

No : TA/TK/2018/71

**PERANCANGAN PABRIK TETRAHYDROFURAN
DARI 1,4 BUTANEDIOL KAPASITAS PRODUKSI
20.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia

Konsentrasi Teknik Kimia



Oleh :

Nama : Kartika Fitrinudiya

Nama : Tamara Fitrianiindita

No. Mhs : 14521053

No. Mhs : 14521082

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

2018

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PERANCANGAN PABRIK TETRAHYDROFURAN DARI 1,4 BUTANEDIOL KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kartika Fitrinudiya Nama : Tamara Fitrianindita
No. Mhs : 14521053 No. Mhs : 14521082

Yogyakarta, 29 Oktober 2018

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

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



Kartika Fitrinudiya
14521053



Tamara Fitrianindita
14521082

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK TETRAHYDROFURAN DARI L-
BUTANEDIOL KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Kartika Fitrinudiya

Nama : Tamara Fitriainindita

No. Mhs : 14521053

No. Mhs : 14521082

Yogyakarta, 10 Oktober 2018

Dosen Pembimbing I,

Faisal RM, Ir., Drs., M.T., Ph.D.

NIP.845210101

Dosen Pembimbing II,

Venitalitya Aletha S.A., S.T., M.Eng.

NIP.175210103

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PERANCANGAN PABRIK TETRAHYDROFURAN DARI 1,4
BUTANEDIOL KAPASITAS PRODUKSI 20.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Kartika Fitrinudiya Nama : Tamara Fitriandita
No. Mhs : 14521053 No. Mhs : 14521082

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 29 Oktober 2018

Tim Penguji,

1. Faisal RM, Ir., Drs., M.T., Ph.D.
Ketua Penguji
2. Achmad Chafidz M.S., S.T., M.Sc.
Anggota I
3. Dr. Khamdan Cahvari, S.T., M.Sc.
Anggota II


()
()

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


Dr. Suharno Rusdi
NIP : 845210102

LEMBAR PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini kami persembahkan untuk :

1. Bapak Eko Nurwahjudi dan Ibu Nunik Mariastuti selaku kedua orang tua yang selalu memberikan doa dan semangat agar kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar tanpa hambatan serta motivasi agar kami tidak stress dalam mengerjakan tugas akhir ini.
2. Dosen pembimbing, Bapak Faisal RM, Ir., Drs., M.T., Ph.D. dan Ibu Venitalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng. yang senantiasa dengan sabar membimbing kami hingga pada akhirnya kami mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan benar.
3. Dosen penguji, Bapak Achmad Chafidz M.S., S.T., M.Sc. dan Bapak Khamdan Cahyari, S.T., M.Sc.
4. Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UII.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UII.
6. Teman-teman serta kakak tingkat Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UII.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam ditujukan kepada junjungan kita nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengemban dakwah sampai akhir zaman. Sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Pra Rancangan Pabrik Tetrahydrofuran Dari 1,4 Butanediol Kapasitas Produksi 20.000 Ton/Tahun" ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini dijukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Pada kesempatan ini tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang menyertai dan meridhoi setiap jalan yang dilalui dan memberikan semua kemudahan yang dihadapi serta Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dan tauladan.
2. Keluarga dan Orang tua yang telah memberikan motivasi, semangat serta do'a dan dengan penuh kasih sayang demi tercapainya cita-cita.
3. Suharno Rusdi, Dr. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

4. Faisal RM, Ir. Drs., M.T., Ph.D. selaku pembimbing I tugas akhir. Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bimbingan dan arahnya selama penulis melaksanakan tugas perancangan.
5. Venitalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng. selaku pembimbing II tugas akhir. Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bimbingan dan arahnya selama penulis melaksanakan tugas perancangan.
6. Segenap Dosen Fakultas Teknologi Industri khususnya dosen Teknik Kimia yang tidak pernah lelah untuk mendidik dan membimbing kami.
7. Rekan-rekan Teknik Kimia angkatan 2014.

Penyusun menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran penyusun harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 29 Oktober 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
LEMBAR MOTTO.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	
1	
1.1.1 Penentuan Kapasitas Pabrik	2
1.2 Tinjauan Pustaka.....	5
1.2.1 Macam-macam Proses	5
BAB II.....	8
PERANCANGAN PRODUK	8
2.1 Spesifikasi Bahan.....	8
2.1.1 Spesifikasi Produk	8
2.1.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	9
2.1.3 Spesifikasi Bahan Pembantu	9
2.2 Pengendalian Kualitas.....	10
BAB III.....	13
PERANCANGAN PROSES	13
3.1 Uraian Proses.....	
13	

3.1.1	Metode Penentuan Perancangan	15
3.1.2	Penentuan Neraca Massa.....	15
3.1.3	Penentuan Neraca Panas.....	20
3.2	Spesifikasi Alat Proses.....	25
3.3	Perencanaan Produksi	48
BAB IV	51
PERANCANGAN PABRIK	51
4.1	Lokasi Pabrik.....	51
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	51
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	53
4.2	Tata Letak Pabrik.....	54
4.3	Tata Letak Alat Proses	59
4.4	Spesifikasi Alat Utilitas	63
4.5	Pelayanan Teknik (Utilitas).....	80
4.5.1	Unit Pengadaan dan Pengelolaan Air.....	83
4.5.1.1	Unit Penyediaan Air	83
4.5.1.2	Unit Pengolahan Air	84
4.5.2	Unit Pembangkit Listrik	87
4.5.3	Unit Penyediaan Bahan Bakar	90
4.5.4	Unit Pembangkit Steam.....	91
4.5.5	Unit Pengadaan Dowtherm	92
4.6	Laboratorium	92
4.6.1	Kegunaan Laboratorium.....	92
4.6.2	Program Kerja Laboratorium	93
4.6.3	Alat-alat Utama Laboratorium.....	95
4.7	Kesehatan dan Keselamatan Kerja	96
4.8	Organisasi Perusahaan	97
4.8.1	Bentuk Perusahaan.....	97
4.8.2	Struktur Organisasi Perusahaan.....	98
4.8.3	Tugas dan Wewenang	100
4.8.3.1	Pemegang Saham	100
4.8.3.2	Dewan Komisaris	100
4.8.3.3	Dewan Direksi.....	101
4.8.3.4	Staff Ahli	102

4.8.3.5 Kepala Bagian	102
4.8.3.6 Kepala Seksi.....	105
4.8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	112
4.8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	112
4.8.5.1 Jadwal Non Shift	113
4.8.5.2 Jadwal Shift.....	113
4.8.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji ...	114
4.8.6.1 Penggolongan Jabatan	114
4.8.6.2 Perincian Jumlah Karyawan	115
4.8.6.3 Sistem Gaji Pegawai.....	116
4.8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan	117
4.8.8 Manajemen Produksi.....	119
4.8.8.1 Perencanaan Produksi.....	119
4.8.8.2 Pengendalian Produksi	119
4.8.8.3 Pengawasan Produksi	120
4.9 Analisa Ekonomi	120
4.9.1 Penaksiran Harga Peralatan.....	121
4.9.2 Dasar Perhitungan.....	125
4.9.3 Perhitungan Biaya.....	125
4.9.3.1 Capital Investment.....	125
4.9.3.2 Manufacturing Cost	125
4.9.3.3 General Expanse.....	126
4.9.4 Analisa Kelayakan	126
4.9.4.1 Percent Return on Inverstment.....	126
4.9.4.2 Pay Out Time	127
4.9.4.3 Discounted Cash Flow of Return	127
4.9.4.4 Break Even Point.....	128
4.9.4.5 Shut Down Point	128
4.9.5 Hasil Perhitungan.....	129
4.9.5.1 Penentuan Total Capital Investment.....	129
4.9.5.2 Penentuan Produksi Total	130
4.9.5.3 Keuntungan	131
4.9.5.4 Analisa Kelayakan.....	131
BAB V.....	134

PENUTUP	134
5.1 Kesimpulan.....	134
5.2 Saran	135
DAFTAR PUSTAKA	136
LAMPIRAN	138

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data impor tetrahydrofuran.....	3
Tabel 1. 2 Kapasitas produksi berbagai pabrik di Dunia	4
Tabel 3. 1 Neraca massa total.....	16
Tabel 3. 2 Neraca massa vaporizer (VP-01)	17
Tabel 3. 3 Neraca massa separator drum 01 (SD-01)	17
Tabel 3. 4 Neraca massa reaktor (RK-01).....	18
Tabel 3. 5 Neraca massa separator drum 02 (SD-02)	18
Tabel 3. 6 Neraca massa separator drum 03 (SD-03)	19
Tabel 3. 7 Neraca panas vaporizer (VP-01)	20
Tabel 3. 8 Neraca panas separator drum 01 (SD-01).....	20
Tabel 3. 9 Neraca panas reaktor (RK-01)	21
Tabel 3. 10 Neraca panas separator drum 02 (SD-02).....	21
Tabel 3. 11 Neraca panas separator drum 03 (SD-03).....	22
Tabel 4. 1 Perincian luas tanah bangunan pabrik	57
Tabel 4. 2 Kebutuhan listrik alat proses.....	88
Tabel 4. 3 Kebutuhan listrik alat utilitas	89
Tabel 4. 4 Kebutuhan steam	91
Tabel 4. 5 Kebutuhan dowtherm A.....	92
Tabel 4. 6 Penggolongan jabatan.....	114
Tabel 4. 7 Jumlah karyawan pada masing-masing bagian.....	115
Tabel 4. 8 Gaji pegawai	117
Tabel 4. 9 Indeks harga alat pada berbagai tahun.....	123
Tabel 4. 10 Fixed capital investment	129
Tabel 4. 11 Working capital	129
Tabel 4. 12 Manufacturing cost.....	130
Tabel 4. 13 General expense	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Impor Tetrahydrofuran.....	3
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	23
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	24
Gambar 4. 1 Tata letak pabrik	58
Gambar 4. 2 Tata letak alat proses.....	62
Gambar 4. 3 Proses Flow Diagram Utilitas.....	80
Gambar 4. 4 Struktur organisasi	111
Gambar 4. 5 Grafik index harga	124
Gambar 4. 6 Grafik BEP	133

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Reaktor-01 (R-01).....	140
--	------------

ABSTRAK

Pra-rancangan pabrik *tetrahydrofuran* dari *1,4-butanediol* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Batam, Kepulauan Riau pada tahun 2023. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi 24 jam sehari selama 330 hari dalam setahun. Bahan baku *1,4-butanediol* diperlukan sebanyak 3156,5656 kg/jam untuk memproduksi *tetrahydrofuran* sebanyak 2525,2525 kg/jam. Dalam reaksi terdapat bahan pembantu yaitu *aluminium oxide* yang bekerja sebagai katalis. Proses produksi dilakukan pada kondisi operasi dengan suhu 523°K dan tekanan 1 atm di dalam reaktor *fixed bed multitube*. Pabrik *tetrahydrofuran* ini digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena tekanan operasi umumnya sedang yaitu kurang dari 1 atm dengan suhu operasi umumnya sedang yaitu kurang dari 1000 °K. Konversi dari reaksi yaitu 99,5%. Kebutuhan air untuk pabrik *tetrahydrofuran* sebanyak 33485,3334 kg/jam, air untuk steam sebanyak 999,121 kg/jam dan air pendingin sebanyak 5386,3100 kg/jam. Kebutuhan solar sebanyak 196,6509 kg/jam, dan kebutuhan listrik sebanyak 132,2496 kW. Analisa ekonomi dari pabrik *tetrahydrofuran* menunjukkan jumlah *fixed capital investment* sebesar Rp.100.006.456.248 ; *working capital investment* sebesar Rp.74.473.240.522 ; keuntungan sebelum pajak sebesar Rp.39.488.208.024 ; keuntungan sesudah pajak sebesar Rp.25.667.335.216. *Return on Investment* sebelum pajak sebesar 40,03% dan sesudah pajak sebesar 26,02%. *Pay Out Time* sebelum pajak senilai 2,08 dan sesudah pajak senilai 2,94. *Break Even Point* sebesar 41,50%. *Shut Down Point* sebesar 26,88% dan *Discounted Cash Flow* sebesar 31%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik *tetrahydrofuran* dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata-kata kunci : *tetrahydrofuran*, *1,4-butanediol*, pabrik

ABSTRACT

The production of tetrahydrofuran from 1,4-butanediol is planned to be established in the Batam City, Riau Islands in 2023. The plant is planned to operate 24 hours in a day for 330 days a year. 1,4-butanediol as raw material is needed 3156.5656 kg/h for producing 2525.2525 kg/h of tetrahydrofuran. In the reaction there is an auxiliary material, aluminium oxide which acts as a catalyst. The production process is carried out under operating conditions 523°K and 1 atmosfers with fixed bed multitube reactor. This tetrahydrofuran plant is classified as a low-risk factory because the operating temperature less than 1000 °K. Conversion from the reaction is 99.5%. Water requirements for tetrahydrofuran plants are 33485.3334 kg/h, 999.121 kg/h of water for steam and 5386.3100 kg/h of cooling water. For diesel fuel it needs 196,6509 kgs/hour and 132,246 kW of electricity. Economics analysis of the tetrahydrofuran plant shows the amount of fixed capital investment Rp. 100.006.456.248 ; working capital investment Rp. 74.473.240.522 ; pre-tax profit Rp. 39.488.208.024 ; profit after tax Rp. 25.667.335.216. Return on Investment before tax 40.03% and 26,02% after tax. 2.08 Pay Out Time before tax and 2.94 after tax. 41.50% for Break Even Point. 26.88% for Shut Down Point. And 31% for Discounted Cash Flow. Based on the economics analysis, it can be concluded that tetrahydrofuran plant with 20.000 tons/year capacity is feasible to establish.

Keywords : tetrahydrofuran, 1,4-butanediol, factory

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Seiring dengan berkembangnya Industri di Indonesia, semakin banyak pula usaha yang telah dilakukan. Banyak bahan mentah maupun setengah jadi diolah menjadi produk *intermediate* atau produk jadi, sehingga mengurangi ketergantungan kita pada produk impor. Untuk itu pemerintah memprioritaskan pada pembangunan industri yang dapat merangsang pertumbuhan industri yang lain, sehingga diharapkan pertumbuhan industri – industri tersebut akan semakin pesat.

Tetrahydrofuran atau dikenal sebagai THF adalah senyawa organik heterosiklik dengan rumus kimia C_4H_8O . Ia berupa cairan berviskositas rendah dan memiliki aroma seperti dietil eter. Ia termasuk dalam molekul eter yang paling polar. THF adalah analog yang terhidrogenasi dari senyawa aromatik furan. THF sering digunakan dalam ilmu polimer. Ia dapat digunakan untuk melarutkan karet sebelum dilakukan penentuan massa molekul menggunakan kromatografi permeasi gel. THF juga melarutkan PVC. Selain itu, THF juga digunakan sebagai pelarut, zat kimia laboratorium, *Corrosion inhibitor* (penghambat korosi), *Coatings* (pelapis), dan *Cleaning agent*. THF dapat dipolimerisasikan menggunakan asam kuat, menghasilkan polimer linear yang disebut poli (tetrametilena eter) glikol (PTMEG).

Di Indonesia, pabrik dengan bahan baku *tetrahydrofuran* belum tersedia sehingga untuk mencukupi kebutuhan masih harus mengimpor dari luar negeri. Hal ini tidak sebanding dengan besarnya kebutuhan *tetrahydrofuran* di dalam negeri maupun di luar negeri. Dengan adanya pabrik *tetrahydrofuran* ini diharapkan akan memenuhi kebutuhan dalam negeri serta membuka kesempatan bagi Indonesia untuk menjadi negara pengekspor *tetrahydrofuran* ke luar negeri sehingga dapat merangsang tumbuhnya industri-industri yang memproduksi *tetrahydrofuran* menjadi bahan lain sehingga dapat meningkatkan perekonomian negara.

1.1.1 Penentuan Kapasitas Pabrik

Untuk menetapkan kapasitas produk *tetrahydrofuran* setiap tahunnya diperlukan data seperti : statistik kebutuhan produk, kapasitas pabrik sejenis di luar negeri, dan bahan baku yang tersedia.

Penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Selain itu, penentuan kapasitas rancangan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan kapasitas pabrik *tetrahydrofuran* adalah :

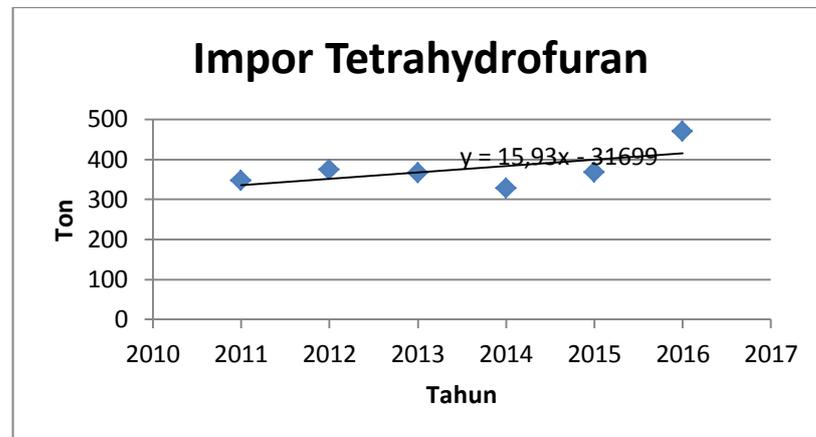
- Perkiraan kebutuhan produk di Indonesia

Berikut adalah grafik data impor *tetrahydrofuran* dari 2011 – 2016.

Tabel 1.1 Data impor *tetrahydrofuran*

(Biro Pusat Statistik, 2018)

No	Tahun	Total (ton)
1	2011	347,353
2	2012	373,997
3	2013	365,237
4	2014	327,444
5	2015	367,81
6	2016	470,131

**Gambar 1.1** Grafik impor tetrahydrofuran

Dari data BPS, didapat data impor *tetrahydrofuran* yang setiap tahunnya tidak mengalami kenaikan yang linear. Berdasarkan grafik diatas pada tahun 2030 kebutuhan tetrahydrofuran di Indonesia sebesar 527,39 ton. Pemasaran *tetrahydrofuran* terbesar adalah di kawasan Asia-Pasifik. Pada tahun 2015, kebutuhan *tetrahydrofuran* jumlahnya diperkirakan lebih dari 400.000 ton/tahun.

Sedangkan kebutuhan dunia pada tahun 2017 yaitu lebih dari 800.000 ton/tahun. (Rubberworld).

- Kapasitas pabrik sejenis di luar negeri

Berikut adalah data produksi *tetrahydrofuran* dari pabrik-pabrik yang telah berdiri.

Tabel 1.2 Pabrik *tetrahydrofuran* di luar negeri

Produsen	Lokasi	Kapasitas (Ton/thn)
DuPont	USA	45.000
BASF-Wyandotte		30.000
GAF and Arco		44.000
BASF and GAF/Huls	Western Europe	30.000
Mitsubishi Chemica and Toyo Soda	Japan	33.000
Shanxi Sanwei Corporation	China	15.000
Lain-lain		4000
Total		201.000

Pada perancangan ini dipilih kapasitas 20.000 ton/tahun. Perhitungan kapasitas diambil 5% dari kebutuhan Tetrahydrofuran di Asia-Pasifik (400.000 ton/tahun) sebagai kapasitas pabrik yang akan dirancang. Dimana 5% tersebut merupakan perkiraan kenaikan kebutuhan tetrahydrofuran pada tahun 2020. Dengan kapasitas sebesar 20.000 ton/tahun, sebanyak 527,39 ton digunakan untuk

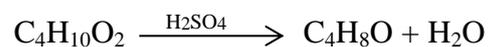
kebutuhan dalam negeri dan sisanya digunakan untuk kebutuhan ekspor. (IHS Markit).

1.2 Tinjauan Pustaka

1.2.1 Macam-macam proses

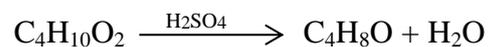
Secara komersial *tetrahydrofuran* dapat diproduksi dengan proses-proses sebagai berikut :

- *Reppe Process*



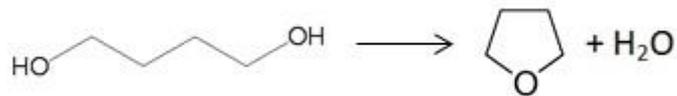
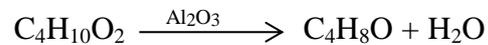
Pada proses *Reppe* ini menggunakan berbagai macam asam sebagai katalis. Proses ini beroperasi pada tekanan 98 atm yang membutuhkan katalis berupa asam kuat seperti asam sulfat. Namun penggunaan asam tersebut tidak menguntungkan karena sifatnya yang sangat korosif terhadap logam-logam yang paling sering digunakan untuk peralatan pengolahan kimia. Temperatur yang digunakan yaitu 160 - 250°C, dimana temperatur katalis resin terurai dengan cepat sehingga tidak praktis untuk penggunaan komersial. (US Patent, 1941).

- Reaksi Fase Cair



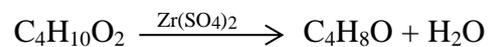
Pada proses reaksi fase cair ini, 1,4-butanediol direaksikan pada fase cair dengan tekanan 1 atm, pada suhu 200°C. Proses ini menggunakan katalis asam sulfat (H_2SO_4) yang merupakan komponen reaktif dan korosif, sehingga ketahanan alat terhadap korosi harus diperhatikan. (US Patent, 1997).

- Reaksi Fase Gas



Pada proses reaksi fase gas ini, 1,4-butanediol direaksikan di reaktor *fixed bed multitube* pada fase gas dengan tekanan 1 atm, pada suhu 250°C. Proses ini menggunakan katalis *Aluminium Oxide* (Al_2O_3) yang bersifat tidak korosif dan memiliki umur yang panjang. (US Patent, 1997).

