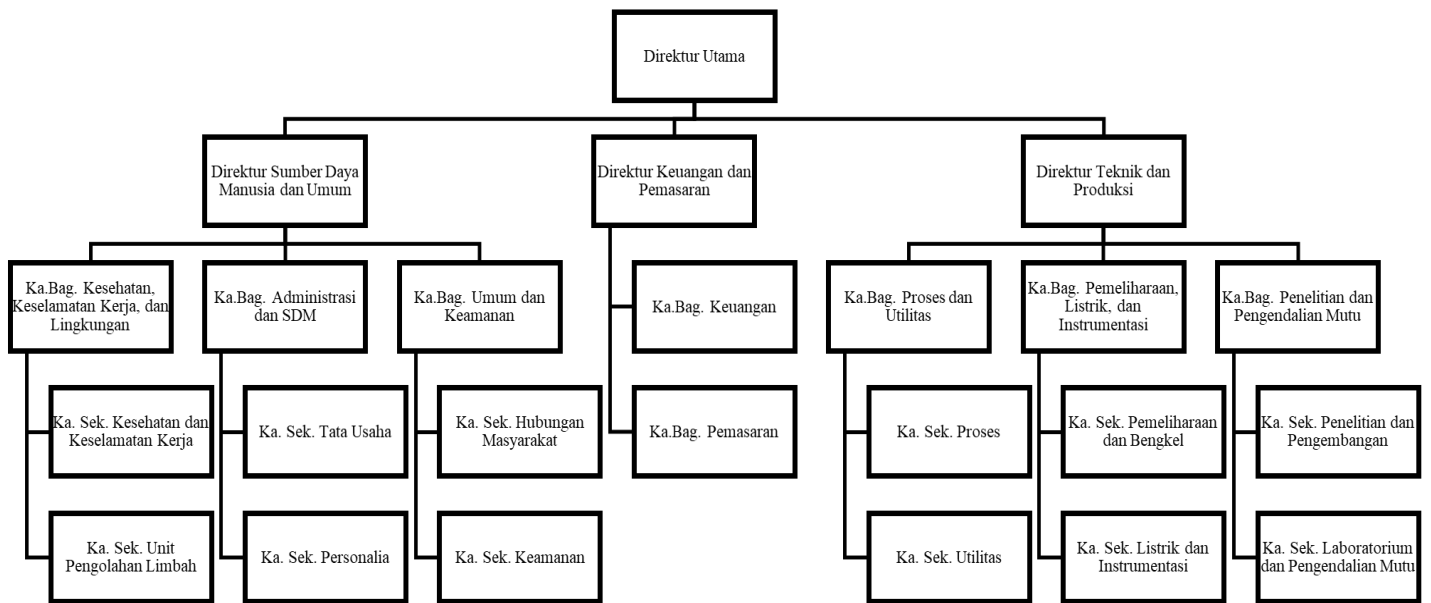
Untuk menjalankan segala aktivitas di dalam perusahaan secara efisien dan efektif, diperlukan adanya struktur organisasi. Dengan adanya struktur yang baik maka antara jabatan dapat memahami batasan masing-masing. Dengan demikian struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas,

kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Terdapat dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan garis organisasi staf ini, yaitu :

1. Sebagai garis atau ahli 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-saran kepada unit operasional.

Dalam menjalankan tugas dan wewenangnya, para pemegang saham yang merupakan pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris. Dalam menjalankan tugas 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. Struktur organisasi perusahaan ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

#### 4.4.3 Tugas dan Wewenang

##### 1. Pemegang saham

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut.

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris dan Direktur.
- b. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- c. Mengadakan Rapat Umum Pemegang Saham minimal satu kali dalam satu tahun.

## 2. Dewan komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari dari pemegang saham dan bertanggungjawab penuh kepada pemegang saham. Tugas dan wewenang Dewan Komisaris adalah sebagai berikut.

- a. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijakan umum, target perusahaan, alokasi sumber dana dan pengarahan pemasaran.
- b. Mengawasi tugas-tugas direksi
- c. Membantu direksi dalam tugas-tugas penting

## 3. Direktur utama

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

- a. Mengatur dan melaksanakan kebijakan perusahaan.
- b. Bertanggungjawab kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham atas pekerjaannya pada akhir jabatannya.
- c. Menjaga kestabilan organisasi perusahaan dan kontinuitas hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen serta karyawan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian atas persetujuan para pemegang saham.
- e. Mengkoordinir kerjasama antara direktorat, bagian dan seksi di bawahnya.

Direktur Utama membawahi beberapa direktorat, diantaranya:

- Direktorat Teknis dan Produksi

Direktorat Teknik dan Produksi memiliki tugas dan wewenang dalam merumuskan kebijakan teknik operasi serta mengawasi kesinambungan operasional pabrik. Direktorat Teknik dan Produksi membawahi beberapa bagian, antara lain Bagian Proses dan Utilitas, Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi, serta Bagian Penelitian, Pengembangan dan Pengendalian Mutu.

- Direktorat Keuangan dan Pemasaran

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

- Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

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

Keselamatan Kerja dan Lingkungan, Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia, serta Bagian Umum dan Keamanan.

#### 4. Bagian

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

Bagian-bagian tersebut terdiri dari :

- Bagian Proses dan Utilitas  
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pabrik dalam bidang proses, penyediaan bahan baku dan utilitas.
- Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi  
Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan, perawatan dan penyediaan fasilitas penunjang kegiatan produksi
- Bagian Penelitian, Pengembangan, dan Pengendalian Mutu  
Bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan penelitian, pengembangan perusahaan, dan pengawasan mutu.
- Bagian Keuangan  
Bertanggungjawab terhadap kegiatan pengelolaan keuangan, pengadaan barang, serta pembukuan keuangan.

- Bagian Pemasaran  
Bertanggungjawab terhadap kegiatan distribusi dan pemasaran produk.
- Bagian Kesehatan, Keselamatan Kerja dan Lingkungan  
Bertanggung jawab terhadap kesehatan dan keselamatan kerja karyawan serta pelestarian lingkungan.
- Bagian Administrasi dan Sumber Daya Manusia  
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan administrasi, kesekretariatan dan pengembangan sumber daya manusia.
- Bagian Umum dan Keamanan  
Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan masyarakat umum serta menjaga keamanan perusahaan.

#### 5. Seksi

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

- Seksi Proses  
Bertanggungjawab dalam melaksanakan dan memastikan kelancaran kegiatan produksi di pabrik.

- Seksi Utilitas  
Bertanggung jawab dalam penyediaan air, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.
- Seksi Pemeliharaan dan Bengkel  
Bertanggung jawab dalam melakukan perawatan, pemeliharaan dan penggantian alat- alat serta fasilitas pendukung proses produksi.
- Seksi Listrik dan Instrumentasi  
Bertanggungjawab dalam memastikan ketersediaan energi listrik dan instrumentasi yang dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik.
- Seksi Penelitian dan Pengembangan  
Bertanggung jawab dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan perusahaan
- Seksi Laboratorium dan Pengendalian Mutu  
Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengendalian mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk.
- Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)  
Bertanggungjawab dalam memastikan kesehatan karyawan dan keluarga, serta menangani masalah keselamatan kerja di perusahaan.



- Seksi Unit Pengolahan Limbah  
Bertanggungjawab dalam melaksanakan pengolahan limbah hasil produksi.
- Seksi Tata Usaha  
Bertanggung jawab dalam mengurus kebijakan teknis dibidang administrasi, kesekretariatan, perencanaan dan pelaporan, perlengkapan serta asset perusahaan.
- Seksi Personalia  
Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.
- Seksi Hubungan Masyarakat  
Bertanggungjawab menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan relasi perusahaan dengan pemerintah, masyarakat dan industri-industri lain.
- Seksi Keamanan  
Bertanggungjawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan mengawasi langsung masalah keamanan perusahaan.

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

##### **1. Status Karyawan**

Berdasarkan status dan system upah, karyawan dapat digolongkan menjadi 3, yaitu:

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan Surat Keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian dan masa kerja.

b. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan direksi dengan surat kontrak kerja sama.

c. Karyawan Borongan

Karyawan Borongan adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik hanya bila diperlukan. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu perusahaan atas hasil kerjanya yang telah disetujui.

2. Penggolongan Jabatan

Jabatan dari struktur organisasi perusahaan perlu dibebankan pada individu dengan tingkat pendidikan dan keahlian yang sesuai. Karyawan pada perusahaan ini terdiri berbagai jenjang pendidikan tertinggi dijabarkan sebagai berikut:

- a. Direktur Utama : S-2 semua jurusan
- b. Direktur : S-2 semua jurusan
- c. Kepala Bagian : S-1 semua jurusan
- d. Kepala Seksi : S-1 semua jurusan
- e. Staff Ahli : S-1 semua jurusan

- f. Sekretaris : S-1 semua jurusan
- g. Karyawan dan Operator: D-4/S-1 jurusan teknik
- h. Dokter : S-1 kedokteran
- i. Perawat : D4/S-1 keperawatan
- j. Supir : SMP-SMA dilengkapi dengan SIM A/B
- k. *Cleaning Service* : SMP-SMA
- l. Satpam : SMP-SMA dilengkapi dengan sertifikat satpam

### 3. Jumlah Karyawan dan Gaji

Jumlah karyawan yang diperlukan dalam aktivitas perusahaan garus ditentukan secara tepat agar pekerjaan dapat diselesaikan secara baik dan efisien. Jumlah karyawan yang diperlukan beserta gaji dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4. 2 Jumlah dan Gaji Karyawan

<b>Jabatan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Gaji/bulan</b>	<b>Total gaji/bulan</b>
Direktur Utama	1	Rp 55.000.000	Rp 55.000.000
Direktur teknik dan produksi	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
Direktur keuangan dan umum	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000
Staff ahli	1	Rp 13.000.000	Rp 13.000.000
Ka. Bag. Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Keuangan	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Ka. Bag. Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000

Ka. Bag. Produksi	1	Rp	30.000.000	Rp	30.000.000
Ka. Bag. Litbang	1	Rp	30.000.000	Rp	30.000.000
Ka. sek. Personalia	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. sek. Humas	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. sek. Keamanan	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. sek. Pembelian	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. sek. pemasaran	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. sek. Administrasi	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. sek. Kas/anggaran	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. kas. Proses	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. kas. Pengendalian	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. kas. Laboratorium	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. kas. Utilitas	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. kas. Pengembangan	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Ka. kas. Penelitian	1	Rp	18.000.000	Rp	18.000.000
Karyawan Personalia	3	Rp	10.000.000	Rp	30.000.000
Karyawan humas	3	Rp	10.000.000	Rp	30.000.000
Karyawan keamanan	5	Rp	10.000.000	Rp	50.000.000
Karyawan pembelian	4	Rp	10.000.000	Rp	40.000.000
Karyawan pemasaran	4	Rp	10.000.000	Rp	40.000.000
Karyawan administrasi	3	Rp	10.000.000	Rp	30.000.000
Karyawan kas/anggaran	3	Rp	10.000.000	Rp	30.000.000
Karyawan proses	40	Rp	10.000.000	Rp	400.000.000

Karyawan pengendalian	5	Rp	10.000.000	Rp	50.000.000
Karyawan laboratorium	4	Rp	10.000.000	Rp	40.000.000
Karyawan pemeliharaan	7	Rp	10.000.000	Rp	70.000.000
Karyawan utilitas	10	Rp	10.000.000	Rp	100.000.000
Karyawan KKK	6	Rp	10.000.000	Rp	60.000.000
Karyawan litbang	3	Rp	10.000.000	Rp	30.000.000
Sekretaris	5	Rp	10.000.000	Rp	50.000.000
Medis	2	Rp	6.000.000	Rp	12.000.000
Paramedis	3	Rp	6.000.000	Rp	18.000.000
<i>Driver</i>	6	Rp	5.500.000	Rp	33.000.000
<i>Cleaning service</i>	5	Rp	5.500.000	Rp	27.500.000
<b>Total</b>	<b>144</b>	<b>Rp</b>	<b>745.000.000</b>	<b>Rp</b>	<b>1.712.500.000</b>

#### 4.4.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Pentaeritritol dalam perancangan ini direncanakan akan beroperasi selama 330 hari dalam setahun dan proses produksi berlangsung selama 24 jam dalam 1 hari. Perbaikan, perawatan (*maintenance*), dan *shutdown* dapat dilakukan pada sisa hari diluar hari libur. Untuk menjaga proses produksi secara *continue*, pemberlakuan jam kerja *shift* diperuntukkan bagi karyawan yang terlibat langsung dibidang teknikal proses.

