

**PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL
DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA
DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Konsentrasi Teknik Kimia**



Oleh:

**Nama : Ihdina Firdanti
NIM : 14521017**

**Nama : Elsa Dwi Ana S.
NIM : 14521122**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
PERANCANGAN PABRIK**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

**Nama : Ihdina Firdanti
NIM : 14521017**

**Nama : Elsa Dwi Ana S.
NIM : 14521122**

Yogyakarta, __ Agustus 2018

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila dikemudian 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 kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



Ihdina Firdanti



Elsa Dwi Ana S.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL
DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA
DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

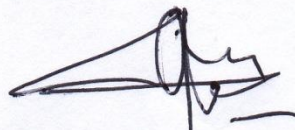
PERANCANGAN PABRIK

Nama : Ihdina Firdanti
NIM : 14521017

Nama : Elsa Dwi Ana S.
NIM : 14521122

Yogyakarta, __ Agustus 2018

Pembimbing,



Dr.Ir. Farham HM Saleh MSIE

NIP. 865210103

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL
DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA
DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Ihdina Firdanti
NIM : 14521017

Nama : Elsa Dwi Ana S.
NIM : 14521122

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, __ Agustus 2018

Tim Penguji,

Dr.Ir. Farham HM Saleh MSIE
Ketua

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

Ajeng Yulianti Dwi L., S.T., M.T.
Anggota II



Mengetahui:

**Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Ir. Drs. Faisal RM, M.T., Ph.D.
NIP. 845210101

LEMBAR MOTTO

Barang siapa keluar untuk mencari ilmu, maka dia berada di jalan Allah.

(HR.Turmudzi)

Teori itu penting, akan tetapi praktek lebih penting.

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.

(Q.S Al-Insyirah 6-7)

Janganlah takut untuk melangkah, karena jarak 1000 mil dimulai dengan langkah pertama.

Allah tidak pernah terlambat. Dia juga tidak tergesa-gesa. Dia selalu tepat waktu.

Jika salah, perbaiki. Jika gagal, coba lagi. Jika menyerah, semuanya selesai.

Kemampuan itu penting, tetapi harus diiringi dengan keberanian.

(Pak Farham)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini kami persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan support dan doa untuk kami.
2. Dosen pembimbing, Bapak Dr.Ir. Farham HM Saleh MSIE, yang selalu sabar dalam membimbing kami.
3. Dosen penguji kami, Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. dan Ibu Ajeng Yulianti Dwi L., S.T., M.T.
4. Ketua program studi dan seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia FTI UII.
5. Teman-teman serta kakak tingkat Jurusan Teknik Kimia FTI UII.

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan syukur senantiasa terucap atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya. Dengan segala pemberian-Nya itu, kita masih dapat merasakan betapa indahnyanya hidup ini. Shalawat bergandengan salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda alam Nabi Agung Muhammad SAW. Semoga dengan senantiasanya kita bershalawat kepadanya, beliau dapat menolong kita di akhirat kelak. Aamiin.

Alhamdulillah rabbil 'alamiin, penyusun ucapkan seiring dengan terselesaikannya laporan Tugas Akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pentaeritritol dari Asetaldehida dan Formaldehida dengan Kapasitas 15.000 Ton/Tahun” ini. Susah senang telah penyusun lalui. Dimulai dari penyusunan proposal, mencari bahan tugas akhir, mengerjakan setiap detail tugas akhir, penyusunan laporan, dan sidang pendadaran. Di dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penyusun sangat banyak dibantu oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penyusun ingin mengucapkan beribu-ribu terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua penyusun yang selalu memberikan *support* materil dan non-materi kepada penyusun, yang selalu menerima pengaduan dan keluhan penyusun, serta yang selalu memberikan doa yang tak pernah terputus.

2. Keluarga penyusun yang turut serta dalam memberikan support dan segala bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.
3. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Drs. Ir. Faisal RM, MSIE., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Dr.Ir. Farham HM Saleh MSIE selaku dosen pembimbing yang selalu sabar menghadapi mahasiswa bimbingannya.
7. Kakak tingkat dan alumni Teknik Kimia FTI UII yang senantiasa membagi pengalamannya kepada kami.
8. Teman-teman seperjuangan yang sama-sama berjuang di untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT memberi keberkahan atas pertolongannya dan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penyusun.

Sebagai manusia yang tidak sempurna, penyusun memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila pembaca sekalian menemukan kesalahan dan kekhilafan di dalam laporan Tugas Akhir ini. Penyusun sangat memohon saran dan kritikan yang dapat menjadi masukan bagi penyusun untuk membangun diri dan memperbaiki kesalahan tersebut. Sekiranya terdapat saran dan kritikan yang ingin disampaikan, dapat dikirimkan ke e-mail ihdinafirdanti@yahoo.com. Atas kritik dan sarannya penyusun ucapkan terima kasih.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi yang membaca dan diri penyusun sendiri.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, __ Agustus 2018

Penyusun

Ihdina Firdanti

Elsa Dwi Ana S.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	III
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	IV
LEMBAR MOTTO.....	V
LEMBAR PERSEMBAHAN	VI
KATA PENGANTAR	VII
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR TABEL.....	XV
DAFTAR GAMBAR	XVIII
ABSTRAK	XIX
ABSTRACT.....	XX
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
1.2.1 PEMILIHAN PROSES	7
1.2.2 POTENSIAL EKONOMI.....	8
1.2.3 KINETIKA	10
BAB II PERANCANGAN PRODUK	
2.1 SPESIFIKASI PRODUK.....	10
2.1.1 PENTAERITRITOL.....	10
2.1.2 SODIUM FORMAT	10
2.2 SPESIFIKASI BAHAN BAKU	11
2.2.1 FORMALDEHIDA 37%	11

2.2.2 ASETALDEHIDA.....	12
2.2.3 SODIUM HIDROKSIDA	12
2.2.4 ASAM FORMAT	13
2.3 PENGENDALIAN KUALITAS.....	13
2.3.1 PENGENDALIAN KUALITAS BAHAN BAKU.....	14
2.3.2 PENGENDALIAN PROSES PRODUKSI	14
2.3.3 PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK	15
 BAB III PERANCANGAN PROSES	
3.1 URAIAN PROSES	16
3.2 SPESIFIKASI ALAT.....	17
3.2.1 <i>MIXER</i> (M-01).....	17
3.2.2 REAKTOR (R-01).....	18
3.2.3 <i>NEUTRALIZER</i> (N-01).....	19
3.2.4 EVAPORATOR (EV-01)	20
3.2.5 <i>CENTRIFUGE</i> (CF-01)	22
3.2.6 <i>ROTARY DRYER</i> (RD-01)	22
3.2.7 <i>CRYSTALLIZER</i> (CR-01)	23
3.2.8 <i>ROTARY DRYER</i> (RD-02)	24
3.2.9 TANGKI PENYIMPAN ASETALDEHIDA (T-01).....	25
3.2.10 TANGKI PENYIMPAN FORMALDEHIDA (T-02)	26
3.2.11 <i>BIN HOOPER</i> PENYIMPAN SODIUM HIDROKSIDA (BH-01).....	26
3.2.12 TANGKI PENYIMPAN ASAM FORMAT (T-03)	27
3.2.13 SILO PENYIMPAN SODIUM FORMAT (S-01).....	28
3.2.14 SILO PENYIMPAN PENTAERITRITOL (S-02)	29
3.2.15 <i>BELT CONVEYOR</i> SODIUM HIDROKSIDA (BC-01).....	29
3.2.16 <i>BELT CONVEYOR</i> SODIUM FORMAT (BC-02).....	30
3.2.17 <i>BELT CONVEYOR</i> SODIUM FORMAT (BC-03).....	30
3.2.18 <i>BELT CONVEYOR</i> PENTAERITRITOL (BC-04)	31
3.2.19 <i>BUCKET ELEVATOR</i> SODIUM FORMAT (BE-01)	32
3.2.20 <i>BELT CONVEYOR</i> PENTAERITRITOL (BC-05)	32
3.2.21 <i>BUCKET ELEVATOR</i> PENTAERITRITOL (BE-02).....	33
3.2.22 <i>HEATER</i> (HE-01)	34
3.2.23 <i>HEATER</i> (HE-02)	34
3.2.24 <i>HEATER</i> (HE-03)	35
3.2.25 <i>HEATER</i> (HE-04)	36

3.2.26 HEATER (HE-05)	36
3.2.27 COOLER (CL-01).....	38
3.2.28 POMPA (P-01)	38
3.2.29 POMPA (P-02)	39
3.2.30 POMPA (P-03)	40
3.2.31 POMPA (P-04)	41
3.2.32 POMPA (P-05)	42
3.2.33 POMPA (P-06)	43
3.2.34 POMPA (P-07)	44
3.2.35 POMPA (P-08)	45
3.2.36 EXPANSION VALVE (E-01)	46
3.2.37 BLOWER (BL-01).....	46
3.2.38 FAN (F-01).....	47
3.3 PERENCANAAN PRODUKSI.....	47
3.3.1 ANALISIS KEBUTUHAN BAHAN BAKU.....	47
3.3.2. ANALISIS KEBUTUHAN PERALATAN PROSES	48
BAB IV PERANCANGAN PABRIK	
4.1 LOKASI PABRIK.....	49
4.1.1 FAKTOR PRIMER PENENTUAN LOKASI PABRIK	50
4.1.2 FAKTOR SEKUNDER PENENTUAN LOKASI PABRIK	52
4.2 TATA LETAK PABRIK	53
4.3 TATA LETAK ALAT PROSES.....	56
4.4 ALIR PROSES DAN MATERIAL	58
4.4.1 NERACA MASSA	58
4.4.1.1 Neraca Massa Total	58
4.4.1.2 Neraca Massa Per Alat.....	59
4.4.2 NERACA PANAS	63
4.5 PELAYANAN TEKNIK (UTILITAS).....	70
4.5.1 UNIT PENGADAAN AIR DAN PENGOLAHAN AIR.....	70
4.5.1.1 Unit Pengadaan Air.....	70
4.5.1.2 Unit Pengolahan Air	72
4.5.1.3 Kebutuhan Air	80
4.5.2 UNIT PENGADAAN STEAM.....	82
4.5.3 UNIT PENGADAAN LISTRIK	83

4.5.4 UNIT PENGADAAN BAHAN BAKAR	86
4.5.5 UNIT PENGADAAN UDARA DINGIN	86
4.5.6 UNIT PENGOLAHAN LIMBAH	87
4.5.7 SPESIFIKASI ALAT UTILITAS	87
4.6 ORGANISASI PERUSAHAAN.....	114
4.6.1 BENTUK ORGANISASI PERUSAHAAN.....	114
4.6.2 STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	116
4.6.3 TUGAS DAN WEWENANG	120
4.6.3.1 Pemegang Saham.....	120
4.6.3.2 Dewan Komisaris.....	120
4.6.3.3 Dewan Direksi	120
4.6.3.4 Staff Ahli	122
4.6.3.5 Kepala Bagian.....	122
4.6.3.6 Kepala Seksi	126
4.6.3.7 Status Karyawan	127
4.6.4 JABATAN DAN KEAHLIAN	127
4.6.5 JUMLAH KARYAWAN.....	129
4.6.6 PEMBAGIAN JAM KERJA.....	132
4.6.6.1 Karyawan Non Shift	132
4.6.6.2 Karyawan Shift	133
4.6.7 KETENAGAKERJAAN	135
4.6.7.1 Cuti Tahunan	135
4.6.7.2 Hari Libur Nasional	135
4.6.7.3 Kerja Lembur.....	135
4.6.7.4 Sistem Gaji Pegawai	135
4.6.8 FASILITAS KARYAWAN.....	137
4.7 EVALUASI EKONOMI.....	139
4.7.1 <i>CAPITAL INVESTMENT</i>	143
4.7.1.1 <i>Fixed Capital Investment</i>	143
4.7.1.2 <i>Working Capital Investment</i>	144
4.7.2 <i>TOTAL PRODUCTION COST</i>	144
4.7.2.1 <i>Manufacturing Cost</i>	144
4.7.2.2 <i>General Expense</i>	146
4.7.3 ANALISA KEUNTUNGAN	146
4.7.4 ANALISA KELAYAKAN.....	147
4.7.4.1 <i>Return on Investment (ROI)</i>	147

4.7.4.2 <i>Pay Out Time</i> (POT).....	147
4.7.4.3 <i>Discounted Cash Flow Rate of Return</i> (DCFR).....	147
4.7.4.4 <i>Break Even Point</i> (BEP)	148
4.7.4.5 <i>Shut Down Point</i> (SDP).....	150

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN	150
5.2 SARAN	151
DAFTAR PUSTAKA	153
LAMPIRAN	156

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Impor pentaeritritol pada tahun 2012-2017	3
Tabel 1.2 Kapasitas pabrik pentaeritritol yang telah berdiri	6
Tabel 3.1 Shell tiap <i>course</i> plate tangki (T-01)	25
Tabel 3.2 Shell tiap <i>course</i> plate tangki (T-02)	26
Tabel 3.3 Shell tiap <i>course</i> plate tangki (T-03)	28
Tabel 3.4 Kebutuhan bahan baku	48
Tabel 4.1 Rincian luas tanah dan bangunan pabrik pentaeritritol	54
Tabel 4.2 Neraca massa total	58
Tabel 4.3 Neraca massa <i>mixer</i> -01	59
Tabel 4.4 Neraca massa reaktor-01	59
Tabel 4.5 Neraca massa reaktor-02	60
Tabel 4.6 Neraca massa <i>neutralizer</i> -01	60
Tabel 4.7 Neraca massa evaporator-01	61
Tabel 4.8 Neraca massa <i>centrifuge</i> -01	61
Tabel 4.9 Neraca massa <i>rotary dryer</i> -01	62
Tabel 4.10 Neraca massa <i>crystallizer</i> -01	62
Tabel 4.11 Neraca massa <i>rotary dryer</i> -02	63
Tabel 4.12 Neraca panas <i>mixer</i> -01	63
Tabel 4.13 Neraca panas <i>heater</i> -01	64
Tabel 4.14 Neraca panas <i>heater</i> -02	64
Tabel 4.15 Neraca panas <i>heater</i> -03	64
Tabel 4.16 Neraca panas reaktor-01	65

Tabel 4.17 Neraca panas reaktor-02.....	65
Tabel 4.18 Neraca panas <i>heater</i> -04.....	65
Tabel 4.19 Neraca panas <i>neutralizer</i> -01	66
Tabel 4.20 Neraca panas evaporator-01	66
Tabel 4.21 Neraca panas <i>cooler</i> -01.....	66
Tabel 4.22 Neraca panas <i>rotary dryer</i> -01	67
Tabel 4.23 Neraca panas <i>crystallizer</i> -01	67
Tabel 4.24 Neraca panas <i>rotary dryer</i> -02	67
Tabel 4.25 Kebutuhan air untuk pendingin.....	80
Tabel 4.26 Kebutuhan air untuk steam	81
Tabel 4.27 Kebutuhan air untuk sanitasi.....	82
Tabel 4.28 Kebutuhan air untuk proses.....	82
Tabel 4.29 Komsumsi listrik untuk keperluan proses	84
Tabel 4.30 Komsumsi listrik untuk keperluan utilitas	85
Tabel 4.31 Komsumsi listrik untuk keperluan lain	86
Tabel 4.32 Jabatan dan keahlian	128
Tabel 4.33 Jumlah operator.....	130
Tabel 4.34 Jumlah karyawan	131
Tabel 4.35 Jadwal kerja masing-masing regu	134
Tabel 4.36 Gaji karyawan	136
Tabel 4.37 Index harga.....	141
Tabel 4.38 <i>Fixed capital investment</i>	143
Tabel 4.39 <i>Working capital investment</i>	144

Tabel 4.40 <i>Manufacturing cost</i>	145
Tabel 4.41 <i>General expense</i>	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor pentaeritritol tahun 2012-2017	4
Gambar 1.2 Kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara di Asia tahun 2012 - 2017	5
Gambar 1.3 Struktur kimia pentaeritritol	7
Gambar 4.1 Lokasi pendirian pabrik.....	49
Gambar 4.2 Tata letak pabrik.....	55
Gambar 4.3 Tata letak alat proses	58
Gambar 4.4 Diagram kualitatif	68
Gambar 4.5 Diagram kuantitatif	69
Gambar 4.6 Diagram alir utilitas.....	79
Gambar 4.7 Struktur organisasi perusahaan.....	119
Gambar 4.8 Grafik index harga.....	142
Gambar 4.9 Grafik BEP	149

ABSTRAK

Pra rancangan pabrik pentaeritritol dari asetaldehida dan formaldehida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun direncanakan akan dibangun di Serang, Banten. Pabrik ini direncanakan akan beroperasi 24 jam dalam sehari selama 330 hari dalam setahun dengan jumlah pekerja 134 orang.