- *Dehydration Process*



Pada proses ini tetrahydrofuran diperoleh dengan dehidrasi 1,4-butanediol atau hidrogenasi furan. Proses ini dapat dilakukan dalam fase cair maupun fase gas dengan suhu 150-300°C. Proses ini menggunakan katalis *Zirconium Sulfat* $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$. Proses ini memiliki kekurangan karena katalis memiliki sifat asam yang dapat mengakibatkan korosi pada reaktor. (US Patent, 2008).

- Proses pemanasan

Pada proses ini berfase cair dengan suhu 80-250°C dengan katalis asam. (US Patent, 2015).

Dari beberapa proses yang telah diuraikan tersebut, maka dipilih reaksi fase gas dengan katalis Al_2O_3 . Alasan dipilih proses ini antara lain:

- Harga katalis yang relatif murah sehingga dapat menghemat biaya produksi, akan tetapi katalis bersifat higroskopis yang artinya ia dapat menyerap molekul air dari lingkungan dengan baik melalui absorpsi/adsorpsi sehingga air yang diserap oleh katalis akan menutupi permukaan katalis yang menyebabkan pengontakan antara reaktan dan katalis sedikit terganggu serta performa reaktor akan sedikit terganggu.
- Prosesnya sederhana dengan tekanan operasi rendah, meskipun suhunya agak tinggi, umur katalis panjang, sistem *recovery* energinya rendah dan *tetrahydrofuran* yang dihasilkan kemurniannya tinggi.
- Perawatan peralatan tidak begitu berat karena prosesnya sederhana dan tidak mempunyai resiko korosifitas yang tinggi seperti proses lain, selain itu dapat menghemat investasi modal tetap untuk peralatan.

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Bahan

2.1.1 Spesifikasi Produk

1. Tetrahydrofuran

Rumus Molekul	: C ₄ H ₈ O
Berat Molekul	: 72,11 g/mol
Kemurnian	: 99 %
Kenampakan	: Cairan tak berwarna
Densitas	: 0,8892 g/cm ³ @ 20 °C, cair
Titik lebur	: 164,7 °K
Titik didih	: 338 °K
Temperatur kritis	: 540 °K
Tekanan uap	: 19,3 kPa (@ 20 °C)
Kelarutan dalam air	: 30%
Viskositas	: 0,48 cP pada 25 °C
Harga	: US\$ 500/ton

2.1.2 Spesifikasi Bahan Baku

1. 1,4-Butanediol

Rumus Molekul	: $C_4H_{10}O_2$
Berat Molekul	: $90.12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Kemurnian	: 99 %
Densitas	: 1.0171 g/cm^3 (20 °C)
Titik lebur	: 293.1 °K
Titik didih	: 503 °K
Tekanan uap	: 0 kPa (@ 20°C)
Warna	: Tak berwarna
Kelarutan dalam air	: Larut
Harga	: US\$ 1750/ton

2.1.3 Bahan Pembantu

1. Katalisator (Aluminium Oxide)

Rumus Molekul	: Al_2O_3
Berat Molekul	: $101.96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Kenampakan	: Zat padat putih sangat higroskopik

Ukuran	: 0,00345 m
Bau	: Tidak berbau
Densitas	: 3.987 g/cm ³
Titik lebur	: 2,345 °K
Titik leleh	: 3,250 °K
Kelarutan dalam air	: Tidak larut
Kelarutan dalam pelarut lain	: Larut dalam diethyl ether Tidak larut dalam ethanol
Titik nyala	: Tidak menyala
Harga	: US\$ 11000/ton

2.2 Pengendalian Kualitas

Kualitas atau mutu adalah tingkat baik buruknya atau taraf atau derajat sesuatu. Secara umum kualitas merupakan karakteristik dari suatu produk atau jasa yang ditentukan oleh pemakai atau *costumer* dan diperoleh melalui pengukuran proses serta melalui perbaikan yang berkelanjutan. Oleh karena itu mempertahankan mutu barang merupakan salah satu hal terpenting yang memerlukan perhatian khusus dari perusahaan. Pengendalian kualitas merupakan usaha untuk mempertahankan mutu atau kualitas dari barang yang dihasilkan, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan berdasarkan kebijaksanaan pimpinan perusahaan. (Sofjan Assauri, 1998).

Berikut merupakan hal-hal yang perlu dilakukan untuk mempertahankan dan menjaga mutu bahan baku, proses dan produk agar sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

1. Memperhatikan kualitas bahan baku yang akan digunakan agar sesuai dengan spesifikasi dengan kadar minimum 99%.
2. Melakukan pengendalian kualitas secara berkelanjutan pada masing-masing proses untuk mempermudah dalam melakukan pengontrolan terhadap produk. Proses kontrol yang dilakukan antara lain adalah :
 - Level Indicator (LI) yang berfungsi untuk mendeteksi ketinggian dari suatu aliran.
 - Level Control (LC) yang berfungsi untuk mengendalikan atau mengatur ketinggian air secara otomatis.
 - Temperature Control (TC) yang berfungsi untuk mengatur suhu agar mencapai suhu yang diinginkan.
 - Flow Control (FC) yang berfungsi untuk mengontrol aliran yang akan masuk ke alat selanjutnya agar tidak melebihi atau kurang dari kapasitas.
 - Pressure Control (PC) yang berfungsi untuk menjaga tekanan agar sesuai dengan tekanan yang diinginkan.
3. Menjaga kualitas produk yang meliputi kadar produk minimum 99%, karakteristik fisik seperti bau dan warna, serta menjaga kebersihan produk baik saat proses maupun pasca proses

4. Melakukan pengendalian mutu sesuai standar ISO 9001 maupun ISO 14001 baik pada prosesnya maupun dampak lingkungan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara
 - Uji laboratorium produk setiap hari (*intern* pabrik)
 - Uji produk secara berkala sesuai peraturan standar mutu yang berlaku
 - Survei kepada konsumen
5. Memastikan semua peralatan bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga dapat diperoleh produk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

Pada perancangan pabrik *tetrahydrofuran*, diperlukan pemilihan proses yang tepat untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan agar proses produksi lebih efektif dan efisien.

3.1 Uraian Proses

Secara garis besar proses pembuatan *tetrahydrofuran* dapat dibagi menjadi 3 tahap proses, yaitu :

1. Persiapan bahan baku
2. Proses reaksi dalam reaktor
3. Pemisahan dan pemurnian produk

Proses pertama yaitu persiapan bahan baku. Bahan baku dalam pembuatan *tetrahydrofuran* dengan fase gas adalah 1,4-butanediol dengan katalis *Aluminium Oxide*. 1,4-butanediol dengan kadar 99% berat dengan impuritis air dengan kadar 1% berat dari Tangki Penyimpanan-01 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dipompakan untuk dicampur dengan arus recycle dari Separator Drum-01 dan Separator Drum-02 ke Vaporizer. Hasil keluaran Vaporizer yang berupa campuran uap cair kemudian dipisahkan dalam Separator Drum-01. Hasil atas Separator Drum-01 yang berupa uap kemudian diumpankan ke Reaktor, dimana sebelum diumpankan ke Reaktor pada tekanan 1 atm dipanaskan dengan *Heat*

Exchanger. Sedangkan hasil bawah Separator Drum-01 yang berupa cairan *direcycle* kembali ke Vaporizer.

Proses kedua yaitu terjadi dalam Reaktor. Gas campuran 1,4-butanediol dengan air diumpankan melalui bagian bawah Reaktor dimana reaksi akan terjadi dengan bantuan katalis *Aluminium Oxide* setelah sebelumnya umpan gas dipanaskan dengan menggunakan *Heat Exchanger*. Reaktor bekerja pada tekanan 1 atm secara isothermal dan non-adiabatis. Di dalam Reaktor terjadi reaksi 1,4-butanediol membentuk *tetrahydrofuran* dengan konversi total 99,9%. Reaksi berjalan secara eksotermis sehingga diperlukan dowtherm sebagai pendingin untuk menjaga suhu reaksi agar tidak melampaui batas-batas yang telah ditentukan.

Proses ketiga yaitu pemisahan dan pemurnian produk. Gas keluar Reaktor yang masih bersuhu tinggi kemudian didinginkan dan diembunkan di Kondensor-01 dengan tekanan 1 atm. Hasil keluaran Kondensor-01 yang berupa campuran uap-cair selanjutnya diumpankan ke Separator Drum-02 untuk dipisahkan gas dan cairannya. Hasil keluaran atas Separator Drum-02 yang berupa gas selanjutnya diumpankan ke Kondensor-02 untuk didinginkan dan diembunkan dengan tekanan 1 atm. Sedangkan hasil bawah Separator Drum-02 yaitu 1,4-butanediol dan air *direcycle* kembali di Vaporizer. Hasil keluaran Kondensor-02 yang berupa campuran uap-cair selanjutnya diumpankan ke Separaoor Drum-03 untuk memisahkan gas dan cairan sebagai langkah terakhir pemurnian. Hasil atas Separator Drum-03 yang berupa *tetrahydrofuran* dan air dengan kemurnian 99% kemudian didinginkan dan diembunkan di Kondensor-03 dan kemudian disimpan

di Tangki Penyimpanan-02. Hasil bawah Separator Drum-03 berupa air kemudian dibuang ke unit pengolahan limbah.

3.1.1 Metode Penentuan Perancangan

Perencanaan pendirian pabrik *tetrahydrofuran* dengan bahan baku 1,4-butanediol dengan kapasitas 20.000 ton/tahun meliputi : neraca massa, neraca panas dan spesifikasi alat. Pemilihan kapasitas perencanaan pabrik *tetrahydrofuran* didasarkan pada kapasitas pabrik sejenis yang telah berdiri. Kebutuhan dari *tetrahydrofuran* akan semakin meningkat dari tahun ke tahun, hal ini dikarenakan *tetrahydrofuran* merupakan produk *intermediet* yang biasa digunakan oleh pabrik-pabrik lain dalam memproduksi produknya.

3.1.2 Penentuan Neraca Massa

Neraca massa pendirian pabrik *tetrahydrofuran* dari bahan baku 1,4-butanediol dengan kapasitas 20.000 ton/tahun meliputi :

1. Neraca massa total
2. Neraca massa vaporizer
3. Neraca massa separator drum-01
4. Neraca massa reaktor
5. Neraca massa separator drum-02
6. Neraca massa separator drum-03

Basis perhitungan neraca massa :

Kapasitas produk : 20.000 ton/tahun

Diambil dalam 1 tahun : 330 hari

Basis perhitungan : 1 jam

$$= \frac{20.000 \text{ ton}}{\text{tahun}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 2525,2525 \text{ kg/jam}$$

1. Neraca massa total

Tabel 3.1 Neraca massa total

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 12	Arus 13
C ₄ H ₁₀ O ₂	3156,5656	-	-	-
H ₂ O	31,8845	-	25,5076	637,6900
C ₄ H ₈ O	-	-	2525,2525	-
Sub Total	3188,4501	-	2550,7601	637,6900
Total	3188,4501		3188,4501	

2. Neraca massa Vaporizer

Tabel 3.2 Neraca massa Vaporizer (VP – 01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 1	Arus 2	Arus 3 (Gas)	Arus 3 (Cair)
$C_4H_{10}O_2$	3156,5656	808,9691	3172,4277	793,1069
H_2O	31,8845	215,2204	197,6839	49,4210
Sub Total	3188,4501	1024,1895	3370,1116	842,5279
Total	4212,6396		4212,6396	

3. Neraca massa Separator Drum-01

Tabel 3.3 Neraca massa separator Drum 01 (SD-01)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 3 (Gas)	Arus 3 (Cair)	Arus 5	Arus 4
$C_4H_{10}O_2$	3172,4277	793,1069	3172,4277	793,1069
H_2O	197,6839	49,4210	197,6839	49,4210
Sub Total	3370,1116	842,5279	3370,1116	842,5279
Total	4212,6396		4212,6396	

4. Neraca massa Reaktor

Tabel 3.4 Neraca massa Reaktor (RK-01)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
	Arus 5	Arus 6
C ₄ H ₁₀ O ₂	3172,4277	15,8621
H ₂ O	197,6839	828,9970
C ₄ H ₈ O	-	2525,2525
Total	3370,1116	3370,1116

5. Neraca massa Separator Drum-02

Tabel 3.5 Neraca massa Separator Drum-02 (SD-02)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 7	Arus 9	Arus 8
C ₄ H ₁₀ O ₂	15,8621	-	15,8621
H ₂ O	828,9970	663,1976	165,7994
C ₄ H ₈ O	2525,2525	2525,2525	-
Sub Total	3370,1116	3188,4501	181,6615
Total	3370,1116	3370,1116	

6. Neraca massa Separator Drum-03

Tabel 3.6 Neraca massa Separator Drum-03 (SD-03)

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 13
C ₄ H ₈ O	2525,2525	2525,2525	-
H ₂ O	663,1976	25,5076	637,6900
Sub Total	3188,4501	2550,7601	637,6900
Total	3188,4501	3188,4501	

3.1.3 Neraca Panas

1. Neraca Panas Vaporizer

Tabel 3.7 Neraca panas Vaporizer (VP – 01)

Komponen	Input (kj/jam)	Output(kj/jam)
	Arus 2	Arus 3
C ₄ H ₁₀ O ₂	1830207,9201	2509721,6359
H ₂ O	166096,3860	225682,0792
Kebutuhan steam	739099,4090	-
Total	2735403,7151	2735403,7151

2. Neraca Panas Separator Drum-01

Tabel 3.8 Neraca panas separator Drum-01 (SD-01)

Komponen	Input (kj/jam)		Output (kj/jam)	
	Arus 3 (Gas)	Arus 3 (Cair)	Arus 5	Arus 4
C ₄ H ₁₀ O ₂	1138805,5480	501944,3685	1138805,5480	501944,3685
H ₂ O	79275,19911	45136,2546	79275,19911	45136,2546
Sub total	1218080,7480	5470080,6231	1218080,7480	5470080,6231
Total	1765161,3707		1765161,3707	

3. Neraca Panas Reaktor

Tabel 3.9 Neraca panas Reaktor (RK-01)

Komponen	Input (kj/jam)	Output (kj/jam)
	Arus 5	Arus 6
C ₄ H ₁₀ O ₂	1235687,9500	6176,827182
H ₂ O	85100,44817	356874,1970
C ₄ H ₈ O	-	841969,2404
Panas reaksi	-	-4682,9030
Pendingin	-	120451,0400
Total	1320788,3978	1320788,3978

4. Neraca Panas Separator Drum-02

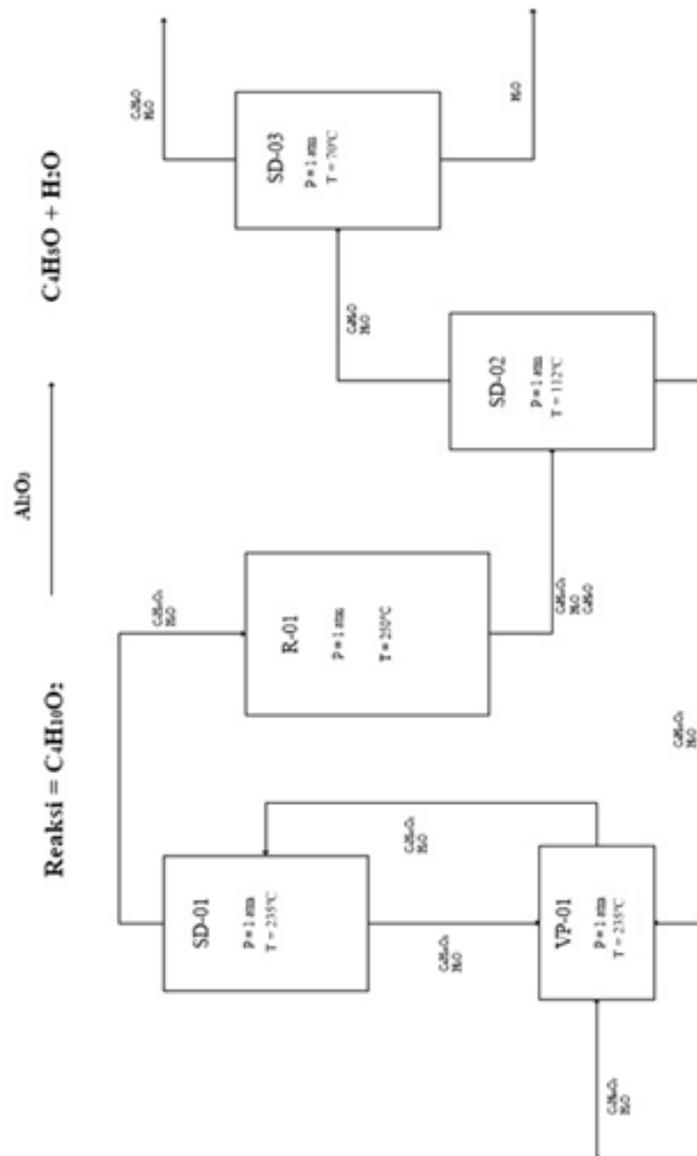
Tabel 3.10 Neraca panas Separator Drum-02 (SD-02)

Komponen	Input (kj/jam)	Output (kj/jam)	
	Arus 7	Arus 9	Arus 8
C ₄ H ₁₀ O ₂	3873,7260	0	5911,4680
H ₂ O	301737,9954	162861,9303	90691,3425
C ₄ H ₈ O	384818,7470	430965,7277	0
Sub total	690430,4685	593827,6580	96602,8105
Total	690430,4685	690430,4685	

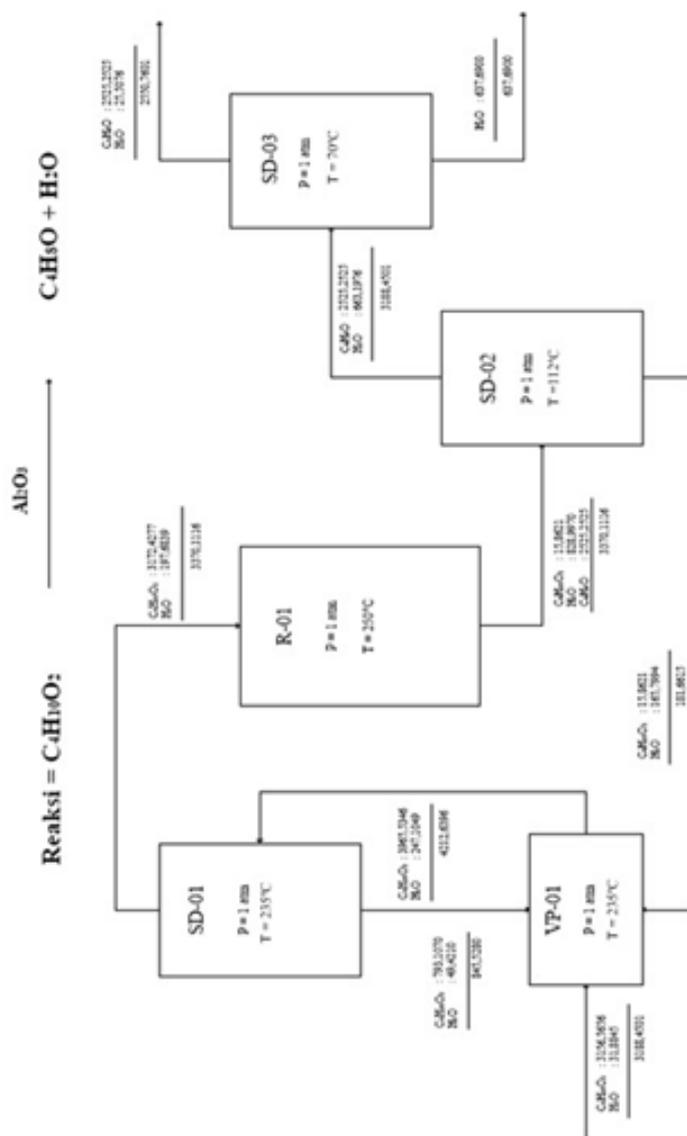
1. Neraca panas Separator Drum-03

Tabel 3.11 Neraca panas Separator Drum-03 (SD-03)

Komponen	Input (kj/jam)	Output (kj/jam)	
	Arus 10	Arus 11	Arus 13
C ₄ H ₈ O	192144,0694	166815,8049	148381,4300
H ₂ O	124720,2583	2667,0928	0,0000
Sub total	317864,3277	169482,8977	148381,4300
Total	317864,3277	317864,3277	



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3.2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan 1,4 Butanediol (TP - 01)

Fungsi : Untuk menyimpan bahan baku 1,4 Butanediol
dalam fase cair untuk kebutuhan 14 hari

Kode : T - 01

Kondisi Penyimpanan :

- Temperatur : 303 °K
- Tekanan : 1 atm
- Kondisi : Fase cair

Tipe : Tangki silinder tegak dengan conical roof, flat
bottom

Volume : 1.009,7759 m³

Jumlah : 1 buah

Dimensi tangki : Diameter = 9,1440 m
Tinggi = 13,6078 m

Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Harga : US\$ 206475

Rp. 3.262.305.000,-

2. Tangki Penyimpanan Tetrahydrofuran (TP – 02)

Fungsi : Untuk menyimpan produk Tetrahydrofuran selama
14 hari

Kode : TP – 02

Kondisi Penyimpanan :

- Temperatur : 303 °K
- Tekanan : 1 atm
- Kondisi : Fase cair

Tipe : Tangki silinder tegak dengan conical roof, flat
bottom

Volume : 1.163,8992 m³

Jumlah : 1 buah

Dimensi tangki : Diameter = 9,1440 m
Tinggi = 13,6078 m

Bahan Konstruksi : Carbon steel SA-283 grade C

Harga : US\$ 226390

Rp. 3.576.962.000,-

3. Vaporizer – 01 (VP – 01)

Fungsi : Mengubah fase 1,4 Butanediol umpan reaktor dari fase cair ke fase uap pada suhu masuk 447 °K, dan suhu keluar 508 °K