##### 1. Karyawan *non-shift*

Karyawan *non-shift* merupakan karyawan yang tidak terlibat langsung proses produksi maupun pengamanan pabrik. Karyawan yang

tergolong bekerja secara non-*shift* adalah direktur beserta jajaran, kepala bagian, kepala seksi, serta karyawan yang bekerja di kantor. Karyawan non-*shift* akan bekerja selama 5 hari dalam seminggu dengan pembagian kerja sebagai berikut:

Jam, hari kerja : Senin-Jumat, 07.00-16.00 WIB

Jam istirahat : Senin-Kamis, 12.00-13.00 WIB

Jumat, 11.30-13.30 WIB

## 2. Karyawan *shift*

Karyawan *shift* adalah karyawan yang terlibat langsung dalam menangani proses produksi serta pengamanan. Sebagian dari bagian teknis, Gudang, dan bagian lain harus berkerja atau siaga demi kelancaran dan keamanan produksi pabrik. Pembagian jam kerja *shift* sebagai berikut:

*Shift* I : pukul 07.00-15.00 WIB

*Shift* II : pukul 15.00-23.00 WIB

*Shift* III : pukul 23.00-07.00 WIB

Pembagian jam kerja *shift* berlangsung selama 8 jam tiap *shift* dengan 3 kelompok *shift* dalam 1 hari. Pergantian jam kerja kelompok *shift* dilakukan setiap 3 hari kerja dengan maksimal hari bekerja yaitu 3 hari dan diikuti 1 hari libur. Pembagian *shift* dilakukan dalam 4 regu, dimana 3 regu mendapatkan giliran *shift* dan 1 regu libur. Jadwal pembagian *shift* (siklus) karyawan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Pembagian *Shift* Karyawan

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
D	III	III		I	I	I		II	II	II		III	III	III	

Tabel 4.2 . . . (lanjutan)

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

Keterangan :

1,2,3 dst... : Hari ke-

A,B,C, dan D : Regu kerja

I,II, dan III : *Shift* ke-

 : Libur

#### 4.4.6 Ketenagakerjaan

Setiap karyawan memiliki hak ketenagakerjaan yang harus diberikan oleh perusahaan. Hak-hak tersebut yaitu:

1. Tunjangan

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

2. Hari libur nasional

Hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja bagi karyawan non-*shift* dan dihitung sebagai hari kerja lembur bagi karyawan *shift*.

3. Cuti

- a. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- b. Cuti tahunan diberikan kepada setiap karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- c. Cuti melahirkan bagi karyawan selama 3 bulan (1 bulan sebelum melahirkan dan 2 bulan setelah melahirkan).

4. Fasilitas karyawan

Fasilitas karyawan disediakan guna meningkatkan produktifitas karyawan :



a. Poliklinik

Poliklinik yang disediakan oleh perusahaan bertujuan untuk menangani dan menjaga kesehatan karyawan dan berpengaruh terhadap produktifitas pabrik.

b. Pakaian kerja

Perusahaan memberikan pakaian kerja untuk memberikan identitas perusahaan pada karyawan dari karyawan perusahaan lain maupun masyarakat umum.

c. Makan dan minum

Makan dan minum disediakan sebanyak satu kali dalam sehari oleh perusahaan yakni pada jam makan siang.

d. Tempat ibadah

Tempat ibadah berupa masjid disediakan guna memfasilitasi kegiatan ibadah karyawan muslim.

e. Transportasi

Perusahaan menyediakan bus antar jemput di titik tertentu untuk mempermudah akomodasi karyawan.

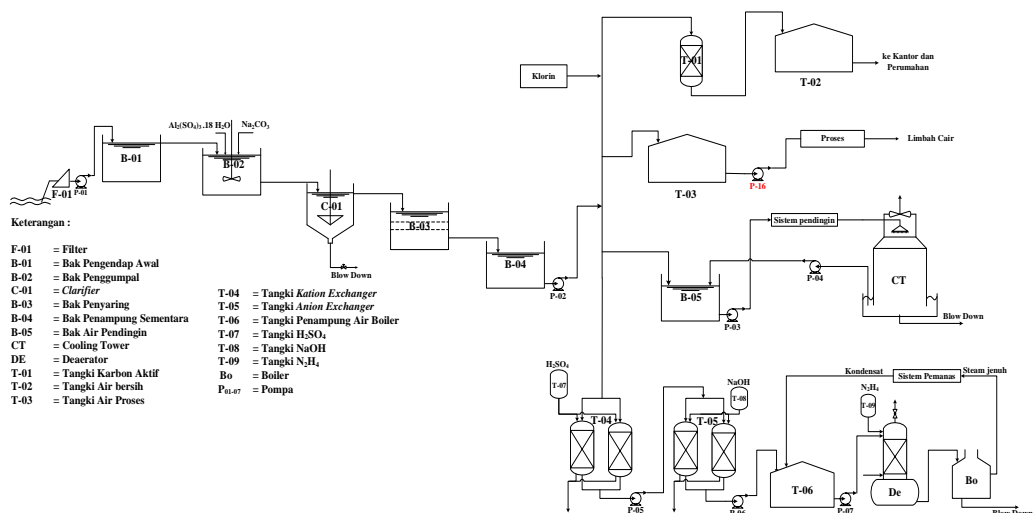
5. Jaminan ketenagakerjaan

Perusahaan mendaftarkan karyawan sebagai peserta Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) dengan 4 jaminan, yaitu Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK), Jaminan Kematian (JKM), Jaminan Hari Tua (JHT) dan Jaminan Pensiun (JP).

## BAB V UTILITAS

Unit utilitas merupakan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang adalah 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 pabrik pentaeritritol ini, meliputi :

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



Gambar 5. 1 Tata Letak Utilitas Pabrik Pentaeritritol

## 5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

### 5.1.1 Unit Penyedia Air

Untuk memenuhi kebutuhan air suatu pabrik pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik Pentaeritritol ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai Begawan solo. Adapun penggunaan air sungai sebagai sumber air dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan relatif murah, sedangkan pengolahan air laut lebih rumit dan biaya pengolahan biasanya lebih tinggi karena lebih banyak kandungan garam mineral di dalamnya yang perlu dipisahkan. Tetapi dengan faktor letak pabrik yang dekat dengan sumber air sungai.
2. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
3. Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur.
4. Letak sungai berada tidak jauh dari lokasi pabrik. Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk:

- a. Air Pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- 1) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.

- 2) Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- 3) Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- 4) Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- 5) Tidak terdekomposisi.

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

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- a) Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi.

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

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

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

- c) Zat yang menyebabkan *foaming*.

c. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi.

Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran

laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

a) Syarat Fisika, meliputi :

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

b) Syarat Kimia, meliputi :

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang larut dalam air
- Tidak mengandung bakteri

### **5.1.2 Unit Pengolahan Air**

Air sungai tidak dapat langsung digunakan, memerlukan beberapa pengolahan untuk dapat dipakai sebagaimana mestinya. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu:

#### **1. Penghisapan**

Air dari sungai dipompa dan dialirkan menuju alat penyaringan (*screen*) untuk menghilangkan partikel kotoran yang berukuran cukup besar. Setelah tahap screening air akan ditampung di dalam reservoir.

#### **2. *Screening***

Tahap ini dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar seperti daun, ranting, dan sampah - sampah lainnya tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan partikel kecil yang masih terbawa

akan diolah di tahap-tahap berikutnya. Pada sisi hisap pompa perlu dipasang saringan (*screen*) dan ditambah fasilitas pembilas untuk meminimalisir alat penyaring menjadi kotor dan menjadi cepat rusak.

### 3. Penggumpalan/Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid akibat penambahan bahan koagulan atau zat kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan karena gravitasi. Koagulan yang digunakan adalah tawas atau Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), yang merupakan garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah, sehingga dalam air yang mempunyai suasana basa akan mudah terhidrolisa. Untuk memperoleh sifat alkalis agar proses flokulasi dapat berjalan efektif, sering ditambahkan kapur karena kapur berfungsi untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat dalam air untuk membuat suasana basa sehingga mempermudah penggumpalan. Sedangkan proses flokulasi bertujuan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersebut menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan untuk dipisahkan dengan sedimentasi dan filtrasi.

### 4. Pengendapan

Pengendapan ini dilakukan di dalam bak pengendapan yang bertujuan untuk mengendapkan flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Bentuk-bentukan flok tadi akan mengendap yang selanjutnya dapat dibuang (*blow down*).

#### 5. *Sand Filter*

Air dari bak pengendap yang masih mengandung padatan tersuspensi selanjutnya memasuki alat *sand filter* untuk difiltrasi. Filtrasi ini bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{2+}$  dan lain-lain dengan menggunakan resin. *Sand Filter* dicuci (*back wash, rinse*) bila sudah dianggap kotor.

#### 6. Penampungan Air Bersih

Air yang sudah melalui tahap filtrasi bisa disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air bersih. Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan :

- a. *Service Water*
- b. Air Domestik
- c. *Make Up Cooling Tower*
- d. Bahan Baku Demin Plan

#### 7. Demineralisasi

Tujuan dari proses demineralisasi adalah menghilangkan ion-ion yang terkandung pada *filtered water* untuk umpan boiler. Proses demineralisasi ini terbagi menjadi 2, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Proses pelunakan air terjadi pada kation exchanger. Di dalam kation exchanger, mineral-mineral sadah seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$ , dan mineral lainnya akan dibebaskan dari air bersih. Mineral ini akan ditangkap oleh suatu resin berjenis hydrogen-zeolite. Resin memiliki kapasitas untuk menangkap ion-ion ini. Suatu waktu resin tidak mampu lagi untuk

menangkap mineral, maka akan disubjekkan kedalam proses regenerasi resin. Regenerasi resin kation exchanger dilakukan dengan penambahan asam kuat  $H_2SO_4$ . Air keluaran dari kation exchanger adalah air bebas mineral yang tendensi untuk membentuk scalling-nya sudah diminimalkan.

Air yang telah melewati kation exchanger akan disubjekkan kedalam anion exchanger untuk dilakukan proses dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif seperti  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  dan lain-lain. Ion negatif ini harus ditangkap karena akan jika air bersifat basa ini dipanaskan, akan berpotensi untuk membentuk gas  $CO_2$  yang bisa menurunkan performa boiler dan alat proses lainnya. Proses penangkapan ion-ion memiliki mekanisme yang mirip pada proses pelunakan air. Perbedaan utama nya adalah jenis resin yang digunakan. Jenis resin yang digunakan yaitu *weakly basic anion exchanger*. Pada proses ini, saat resin sudah memenuhi kapasitasnya untuk menangkap ion, resin akan diregenerasikan dengan menambahkan basa kuat NaOH. Air keluaran dari *anion exchanger* ini sudah bisa digunakan sebagai air proses. Tetapi untuk penggunaan sebagai air umpan boiler, perlu dilakukan proses lebih lanjut.

#### 8. Dearasi

Air keluaran dari proses demineralisasi yang akan dijadikan umpan *boiler* akan disubjekkan ke proses dearasi untuk menghilangkan gas gas terlarut dalam air, terutama gas  $O_2$  yang berpotensi untuk menyebabkan korosi pada *boiler*. Korosi pada boiler memiliki konsekuensi yang sangat



berbahaya, selain perpendekan umur *boiler*. Pengikisan di dalam *boiler* Btu-erpotensi menyebabkan peledakan dikarenakan ekspansi tekanan yang tidak sesuai dengan tekanan desain. Untuk menghilangkan gas-gas terlarut, senyawa  $N_2H_4$  (hidrazin) ditambahkan untuk mengikat  $O_2$  dan gas terlarut lainnya. Setelah dihilangkan kandungan gas terlarut, maka air keluaran deaerator dapat langsung diumpankan ke *boiler feed water*, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler* akan berlangsung proses pembangkitan air menjadi *steam*. Namun, untuk menjaga konsentrasi *suspended solid* yang terakumulasi di dalam *boiler*, dilakukan sistem *blowdown* pada periode tertentu sehingga menghilangkan sejumlah air. Untuk mengganti air yang hilang tersebut, ditambahkan *make up water* agar tetap memenuhi kebutuhan proses.

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	Air Karyawan	570,21
2	Air Perumahan	5.000,00
	<b>Total</b>	<b>5.570,21</b>

Jumlah karyawan 144 dengan menurut standar WHO, kebutuhan air untuk 1 orang adalah 100-120 liter/hari. Banyak mess yang akan didirikan 20 rumah, perkiraan mess dihuni oleh 60 orang, maka kebutuhan total air domestic sebanyak 5.570,21Kg/Jam.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	<i>Mixer-01</i>	52.584,56
2	Reaktor-01	751.884,88
3	<i>Neutralizer-01</i>	193.035,12
4	<i>Crystallizer-01</i>	247,62
5	<i>Cooller-01</i>	34,97
	<b>Total</b>	<b>997.785,16</b>

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 1.197.342,19 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower* sehingga diperlukan adanya air *make-up*. Setelah dilakukan perhitungan didapatkan kebutuhan air *make-up* yaitu sebesar 22.899,16 kg/jam.

Tabel 5. 3 Kebutuhan Steam

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	<i>Heater-01</i>	3.028,25
2	<i>Heater-02</i>	236,59
3	<i>Heater-03</i>	231,24
4	<i>Heater-04</i>	672,32
5	<i>Heater-05</i>	5.208,65
6	<i>Evaporator-01</i>	17.553,73
7	<i>Evaporator-02</i>	5.556,00
	<b>Total</b>	<b>32.486,78</b>

Perancangan dibuat *over design* sebanyak 20% sehingga menjadi 38.951,60 kg/jam. Pada saat berlangsungnya proses, air pembangkit *steam* 85%

dimanfaatkan kembali, sehingga diperlukan 15% air *make-up*, dikarenakan terjadinya *blowdown* pada *boiler* sebesar 10% dan penggunaan *steam trap* sebesar 5%, sehingga jumlah air *make-up* yang dibutuhkan setelah dilakukan perhitungan yaitu sebesar 7.011,2897 kg/jam.

Tabel 5. 4 Kebutuhan Air *Service*

No	Keterangan	Kebutuhan Air, kg/jam
1	Bengkel	8,33
2	Poliklinik	12,5
3	Laboratorium	20,83
4	Pemadam Kebakaran	41,67
5	Kantin, Musholla, Kebun	166,67
<b>Total</b>		<b>250</b>

## 5.2 Unit Pembangkit Steam

Keberadaan unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan *steam* pada proses produksi pentaeritritol, yaitu dengan menyediakan ketel uap (*boiler*) dengan spesifikasi :

Kapasitas : 32.486,78 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

*Boiler* tersebut dilengkapi dengan sebuah *unit economizer safety valve* sistem dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis. Air dari water treatment plant yang akan digunakan sebagai umpan boiler terlebih dahulu diatur kadar silika, O<sub>2</sub>, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan

kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5– 11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosifitasnya tinggi. Sebelum masuk ke *boiler*, umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 150 °C, kemudian diumpankan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, Uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses produksi.