Bahan baku asetaldehida yang diperlukan sebanyak 679,0224 kg/jam sedangkan formaldehida sejumlah 2083,3640 kg/jam. Proses produksi dilakukan pada suhu 45°C dan tekanan 2 atm di reaktor alir tangki berpengaduk (RATB).

Kebutuhan utilitas meliputi air sebanyak 5718,0572 kg/jam, listrik untuk alat proses sebanyak 57 kW, bahan bakar *boiler* berupa *fuel oil* sebanyak 130,0974 kg/jam, dan solar sebagai bahan bakar generator untuk sumber listrik cadangan sebanyak 872,4498 kg/jam.

Hasil analisa ekonomi dari pabrik ini menunjukkan jumlah *Fixed capital investment* sebesar Rp145.849.697.693,- dan *Working capital investment* sebesar Rp628.967.911.714,-. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp43.955.465.487,- dan setelah pajak sebesar Rp21.098.623.434,-. *Return on Investment* sebelum pajak 30% dan sesudah pajak 14%. *Pay Out Time* sebelum pajak 2,5 tahun dan sesudah pajak 4,1 tahun. *Break Even Point* sebesar 47,98% dengan *Shut Down Point* sebesar 27,27%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut dapat disimpulkan bahwa pabrik pentaeritritol dari asetaldehida dan formaldehida ini layak untuk didirikan.

Kata-kata kunci : Pentaeritritol, Asetaldehida, Formaldehida, RATB

ABSTRACT

Preliminary design of pentaerythritol plant from acetaldehyde and formaldehyde with capacity 15.000 ton/years was planned to be built in Serang, Banten. This chemical plant will be operated for 24 hours a day and 330day/year with 134 employees.

Raw material needed was acetaldehyde 679,0224 kg/hour and formaldehyde 2083,3640 kg/hour. The production process would be operated at a temperature of 45°C and a pressure of 2 atm in the continuous stirred tank reactor (CSTR). Utilities needs include water as much as 5718,0572 kg/hour, electricity for running process tools as much as 57 kW, fuel oil as much as 130,0974 kg/hour, and 872,4498 kg/jam of solar.

An economic analysis shows that this chemical plant need to be covered by fix capital investment of about Rp145.849.697.693,- , working capital investment of about Rp628.967.911.714,-. The profit before tax is Rp43.955.465.487,- while the profit after tax was Rp21.098.623.434,-. Percentage of return on investment (ROI) before tax was 30% while after tax was 14%. Pay out time (POT) before tax was 2,5 years while after tax was 4,1 years. The value of break even point (BEP) and shut down point (SDP) was 47,98% and 27,27%. Respectively based on the economic analisis, it was conclude that plant design of pentaerythritol with capacity 15.000 ton/years was visible to build.

Keywords : Pentaerythritol, Acetaldehyde, Formaldehyde, CSTR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada saat ini, industri di Indonesia sedang berkembang cukup pesat. Industri merupakan suatu kegiatan atau proses pengolahan bahan baku, baik bahan mentah maupun bahan setengah jadi menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi lebih tinggi dan bermanfaat. Banyaknya macam industri yang berkembang di negara ini, menyebabkan semakin banyak pula bahan baku yang diperlukan untuk mendukung industri tersebut.

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

1. Pentaeritritol digunakan sebagai bahan baku untuk bahan peledak pentaeritritol tetranitrate (PETN). PETN sendiri digunakan sebagai pendorong utama bagi tri nitro toluen (TNT) untuk menghasilkan ledakan yang sangat dahsyat.
2. Resin pentaeritritol digunakan dalam pembuatan cat dan tinta karena dapat menghasilkan viskositas yang tinggi, dapat menstabilkan warna, serta tahan air.
3. Pentaeritritol dapat digunakan tanpa atau dengan campuran garam logam sebagai penstabil panas.

4. Pada industri tekstil, pentaeritritol digunakan untuk menghaluskan serat, baik serat sintetis maupun serat kimia. Hal ini dikarenakan ester asam lemak dari pentaeritritol mempunyai tingkat kestabilan yang tinggi, mempunyai titik didih yang tinggi, namun mempunyai kelarutan yang rendah.
5. Pada industri pelumas mesin, pentaeritritol digunakan dalam pembuatan pelumas.
6. Pentaeritritol dapat diubah menjadi polyether yang memiliki ketahanan korosi dan stabilitas yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan pipa, *valve*, dan pelapis logam.
7. Resin yang terbuat dari pentaeritritol dapat juga digunakan sebagai insulasi listrik.

Nama pentaeritritol berasal dari erythritol, yang menunjukkan adanya 4 kelompok hidroksil, dan awalan “penta” yang menunjukkan adanya 5 atom karbon dalam molekul (Maity, 2009).

Pada tahun 1882, awalnya pentaeritritol ditemukan sebagai produk samping dari reaksi antara barium hidroksida dengan formaldehida tidak murni. Akan tetapi, beberapa tahun kemudian, tahun 1891, ditemukan bahwa pengotornya adalah asetaldehida, yang terkondensasi dengan formaldehida dalam kondisi basa. (Maity, 2009)

Industri atau pabrik pentaeritritol belum pernah didirikan di Indonesia. Padahal, jumlah impor pentaeritritol di Indonesia cukup tinggi dan diperkirakan akan terus meningkat dikarenakan semakin berkembangnya

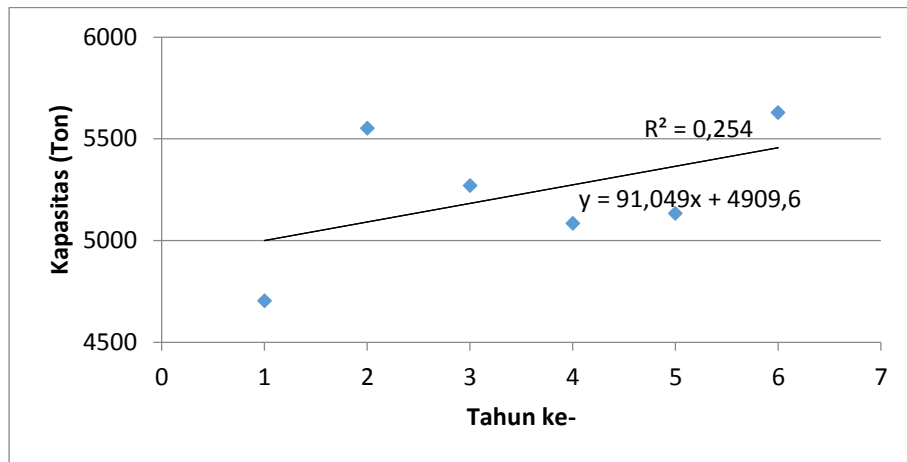
industri pemakai pentaeritritol. Ada beberapa industri kimia lain di Indonesia yang membutuhkan pentaeritritol sebagai bahan bakunya. Sehingga, industri kimia yang membutuhkan pentaeritritol tersebut harus mengimpor bahan bakunya. Selain di Indonesia, negara-negara tetangga di Asia juga cukup banyak yang membutuhkan pentaeritritol. Artinya, pembangunan pabrik pentaeritritol di Indonesia dapat membantu memenuhi kebutuhan negara Indonesia dan juga negara-negara tetangga.

Prediksi kapasitas pabrik salah satunya diambil berdasarkan data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai impor pentaeritritol di Indonesia. Impor pentaeritritol di Indonesia dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Tabel 1.1 atau Gambar 1.1.

Tabel 1.1 Impor pentaeritritol tahun 2012-2017

No	Tahun	Impor (ton)
1.	2012	4703,739
2.	2013	5550,894
3.	2014	5083,862
4.	2015	5083,862
5.	2016	5133,349
6.	2017	5628,687

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018)



Gambar 1.1 Impor pentaeritritol tahun 2012-2017

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2018)

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

$$y = ax + b \quad \dots (1)$$

Keterangan : y = kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia, x = tahun ke-, a = gradien, b = *intercept*.

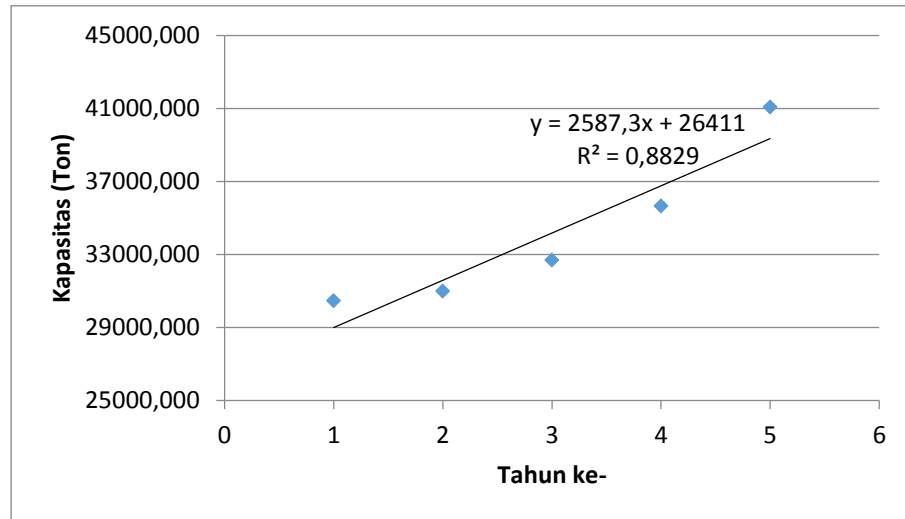
Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka dapat diketahui kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2023 atau tahun ke-12 adalah :

$$y = (91,049 \times 12) + 4909,6$$

$$y = 6002,188 \text{ ton/tahun}$$

Selain melihat kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun mendatang, perlu diperhatikan pula kebutuhan pentaeritritol di luar Indonesia.

Data peningkatan kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara di Asia dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Kebutuhan pentaeritritol di beberapa negara di Asia tahun 2012-2016

(Sumber : data.un.org, 2018)

Dengan melihat kebutuhan pentaeritritol baik di dalam maupun di luar negeri, maka besarnya kapasitas pabrik pentaeritritol yang direncanakan adalah sebesar 15.000 ton/tahun.

Kapasitas pabrik pentaeritritol yang pernah berdiri adalah berkisar antara 5.000-36.000 ton/tahun (www.icis.com), sebagaimana terdapat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Kapasitas pabrik pentaeritritol yang telah berdiri

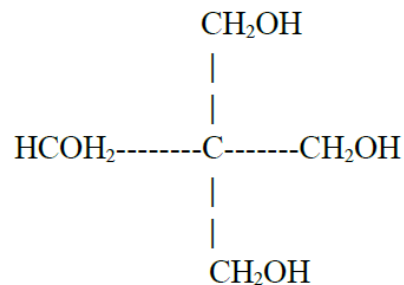
No.	Produsen	Negara	Kapasitas (Ton/tahun)
1	Kanoria Chemicals & Industries	India	5.000
2	Liyang Ruiyang Chemical	Cina	10.000
3	Copenor	Brazil	12.000
4	Hercules	US	22.000
5	Perstorp	Jerman	36.000

Pendirian pabrik pentaeritritol di Indonesia diharapkan mampu mendorong kemandirian Indonesia untuk dapat memproduksi bahan-bahan sendiri tanpa bergantung pada negara lain. Selain itu, pendirian pabrik ini juga diharapkan dapat memberikan dampak positif terhadap sosial dan ekonomi negara Indonesia. Dalam artian, pendirian pabrik ini diharapkan dapat menekan tingkat pengangguran yang ada di Indonesia serta meningkatkan kesejahteraan sosial dan juga dapat meningkatkan devisa negara.

1.2 TINJAUAN PUSTAKA

Pentaeritritol merupakan senyawa kristal putih dan tidak berbau yang mempunyai rumus kimia $C_5H_{12}O_4$ dengan struktur kimia seperti pada Gambar 1.3. Senyawa ini mempunyai titik leleh cukup tinggi, yaitu berkisar pada suhu $262^{\circ}C$ dan bersifat higroskopis. Senyawa pentaerythritol larut dalam air.

Sedangkan kelarutannya pada cairan organik sangat terbatas dan tidak larut dalam pelarut ether.



Gambar 1.3 Struktur kimia pentaeritritol

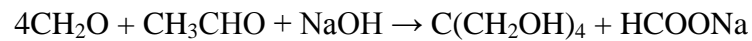
1.2.1 PEMILIHAN PROSES

Terdapat dua metode dalam pembuatan pentaeritritol. Metode pertama adalah dengan menggunakan soda abu dan metode kedua adalah dengan menggunakan asam sebagai penetralnya.

Pada metode yang pertama (Maity, 2009), pentaeritritol dibuat dengan menggunakan formaldehida dan asetaldehida yang direaksikan dengan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Kemudian soda abu (Na_2CO_3) digunakan untuk mengubah ion kalsium menjadi kalsium karbonat. Selanjutnya kalsium karbonat difiltrasi dari sodium format. Setelah difiltrasi, *slurry* dimasukkan ke dalam evaporator dan dikristalisasi serta difiltrasi kembali sebanyak 2 kali. Proses ini membutuhkan lebih banyak alat yang digunakan. Hal ini menyebabkan meningkatnya biaya kebutuhan alat sehingga proses ini tidak ekonomis.

Pada metode yang kedua, pentaeritritol dibuat dengan menggunakan asam sebagai pengganti soda abu. Pentaeritritol dibuat dengan menggunakan

formaldehida dan asetaldehida yang direaksikan dengan menggunakan sodium hidroksida. Kemudian asam format digunakan untuk menetralkan sisa sodium hidroksida menjadi sodium format. Berikut reaksi kimia yang terjadi pada pembuatan pentaeritritol.



Sodium hidroksida ditambahkan ke dalam larutan formaldehida. Kemudian, asetaldehida ditambahkan secara perlahan dengan disertai pengadukan. Hasil keluaran dari reaktor kemudian ditambah dengan asam untuk menetralkan sisa alkali yang berupa sodium hidroksida. Larutan tersebut kemudian di evaporasi dan dipisahkan antara produk utama dengan produk sampingnya yang berupa sodium format. Sedangkan produk utama akan dikristalisasi dan dikeringkan menjadi padatan pentaeritritol. (Faith dan Keyes, 1957)

Keuntungan yang didapat dari metode kedua adalah (Maity, 2009) :

1. Dapat mencapai yield sebesar 85-90%
2. Lebih mudah dalam mengubah ion sodium menjadi sodium format.
3. Produk samping berupa sodium formate dapat memiliki banyak manfaat, diantaranya sebagai bahan pemutih, pelumas, pengatur viskositas, serta dapat juga digunakan sebagai bahan pembuat asam format.

1.2.2 POTENSIAL EKONOMI

Dengan melihat reaksi untuk memproduksi pentaeritritol, maka dapat diketahui besarnya potensial ekonomi sebagai berikut :

1. Metode Pertama

$$\begin{aligned}
 PE &= (\text{Massa x Harga})_{\text{produk}} - (\text{Massa x Harga})_{\text{reaktan}} \\
 &= ((\text{Massa x Harga})_{\text{pentaerythritol}} + (\text{Massa x Harga})_{\text{kalsium format}}) - \\
 &\quad ((\text{Massa x Harga})_{\text{formaldehida}} + (\text{Massa x Harga})_{\text{asetaldehida}} + \\
 &\quad (\text{Massa x Harga})_{\text{kalsium hidroksida}}) \\
 &= ((1 \text{ ton} \times 1,5100 \text{ US\$/ton}) + (0,48 \text{ ton} \times 300 \text{ US\$/ton})) - \\
 &\quad ((1,10 \text{ ton} \times 400 \text{ US\$/ton}) + (0,40 \text{ ton} \times 1,500 \text{ US\$/ton}) + \\
 &\quad (0,26 \text{ ton} \times 600 \text{ US\$/ton})) \\
 &= \text{US\$ } 448,419
 \end{aligned}$$

2. Metode Kedua

$$\begin{aligned}
 PE &= (\text{Massa x Harga})_{\text{produk}} - (\text{Massa x Harga})_{\text{reaktan}} \\
 &= ((\text{Massa x Harga})_{\text{pentaerythritol}} + (\text{Massa x Harga})_{\text{sodium format}}) - \\
 &\quad ((\text{Massa x Harga})_{\text{formaldehida}} + (\text{Massa x Harga})_{\text{asetaldehida}} + \\
 &\quad (\text{Massa x Harga})_{\text{sodium hidroksida}}) \\
 &= ((1 \text{ ton} \times 1,5100 \text{ US\$/ton}) + (0,5 \text{ ton} \times 450 \text{ US\$/ton})) - \\
 &\quad ((0,98 \text{ ton} \times 400 \text{ US\$/ton}) + (0,36 \text{ ton} \times 1,500 \text{ US\$/ton}) + \\
 &\quad (0,33 \text{ ton} \times 350 \text{ US\$/ton})) \\
 &= \text{US\$ } 689,248
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan potensial ekonomi dalam memproduksi pentaeritritol dari formaldehida dan asetaldehida dengan hasil samping berupa sodium format, dapat diketahui bahwa proses tersebut dapat menghasilkan profit yang cukup tinggi. Maka, proses tersebut layak untuk dijalankan.