Tipe : Double Pipe

Bahan : Carbon steel SA 283 grade C

Tekanan : 101325 Pa

Luas transfer panas : 11,9636 m²

UD : 0,6169 J/s.m².°K

Uc : 0,7288 J/s.m².°K

Dirt Factor (Rd) : 0,0031

Panjang pipa : 3,6576 m

Jumlah Hairpin : 12

Spesifikasi Inner Pipe

- Hot Fluid : Steam
- OD : 0,0889 m
- ID : 0,0779 m
- Pressure Drop : 1,3376 Pa

Spesifikasi Annulus

- Cold Fluid : Bahan masuk SD-01
- OD : 0,1143 m
- ID : 0,1023 m
- Pressure Drop : 31991,6712 Pa

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 19801

Rp. 312.855.800,-

4. Separator Drum 01 (SD – 01)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari

Vaporizer 01 pada suhu 508 °K

Tipe : Tangki vertikal

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator

- Diameter Shell: 0,9144 m
- Tinggi Shell : 2,8985 m
- Tebal Shell : 0,0191 m
- Tinggi Head : 0,2537 m
- Tebal Head : 0,0238 m
- Tinggi total SD-01 : 3,1523 m

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Harga : US\$ 12933

Rp. 204.341.400,-

5. Separator Drum 02 (SD – 02)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari

Condensor 01 pada suhu 385 °K

Tipe : Tangki vertikal

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator

- Diameter Shell: 1,0668 m
- Tinggi Shell : 1,3453 m
- Tebal Shell : 0,0191 m
- Tinggi Head : 0,2607 m
- Tebal Head : 0,0238 m
- Tinggi total SD-02 : 1,6060 m

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Harga : US\$ 14421

Rp. 227.851.800,-

6. Separator Drum 03 (SD – 03)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair yang keluar dari
Condenser 02 pada suhu 343 °K

Tipe : Tangki vertikal

Jumlah : 1 buah

Dimensi separator

- Diameter Shell: 1,6096 m
- Tinggi Shell : 1,8799 m
- Tebal Shell : 0,1016 m
- Tinggi Head : 0,1826 m
- Tebal Head : 0,0238 m
- Tinggi total SD-03 : 2,0626 m

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Harga : US\$ 9729

Rp. 153.718.200,-

7. Reaktor 01 (RK – 01)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi fase gas 1,4
Butanediol menjadi Tetrahydrofuran dan air
dengan katalis Al₂O₃

Tipe : Fixed Bed Multitube

Jumlah	: 1 buah
Kondisi	: Isothermal
• Tekanan	: 101325 Pa
• Suhu masuk	: 523 °K
• Suhu keluar	: 523 °K
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA 283 Grade C
Tebal dinding	: 0,0286 m
Tebal head	: 0,0055 m
Katalis	:
• Jenis	: Aluminium Oxide
• Bentuk	: Padatan
• Densitas katalis	: 3,97 g/cm ³
• Diameter	: 0,0035 m
• Tebal isolasi	: 0,2398 m
Diameter kolom	: 3,1723 m
Tinggi reaktor	: 5,7903 m
Jumlah Tube	: 463
ID Tube	: 0,0627 m
OD Tube	: 0,0731 m
Harga	: US\$ 136658

Rp. 2.159.196.400,-

8. Heat Exchanger (HE – 01)

Fungsi : Meningkatkan suhu umpan dari 303 °K menjadi 447 °K sebelum masuk ke Vaporizer dengan media pemanas steam.

Tipe : Double Pipe Heat Exchanger

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Tekanan : 101325 Pa

Luas transfer panas : 13,9263 m²

UD : 0,3701 J/s.m².°K

Uc : 0,6924 J/s.m².°K

Dirt Factor (Rd) : 0,0155

Panjang Pipa : 3,6576 m

Jumlah Hairpin : 14

Spesifikasi Inner Pipe

- Hot Fluid : Steam
- OD : 0,0889 m
- ID : 0,0779 m
- Pressure Drop : 4,1369 Pa

Spesifikasi Annulus

- Cold Fluid : Bahan masuk vaporizer
- OD : 0,1143 m
- ID : 0,1023 m

- Pressure Drop : 3619,0578 Pa
- Jumlah : 1 buah
- Harga : US\$ 20602
Rp. 325.511.600,-

9. Heat Exchanger (HE – 02)

Fungsi : Menaikkan suhu umpan dari 508 °K menjadi 523 °K sebelum masuk ke reaktor dengan media pemanas steam.

- Tipe : Double Pipe Heat Exchanger
- Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C
- Tekanan : 101325 Pa
- Luas transfer panas : 17,8646 m²
- UD : 0,2211 J/s.m².°K
- Uc : 0,4711 J/s.m².°K
- Dirt Factor (Rd) : 0,0042
- Panjang Pipa : 3,6576 m
- Jumlah Hairpin : 17

Spesifikasi Inner Pipe

- Hot Fluid : Steam
- OD : 0,0889 m
- ID : 0,0779 m
- Pressure Drop : 1,3789 Pa

Spesifikasi Inner Pipe

- Cold Fluid : Bahan masuk reaktor
 - OD : 0,1143 m
 - ID : 0,1023 m
 - Pressure Drop : 152,3741 Pa
- Jumlah : 1 buah
- Harga : US\$ 21746
- Rp. 343.586.800,-

10. Condensor (CD – 01)

- Fungsi : Mengembunkan sebagian gas keluar Reaktor dengan suhu masuk 523 °K dan suhu keluar 385 °K.
- Tipe : Double Pipe Heat Exhanger
- Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C
- Tekanan : 101325 Pa
- Luas transfer panas : 5,1898 m²
- UD : 0,9256 J/s.m².°K
- Uc : 2,2179 J/s.m².°K
- Dirt Factor (Rd) : 0,0077
- Panjang Pipa : 3,6576 m
- Jumlah Hairpin : 11
- Spesifikasi Inner Pipe
- Cold Fluid : Air

- OD : 0,0269 m
- ID : 0,0350 m
- Pressure Drop : 25303,7572 Pa

Spesifikasi Annulus

- Hot Fluid : Uap dari reaktor
- OD : 0,0604 m
- ID : 0,0525 m
- Pressure Drop : 6894,75567 Pa

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 1831

Rp. 28.929.800,-

11. Condensor (CD – 02)

Fungsi : Mengembunkan sebagian gas keluar Separator Drum 02 dengan suhu masuk 385 °K dan suhu keluar 343 °K.

Tipe : Double Pipe Heat Exhanger

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Tekanan : 101325 Pa

Luas transfer panas : 7,2575 m²

UD : 0,9817 J/s.m².°K

Uc : 2,2575 J/s.m².°K

Dirt Factor (Rd) : 0,0071

Panjang Pipa : 3,6576 m

Jumlah Hairpin : 15

Spesifikasi Inner Pipe

- Cold Fluid : Air
- OD : 0,0422 m
- ID : 0,0350 m
- Pressure Drop : 40954,8549 Pa

Spesifikasi Annulus

- Hot Fluid : Uap dari Separator Drum-02
- OD : 0,0604 m
- ID : 0,0525 m
- Pressure Drop : 4380,9284 Pa

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 1946

Rp. 30.746.800,-

12. Condensor (CD – 03)

Fungsi : Mengembunkan sebagian gas keluar Separator Drum 03 dengan suhu masuk 343 °K dan suhu keluar 303 °K.

Tipe : Double Pipe Heat Exhanger

Bahan : Carbon Steel SA 283 Grade C

Tekanan : 101325 Pa

Luas transfer panas	: 9,6148 m ²
UD	: 0,9836 J/s.m ² .°K
Uc	: 1,9798 J/s.m ² .°K
Dirt Factor (Rd)	: 0,0063
Panjang Pipa	: 0,3048 m
Jumlah Hairpin	: 20

Spesifikasi Inner Pipe

- Cold Fluid : Air
- OD : 0,0406 m
- ID : 0,0350 m
- Pressure Drop : 28613,2404 Pa

Spesifikasi Annulus

- Hot Fluid : Uap dari Separator Drum-03
- OD : 0,0604 m
- ID : 0,0525 m
- Pressure Drop : 3171,5881 Pa

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 2060

Rp. 32.548.000,-

13. Pompa (P – A)

Fungsi : Untuk memompa 1,4 Butanediol dari truk bahan baku ke Tangki penyimpanan.

Jenis	: Centrifugal Pump
Bahan	: Carbon Steel SA 285 Grade C
Kapasitas	: 0,0008778 m ³ /s
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 534,722 rpm
Ukuran pipa	
• NPS	: 0,0381 m
• Sch No	: 40
• OD	: 0,0483 m
• ID	: 0,0409 m
• Head pompa	: 21,59 m
• Power pompa	: 2252,014 W
• Power motor	: 37285 W
Jumlah	: 2 buah
Harga	: US\$ 21746
	Rp. 343.586.800,-

14. Pompa (P – 01)

Fungsi	: Untuk memompa 1,4 Butanediol ke Heat Exchanger (HE – 01) dengan tekanan 1 atm.
Jenis	: Centrifugal Pump
Bahan	: Carbon Steel SA 285 Grade C
Kapasitas	: 0,0008778 m ³ /s

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 534,722 rpm

Ukuran pipa

- NPS : 0,0381 m
- Sch No : 40
- OD : 0,0229 m
- ID : 0,0409 m
- Head pompa : 21,59 m
- Power pompa : 2252,014 W
- Power motor : 3728,5 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 21746

Rp. 343.586.800,-

15. Pompa (P – 02)

Fungsi : Untuk memompa umpan ke Separator drum 01
(SD – 01) dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,001159 m³/s

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 2663,412 rpm

Ukuran pipa

- NPS : 0,0508 m

- Sch No : 40
- OD : 0,0604 m
- ID : 0,0525 m
- Head pompa : 3.05 m
- Power pompa : 223,71 W
- Power motor : 372,85 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 25638

Rp. 405.080.400,-

16. Pompa (P – 03)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari SD-01 ke Vaporizer dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,0002318 m³/s

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 343,671 rpm

Ukuran pipa

- NPS : 0,5334 m
- Sch No : 40
- OD : 53,6275 m
- ID : 0,0266 m

- Head pompa : 16,02 m
- Power pompa : 1767,309 W
- Power motor : 2237,1 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 16710

Rp. 264.018.000,-

17. Pompa (P – 05)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari CD-01 ke SD-02 dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,001031 m³/s

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 975,118 rpm

Ukuran pipa

- NPS : 0,0558 m
- Sch No : 40
- OD : 0,0605 m
- ID : 0,0525 m
- Head pompa : 10,79 m
- Power pompa : 700,958 W
- Power motor : 1118,55 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 25638

Rp. 405.080.400,-

18. Pompa (P – 06)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari SD-02 ke Vaporizer dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,00004936 m³/s

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 612,908 rpm

Ukuran pipa

• NPS : 0,0095 m

• Sch No : 40

• OD : 0,0171 m

• ID : 0,0125 m

• Head pompa : 2,64 m

• Power pompa : 156,597 W

• Power motor : 372,85

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 10072

Rp. 159.137.600,-

19. Pompa (P – 07)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari CD-02 ke SD-03
dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,0009814 m³/s

Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 1551,570

Ukuran pipa

- NPS : 0,0381 m

- Sch No : 40

- OD : 0,0483 m

- ID : 0,0295 m

- Head pompa : 5,62 m

- Power pompa : 529,447 W

- Power motor : 1118,55 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 21746

Rp. 343.586.800,-

20. Pompa (P – 08)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari CD-03 ke TP-02

dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump
 Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C
 Kapasitas : 0,0008083 m³/s
 Spesifikasi : Putaran spesifikasi : 1046,681 rpm

Ukuran pipa

- NPS : 0,0381 m
- Sch No : 40
- OD : 0,0485 m
- ID : 0,0409 m
- Head pompa : 8,35 m
- Power pompa : 693,501 W
- Power motor : 1118,55 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 21746

Rp. 343.586.800,-

21. Pompa (P – 09)

Fungsi : Untuk memompa umpan dari SD-03 ke Unit pengolahan limbah dengan tekanan 1 atm.

Jenis : Centrifugal Pump

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas	: 0,0001730 m ³ /s
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 569,235 rpm
Ukuran pipa	
• NPS	: 0,0127 m
• Sch No	: 40
• OD	: 0,0213 m
• ID	: 0,0158 m
• Head pompa	: 6,73 m
• Power pompa	: 559,275 W
• Power motor	: 1118,55 W
Jumlah	: 2 buah
Harga	: US\$ 11903
	Rp. 188.067.400,-

22. Pompa (P – B)

Fungsi	: Untuk memompa produk dari Tangki penyimpanan ke truk produk.
Jenis	: Centrifugal Pump
Bahan	: Carbon Steel SA 285 Grade C
Kapasitas	: 0,0008083 m ³ /s
Spesifikasi	: Putaran spesifikasi : 1046,681 rpm
Ukuran pipa	

- NPS : 0,0381 m
- Sch No : 40
- OD : 0,0483 m
- ID : 0,0409 m
- Head pompa : 8,35 m
- Power pompa : 693,501 W
- Power motor : 1118,55 W

Jumlah : 2 buah

Harga : US\$ 21746

Rp. 343.586.800,-

23. Blower (B-01)

Fungsi : Untuk mengalirkan gas dari Separator Drum 01 ke
Heat Exchanger 02

Jenis : Blower Centrifugal

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,2673 m³/s

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 3090

Rp. 48.822.000,-

24. Blower (B-02)

Fungsi : Untuk mengalirkan gas dari Heat Exchanger 01 ke Reaktor

Jenis : Blower Centrifugal

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,2752 m³/s

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 3090

Rp. 48.822.000,-

25. Blower (B-03)

Fungsi : Untuk mengalirkan gas dari Reaktor ke Condensor 01

Jenis : Blower Centrifugal

Bahan : Carbon Steel SA 285 Grade C

Kapasitas : 0,4840 m³/s

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 4578

Rp. 72.332.400,-

26. Blower (B-04)

Fungsi : Untuk mengalirkan gas dari Separator Drum 02 ke Condensor 02

Jenis	: Blower Centrifugal
Bahan	: Carbon Steel SA 285 Grade C
Kapasitas	: 0,3151 m ³ /s
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US\$ 3434
	Rp. 54.257.200,-

27. Blower (B-05)

Fungsi	: Untuk mengalirkan gas dari Separator Drum 03 ke Condensor 03
Jenis	: Blower Centrifugal
Bahan	: Carbon Steel SA 285 Grade C
Kapasitas	: 0,1424 m ³ /s
Jumlah	: 1 buah
Harga	: US\$ 2060
	Rp. 32.548.000,-

3.3 Perencanaan Produksi

Faktor eksternal dan faktor internal merupakan dua hal yang perlu diperhatikan dalam penyusunan rencana produksi. Faktor eksternal merupakan faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal merupakan kemampuan pabrik.

a) Kemampuan pasar

Kemampuan pasar dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar daripada kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil daripada kemampuan pabrik, maka perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi misalnya :
 - *) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - *) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
 - *) Mencari daerah pemasaran.

b) Kemampuan pabrik

Secara umum terdapat beberapa faktor penentu pabrik, antara lain :

- Material (bahan baku)

Pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas akan membuat target produksi tercapai sesuai dengan yang diinginkan.

- Manusia (tenaga kerja)

Tenaga kerja yang kurang terampil akan menimbulkan kerugian pada pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (peralatan)

Terdapat dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Sedangkan kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat mempengaruhi seluruh kegiatan industri pabrik baik mengenai produksi maupun distribusi. Oleh sebab itu penentuan lokasi pabrik harus berdasarkan pertimbangan-pertimbangan seperti meminimumkan biaya distribusi.

Berdasarkan beberapa pertimbangan yang ada, maka pabrik *tetrahydrofuran* ini direncanakan untuk didirikan di daerah Batu Ampar, Batam – Kepulauan Riau, Sumatera. Adapun pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang berpengaruh secara langsung terhadap tujuan utama dari suatu pabrik. Tujuan utama ini diantaranya meliputi proses produksi dan distribusi. Faktor-faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik adalah:

a. Ketersediaan lahan

Terdapat kawasan industri di Batu Ampar, Batam yang memungkinkan untuk didirikannya pabrik *tetrahydrofuran* ini.

b. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku dalam pembuatan *tetrahydrofuran* ini adalah 1,4-butanediol. Untuk kebutuhan 1,4-butanediol, dapat dipenuhi dari BASF/Petronas Kuantan, Malaysia. Dengan pemilihan lokasi pabrik di Batu Ampar Batam, akan menguntungkan karena lokasi dekat dengan penyediaan bahan baku sehingga pengadaannya lebih mudah.

c. Penyediaan bahan bakar dan energi

Daerah Batu Ampar Batam merupakan kawasan industri sehingga penyediaan bahan bakar untuk generator dapat dengan mudah terpenuhi, sedangkan listrik untuk keperluan proses dan perkantoran disediakan oleh PLN setempat.

d. Sarana Transportasi

Selain transportasi darat, Batam yang merupakan daerah kepulauan, transportasi laut merupakan salah satu sarana yang penting. Penggunaan jalur laut yang menghubungkan Batam dengan pulau-pulau di sekitar maupun dengan negara tetangga seperti Singapura dan Malaysia, membuat penggunaan dan sarana transportasi laut cukup lengkap. Sehingga proses pengiriman bahan tidak akan mengalami kesulitan transportasi.

e. Tersedianya tenaga kerja

Tenaga kerja yang berkualitas dan berpotensi dipenuhi dari alumni Universitas seluruh Indonesia, sedangkan untuk tenaga operator ke bawah dapat dipenuhi dari daerah sekitar.

f. Iklim

Keadaan iklim dan cuaca di daerah Batu Ampar Batam umumnya baik, tidak terjadi gempa maupun angin topan.

g. Penyediaan utilitas

Terdapat laut di dekat Lokasi pabrik daerah Batu Ampar Batam sehingga dapat dimanfaatkan airnya untuk keperluan utilitas. Pemilihan air laut ini dikarenakan oleh melimpahnya air laut sehingga tidak mungkin akan kehabisan air utilitas.

h. Pemasaran produk

Dari segi pemasaran, dipilih lokasi pabrik di Batu Ampar Batam karena wilayah tersebut merupakan wilayah yang strategis dengan industri luar maupun dalam negeri. Akses transportasi untuk mendistribusikan produk mudah sehingga akan menguntungkan untuk proses pemasaran.

i. Pembuangan limbah

Limbah yang sudah diolah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, sehingga dapat langsung dibuang ke sungai.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi :

1. Area perluasan pabrik

Pemilihan lokasi pabrik berada di kawasan industri Batam, sehingga memungkinkan adanya perluasan area pabrik dengan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perijinan

Lokasi pabrik dipilih pada daerah khusus untuk kawasan industri, sehingga memudahkan dalam perijinan pembuatan pabrik.

Pengaturan tata letak pabrik merupakan bagian yang penting dalam proses pendirian pabrik, hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain :

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

3. Prasarana dan fasilitas sosial

Prasarana seperti jalan dan transportasi lainnya harus tersedia, demikian juga fasilitas sosial seperti sarana pendidikan, ibadah, hiburan, bank dan perumahan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik atau *layout* merupakan tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat karyawan bekerja, tempat peralatan dan tempat menyimpan bahan. Ketepatan *layout* pabrik sangat penting untuk

mendapatkan efisiensi, keselamatan dan kelancaran para pekerja serta keselamatan dan kelancaran proses.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam tata letak ruang pabrik adalah :

- a. Perluasan pabrik harus sudah masuk dalam perhitungan awal sebelum masalah kebutuhan tempat menjadi problem besar di kemudian hari. Sejumlah areal khusus juga harus dipersiapkan untuk dipakai sebagai perluasan pabrik bila dimungkinkan pabrik menambah peralatan untuk menambah kapasitas atau menambah peralatan guna mengolah bahan baku sendiri.
- b. Harga tanah yang tinggi memerlukan efisiensi yang tinggi terhadap pemakaian ruangan. Pemakaian tempat harus disesuaikan dengan areal yang tersedia. Bila perlu ruangan harus dibuat bertingkat untuk menghemat tempat.
- c. Faktor keamanan
Faktor keamanan adalah faktor yang paling penting. Meski telah dilengkapi dengan alat-alat pengaman, faktor-faktor pencegah harus tetap disediakan dan ditempatkan di areal khusus dengan jarak antar ruang yang cukup untuk tempat-tempat yang rawan kan bahaya ledakan dan kebakaran.
- d. Instalasi dan utilitas
Pemasangan dan distribusi yang baik dari gas, udara, air, steam, dan listrik akan membantu memudahkan kerja dan perawatan. Penempatan peralatan proses ditata sedemikian rupa sehingga petugas dapat dengan mudah menjangkaunya dan dapat terjalin kelancaran operasi serta memudahkan perawatannya.

Secara garis besar tata letak pabrik dibagi beberapa daerah utama, yaitu :

1. Daerah administrasi/perkantoran, laboratorium dan ruang kontrol

Administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium dan ruang kontrol sebagai pusat pengendalian proses serta produk.

2. Daerah proses

Daerah tempat alat-alat proses diletakkan dan tempat proses berlangsung.

3. Daerah pergudangan umum dan bengkel

Daerah menyimpan bahan, alat dan perbaikan alat.

4. Daerah utilitas

Daerah tempat alat-alat utilitas diletakkan dan tempat utilitas berlangsung.