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

Kebutuhan listrik di pabrik pentaeritritol ini dipenuhi oleh PLN, selain itu listrik cadangan dihasilkan dari generator pabrik apabila ada gangguan pasokan listrik dari PLN setempat. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Energi listrik yang dihasilkan generator berasal dari putaran poros engkol yang digerakkan oleh panas yang dihasilkan dari bahan bakar solar. Spesifikasi generator yang digunakan dalam pabrik ini yaitu :

Kapasitas = 1000 Kw

Jenis = AC Generator

Jumlah = 1 buah

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pada Pabrik Pentaeritritol, sebagai berikut ;

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
<i>Mixer-01</i>	M-01	5	3.728
Reaktor-01	R-01	30	22.371
<i>Neutralizer-01</i>	N-01	40	29.828
<i>Crystallizer-01</i>	CR-01	10	7.457
<i>Centrifuge-01</i>	CF-01	6	4.474
<i>Centrifuge-02</i>	CF-02	6	4.474
<i>Rotary dryer-01</i>	RD-01	15	11.185
<i>Rotary dryer-02</i>	RD-02	20	14.914
<i>Rotary Feeder-01</i>	RF-01	0,75	559
<i>Rotary Feeder-03</i>	RF-02	0,5	372
<i>Rotary Feeder-03</i>	RF-03	1,5	1.118
Pompa-01	P-01	0,5	372
Pompa-02	P-02	5	3.728
Pompa-03	P-03	5	3.728
Pompa-04	P-04	1,5	1.118
Pompa-05	P-05	1,5	1.118
Pompa-06	P-06	1,5	1.118
Pompa-07	P-07	0,5	372
Pompa-08	P-08	0,5	372
Pompa-09	P-09	0,5	372
Pompa-10	P-10	0,5	372
Fan	F-01	40	29.828
<b>TOTAL</b>		<b>152</b>	<b>143.005</b>

Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Bak Penggumpal	BU-01	2	1.491,4
<i>Blower Cooling Tower</i>	BL-01	150	111.855
Kompresor	K-01	3,5	2.585,98
Pompa-01	PU-01	15	11.185,5
Pompa-02	PU-02	15	11.185,5
Pompa-03	PU-03	15	11.185,5
Pompa-04	PU-04	0,05	37,2850
Pompa-05	PU-05	0,05	37,2850
Pompa-06	PU-06	15	11.185,5
Pompa-07	PU-07	7,5	5.592,75
Pompa-08	PU-08	7,5	5.592,75
Pompa-09	PU-09	7,5	5.592,75
Pompa-10	PU-10	2	1.491,4
Pompa-11	PU-11	3	2.237,1
Pompa-12	PU-12	3	2.237,1
Pompa-13	PU-13	0,05	37,2850
Pompa-14	PU-14	0,05	37,2850
Pompa-15	PU-15	20	14.914
Pompa-16	PU-16	15	11.185,5
Pompa-17	PU-17	0,05	37,2850
Pompa-18	PU-18	0,05	37,2850
Pompa-19	PU-19	0,05	37,2850
Pompa-20	PU-20	0,05	37,2850
Pompa-21	PU-21	15	11.185,5
<b>Total</b>		<b>296,37</b>	<b>221.002</b>

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Total

No	Keperluan	Kebutuhan, Kw
1	<i>Power Plant</i>	
	a. Proses	138,51
	b. Utilitas	221,00
	a. Listrik AC	53,92
2	b. Listrik	53,92
	Penerangan	
3	Bengkel dan Laboratorium	53,92
4	Instrumentasi/alat kontrol	89,87
5	Perumahan	26
	<b>Total</b>	<b>637,17</b>

#### 5.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Dalam pabrik ini udara tekan dibutuhkan untuk menggerakkan instrumen instrumen kontrol sebagai penggerak alat-alat kontrol di pabrik yang bekerja secara pneumatis. Tekanan udara instrumen yang digunakan adalah 7,2 bar. Dalam pabrik Pentaerytritol ini terdapat sekitar 18 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk menggerakkannya. Mekanisme atau proses untuk membuat udara tekan yaitu udara lingkungan ditekan menggunakan kompressor yang dilengkapi filter udara hingga mencapai tekanan 7,2 bar, selanjutnya udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sebesar 30,5856 m<sup>3</sup> /jam. Udara yang digunakan harus dalam keadaan kering sehingga begitu keluar dari blower, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi *silica gel*.

## 5.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Pada unit penyedia bahan bakar bertujuan menyediakan bahan bakar yang dipergunakan pada *boiler* dan generator. Bahan bakar yang digunakan adalah solar sebesar 356,99 L/jam.

## 5.6 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses di pabrik ini berupa limbah cair. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan. Limbah cair yang dihasilkan dalam pabrik ini adalah :

- Air buangan sanitasi mengandung bakteri-bakteri dari berbagai sumber kotoran. Penanganan limbah ini tidak membutuhkan penanganan khusus karena tidak mengandung bahan kimia yang berbahaya.
- Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini adalah *physical treatment*, (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH) dan *biological treatment*.



## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### 5.7.1 Perancangan Pengolahan Air

#### 1. *Screening* (FU-01)

Tabel 5. 8 Spesifikasi *Screening*

<b>Spesifikasi Umum <i>Screening</i> (FU-01)</b>	
Nama Alat	<i>Screening</i>
Kode	(FU-01)
Fungsi	Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar
<b>Dimensi</b>	
Diameter lubang saringan	1 cm
Panjang saringan	10 ft
Lebar saringan	8 ft
Jumlah air yang diolah	1.255.261,39 kg/jam

#### 2. Bak Pengendapan Awal (BU-01)

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak Pengendapan Awal

<b>Spesifikasi Umum Bak Pengendapan Awal (BU-01)</b>	
Nama Alat	Bak Pengendapan Awal/Sedimentasi
Kode	(BU-01)
Fungsi	Mengendapan kotoran yang terbawa dari air sungai
Bentuk	Balok
Bahan	Beton bertulang
Volume	7.403,71 m <sup>3</sup>

Tabel 5.9 . . . (Lanjutan)

<b>Spesifikasi Umum Bak Pengendapan Awal (BU-01)</b>	
Waktu tinggal	4 jam
<i>Over design</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Tinggi	12,28 m
Panjang	24,56 m
Lebar	24,56 m
Kapasitas bak pengendapan	1.850,93 m <sup>3</sup> /jam

### 3. Bak Penggumpal (BU-02)

Tabel 5. 10 Bak Penggumpal

<b>Spesifikasi Umum Bak Penggumpal (BU-02)</b>	
Nama Alat	Bak Penggumpal
Kode	(BU-02)
Fungsi	Mengendapkan kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan untuk menggumpalkan kotoran
Volume	1.506,31 m <sup>3</sup>
Waktu pengendapan	1 jam
<i>Over design</i>	20%

Tabel 5.10. . . (lanjutan)

<b>Spesifikasi Umum Bak Penggumpal (BU-02)</b>	
<b>Dimensi</b>	
Diameter	12,42 m
Tinggi	12,42 m
Bentuk	Silinder tegak
<b>Jenis Pengaduk</b>	
Jenis pengaduk	<i>Marine propeller 3 blade</i>
Diameter <i>impeller</i>	4,14 m
Jarak <i>impeller</i>	3,10 m
Jarak cairan dalam tangki	11,18 m
Jumlah <i>baffle</i>	4 buah
Lebar <i>baffle</i>	0,41 m
Jumlah <i>impeller</i>	1 buah
<i>Power motor</i>	2 Hp

#### 4. Tangki Larutan Alum (TU-01)

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Larutan Alum

<b>Spesifikasi Umum Tangki Larutan Alum (TU-01)</b>	
Nama Alat	Tangki Larutan Alum (tawas)
Kode	(TU-01)
Fungsi	Menyiapkan dan menyimpan larutan alum 5 %
Keb 5% larutan alum	0,157 kg/jam

Tabel 5.11 . . . (lanjutan)

<b>Spesifikasi Umum Tangki Larutan Alum (TU-01)</b>	
Waktu penyimpanan	2 minggu
Konsentrasi alum dalam air	425 ppm
Bentuk	Silinder tegak
<i>Over design</i>	20%
<i>Volume alum</i>	52,86 m <sup>3</sup>
Diameter	3,23 m
Tinggi	6,46m

## 5. Bak Pengendapan I (BU-03)

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Pengendapan I

<b>Spesifikasi Umum Bak Pengendapan I (BU-03)</b>	
Nama Alat	Bak Pengendapan I
Kode	(BU-03)
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari air sungai dengan proses flokulasi (menghilangkan flokulasi)
Bentuk	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	9.045,57 m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	6 jam

Tabel 5.11 ... (lanjutan)

<b>Spesifikasi Umum Bak Pengendapan I (BU-03)</b>	
<i>Over design</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Tinggi	13,12 m
Panjang	26,24 m
Lebar	26,24 m
Kapasitas bak pengendapan	1.507,59 m <sup>3</sup> /jam

## 6. Bak Pengendapan II (BU-04)

Tabel 5. 13 Spesifikasi Bak Pengendapan II

<b>Spesifikasi Umum Bak Pengendapan II (BU-04)</b>	
Nama Alat	Bak Pengendapan II
Kode	(BU-04)
Fungsi	Mengendapkan endapan yang berbentuk flok yang terbawa dari sungai dengan proses flokulasi (memberi kesempatan untuk proses flokulasi O <sub>2</sub> )
Bentuk	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	11.105,57 m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	6 jam
<i>Over design</i>	20%

Tabel 5.12 ... (lanjutan)

<b>Spesifikasi Umum Bak Pengendapan II (BU-04)</b>	
<b>Dimensi</b>	
Tinggi	14,05 m
Panjang	28,10 m
Lebar	28,10 m
Kapasitas bak pengendapan	1.850,93 m <sup>3</sup> /jam

7. *Sand Filter* (BU-05)Tabel 5. 14 Spesifikasi *Sand Filter*

<b>Spesifikasi Umum <i>Sand Filter</i> (BU-05)</b>	
Nama Alat	Bak Saringan Pasir
Kode	(BU-05)
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air Sungai
Kecepatan penyaringan	4 gpm/ft <sup>2</sup>
Diameter partikel	0,0394 in
Material	<i>Spheres</i>
Tinggi lapisan pasiran	1,0040 m
<b>Dimensi</b>	
Volume	162,80 m <sup>3</sup>
Tinggi	3,44m
Panjang	6,88m
Lebar	6,88m

## 8. Bak Penampungan Sementara (BU-06)

Tabel 5. 15 Spesifikasi Bak Penampungan Sementara

<b>Spesifikasi Umum Bak Penampungan Sementara (BU-06)</b>	
Nama Alat	Bak Penampungan Sementara
Kode	(BU-06)
Fungsi	Bak Penampungan Sementara <i>raw water</i> setelah di saring di <i>sand filter</i>
Bentuk	Bak persegi
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	1.506,31 m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	1 jam
<i>Over design</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Tinggi	7,22m
Panjang	14,44 m
Lebar	14,44 m
Kapasitas bak penampungan	1.255,26 m <sup>3</sup> /jam

## 5.7.2 Pengolahan Air Sanitasi

### 1. Tangki Klorinasi (TU-02)

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Klorinasi

<b>Spesifikasi Umum Tangki Klorinasi (TU-02)</b>	
Nama Alat	Tangki Klorinasi
Kode	(TU-02)
Fungsi	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air untuk kebutuhan rumah tangga
Waktu tinggal	1 jam
Bentuk	Tangki silinder berpengaduk
<i>Over design</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
<i>Volume</i>	22,42 m <sup>3</sup>
Diameter	3,057 m
Tinggi	3,057 m
Kapasitas	18,68 m <sup>3</sup> /jam

### 2. Tangki Kaporit (TU-03)

Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Kaporit

<b>Spesifikasi Umum Tangki Kaporit (TU-03)</b>	
Nama Alat	Tangki Kaporit
Kode	(TU-03)



Fungsi	Menampung kebutuhan kaporit selama 1 bulan yang akan dimasukkan kedalam tangki klorinasi (TU-02)
Waktu tinggal	1 bulan
Bentuk	Silinder tegak
Kebutuhan kaporit	0,1343 kg
Kebutuhan kaporit (30 hari)	96,72 kg
<b>Dimensi</b>	
<i>Volume</i>	0,05 m <sup>3</sup>
Diameter	0,40 m
Tinggi	0,40 m

### 3. Tangki Air Bersih (T-01)

*Tabel 5. 18 Tangki Air Bersih*

<b>Spesifikasi Umum Tangki Air Bersih (T-01)</b>	
Nama Alat	Tangki Air Bersih
Kode	(T-01)
Fungsi	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Waktu tinggal	24 jam
Bentuk	Tangki silinder berpengaduk
<i>Over design</i>	20%

---

<b>Dimensi</b>	
<i>Volume</i>	538,13 m <sup>3</sup>
Diameter	8,82 m
Tinggi	8,82 m
Kapasitas	18,69 m <sup>3</sup> /jam