1.2.3 KINETIKA



dimana, F = formaldehida, A = asetaldehida, N = sodium hidroksida, P = pentaeritritol, dan NF = sodium format.

Reaksi pembuatan pentaeritritol merupakan reaksi orde 3 terhadap acetaldehyde dengan nilai konstanta kecepatan reaksi sebagai berikut :

$$k = 1,82 \cdot 10^{17} \exp\left(-\frac{22800}{RT}\right) \quad L^2 \text{mol}^{-2} \text{jam}^{-1} \quad (\text{Peter \& Cupit, 1958})$$

dengan :

k = konstanta kecepatan reaksi

R = tetapan gas

T = suhu

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 SPESIFIKASI PRODUK

2.1.1 PENTAERITRITOL

SIFAT FISIS

Rumus kimia	: $C_5H_{12}O_4$
Fasa	: Kristal
Berat molekul	: 136,15 gram/mol
Titik didih	: 276 °C (1 atm)
Titik leleh	: 262°C (1 atm)
Kelarutan (air)	: 5,6 gram/100 gram
Kelarutan (alkohol)	: Sangat sedikit larut
Kelarutan (ether)	: Tidak dapat larut
Konsentrasi	: 98%

(Perry, 1997)

2.1.2 SODIUM FORMAT

SIFAT FISIS

Rumus kimia	: $HCOONa$
Fasa	: Padat (sciencelab, 2018)
Warna	: Putih
Berat molekul	: 68,01 gram/mol

Titik leleh	: 253°C
Spesific gravity	: 1,919
Kelarutan (air dingin)	: 44 gram/100 gram (0°C)
Kelarutan (air panas)	: 160 gram/100 gram (100°C)
Kelarutan (pelarut lain)	: Sedikit larut dalam etil alkohol, tidak larut dalam etil eter
Konsentrasi	: 92%

(Perry, 1997)

2.2 SPESIFIKASI BAHAN BAKU

2.2.1 FORMALDEHIDA 37%

SIFAT FISIS

Rumus kimia	: CH ₂ O
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul	: 30,02 gram/mol
Titik didih	: 98°C
Titik leleh	: -15°C
Densitas	: 1,08 gram/mL
Kelarutan (air dingin)	: Mudah larut
Kelarutan (air panas)	: Mudah larut
Kelarutan (pelarut lain)	: Larut dalam dietileter, alkohol, aseton

(Sciencelab, 2018)

2.2.2 ASETALDEHIDA

SIFAT FISIS

Rumus kimia	: CH ₃ CHO
Fasa	: Cair
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul	: 44,05 gram/mol
Titik didih	: 20,2°C
Titik leleh	: -123,5°C
Spesific gravity	: 0,783
Kelarutan	: <i>Infinitely</i> pada air, alkohol, eter
Konsentrasi	: 99%

(Perry, 1997)

2.2.3 SODIUM HIDROKSIDA

SIFAT FISIS

Rumus kimia	: NaOH
Fasa	: Padat
Warna	: Putih
Berat molekul	: 40 gram/mol
Titik didih	: 1388°C
Titik leleh	: 323°C
Specific gravity	: 2,13
Kelarutan (air)	: Larut (eksoterm)
Kelarutan (pelarut lain)	: Larut dalam etanol, metanol, dan gliserol

Konsentrasi : 98%

(LabChem, 2018)

2.2.4 ASAM FORMAT

SIFAT FISIS

Rumus kimia : HCO_2H

Fasa : Cair

Warna : Tidak berwarna

Berat molekul : 46,03 gram/mol

Titik didih : $100,8^\circ\text{C}$

Titik leleh : $8,6^\circ\text{C}$

Spesific gravity : 1,220 gram/mL

Kelarutan : *Infinitely* pada air dan alkohol

Konsentrasi : 94%

(Perry, 1997)

2.3 PENGENDALIAN KUALITAS

Pengendalian kualitas pada pabrik pentaeritritol ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses, dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan dan kesesuaian terhadap spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Uji yang dilakukan antara lain uji densitas, viskositas, volatilitas, kadar komposisi komponen, dan kemurnian bahan baku.

2.3.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian kualitas proses dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room*, dilakukan dengan cara *automatic control* yang menggunakan indikator. Apabila terjadi penyimpangan pada indikator dari yang telah ditetapkan/diset, maka dapat diketahui dari sinyal atau tanda yang diberikan yaitu nyala lampu, bunyi alarm, dan sebagainya. Bila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut harus dikembalikan pada konsisi atau set semula baik secara manual maupun otomatis.

Alat kontrol yang dipakai diset/dikondisikan pada harga tertentu :

a. *Flow Control*

Merupakan alat yang diletakkan/dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan keluar alat proses. *Flow control* ini diset pada harga tertentu. Bila *flow control* mengalami penyimpangan dari harga yang diset, maka akan diberikan isyarat yang merupakan perintah untuk mengembalikan ke set semula.

b. Temperatur Control

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Apabila ada penyimpangan pada suhu dengan set yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat yang dapat berupa suara, nyala lampu, dan lain-lain.

c. Level Control

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara ataupun nyala lampu.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan, serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka dilakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 URAIAN PROSES

Pada awalnya, sodium hidroksida 98% dilarutkan dengan menggunakan air di dalam *mixer* dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Hasil pelarutan sodium hidroksida dari dalam *mixer* kemudian dimasukkan ke dalam reaktor bersama dengan asetaldehida dan formaldehida pada suhu 45°C dan tekanan 2 atm. Pentaeritritol, sodium format, serta sisa bahan baku berupa formaldehida, asetaldehida, dan larutan sodium hidroksida merupakan hasil keluaran dari reaktor yang kemudian diumpankan ke *neutralizer*. Di dalam *neutralizer*, natrium hidroksida akan di netralkan dengan menggunakan asam format pada suhu 45°C dan tekanan 2 atm, reaksi dilakukan hingga natrium hidroksida habis bereaksi. Setelah proses penetralan di *neutralizer*, semua bahan akan diumpankan ke evaporator untuk dipekatkan pada kondisi operasi suhu 105°C dan tekanan 1 atm. Hasil atas evaporator adalah formaldehida, asetaldehida dan air dalam bentuk uap, sedangkan hasil bawah evaporator adalah pentaeritritol dalam bentuk larutan dan sodium format dalam bentuk padatan. Hasil atas evaporator akan dialirkan ke unit pengelolaan lanjut, sedangkan hasil bawah evaporator akan dimasukkan ke dalam *centrifuge* untuk proses pemisahan kristal natrium format dari larutan pentaeritritol, proses ini berlangsung pada suhu 45°C dan tekanan 1 atm. Kemudian larutan pentaeritritol diumpankan ke *crystallizer* pada suhu 20°C

dan tekanan 1 atm untuk proses pengkristalan pentaeritritol. Kemudian, padatan pentaeritritol akan dikeringkan dalam *rotary dryer* pada suhu 100°C dan tekanan 1 atm.

3.2 SPESIFIKASI ALAT

3.2.1 Mixer (M-01)

Fungsi : Melarutkan padatan sodium hidroksida menjadi larutan sodium hidroksida 50%

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup *torispherical head* dilengkapi dengan pengaduk dan berjaket pendingin

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 30⁰C

Spesifikasi : Diameter : 0,69 m

Tinggi : 1,41 m

Tinggi Cairan: 1,23 m

Tebal Shell : 0,19 in

Tebal Head : 0,19 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Pengaduk :

Jenis Pengaduk : Marrine propeller 3 blade

Diameter Pengaduk : 0,24 m

Lebar Pengaduk : 0,02 m

Daya Pengaduk : 0,5 HP

Jumlah Baffle	: 4
Lebar Baffle	: 0,06 m
Pendingin	:
Tinggi Jacket Pendingin	: 1,23 m
Lebar Jacket Pendingin	: 0,09 m
Luas Transfer Panas	: 3,10 m ²
Harga	: \$ 13,667

3.2.2 Reaktor (R-01)

Fungsi	: Mereaksikan asetaldehida, formaldehida, dan sodium hidroksida menjadi pentaerythritol dan sodium format
Jenis	: Reaktor alir tangki berpengaduk
Katalis	: Natrium hidroksida
Kondisi Operasi	: Tekanan : 2 atm
	: Suhu : 45 ⁰ C
Spesifikasi	: Inside Diameter : 0,70 m
	: Outside Diameter : 0,71 m
	: Tinggi : 1,33 m
	: Tinggi Cairan : 1,14 m
	: Tebal Shell : 0,19 in
	: Tebal Head : 0,19 in
Jumlah	: 2 buah
Bahan	: Stainless steel SA-167 grade 11 type 316

Pengaduk :

Jenis Pengaduk : Flat blade turbine

Diameter Pengaduk : 0,24 m

Lebar Pengaduk : 0,04 m

Daya Pengaduk : 1,5 HP

Jumlah Baffle : 4

Lebar Baffle : 0,06 m

Pendingin :

Panjang Koil : 27,43 m

Jumlah Lilitan Koil : 14 lilitan

Luas Transfer Panas : 39,15 ft²

Tinggi Cairan Setelah Ditambah Koil: 1,01 m

Harga : \$ 111,839

3.2.3 *Neutralizer (N-01)*

Fungsi : Menetralkan sodium hidroksida sisa reaksi dengan menggunakan asam format 94%

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk

Kondisi Operasi : Tekanan : 2 atm

Suhu : 45⁰C

Spesifikasi : Inside Diameter (ID) : 2,12 m

Outside Diameter (OD) : 2,13 m

Tinggi : 3,30 m

	Tebal Shell	: 0,19 in
	Tebal Head	: 0,25 in
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: Stainless steel SA-167 grade 11 type 316	
Pengaduk	:	
	Jenis Pengaduk	: Open straight blade turbine
	Jumlah Pengaduk	: 1
	Diameter Pengaduk	: 0,71 m
	Lebar Pengaduk	: 0,18 m
	Daya Pengaduk	: 20 HP
	Jumlah Baffle	: 4
	Lebar Baffle	: 0,18 m
Pemanas	:	
	Panjang Koil Pemanas	: 2,22 m
	Jumlah Lilitan Koil Pemanas	: 1
	Luas Transfer Panas	: 5,48 ft ²
Harga	: \$ 289,164	

3.3.4 Evaporator (EV-01)

Fungsi	: Menguapkan air, asetaldehida dan formaldehida
Jenis	: Short vertikal tube evaporator
Kondisi Operasi	: Tekanan : 1 atm
	Suhu : 105 ⁰ C

Jumlah : 1

Dimensi Vessel Evaporator :

Diameter : 1,95 m

Tinggi : 2,92 m

Tebal Shell : 0,19 in

Tebal Head : 0,19 in

Tinggi Cairan : 1,05 m

Dimensi Heat Exchanger :

Shell Side

Fluida Dingin : Umpan campuran pentaeritritol, sodium format,
air, asetaldehida, formaldehida

ID Shell : 12 in

Pitch : 1,56 in

Pass : 1

Tube Side

Fluida Panas : Steam

Jumlah Tube : 30

OD Tube : 1,25 in

BWG : 10

ID Tub : 0,98 in

Tebal Tube : 0,13 in

Panjang Tube : 6 ft

Faktor Kekotoran :

Rd Min : 0,0030
 Rd Terhitung : 0,0046
 Bahan : Stainless steel SA-167 grade 3 type 304
 Harga : \$ 104,778

3.2.5 Centrifuge (CF-01)

Fungsi : Memisahkan padatan sodium format dari evaporator
 sebelum diumpankan ke *crystallizer*
 Jenis : *Disk centrifuge*
 Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm
 Suhu : 45⁰C
 Spesifikasi : Diameter : 0,33 m
 Panjang : 0,99 m
 Daya Motor : 1,5 HP
 Tebal Shell : 0,19 in
 Jumlah : 1 buah
 Bahan : Carbon steel SA-283 grade C
 Harga : \$ 13,097

3.2.6 Rotary Dryer (RD-01)

Fungsi : Mengurangi kadar air dari sodium format
 Jenis : *Direct contact rotary dryer*
 Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

	Suhu	: 80°C
Spesifikasi	: Diameter	: 1,65 m
	Panjang	: 7,16 m
	Tebal Shell	: 0,19 in
	Kemiringan	: 0,08 m/m
	Kecepatan Putar	: 4,63 rpm
	Waktu Tinggal	: 18 menit
	Daya Motor	: 1,5 HP
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: Carbon steel SA - 302 grade D	
Harga	: \$134,845	

3.2.7 Crystallizer (CR-01)

Fungsi	: Mengkristalkan larutan pentaeritritol menjadi kristal pentaeritritol	
Jenis	: <i>Swenson-walker crystallizer</i>	
Kondisi Operasi	: Tekanan	: 1 atm
	Suhu	: 20 °C
Spesifikasi	: Diameter	: 0,73 m
	Panjang	: 3,05 m
	Tinggi	: 0,36 m
	Tebal Dinding	: 0,19 in
Jumlah	: 1 buah	

Bahan : Carbon steel SA-285 grade C

Pengaduk :

Jenis Pengaduk : Spiral agitator

Jumlah Pengaduk : 1

Diameter Pengaduk : 0,73 m

Panjang Pengaduk : 3,05 m

Daya Pengaduk : 1/12 HP

Harga : \$ 13,574

3.2.8 Rotary Dryer (RD-02)

Fungsi : Mengurangi kadar air dari pentaeritritol

Jenis : *Direct contact rotary dryer*

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 80°C

Spesifikasi : Diameter : 1,81 m

Panjang : 6,94 m

Tebal Shell : 0,19 in

Kemiringan : 0,07 m/m

Kecepatan Putar : 4,22 rpm

Waktu Tinggal : 16 menit

Daya Motor : 1,5 HP

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA - 302 grade D

Harga : \$134,845

3.2.9 Tangki Penyimpan Asetaldehida (T-01)

Fungsi : Menyimpan larutan asetaldehida 99% untuk keperluan selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup *conical* dan *flat bottom*

Fase : Cair

Jumlah : 1

Kondisi Operasi : Tekanan : 2 atm
Suhu : 30⁰C

Spesifikasi : Diameter : 7,62 m
Tinggi : 8,43 m
Tebal Head : 0,88 in
Tebal Bottom : 0,25 in

Tabel 3.1 Shell tiap course plate tangki (T-01)

Plate	H (ft)	ts (in)	ts standard
1	24	0,78	0,88
2	18	0,75	0,75
3	12	0,71	0,75
4	6	0,68	0,75

Bahan : Carbon steel SA-285 grade C

Harga : \$ 66,853

3.2.10 Tangki Penyimpan Formaldehida (T-02)

Fungsi	: Menyimpan larutan formaldehida 37% untuk keperluan selama 7 hari		
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan tutup <i>conical</i> dan flat bottom		
Fase	: Cair		
Jumlah	: 1		
Kondisi Operasi	Tekanan	:	1 atm
	Suhu	:	30 ⁰ C
Spesifikasi	Diameter	:	13,72 m
	Tinggi	:	5,58 m
	Tebal Head	:	0,50 in
	Tebal Bottom	:	0,38 in

Tabel 3.2 Shell tiap course plate tangki (T-02)

Plate	H (ft)	ts (in)	ts standard
1	18	0,81	0,88
2	12	0,74	0,75
3	6	0,66	0,75

Bahan : Carbon steel SA-285 grade C

Harga : \$ 149,878

3.2.11 Bin Hooper Penyimpan Sodium Hidroksida (BH-01)

Fungsi : Menyimpan sodium hidroksida padat untuk keperluan

	selama 7 hari	
Jenis	: Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut	
Kondisi Operasi	Tekanan	: 1 atm
	Suhu	: 30 °C
Spesifikasi	Diameter	: 4,57 m
	Tinggi	: 7,32 m
	Diameter Bukaan Bawah	: 0,03 m
	Tebal Shell	: 0,31 in
Jumlah	: 1 buah	
Bahan	: Carbon steel SA - 283 grade C	
Harga	: \$ 28,245	