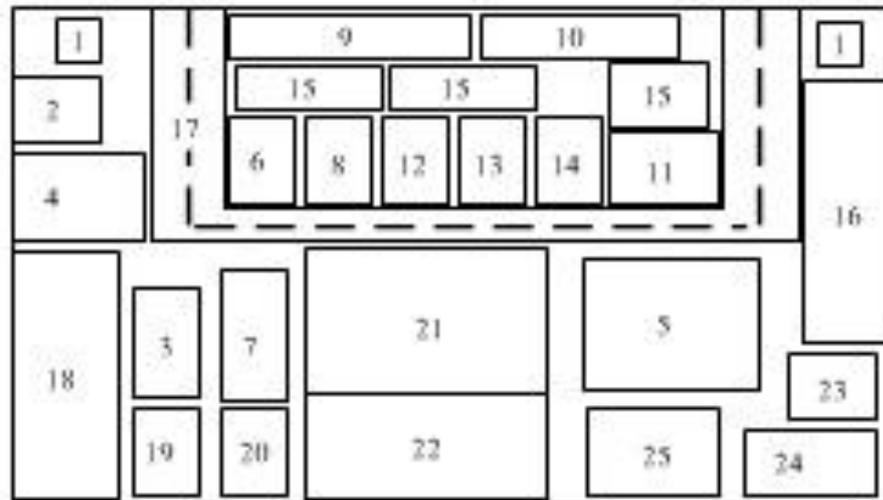
e. Fasilitas Jalan

Jalan raya sangatlah penting untuk proses pengangkutan bahan baku, produk dan bahan lainnya sehingga penempatan jalan tidak boleh mengganggu proses atau kelancaran dari tempat yang dilalui.

Perincian luas tanah serta tata letak bangunan pabrik ditunjukkan pada tabel dan gambar berikut ini.

Tabel 4.1 Perincian luas tanah bangunan pabrik

Jenis bangunan	Luas (m ²)
Kantor Utama	1200
Pos Keamanan	200
Mess	1200
Pakir Tamu & Karyawan	450
Parkir Direksi	400
Parkir Truk	550
Poliklinik	300
Masjid	300
Kantin	300
Bengkel	375
Unit pemadaman kebakaran	450
Gudang alat	450
Gudang bahan kimia	300
Laboratorium	300
Area Utilitas	1400
Area Proses	1815
<i>Control Room</i>	300
<i>Control Utilitas</i>	300
Pembangkit listrik	600
Kantor Bagian Produksi	300
Gedung Pertemuan	300
<i>UPL</i>	600
Jalan	2000
Taman	1000
Perluasan Pabrik	1320
Luas Tanah	16710
Luas Bangunan	12390
Total	29100



Skala 1:100

Gambar 4.1 Tata letak pabrik

Keterangan:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Pos jaga 1 dan 2 | 14. Kantor bagian produksi |
| 2. Klinik | 15. Taman |
| 3. Bengkel | 16. Mess |
| 4. Pembangkit listrik | 17. Jalan |
| 5. Kantor utama | 18. Daerah utilitas |
| 6. Laboratorium | 19. Control room |
| 7. Kantor pemadam | 20. Control utilitas |
| 8. Kantin | 21. Daerah proses |
| 9. Parkir truk | 22. Perluasan |
| 10. Parkir tamu dan karyawan | 23. Gudang bahan kimia |
| 11. Parkir direksi | 24. Gudang Alat |
| 12. Masjid | 25. UPL |
| 13. Gedung pertemuan | |

4.3 Tata Letak Alat Proses

Terdapat beberapa proses yang perlu diperhatikan dalam perancangan tata letak pabrik peralatan proses, diantaranya yaitu :

1. Aliran bahan baku dan produk

Pengaliran bahan baku dan produk harus tepat sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Penempatan pipa juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu lalu lintas kerja.

2. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan para pekerja. Arah hembusan angin pun juga harus diperhatikan.

3. Cahaya

Penerangan pabrik harus memadai, terlebih pada tempat-tempat proses yang berbahaya dan beresiko tinggi.

4. Lalu lintas manusia

Perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki demi kelancaran proses dan keamanan pekerja.

5. Tata letak alat proses

Penempatan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya produksi dengan tetap menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

Alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses lainnya, sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat-alat proses yang lain.

7. Maintenance

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

Perawatan alat dilakukan secara terjadwal sesuai dengan petunjuk yang ada. Penjadwalan dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapatkan perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat beroperasi secara kontinyu dan akan berhenti apabila mengalami kerusakan. Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada tiap-tiap alat. Perawatan tiap alat meliputi :

a. *Over head* 1 x 1 tahun

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

b. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat yang rusak, biasanya dilakukan setelah pemeriksaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance* diantaranya adalah :

- Umur alat

Perawatan pada alat ditentukan berdasarkan usia alat tersebut. Semakin tua umur alat maka perawatan yang harus diberikan juga semakin banyak, hal ini menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

- Bahan baku

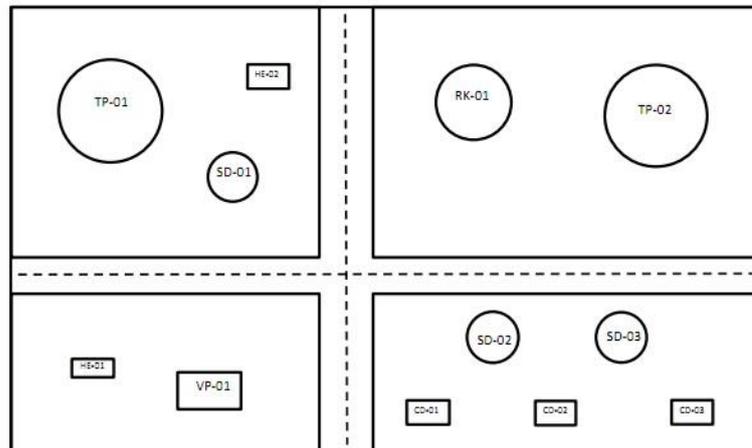
Bahan baku yang digunakan harus berkualitas agar tidak merusak alat. Penggunaan bahan baku yang tidak berkualitas dapat menyebabkan kerusakan pada alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Penggunaan ruangan digunakan secara efektif
- c. Biaya material lebih rendah, sehingga dapat mengurangi biaya faktor yang tidak penting

- d. Jika tata letak peralatan proses sudah benar dan proses produksi faktor, maka perusahaan tidak perlu memakai alat angkut dengan biaya mahal

Tata letak alat proses ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Skala 1:100

Gambar 4.2 Tata letak alat proses

4.4 Spesifikasi Alat Utilitas

1. *Screener* – 01

- Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran yang berukuran besar dari air laut sebelum disaring lebih lanjut.
- Jenis : *Rake screener*
- Jumlah : 1 buah
- Jumlah air yang disaring : 93014,8158 kg/jam
- Debit : 0,0258 m³/s
- Luas area filter : 0,0258 m²

- Harga : US\$ 34794
Rp. 549.745.200,-

2. *Screener* – 02

- Fungsi : Menyaring kotoran-kotoran dan ikan-ikan yang terbawa air laut sebelum dipompa ke *equalizer*
- Jenis : *Screener*
- Jumlah : 1 buah
- Jumlah air yang disaring : 93014,8158 kg/jam
- Debit : 0,0258 m³/s
- Luas area filter : 0,0258 m²
- Harga : US\$ 34794
Rp. 549.745.200,-

3. Bak ekualisasi (BU – 01)

- Fungsi : Menampung air laut untuk dilakukan injeksi chlorine untuk mencegah pertumbuhan ganggang dan sebagainya.
- Tipe : Bak beton bertulang
- Volume bak : 549,25 m³
- Panjang bak : 13 m
- Lebar : 6,5 m
- Tinggi : 6,5 m
- Waktu tinggal : 4 jam
- Harga : US\$ 53908

Rp. 851.746.400,-

4. Reverse osmosis (SW / Sea Water)

- Fungsi : Menyaring molekul yang lebih besar dari molekul air
- Tipe : Spiral wound
- Volume : 13,9522 l/s
- Harga : US\$ 11445

Rp. 180.831.000,-

5. Reverse osmosis (BW / Brackish Water)

- Fungsi : Menyaring molekul yang lebih besar dari molekul air
- Tipe : Spiral wound
- Volume : 11,1618 l/s
- Harga : US\$ 3777

Rp. 59.676.600,-

6. Bak penampung air (TU – 02)

- Fungsi : Menampung air yang keluar dari reverse osmosis (BW) untuk dikirim ke kation exchanger dan tangki sanitasi.
- Tipe : Bak beton bertulang
- Volume bak : 1164,24 m³
- Panjang bak : 16,5 m
- Lebar : 8,4 m
- Tinggi : 8,4 m

- Waktu tinggal : 8 jam
- Harga : US\$ 84925
Rp. 1.341.815.000,-

7. Tangki sanitasi (TU – 05)

- Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan umum dan pemadam kebakaran
- Tipe : Tangki silinder tegak
- Volume bak : 182,2199 m³
- Diameter : 6,15 m
- Tinggi : 6,15 m
- Waktu tinggal : 6 jam
- Harga : US\$ 67871
Rp. 1.072.361.800,-

8. Kation Exchanger (CE – 01)

- Fungsi : Menghilangkan kesadahan air proses yang disebabkan oleh kation.
- Tipe : Down Flow Cation Exchanger
- Jenis resin : Zeolit jenis wet process syntetic
- Kebutuhan HCl : 487,0325 kg/tahun
- Volume resin : 0,0144 m³
- Diameter bak resin : 0,58 m
- Tinggi bed resin : 1,93 m
- Luas penampang : 0,0242 m²

- Harga : US\$ 11102
Rp. 175.411.600,-

9. Anion Exchanger (AE – 01)

- Fungsi : Menghilangkan kesadahan air proses yang disebabkan oleh anion.
- Tipe : Strongly Basic Anion Exchanger
- Jenis resin : Strongly basic resins
- Kebutuhan NaOH : 1066,3233 kg/tahun
- Volume resin : 0,0288 m³
- Diameter bak resin : 0,52 m
- Tinggi bed resin : 4,82 m
- Luas penampang : 0,0195 m²
- Harga : US\$ 11102
Rp. 175.411.600,-

10. Tangki Larutan HCl (TU – 07)

- Fungsi : Menyiapkan larutan HCl yang digunakan untuk regenerasi resin pada Kation Exchanger.
- Tipe : Tangki silinder vertikal
- Volume tangki : 0,03 m³
- Diameter tangki : 0,34 m
- Tinggi tangki : 0,34 m
- Harga : US\$ 1373
Rp. 21.693.400,-

11. Tangki Larutan NaOH (TU – 06)

- Fungsi : Menyiapkan larutan NaOH yang digunakan untuk regenerasi resin pada Anion Exchanger.
- Tipe : Tangki silinder vertikal
- Volume tangki : 0,07 m³
- Diameter tangki : 0,46 m
- Tinggi tangki : 0,46 m
- Harga : US\$ 2518
Rp. 39.784.400,-

12. Tangki Demin Water (BU – 02)

- Fungsi : Menampung air bersih hasil ion exchanger untuk keperluan proses dan make up steam.
- Tipe : Tangki silinder tegak
- Waktu tinggal : 2 jam
- Volume tangki : 0,5755 m³
- Diameter tangki : 0,9017 m
- Tinggi tangki : 0,9017 m
- Harga : US\$ 9614
Rp. 151.901.200,-

13. Tangki Kondensat (TU – 03)

- Fungsi : Menampung air condenser uap air untuk direcycle ke deaerator.
- Tipe : Tangki silinder tegak

- Waktu tinggal : 1 jam
- Volume tangki : 1,4387 m³
- Diameter tangki : 1,2238 m
- Tinggi tangki : 1,2238 m
- Harga : US\$ 17397
Rp. 274.872.600,-

14. Deaerator (DE – 01)

- Fungsi : Menghilangkan gas-gas yang terlarut dalam air umpan boiler untuk mengurangi terjadinya korosi.
- Tipe : Tangki silinder tegak
- Waktu tinggal : 12 jam
- Volume tangki : 8,6324 m³
- Diameter tangki : 2,2234 m
- Tinggi tangki : 2,2234 m
- Harga : US\$ 24150
Rp. 381.570.000,-

15. Tangki Penampung Deaerated Water (TU – 04)

- Fungsi : Menampung air hasil keluaran deaerator untuk dialirkan ke boiler
- Tipe : Tangki silinder tegak
- Waktu tinggal : 1 jam
- Volume tangki : 1,4378 m³
- Diameter tangki : 1,2238 m

- Tinggi tangki : 1,2238 m
- Harga : US\$ 17397
Rp. 274.872.600,-

16. Pompa-01 (PU – 01)

- Fungsi : Mengalirkan air laut ke Screening
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,0303 m³/s
- Power pompa : 47,5756 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,1753 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,2027 m
 - Flow area per pipe : 0,0323 m²
- Harga : US\$ 14650
Rp. 231.470.000,-

17. Pompa-02 (PU – 02)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Screening ke Bak ekualisasi
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,0303 m³/s
- Power pompa : 47,5757 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :

- Dnominal : 0,1753 m
- Sch : 40
- ID : 0,2027 m
- Flow area per pipe : 0,0323 m²
- Harga : US\$ 14650
Rp. 231.470.000,-

18. Pompa-03 (PU – 03)

- Fungsi : Mengaliran air dari Bak ekualisasi ke Reverse osmosis (SW)
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,0303 m³/s
- Power pompa : 47,5757 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,1753 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,2027 m
 - Flow area per pipe : 0,0323 m²
- Harga : US\$ 14650
Rp. 231.470.000,-

19. Pompa-04 (PU – 04)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Reverse osmosis (SW) ke Reverse osmosis (BW)

- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : $0,0136 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power pompa : $18,5679 \text{ W}$
- Power motor : $37,285 \text{ W}$
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : $0,1224 \text{ m}$
 - Sch : 40
 - ID : $0,1541 \text{ m}$
 - Flow area per pipe : $0,0187 \text{ m}^2$
- Harga : US\$ 11217
Rp. 177.228.600,-

20. Pompa-05 (PU – 05)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Reverse osmosis (BW) ke
Filtered water tank
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : $0,0303 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power pompa : $4304,3295 \text{ W}$
- Power motor : $5592,75 \text{ W}$
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : $0,1753 \text{ m}$
 - Sch : 40
 - ID : $0,2027 \text{ m}$
 - Flow area per pipe : $0,0323 \text{ m}^2$

- Harga : US\$ 14650
Rp. 231.470.000,-

21. Pompa-06 (PU – 06)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Filtered water tank ke Cation exchanger
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,001082 m³/s
- Power pompa : 20,1339 W
- Power motor : 37,285 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0391 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0409 m
 - Flow area per pipe : 0,0013 m
- Harga : US\$ 21746
Rp. 343.586.800,-

22. Pompa-07 (PU – 07)

- Fungsi : Mengalirkan ar dari Cation exchanger ke Anion exchanger
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,0003376 m³/s
- Power pompa : 55,1818 W
- Power motor : 93,2125 W

- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0232 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0266 m
 - Flow area per pipe : 0,0006 m²
- Harga : US\$ 16710
Rp. 264.018.000,-

23. Pompa-08 (PU – 08)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Anion exchanger ke Tangki Demin water
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,0003376 m³/s
- Power pompa : 133,0329 W
- Power motor : 149,14 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0232 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0266 m
 - Flow area per pipe : 0,0006 m²
- Harga : US\$ 16710
Rp. 264.018.000,-

24. Pompa-09 (PU – 09)

- Fungsi : Mengalirkaan air dari tangki Demin water ke Deaerator
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : $0,0003376 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power pompa : 65,4725 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0232 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0267 m
 - Flow area per pipe : $0,0006 \text{ m}^2$
- Harga : US\$ 16710
Rp. 264.018.000,-

25. Pompa-10 (PU – 10)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Deaerator ke Tangki deaerated water
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : $0,001688 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power pompa : 106,7842 W
- Power motor : 186,425 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0478 m

- Sch : 40
- ID : 0,0525 m
- Flow area per pipe : 0,0022 m²
- Harga : US\$ 25638
Rp. 405.080.400,-

26. Pompa-11 (PU – 11)

- Fungsi : Mengalirka air dari Tangki deaerated water ke Boiler
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,001688 m³/s
- Power pompa : 422,2153 W
- Power motor : 559,275 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0478 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0525 m
 - Flow area per pipe : 0,0022 m²
- Harga : US\$ 25638
Rp. 405.080.400,-

27. Pompa-12 (PU – 12)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Boiler ke Steam proses
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,001407 m³/s

- Power pompa : 55,7038 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0440 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0525 m
 - Flow area per pipe : 0,0022 m²
- Harga : US\$ 25638
Rp. 405.080.400,-

28. Pompa-13 (PU – 13)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Steam proses ke Tangki kondensat
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,001407 m³/s
- Power pompa : 55,7038 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0440 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0525 m
 - Flow area per pipe : 0,0022 m²
- Harga : US\$ 25638
Rp. 405.080.400,-

29. Pompa-14 (PU – 14)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Tangki kondensat ke Deaerator
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : $0,001688 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power pompa : 270,8382 W
- Power motor : 372,85 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0478 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0525 m
 - Flow area per pipe : $0,0022 \text{ m}^2$
- Harga : US\$ 25638
Rp. 405.080.400,-

30. Pompa-15 (PU – 15)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Filtered water tank ke tangki sanitasi
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : $0,0260 \text{ m}^3/\text{s}$
- Power pompa : 35,7190 W
- Power motor : 61,8931 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,1635 m

- Sch : 40
- ID : 0,2027 m
- Flow area per pipe : 0,0322 m²
- Harga : US\$ 14650
Rp. 231.470.000,-

31. Pompa-16 (PU – 16)

- Fungsi : Mengalirkan air dari Tangki sanitasi ke Keperluan umum dan Pemadan kebakaran
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,008247 m³/s
- Power pompa : 63,6828 W
- Power motor : 93,2125 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0976 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,1023
 - Flow area per pipe : 0,0082 m²
- Harga : US\$ 9614
Rp. 151.901.200,-

32. Pompa-17 (PU – 17)

- Fungsi : Mengalirkan HCl ke Kation exchanger
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,000001653 m³/s

- Power pompa : 0,0179 W
- Power motor : 37,285 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0023 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0068 m
 - Flow area per pipe : 0,000037 m²
- Harga : US\$ 7096
Rp. 112.116.800,-

33. Pompa-18 (PU – 18)

- Fungsi : Mengalirkan NaOH ke Anin exchanger.
- Tipe : Centrifugal pump
- Laju alir pompa : 0,000003615 m³/s
- Power pompa : 11,4838 W
- Power motor : 37,285 W
- Pemilihan pipa :
 - Dnominal : 0,0122 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0122 m
 - Flow area per pipe : 0,000124 m²
- Harga : US\$ 7096
Rp. 112.116.800,-

34. Pompa-19 (PU – 19)

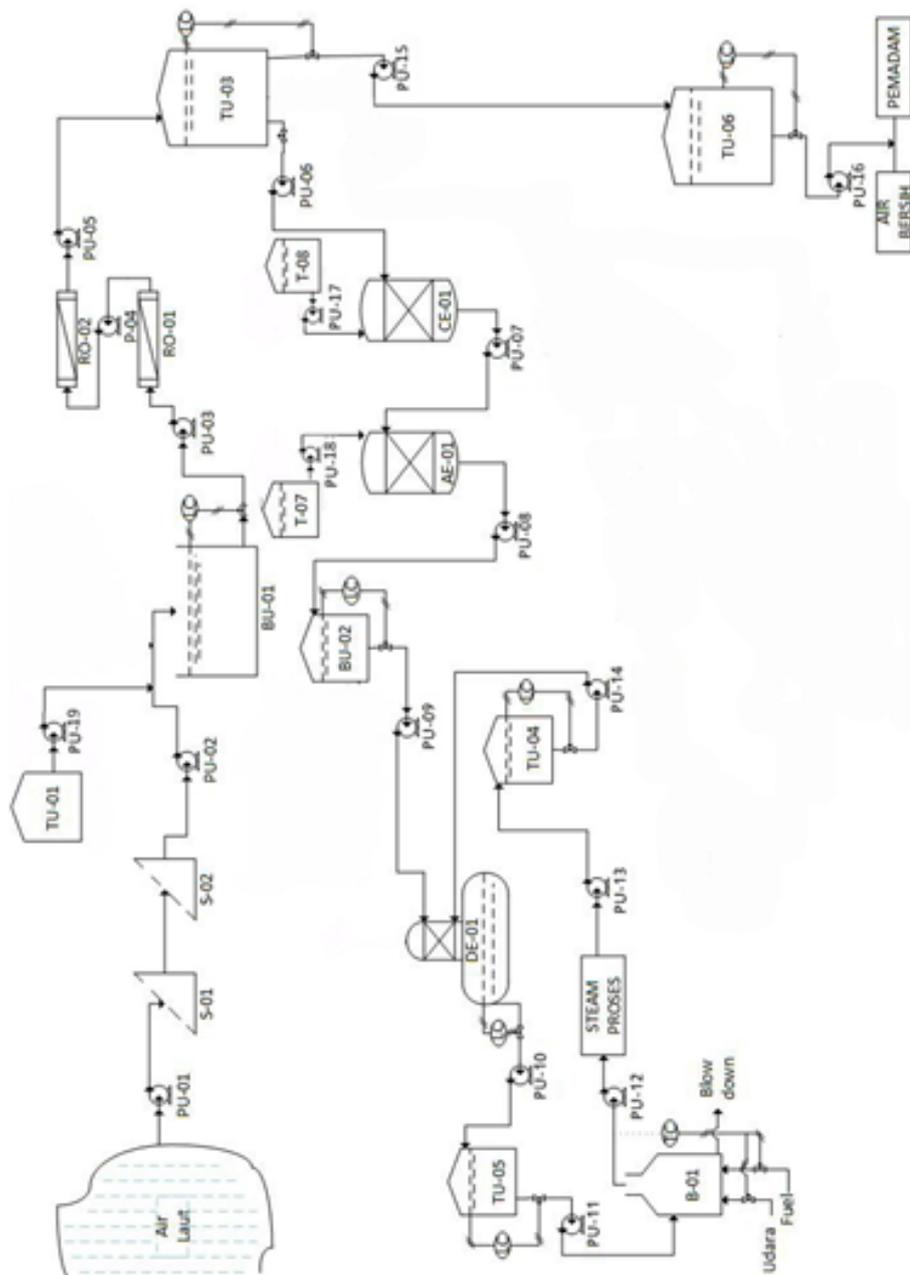
- Fungsi : Mengalirkan kaporit dari Tangki kaporit ke bak ekualisasi
- Tipe : Centirugal pump
- Laju alir pompa : 0,00001279 m³/s
- Power pompa : 13,4972 W
- Power motor : 37,285 W
- Pemilihan pipa:
 - Dnominal : 0,0055 m
 - Sch : 40
 - ID : 0,0068 m
 - Flow area per pipe : 0,00037 m²
- Harga : US\$ 7096
Rp. 112.116.800,-

4.5 Pelayanan Teknik (Utilitas)

Penyediaan utilitas merupakan salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi di dalam pabrik hal ini dikarenakan utilitas mempunyai arti penting dalam menunjang operasi pabrik. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Adapun penyediaan utilitas meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air
2. Unit Pembangkit Steam
3. Unit Pembangkit Listrik
4. Unit Penyediaan Bahan Bakar



Gambar 4.3 Proses Flow Diagram Utilitas

4.5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

4.5.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada umumnya suatu pabrik memenuhi kebutuhan air dengan menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumbernya. Dalam perancangan pabrik *tetrahydrofuran* ini, untuk mencukupi kebutuhan air diperoleh dari laut yang terletak tidak jauh dari lokasi pabrik. Air dibutuhkan untuk keperluan proses yaitu untuk membuat steam dan untuk air sanitasi. Pertimbangan menggunakan air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah:

- Air laut merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi, dengan jumlah yang tidak terbatas sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.
- Letak laut tidak terlalu jauh dengan pabrik.