---

### 5.7.3 Pengolahan Air Pendingin

#### 1. Bak Air Pendingin (BU-06)

Tabel 5. 19 Spesifikasi Bak Pendingin

---

<b>Spesifikasi Umum Bak Air Pendingin (BU-06)</b>	
Nama Alat	Bak Air Pendingin
Kode	(BU-06)
Fungsi	Menampung kebutuhan air pendingin dan proses
Bentuk	Bak persegi panjang
Bahan	Beton bertulang
<i>Volume</i>	34.483,45 m <sup>3</sup>
Waktu tinggal	24 jam
<i>Over design</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Tinggi	20,51m
Panjang	41,01m
Lebar	41,01 m
Kapasitas bak penampungan	1.197,34 m <sup>3</sup> /jam

---

## 2. Cooling Tower (CT-01)

Tabel 5. 20 Spesifikasi *Cooling Tower*

<b>Spesifikasi Umum Cooling Tower (CT-01)</b>	
Nama Alat	<i>Cooling Tower</i>
Kode	(CT-01)
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Luas tower	141,10 m <sup>2</sup>
<i>Mass velocity liquid</i>	1.738,12 lb/jam.ft <sup>2</sup>
Kebutuhan udara	604.739,44 ft <sup>3</sup> /min
<b>Dimensi</b>	
Tinggi	3,5717 m
Panjang	11,88 m
Lebar	11,88m
<b>Difusi Unit</b>	
H1	44,1Btu/lb
H2	71,1 Btu/lb
<b>Tinggi Diffusi</b>	
Tinggi unit diffuse	1,76 m
Jumlah <i>spray</i>	10 buah
Kecepatan volumetrik udara	1.738,12 lb/jam.ft <sup>2</sup>

### 3. *Blower Cooling Tower* (BL-01)

Tabel 5. 21 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

<b>Spesifikasi Umum <i>Blower Cooling Tower</i> (BL-01)</b>	
Nama Alat	<i>Blower Cooling Tower</i>
Kode	(BL-01)
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan
Kebutuhan udara	604.739,44 ft <sup>3</sup> /min
Suhu	30 °C
Tekanan	1 atm

### 5.7.4 Pengolahan Air *Steam*

#### 1. *Mixed Bed* (TU-05)

Tabel 5. 22 Spesifikasi *Mixed Bed*

<b>Spesifikasi Umum <i>Mixed Bed</i> (TU-05)</b>	
Nama Alat	<i>Mixed Bed</i>
Kode	(TU-05)
Fungsi	Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation-kation seperti Ca dan Mg
Jenis	Tangki Silinder Tegak
Resin	Zeolit
<b>Dimensi</b>	
Diameter tangki	2,43 m

---

**Spesifikasi Umum *Mixed Bed* (MB-01)**

---

Tinggi tangki	0,91 m
Tinggi <i>bed</i>	0,76 m
Volume <i>bed</i>	2,43 m <sup>3</sup>
Volume bak	858.210,14 grain
Tebal	0,1875 in
Jumlah	1

---

2. Tangki NaCl (T-02)

Tabel 5. 23 Spesifikasi Tangki NaCl

---

**Spesifikasi Umum**

---

Nama Alat	Tangki NaCl
Kode	(T-02)
Fungsi	Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>kation exchanger</i>
Bentuk	Tangki Silinder
<i>Overdesign</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Volume	9,73 m <sup>3</sup>
Diameter	2,3 m
Tinggi	2,3 m

---

### 3. Tangki NaOH

Tabel 5. 24 Spesifikasi Tangki NaOH

<b>Spesifikasi Umum</b>	
Nama Alat	Tangki NaOH
Kode	(T-03)
Fungsi	Menampung larutan NaOH yang akan digunakan untuk meregenerasi <i>Anion Exchanger</i> .
Bentuk	Tangki silinder
<i>Overdesign</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Volume	119,04 m <sup>3</sup>
Diameter	5,33 m
Tinggi	5,33 m

### 4. Tangki Demin (TU-08)

Tabel 5. 25 Spesifikasi Tangki Demin

<b>Spesifikasi Umum Tangki Demin (TU-08)</b>	
Nama Alat	Tangki Air Demin
Kode	(TU-08)
Fungsi	Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air
Waktu tinggal	24 jam
Bentuk	Silinder tegak
<i>Overdesign</i>	20%

---

**Spesifikasi Umum Tangki Demin (TU-08)**

---

**Dimensi**

Volume	1.122,74 m <sup>3</sup>
Diameter	11,27 m
Tinggi	11,27 m

---

## 5. Dearator

Tabel 5. 26 Spesifikasi Dearator

---

**Spesifikasi Umum Dearator (DE-01)**

---

Nama Alat	Dearator
Kode	(DE-01)
Fungsi	Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam <i>feed water</i>
Waktu tinggal	1 Jam
Bentuk	Tangki silinder tegak
<i>Overdesign</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Volume	46,78 m <sup>3</sup>
Diameter	3,90 m
Tinggi	3,90 m
Kapasitas	38,99 m <sup>3</sup> /jam

---

## 6. Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (T-09)

Tabel 5. 27 Spesifikasi Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

<b>Spesifikasi Umum Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub></b>	
Nama Alat	Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Kode	(T-09)
Fungsi	Menyimpan N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Waktu tinggal	4 bulan
Bentuk	Silinder tegak
<i>Overdesign</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Volume	47,55 m <sup>3</sup>
Diameter	3,93 m
Tinggi	3,93 m

### 5.7.5 Pengolahan Air *Service*

#### 1. Tangki Air *Service* (TU-09)

Tabel 5. 28 Spesifikasi Tangki *Service*

<b>Spesifikasi Umum Tangki Air <i>Service</i> (TU-09)</b>	
Nama Alat	Tangki Air <i>Service</i>
Kode	(TU-09)
Fungsi	Menampung air bertekanan untuk keperluan layanan umum
Bentuk	Tangki silinder



Spesifikasi Umum Tangki Air Service (TU-09)	
<i>Overdesign</i>	20%
<b>Dimensi</b>	
Volume	7,2000 m <sup>3</sup>
Diameter	2,0932 m
Tinggi	2,0932 m

### 5.7.6 Pompa Utilitas

Tabel 5. 29 Spesifikasi Pompa Utilitas

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
Fungsi	Mengalirkan air dari Sungai menuju Screening	Mengalirkan air sungai dari Screening ke Reservoir/sedimentasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak sedimentasi (B-01) menuju Bak koagulasi dan flokulasi(B-02)	Mengalirkan larutan alum dari Tangki alum (TU-01) menuju Bak Koagulasi dan Flokulasi (B-02)	Mengalirkan air dari Bak Penggumpal (B-02) menuju Bak Pengendap I
Jenis			<i>Centrifugal Pump</i>		
Bahan			<i>Comercial steel</i>		
Impeller	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>
Kapasitas, gpm	6.452,449	7.921,914	6.452,449	0,2717	6.452,449
Rate Volumetrik, ft <sup>3</sup> /jam	14,376	17,650	14,376	0,0006	14,376
Kecepatan Aliran, ft/s	41,3999	32,251	41,399	0,4540	41,3994

Parameter	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05
<b>Dimensi Pipa</b>					
IPS, in	8,0	10,0	8,0	0,375	8,0
Flow Area, in <sup>2</sup>	50,0	78,80	50,0	0,19	50,0
OD, in	8,625	19,75	8,265	0,675	8,625
ID, in	7,981	10,02	7,981	0,493	7,981
<b>Head Pompa</b>					
Efisiensi Motor	87%	87%	56%	80%	87%
Power Pompa, Hp	10,758	10,891	105%	0,0001	14,863
Power Motor, Hp	15,0	15,0	150%	0,05	20,0

Parameter	PU-06	PU-07	PU-08	PU-09	
Fungsi	Mengalirkan air dari Bak pengendap I menuju Bak Pengendap II	Mengalirkan air dari Bak pengendap II menuju Sand Filter (BU-05)	Mengalirkan air dari Sand Filter (BU-05) menuju Bak Penampungan Sementara (BU-06)	Mengalirkan air dari Bak Penampungan Sementara (BU-03) menuju Area Kebutuhan Air	
	<i>Centrifugal Pump</i>				
	<i>Comercial steel</i>				
	Jenis	<i>Radial Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>
	Bahan				
Impeller	<i>Radial Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	
Kapasitas, gpm	7.921,914	6.792,0516	6.452,449	6.452,4490	
Rate Volumetrik, ft <sup>3</sup> /jam	17,650	15,1328	14,3762	14,3762	
Kecepatan Aliran, ft/s	32,251	27,6512	26,2687	26,2687	

<b>Parameter</b>	<b>PU-06</b>	<b>PU-07</b>	<b>PU-08</b>	<b>PU-09</b>
<b>Dimensi Pipa</b>				
IPS, in	10,0	10,0	10,0	10,0
<i>Flow Area</i> , in <sup>2</sup>	78,80	78,80	78,80	78,80
OD, in	10,75	10,75	10,75	10,75
ID, in	10,02	10,02	10,02	10,02
<b>Head Pompa</b>				
Efisiensi Motor	87%	86%	86%	86%
Power Pompa, Hp	12,411	6,262	6,143	5,422
Power Motor, Hp	15,0	7,50	7,50	7,50

<b>Parameter</b>	<b>PU-10</b>	<b>PU-11</b>	<b>PU-12</b>	<b>PU-13</b>
Fungsi	Mengalirkan kaporit dari Tangki kaporit (TU-03) menuju Tangki Klorinasi (TU-02)	Mengalirkan air dari Tangki Klorinasi (TU-01) menuju Tangki Air Bersih (TU-02)	Mengalirkan air dari Tangki Air Bersih (TU-02) menuju Kebutuhan Domestik	Mengalirkan air dari Tangki air servis menuju Tangki air bertekanan
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Impeller	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>
Kapasitas, gpm	96,5004	96,5004	96,5004	1,2911
<i>Rate Volumetrik</i> , ft <sup>3</sup> /jam	0,2150	0,2150	0,2150	0,0029
Kecepatan Aliran, ft/s	9,2411	9,411	9,2411	1,3625

<b>Parameter</b>	<b>PU-10</b>	<b>PU-11</b>	<b>PU-12</b>	<b>PU-13</b>
<b>Dimensi Pipa</b>				
IPS, in	2,0	2,00	2,00	0,50
<i>Flow Area</i> , in <sup>2</sup>	3,35	3,35	3,35	0,30
OD, in	2,238	2,23	2,23	0,84
ID, in	2,067	2,06	2,06	0,62
<b>Head Pompa</b>				
Efisiensi Motor	81%	83%	83%	80%
Power Pompa, Hp	1,252	2,19	2,26	0,0055
Power Motor, Hp	2,0	3,00	3,00	0.05

<b>Parameter</b>	<b>PU-14</b>	<b>PU-15</b>	<b>PU-16</b>	<b>PU-17</b>
	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan
	air dari	air dari	air dari	air dari
	Tangki air	Cooling	Cooling	tangka
Fungsi	bertekanan	Tower (CT-	Tower (CT-	penampung
	menuju area	01) menuju	01) menuju	NaCl
	kebutuhan	recycle bak	recycle dari	menuju
	servis	air dingin	bak air	Mixed Bed
			dingin	(TU-05)
Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
Bahan	<i>Comercial steel</i>			
Impeller	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Mixed Flow</i>	<i>Radial Flow</i>
Kapasitas, gpm	1,2911	6.187,8182	6.187,8182	166,8392
<i>Rate Volumetrik</i> , ft <sup>3</sup> /jam	0,0029	13,7866	13,7866	0,3717
Kecepatan Aliran, ft/s	1,3625	39,7015	39,7015	15,9769

Parameter	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17
<b>Dimensi Pipa</b>				
IPS, in	0,50	8,00	8,00	2,00
Flow Area, in <sup>2</sup>	0,30	50,00	50,00	3,35
OD, in	0,84	8,62	8,62	2,38
ID, in	0,62	7,98	7,98	2,06
<b>Head Pompa</b>				
Efisiensi Motor	80%	87%	87%	87%
Power Pompa, Hp	0,0055	14,1813	10,0369	0,1200
Power Motor, Hp	0.05	20,0	15,00	0.05

Parameter	PU-18	PU-19	PU-20	PU-21	
Fungsi	Mengalirkan air dari Mixed Bead (TU-05) menuju Tangki air Demin	Mengalirkan air dari Tangki air Demin menuju Tangki Dearator (De-01)	Mengalirkan larutan Hydraline dari tangki N2H4 (T-09) menuju Tangki Dearator (DE-01)	Mengalirkan air dari Daerator (De-01) menuju Boiler	
	Jenis	<i>Centrifugal Pump</i>			
	Bahan	<i>Comercial steel</i>			
	Impeller	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>	<i>Radial Flow</i>
	Kapasitas, gpm	166,8392	166,8392	166,8392	6.187,8182
Rate Volumetrik, ft <sup>3</sup> /jam	0,3717	0,3717	0,3717	13,7866	
Kecepatan Aliran, ft/s	15,9769	15,9769	15,9769	39,7015	

<b>Parameter</b>	<b>PU-18</b>	<b>PU-19</b>	<b>PU-20</b>	<b>PU-21</b>
<b>Dimensi Pipa</b>				
IPS, in	2,00	2,00	2,00	8,00
<i>Flow Area</i> , in <sup>2</sup>	3,35	3,35	3,35	50,00
OD, in	2,38	2,38	2,38	8,62
ID, in	2,06	2,06	2,06	7,98
<b>Head Pompa</b>				
Efisiensi Motor	80%	80%	80%	87%
Power Pompa, Hp	0.1993	0.1956	0.1343	12,8629
Power Motor, Hp	0.05	0.05	0.05	15,00