3.2.12 Tangki Penyimpan Asam Format (T-03)

Fungsi	: Menyimpan larutan asam format 94% untuk keperluan selama 7 hari	
Jenis	: Tangki silinder tegak dengan tutup <i>conical</i> dan <i>flat bottom</i>	
Fase	: Cair	
Jumlah	: 1	
Kondisi Operasi	Tekanan	: 2 atm
	Suhu	: 30°C
Spesifikasi	Diameter	: 4,57 m
	Tinggi	: 3,85 m

Tebal Head : 0,19 in

Tebal Bottom : 0,19 in

Tabel 3.3 Shell tiap course plate tangki (T-03)

Plate	H (ft)	ts (in)	ts standard
1	12	0,27	0,31
2	6	0,25	0,25

Bahan : Stainless steel SA-167 grade 11 type 316

Harga : \$ 24,486

3.2.13 Silo Penyimpan Sodium Format (S-01)

Fungsi : Menyimpan padatan sodium format sebelum masuk ke unit pengantongan selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak dengan tutup *conical* 60⁰

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Diameter : 6,10

Tinggi : 9,14 m

Tebal Shell : 0,3125 in

Tebal Head : 0,1875 in

Tinggi Head : 0,46 m

Tinggi Total : 9,60 m

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon Steel SA-283 Grade D

Harga : \$ 66,853

3.2.14 Silo Penyimpan Pentaeritritol (S-02)

Fungsi : Menyimpan kristal pentaeritritol untuk keperluan selama
7 hari sebelum masuk ke unit pengantongan

Jenis : Silinder vertikal dengan alas berbentuk kerucut

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Diameter : 7,62 m

Tinggi : 10,97 m

Diameter Bukaan Bawah : 0,05 m

Tebal Shell : 0,44 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA - 283 grade C

Harga : \$ 90,086

3.2.15 Belt Conveyor Sodium Hidroksida (BC-01)

Fungsi : Memindahkan padatan sodium hidroksida keluaran bin
hooper ke *mixer*

Jenis : *Close belt conveyor*

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Lebar : 0,61 m

	Tinggi	: 1,38 m
	Panjang	: 2,74 m
	Daya Motor	: 0,05 HP
Jumlah		: 1 buah
Bahan		: Carbon steel SA-135 grade A
Harga		: \$ 5,922

3.2.16 Belt Conveyor Sodium Format (BC-02)

Fungsi		: Memindahkan sodium format keluaran <i>centrifuge</i> ke <i>rotary dryer</i>
Jenis		: <i>Close belt conveyor</i>
Kondisi Operasi	Tekanan	: 1 atm
	Suhu	: 30 °C
Spesifikasi	Lebar	: 0,61 m
	Panjang	: 7,07 m
	Daya Motor	: 0,08 HP
Jumlah		: 1 buah
Bahan		: Carbon steel SA-135 grade A
Harga		: \$ 35,420

3.2.17 Belt Conveyor Sodium Format (BC-03)

Fungsi		: Memindahkan sodium format keluaran <i>rotary dryer</i> ke bucket elevator untuk dibawa menuju silo
--------	--	---

Jenis : *Close belt conveyor*

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Lebar : 0,61 m
Panjang : 5,00 m
Daya Motor : 0,08 HP

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA-135 grade A

Harga : \$ 35,420

3.2.18 Belt Conveyor Pentaeritritol (BC-04)

Fungsi : Memindahkan pentaeritritol keluaran *crystallizer* ke
rotary dryer

Jenis : *Close belt conveyor*

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm
Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Lebar : 0,61 m
Tinggi : 1,83 m
Panjang : 3,66 m
Daya Motor : 0,05 HP

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA-135 grade A

Harga : \$ 7,858

3.2.19 *Bucket Elevator Sodium Format (BE-01)*

Fungsi : Memindahkan sodium format dari *belt conveyor* ke silo

Jenis : *Close bucket elevator*

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Ukuran : 6 x 4 x 5 in

Bucket Speed: 26,40 ft/menit

Rpm Shaft : 5,05 rpm

Tinggi : 9,14 m

Daya Motor : 0,8 HP

Kapasitas : 1,37 ton/jam

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel SA-135 grade A

Harga : \$ 13,439

3.2.20 *Belt Conveyor Pentaeritritol (BC-05)*

Fungsi : Memindahkan pentaeritritol dari *rotary dryer* ke *bucket elevator* untuk dibawa menuju silo

Jenis : *Close belt conveyor*

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 30 °C

Spesifikasi : Lebar : 0,61 m

	Panjang	: 5 m
	Daya Motor	: 0,05 HP
Jumlah		: 1 buah
Bahan		: Carbon steel SA-135 grade A
Harga		: \$ 10,478

3.2.21 *Bucket Elevator* Pentaeritritol (BE-02)

Fungsi		: Memindahkan pentaeritritol dari <i>belt conveyer</i> ke silo
Jenis		: <i>Close bucket elevator</i>
Kondisi Operasi	Tekanan	: 1 atm
	Suhu	: 30 °C
Spesifikasi	Ukuran	: 6 x 4 x 5 in
	Bucket Speed:	35,93 ft/menit
	Rpm Shaft	: 6,88 rpm
	Tinggi	: 9,14 m
	Daya Motor	: 0,1250 HP
	Kapasitas	: 1,86 ton/jam
Jumlah		: 1 buah
Bahan		: Carbon steel SA-135 grade A
Harga		: \$ 13,439

3.2.22 Heater (HE-01)

Fungsi	: Memanaskan fluida dari tangki penyimpan formaldehida menuju reaktor pertama
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Beban Panas	: 260037,01 kJ/jam
Luas Transfer Panas	: 21,39 ft ²
Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpin	: 5
T in	: 30 °C
T out	: 45 °C
Rd	: 0,0177
Pressure Drop	:
Annulus	: 0,0104 psi
Inner Pipe	: 0,4343 psi
Bahan	: Carbon steel SA-135 grade A
Harga	: \$ 1,481

3.2.23 Heater (HE-02)

Fungsi	: Memanaskan fluida dari tangki penyimpan aetaldehida menuju reaktor pertama
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Beban Panas	: 61145,30 kJ/jam
Luas Transfer Panas	: 14,01 ft ²

Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpin	: 4
T in	: 30 °C
T out	: 40 °C
Rd	: 0,0617
Pressure Drop	:
Annulus	: 0,0038 psi
Inner Pipe	: 0,0282 psi
Bahan	: Carbon steel SA-135 grade A
Harga	: \$ 1,253

3.2.24 Heater (HE-03)

Fungsi	: Memanaskan fluida dari <i>mixer</i> menuju reaktor pertama
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Beban Panas	: 70681,61 kJ/jam
Luas Transfer Panas	: 30,12 ft ²
Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpin	: 7
T in	: 30 °C
T out	: 45 °C
Rd	: 0,0915
Pressure Drop	:

Annulus	: 0,0095 psi
Inner Pipe	: 0,2762 psi
Bahan	: Carbon steel SA-135 grade A
Harga	: \$ 1.481

3.2.25 Heater (HE-04)

Fungsi	: Memanaskan fluida dari tangki penyimpan asam format menuju <i>neutralizer</i>
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Beban Panas	: 7782,6647,01 kJ/jam
Luas Transfer Panas	: 6,08 ft ²
Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpin	: 2
T in	: 30 °C
T out	: 45 °C
Rd	: 0,2365
Pressure Drop	:
Annulus	: 0,0104 psi
Inner Pipe	: 0,4343 psi
Bahan	: Carbon steel SA-135 grade A
Harga	: \$ 1,139

3.2.26 Heater (HE-05)

Fungsi	: Memanaskan udara yang digunakan dalam <i>rotary</i>
--------	---

dryer

Jenis : *Shell and tube heat exchanger*

Beban Panas : 1148490 kJ/jam

Luas Transfer Panas : 483,3795 ft²

Dimensi Shell and Tube :

Shell :

Inside Diameter : 17 ¼ in

Baffle Space : 3,45 in

Passes : 1

Tube :

Panjang : 20 ft

Jumlah Tube : 112

Outside Diameter : 1 in

BWG : 12

Pitch : 1 in square pitch

T in : 30 °C

T out : 150 °C

Rd : 0,0196

Pressure Drop :

Shell : 0,0078 psi

Tube : 0,0336 psi

Bahan : Carbon Steel SA-135 Grade A

Harga : \$ 40.203

3.2.27 Cooler (CL-01)

Fungsi	: Mendinginkan fluida dari evaporator menuju <i>centrifuge</i>
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Beban Panas	: 450243,78 kJ/jam
Luas Transfer Panas	: 100,35 ft ²
Panjang	: 12 ft
Jumlah Hairpin	: 12
T in	: 105 °C
T out	: 45 °C
Rd	: 0,0154
Pressure Drop	:
Annulus	: 4,3951 psi
Inner Pipe	: 1,0033 psi
Bahan	: Carbon steel SA-135 grade A
Harga	: \$ 2,050

3.2.28 Pompa (P-01)

Fungsi	: Menaikkan tekanan larutan formaldehida 37% dari tekanan 1 atm menjadi 2 atm
Jenis	: <i>Single-stage centrifugal pump</i>
Pemilihan Pipa	:

NPS	: 2
Sch No	: 40
OD	: 2,38 in
ID	: 2,07 in
Jenis Aliran	: Turbulen
Kapasitas	: 32,58 gpm
<i>Head</i> Pompa	: 12,87 m
Putaran Pompa	:
Effisiensi Motor	: 80%
<i>Motor Standard</i>	: 2 HP
Ns	: 1206,13
Tipe <i>impeller</i>	: Radial flow
Jumlah	: 2
Bahan	: Cast iron API-610
Harga	: \$ 5,581

3.2.29 Pompa (P-02)

Fungsi	: Mengalirkan larutan asetaldehida 99% dari tangki penyimpanan ke reaktor pertama
Jenis	: <i>Single-stage centrifugal pump</i>
Pemilihan Pipa	:
NPS	: 1
Sch No	: 40

OD	: 1,32 in
ID	: 1,05 in
Jenis Aliran	: Laminer
Kapasitas	: 4,71 gpm
<i>Head</i> Pompa	: 1,59 m
Putaran Pompa	:
Effisiensi Motor	: 80%
<i>Motor Standard</i>	: 0,25 HP
Ns	: 2202,73
Tipe <i>impeller</i>	: Mixed flow
Jumlah	: 2
Bahan	: Cast iron API-610
Harga	: \$ 3,758

3.2.30 Pompa (P-03)

Fungsi	: Menaikkan tekanan larutan sodium hidroksida 50% dari tekanan 1 atm menjadi 2 atm
Jenis	: <i>Single-stage centrifugal pump</i>
Pemilihan Pipa	:
NPS	: 2,5
Sch No	: 40
OD	: 2,88 in
ID	: 2,47 in

Jenis Aliran	: Laminer
Kapasitas	: 5,34 gpm
<i>Head</i> Pompa	: 8,39 m
Putaran Pompa	:
Effisiensi Motor	: 84%
<i>Motor Standard</i>	: 5 HP
Ns	: 673,19
Tipe <i>impeller</i>	: Radial flow
Jumlah	: 2
Bahan	: Cast iron API-610
Harga	: \$ 5,581

3.2.31 Pompa (P-04)

Fungsi	: Mengalirkan fluida dari reaktor pertama menuju reaktor kedua
Jenis	: <i>Single-stage centrifugal pump</i>
Pemilihan Pipa	:
NPS	: 2,5
Sch No	: 40
OD	: 2,88 in
ID	: 2,47 in
Jenis Aliran	: Laminer
Kapasitas	: 39,46 gpm

Head Pompa : 1,53 m

Putaran Pompa :

Effisiensi Motor : 80%

Motor Standard : 0,5 HP

Ns : 6569,77

Tipe *impeller* : Mixed flow

Jumlah : 2

Bahan : Cast iron API-610

Harga : \$ 5,581

3.2.32 Pompa (P-05)

Fungsi : Mengalirkan fluida dari reaktor kedua menuju *neutralizer*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa :

NPS : 2,5

Sch No : 40

OD : 2,88 in

ID : 2,47 in

Jenis Aliran : Laminer

Kapasitas : 39,07 gpm

Head Pompa : 3,21 m

Putaran Pompa :

Effisiensi Motor : 80%

<i>Motor Standard</i>	: 1 HP
Ns	: 3744,90
Tipe <i>impeller</i>	: Mixed flow
Jumlah	: 2
Bahan	: Cast iron API-610
Harga	: \$ 5,581

3.2.33 Pompa (P-06)

Fungsi	: Menaikkan tekanan larutan asam format 94% dari tekanan 1 atm menjadi 2 atm
Jenis	: <i>Single-stage centrifugal pump</i>
Pemilihan Pipa	:
NPS	: 3/8
Sch No	: 40
OD	: 0,675 in
ID	: 0,493 in
Jenis Aliran	: Turbulen
Kapasitas	: 1,00 gpm
<i>Head</i> Pompa	: 11,92 m
Putaran Pompa	:
Effisiensi Motor	: 80%
<i>Motor Standard</i>	: 0,75 HP
Ns	: 223,90

Tipe *impeller* : Radial flow

Jumlah : 2

Bahan : Cast iron API-610

Harga : \$ 2,392

3.2.34 Pompa (P-07)

Fungsi : Mengalirkan fluida dari evaporator ke *centrifuge*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa :

NPS : 1,5

Sch No : 40

OD : 1,9 in

ID : 1,61 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 2,32 gpm

Head Pompa : 0,53 m

Putaran Pompa :

Effisiensi Motor : 80%

Motor Standard : 0,08 HP

Ns : 9662,30

Tipe *impeller* : Axial flow

Jumlah : 2

Bahan : Cast iron API-610

Harga : \$ 4,783

3.2.35 Pompa (P-08)

Fungsi : Mengalirkan fluida dari *centrifuge* ke *crystallizer*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa :

NPS : 1,25

Sch No : 40

OD : 1,66 in

ID : 1,38 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 11,06 gpm

Head Pompa : 0,91 m

Putaran Pompa :

Effisiensi Motor : 80%

Motor Standard : 0,13 HP

Ns : 5130,12

Tipe *impeller* : Mixed flow

Jumlah : 2

Bahan : Cast iron API-610

Harga : \$ 4,442

3.2.36 *Expansion Valve (E-01)*

Fungsi	: Menurunkan tekanan fluida keluaran <i>neutralizer</i> dari 2 atm menjadi 1 atm
Jenis	: <i>Gate valve</i>
Pemilihan Pipa	:
NPS	: 1,25
Sch No	: 40
OD	: 1,66 in
ID	: 1,38 in
Panjang	: 12,85 m
Kapasitas	: 40,68 gpm
Jumlah	: 1
Bahan	: Carbon steel SA-135 grade A
Harga	: \$ 3,644

3.2.37 *Blower (BL-01)*

Fungsi	: Mengalirkan uap dari evaporator ke unit pengelolaan lanjut
Jenis	: <i>Centrifugal blower</i>
Kapasitas	: 3,05 ft ³ /menit
Effisiensi	: 65%
Tenaga Motor	: 0,05 HP
Jumlah	: 1

Bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Harga : \$ 228

3.2.38 Fan (F-01)

Fungsi : Menyedot udara dari luar untuk kebutuhan udara panas di
rotary dryer

Kondisi Operasi :

Suhu : 30⁰C

Tekanan : 1 atm

Laju Alir : 6669,4667 m³/jam

Tenaga Motor : 15 HP

Jumlah : 1

Bahan : Carbon steel SA-135 grade A

Harga : \$ 1,594

3.3 PERENCANAAN PRODUKSI

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan baku

Analisis kebutuhan bahan baku berkaitan dengan bahan baku terhadap kebutuhan pabrik. Bahan baku formaldehida diperoleh dari PT Dover Chemical Banten, sodium hidroksida diperoleh dari PT Asahimas Chemical Banten, asam format diperoleh dari PT Sintas Kurama Perdana Karawang, dan asetaldehida yang diimpor dari PT Chelanese Singapura.

Tabel 3.4 Kebutuhan bahan baku

Komponen	Kebutuhan (kg/jam)
Formaldehida	2083,3640
Asetaldehida	679,0224
Sodium hidroksida	740,7517
Asam Format	212,9661

3.3.2. Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 LOKASI PABRIK

Dalam perancangan pabrik, penentuan dan pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting. Hal tersebut dikarenakan mempengaruhi kegiatan pabrik, baik dalam produksi maupun distribusi produk. Nilai ekonomi dari pabrik yang akan didirikan juga berkaitan dengan penentuan dan pemilihan lokasi pabrik.

Pabrik pentaeritritol dari asetaldehida, formaldehida, dan sodium hidroksida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Serang, Banten dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut.