Kebutuhan air pada pabrik tetrahydrofuran ini adalah untuk keperluan-keperluan berikut:

a. Air umpan boiler

Boiler sebagai penghasil steam membutuhkan air dengan persyaratan tertentu sebagai umpannya. Persyaratan untuk boiler *feed water* (BFW) adalah:

- Tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*, jika steam digunakan sebagai pemanas. Hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan boiler tidak beroperasi sama sekali.

- Bebas dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O₂ dan CO₂.

b. Air sanitasi

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

Syarat fisika, meliputi:

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

Syarat kimia, meliputi:

- Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.
- Tidak mengandung bakteri.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik Tetrahydrofuran ini, kebutuhan air diambil dari air laut yang jaraknya tidak jauh dari pabrik. Pengolahan air untuk kebutuhan pabrik yaitu berupa pengolahan secara fisik, kimia, dan penambahan desinfektan. Pengolahan secara fisis adalah dengan cara menggunakan *screening*, sedangkan untuk pengolahan kimia dengan penambahan *chlorine*.

Pada tahap awal yaitu tahap penyaringan, air laut dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *scereen* dan pompa. Fungsi dari

screen sendiri adalah untuk menyaring kotoran dan benda-benda asing pada aliran pompa. Setelah air tersebut disaring maka akan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air. Pada *discharge* pompa diinjeksikan *chlorine* sebanyak 1 ppm. Dengan jumlah tersebut sudah dapat untuk membunuh dan mencegah perkembangbiakan mikroorganisme. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang terbagi menjadi dua bagian yaitu proses desalinasi dan demineralisasi.

1. Desalinasi

Desalinasi adalah proses untuk dapat menghilangkan kadar garam yang terkandung dalam air laut. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan air yang dapat digunakan dalam kebutuhan sehari-hari. Metode yang digunakan dalam proses desalinasi adalah metode *reverse osmosis*. Metode *reverse osmosis* sudah banyak digunakan pada pengolahan air industri. Dalam metode ini menggunakan membrane semi permeable yang dapat berfungsi sebagai alat pemisah berdasarkan dari sifat fisiknya. Hasil keluaran atau pemisahan tersebut berupa *retentate* atau juga disebut dengan konsentrat. Proses pemisahan materi secara selektif disebabkan oleh adanya gaya dorong yang berupa perbedaan tekanan.

2. Demineralisasi

Demineralisasi adalah proses pengambilan semua ion yang terkandung dalam air. Air yang telah mengalami proses tersebut disebut dengan (*deionized water*). Sistem demineralisasi dibuat untuk mengolah air *filter* dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk

menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai umpan ketel (*boiler feed water*) untuk membangkitkan steam suhu 160 °C.

Dalam memenuhi kebutuhan air umpan boiler, air bersih saja tidak cukup. Oleh sebab itu masih perlu diperlakukan atau diolah lebih lanjut yaitu penghilangan kandungan mineral yang berupa garam-garam terlarut.

Garam yang terlarut dalam air berikatan dengan ion positif disebut dengan *cation*, dan yang negative disebut *anion*. Ion-ion tersebut dalam dihilangkan dengan cara pertukaran ion dengan alat penukar ion yaitu *ion exchanger*.

Proses awalnya air bersih (*filtered water*) dialirkan ke *cation exchanger* yang diisi oleh resin *cation* yang akan mengikat *cation* dan melepaskan ion H^+ . Selanjutnya air dialirkan ke *anion exchanger* yang dimana terjadinya pertukaran ion OH^- dari resin *anion*.

Air yang telah keluar dari *anion exchanger* hampir semua garam terlarutnya telah diikat. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan di dalam tangki penyimpanan (*demin water storage*).

Setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan dalam pelayanan akan mengalami kejenuhan dan tidak mampu untuk mengikat ion secara optimal. Untuk itu diadakannya penyegaran atau pengaktifan kembali secara regenerasi.

Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi *service*. Resin *cation* digenerasikan menggunakan larutan H_2SO_4 , dan untuk resin *anion* menggunakan larutan NaOH.

4.5.2 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan akan tenaga listrik di pabrik adalah sebesar 137,1339 kW yang mencakup penerangan, laboratorium, rumah tangga, perkantoran, pendingin ruangan (AC) dan kebutuhan lainnya. Untuk mencukupi kebutuhan tersebut pabrik Tetrahydrofuran digunakan listrik dari PLN dan untuk cadangan listrik digunakan generator diesel dengan kapasitas 1828,5826 kW.

Spesifikasi generator diesel yang digunakan adalah:

- Kapasitas : 2000 kW
- Jenis : Generator diesel
- Jumlah : 1 buah

Fungsi utama dari generator diesel adalah untuk mengubah energi mekanik yang diciptakan oleh mesin pembakaran diesel menjadi energi listrik, yang dapat digunakan dalam sejumlah situasi. Prinsip kerja dari generator diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi kemudian menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini kemudian ditransfer melalui kabel internal untuk outlet atau jaringan listrik ke unit yang terhubung. (Alfred, 2015)

Kebutuhan listrik dapat dibagi menjadi:

1. Kebutuhan listrik untuk alat proses

Tabel 4.2 Kebutuhan listrik alat proses

Alat	Kode	Daya	
		Hp	Watt
Pompa-01	P-01	5,0000	3728,5000
Pompa-02	P-02	0,5000	372,8500
Pompa-03	P-03	3,0000	2237,1000
Pompa-05	P-05	1,5000	1118,5500
Pompa-06	P-06	0,5000	372,8500
Pompa-07	P-07	1,5000	1118,5500
Pompa-08	P-08	1,5000	1118,5500
Pompa-09	P-09	1,5000	1118,5500
Pompa-A	P-A	5,0000	3728,5000
Pompa-B	P-B	1,5000	1118,5500
Blower-01	BL-01	5,0000	3728,5000
Blower-02	BL-02	5,0000	3728,5000
Blower-03	BL-03	7,5000	5592,7500
Blower-04	BL-04	5,0000	3728,5000
Blower-05	BL-05	2,0000	1491,4000
TOTAL			34302,2000

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses = 34302,2000 Watt

Maka jumlah power yang dibutuhkan = 34,3022 kW

2. Kebutuhan listrik untuk utilitas

Tabel 4.3 Kebutuhan listrik alat utilitas

Alat	Kode	Daya	
		Hp	Watt
Blower cooling tower	BL	0,7500	559,2750
Pompa 01	PU-01	0,1250	93,2125
Pompa 02	PU-02	0,1250	93,2125
Pompa 03	PU-03	0,1250	93,2125
Pompa 04	PU-04	0,0500	37,2850
Pompa 05	PU-05	7,5000	5592,7500
Pompa 06	PU-06	0,0500	37,2850
Pompa 07	PU-07	0,1250	93,2125
Pompa 08	PU-08	0,2500	186,4250
Pompa 09	PU-09	0,1250	93,2125
Pompa 10	PU-10	0,2500	186,4250
Pompa 11	PU-11	0,7500	559,2750
Pompa 12	PU-12	0,1250	93,2125
Pompa 13	PU-13	0,1250	93,2125
Pompa 14	PU-14	0,5000	372,8500
Pompa 15	PU-15	0,0833	62,1417
Pompa 16	PU-16	0,1250	93,2125
Pompa 17	PU-17	0,0500	37,2850
Pompa 18	PU-18	0,0500	37,2850
Pompa 19	PU-19	0,0500	37,2850
Pompa 20	PU-20	2,0000	1491,4000
Pompa 21	PU-21	1,0000	745,7000
Pompa 22	PU-22	2,0000	1491,4000
Dowtherm		1,0000	745,7
TOTAL			12925,4667

Kebutuhan listrik untuk alat utilitas = 12925,4667 Watt

Maka jumlah power yang dibutuhkan = 12,9255 kW

3. Kebutuhan listrik untuk penerangan dan lain-lain

- Listrik untuk AC diperkirakan = 0,5 kW
- Listrik untuk penerangan = 90 kW
- Listrik untuk bengkel = 10 kW
- Listrik untuk instrumentasi = 10 kW

Jumlah kebutuhan daya listrik untuk penerangan, dll = 110,5 kW

Jadi, jumlah kebutuhan daya listrik seluruhnya

$$= 34,3022 \text{ kW} + 12,9255 \text{ kW} + 110,5 \text{ kW} = 157,7277 \text{ kW}$$

Energi sebesar ini diperoleh dengan membeli dari PLN dan disediakan generator berkekuatan 1802,8404 kW sebagai cadangan jika sewaktu-waktu listrik padam atau pasokan listrik kurang.

4.5.3 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan sebagai generator. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar dari SPBU solar non subsidi.

Kebutuhan bahan bakar IDO

Efisiensi 80% dari kebutuhan listrik total

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = 196,6509 \text{ kg/jam}$$

Spesifikasi IDO, minyak diesel :

$$\text{Heat value} = 457766,3760 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Derajat API} = 22 - 28 \text{ }^\circ\text{API}$$

Densitas = 836,6329 kg/m³

Viskositas = 5,8 cp

4.5.4 Unit Pembangkit Steam

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

Tekanan : 1 atm

Jenis : water tube boiler

Jumlah : 1 Buah

- Kebutuhan steam

Banyaknya kebutuhan steam ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.4 Kebutuhan steam

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Vaporizer	460,6129
HE-01	836,2800
HE-02	109,7830
Total	1406,6759

- Kebutuhan air untuk steam

Total kebutuhan air untuk steam = 1406,6759 kg/jam

4.5.5 Unit Pengadaan Dowtherm A

Dowtherm A digunakan sebagai pendingin dalam alat reaktor dan condensor.

Tabel 4.5 Kebutuhan Dowtherm A

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Reaktor	373,0803
CD-01	3059,1196
CD-02	3984,1670
CD-03	3274,3660
Total	10690,7329
Over Design	20 %
Total	12828,8795

Jumlah kebutuhan dowtherm A ketika start up sebesar 12828,8795 kg/jam. Karena pada proses pendinginan dowtherm A yang telah digunakan ada dowtherm yang menguap, blowdown, dan dowtherm terbawa aliran uap keluar tower (drift loss) maka jumlah make up dowtherm A adalah 12828,8795 kg/jam.

4.6 Laboratorium

4.6.1 Kegunaan Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Laboratorium biasanya dibuat untuk memungkinkan dilakukannya kegiatan-kegiatan eksperimen, pengukuran secara terkendali. Sedangkan fungsinya yang lain adalah untuk

pengendalian terhadap pencemaran lingkungan, baik pencemaran udara ataupun pencemaran air.

Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian mengenai bahan baku, proses dan produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atas mutu produksi perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku, bahan pembantu, analisa proses dan analisa kualitas produk.

Tugas laboratorium antara lain :

- Memeriksa bahan baku dan bahan pembantu yang akan digunakan
- Menganalisa dan meneliti produk
- Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi
- Memeriksa kadar zat-zat pada buangan pabrik yang dapat menyebabkan pencemaran agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

4.6.2 Program Kerja Laboratorium

1. Analisa bahan baku dan produk

Dalam upaya pengendalian mutu pabrik, maka aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu akan dioptimalkan. Adapun analisa pada proses pembuatan tetrahydrofuran meliputi: kemurnian, densitas, viskositas, warna, titik didih dan *specific gravity*.

2. Analisa untuk keperluan utilitas

Analisa untuk keperluan utilitas meliputi:

- a. Analisa *feed water*, meliputi *dissolved* oksigen, pH, *hardness*, total *solid*, *suspended solid oil* dan *organic mater*.

Syarat kualitas *feed water*:

- DO: lebih baik $0 \leq 0,007$ ppm ($\leq 0,005$ cc/L)
 - pH: ≥ 7
 - *Hardness*: 0
 - *Temporary hardness* maksimum: ppm CaCO₃
 - *Total solid*: ≤ 200 ppm (0-600 psi), ≤ 10 ppm (600-750 psi)
 - *Suspended solid*: 0
 - *Oil* dan *organic mater*: 0
 - Penukaran ion, yang dianalisa adalah kesadahan CaCO₃ dan silica sebagai SiO₂
 - Air bebas mineral, analisisnya sama dengan penukar ion
 - Analisa *cooling water*, yang dianalisa adalah pH jenuh CaCO₃ dan indeks langelier
- b. Air bebas mineral yang dianalisa meliputi pH, kesadahan, jumlah O₂ terlarut dan kadar Fe.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi tiga bagian:

1. Laboratorium pengamatan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika terhadap semua arus yang berasal dari proses-proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan Sertifikat *Of Quality* untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan baik untuk bahan baku atau produk.

2. Laboratorium analisa atau analitik

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku, produk, kadar air, dan bahan kimia yang digunakan (aditif, bahan-bahan injeksi, dll)

3. Laboratorium penelitian, pengembangan dan perlindungan lingkungan

Tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap kualitas mineral terkait dalam proses yang digunakan untuk meningkatkan mutu hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Termasuk di dalamnya adalah kemungkinan penggantian, penambahan, dan pengurangan alat proses.

4.6.3 Alat-Alat Utama Laboratorium

Alat-alat utama yang digunakan di laboratorium antara lain:

- a. *Water content tester*

Alat ini digunakan untuk menganalisa kadar air dalam produk.

- b. *Viscometer bath*

Alat ini digunakan untuk mengukur viskositas produk keluar dari reaktor.

c. *Hydrometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur *specific gravity*.

4.7 Kesehatan Dan Keselamatan Kerja

Bahan-bahan yang digunakan dalam pabrik cukup berbahaya, oleh karena itu diperlukan disiplin kerja yang baik. Kesalahan akan dapat mengakibatkan kecelakaan bagi manusia dan peralatan pabrik. Kecelakaan tersebut seperti cedera, kematian, kebakaran, keracunan dan ledakan. Untuk setiap karyawan pabrik diberikan perlengkapan pakaian seperti helm, sarung tangan, masker, dan lain-lain.

Pengamanan keselamatan kerja tidak lepas dari rancangan dan pelaksanaan konstruksi. Untuk itu semua peralatan harus memenuhi standar rancang bangun. Keamanan kerja berkaitan erat dengan aktivitas suatu industri, maka perlu dipikirkan suatu sistem keamanan yang memadai, karena menyangkut keselamatan manusia, bahan baku, produk dan peralatan pabrik.

Sistem keamanan dapat terwujud karena beberapa hal seperti pemilihan lokasi, tidak ada dampak lingkungan negatif, tata letak peralatan pabrik dan kepatuhan karyawan terhadap semua peraturan yang ada di dalam pabrik. Keamanan suatu pabrik kimia sangat tergantung dari penanganan, pengendalian dan usaha untuk mencegah bahaya yang mungkin terjadi.

Fasilitas pemadam kebakaran seperti fire hydrant perlu ditempatkan pada tempat-tempat yang strategis, di samping itu perlu disediakan pula *portable fire fighting equipment* pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dicapai.

4.8 Organisasi Perusahaan

4.8.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada Pra Rancangan Pabrik Tetrahydrofuran ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu badan hukum untuk menjalankan usaha yang memiliki modal terdiri dari saham-saham, yang pemiliknya memiliki bagian sebanyak saham yang dimilikinya. Modal perusahaan diperoleh dari penjualan saham-saham, apabila perusahaan mengalami kerugian maka pemilik saham hanya akan kehilangan modalnya saja dan tidak menyinggung harta kekayaan pribadi untuk melunais hutang-hutangnya.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas antara lain :

1. Kekayaan badan usaha yang dimiliki terpisah dari kekayaan pribadi masing-masing persero (pemegang saham) yang bertujuan untuk membentuk sejumlah dana sebagai jaminan bagi semua perikatan perseroan.
2. Adanya persero yang tanggung jawabnya terbatas pada jumlah nominal saham yang dimilikinya. Sedangkan mereka semua dalam RPUS (Rapat Umum Pemegang Saham) merupakan kekuasaan tertinggi dalam organisasi perseroan, yang memiliki kewenangan mengangkat dan memberhentikan Komisaris dan Direksi, berhak menetapkan garis-garis besar kebijaksanaan menjalankan perusahaan dan memiliki kewenangan

menetapkan hal-hal yang belum ditetapkan dalam Anggaran Dasar dan lain-lain.

3. Direksi dan Komisaris merupakan satu kesatuan pengurusan dan pengawasan terhadap perseroan dan tanggung jawabnya terbatas pada tugasnya, yang harus sesuai dengan Anggaran Dasar atau pada keputusan RUPS. (Kansil dan Christine, 2009)

4.8.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan susunan yang terdiri dari fungsi-fungsi dan hubungan-hubungan yang menyatakan seluruh kegiatan untuk mencapai suatu sasaran. Salah satu faktor yang menunjang kemajuan perusahaan adalah struktur organisasi yang terdapat dan dipergunakan oleh perusahaan tersebut. Untuk mendapatkan suatu sistem yang baik maka perlu diperhatikan beberapa azas sebagai pedoman antara lain :

- Tujuan Perusahaan
- Pembagian Kerja
- Kesatuan perintah dan tanggung jawab
- Pengontrolan pekerjaan yang dilaksanakan
- Organisasi perusahaan yang fleksibel

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

1. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugas sesuai dengan keahliannya, dalam hal ini berfungsi untuk memberi saran-saran kepada unit operasional.
2. Sebagai garis atau line yaitu orang-orang yang melaksanakan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris yang dipimpin oleh Presiden Komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan direktur dibantu oleh direktur produksi dan teknik serta direktur keuangan dan umum. Direktur produksi dan teknik membawahi bidang teknik dan produksi disamping itu direktur keuangan dan umum membawahi bidang pemasaran, keuangan, dan umum. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya.

Kelebihan dan keuntungan dari adanya struktur organisasi antara lain sebagai berikut :

- Membantu mencapai target perusahaan
- Membantu dalam membuat *job description* karyawan
- Menganalisis beban kerja
- Membantu dalam perhitungan sistem remunerasi karyawan perusahaan

- Membantu perencanaan dan alokasi sumber daya perusahaan
- Memberikan kejelasan pada garis koordinasi antar fungsi serta pembagian wewenang dan tanggung jawab
- Mengurangi konflik internal yang terjadi di dalam perusahaan
- Meningkatkan moral dan motivasi kerja karyawan

4.8.3 Tugas dan Wewenang

4.8.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham adalah seseorang atau badan hukum yang secara sah memiliki satu atau lebih saham pada perusahaan. Para pemegang saham adalah pemilik dari perusahaan tersebut. Pemegang saham diberikan hak khusus tergantung dari jenis saham, termasuk hak untuk memberikan suara dalam hal seperti pemilihan dewan direksi, hak untuk pembagian dari pendapatan perusahaan, hak untuk membeli saham baru yang dikeluarkan oleh perusahaan, dan hak terhadap aset perusahaan pada saat likuidasi perusahaan.

4.8.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari pemilik saham dan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas utama dari seorang dewan komisaris yakni melakukan kontroling dan memberikan masukan kepada pihak Direksi. Tugas kontroling serta pemberian masukan ini dilakukan oleh seorang Dewan Komisaris yang mengacu pada anggaran dasar perusahaan. Kontroling

yang dilakukan Dewan komisaris mencakup tindakan pengawasan terhadap kebijakan Direksi perusahaan dalam melakukan pengelolaan perusahaan.

4.8.3.3 Dewan Direksi

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur Utama bertanggung jawab pada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Keuangan dan Umum.