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

#### **6.2 Evaluasi Ekonomi**

Evaluasi ekonomi bertujuan untuk mengetahui kelayakan pendirian suatu pabrik yang akan didirikan. Faktor - faktor yang diperhatikan dalam evaluasi ekonomi suatu pabrik antara lain :

1. Modal (*Capital Investment*)
  - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
  - b. Modal kerja (*Working Capital Investment*)
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
  - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
  - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
  - c. Biaya tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
4. Analisa Kelayakan Ekonomi
  - a. *Return On Investment* ( ROI )
  - b. *Pay Out Time* ( POT )
  - c. *Break Event Point* ( BEP )
  - d. *Shut Down Point* ( SDP )
  - e. *Discounted cash flow* ( DCF )

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat diketahui apakah pabrik tersebut berpotensi untuk didirikan

atau tidak maka dilakukan Analisa kelayakan, beberapa analisis untuk mengetahui kelayakan ekonomi suatu pabrik, yaitu :

a. *Percent return on invesment (ROI)*

*Percent return on investment* merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay out time (POT)*

*Pay Out Time* adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break event point (BEP)*

*Break Event Point* adalah terjadinya titik impas dimana tingkat penjualan atau pendapatan yang diperoleh dan modal yang digunakan untuk menghasilkan laba berada dalam posisi yang sama.

d. *Shut down point (SDP)*

*Shut Down Point* adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.



e. *Discounted cash flow* (DCF)

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “*Discounted Cash Flow*” merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal dimana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

### 6.3 Penaksiran Harga Peralatan

Harga peralatan proses selalu mengalami perubahan setiap tahun tergantung pada kondisi ekonomi yang ada. Untuk mengetahui harga peralatan yang ada sekarang, dapat ditaksir dari harga tahun sebelumnya berdasarkan indeks harga. Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan pada saat sekarang adalah:

$$Ex = Ey \cdot \frac{Nx}{Ny} \quad \dots(6.1)$$

Dalam hubungan ini :

Ex = Harga pembelian pada tahun 2027

Ey = Harga pembelian pada tahun referensi

Nx = Indeks harga pada tahun 2027

Ny = Indeks harga pada tahun referensi

Untuk menentukan nilai indeks CEP berdasarkan dari harga yang sudah ada seperti yang dikemukakan oleh Aries & Newton serta data data yang diperoleh dari [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci) sehingga dinyatakan dalam bentuk tabel 6.1 :

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat Proses

<b>(Xi)</b>	<b>Indeks (Yi)</b>
1987	323,8
1988	342,5
1989	355,4
1990	357,6
1991	361,3
1992	358,2
1993	359,2
1994	368,1
1995	381,1
1996	381,7
1997	386,5
1998	389,5
1999	390,6
2000	394,1
2001	394,3
2002	395,6
2003	402
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4

2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	556,8
2016	541,7
2017	507,5
2018	603,1

Sumber : [www.chemengonline.com/pci](http://www.chemengonline.com/pci)

Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2028. Nilai index *Chemical Engineering Progress* (CEP) pada tahun pendirian pabrik diperoleh dengan cara regresi linier. Dari regresi linier diperoleh persamaan :  $y = 9,1139 x - 17799$

Tabel 6. 2 Harga Indeks Hasil Regresi Linear

Tahun	Index
2014	556,395
2017	583,736
2018	592,850
2019	601,964
2020	611,078
2021	620,192
2022	629,306
2023	638,420

2024	647,534
2025	656,647
2026	665,761
2027	674,875
2028	683,989

Jadi ,harga index pada tahun 2028 sebesar 683,989.

#### 6.4 Perhitungan Biaya

##### 1. Dasar Perhitungan

1. Kapasitas Produksi = 75.000 Ton/Tahun
2. Satu Tahun Operasi = 330 Hari
3. Umur Pabrik = 10 Tahun
4. Tahun Pendirian Pabrik = 2028
5. Indeks Harga Tahun 2028 = 683,989
6. Upah Buruh Asing = US\$ 20/*man hour*
7. Upah Buruh Indonesia =Rp 20.000/*man hour*
8. Kurs Dollar = Rp 15.289 = \$ 1
9. Harga Pentaeritritol = \$ 1.600
10. UMR Karanganyar = Rp 3.000.000

##### 2. *Total Capital Investment*

*Total Capital Investment* adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas, penunjang dan operasi pabrik. *Total capital investment* terdiri dari :

a. *Fixed Capital Investment*

*Fixed Capital Investment* adalah total biaya pengeluaran yang digunakan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.

Tabel 6. 3 *Pyhsical Plant Cost (PPC)*

No	Jenis	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Purchased Equipment Cost</i>	62.479.520.265,40	4.086.446,55
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	15.619.880.066,35	1.021.611,64
3	Instalasi Cost	12.013.352.061,52	785.728,20
4	Pemipaan	36.558.789.267,442	2.391.112,12
5	Instrumentasi	15.958.948.269,76	1.043.788,25
6	Insulasi	2.677.605.112,01	175.127,63
7	Listrik	9.371.928.039,81	612.966,98
8	Bangunan	31.895.000.000,00	2.086.078,96
9	<i>Land &amp; Yard Improvement</i>	13.366.000.000,00	874.197,57
	<b>Total</b>	<b>199.941.023.083,28</b>	<b>13.077.057,91</b>

Tabel 6. 4 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Engineering and Construction</i>	39.988.204.617	2.615.412
2	<i>Direct Plant Cost</i>	19.194.338.215	15.692.469
	<b>Total</b>	<b>59.182.542.839</b>	<b>16.947</b>

Tabel 6. 5 Fixed Capital Investment (FCI)

No	Fixed Capital	Harga, Rp	Harga, \$
1	Direct Plant Cost	239.929.227.699,93	15.6992.469,49
2	Contractor's fee	19.194.338.215,99	1.255.397,56
3	Contingency	23.992.922.769,99	1.569.246,95
	<b>Total</b>	<b>283.116.488.685,92</b>	<b>18.517.114,00</b>

b. *Working Capital Investment*

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

- a) Dapat menghasilkan laba yang maksimum
- b) Investasi yang cepat kembali
- c) Menganut hukum yang baik, teknologi yang memadai, aman, dan lainnya

Tabel 6. 6 Working Capital Investment

No	Type of Expenses	Harga, Rp	Harga, \$
1	Raw Material Inventory	24.562.285.875,73	1.606.485,90
2	Inprocess Inventory	1.960.616.584,36	128.233,30
3	Product Inventory	27.448.632.1881,08	1.795.266,16
4	Extended Credit	31.214.569.167,70	2.041.575,67
5	Available Cash	117.636.995.061,79	7.693.997,83
	<b>Total</b>	<b>202.823.098.870,67</b>	<b>13.265.558,86</b>

### 3. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

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

#### a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

*Direct Manufacturing Cost* atau biaya langsung adalah total biaya pengeluaran yang masih berkaitan langsung dalam pembuatan produk yang berhubungan dengan memproduksi suatu produk dalam pabrik.

Tabel 6. 7 *Direct Manufacturing Cost*

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga, Rp</b>	<b>Harga, \$</b>
1	<i>Raw Material</i>	1.157.936.334.141,47	75.735.335,38
2	<i>Labor</i>	1.712.500.000,00	112.005,34
3	<i>Supervision</i>	171.250.000,00	11.200,53
4	<i>Maintenance</i>	5.662.329.773,72	370.342,28
5	<i>Plant Supplies</i>	1849.349.466,06	55.551,34
6	<i>Royalty and Patents</i>	14.715.439.750,49	962.457,10
7	<i>Utilities</i>	6.784.105.040,06	443.711,52
	<b>Total</b>	<b>1.187.831.308.171,80</b>	<b>77.689.603,50</b>

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

*Indirect Manufacturing Cost* atau biaya tidak langsung adalah biaya-biaya yang tidak ikut terkait langsung oleh unit produksi dalam pabrik.

Tabel 6. 8 *Indirect Manufacturing Cost*

<b>No</b>	<b>Type of Expense</b>	<b>Harga, Rp</b>	<b>Harga, \$</b>
1	<i>Payroll Overhead</i>	258.875.000	16.800,80
2	<i>Laboratory</i>	171.250.000	11.200,53
3	<i>Plant Overhead</i>	1.027.500.000	67.203,20
4	<i>Packaging and Shipping</i>	73.577.198.752	4.812.285,51
	<b>Total</b>	<b>75.032.823.752</b>	<b>4.907.490,05</b>



c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

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

Tabel 6. 9 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Depreciation</i>	22.649.319.094,87	1.481.369,12
2	<i>Property Taxes</i>	5.662.329.773,72	370.342,28
3	<i>Insurance</i>	2.831.164.886,86	185.171,14
	<b>Total</b>	<b>31.142.813.755,45</b>	<b>2.036.882,54</b>

Tabel 6. 10 *Total Manufacturing Cost (MC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	1.187.831.308.171,80	77.689.603,50
2	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	75.032.823.752,43	4.907.490,05
3	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	31.142.813.755,45	2.036.882,54
	<b>Total</b>	<b>1.294.006.945.679,69</b>	<b>84.633.976,09</b>

4. *General Expense*

*General Expense* adalah pengeluaran secara umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi dari perusahaan yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*.

Tabel 6. 11 *General Expense*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Administration</i>	38.820.208.370,39	2.539.019,28
2	<i>Sales Expense</i>	194.101.041.851,95	12.695.096,41
3	<i>Research</i>	64.700.347.283,98	4.231.689,80
4	<i>Finance</i>	9.718.791.751,13	635.653,46
	<b>Total</b>	<b>307.340.389.257,46</b>	<b>20.101.467,96</b>

Tabel 6. 12 *Total Production Cost*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Manufacturing Cost (MC)</i>	1.294.006.945.679,69	84.633.976,09
2	<i>General Expenses (GE)</i>	307.340.389.257,46	20.101.467,96
	<b>Total</b>	<b>1.601.347.334.937,15</b>	<b>104.735.44,04</b>

## 6.5 Analisa Resiko Pabrik

Dalam menentukan suatu pabrik mempunyai risiko yang tinggi maupun risiko yang rendah dapat dilakukan dengan meninjau beberapa aspek. Pada prarancangan pabrik ini terdapat 2 aspek tinjauan dalam menentukan risiko pabrik. Pertama yaitu dari aspek sifat bahan - bahan yang terlibat dalam proses produksi, dan yang kedua yaitu dari aspek kondisi operasi alat yang digunakan pada saat proses produksi. Berdasarkan tinjauan dari semua sifat bahan - bahan yang terlibat serta kondisi operasi alat yang tidak terlalu tinggi maka prarancangan pabrik ini memiliki risiko yang rendah (*low risk*).

## 6.6 Analisa Keuntungan

### 1. Keuntungan Sebelum Pajak

Total Penjualan	: Rp. 1.773.666.347.460
Total Production Cost	: Rp. 1.601.347.334.937
Keuntungan	: Total Penjualan – Total Biaya Produksi
	: Rp. 172.39.012.523

### 2. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 20% dari keuntungan	: 20% x Rp 172.39.012.523
	: Rp. 34.463.802.505
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak – Pajak
	: Rp 137.855.210.018

## 6.7 Analisa Kelayakan

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

### 1. *Return on Investment* (ROI)

*Return On Investment (ROI)* adalah kecepatan pengembalian banyaknya modal investasi, dinyatakan dalam persentase ( % ) terhadap modal yang tetap.

$$ROI = \frac{\textit{Profit}}{\textit{Fixed Capital Investment}} \times 100\% \quad \dots(6.2)$$

Batasan minimum ROI sebelum pajak untuk Industri Kimia adalah untuk low risk yaitu 11% dan high risk yaitu 44%. Pabrik pentaeritritol termasuk pabrik yang low risk, sehingga batas minimum ROI sebesar 11%.

- ROI sebelum pajak (b) =

$$ROI\ b = \frac{Keuntungan\ Sebelum\ Pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$= 61\%$$

- ROI setelah pajak (a) =

$$ROI\ a = \frac{Keuntungan\ Setelah\ Pajak}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

$$= 48,69\%$$

## 2. Pay Out Time (POT)

*Pay Out Time (POT)* adalah jumlah tahun yang berselang, sebelum didapatkan suatu penerimaan melebihi investasi awal jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *Fixed Capital Investment* dengan *profit* sebelum dikurangi depresiasi.

- POT Sebelum Pajak =

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(Profit\ Before\ Taxes + 0,1FCI)} \times 100\% \quad \dots (6.3)$$

$$= 1,45\ \text{tahun}$$

- POT Setelah Pajak =

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{(Profit\ After\ Taxes + 0,1FCI)} \times 100\% \quad \dots (6.4)$$

$$= 1,8\ \text{tahun}$$

Batasan maksimum *Pay Out Time* ( POT ) setelah pajak untuk skala industri kimia *Low risk* yaitu 5 tahun dan *High risk* yaitu 2 tahun. Pabrik pentaeritritol termasuk pabrik yang low risk sehingga, POT sebelum pajak maksimum 5 tahun.

### 3. Break Event Point (BEP)

*Break Event Point* ( BEP ) adalah suatu titik impas (hal tersebut pabrik tidak mendapatkan keuntungan atau kerugian). Total Kapasitas pabrik pada saat *sales value = total cost*. Suatu pabrik akan mengalami jika beroperasi di bawah standar *Break Event Point* ( BEP ) dan mendapatkan keuntungan jika beroperasi diatas *Break Event Point* ( BEP ). Harga *Break Event Point* ( BEP ) pada umumnya berkisar antara 40-60% dari kapasitas.

$$\text{Break Event Point} = \frac{Fa + (0,3xRa)}{(Sa - Va - (0,7xRa))} \times 100\% \quad \dots(6.5)$$

Keterangan :

*Fa* : Annual Fixed manufacturing cost

*Ra* : Annual Regulated cost

*Va* : Annual Variable cost

*Sa* : Annual Sales price

- *Fixed Cost (Fa)* adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya baik pabrik produksi ataupun tidak berproduksi.
- *Variabel Cost (Va)* adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya yang besarnya dipengaruhi total kapasitas produksi.
- *Regulated Cost (Ra)* adalah sejumlah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya yang besarnya proporsional dengan total kapasitas

produksi. Biaya-biaya tersebut bisa menjadi biaya tetap atau menjadi biaya variabel.