Gambar 4.1 Lokasi pendirian pabrik

(Sumber : <http://maps.google.com>)

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer adalah faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari pabrik. Tujuan utama tersebut meliputi produksi dan distribusi, faktor-faktor primer yang berpengaruh dalam penentuan dan pemilihan lokasi pabrik adalah:

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga transportasi dapat berjalan lancar dengan biaya yang minimal. Selain itu, lokasi pabrik juga sebaiknya berada dekat dengan pelabuhan apabila ada bahan baku yang dikirim dari luar negeri.

Sumber bahan baku utama dari pabrik pentaeritritol adalah formaldehida yang diperoleh dari PT Dover Chemical Banten, sodium hidroksida yang diperoleh dari PT Asahimas Chemical Banten, asam format yang diperoleh dari PT Sintas Kurama Perdana Karawang, dan asetaldehida yang diimpor dari PT Chelanese Singapura.

2. Pemasaran

Produk dari pabrik pentaeritritol merupakan salah satu bahan yang penting dalam industri alkyd resin, surface coating, PVC, pelumas, dan tekstil. Pemasaran PE diharapkan tidak hanya di Indonesia, melainkan juga dapat diekspor menuju negara-negara tetangga. Oleh karena itu, pabrik didirikan dekat dengan pelabuhan.

3. Utilitas

Pada perencanaan suatu pabrik, air, tenaga listrik, dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran sungai, yaitu Sungai Ciujung. Sedangkan pembangkit listrik utama untuk pabrik menggunakan PLN dan *generator* yang bahan bakarnya adalah solar.

4. Tenaga Kerja

Sebagian dari tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian lain sarjana sesuai dengan kebutuhan. Faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja pada tenaga kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga tenaga kerja yang diterima saat perekrutan merupakan tenaga kerja yang berkualitas dan berkerja sebagaimana mestinya.

5. Transportasi

Pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dapat dilakukan melalui jalur darat maupun laut. Untuk mempermudah lalu lintas pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dan pemasarannya, pabrik didirikan di Serang, Banten. Wilayah Banten terletak pada geografis yang strategis. Sarana dan prasarana lebih mudah untuk dijangkau seperti jalan raya dan pelabuhan.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak berpengaruh secara langsung dalam proses industri. Akan tetapi, akan berpengaruh dalam kelancaran dan keamanan proses produksi. Faktor-faktor sekunder meliputi :

1. Perluasan Area Unit

Perluasan area pabrik dimungkinkan jika tanah sekitar memang masih cukup luas untuk dilakukan perluasan pabrik dan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Biaya dan Perijinan Tanah

- a. Keamanan kerja disekitar lokasi pabrik terpenuhi.
- b. Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik dengan harga yang terjangkau dan masih cukup luas.
- c. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan, maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- d. Pemanfaatan area tanah dengan efisien.
- e. Transportasi yang baik dan terjangkau.

3. Lingkungan Sekitar

Sikap atau perilaku masyarakat sekitar lokasi pabrik diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pentaeritritol. Hal ini dikarenakan akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi masyarakat. Selain itu, pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat sekitar lokasi pabrik.

4.2 TATA LETAK PABRIK

Tata letak pabrik merupakan suatu perencanaan dan pengintegrasian aliran dari komponen-komponen produksi pabrik, sehingga terjadi hubungan yang efisien dan efektif antara karyawan, peralatan dan proses material dari bahan baku menjadi produk dan sarana prasarana seperti utilitas, taman, mushola, tempat parkir, dan lain-lain. Untuk memperoleh kondisi yang maksimal, maka ada hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan tata letak pabrik, yaitu :

1. Adanya kemungkinan perluasan pabrik seperti penambahan unit baru sebagai pengembangan pabrik di masa mendatang, sehingga tidak menimbulkan kesulitan di masa yang akan datang.
2. Unit utilitas dan sumber tenaga ditempatkan terpisah dari area proses sehingga dapat menjamin operasi berjalan dengan aman.
3. Keselamatan merupakan faktor penting yang ada dalam tata letak pabrik. Jalan-jalan dalam pabrik harus cukup lebar dan memperhatikan faktor keselamatan manusia, sehingga lalu lintas dalam pabrik dapat berjalan dengan baik.
4. Penyediaan *service area* seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan lain-lain diatur sedemikian rupa sehingga tetap terjangkau dari tempat kerja.

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

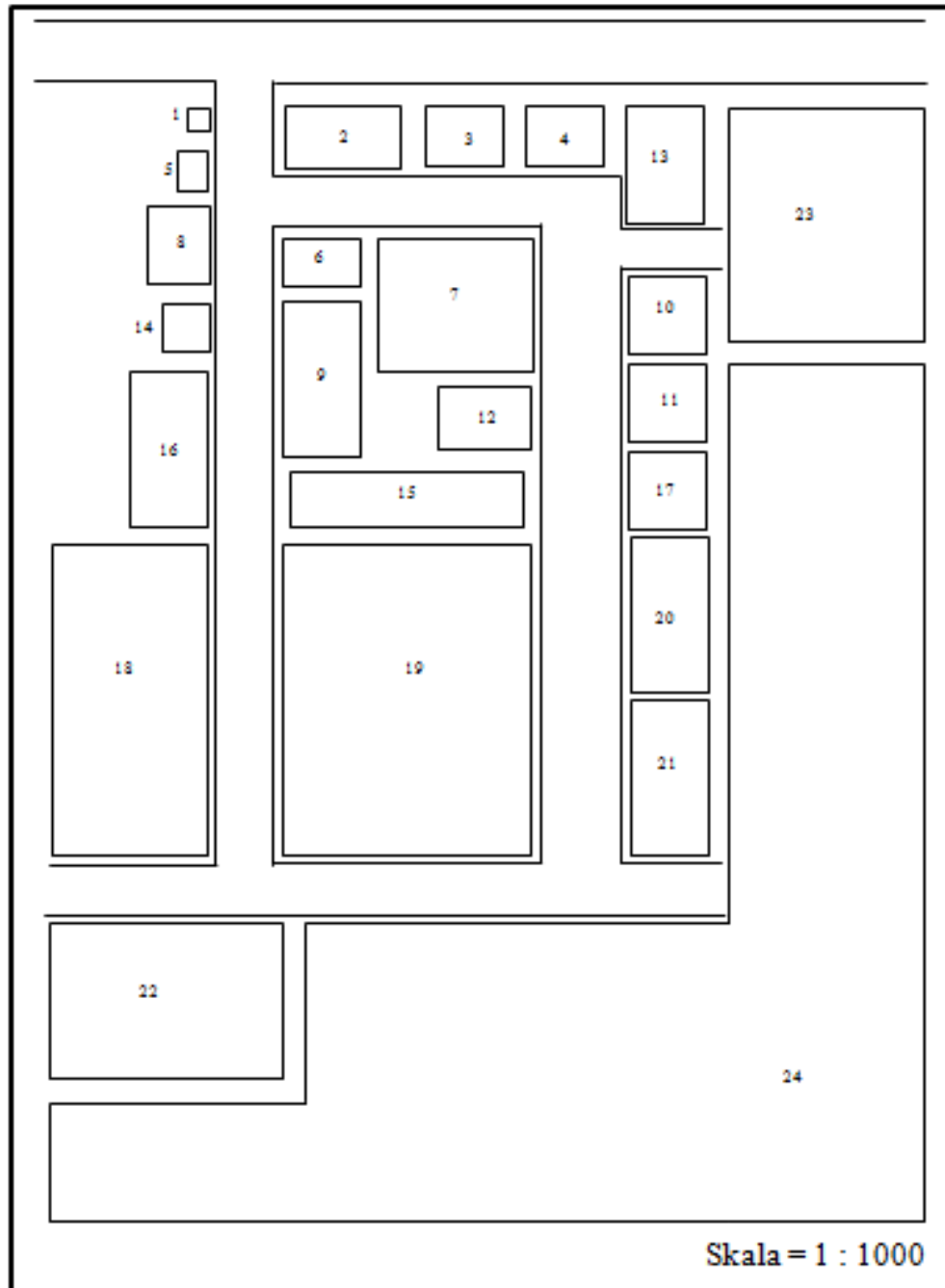
1. Daerah administrasi/perkantoran

2. Daerah laboratorium
3. Daerah proses dan kontrol
4. Daerah pergudangan
5. Daerah utilitas

Rincian luas area pabrik pentaeritritol ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rincian luas tanah dan bangunan pabrik pentaeritritol

No	Lokasi	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Pos Keamanan	3	3	9
2	Parkir	15	8	120
3	Masjid	10	8	80
4	Ruang Pembangkit Listrik	10	8	80
5	Ruang Timbang Truk	5	4	20
6	Taman	10	6	60
7	Perkantoran	20	17	340
8	Parkir Truk	10	8	80
9	Ruang Pertemuan	20	10	200
10	Perpustakaan	10	10	100
11	Laboratorium	10	10	100
12	Klinik	12	8	96
13	Kantin	15	10	150
14	Bengkel	6	6	36
15	Ruang Kontrol	30	7	210
16	Gudang	20	10	200
17	Unit Pemadam Kebakaran	10	10	100
18	Area Tangki 1	40	20	800
19	Area Proses	40	32	1280
20	Area tangki 2	20	10	200
21	Unit Pengolahan Limbah	20	10	200
22	Utilitas	30	20	600
23	Mess	30	25	750
24	Perluasan Wilayah			5335
	Luas Tanah			11146
	Luas Bangunan			5751



Gambar 4.2 Tata letak pabrik pentaeritritol

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| 1. Pos keamanan | 13. Kantin |
| 2. Parkir | 14. Bengkel |
| 3. Masjid | 15. Ruang control |
| 4. Ruang pembangkit listrik | 16. Gudang |
| 5. Ruang penimbangan truk | 17. Unit pemadam kebakaran |
| 6. Taman | 18. Area tangki 1 |
| 7. Kantor | 19. Area proses |
| 8. Parkir truk | 20. Area tangki 2 |
| 9. Ruang pertemuan | 21. Unit pengolahan limbah |
| 10. Perpustakaan | 22. Utilitas |
| 11. Laboratorium | 23. Mess |
| 12. Klinik | 24. Perluasan wilayah |

4.3 TATA LETAK ALAT PROSES

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pabrik pentaeritritol, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan.

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Pengaliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran Udara

Kelancaran aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang

berbahaya, sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Selain itu, arah hembusan angin juga perlu diperhatikan.

3. Pencahayaan

Pencahayaan pada seluruh area pabrik harus memadai. Bahkan, perlu diberi penerangan tambahan pada tempat-tempat dengan proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

4. Lalu Lintas Manusia

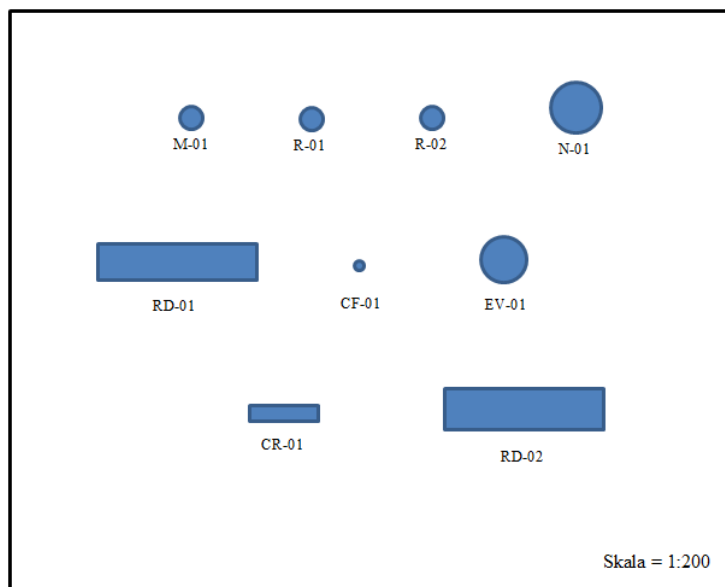
Perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat menjangkau seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Sehingga jika terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki. Selain itu, keamanan pekerja dalam menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Jarak antar Alat Proses

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

6. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menenpatkan alat-alat proses pada pabrik, diusahakan dapat meminimalisir biaya operasi dengan tetap menjamin kelancaran serta keamanan proses produksi sehingga dapat memberikan keuntungan dari sisi ekonomi.



Gambar 4.3 Tata letak alat proses

4.4 ALIR PROSES DAN MATERIAL

4.4.1 Neraca Massa

4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca massa total

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
H ₂ O	4308,5536	4394,0625
CH ₂ O	2083,3640	416,6728
C ₂ H ₄ O	679,0224	67,9022
NaOH	740,7517	0,0000
C ₅ H ₁₂ O ₄	0,0000	1856,0606
C ₁₀ H ₂₂ O ₇	0,0000	30,6818
NaCOOH	0,0000	1259,2778
HCOOH	212,9661	0,0000
Total	8024,6578	8024,6578

4.4.1.2 Neraca Massa Per Alat

1. Neraca Massa *Mixer*-01

Tabel 4.3 Neraca massa *mixer*-01

Komponen	Masuk		Keluar
	Arus 1 (kg/jam)	(kg/jam)	Arus 2 (kg/jam)
H ₂ O	15,1174	725,6343	740,7517
NaOH	740,7517	0,0000	740,7517
Sub Total	755,8690	725,6343	1481,5033
Total	1481,5033		1481,5033

2. Neraca Massa Reaktor-01

Tabel 4.4 Neraca massa reaktor-01

Komponen	Masuk			Keluar
	Arus 2 (kg/jam)	Arus 3 (kg/jam)	Arus 4 (kg/jam)	Arus 5 (kg/jam)
C ₅ H ₁₂ O ₄	0,0000	0,0000	0,0000	1567,3401
C ₁₀ H ₂₂ O ₇	0,0000	0,0000	0,0000	25,9091
H ₂ O	740,7517	6,8588	3547,3496	4296,7961
CH ₂ O	0,0000	0,0000	2083,3640	675,9359
C ₂ H ₄ O	0,0000	679,0224	0,0000	162,9654
NaCOOH	0,0000	0,0000	0,0000	797,5426
NaOH	740,7517	0,0000	0,0000	271,6089
Sub Total	1481,5033	685,8812	5630,7136	7798,0981
Total	7798,0981			7798,0981

3. Neraca Massa Reaktor-02

Tabel 4.5 Neraca massa reaktor-02

Komponen	Masuk		Keluar	
	Arus 5 (kg/jam)		Arus 6 (kg/jam)	
C ₅ H ₁₂ O ₄	1567,3401		1856,0606	
C ₁₀ H ₂₂ O ₇	25,9091		30,6818	
H ₂ O	4296,7961		4297,1343	
CH ₂ O	675,9359		416,6728	
C ₂ H ₄ O	162,9654		67,9022	
NaCOOH	797,5426		944,4584	
NaOH	271,6089		185,1879	
Total	7798,0981		7798,0981	

4. Neraca Massa *Neutralizer*-01Tabel 4.6 Neraca massa *neutralizer*-01

Komponen	Masuk		Keluar	
	Arus 7 (kg/jam)	Arus 6 (kg/jam)	Arus 8 (kg/jam)	
C ₅ H ₁₂ O ₄	0,0000	1856,0606	1856,0606	
C ₁₀ H ₂₂ O ₇	0,0000	30,6818	30,6818	
H ₂ O	13,5936	4297,1343	4394,0625	
CH ₂ O	0,0000	416,6728	416,6728	
C ₂ H ₄ O	0,0000	67,9022	67,9022	
NaCOOH	0,0000	944,4584	1259,2778	
NaOH	0,0000	185,1879	0,0000	
HCOOH	212,9661	0,0000	0,0000	
Sub Total	226,5597	7798,0981	8024,6578	
Total	8024,6578		8024,6578	

5. Neraca Massa Evaporator-01

Tabel 4.7 Neraca massa evaporator-01

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 8 (kg/jam)	Arus 9 (kg/jam)	Arus 10 (kg/jam)
$C_5H_{12}O_4$	1856,0606	0,0000	1856,0606
$C_{10}H_{22}O_7$	30,6818	0,0000	30,6818
H_2O	4394,0625	4042,5375	351,5250
CH_2O	416,6728	416,6728	0,0000
C_2H_4O	67,9022	67,9022	0,0000
$NaCOOH$	1259,2778	0,0000	1259,2778
Sub Total	8024,6578	4527,1125	3497,5452
Total	8024,6578	8024,6578	

6. Neraca Massa *Centrifuge*-01Tabel 4.8 Neraca massa *centrifuge*-01

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 10 (Kg/jam)	Arus 11 (Kg/jam)	Arus 14 (Kg/jam)
$C_5H_{12}O_4$	1856,0606	0,0000	1856,0606
$C_{10}H_{22}O_7$	30,6818	0,0000	30,6818
H_2O	351,5250	235,4302	116,0948
$NaCOOH$	1259,2778	1259,2778	0,0000
Sub Total	3497,5452	1494,7080	2002,8372
Total	3497,5452	3497,5452	