Adapun tugas dari Direktur Utama yaitu :

1. Melakukan kebijaksanaan perusahaan dan mempertanggung jawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada rapat umum pemegang saham
2. Menjaga kestabilan manajemen perusahaan dan membuat kelangsungan hubungan baik antara pemilik saham, pimpinan, dan karyawan
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat untuk pemegang saham
4. Mengkoordinasi kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan, dan Umum serta Personalia

Tugas Direktur Teknik dan Produksi yaitu :

1. Bertanggung jawab pada Direktur Utama dalam bidang produksi dan teknik

2. Mengkonfirmasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan Kepala Bagian yang dibawahnya

Tugas Direktur Keuangan dan Umum yaitu :

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang keuangan, pelayanan umum, K3 dan litbang serta pemasaran
2. Mengkoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan Kepala Bagian yang dibawahnya

4.8.3.4 Staff Ahli

Staff Ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang berfungsi membantu Dewan Direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff Ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang dan keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang Staff Ahli yaitu :

1. Memberikan nasehat atau saran dalam perencanaan pengembangan perusahaan
2. Mengadakan evaluasi teknik dan ekonomi perusahaan
3. Memberikan saran dalam bidang produksi.

4.8.3.5 Kepala Bagian

Secara umum Kepala Bagian bertugas untuk mengoordinasi, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala Bagian bertanggung jawab kepada Direktur masing-masing.

- Kepala Bagian Produksi

Kepala Bagian Produksi memiliki tanggung jawab terhadap kegiatan produksi berlangsung secara lancar dan efisien dalam memenuhi target produksi yang telah ditetapkan perusahaan. Kepala bagian ini membawahi :

○ Seksi Proses

Tugasnya antara lain :

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang

○ Seksi Pengendalian

Bertugas menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada

○ Seksi Laboratorium

Tugasnya antara lain :

- Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku, bahan pembantu dan produk
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik
- Membuat laporan berkala pada Kepala Bagian Produk

➤ Kepala Bagian Teknik

Tugasnya antara lain :

- Bertanggung jawab atas tersedianya mesin, peralatan dan kebutuhan listrik demi kelancaran produksi
- Mendelegasikan dan mengkoordinir tugas-tugas di bagian perawatan mesin dan listrik

- Seksi Pemeliharaan

Tugasnya antara lain :

- Melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik
- Memperbaiki kerusakan peralatan pabrik

- Seksi Utilitas

Bertugas melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan listrik.

- Kepala Bagian Pemasaran

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

- Seksi Pembelian
- Seksi Pemasaran atau Penjualan

- Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan. Kepala Bagian Keuangan membawahi :

- Seksi Administrasi
- Seksi Kas

- Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Umum dalam bidang personalia, hubungan masyarakat dan keamanan. Kepala Bagian Umum membawahi :

- Seksi Personalia
- Seksi Humas

- Seksi Keamanan

4.8.3.6 Kepala Seksi

Kepala seksi merupakan pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh Kepala Bagian masing-masing supaya diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap Kepala Seksi bertanggung jawab kepada Kepala Bagian sesuai dengan seksinya masing-masing.

a. Kepala Seksi Proses

Kepala Seksi Proses bertugas sebagai penanggung jawab kepada kepala Bagian Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran proses produksi.

- Seksi Proses

Tugas Seksi Proses yaitu :

- Mengawasi jalannya proses dan produksi
- Menjalankan tindakan sepenuhnya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang

b. Kepala Seksi Pengendalian

Kepala Seksi Pengendalian bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dalam hal kelancaran proses produksi yang berkaitan dengan keselamatan aktivitas produksi.

- Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian yaitu :

- Menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada

- Bertanggung jawab terhadap perencanaan dan pengawasan keselamatan proses, instalasi perawatan, karyawan, dan lingkungan (inspeksi)

c. Kepala Seksi Laboratorium

Kepala Seksi Laboratorium bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Produksi dalam hal pengawasan dan analisa produksi.

o Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium yaitu :

- Mengawasi dan menganalisa mutu bahan dan bahan pembantu
- Mengawasi dan menganalisa mutu produksi
- Mengawasi hal-hal yang berhubungan dengan buangan pabrik
- Membuat laporan berkala kepada Kepala Bagian Produksi

d. Kepala Seksi Pemeliharaan

Kepala Seksi Pemeliharaan bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik dalam bidang pemeliharaan peralatan, inspeksi, dan keselamatan proses dan lingkungan, ikut memberikan bantuan teknik kepada Seksi Operasi.

o Seksi Pemeliharaan

Seksi Pemeliharaan bertugas untuk merencanakan dan melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

e. Kepala Seksi Utilitas

Kepala seksi Utilitas memiliki tugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala abgian Teknik dalam hal utilitas.

○ Seksi Utilitas

Seksi Utilitas bertugas untuk melaksanakan dan mengatur sarana utilitas untuk memenuhi kebutuhan proses, kebutuhan air, uap air dan tenaga kerja

f. Kepala Seksi Penelitian

Kepala Seksi Penelitian bertugas sebagai penanggung jawab kepada Bagian R&D dalam hal mutu produk.

○ Seksi Penelitian

Seksi Penelitian bertugas untuk melakukan riset guna memperingati mutu suatu produk

g. Kepala Seksi Pengembangan

Kepala Seksi Pengembangan bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian R&D dalam hal pengembangan produksi.

○ Seksi Pengembangan

Tugas Seksi Pengembangan yaitu :

- Mengadakan pemilihan pemasaran produk ke suatu tempat dan mempertinggi efisiensi kerja
- Mempertinggi suatu produk, memperbaiki proses pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi

h. Kepala Seksi Administrasi

Kepala Seksi Administrasi bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Keuangan dalam hal administrasi.

o Seksi Administrasi

Seksi Administrasi bertugas untuk menyelenggarakan pencatatan utang piutang, administrasi, persediaan kantor, pembukuan serta masalah perpajakan.

i. Kepala Seksi Keuangan

Kepala Seksi Keuangan bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Keuangan dalam hal keuangan atau anggaran.

o Seksi Keuangan

Tugas Seksi Keuangan yaitu :

- Menghitung penggunaan uang perusahaan
- Mengamankan uang dan meramalkan tentang keuangan masa depan
- Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan

j. Kepala seksi Penjualan

Kepala Seksi Penjualan bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran dalam bidang pemasaran hasil produksi.

o Seksi Penjualan

Seksi Penjualan bertugas untuk merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi hasil produksi dari gudang.

k. Kepala Seksi Pembelian

Kepala Seksi Pembelian bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Pemasaran dalam bidang penyediaan bahan baku dan peralatan.

o Seksi Pembelian

Seksi Pembelian bertugas untuk melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan oleh perusahaan serta mengetahui harga pasaran dari suatu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

l. Kepala Seksi Personalia

Kepala Seksi Personalia bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum dalam hal sumber daya manusia.

o Seksi Personalia

Tugas seksi Personalia yaitu :

- Mengelola sumber daya manusia dan manajemen
- Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya
- Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang tenang dan dinamis
- Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

m. Kepala Seksi Humas

Kepala Seksi Kemanan bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum dalam hal yang berhubungan dengan masyarakat.

o Seksi Humas

Seksi Humas bertugas untuk mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat diluar lingkungan perusahaan.

n. Kepala Seksi Kemanan

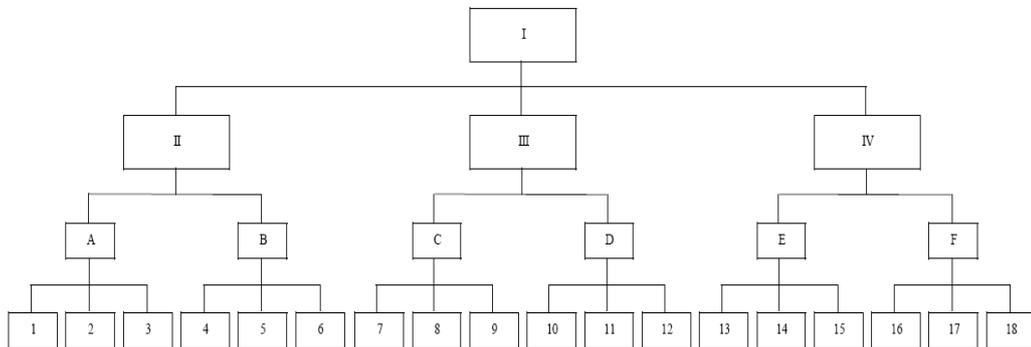
Kepala Seksi Pengamanan bertugas sebagai penanggung jawab kepada Kepala Bagian Umum yang menyangkut keamanan di sekitar pabrik.

o Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan yaitu :

- Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan
- Mengawasi keluar masuknya orang baik karyawan atau bukan di lingkungan pabrik
- Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan

Struktur perusahaan terdiri atas empat tingkatan yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.4 Struktur Organisasi

Keterangan :

- | | |
|---|------------------------------------|
| I. Direktur Utama | 6. Seksi Instrumensasi dan Listrik |
| II. Direktur Produksi | 7. Seksi Pemadam Kebakaran |
| III. Direktur Umum | 8. Seksi Kesehatan |
| IV. Direktur Administrasi dan Keuangan | 9. Seksi Keselamatan Kerja |
| A. Kepala Bidang Produksi | 10. Seksi Logistik |
| B. Kepala Bidang Teknik | 11. Seksi Keamanan |
| C. Kepala Bidang Pencegahan Kegagalan
Tangga | 12. Seksi Transportasi dan Rumah |
| D. Kepala Bidang urusan Dalam | 13. Seksi Pembukuan dan Keuangan |
| E. Kepala Bidang Keuangan | 14. Seksi Pemasaran |
| F. Kepala Bidang Administrasi | 15. Seksi Pembelian |
| 1. Seksi Proses
Keseekretariatan | 16. Seksi Tata Usaha dan |
| 2. Seksi Utilitas | 17. Seksi Humas |

3. Seksi Laboratorium dan Riset
4. Seksi Bengkel dan Perawatan
5. Seksi Shift dan Koordinasi
18. Seksi Personalia dan Kepegawaian

4.8.4 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji

Pada pabrik tetrahydrofuran ini pemberian gaji karyawan berbeda-beda disesuaikan dengan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Pembagian karyawan pabrik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan antara lain :

1. Karyawan tetap

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

2. Karyawan harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan Direksi tanpa SK Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap-tiap akhir minggu.

3. Karyawan borongan

Karyawan yang dipekerjakan oleh pabrik bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.8.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Jadwal kerja di pabrik Tetrahydrofuran ini dibagi menjadi dua bagian yaitu jadwal kerja kantor (jadwal non shift) dan jadwal kerja pabrik (jadwal shift).

4.8.5.1 Jadwal Non Shift

Berlaku untuk karyawan kantor. Dalam satu minggu jam kantor adalah 40 jam dengan perincian sebagai berikut :

- Senin – Jumat : 08.00 – 16.30 WIB
- Istirahat : 12.00 – 13.00 WIB
- Coffe Break I : 09.45 – 10.00 WIB
- Coffe Break II : 14.45 – 15.00 WIB
- Sabtu : 08.00 – 13.00 WIB
- Istirahat Sabtu : 12.00 – 12.30 WIB

4.8.5.2 Jadwal Shift

Jadwal kerja diberlakukan kepada karyawan yang berhubungan langsung dengan proses produksi, misalnya bagian produksi, mekanik, laboratorium, genset dan elektrik, serta instrumentasi. Jadwal kerja pabrik ini dibagi dalam 3 shift, yaitu :

- Shift I : 24.00 – 08.00 WIB
- Shift II : 08.00 – 16.00 WIB
- Shift III : 16.00 – 24.00 WIB

Di luar dari jam kerja kantor maupun pabrik tersebut, apabila karyawan masih dibutuhkan untuk bekerja maka kelebihan jam kerja tersebut akan diperhitungkan sebagai kerja lembur (*Over Time*) dengan perhitungan gaji yang tersendiri. Sedangkan karyawan pabrik tetap masuk kerja sesuai jadwalnya dengan perhitungan lembur.

4.8.6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji

4.8.6.1 Penggolongan Jabatan

Tabel berikut ini merupakan rincian penggolongan jabatan pada perusahaan

Tabel 4.6 Penggolongan jabatan

No	Jabatan	Pendidikan
1	Direktur Utama	Sarjana Teknik Kimia
2	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3	Direktur Keuangan dan Umum	Sarjana Ekonomi
4	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
5	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin/Elektro
6	Kepala Bagian Administrasi, Keuangan, dan Umum	Sarjana Ekonomi & Hukum
7	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8	Kepala Seksi	Sarjana Muda Teknik Kimia
9	Operator	STM / SMU / Sederajat
10	Sekretaris	Akademi Sekretaris
11	Staff	Sarjana Muda / D3
12	Medis	Dokter
13	Paramedis	Perawat
14	Lain-lain	SD / SMP / Sederajat

4.8.6.2 Perincian Jumlah Karyawan

Rincian jumlah karyawan pada masing-masing bagian ditunjukkan pada tabel dibawah ini

Tabel 4.7 Jumlah karyawan pada masing-masing bagian

No	Jabatan	Jumlah
1	Direktur Utama	1
2	Direktur Teknik dan Produksi	1
3	Direktur Keuangan dan Umum	1
4	Staff Ahli	2
5	Sekretaris	3
6	Ka. Bag. Produksi	1
7	Ka. Bag. Teknik	1
8	Ka. Bag. Pemasaran	1
9	Ka. Bag. Administrasi, Keuangan dan Umum	1
10	Ka. Sek. Proses	1
11	Ka. Sek. Pengendalian	1
12	Ka. Sek. Laboratorium	1
13	Ka. Sek. Utilitas	1
14	Ka. Sek. Instrument dan listrik	1
15	Ka. Sek. Pemeliharaan	1
16	Ka. Sek. Pemasaran	1
17	Ka. Sek. Administrasi dan Keuangan	1
18	Ka. Sek. Personalia dan Humas	1
19	Ka. Sek. Keamanan	1
20	Ka. Sek. K3	1
21	Karyawan Pembelian dan Pemasaran	7
22	Karyawan Administrasi dan Keuangan	3
23	Karyawan K3	6
24	Karyawan Personalia dan Humas	7
25	Karyawan Keamanan	7
26	Karyawan Proses	32
27	Karyawan Pengendalian	5
28	Karyawan Instrument dan Listrik	6
29	Karyawan Pemeliharaan	5
30	Karyawan Utilitas	10
31	Karyawan Laboratorium	5

Tabel 4.7 Jumlah karyawan pada masing-masing bagian (lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah
32	Operator Proses	20
33	Operator Utilitas	12
34	Supir	3
35	<i>Cleaning service</i>	6
36	Dokter	1
37	Perawat	3
Total		161

4.8.6.3 Sistem Gaji Pegawai

Sistem gaji perusahaan Tetrahydrofuran ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

1. Gaji bulanan

Gaji diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya gaji sesuai dengan peraturan perusahaan

2. Gaji harian

Gaji diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian

3. Gaji lembur

Gaji diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja yang telah ditetapkan dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan

Berikut tabel yang menunjukkan penggolongan gaji pegawai berdasarkan jabatan

Tabel 4.8 Gaji Pegawai

(job-like.com, 2017)

No	Jabatan	Gaji/Bulan
1	Direktur Utama	Rp 75.000.000
2	Direktur	Rp 65.000.000
3	Manajer	Rp 47.500.000
4	Staff Ahli	Rp 28.500.000
5	Kepala Bagian	Rp 28.500.000
6	Kepala Seksi	Rp 28.500.000
7	Sekretaris	Rp 9.000.000
8	Dokter	Rp 8.000.000
9	Perawat	Rp 5.000.000
10	Karyawan	Rp 7.000.000
11	Satpam	Rp 6.000.000
12	Supir	Rp 6.000.000
13	<i>Cleaning service</i>	Rp 3.600.000

4.8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan

Semua karyawan dan staff di perusahaan akan mendapat :

1. *Salary*

- a. Salary/bulan
- b. Bonus per tahun untuk staff, min 2 kali *basic salary*

- c. THR per tahun untuk semua staff, 1 kali *basic salary*
 - d. Natal per tahun untuk semua staff, 1 kali *basic salary*
 - e. Jasa per tahun untuk semua staff, 1 kali *basic salary*
2. Jaminan sosial dan pajak pendapatan
 - a. Pajak pendapatan semua karyawan menjadi tanggungan perusahaan
 - b. Jamsostek: 3,5% kali *basic salary*
 - 1,5% tanggungan perusahaan
 - 2% tanggungan karyawan
3. *Medical*
 - a. *Emergency* : tersedia poliklinik pengobatan gratis
 - b. Tahunan : pengobatan untuk staff dan keluarganya bebas,
ditanggung perusahaan
4. Perumahan
Untuk staff disediakan mess
5. Rekreasi dan olahraga
 - a. Rekreasi : setiap tahun sekali karyawan dan keluarga bersama-sama mengadakan tour atas biaya perusahaan
 - b. Olahraga : tersedia lapangan tenis dan bulutangkis
6. Kenaikan gaji dan promosi
 - a. Kenaikan gaji dilakukan setiap akhir tahun dengan memperhatikan besarnya inflasi, prestasi kerja dan lain-lain
 - b. Promosi dilakukan setiap akhir tahun dengan memperhatikan pendidikan, prestasi kerja, dan lain-lain

7. Hak cuti dan ijin
 - a. Cuti tahunan : setiap karyawan mendapatkan cuti setiap tahun selama 12 hari setelah tahun ke-5 mendapatkan tambahan 2 hari (total 20 hari)
 - b. Ijin tidak masuk kerja diatur dalam KKB yang ada
8. Pakaian kerja dan sepatu
Setiap tahun mendapat jatah 2 stel

4.8.8 Manajemen Produksi

Manajemen produksi adalah proses perencanaan yang efektif dan mengatur operasi pada bagian yang bertanggung jawab untuk transformasi dari bahan baku hingga menjadi produk jadi perusahaan (Mr, E.L. Brech).

Untuk mendapatkan hasil produksi yang sesuai dengan target harus melalui beberapa tahapan mulai dari perencanaan hingga eksekusi. Berikut adalah tahapan manajemen produksi :

4.8.8.1 Perencanaan Produksi

Pada tahap awal ini seluruh rencana produksi dibahas. Dalam tahap ini juga setiap anggota tim bisa mengajukan ide produk baru yang relevan dan efektif untuk mewujudkan tujuan organisasi. Perencanaan produksi harus menentukan beberapa hal dalam prosesnya. Hal-hal tersebut adalah jenis barang yang akan diproduksi, kualitas barang, jumlah barang, bahan baku, dan pengendalian produksi.

4.8.8.2 Pengendalian Produksi

Agar berjalan sesuai dengan rencana maka perlu dilakukan pengendalian atau kontrol pada proses produksi. Proses ini juga bisa disebut sebagai proses

penentuan rincian teknis. Beberapa hal yang dilakukan dalam pengendalian produksi yaitu seperti pengaturan jadwal kerja, pengaturan detail rencana sistem kerja, dan lain sebagainya. Tujuan tahap pengendalian produksi ini adalah mengontrol hasil produksi agar bisa berjalan dengan efektif dan efisien.

4.8.8.3 Pengawasan Produksi

Pada saat proses produksi berlangsung, harus ada pengawasan yang dilakukan. Tujuannya adalah agar hasil produksi yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan, tepat waktu, tidak kekurangan atau kelebihan budget, produk sesuai dengan standar kualitas, dan lain sebagainya hingga pada bagian siap untuk diluncurkan ke pasar.

4.9 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui apakah pabrik yang dirancang dapat menguntungkan atau tidak. Untuk itu pada perancangan pabrik tetrahydrofuran ini dibuat evaluasi atau penilaian yang ditinjau dengan metode:

1. Return of investment
2. Pay out time
3. Discounted cash flow rate of return
4. Break even point
5. Shut down point

Untuk meninjau factor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu:

1. Penaksiran modal industry (total capital investment)
 - a. Modal tetap (fixed capital)
 - b. Modal kerja (working capital)
2. Penentuan biaya produksi total (production investment):
 - a. Biaya pembuatan
 - b. Biaya pengeluaran umum
3. Total pendapatan

4.9.1 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 lalu berdasarkan indeks harga. Kurs rupiah terhadap dolar yang digunakan adalah pada tahun 2022 yang diperkirakan sebesar Rp. 15.800,00. Persamaan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan harga peralatan pada saat sekarang adalah:

$$E_x = E_y \frac{N_x}{N_y} \quad (\text{Aries \& Newton P.1, 1955})$$

Dimana,

E_x = harga alat pada tahun X

E_y = harga alat pada tahun Y

N_x = nilai indeks tahun X

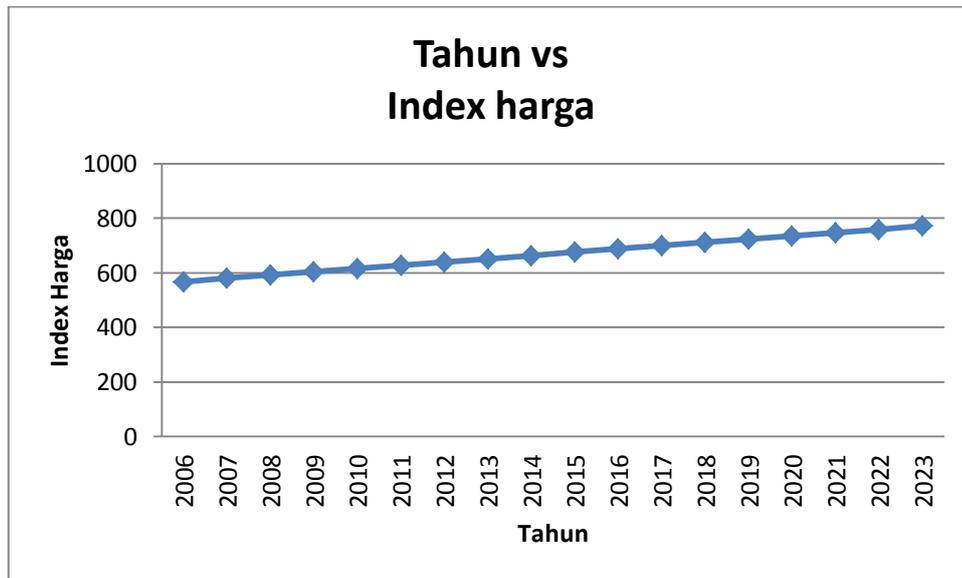
N_y = nilai indeks tahun Y

Jenis indeks yang digunakan adalah Chemical Engineering Plant Cost Index dari jurnal Chemical Engineering yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.9 Indeks harga alat pada berbagai tahun

(Timmerhause)

Tahun	Index
2006	567,976
2007	579,972
2008	591,968
2009	603,964
2010	615,960
2011	627,956
2012	639,952
2013	651,948
2014	663,944
2015	675,940
2016	687,936
2017	699,932
2018	711,928
2019	723,924
2020	735,920
2021	747,916
2022	759,912
2023	771,908



Gambar 4.5 Grafik indeks harga alat

$$E_b = E_a \left(\frac{C_b}{C_a} \right)^x$$

Dimana,

E_a = Harga alat dengan kapasitas diketahui

E_b = Harga alat dengan kapasitas dicari

C_a = Kapasitas alat A

C_b = Kapasitas alat B

x = Eksponen

Besarnya harga eksponen bermacam-macam, tergantung dari jenis alat yang akan dicari harganya.