Tabel 6. 13 *Fixed Cost (Fa)*

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	Depresiasi	22.649.319.095	1.481.369
2	<i>Property Taxes</i>	5.662.329.774	370.342
3	Asuransi	2.831.164.887	185.171
	<b>Total Fa</b>	<b>31.142.813.755</b>	<b>2.036.882</b>

Tabel 6. 14 *Regulated Cost (Ra)*

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	Gaji Karyawan	1.712.500.000	112.005
2	<i>Payroll Overhead</i>	256.875.000	16.800
3	<i>Supervision</i>	171.250.000	11.200
4	<i>Plant Overhead</i>	1.027.500.000	67.203
5	Laboratorium	171.250.000	11.200
6	<i>General Expense</i>	307.340.389.257	20.101.467
7	<i>Maintenance</i>	5.662.329.774	370.342
8	<i>Plant Supplies</i>	849.349.466	55.551
	<b>Total Ra</b>	<b>317.191.443.497</b>	<b>20.745.771</b>

Tabel 6. 15 *Variable Cost (Va)*

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Raw Material</i>	1.157.936.334	75.734.335
2	<i>Packaging and Shipping</i>	1.7712.500	962.457
3	<i>Utilities</i>	6.784.105.040	443.711
4	<i>Royalty &amp; Patents</i>	73.577.198.752	4.812.285
	<b>Total Va</b>	<b>1.240.010.137.934</b>	<b>81.952.789,52</b>

Tabel 6. 16 *Annual Sales Value (Sa)*

No	Komponen	Harga, Rp	Harga, \$
1	<i>Annual Sales Value</i>	1.773.936.334.141	116.005.896
<b>Total Sa</b>			

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

$$\text{BEP} = 40,53\%$$

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

*Shut Down Point* adalah titik atau kondisi saat penentuan suatu aktivitas produksi harus berhenti. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Hal tersebut diakibatkan karena biaya untuk melanjutkan operasi pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*

$$\begin{aligned} \text{Shut Down Point} &= \frac{0,3 \times Ra}{(Sa - Va - (0,7 \times Ra))} \times 100\% \quad \dots(6.6) \\ &= 30,53\% \end{aligned}$$

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

Evaluasi ekonomi keuntungan pabrik dengan cara *Discounted Cash Flow* menggunakan nilai uang tiap tahun berdasarkan investasi yang tidak kembali setiap akhir tahun selama umur pabrik tersebut berakhir (*present value*). Dihitung dengan persamaan:

$$\frac{(WC+FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + (1+i)^8 + \dots + (1+i)^1) \frac{WC+SV}{CV} \quad \dots(6.7)$$

Keterangan :

FCI = *Fixed Capital Investment*

WC = *Working Capital Investment*

SV = *Salvage Value* = Depresiasi

CF = *Annual Cash Flow (After Profit + taxes + depreciaton+finance)*

I = *Discounted cash flow rate*

n = Umur Pabrik (10 tahun)

*Salvage Value* = 10% x FCI

= Rp28.311.648.868

*Cash Flow* = *Annual profit + Depreciation + Finance*

= Rp170.223.320.864

*Discounted cash flow rate* dihitung secara *trial and error*,

R = Rp10.172.444.514.262

S = Rp10.172.444.514.262

R-S = Rp0,00

Dari *trial and error* diperoleh

Harga i = 0,35

Sehingga DCFR = 35,5%

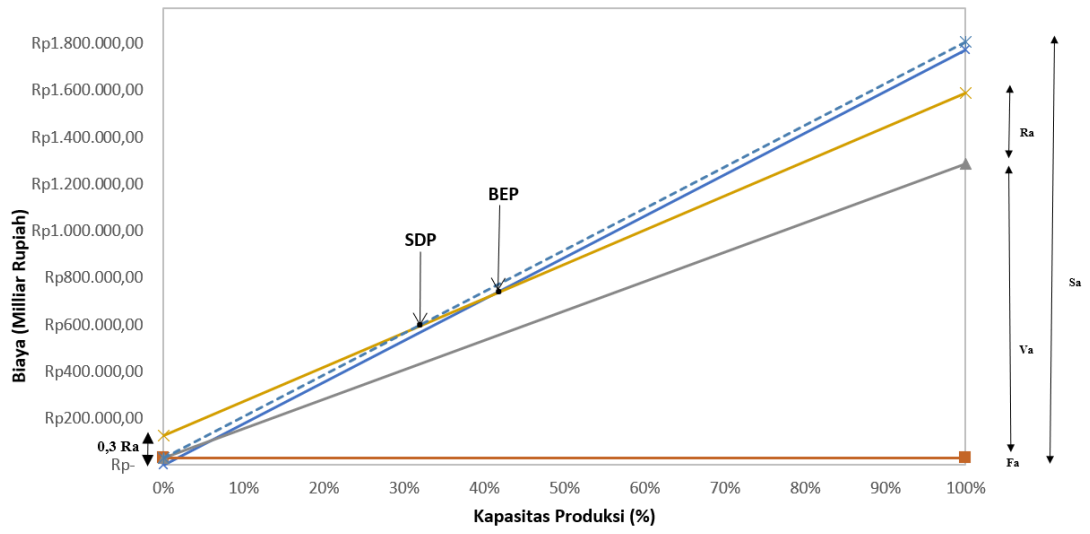
Bunga bank Indonesia = 5,37%

DCFR minimum = 8,55%

Hasil kalkulasi kelayakan ekonomi pendirian pabrik pentaeritritol dari asetaldehida

dan formaldehida ditampilkan sebagai berikut :





Gambar 6. 1 Grafik Kelayakan Ekonomi

## BAB VII

### PENUTUP

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan pra rancangan pabrik pentaeritritol dari asetaldehida dan formaldehida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pabrik Pentaeritritoldari formaldehid dan asetaldehid dengan kapasitas 75.000 ton/tahun didasarkan atas keinginan mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, memberi lapangan pekerjaan, dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi.
2. Berdasarkan proses pabrik pentaeritritol yang sudah lama dan banyak berdiri di luar negeri, maka pabrik pentaeritritol dari formaldehid dan asetaldehid ini termasuk *low risk*. Parameter analisis kelayakan ekonomi yang dilakukan adalah sebagai berikut:
  - a. *Return On Investment (ROI)*, nilai minimum ROI untuk pabrik dengan risiko rendah yaitu 11%.
    - ROI sebelum pajak = 61%
    - ROI setelah pajak = 48,69%
  - b. *Pay Out Time*, nilai maksimal POT untuk pabrik dengan risiko rendah yaitu 5 tahun.
    - POT sebelum pajak = 1,45 tahun
    - POT setelah pajak = 1,8 tahun
  - c. *Break Event Point* = 40,53%, nilai BEP berkisar antara 40 – 60%.

- d. *Shut Down Point* = 30,53%, nilai SDP berada diatas 20%.
- e. *Dsicounted Cash Flow Rate* = 35,5%, nilai DCFR harus diatas 1,5 kali dari suku bunga bank.

Berdasarkan nilai parameter tersebut, nilai ROI dan POT sudah memenuhi nilai standar yang ditetapkan untuk pabrik *low risk* dengan nilai ROI sebelum pajak minimum 11% dan POT setelah pajak maksimum 5 tahun. Nilai DCFR yang lebih dari 1,5 kali nilai suku bunga Bank Indonesia sebesar 3,5% juga mendukung hal ini. Maka, bisa disimpulkan bahwa pabrik ini layak dari aspek teknis dan menarik secara ekonomi untuk dipelajari lebih lanjut.

## 7.2 Saran

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

1. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik – pabrik kimia yang ramah lingkungan.
2. Pengoptimalan pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan agar lebih mengoptimalkan keuntungan yang bisa diperoleh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Indonesia. Diakses pada tanggal 29 Desember 2022.
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, "Unit Operation", Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, "Chemical Engineering Design", Vol 1-6, Pergamon Internasional Library, New York
- Faith, W.L., and Keyes, D.B., 1961, "Industrial Chemical", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Jiang et al., 2012, "Method of Preparing Pentaeritritol", Patent No. 8.293.950 B2, Unites States
- Kern, D.Q., 1983, "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Maity, Siddharth, 2009, "Manufacturing of Pentaeritritol", Kentucky (US) : University of Louisville
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, "Unit Operation of Chemical Engineering", 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1984, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1997, "Perry's Chemical Engineer's Handbook", 7th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Peters, M.S., and Cupit, C.R., 1958, "Kinetics of Pentaeritritol-Production Reactions", Chemical Engineering Science, Vol.10:57-67

Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York

Rase, H.F., 1977, "Chemical Reactor Design for Process Plants", Wiley Interscience, Canada

Rase, H.F., and Barrow, M.H., 1957, "Project of Process Plants", Wiley, Inc., New York

Smith, J.M., and Van Ness, H.C., 1975, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics", 3 rd. Ed. Mc. Graw Hill, kogakusha, Tokyo.

Ulrich, G.G., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Willey and Sons, New York.

Wallas. S.M., 1988, "Chemical Process Equipment", Butterworth Publishers, Stoneham USA

Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw Hill Company, New York.

Website :

[www.organicsynthesis.com](http://www.organicsynthesis.com) diakses pada tanggal 29 Desember 2022

<http://www.un.go.id> diakses pada tanggal 29 Desember 2022

<https://www.icis.com> diakses pada tanggal 29 Desember 2022

<https://webbook.nist.gov> diakses pada tanggal 13 April 2023

<http://maps.google.com> diakses pada tanggal 4 September 2023

<http://www.alibaba.com> diakses pada tanggal 5 September 2023

<http://www.matche.com> diakses pada tanggal 5 September 2023

<http://www.chemengonline.com/pci> pada tanggal 5 September 2023

## LAMPIRAN-1

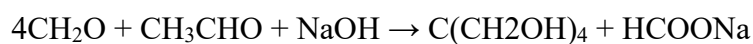
### PERANCANGAN REAKTOR

Jenis	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Fungsi	: Mereaksikan asetaldehid, formaldehid, dan sodium hidroksida untuk membentuk pentaeritritol
Kondisi Operasi	:
	Suhu : 50°C
	Tekanan : 3 atm
	Reaksi : Eksotermis & <i>Ireversible</i>
	Konversi : 84%

Perbandingan mol : CH<sub>2</sub>O : C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O : NaOH = 4,5 : 1 : 1,2 (Jiang, et al, 2012)

#### Kinetika Reaksi

Reaksi Antara formaldehid dan asetaldehid dengan sodium hidroksida yang Menghasilkan pentaeritritol ditulis sebagai berikut.



Untuk menghitung konstanta kecepatan reaksi pada suhu 50°C maka digunakan persamaan Arrhenius, yaitu sebagai berikut.

$$k = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

dengan,

A = bilangan Arrhenius

E = energi aktivasi, J/mol

R = konstanta gas ideal, 8,314 J/mol/K

T = suhu, K

Data-data yang diperlukan untuk menghitung konstanta kecepatan reaksi adalah sebagai berikut:

$$-ra = k \cdot C_a \cdot C_b \cdot C_c$$

$$k = 1,82 \times 10^{17} \frac{22800}{RT} \text{ L}^2/\text{mol}^2 \cdot \text{jam} \quad (\text{Peters \& Cupit, 1959})$$

$$A = 1,82 \times 10^{17}$$

$$E = -22800/RT$$

(Peters & Cupit, 1959)

dengan,

$$R = 1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$T = 50 \text{ }^\circ\text{C} = 323 \text{ K}$$

Sehingga dapat dicari nilai konstanta kecepatan reaksi yaitu sebagai berikut.

$$k = 1,82 \cdot 10^{17} \exp\left(-\frac{22800 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}}}{1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot \text{K}} 318 \text{ K}}\right)$$

$$k = 67,8808 \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2 \cdot \text{jam}}$$

$$k = 67.880.766,87 \frac{\text{L}^2}{\text{kmol}^2 \cdot \text{jam}}$$

## Perancangan Reaktor

### Model matematis perancangan reaktor :

Asumsi Reaktor :

1. Eksotermal
2. Pengadukan sempurna

3. Laju alir volumetrik tetap

4. *Steady state*

### Neraca Massa

Laju masuk A – Laju keluar A – Laju reaksi A = Laju akumulasi

$$Fv \cdot C_{A \text{ in}} - Fv \cdot C_{A \text{ out}} - (-r_A)V = 0$$

$$Fv \cdot (C_{A \text{ in}} - C_{A \text{ out}}) - (k C_A C_B C_C) = 0$$

$$V = \frac{Fv(C_{a \text{ in}} - C_{a \text{ out}})}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{Fv(C_{a0} - C_{a0}(1 - X))}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{Fv(C_{a0} \cdot X)}{(-r_A)}$$

$$V = \frac{Fv \cdot C_{a0} \cdot X}{(k \cdot C_a \cdot C_b \cdot C_c)}$$

$$V = \frac{Fv \cdot C_{a0} \cdot X}{k \cdot C_{a0}^3 (1 - X) \cdot (C_{b0} - 4C_{a0} \cdot X)(C_{c0} - C_{a0}X)}$$

$$V = \frac{Fv \cdot C_{a0} \cdot X}{k \cdot C_{a0}^3 (1 - X) \cdot (C_{b0} - 4C_{a0} \cdot X)(C_{c0} - C_{a0}X)}$$