7. Neraca Massa *Rotary Dryer*-01Tabel 4.9 Neraca massa *rotary dryer*-01

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 11 (kg/jam)	Arus 12 (kg/jam)	Arus 13 (kg/jam)
NaCOOH	1259,2778	0,0000	1259,2778
H ₂ O	235,4302	125,9278	109,5024
Sub Total	1494,7080	125,9278	1368,7802
Total	1494,7080	1494,7080	

8. Neraca Massa *Crystallizer*-01Tabel 4.10 Neraca massa *crystallizer*-01

Komponen	Masuk	Keluar
	Arus 14 (kg/jam)	Arus 14 (kg/jam)
C ₅ H ₁₂ O ₄ (s)	0,0000	1856,0606
C ₁₀ H ₂₂ O ₇ (s)	0,0000	30,6818
C ₁₀ H ₂₂ O ₇	30,6818	0,0000
C ₅ H ₁₂ O ₄	1856,0606	0,0000
H ₂ O	116,0948	116,0948
Total	2002,8372	2002,8372

9. Neraca Massa *Rotary Dryer-02*Tabel 4.11 Neraca massa *rotary dryer-02*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Arus 14 (kg/jam)	Arus 15 (kg/jam)	Arus 16 (kg/jam)
$C_5H_{12}O_4$ (s)	1856,0606	0,0000	1856,0606
$C_{10}H_{22}O_7$ (s)	30,6818	0,0000	30,6818
H_2O	116,0948	108,8978	7,1970
Sub Total	2002,8372	108,8978	1893,9394
Total	2002,8372	2002,8372	

4.4.2 Neraca Panas

1. Neraca Panas *Mixer-01*Tabel 4.12 Neraca panas *mixer-01*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Q_{in}	23601,7079	
Q_{out}		23601,7079
ΔH Pelarutan	823,1603	
Sub Total	24424,8681	23601,7079
ΔH Pendingin		823,1603
Total	24424,8681	24424,8681

2. Neraca Panas *Heater-01*Tabel 4.13 Neraca panas *heater-01*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	86769,5724	
Qout		346806,5816
ΔH Pemanas	260037,0092	
Total	346806,5816	346806,5816

3. Neraca Panas *Heater-02*Tabel 4.14 Neraca panas *heater-02*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	29391,0627	
Qout		90536,3630
ΔH Pemanas	61145,3003	
Total	90536,3630	90536,3630

4. Neraca Panas *Heater-03*Tabel 4.15 Neraca panas *heater-03*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	23601,7079	
Qout		94283,3196
ΔH Pemanas	70681,6117	
Total	94283,3196	94283,3196

5. Neraca Panas Reaktor-01

Tabel 4.16 Neraca panas reaktor-01

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	531626,2641	
Qout		496097,3235
ΔH Reaksi	178308,5570	
Sub Total	709934,8211	
ΔH Pendingin		213837,4977
Total	709934,8211	709934,8211

6. Neraca Panas Reaktor-02

Tabel 4.17 Neraca panas reaktor-02

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	496097,3235	
Qout		483697,6833
ΔH Reaksi	150196,1028	
Sub Total	646293,4263	
ΔH Pendingin		162595,7430
Total	646293,4263	646293,4263

7. Neraca Panas Heater-04

Tabel 4.18 Neraca panas heater-04

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	2569,2379	
Qout		10351,9026
ΔH Pemanas	7782,6647	
Total	10351,9026	10351,9026

8. Neraca Panas *Neutralizer-01*Tabel 4.19 Neraca panas *neutralizer-01*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	370908,2245	
Qout		494249,6490
ΔH Reaksi		122832,3892
Sub Total	370908,2245	617082,0382
ΔH Pemanas	246173,8137	
Total	617082,0382	617082,0382

9. Neraca Panas Evaporator-01

Tabel 4.20 Neraca panas evaporator-01

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	494249,6490	
Qout		737503,0926
ΔH Pemanas	243253,4437	
Total	737503,0926	737503,0926

10. Neraca Panas *Cooler-01*Tabel 4.21 Neraca panas *cooler-01*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Qin	550458,7321	
Qout		122252,9388
ΔH Pendingin		428205,7934
Total	550458,7321	550458,7321

11. Neraca Panas *Rotary Dryer-01*Tabel 4.22 Neraca panas *rotary dryer-01*

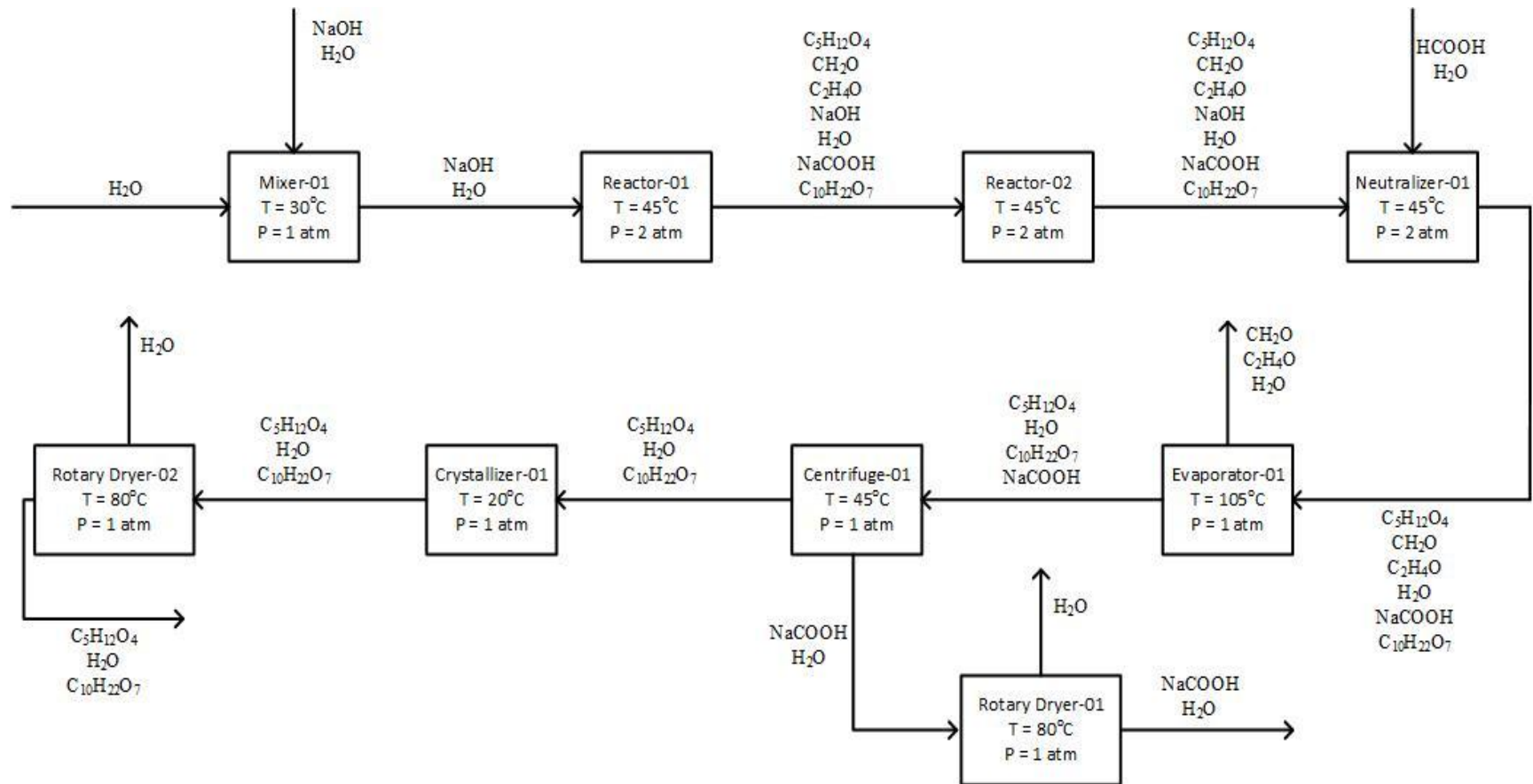
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	50343,53922	
Keluar		109672,9596
Q pemanasan	383815,6928	383815,6928
Udara panas	739083,8219	442143,6464
Q loss		237610,7551
Total	1173243,0539	1173243,0539

12. Neraca Panas *Crystallizer-01*Tabel 4.23 Neraca panas *crystallizer-01*

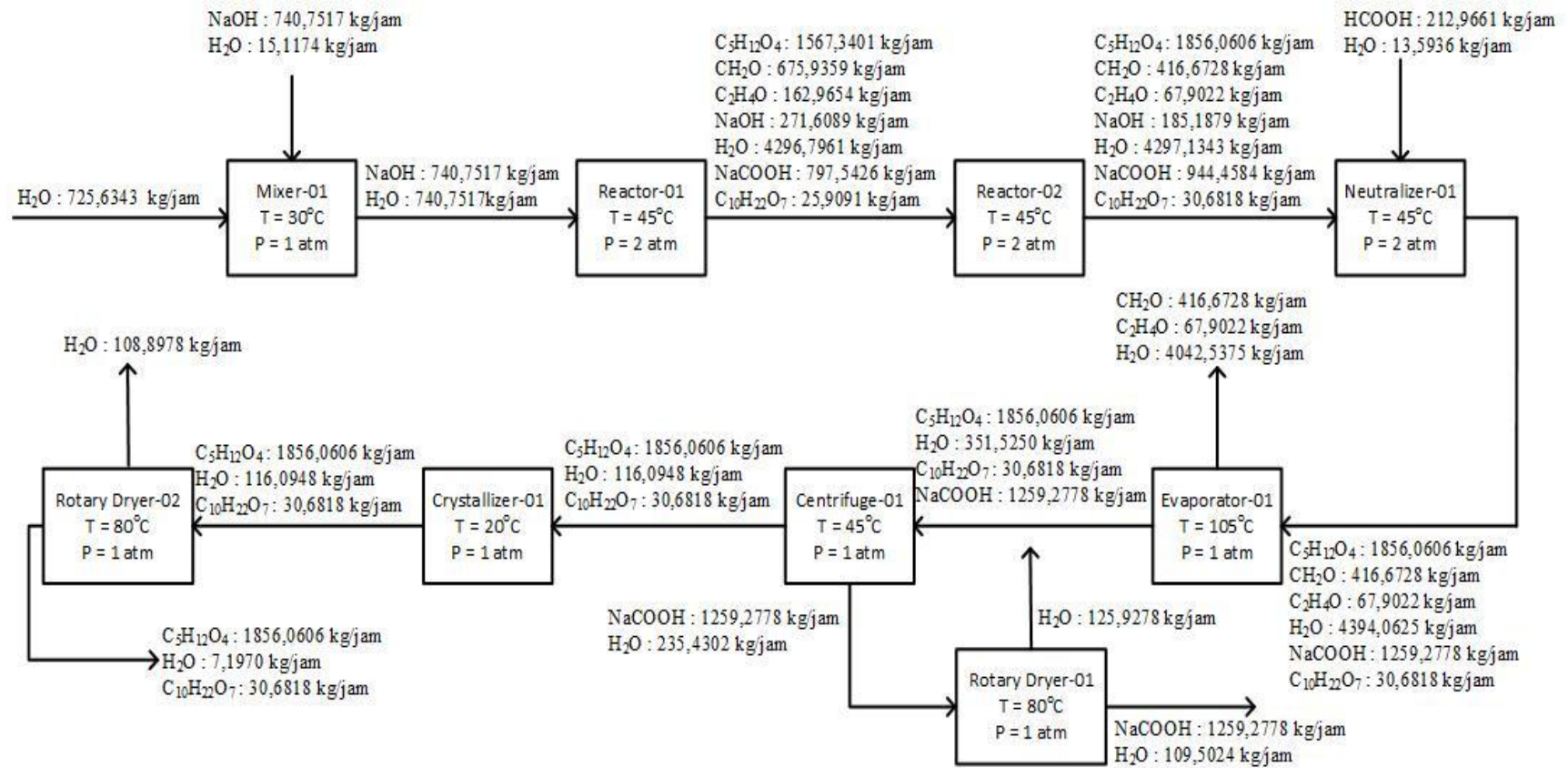
Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	71909,3996	
Keluar		15789,4158
Air pendingin		56119,9838
Total	71909,3996	71909,39958

13. Neraca Panas *Rotary Dryer-02*Tabel 4.24 Neraca panas *rotary dryer-01*

Komponen	Masuk (kJ/jam)	Keluar (kJ/jam)
Masuk	15789,4158	
Keluar		289208,1311
Q pemanasan	1040506,5310	1040506,5310
Udara panas	874348,9393	473523,9034
Q loss		127406,3205
Total	1930644,8861	1930644,8861



Gambar 4.4 Diagram kualitatif



Gambar 4.5 Diagram kuantitatif

4.5 PELAYANAN TEKNIK (UTILITAS)

Unit pendukung proses atau sering disebut dengan unit utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Unit pendukung proses antara lain terdiri dari penyediaan dan pengolahan air, pembuatan steam, penyediaan bahan bakar dan listrik. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik pentaeritritol antara lain :

1. Unit Pengadaan Air dan Pengolahan Air
2. Unit Pengadaan Steam
3. Unit Pengadaan Listrik
4. Unit Pengadaan Bahan Bakar
5. Unit Pengadaan Udara Dingin
6. Unit Pengolahan Limbah

4.5.1 Unit Pengadaan Air dan Pengolahan Air

4.5.1.1 Unit Pengadaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau, maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam pra rancangan pabrik pentaeritritol ini, sumber air yang digunakan berasal dari Sungai Ciujung yang merupakan sungai terdekat dengan pabrik. Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah sebagai berikut :

1. Air sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi sehingga kendala kekurangan air dapat dihindari.

2. Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana, dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya yang umumnya lebih besar.

Air bersih pada pabrik biasanya digunakan untuk memenuhi keperluan antara lain :

1. Air pendingin

Pada umumnya, digunakan air sebagai media pendingin dikarenakan berbagai faktor, antara lain :

- a. Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah yang besar
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya
- c. Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi
- d. Tidak terdekomposisi

2. Air sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, dan perumahan. Syarat sanitasi meliputi :

- a. Syarat Fisik

- * Suhu dibawah suhu udara luar
- * Air tidak berwarna
- * Tidak memiliki rasa
- * Tidak berbau

- b. Syarat Kimia

- * Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- * Tidak beracun

c. Syarat Bakteriologi

Tidak mengandung bakteri-bakteri terutama bakteri yang patogen.

3. Air umpan *boiler* dan air proses

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

a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi disebabkan karena air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S .

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

Pembentukan kerak disebabkan karena suhu tinggi dan kesadahan yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat. Air yang diambil dari proses pemanasan bisa menyebabkan kerak pada boiler karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat yang tidak larut dalam jumlah besar.

4.5.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik pentaeritritol, kebutuhan air diambil dari air sungai terdekat, yaitu Sungai Ciujung. Kebutuhan air diperoleh dari sumber air terdekat dari pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan untuk digunakan. Pengolahan air tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisik dan kimia.

Tahapan-tahapan pengolahan air sebagai berikut :

1. Unit Penyaringan

2. Unit Pengendapan secara Fisis

Mula-mula air dialirkan ke bak penampungan atau bak pengendap awal setelah melalui penyaringan dengan alat penyaring. *Level Control System* (LCS) dipasang di dalam bak penampung untuk mengatur aliran masuk sehingga sesuai dengan keperluan pabrik. Di dalam bak pengendap awal kotoran-kotoran akan mengendap karena gaya berat. Waktu tinggal dalam bak ini berkisar 4-24 jam (Powell, S T hal 14).