4.9.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 20.000 ton/tahun

Satu tahun operasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan = 2022

Kurs mata uang = Rp 15.800,00

4.9.3 Perhitungan Biaya

4.9.3.1 Capital Investment

Capital investment banyaknya pengeluaran-pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* meliputi:

- a. *Fixed capital investment* adalah investasi untuk mendirikan fasilitas produksi dan pembuatannya
- b. *Working capital* adalah investasi yang diperlukan untuk menjalankan usaha/modal dari suatu pabrik selama waktu tertentu

4.9.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya yang diperluka untuk produksi suatu bahan, merupakan jumlah *direct*, *indirect* dan *fixed manufacturing cost* yang berkaitan dengan produk.

- a. *Direct cost* adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk
- b. *Indirect cost* adalah pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi pabrik
- c. *Fixed cost* merupakan harga yang berkaitan dengan *fixed capital* dan pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dimana harganya tetap, tidak tergantung waktu maupun tingkat produksi
- d. *General expanses* atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

4.9.3.3 General Expanse

General expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk *manufacturing cost*.

4.9.4 Analisa Kelayakan

Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak, maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan.

4.9.4.1 Percent Return of Investment (ROI)

Return of investment adalah biaya *fixed capital* yang kembali pertahun atau tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan.

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit}}{\text{FCI}} \times 100\%$$

FCI = *Fixed capital investment*

4.9.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah jumlah yang telah berselang, sebelum didapatkan sebuah penerimaan yang melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya capital investment dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

4.9.4.3 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah nilai laju bunga maksimum untuk suatu pabrik dapat membayar pinjamannya beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik beroperasi. DCFRR dihitung dengan metode *trial and error* pada persamaan:

$$FC + WC = C \left[\frac{1}{(1+i)} + \frac{1}{(1+i)^2} + \dots + \frac{1}{(1+i)^n} \right] + \frac{WC + SV}{(1+i)^n}$$

Dengan:

FC = *Fixed Capital Investment*

WC = *Working Capital*

C = *Annual Cash Flow*

SV = *Salvage Value*

4.9.4.4 Break Even Point (BEP)

Break even point adalah titik impas (kondisi dimana pabrik tidak mendapatkan keuntungan maupun kerugian). Kapasitas pabrik pada saat *sales value* sama dengan total *cost*. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan untung jika beroperasi di atasnya.

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

Dimana,

Fa = *Annual fixed expense*

Ra = *Annual regulated expense*

Va = *Annual variable expense*

Sa = *Annual sales value expense*

4.9.4.5 Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi pabrik akan lebih mahal daripada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

4.9.5 Hasil Perhitungan

4.9.5.1 Penentuan Total Capital Investment (TCI)

Total capital investment merupakan biaya-biaya pengadaan fasilitas produksi beserta seluruh kelengkapannya dan biaya-biaya pengoperasian pabrik. Berikut ini tabel-tabel rincian biaya yang berupa modal tetap dan modal kerja.

A. Modal tetap (*fixed capital investment*)

Tabel 4.10 Fixed capital investment

No	Fixed Capital	Biaya (Rp)
1	Direct Plant Cost	Rp 97.046.217.331
2	Cotractor's fee	Rp 3.881.848.693
3	Contingency	Rp 9.704.621.733
	Jumlah	Rp 110.632.687.758

B. Modal kerja (*working capital*)

Tabel 4.11 Working capital

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 9.191.195.118
2	<i>Inproses Onventory</i>	Rp 760.898.700
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 10.652.581.807
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 12.903.333.333
5	<i>Available Cash</i>	Rp 45.653.922.029
	<i>Working Capital (WC)</i>	Rp 79.161.930.988

4.9.5.2 Penentuan Produksi Total

Berikut ini table-tabel rincian biaya produksi total yang terdiri atas *manufacturing cost* dan *general expense*.

A. *Manufacturing cost*

Tabel 4.12 *Manufacturing cost*

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)
1	Raw Material	Rp 393.908.362.200
2	Labor	Rp 3.906.000.000
3	Supervision	Rp 390.600.000
4	Maintenance	Rp 2.212.653.755
5	Plant Supplies	Rp 331.898.063
6	Royalty and Patents	Rp 5.530.000.000
7	Utilities	Rp 8.616.937.500
	<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	Rp 414.896.451.518
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 585.900.000
2	<i>Laboratory</i>	Rp 390.600.000
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 1.953.000.000
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 27.650.000.000
	<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	Rp 30.579.500.000
1	<i>Depreciation</i>	Rp 8.850.615.021
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 1.106.326.878
3	<i>Insurance</i>	Rp 1.106.326.878
	<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	Rp 11.063.268.776
	Total Manufacturing Cost	Rp 456.539.220.294

B. *General expense*

Tabel 4.13 General Expense

No	Type of Expenses	Biaya (Rp)
1	<i>Administration</i>	Rp 13.696.176.609
2	<i>Sales Expense</i>	Rp 22.826.961.015
3	<i>Research</i>	Rp 12.783.098.168
4	<i>Finance</i>	Rp 7.591.784.750
	<i>General Expenses(GE)</i>	Rp 56.898.020.542

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya produksi} &= \textit{Manufacturing cost} + \textit{General expense} \\
 &= \text{Rp } 456.539.220.294 + \text{Rp } 56.898.020.542 \\
 &= \text{Rp } 513.437.240.835
 \end{aligned}$$

4.9.5.3 Keuntungan (Profit)

$$\text{Keuntungan} = \text{total penjualan produk} - \text{total biaya produksi}$$

a. Keuntungan sebelum pajak

$$\text{Total penjualan produk} = \text{Rp } 553.000.000.000$$

$$\text{Total biaya produksi} = \text{Rp } 513.437.240.835$$

$$\text{Keuntungan} = \text{Rp } 39.562.759.165$$

b. Keuntungan setelah pajak

$$\text{Pajak } 35\% = \text{Rp } 25.715.793.457$$

4.9.5.4 Analisa Kelayakan

1. *Percent reurn of investment (ROI)*

$$\text{ROI} = \frac{\textit{Profit}}{\textit{FCI}} \times 100\%$$

- ROI sebelum pajak = 35,76%
- ROI setelah pajak = 23,24%

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah minimum adalah 11% .

2. *Pay out time* (POT)

$$POT = \frac{FCI}{keuntungan+depresiasi} \times 100\%$$

- POT sebelum pajak = 2,29 tahun
- POT setelah pajak = 3,20 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko rendah maksimum adalah 5 tahun.

3. *Break even point* (BEP)

- *Fixed manufacturing cost* (FA) = Rp 11.063.268.776
- *Variabel cost* (Va) = Rp 435.705.229.700
- *Regulated cost* (Ra) = Rp 66.668.672.360
- Penjualan produk (Sa) = Rp 553.000.000.000

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

$$BEP = 43,98\%$$

BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40-60%

4. Shut down point (SDP)

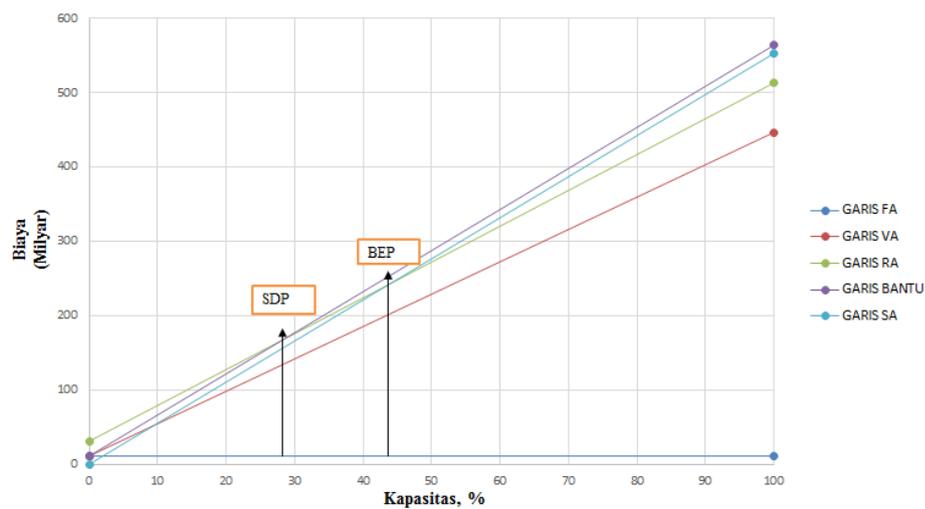
$$SDP = \frac{0,3 Ra}{Sa - Va - 0,7Ra} \times 100\%$$

$$SDP = 28,32\%$$

5. Discounted cash flow rate of return (DCFRR)

- Umur pabrik = 10 tahun
- Fixed capital (FC) = Rp 110.632.687.758
- Working capital (WC) = Rp 79.161.930.988
- Cash flow (CF) = Rp 42.158.193.227
- Salvage value (SV) = Rp 8.850.615.021
- DCFR = 22,06%
- Deposito Bank Mandiri (8 Oktober 2018) = 5,8%

Syarat minimum DCFRR adalah di atas suku bunga simpanan bank yaitu sekitar 1,5 x deposito (1,5 x 5,8% = 8,7%)



Gambar 4.6 Grafik BEP

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pabrik Tetrahydrofuran digolongkan sebagai pabrik beresiko rendah karena:

1. Suhu operasi 250 °C
2. Tekanan operasi 1 atm

Dari hasil analisis ekonomi diperoleh data sebagai berikut:

1. Keuntungan yang diperoleh
 - a. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp. 39.562.759.165
 - b. Keuntungan sesudah pajak sebesar Rp. 25.715.793.457
2. Return On Investment (ROI)
 - a. Sebelum pajak sebesar 35,76%
 - b. Sesudah pajak sebesar 23,24%

Syarat ROI sebelum pajak untuk beresiko rendah minimum 11%

3. Pay Out Time (POT)
 - a. Sebelum pajak sebesar 2,29 tahun
 - b. Sesudah pajak sebesar 3,20 tahun

Syarat POT sebelum pajak untuk beresiko rendah maksimum 5 tahun

4. Break Even Point (BEP) sebesar 43,98%

BEP untuk pabrik kimia besarnya berkisar antara 40% - 60%

5. Shut Down Point (SDP) sebesar 28,32%

SDP untuk pabrik kimia besarnya berkisar antara 10% - 30%

6. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) sebesar 22,06%

Deposito (Bank Mandiri) sebesar 5,8%

Syarat DCFR 1,5 kali deposito

Dari data-data diatas maka pabrik Tetrahydrofuran dari 1,4-Butanediol dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun layak untuk dikaji lebih lanjut.

5.2 Saran

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

1. Optimasi dalam pemilihan alat proses, alat penunjang atau pendukung, serta bahan baku perlu di perhatikan sehingga keuntungan yang diperoleh dapat lebih di maksimalkan.
2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan dengan berkembangnya pabrik-pabrik kimia dapat lebih ramah lingkungan.
3. Produk *tetrahydrofuran* dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan di masa yang akan datang dengan jumlah yang semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- A.O.Rogers, 1969, Production of Tetrahydrofuran from 1.4-Butanediol, United States Patent Office No. 535,834
- Alfred, 2015, Prinsip kerja generator diesel. <http://rental-genset-terbaik.blogspot.com/2015/05/prinsip-kerja-generator-diesel.html>
- Andi, Dimas. 2018. Kurs rupiah bertahan di level Rp. 14.863 per dollar AS. <https://www.google.co.id/amp/amp.kontan.co.id/news/kurs-rupiah-bertahan-di-level-rp-14863-per-dollar-as>
- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost" ,Mc.Graw Hill Book Co., New York.
- Assauri, Sofjan. 1998. Manajemen Operasi Dan Produksi. Jakarta : LP FE UI
- Brown, G.G., 1950, "Unit Operations", John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Brownell, E.L., and Young, E.H., 1974, "Process Equipment Design", John Wiley & Sons, New York.
- C.S.T. Kansil dan Christine S.T. Kansil, 2009. "Seluk Beluk Perseroan Terbatas". Penerbit PT Rineka Cipta : Jakarta.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 2005, "Chemical Engineering Design", 4 ed., Vol 6, Elsevier Butterworth-Heinemann,Oxford.
- Foust, A.S, 1980, *Principles of Unit Operation*, 2nd edition, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Holman, J.P., 1989, "Heat Transfer", Mc.Graw-Hill Book Co., Singapore.

- Kern, D.G. 1965, "Process Heat Transfer," Mc. Graw Hill Kogakusha Ltd., Tokyo
- Kirk, R. E., and Othmer, D. F., 1978, *Encyclopedia of Chemical Technology*,
vol.18, 3 ed., John Willey and Sons, New York.
- Levenspiel, O., 1999, "Chemical Reaction Engineering", 3ed., John Wiley & Sons,
New York.
- Perry, R.H., and Chilton Cecil, H, 1990, "Chemical Engineering Hand Book",
7ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 1985, "Plant Design and Economic for
Chemical Engineers", 3ed., McGraw Hill Book Company, Tokyo.
- Rase, H.F., and Barrow, M.H., 1957, "Chemical Reactor Design for Process
Plants", Vol 1., John Wiley and Sons, Inc., New York. . 129
- Sugiyama, 2007, Fixed Bed Multitube Reactor, United States Patent Application
Publication No. 0049769
- Treyball, R.E., 1985, " Mass Transfer Operations", 3th ed., McGraw Hill Book
Co., Singapore.
- Ulrich, G.D., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and
Economics", John Wiley and Sons, New York.
- William H. Banford, Lewiston, N. Y., Myron M. Mames, 1956, Production of
Tetrahydrofuran, United States Patent Office No. 604,086
- Yaws, C.L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill, New York.

LAMPIRAN

REAKTOR FIXED BED

REAKTOR

Kode : R-01

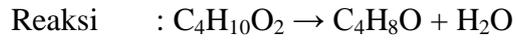
Fungsi : Sebagai tempat berlangsungnya reaksi fase gas 1,4-Butanediol menjadi Tetrahydrofuran

Tipe alat : Fixed bed multitube

Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor fixed bed multitube dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Reaksi berlangsung dalam fase gas dengan katalis padat
- b. Katalis yang digunakan berumur panjang yaitu 4 tahun
- c. Pemakaian tidak terbatas pada kondisi reaksi tertentu (eksotermis atau endotermis) sehingga pemakaian lebih fleksibel
- d. Tidak diperlukan pemisahan katalis dari produk
- e. Konstruksi sederhana
- f. Perawatan, perbaikan, dan operasional mudah

Reaktor terdiri dari suatu shell and tube vertical dengan katalis berada pada tube sedangkan pendingin berada di shell untuk mengambil panas yang dihasilkan dari reaksi eksotermis.



Data-data reaksi	
Suhu masuk	523° K
Tekanan operasi	1 atm
Konversi	99,5%

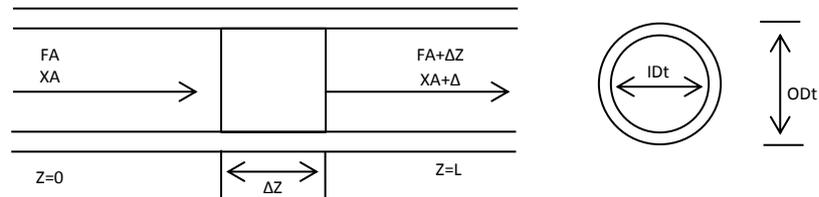
Data-data katalis	
Jenis	Aluminium Oxide (Al_2O_3)
Bentuk	Bulat berpori
Dp	0,001 – 0,005 m
Porositas	0,35
Massa jenis	3,95 g/cm ³

Tabel Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
$C_4H_{10}O_2$	3172,4277	15,8621
H_2O	197,6839	828,9970
C_4H_8O	-	2525,2525
Total	3370,1116	3370,1116

Persamaan Differensial

- a. Persamaan Differensial Neraca Massa pada elemen Volume



Massa A masuk – massa A keluar + massa A bereaksi = Acc

Pada keadaan akumulasi = 0

Maka:

$$FA_z = FA_{z+\Delta z} - (-rA)\rho_B \cdot Nt \cdot \Delta V \cdot (1 - \varepsilon)$$

$$\frac{FA_z - FA_{z+\Delta z}}{\Delta Z} = -(-rA)\rho_B \cdot Nt \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (ID)^2 \cdot \Delta Z \cdot (1 - \varepsilon)$$

$$\frac{FA_z - FA_{z+\Delta z}}{\Delta Z} = -(-rA) \cdot \rho_B \cdot Nt \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (ID)^2 \cdot (1 - \varepsilon)$$

lim ΔZ

$$\Delta Z \rightarrow 0$$

$$\frac{dFA}{dZ} = -(-rA) \cdot \rho_B \cdot Nt \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (ID)^2 \cdot (1 - \varepsilon)$$

dimana:

$$FA = FA_o \cdot (1 - XA)$$

$$\frac{dFA}{dX_T} = FA_o \cdot d(1 - XA)$$

$$dFA = -FA_o \cdot dX_T$$

$$X_T = \Sigma(X_i)$$

maka:

$$\frac{-FA_o \cdot dX_T}{dZ} = -(-rA) \cdot \rho_B \cdot Nt \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (ID)^2 \cdot (1 - \varepsilon)$$

$$\frac{dX_T}{dZ} = \frac{(-rA) \cdot \rho_B \cdot Nt \cdot \pi/4 \cdot (ID)^2 \cdot (1 - \varepsilon)}{FA_o}$$

Kinetika Reaksi

$$F_v = \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

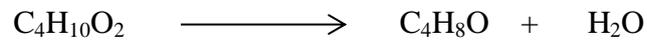
$$= 1,6733 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 1673,3 \text{ L/jam}$$

$$C_{ao} = n_a/F_v$$

$$= 0,000105 \text{ kmol/L}$$

Reaksi :



m Cao

$$\begin{array}{r} r \quad \text{Cao.x} \qquad \qquad \qquad \text{Cao.x} \qquad \qquad \text{Cao.x} \\ \hline s \quad \text{Cao} - \text{Cao.x} \qquad \qquad \text{Cao.x} \qquad \qquad \text{Cao.x} \end{array}$$

Reaksi pembentukan *Tetrahydrofuran* merupakan reaksi orde 1 dimana kecepatan reaksi dinyatakan dengan :

$$x = 0,995$$

$$t = 1 \text{ jam}$$

$$-r_A = k.C_A$$

$$C_A = C_{A0} (1-X_A)$$

$$-r_A = \frac{-dC_A}{dt}$$

$$\frac{-dC_A}{dt} = k.C_{A0}(1-X_A)$$

$$C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k.C_{A0}(1-X_A)$$

$$\frac{dX_A}{(1-X_A)} = k.dt$$

Diintegrasikan menjadi :

$$-\ln(1-X_A) = k.t$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{-\ln(1-X_A)}{t} \\
 &= \frac{-\ln(1-0,995)}{1} \\
 &= -\ln 0,005 \\
 &= 5,2983/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -r_A &= k.C_A \\
 &= 5,2983/\text{jam} \cdot 5,25 \times 10^{-7} \text{ kmol/L} \\
 &= 2,7816 \times 10^{-6} \text{ kmol/L.jam} \\
 &= 2,7816 \times 10^{-3} \text{ kmol/L.jam}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

F_{Ao} = laju reaksi masuk reaktor, kmol/jam

T = temperature, K

N_t = jumlah tube

ID = diameter dalam

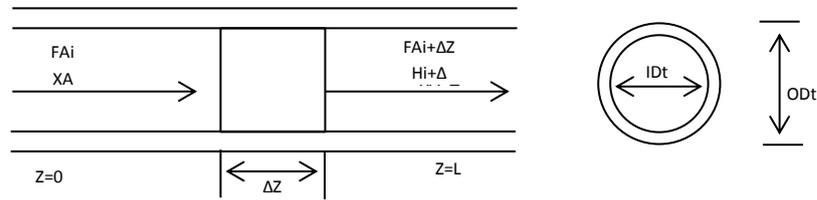
ρ_B = densitas katalis, gram/cm³

ϵ = porositas katalis dalam bed, $\epsilon=0,35$

Z = panjang tube dihitung dari atas

$(-r_A)$ = kecepatan reaksi

b. Persamaan Differensial Neraca Panas pada Elemen Volume



Input = output – reaksi + acc

Pada tekanan steady acc = 0

$$\Sigma Hi_z = [\Sigma Hi + Ud. \pi. OD. \Delta Z (T - Ts)] - [(-\Delta H_g) \cdot (FA_z - FA_{z+\Delta z})]$$

$$\frac{\Sigma Hi_z - Hi_{z+\Delta z}}{\Delta Z} = Ud. \pi. OD. (T - Ts) - [(-\Delta H_g) \cdot (FA_z - FA_{z+\Delta z})]$$

$$\frac{\Sigma Hi_z - \Sigma Hi_{z+\Delta z}}{\Delta Z} = Ud. \pi. OD. (T - Ts) - \frac{[(-\Delta H_g) \cdot (FA_z - FA_{z+\Delta z})]}{\Delta Z}$$