Diketahui

$$Fv = 76614,5149 \text{ L/jam}$$

$$C_{a0} = 0,00091 \text{ kmol/L}$$

$$C_{B0} = 0,0041 \text{ kmol/L}$$

$$C_{C0} = 0,00109 \text{ kmol/L}$$

$$X_a = 0,84$$

$$k = 67880766,87 \text{ L/kmol.jam}$$

Sehingga diperoleh :



$$V = 17.480,10 \text{ L/jam}$$

$$V = 17,48 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$t = 0,22 \text{ jam} = 14 \text{ menit}$$

### Optimasi Reaktor

Menghitung Volume Reaktor

Persamaan :

$$X_{n-1} = X_n - \frac{V \cdot k \cdot C_{A0}^3 (1 - X_n)(C_{B0} - 4C_{A0}X_n)(C_{C0} - C_{A0} - X_n)}{Fv \cdot C_{A0}}$$

Keterangan :

$$X = 0,84$$

$$k = 67880766,87 \text{ L/kmol.jam}$$

$$Fv = 76614,5149 \text{ L/jam}$$

$$C_{a0} = 0,00091 \text{ kmol/L}$$

$$C_{B0} = 0,0041 \text{ kmol/L}$$

$$C_{C0} = 0,00109 \text{ kmol/L}$$

a. Menggunakan 1 Reaktor

Diperoleh :

$$V_1 = 17,48 \text{ m}^3/\text{jam} = 4.617,76 \text{ gallon}$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,84$$

b. Menggunakan 2 Reaktor

$$V_1 = V_2 = 9,09 \text{ m}^3 = 2.402,85 \text{ gallon}$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,62$$

$$X_2 = 0,84$$

c. Menggunakan 3 Reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = 7,36 \text{ m}^3 = 1.944,55 \text{ gallon}$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,50$$

$$X_2 = 0,72$$

$$X_3 = 0,84$$

d. Menggunakan 4 Reaktor

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 6,62 \text{ m}^3 = 1.748,32 \text{ gallon}$$

$$X_0 = 0,0000$$

$$X_1 = 0,42$$

$$X_2 = 0,64$$

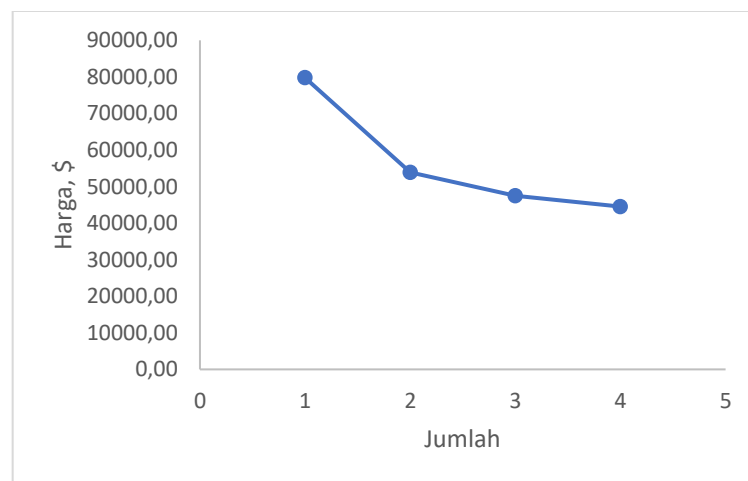
$$X_3 = 0,76$$

$$X_4 = 0,84$$

n	V <sub>1</sub> (gallon)	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>
1	4.617,75			
2	1.201,42	1.201,42		
3	648,18	648,18	648,18	
4	473,08	473,08	473,08	473,08

<b>n</b>	<b>X<sub>0</sub></b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>3</sub></b>	<b>X<sub>4</sub></b>
1	0,00	0,85			
2	0,00	0,62	0,84		
3	0,00	0,50	0,72	0,84	
4	0,00	0,42	0,64	0,76	0,84

<b>n</b>	<b>V (gallon)</b>	<b>Harga (\$)</b>	<b>Harga Total (\$)</b>
1	4.617,76	79.753,28	79.753,28
2	2.402,85	35.555,60	53.892,21
3	1.944,55	24.553,24	559.200
4	1.748,32	437,08	44.531,05



Berdasarkan optimasi yang dilakukan, maka jumlah reactor yang optimal untuk mendapatkan konversi 84% adalah sebanyak 1 buah.

### **Mechanical Design**

Untuk perbandingan diameter dan tinggi reaktor yang optimum adalah 1 : 1.48  
(H:D=1,48:1)

Jenis tutup bagian atas dan bawah yang digunakan adalah torispherical head.

(Brownell, 1959 hal.41)

### **Menghitung Kapasitas Reaktor**

#### **Densitas**

<b>Komponen</b>	<b>Kg/jam</b>	<b>Kmol/jam</b>	<b><math>\rho</math> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Fraksi massa</b>	<b><math>\rho</math> campuran (kg/m<sup>3</sup>)</b>
CH <sub>2</sub> O	9.400,06	313,33	684,26	0,27	182,81
C <sub>3</sub> CHO	3.063,72	69,63	739,39	0,088	64,38
NaOH	3.342,25	83,56	1.900,60	0,09	180,54
H <sub>2</sub> O	19.378,40	1.076,58	1.004,42	0,55	553,20
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	0,00	0,00	1.059,03	0,00	0,00
HCOONa	0,00	0,00	1.916,16	0,00	0,00
C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>7</sub>	0,00	0,00	1.323,35	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>35.184,44</b>	<b>1.543,10</b>	<b>8.627,22</b>	<b>1</b>	<b>980,94</b>

Densitas campuran = 980,94 kg/m<sup>3</sup>

Waktu tinggal = 0,20 jam

Fv = 76614,5149 L/jam

V = 17,48 m<sup>3</sup>

V Over Design = 20,97 m<sup>3</sup>

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

D = 2,99 m = 117,70 in

H = 4,42 m = 174,20 in

Tinggi Cairan (Hi) =  $\frac{4 \times V}{\pi \times D^2} = 3,20$  m

### Menghitung Tekanan Desain

$$P_{\text{hidrostatik}} = 25.787,61 \text{ kg/m}^2 = 36,68 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 80,78 \text{ psi}$$

### Menentukan Tebal *Shell* :

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

ts = Tebal *shell* (in)

P = Tekanan dalam tangki (psia)

F = *Allowable stress* (12.650 psi)

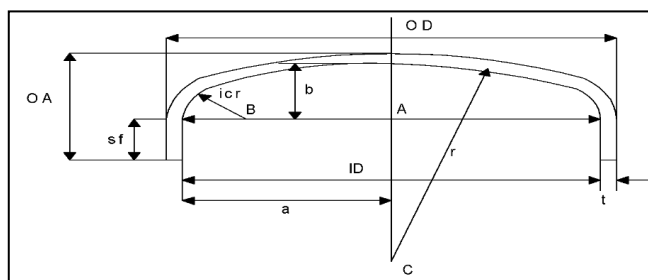
ri = Jari-jari dalam *storage* (in)

E = Efisiensi pengelasan (80%, *double welded butt joint*)

C = Faktor korosi (0,125 in)

Diperoleh tebal *shell* hitungan adalah 2,00 in, tebal *shell* standar adalah 2,25 in.

### Menghitung Dimensi Head



t = tebal *head*, in

icr = *inside corner radius*, in

r = *radius of dish*, in

OD = *outside diameter*, in

ID = *inside diameter*, in

B = dept of dish, in

OA = overall dimension, in

Sf = straight flange

### Menghitung Tebal Head

ts = 2,25 in

icr = 7,63 in

r = 114 in

OD = 121,71 in

ID = 117,70 in

a = 77,75 in

AB = 51,2 in

BC = 106,4 in

AC = 93,2 in

b = 20,8 in

Diperoleh dari persamaan 7.77 Brownell and Young, 1959

$$th = \frac{P r w}{(2 f E - 0,2 P)} + C$$

Diperoleh nilai tebal *head* atas standar adalah 0,80 in dan tebal *head* bawah standar adalah 0,875 in.

Dari table 5.8 Brownell dengan tebal *head* 0,875 in didapatkan sf = 1,5 - 4 in digunakan nilai sf 4 in.

Sehingga, tinggi *head* yang diperoleh adalah

$$H \text{ head} = sf + b + th = 25,6 \text{ in} = 0,762 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Total Reaktor} = 4. H \text{ head} + H \text{ shell} = 7,33 \text{ m}$$

### Menghitung Ukuran Pengaduk

Jenis pengaduk adalah flat six blade turbine with disk karena turbin ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental. Berdasarkan tabel Power Consumption of Agitators (Brown, 1950), diperoleh nilai parameter

$$Dt/Di = 3$$

$$ZI/Di = 2,7 - 3,9 = 3,9$$

$$Zi/Di = 0,75 - 1,3 = 1,3$$

$$wb/Di = 0,17$$

$$L/Di = 0,25$$

$$\text{Baffle} = 4$$

$$Di = \text{diameter pengaduk} = 39,23 \text{ in}$$

$$ZL = \text{tinggi cairan dalam reaktor} = 153,01 \text{ in}$$

$$wb = \text{lebar baffle} = 6,67 \text{ in}$$

$$Zi = \text{jarak pengaduk dari dasar tangka} = 51,00 \text{ in}$$

$$L = \text{lebar pengaduk} = 19,61 \text{ in}$$

$$\text{Jumlah Impeller} = 1$$

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

$$\text{Jumlah Putaran, } N = 70,73 \text{ rpm} = 1,18 \text{ rps}$$

$$\text{Diambil standar} = 84 \text{ rpm} = 1,4 \text{ rps}$$

### Menghitung Power Pengaduk

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

$$Re = 2.923.602,44$$

Dengan menggunakan fig 477 G.G Brown page 507, 1978 diperoleh  $N_p = 7$

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

$N_p$  = Power Number = 7

$\rho$  = Densitas campuran = 24,81 kg/m<sup>3</sup>

$Di$  = Diameter pengaduk = 1 m

$Ni$  = Kecepatan putar pengaduk = 1,4 rps

$Pa$  = 18.52 Watt = 18,52 kW = 24,83 hP

Daya motor, efisiensi motor adalah 88% (figure 14.38 peters hal 521), sehingga

$P = 28,20$  hP

Dipilih power standar  $P = 30$  hP

#### Neraca Panas Reaktor :

Komponen Energi	Masuk (kj/jam)	Keluar (kj/jam)
$Q_{in}$	2.038.910	
$Q_{out}$		2.045.885
$Q_{reaksi}$	31.829.709	
Q Pendinginan		31.822.133
<b>Total</b>	<b>33.868.619</b>	<b>33.868.619</b>

Media pendingin yang digunakan adalah Cooling Water dengan suhu masuk 30 °C dan suhu keluar 45 °C.

$$\Delta H = Cp \cdot \Delta T$$

$$\Delta H = \Delta H(45^{\circ}\text{C}) - \Delta H(30^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta H = 4,1799 (313\text{K} - 298\text{K}) - 4,1775 (303\text{K} - 298\text{K})$$

$$\Delta H = 4,1811 \text{ kj/kg}$$

Maka, kebutuhan pendingin :



$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T$$

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

$$m = 751.883,88 \text{ kg/jam}$$

### Suhu LMTD

Komponen	C	K	F
Suhu fluida panas masuk reaktor	50	323,15	122
Suhu fluida panas keluar reaktor	50	323,15	122
Suhu fluida dingin masuk	30	303,15	86
Suhu fluida dingin keluar	45	318,15	113

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

$$\Delta T_{LMTD} = 19,48 \text{ F}$$

### Luas Perpindahan Panas :

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

Nilai UD untuk *light Organic (hot)* dan *water (cold)* sebesar

75-150 Btu/ft<sup>2</sup>·°F·jam

$$A = 331,41 \text{ m}^2$$

### Menghitung Luas Selubung Reaktor :

$$A = \pi \cdot D \cdot H = 52,46 \text{ m}^2$$

Karena luas transfer panas > luas selubung reaktor, maka dipilih Koil pendingin.

### Perancangan Coil Pendingin

### Kecepatan Volumetrik Air

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

$$Qv = 753,23 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### Diameter minimum koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 1,5-2,5 m/s.