3. Unit Pengendapan secara Kimia

Air dari bak pengendap awal dialirkan ke tangki flokulator. Tangki flokulator berfungsi mencampur air dengan menambahkan bahan tawas 5% dan Ca(OH)_2 5%. Di dalam tangki flokulator terjadi proses *alkalinity reduction* dan koagulasi flokulasi. *Alkalinity reduction* terjadi dengan menambahkan Ca(OH)_2 . *Alkalinity reduction* adalah proses penurunan kandungan alkalinitas (senyawa CO_3^{2-} , HCO_3^- , dan OH^-) dalam air yang biasanya berikatan dengan Ca, Mg dan Na. Sebagian besar senyawa alkali yang ada dalam air adalah senyawa yang larut dalam air. Untuk memisahkan *alkalinity* tidak hanya dilakukan dengan filtrasi biasa melainkan dengan serangkaian proses yang diawali dengan mengubah alkali terlarut menjadi tidak terlarut yang kemudian dipisahkan dari air dengan proses koagulasi flokulasi. Untuk mengubah substansi alkali terlarut menjadi tidak terlarut digunakan Ca(OH)_2 . Proses terbentuknya alkali tidak terlarut adalah sebagai berikut :



Proses selanjutnya adalah koagulasi flokulasi. Koagulasi adalah proses pentidakstabilan partikel yang ada dalam air sehingga membentuk gelatin. Flokulasi adalah proses penggabungan partikel-partikel yang tidak stabil dari hasil proses koagulasi. Sebagai koagulan ditambahkan FeSO_4 . Pada tahap awal terjadinya proses koagulasi flokulasi adalah pembentukan senyawa koagulan aktif FeSO_4 saat ditambahkan kedalam air, ion Fe^{2+} dari FeSO_4 teroksidasi menjadi Fe^{3+} dengan bantuan senyawa klorin. Pada tahap selanjutnya adalah pembentukan gelatin flok $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang berfungsi sebagai trapping lengket. Pada proses ini dibutuhkan adanya ion hidroksida (OH^-) dari *alkalinity* dan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ akan mempercepat pertumbuhan senyawa $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Sehingga didapatkan air yang berada dalam range pH 6,5-7,5. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Selanjutnya gelatin ini akan bersatu dan membentuk flok yang lebih besar serta mengikat senyawa-senyawa terdispersi dalam air termasuk senyawa-senyawa yang tidak larut dan *foreign matter* lainnya yang ada, termasuk mikroorganisme. Fungsi tawas pada tangki flokulator ini adalah sebagai penjernih air. Selanjutnya air dari tangki flokulator diumpankan ke *clarifier* yang berfungsi megendapkan flok-flok yang terbentuk dalam pencampuran di tangki flokulator. Waktu tinggal *clarifier* berkisar 2–8 jam (Powell, ST hal 47). Didalam *clarifier* kotoran yang telah mengendap di

blow down, sedangkan air yang keluar dari bagian atas dialirkan ke *sand filter* atau bak saring pasir yang berfungsi untuk menyaring sisa-sisa kotoran yang masih terdapat dalam air terutama kotoran berukuran kecil yang tidak dapat mengendap di *clarifier*. Air dari *sand filter* ditampung di bak penampung sementara.

4. Unit Pengolahan Air untuk Kebutuhan Kantor dan Rumah Tangga

Air ini digunakan untuk keperluan sehari-hari. Air dalam bak penampung sementara ditambahkan kaporit (CaOCl_2) untuk membunuh kuman. Kemudian air dialirkan ke bak penampung untuk kebutuhan kantor dan rumah tangga. Air dalam bak ini sudah dapat langsung digunakan untuk keperluan sehari-hari. Kebutuhan air untuk keperluan domestik adalah sebesar $18,3966 \text{ m}^3/\text{hari}$.

5. Unit Pengolahan Air untuk Air Pendingin, Air Umpan *Boiler*, Air Proses

Unit ini meliputi :

a. Unit Demineralisasi Air

Unit ini berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung dalam air, seperti Ca, Mg, Na, SO_4^{2-} , Cl dan lain sebagainya. Air yang diperoleh adalah air yang bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan *boiler*, air proses, dan air pendingin. Demineralisasi air diperlukan karena air umpan *boiler* harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

* Tidak menimbulkan kerak pada kondisi steam yang dikehendaki maupun pada *tube exchanger*. Hal ini akan mengakibatkan turunnya

effisiensi operasi bahkan dapat mengakibatkan tidak dapat beroperasi sama sekali.

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

Air dari bak penampung air steam, air pendingin, air proses diumpankan ke *kation exchanger* untuk menghilangkan kation-kation mineralnya. Kemungkinan jenis kation yang ada adalah Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, Al³⁺. Kation-kation ini dapat menyebabkan kesadahan, sehingga kation ini harus diserap dengan menggunakan resin.

Reaksi :



Resin yang telah berkurang kereaktifannya kemudian diregenerasi dengan menggunakan H₂SO₄. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Air yang keluar dari *kation exchanger* diumpankan ke *anion exchanger* untuk menghilangkan anion-anion mineralnya. Kemungkinan jenis anion yang ditemui adalah HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, NO dan SO₄²⁻.

Reaksi :



Regenerasi *anion exchanger* dilakukan dengan menambahkan larutan

NaOH, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



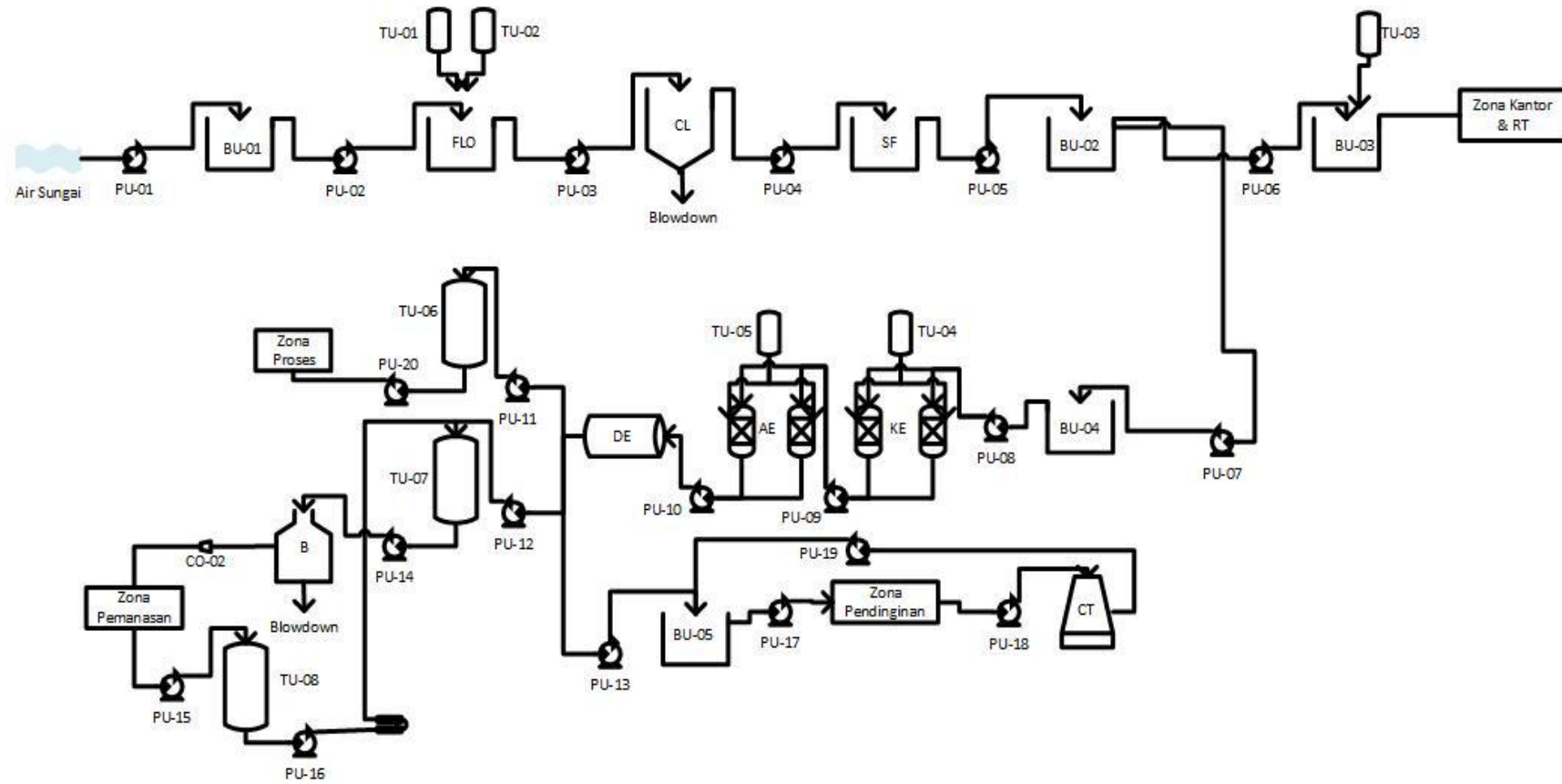
Air dari *anion exchanger* kemudian diumpankan ke deaerator.

b. Unit Deaerator

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen. Gas tersebut dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas tersebut dihilangkan di dalam deaerator dengan diinjeksikan bahan-bahan kimia. Bahan kimia yang ditambahkan berupa *hidrazin* yang berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



Air keluaran dari deaerator kemudian dipompakan ke air umpan boiler, air pendingin, dan air proses. Kebutuhan air yang digunakan untuk umpan *boiler* sebesar 1407,4030 kg/jam. Untuk air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan pada *cooling tower*. Kehilangan air dikarenakan oleh penguapan, terbawa tetesan oleh udara, maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower*. Air kemudian diganti dengan air yang disediakan oleh bak penampung air pendingin. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif dan tidak menimbulkan kerak, maka untuk air pendingin dilakukan treatment seperti yang sudah dijelaskan diatas. Kebutuhan air pendingin yang masuk ke *cooling tower* adalah sebesar 14070,9396 kg/jam. Air yang telah digunakan di area proses dapat *direcycle* dan dipakai kembali, sehingga banyaknya *make up* untuk air pendingin sebanyak 269,5373kg/jam.



Gambar 4.6 Diagram alir utilitas

4.5.1.3 Kebutuhan Air

1. Air Pendingin

Tabel 4.25 Kebutuhan air untuk pendingin

Alat	Jumlah (kg/jam)
<i>Mixer-01</i>	19,6632
<i>Cooler-01</i>	10755,1842
Koil Reaktor-01	5108,0365
Koil Reaktor-02	3884,0007
Jumlah	19766,8846

* Menghitung *Make up Water* (W_m)

Laju alir air masuk menara pendingin (W_c) :

$$W_c = 19766,8846 \text{ kg/jam}$$

Make up water (W_m) :

$$W_m = W_e + W_d + W_b \quad (\text{Perry's equation 12-9})$$

Menghitung jumlah air yang menguap (W_e) :

$$W_e = 0,00085 W_c (T_{in} - T_{out}) = 302,4333 \text{ kg/jam}$$

Menghitung *blow down* (W_b) :

$$\text{Siklus} = 5$$

$$W_b = \frac{W_e}{\text{Siklus}-1} = 75,6083 \text{ kg/jam}$$

Menghitung jumlah air yang terbawa aliran uap keluar tower (W_d) :

$$W_d = 0,20\% \times W_e = 0,6049 \text{ kg/jam}$$

(*Drift loss* memiliki harga 0,1 – 0,2% W_e dipilih 0,2% W_e)

Sehingga jumlah air *make up* (W_m) :

$$W_m = W_e + W_d + W_b = 378,6465 \text{ kg/jam}$$

2. Air untuk Steam

Tabel 4.26 Kebutuhan air untuk steam

Alat	Jumlah (kg/jam)	1,2*Jumlah (kg/jam)
HE-01	122,8525	147,4230
HE-02	28,8876	34,6652
HE-03	33,3930	40,0716
HE-04	3,6769	4,4122
HE-05	740,6231	888,7477
N-01	116,3030	139,5635
EV-01	114,9232	137,9079
Jumlah	1160,6593	1392,7912

* Menghitung Air *Make Up*, *Blow Down*, dan Air Menguap

Jumlah air *make up* yang digunakan untuk menyediakan uap (steam) adalah sebesar 20%

$$M \text{ air } make \ up = 20\% \times \text{steam} = 278,5582 \text{ kg/jam}$$

Blow down pada boiler sebesar 15% dari kebutuhan steam

$$Blow \ down = 15\% \times \text{steam} = 208,9087 \text{ kg/jam}$$

Air yang menguap sebesar 5% dari kebutuhan steam

$$\text{Air yang menguap} = 5\% \times \text{steam} = 69,6396 \text{ kg/jam}$$

3. Air Sanitasi

Tabel 4.27 Kebutuhan air untuk sanitasi

Komponen	Karyawan (orang)	Kebutuhan (kg/hari/orang)	Jumlah (kg/hari)	Jumlah (kg/jam)	Jumlah (m ³ /jam)
Perkantoran	200	60	12000	500,0000	0,488752
Laboratorium	8	150	1200	50,0000	0,048875
Kantin	100	35	3500	145,8333	0,142553
Mushola & taman	-	1670	1670	69,5833	0,068018
Poliklinik	6	75	450	18,7500	0,018328
Total			18820	784,1667	0,766527

4. Air Proses

Tabel 4.28 Kebutuhan air untuk proses

Alat	Jumlah (kg/jam)
Mixer	725,6343
Jumlah	725,6343

4.5.2 Unit Pengadaan Steam

Dalam prarancangan pabrik pentarythritol ini, untuk menghasilkan uap yang digunakan dalam proses adalah dengan menggunakan *boiler*. Sebelum masuk *boiler*, air harus dihilangkan kesadahnya, karena air yang sadah akan menimbulkan kerak di dalam *boiler*. Oleh karena itu, sebelum masuk *boiler* air dilewatkan dalam *ion exchanger* dan deaerasi terlebih dahulu. Dalam hal ini yang digunakan adalah boiler pipa api (*fire tube boiler*) karena memiliki kelebihan sebagai berikut :

1. Air umpan tidak perlu terlalu bersih karena berada di luar pipa

2. Tidak memerlukan flat tebal untuk shell sehingga harganya lebih ekonomis
3. Tidak memerlukan tembok dan batu tahan api
4. Pemasangan murah
5. Memerlukan ruang dengan ketinggian rendah
6. Beroperasi dengan baik pada beban yang naik turun.

Kebutuhan air untuk umpan saturated steam adalah 1407,4030 kg/jam. Dianggap setelah digunakan di area proses dapat *direcycle* dan dipakai kembali sehingga banyaknya kebutuhan *make up* untuk keperluan umpan saturated steam sebanyak 281,4806 kg/jam.

4.5.3 Unit Pengadaan Listrik

Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan listrik di seluruh area pabrik. Pemenuhan kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN dan sebagai cadangan adalah generator untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi pada PLN. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak balik yaitu berdasarkan pertimbangan :

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
2. Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator.

Generator AC yang digunakan jenis generator AC tiga fase yang mempunyai keuntungan :

1. Tegangan stabil

2. Daya kerja lebih besar
3. Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
4. Motor tiga fase harganya lebih murah dan sederhana

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi :

1. Listrik untuk kebutuhan proses
2. Listrik untuk kebutuhan utilitas
3. Listrik untuk penerangan dan AC
4. Listrik untuk instrumentasi
5. Listrik untuk rumah tangga

Tabel 4.29 Konsumsi listrik untuk keperluan proses

Nama Alat	Jumlah	Power (Hp)	Power Total (Hp)
Pompa – 01	2	2,00	4,00
Pompa – 02	2	0,25	0,50
Pompa – 03	2	5,00	10,00
Pompa – 04	2	0,50	1,00
Pompa – 05	2	0,75	1,50
Pompa – 06	2	0,75	1,50
Pompa – 07	2	0,08	0,17
Pompa – 08	2	0,13	0,25
Pengaduk <i>Mixer</i>	1	0,50	0,50
Pengaduk Reaktor	2	1,50	3,00
Pengaduk <i>Neutralizer</i>	1	20,00	20,00
Pengaduk <i>Centrifuge</i>	1	6,00	6,00
Pengaduk <i>Crystallizer</i>	1	0,08	0,08
<i>Rotary Dryer</i>	2	1,50	3,00
<i>Belt Conveyor</i>	3	0,05	0,10
<i>Belt Conveyor</i>	2	0,08	0,16
<i>Bucket Elevator</i>	2	0,08	0,16
Fan	1	20,00	20,00
Total			77,55

Kebutuhan listrik untuk alat proses sebesar = 77,55 Hp

Maka total power yang dibutuhkan = 57,85 kW

Tabel 4.30 Konsumsi listrik untuk keperluan utilitas

Komponen	Jumlah	Power (Hp)	Power Total (Hp)
Pengaduk tangki tawas	1	15,00	15,00
Pengaduk tangki kapur	1	10,00	10,00
Pengaduk Flokulator	1	15,00	15,00
Fan Cooling Tower	1	1,00	1,00
Pompa – 01	2	0,50	1,00
Pompa – 02	2	0,50	1,00
Pompa – 03	2	0,17	0,33
Pompa – 04	2	0,50	1,00
Pompa – 05	2	0,50	1,00
Pompa – 06	2	0,17	0,33
Pompa – 07	2	0,50	1,00
Pompa – 08	2	0,08	0,17
Pompa – 09	2	0,08	0,17
Pompa – 10	2	0,75	1,50
Pompa – 11	2	0,50	1,00
Pompa – 12	2	0,33	0,67
Pompa – 13	2	0,50	1,00
Pompa – 14	2	0,05	0,10
Pompa – 08	2	0,17	0,33
Pompa – 09	2	0,33	0,66
Pompa – 10	2	0,05	0,10
Pompa – 11	2	0,33	0,66
Pompa – 12	2	0,50	1,00
Pompa – 13	2	0,33	0,66
Pompa – 14	2	0,05	0,1
Pompa – 15	2	0,17	0,33
Pompa – 16	2	0,33	0,66
Pompa – 17	2	0,05	0,10
Pompa – 18	2	0,33	0,66
Pompa – 19	2	0,50	1,00
Pompa – 20	2	0,33	0,66
Total			54,69

Kebutuhan listrik untuk utilitas sebesar = 54,6999 Hp

Maka total power yang dibutuhkan = 40,8061 kW

Tabel 4.31 Konsumsi listrik untuk keperluan lain

Komponen	Power (kW)
Instrumentasi (10% alat)	9,87
Penerangan & AC	150,00
Bengkel dan Laboratorium	100,00
Rumah tangga	200,00
Total	459,87

Kebutuhan listrik total = 558,5237 kW. Kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN. Apabila terjadi pemadaman digunakan satu generator cadangan berkekuatan 700 kW dengan bahan bakar solar.