Lim ΔZ

$\Delta z \rightarrow 0$

$$\frac{\Sigma dHi}{dz} = Ud. \pi. OD. (T - Ts) - (-\Delta H_g) \frac{dFA}{dz}$$

dimana:

$$FA = FAo(1 - XA)$$

$$\frac{dFA}{dXA} = -FAo$$

$$\frac{\Sigma dHi}{dz} = \frac{\Sigma dHi}{dz} \cdot \frac{dT}{dz}$$

$$\frac{\Sigma dHi}{dz} = \Sigma Fi \cdot C Pi$$

maka:

$$\frac{\Sigma(Fi \cdot CPi)}{dZ} = Ud \cdot \pi \cdot OD \cdot (T - Ts) - (-\Delta H_g) \left(\frac{-FAo \cdot dXA}{dZ} \right)$$

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{Ud \cdot \pi \cdot OD(T - Ts) + (-\Delta H_g) \cdot FAo \frac{dXA}{dZ}}{\Sigma(Fi \cdot CPi)}$$

Untuk semua tube:

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{Ud \cdot \pi \cdot OD \cdot Nt \cdot (T - Ts) + (-\Delta H_g) \cdot FAo \frac{dXA}{dZ}}{\Sigma(Fi \cdot CPi)}$$

Keterangan:

ΔH_g = panas reaksi, kkal/jam

Ud = koefisien perpindahan panas

OD = diameter luar, cm

Ts = temperature pemanas. K

Fi = laju umpan masuk, kmol/jam

CPi = kapasitas panas komponen, kkal/gramK

c. Persamaan Differensial Neraca Panas Media Pendingin

Input = output + acc

Pada keadaan steady acc = 0

maka:

$$Ws \cdot Hs_z - Ws \cdot Hs_{z+\Delta z} = Ud \cdot \pi \cdot D \cdot Nt \cdot (T - Ts) \cdot \Delta Z$$

$$\frac{Ws \cdot [Hs]_z - Ws \cdot [Hs]_{(z + \Delta z)}}{\Delta Z} = Ud \cdot \pi \cdot D \cdot Nt \cdot (T - Ts)$$

$$\frac{W_s \cdot H_{s_z} - W_s \cdot H_{s_{z+\Delta z}}}{\Delta Z} = U d \cdot \pi \cdot D \cdot N t \cdot (T - T_s)$$

$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0}$

$\Delta Z \rightarrow 0$

$$W_s \cdot \frac{dH_s}{dT_s} = U d \cdot \pi \cdot D \cdot N t \cdot (T - T_s)$$

dimana:

$$\frac{dH_s}{dZ} = \frac{dH_s}{dT_s} \cdot \frac{dT_s}{dZ} \text{ dan } \frac{dH_s}{dT_s} = C_p s$$

sehingga:

$$W_s \cdot C_p s \cdot \frac{dT_s}{dZ} = U d \cdot \pi \cdot D \cdot N t \cdot (T - T_s)$$

$$\frac{dT_s}{dZ} = \frac{U d \cdot \pi \cdot D \cdot N t \cdot (T - T_s)}{W_s \cdot C_p s}$$

Keterangan:

W_s = laju aliran pendingin, gram/detik

A. Menentukan jenis dan ukuran tube

Diameter reaktor dipilih berdasarkan pertimbangan agar perpindahan panas berjalan dengan baik. Pengaruh rasio D_p/D_t terhadap koefisien perpindahan panas dalam pipa yang berisi butiran-butiran katalisator dibandingkan dengan pipa kosong (hw/h), telah diteliti oleh Colbourn, yaitu:

Dp/Dt	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
hw/h	5,50	7,00	7,80	7,50	7,00	6,60

.....(Smith, Chem Kinetik Eng, P.571)

Diambil harga maksimum hw/h pada Dp/Dt = 0,15

Diameter dalam tube (ID) = Dt = Dp/0,15

dimana:

hw : koefisien perpindahan panas dalam pipa berkatalis

h : koefisien perpindahan panas dalam pipa kosong

Dp : diameter katalis = 0,00345 m

Dt : diameter tube

sehingga:

Dp/Dt = 0,15

Dt = 2,3 cm

= 0,0231 m

dari hasil perhitungan, maka dipilih ukuran pipa standart

IPS = 0,0635 m

OD = 0,0731 m

Sc. Number = 40

$$\text{ID} = 0,0627 \text{ m}$$

$$\text{Flow area per pipe} = 0,0031 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface per lin ft: Outside} = 0,2295 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\text{Inside} = 0,1972 \text{ m}^2/\text{m}$$

B. Data-data thermal bahan

1. Kapasitas panas

Komponen	A	B	C	D	E
C ₄ H ₁₀ O ₂	-7,265	5,5344E-01	-4,5299E-04	2,0616E-07	-3,8161E-11
H ₂ O	33,933	-8,4186E-03	2,9906E-05	-1,7825E-08	3,6934E-12

.....(R.K.Sinnott, Chem.Eng)

2. Panas reaksi

Komponen	ΔH_f (kJ/kmol)	ΔH (kJ/kmol)
C ₄ H ₁₀ O ₂	-426700	35046,4249
H ₂ O	-241800	7748,5325
C ₄ H ₈ O	-184180	23997,7275

$$\begin{aligned} \Delta H_{R298} &= \Delta H_{f_{\text{produk}}} - \Delta H_{f_{\text{reaktan}}} \\ &= (-241800 - 184180) - (-426700) \text{ kJ/kmol} \\ &= 720 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_R &= \Delta H_{R298} + \Delta H_p - \Delta H_r \\ &= 720 + (7748,5325 + 23997,7275) - 35046,4249 \text{ kJ/kmol} \end{aligned}$$

$$= -2580,1649 \text{ kJ/kmol}$$

$$= -616,2621 \text{ kkal/kmol}$$

C. Data-data fisis umpan

1. BM umpan

Komponen	Bmi	yi	yi.BMi
	(kg/kmol)		
C ₄ H ₁₀ O ₂	90,12	0,7624	68,7081
H ₂ O	18,02	0,2376	4,2814

2. Densitas umpan

$$\text{Densitas mix} = 0,0017 \text{ g/cm}^3$$

3. Viskositas umpan

Komponen	Yi	η_{gas} mikropoise	η_{gas}	η_{gas}	η_{gas}
			(kg/s.m)	(kg/jam.m)	lb/ft.jam
C ₄ H ₁₀ O ₂	0,7624	116,5611	0,000012	0,041962	0,000010
H ₂ O	0,2376	183,1098	0,000018	0,065920	0,000016
TOTAL	1,0000	299,6709	0,000030	0,10788	0,000026

$$\mu_{\text{mix}} = 0,000013 \text{ kg/s.m}$$

4. Konduktivitas panas

Komponen	A	B	C	k_{gas} (W/m.K)
$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$	-0,00319	1,6128E-05	8,4206E-08	2,8278E-02
H_2O	0,00053	4,7093E-05	4,9551E-08	3,8713E-02

$$K \text{ campuran} = 0,0307571 \text{ W/m.K}$$

$$= 0,00007346 \text{ kal/dtk.cm.K}$$

5. Laju volumetric umpan (V_g)

$$\text{Laju mol umpan (n)} = 12,8527 \text{ mol/dtk}$$

$$V_g = \frac{Z \cdot n \cdot R \cdot T}{P}$$

$$= 1942,0367 \text{ m}^3/\text{jam}$$

D. Menentukan jumlah tube

Spesifikasi tube yang digunakan:

$$\text{Diameter luar (ODt)} = 0,0731 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam (IDt)} = 0,0627 \text{ m}$$

$$\text{Flow area per pipe (at)} = 0,0031 \text{ m}^2$$

- Kecepatan linier umpan

Agar reaksi dapat berlangsung, maka aliran gas didalam tube harus turbulen.

Asumsi:

$$Nre = 3100$$

$$V = \frac{Nre \cdot \mu}{Dp \cdot \rho p} \quad \dots\dots(\text{Froment and Bischoff, ed.1})$$

dimana:

$$Dp = \text{diameter partikel katalis (cm)} = 0,00345 \text{ m}$$

$$Pp = \text{densitas katalis (cm)} = 3,95 \text{ g/cm}^3$$

sehingga:

$$V = 0,0296 \text{ kg/det}$$

- Kecepatan mass velocity (G)

$$G = \frac{Nre \cdot \mu}{Dt} = 0,0654 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{dtk}$$

- Luas penampang semua tube dalam reaktor (At)

$$\text{Laju aliran umpan (Wt)} = 38,7019 \text{ g/dtk}$$

$$At = Wt/G$$

$$= 591,7722 \text{ cm}^2$$

Sehingga diperoleh jumlah tube (Nt)

$$Nt = At/at$$

$$= 463 \text{ buah}$$

E. Menghitung diameter dalam shell (IDs)

Susunan tube: Triangular pitch

$$\text{Pitch tube (PT)} = 1,25 \text{ ODt} = 3,6 \text{ in} = 0,0914 \text{ m}$$

$$\text{Clearance (C')} = \text{PT} - \text{Odt} = 0,72 \text{ in} = 0,0183 \text{ m}$$

F. Menghitung koefisien perpindahan panas overall (Ud)

a. Tube side

$$h_i = jH \left(\frac{k}{IDt} \right) (Pr)^{1/3} = 0,0101 \text{ J/s.m}^2 \cdot \text{°K}$$

$$h_{io} = h_i \cdot \left(\frac{ID}{OD} \right) = 0,0087 \text{ J/s.m}^2 \cdot \text{°K}$$

b. Shell side

Didalam shell digunakan pendingin, dengan spesifikasi sbb:

$$C_p = 990,3304 \text{ J/kg.°K}$$

$$\mu = 0,0003057 \text{ kg/m.s}$$

$$k = 0,004383 \text{ J/m.s.°K}$$

Menghitung bilangan reynold di shell (Res)

$$C' = \text{jarak antar tube}$$

$$= 0,0183 \text{ m}$$

W_s = laju aliran pendingin

$$= 373,0803 \text{ kg/jam}$$

a_s = flow area pada shell, ft^2

$$= \frac{ID_s \cdot C' \cdot B}{144 PT}$$

$$= 0,0015 \text{ m}^2$$

G_s = mass velocity fluida dalam shell

$$= W_s/a_s$$

$$= 69,8747 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$\text{Res} = \frac{G_s \cdot De}{\mu_s}$$

dimana:

$$De = \frac{4 \left(0,5 \cdot PT^2 \cdot 0,866 - 0,5 \cdot \pi \cdot \frac{OD^2}{4} \right)}{0,5 \cdot \pi \cdot OD}$$

$$= 2,0843 \text{ in} \quad = 0,0529 \text{ m}$$

sehingga:

$$\text{Res} = 6616,0370$$

dari fig.28 Kern, hal.838 didapat, $jH = 10$

$$h_o = jH \cdot \left(\frac{k}{De} \right) \left(\frac{C_p s}{\mu_s} \right)^{1/3}$$

$$= 4,4165 \text{ J/s.m}^2.\text{°K}$$

c. Clean overall coefficient (U_c)

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

$$= 0,008691 \text{ J/s.m}^2.\text{°K}$$

dari table.12 Kern, hal.845, didapat:

$$R_d \text{ shell} = 0,0015$$

$$R_d \text{ tube} = 0,001$$

$$R_d = R_d \text{ shell} + R_d \text{ tube}$$

$$= 0,0025$$

Sehingga diperoleh

$$U_d = \frac{1}{R_d + \frac{1}{U_c}}$$

$$= 0,008676 \text{ J/s.m}^2.\text{°K}$$

G. Menghitung panjang reaktor

$$\text{kondisi masuk reaktor} \quad X_o = 0$$

$$\text{posisi awal katalis} \quad Z_o = 0$$

$$\text{suhu masuk pipa} \quad T_o = 523 \text{ °K}$$

tekanan masuk pipa $P_o = 1 \text{ atm}$

aliran massa masuk pipa $F_{Ao} = 35,2023 \text{ kmol/jam}$

aliran massa masuk shell $W_s = 373,0803 \text{ kg/jam}$

$\Delta Z = 0,1 \text{ m}$

Dari perhitungan di atas didapat:

- Konversi keluar reaktor $= 0,995$
- Panjang tube $= 5,100 \text{ m}$
- Tekanan keluar reaktor $= 1 \text{ atm}$
- Suhu keluar reaktor $= 523 \text{ }^\circ\text{K}$

i. Menghitung berat katalis

Persamaan kinetika untuk reaktor fixed bed multitube adalah :

$$\frac{dw}{F_{a0}} = \frac{dX_a}{-rA}$$

$$dw = \rho_B \cdot N_t \cdot \pi/4 \cdot (ID_t)^2 (1-\epsilon) dZ$$

$$\int dw = \rho_B \cdot N_t \cdot \pi/4 \cdot (ID_t)^2 (1-\epsilon) \int dZ$$

$$w = \rho_B \cdot N_t \cdot \pi/4 \cdot (ID_t)^2 (1-\epsilon) Z$$

$$= 22,9452 \text{ kg}$$

j. Spesifikasi Reaktor

1. Tube

Susunan pipa $= \text{Triangular Pitch}$

Nominal Pipe Size (IPS) = 0,0635 m

Diameter luar (OD) = 0,0731 m

Diameter dalam (IDt) = 0,0627 m

Sc. Number = 40

Surface per lin ft :

Outside = 0,2295 m²/m

Inside = 0,0835 m²/m

Pitch = 0,0914 m

Clearance = 0,0183 m

Jumlah pipa = 463 buah

2. Shell

Direncanakan shell terbuat dari plate steel SA 283 Grade C dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tekanan yang diijinkan (f) = 12650 psia(Brownell, P.251)

Efficiency pengelasan (E) = 0,85

Faktor korosi (c) = 0,0032 m

Diameter shell (Ids) = 2,0666 m

Jari-jari dalam shell (ri) = 1,0333 m

Tekanan operasi = 14,70 psi

Tekanan perancangan = 17,64 psi

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + c \quad \text{.....(Brownell, P.254)}$$

$$= 0,004897 \text{ m}$$

Digunakan tebal shell standart = 0,00635 m

3. Head

Bentuk head yang direncanakan : Torispherical

Dengan bahan yang sama dengan bahan shell : SA 283 Grade C

a. Tebal head

$$t_h = \frac{0.885 P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.1 P} + c$$

$$= 0,0047 \text{ m}$$

Digunakan tebal head standart = 0,0048 m

b. Tinggi head

$$OD_s = 2,1336 \text{ m}$$

Untuk perancangan digunakan OD shell standart =

Dari tabel 5.7 Brownell hal. 90

$$OD_s = 2,1336 \text{ m}$$

$$t_s = 0,0064 \text{ m}$$

$$\text{didapat : } i_{cr} = 0,1302 \text{ m}$$

$$r = 2,1336 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 a &= ID_s/2 &&= 1,0333 \text{ m} \\
 AB &= a - icr &&= 0,9031 \text{ m} \\
 BC &= r - icr &&= 2,0034 \text{ m} \\
 AC &= (BC^2 - AB^2)^{1/2} &&= 1,7883 \text{ m} \\
 b &= r - AC &&= 0,3453 \text{ m}
 \end{aligned}$$

.....(Brownell, P.87)

Dari tabel 5.6 Brownell hal.88 dengan th 3/16 in didapat sf = 1,5 - 2 in (dalam perancangan digunakan sf = 2 in)

$$\begin{aligned}
 Hh &= th + b + sf \\
 &= 0,4008 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4. Tinggi reaktor

$$\begin{aligned}
 HR &= \text{panjang tube} + \text{tinggi head} \\
 &= 5,5008 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Volume reaktor

- Volume head = $0,000049 \times ID_s^3$
= $0,000432 \text{ m}^3$
- Volume shell = $\pi/4 \cdot (ID_s)^2 \cdot Z$
= $17,0979 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume reaktor} &= \text{Volume shell} + \text{Volume head} \\
 &= 17,0983 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

6. Menghitung saluran pada reaktor

- Diameter saluran gas umpan

$$D_{opt} = 226 W m^{0.5} \rho^{-0.35} \quad \text{.....(R.K. Sinnott, Chem Eng Vol.6)}$$

Dimana :

D_{opt} = Diameter optimum

W_m = kecepatan umpan masuk

ρ = densitas gas umpan

D_{opt} = 230,7308 mm

= 0,2307 m

Dari Brownell App.k, dipilih ukuran standart :

ID = 0,2349 m

OD = 0,2730 m

- Diameter saluran gas keluar

Komposisi keluar reaktor

BM campuran gas keluar = kg/kmol

$D_{opt} = 226 W_m^{0.5} \rho^{-0.35}$

Dimana :

W_m = kecepatan umpan keluar

ρ = densitas umpan gas

D_{opt} = 402,4002 mm

= 0,4024 m

Dari Brownell App.k, dipilih ukuran standart :

ID = 0,4080 m

OD = 0,508 m

- Diameter pendingin masuk

$$D_{opt} = 226 W_m^{0.5} \rho^{-0.35}$$

Dimana :

W_m = kecepatan umpan keluar

ρ = densitas umpan gas

$$D_{opt} = 6,8149 \text{ mm}$$

$$= 0,0068 \text{ m}$$

Dari Brownell App.k, dipilih ukuran standart :

$$ID = 0,0093 \text{ m}$$

$$OD = 0,0111 \text{ m}$$

- Diameter pendingin keluar

$$D_{opt} = 226 W_m^{0.5} \rho^{-0.35}$$

Dimana :

W_m = kecepatan umpan keluar

ρ = densitas umpan gas

$$D_{opt} = 16,5720 \text{ mm}$$

$$= 0,0166 \text{ m}$$

Dari Brownell App.k, dipilih ukuran standart :

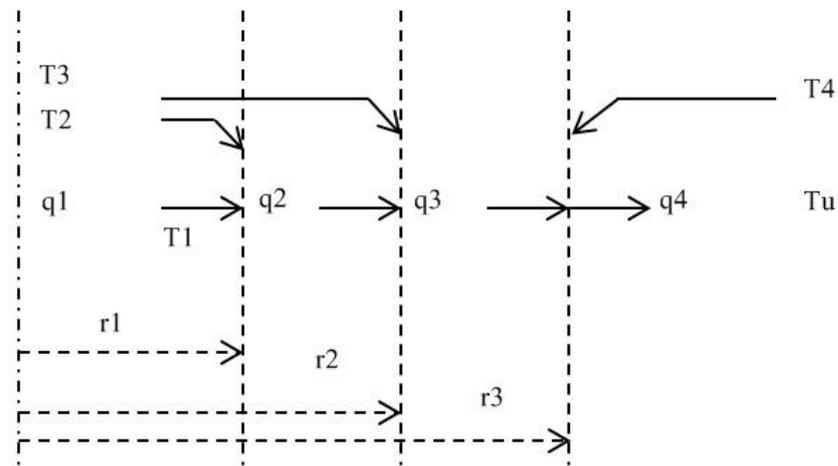
$$ID = 0,0209 \text{ m}$$

$$OD = 0,0267 \text{ m}$$

K. Isolator

Asumsi :

- Keadaan steady state
- Suhu dalam reaktor sama dengan suhu permukaan dinding sebelah dalam shell, $T_1 = 523 \text{ } ^\circ\text{K}$
- Suhu udara lingkungan, $T_u = 303 \text{ } ^\circ\text{K}$



Keterangan :

R_1 = jari – jari dalam shell

R_2 = jari – jari luar shell

R_3 = jari – jari penyekat

Q_1 = transfer panas konveksi dari pendingin ke dalam reaktor

Q_2 = transfer panas konveksi dari dinding dalam keluar reaktor

Q3 = transfer panas konveksi dari dinding luar reaktor ke dinding isolasi

Q4 = transfer panas konveksi dari dinding isolasi ke udara

T1 = suhu reaktor

Tu = suhu udara lingkungan

- Bahan penyekat yang digunakan adalah asbestos yang memiliki sifat :

Ka = 0,0004845 J/s.m.°K

ρ_a = 577,0139 kg/m³

ϵ_a = 0,96

- Bahan dinding adalah steel SA 283 Grade C dengan sifat :

Ka = 0,0789 J/s.m.°K

ρ_a = 7853,818 kg/m³

ϵ_a = 0,81

- Peristiwa perpindahan panas dari dinding dalam shell ke lingkungan meliputi:

a. Transfer panas konduksi pada dinding shell

b. Transfer panas konduksi pada isolator

c. Transfer panas radiasi dari dinding luar isolator ke lingkungan

d. Transfer panas konveksi dari dinding luar isolator ke udara luar

- Mencari tebal isolasi

$$Q \text{ isolasi} = \frac{2\pi \cdot L(T_s - T_u)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_s} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_a}}$$

Diperoleh

$$r_3 = 1,3066 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Tebal isolasi yang dibutuhkan} &= r_3 - r_2 \\ &= 0,2398 \text{ m} \end{aligned}$$