(Culson pg, 527)

Diambil : kecepatan aliran pendingin ( $v$ ) = 2,5 m/s = 9.000 m/jam.

$$\text{Luas Penampang (A)} = \frac{Qv}{v} = \frac{753,23 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}{9.000 \frac{\text{m}}{\text{jam}}} = 0,08 \text{ m}^2 = 2,95 \text{ ft}^2 = 129,72 \text{ in}^2$$

$$ID = 0,33 \text{ m} = 12,85 \text{ in}$$

Dipilih :

(Kern tabel 11)

$$\text{NPS} = 14 \text{ in}$$

$$\text{SN} = 30$$

$$\text{OD} = 13,25 \text{ in} = 1,10 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 14 \text{ in} = 1,17 \text{ ft}$$

$$A' = 138 \text{ in}^2 = 0,96 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 3,66 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

### Menentukan hi

Sifat fisis air pendingin pada  $T=303 \text{ K}$  :

$$\rho \text{ air pendingin} = 1.016,96 \text{ kg/m}^3 = 63,5487 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ air pendingin} = 0,70 \text{ cP} = 1,68 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k \text{ air pendingin} = 0,36 \text{ Btu/ft.jam. } ^\circ\text{F}$$

$$Cp \text{ air pendingin} = 10,16 \text{ Btu/lb}$$

$$GT = \frac{M}{A} = 1.729.690,55 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$$

$$V = \frac{GT}{\rho} = 27.284,00 \text{ ft/jam}$$

$$Re = \frac{ID \cdot Gt}{\mu} = 983.105,27$$

Maka,  $jH = 100$  (Kern grafik 24)

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14}$$

$$hi = \frac{jH \cdot k}{D} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14} = 1.117,91 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

### Menentukan hio

$$hio = hi \frac{ID}{OD} = 1.181,19 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

Untuk koil, nilai hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi :

$$hio_{koil} = hio_{pipa} \left( 1 + 3,5 \frac{D_{koil}}{D_{spiralkoil}} \right) \quad (\text{Kern hal 721})$$

Diambil :  $D_{\text{spiral koil}} = 70\% \cdot \text{Diameter tangki}$

$$D_{\text{spiral koil}} = 82,39 \text{ in}$$

$$hio_{koil} = 1.883,96 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{F}$$

### Menentukan ho

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koil, maka koefisien panas dihitung dengan :

$$ho = 0,87 \left( \frac{k}{D} \right) \left( \frac{Lp^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,4} \quad (\text{Kern pers 20.4})$$

dengan,

$$Lp = Di = 3,27 \text{ ft}$$

$$N = 1,40 \text{ rps} = 5.040 \text{ rpj}$$

$$\rho_{\text{larutan}} = 980,94 \text{ kg/m}^3 = 61,21 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{larutan}} = 29,00 \text{ cP} = 70,18 \text{ lb/ft.jam}$$

$$C_{\text{plarutan}} = 2.310,18 \text{ kJ/kg} = 551,67 \text{ Btu/lb.F}$$

$$k_{\text{larutan}} = 0,44 \text{ Btu/ft.jam.}^{\circ}\text{F}$$

$$D_{\text{tangki}} = 126 \text{ in} = 2,3012 \text{ ft}$$

$$\mu/\mu_w = 1$$

maka,

$$h_o = 19.081,07 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

### Menentukan $U_c$ dan $U_d$

Diambil :  $R_d = 0,001$ , maka

$$U_c = \frac{h_{i_0} h_o}{h_{i_0} + h_o}$$

$$U_d = \frac{U_c h_D}{U_c + h_D}$$

$$U_c = 1.714 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$U_d = 631,63 \text{ Btu/jam.ft}^2$$

### Menentukan Luas Transfer Panas

$$A = \frac{Q_{\text{total}}}{(U_d \cdot \Delta_{\text{TLMTD}})} = 847,15 \text{ ft}^2$$

### Menentukan Panjang Koil

$$L_{\text{pipa koil}} = \frac{A}{a''} = 231,14 \text{ ft} = 70,45 \text{ m}$$

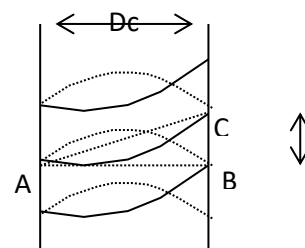
### Menentukan Jumlah Lengkungan Koil

$$D_c = 0,8 * (ID \text{ tangki reaktor}) = 94,16 \text{ in} = 7,85 \text{ ft} = 2,39 \text{ m}$$

$$AB = DC$$

$$BC = x$$

$$\text{busur AB} = \frac{1}{2}\pi D_c$$



$$\text{busur AC} = \frac{1}{2}\pi AC$$

$$AC = \sqrt{(AB)^2 + (BC)^2} = \sqrt{(ID)^2 + x^2}$$

Diambil :

$$x = 0,5 \cdot OD = 0,5 \times 13,25 \text{ inch} = 6,62 \text{ in} = 0,55 \text{ ft}$$

$$K \text{ lilitan} = \frac{1}{2} \text{putaran miring} + \frac{1}{2} \text{putaran datar}$$

$$= \frac{1}{2}\pi(Dc) + \frac{1}{2}\pi(AC)$$

$$= \frac{1}{2}\pi(Dc) + \frac{1}{2}\pi((Dc^2 + x^2)^{1/2})$$

$$K \text{ lilitan} = 24,66 \text{ ft} = 296,03 \text{ in} = 7,51 \text{ m}$$

Menentukan Banyaknya lilitan

$$N_{\text{lilitan}} = \frac{L_{\text{pipa koil}}}{K_{\text{lilitan}}} = 9 \text{ lilitan}$$

### Menentukan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (N \text{ lilitan} - 1) * x + N \text{ lilitan} * OD$$

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = 14,35 \text{ ft} = 4,37 \text{ m} = 172,25 \text{ in}$$

Tinggi cairan dalam shell akan naik karena adanya volume dari koil.

Asumsi : koil ada dalam shell saja.

Tinggi cairan setelah ditambah koil ( $Z_c$ )

$$Z_c = \frac{\text{Volume cairan dalam shell} + \text{Volume koil}}{A_{\text{shell}}}$$

$$Z_c = 258,22 \text{ in} = 6,55 \text{ m}$$

Tinggi cairan di dalam reaktor setelah ada koil ( $Z_{c2}$ )

$$Z_{c2} = Z_c + b + sf$$

$$Z_{c2} = 283,00 \text{ ft} = 7,18 \text{ m}$$

Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil ( $h_k$ )

$$h_k = \frac{\text{tinggi cairan stl ada koil} - \text{tumpukan koil}}{2}$$

$$hk = 1,40 \text{ m}$$

$$b + sf = 24,77 \text{ in} = 0,63 \text{ m}$$

Karena jarak dasar tangki ke bagian bawah koil  $> (b+sf)$ , maka asumsi bahwa koil tercelup di shell saja adalah benar.

### **Menentukan Pressure Drop**

$$Re = 983.105,27$$

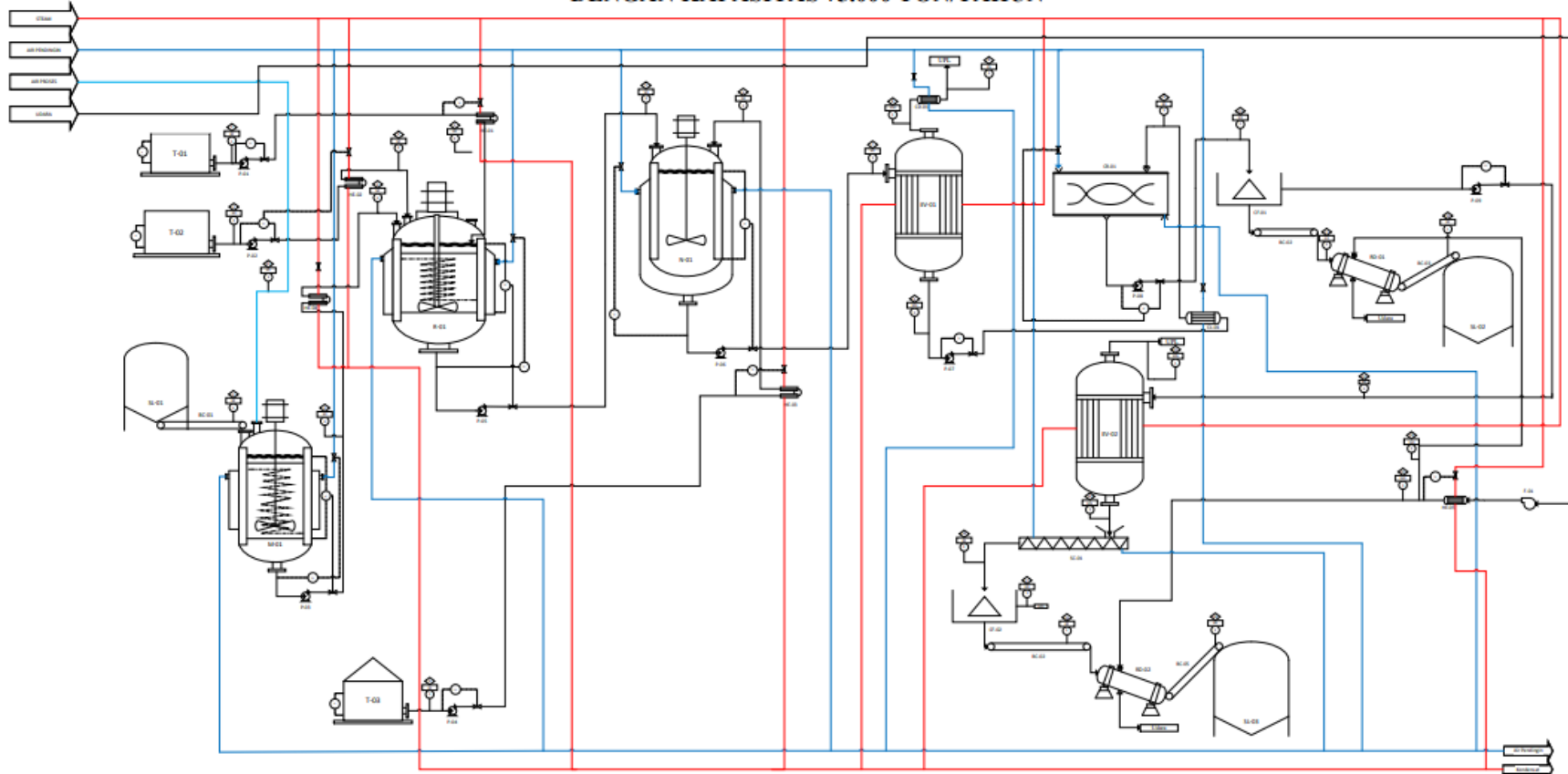
Untuk  $Re = 983.105,27$  maka dapat dihitung nilai koefisien friksi

$$\text{Koefisien friksi } (f) = 0,00009$$

Karena yang mengalir dalam tube adalah air,  $s=1$ , dan perbedaan suhu tidak terlalu besar, sehingga bisa diasumsikan  $\mu=\mu_w$ , maka  $\theta I=1$ .

$$\Delta P_t : \frac{f \cdot v^2 L_{\text{KOIL}}}{522 \cdot 10^{10} ID \cdot S \cdot \theta I} = 0,0003 \text{ psi}$$

**PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM**  
**PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID DAN ASETALDEHID**  
**DENGAN KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN**



Komposisi	Nomor Ansa (Kg/jam)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
CH <sub>2</sub> O	9.490,07				2.372,99		2.372,99															
CH <sub>3</sub> CHO	3.063,73				487,13		487,13															
NaOH			3.342,25	3.342,25	999,89		487,13															
H <sub>2</sub> O	16.005,52	30,64	66,84	3.342,25	19.378,40	28,72	19.857,07	13.304,24	6.552,83	6.552,83	327,64	6.225,19	327,64	1.398,34		69,94	1.328,90	6,99			3.275,40	
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O					7.508,41		7.508,41		7.508,41	7.508,41	7.132,99	375,42	7.132,99	375,42	4.826,35	244,02	131,40	244,02				
HCOONa					3.861,82		3.861,82		3.861,82	3.861,82		3.861,82		3.861,82		5.397,73	284,09	5.397,73				
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CHO					455,61		455,61		455,61	455,61		455,61		455,61								
HCOOH						1.149,87																
Udara																				28.902,30	6.042,59	
TOTAL	25.405,59	3.094,36	3.409,09	6.684,49	35.184,44	1.223,27	36.363,03	16.164,57	20.198,67	20.198,67	7.916,24	12.282,43	7.916,24	7.456,08	4.826,35	5.711,69	1.744,39	5.648,74	28.902,30	6.042,59	3.275,40	

Keterangan Simbol		Keterangan Ura	
IC	Water Control	T	Tangki
LC	Level Control	X	Sila
LI	Level Indicator	M	Mixer
TC	Temperature Control	D	Distiler
		BC	Ball Valve
		P	Pompa
		SV	Steam Valve
		ST	Steam Trap
		CV	Control Valve
		RV	Relief Valve
		SC	Steam Control
		SH	Steam Header
		CS	Control System
		CS	Control System



**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**2023**

**PRA RANCANGAN PABRIK**  
**PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID**  
**DAN ASETALDEHID DENGAN KAPASITAS**  
**75.000 TON/TAHUN**  
**DIBESUN OLEH :**

**Sri Muhsyarah (19521193)**  
**M. Ar Rafi Bas Puya (19521188)**

**DOKUMEN PEMBIMBING :**

**Dr. Kholidah Cahyani, S.T., M.Sc.**





## KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN










1. Nama Mahasiswa : Muhammad Ar Rafi Bati Pasya  
No. MHS 19521188
2. Nama Mahasiswa : Sri Muliyawati  
No. MHS 19521193

Judul Prarancangan \*) :

### PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA KAPASITAS 75.000 TON/TAHUN

Mulai Masa Bimbingan : 9 April 2023

Batas Akhir Bimbingan : 6 Oktober 2023

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	26/05/2023	Penentuan diagram alir	
2	07/06/2023	Neraca Massa	
3	19/07/2023	Perancangan optimasi reactor	
4	04/08/2023	Perancangan alat besar	
5	18/07/2023	Perancangan alat kecil	
6	01/09/2023	Alat penyimpanan	
7	04/09/2023	PEFD dan Utilitas	
8	05/09/2023	PEFD	
9	19/09/2023	Optimasi Reactor	
10	21/09/2023	Evaluasi Ekonomi	
11	02/10/2023	Penyusunan Naskah	

Disetujui Draft Penulisan:

Yogyakarta, 6 Oktober 2023

Pembimbing,



Dr. Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.