4.5.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Generator diperlukan untuk pengamanan ketika adanya pemadaman listrik oleh PLN. Oleh sebab itu, diperlukan adanya unit pengadaan bahan bakar yang akan memenuhi kebutuhan bahan bakar pada generator. Bahan bakar yang diperlukan untuk generator berupa solar sejumlah 872,45 kg/jam. Selain itu, bahan bakar juga diperlukan dalam boiler. Bahan bakar yang diperlukan dalam boiler berupa *fuel oil* sejumlah 130,10 kg/jam.

4.5.5 Unit Pengadaan Udara Dingin

Udara dingin diperlukan sebagai pendingin di dalam crystallizer. Udara ini diperoleh dari udara AC pada suhu 10oC dan digunakan hingga suhu 20oC. Udara dingin yang telah digunakan kemudian didinginkan

kembali dengan menggunakan refrigerator dimana refrigerant berfungsi sebagai pendingin udara agar suhunya kembali ke suhu yang diinginkan.

4.5.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berfungsi untuk mengolah limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik, sehingga limbah buangan pabrik tidak mencemari lingkungan.

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik pentaeritritol berupa formaldehida, asetaldehida, dan air dalam bentuk gas. Gas buangan dari unit proses dikumpulkan dan diolah Unit Pengolahan Lanjut (UPL).

4.5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Pengendap Awal (BU-01)

Fungsi : Menampung air yang berasal dari sungai agar kotoran lembut mengendap secara gravitasi

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang dengan bahan beton bertulang

Dimensi : Panjang = 4,44 m

Lebar = 2,22 m

Tinggi = 3 m

Volume : 24,62 m³

Waktu Tinggal: 5 jam

Jumlah : 1 buah

2. Tangki Flokulator (FLO)

Fungsi : Mencampur air yang berasal dari bak pengendap awal dengan Ca(OH)_2 dan koagulan tawas

Jenis : Tangki silinder tegak

Dimensi : Diameter = 1,71 m

Tinggi = 2,57 m

Volume : 4,93 m³

Waktu Tinggal: 1 jam

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi Pengaduk :

Diameter Pengaduk = 0,57 m

Lebar Pengaduk = 0,10 m

Lebar Baffle = 0,14 m

Jumlah Baffle = 4

Jenis Pengaduk = Flat blade turbine

Power Pengadukan = 15 Hp

Harga : \$ 9,225

3. Clarifier (CL)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang berasal dari flokulator

Jenis : Tangki silinder dengan *cone bottom*

Dimensi : Diameter = 3,56 m

Lebar = 1,78 m

Tinggi = 0,89 m
 Volume : 14,77 m³
 Waktu Tinggal: 3 jam
 Jumlah : 1 buah
 Harga : \$ 17,197

4. *Sand Filter* (SF)

Fungsi : Menyaring partikel-partikel halus (kotoran yang masih tersisa atau belum mengendap) dalam *clarifier*
 Jenis : *Gravity sand filter*
 Dimensi : Panjang = 1,42 m
 Lebar = 0,71 m
 Tinggi = 2,83 m
 Volume : 2,85 m³
 Debit Aliran : 21,68 gpm
 Jumlah : 1 buah

5. Bak Penampung setelah dari *Sand Filter* (BU-02)

Fungsi : Menampung air bersih yang berasal dari *sand filter*
 Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang dengan bahan beton bertulang
 Dimensi : Panjang = 6,8758 m
 Lebar = 3,4379 m
 Tinggi = 3 m
 Volume : 59,0966 m³

Waktu Tinggal: 12 jam

Jumlah : 1 buah

6. Bak Penampung Air untuk Keperluan Kantor & Rumah Tangga (BU-03)

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang dengan bahan beton bertulang

Dimensi : Panjang = 3,32 m

Lebar = 1,66 m

Tinggi = 2 m

Volume : 9,20 m³

Waktu Tinggal: 12 jam

Jumlah : 1 buah

7. Bak Penampung Air untuk Keperluan Air Proses, Pendingin, dan Umpan

Boiler (BU-04)

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan proses yang membutuhkan air pendingin, air proses, air umpan *boiler*.

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang dengan bahan beton bertulang

Dimensi : Panjang = 4,76 m

Lebar = 2,38 m

Tinggi = 3 m

Volume : 28,32 m³

Waktu Tinggal: 12 jam

Jumlah : 1 buah

8. *Kation Exchanger* (KE)

Fungsi : Mengikat ion-ion positif yang ada dalam air lunak

Jenis : Silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion

Jenis Resin : Jenis C-300 dengan notasi RH2

Dimensi : Diameter = 0,50 m

Tinggi = 0,47 m

Volume : 0,09 m³

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 9,144

9. *Anion Exchanger* (AE)

Fungsi : Mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air lunak

Jenis : Silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion

Jenis Resin : Jenis C-500 P dengan notasi R(OH)₂

Dimensi : Diameter = 0,50 m

Tinggi = 0,47 m

Volume : 0,09 m³

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 9,907

10. Deaerator (DE)

Fungsi : Menghilangkan gas-gas (terutama oksigen) di dalam air

Jenis : Tangki silinder horizontal dengan *flanged and standard dished head*

Dimensi : Diameter = 1,53 m
 Panjang = 3,07 m
 Tebal Shell = 0,19 inch
 Tebal Head = 0,25 inch
 Tinggi Head = 0,31 inch

Volume : 4,72 m³

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 8,997

11. *Boiler* (B)

Fungsi : Menyediakan uap untuk keperluan proses

Jenis : Ketel Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

Dimensi Pipa Pemasukan & Pengeluaran :

NPS = 0,75 inch

Outside Diameter = 1,05 inch

Inside Diameter = 0,824 inch

Schedule Number = 40

Panjang = 3,66 m

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 226,070

12. Bak Air Pendingin (BU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan pendingin dengan waktu tinggal 24 jam

Jenis : Bak berbentuk empat persegi panjang dengan bahan beton bertulang

Dimensi : Panjang = 4,45 m

Lebar = 2,23 m

Tinggi = 4 m

Volume : 33,01 m³

Waktu Tinggal: 24 jam

Jumlah : 1 buah

13. *Cooling Tower* (CT)

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin agar dapat digunakan kembali

Jenis : *Inducted draft cooling tower*

T in : 40 °C

T out : 30 °C

Dimensi : Panjang = 3,18 m

Lebar = 2,12 m

Tenaga Fan : 1,225 Hp

Tenaga Motor : 2 Hp

Harga : \$ 7,061

14. Tangki Tawas (TU-01)

Fungsi : Membuat dan melarutkan larutan tawas 5% yang akan diumpankan ke dalam flokulator

Jenis : Tangki silinder tegak

Dimensi : Diameter = 1,12 m

Tinggi = 1,66 m

Volume : 1,33 m³

Waktu Tinggal: 7 hari

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi Pengaduk

Diameter Pengaduk = 0,37 m

Lebar Pengaduk = 0,06 m

Lebar Baffle = 0,09 m

Jumlah Baffle = 4

Jenis Pengaduk = Flat blade turbine

Power Pengadukan = 15 Hp

Harga : \$ 4,328

15. Tangki Kapur (TU-02)

Fungsi : Membuat dan melarutkan larutan kapur 5% yang akan diumpankan ke dalam flokulator untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat di dalam air

Jenis : Tangki silinder tegak

Dimensi : Diameter = 1,41 m

Tinggi = 2,12 m

Volume : 2,75 m³

Waktu Tinggal: 7 hari

Jumlah : 1 buah

Spesifikasi Pengaduk :

Diameter Pengaduk = 0,47 m

Lebar Pengaduk = 0,08 m

Lebar Baffle = 0,12 m

Jumlah Baffle = 4

Jenis Pengaduk = Flat blade turbine

Power Pengadukan = 10 Hp

Harga : \$ 6,606

16. Tangki Kaporit (TU-03)

Fungsi : Membuat dan melarutkan larutan kaporit 2% yang akan digunakan sebagai desinfektan

Jenis : Tangki silinder tegak

Dimensi : Diameter = 0,17 m

Tinggi = 0,26 m

Volume : 0,0048 m³

Waktu Tinggal: 7 hari

Jumlah : 1 buah

17. Tangki Asam Sulfat (TU-04)

Fungsi	: Menyiapkan dan menyimpan larutan H_2SO_4 untuk regenerasi <i>ion exchanger</i>
Jenis	: Tangki silinder tegak
Dimensi	: Diameter = 0,96 m Tinggi = 1,93 m
Volume	: 1,17 m ³
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 4,100

18. Tangki Sodium Hidroksida (TU-05)

Fungsi	: Menyiapkan dan menyimpan larutan NaOH untuk regenerasi <i>ion exchanger</i>
Jenis	: Tangki Silinder Tegak
Dimensi	: Diameter = 0,44 m Tinggi = 0,88 m
Volume	: 0,1118 m ³
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 1,025

19. Tangki Air Proses (TU-06)

Fungsi	: Menampung air proses dengan waktu tinggal 24 jam
Jenis	: Tangki silinder vertikal
Dimensi	: Diameter = 2,35 m Tinggi = 4,70 m

Volume : 17,02 m³

Waktu Tinggal: 24 jam

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 18,678

20. Tangki Umpan *Boiler* (TU-07)

Fungsi : Menampung air umpan boiler sebagai air pembuat steam
di dalam *boiler* dengan waktu tinggal 24 jam

Jenis : Tangki silinder vertikal

Dimensi : Diameter = 1,72 m

Tinggi = 3,43 m

Volume : 6,60 m³

Waktu Tinggal: 24 jam

Jumlah : 1 buah

Harga : \$10,819

21. Tangki Kondensat (TU-08)

Fungsi : Menampung kondensat uap air dari alat proses dan *make-up* umpan *boiler*

Jenis : Tangki silinder tegak

Dimensi : Diameter = 1,34 m

Tinggi = 1,34 m

Volume : 1,5583 m³

Waktu Tinggal: 1 jam

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 4,783

22. Pompa Utilitas (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air dari sungai ke bak pengendap awal.

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 2,38 in

ID = 2,067 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 26,02 gpm

Head Pompa : 3,13 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 3110,40

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 4,783

23. Pompa Utilitas (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak pengendap awal ke flokulator

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 2,38 in

ID = 2,067 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 26,02 gpm

Head Pompa : 2,68 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 3500,22

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 4,783

24. Pompa Utilitas (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan air dari flokulator ke *clarifier*Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 2,38 in

ID = 2,067 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 26,02 gpm

Head Pompa : 1,02 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,17 HP

Ns = 7224,30

Tipe *impeller* = Axial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 4,783

25. Pompa Utilitas (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan air dari *clarifier* ke *sand filter*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 2,38 in

ID = 2,067 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 26,02 gpm

Head Pompa : 2,97 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 3239,83

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 4,783

26. Pompa Utilitas (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air dari *sand filter* ke bak penampung sementara

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 2,38 in

ID = 2,067 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 26,02 gpm

Head Pompa : 3,12 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 3110,40

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 4,783

27. Pompa Utilitas (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung sementara ke bak penampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 1,05 in

ID = 0,824 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 4,05 gpm

Head Pompa : 2,30 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,17 HP

Ns = 1546,55

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,506

28. Pompa Utilitas (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung sementara ke bak penampung air proses, pendingin dan umpan *boiler*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 1,66 in

ID = 1,38 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 12,47 gpm

Head Pompa : 3,23 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 2107,65

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 3,644

29. Pompa Utilitas (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air proses, pendingin dan umpan *boiler* ke *kation exchanger*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 1,66 in

ID = 1,38 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 12,47 gpm

Head Pompa : 0,70 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 6655,23

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 3,644

30. Pompa Utilitas (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air dari *kation exchanger* ke *anion exchanger*Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 1,66 in

ID = 1,38 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 12,47 gpm

Head Pompa : 0,70 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,08 HP

Ns = 6655,23

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 3,644

31. Pompa Utilitas (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air dari *anion exchanger* ke deaerator

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 2,38 in

ID = 2,067 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 24,94 gpm

Head Pompa : 3,16 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 3024,88

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 4,783

32. Pompa Utilitas (PU-11)

Fungsi : Mengalirkan air dari deaerator ke tangki air proses

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 0,75

Sch No = 40

OD = 1,05 in

ID = 0,824 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 3,75 gpm

Head Pompa : 4,97 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 835,26

Tipe *impeller* = Radial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,506

33. Pompa Utilitas (PU-12)

Fungsi : Mengalirkan air dari deaerator ke tangki air umpan *boiler*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 2

Sch No = 40

OD = 0,84 in

ID = 0,622 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 1,45 gpm

Head Pompa : 3,72 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,0833 HP

Ns = 646,67

Tipe *impeller* = Radial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 1,367

34. Pompa Utilitas (PU-13)

Fungsi : Mengalirkan air dari deaerator ke bak air pendingin

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 1

Sch No = 40

OD = 1,32 in

ID = 1,05 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 7,27 gpm

Head Pompa : 4,27 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 1302,77

Tipe *impeller* = Radial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 3,644

35. Pompa Utilitas (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki air umpan *boiler* ke *boiler*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 1,25

Sch No = 40

OD = 1,66 in

ID = 1,38 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 7,27 gpm

Head Pompa : 0,10 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,05 HP

Ns = 22654,95

Tipe *impeller* = Axial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 3,644

36. Pompa Utilitas (PU-15)

Fungsi : Mengalirkan air dari zona pemanasan ke tangki
kondensat

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 1,25

Sch No = 40

OD = 1,66 in

ID = 1,38 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 8,23 gpm

Head Pompa : 1,43 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,17 HP

Ns = 3145,88

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 3,644

37. Pompa Utilitas (PU-16)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki kondensat ke tangki umpan
boiler

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 0,5

Sch No = 40

OD = 0,84 in

ID = 0,622 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 1,45 gpm

Head Pompa : 3,72 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,33 HP

Ns = 646,67

Tipe *impeller* = Radial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,050

38. Pompa Utilitas (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan air bak air pendingin ke zona pendinginan

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 1

Sch No = 40

OD = 1,32 in

ID = 1,05 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 7,27 gpm

Head Pompa : 0,27 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,05 HP

Ns = 10307,31

Tipe *impeller* = Axial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,961

39. Pompa Utilitas (PU-18)

Fungsi : Mengalirkan air dari zona pendinginan ke *cooling tower*

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 1

Sch No = 40

OD = 1,32 in

ID = 1,05 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 7,27 gpm

Head Pompa : 2,39 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,33 HP

Ns = 2015,02

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,961

40. Pompa Utilitas (PU-19)

Fungsi : Mengalirkan air dari *cooling tower* ke bak air pendingin

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 1

Sch No = 40

OD = 1,32 in

ID = 1,05 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 7,27 gpm

Head Pompa : 4,09 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,5 HP

Ns = 1345,79

Tipe *impeller* = Radial flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,961

41. Pompa Utilitas (PU-20)

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki air proses ke zona proses

Jenis : *Single-stage centrifugal pump*

Pemilihan Pipa:

NPS = 0,75

Sch No = 40

OD = 1,05 in

ID = 0,824 in

Jenis Aliran : Turbulen

Kapasitas : 3,75 gpm

Head Pompa : 1,31 m

Putaran Pompa:

Effisiensi Motor = 80%

Motor Standard = 0,33 HP

Ns = 2269,55

Tipe *impeller* = Mixed flow

Jumlah : 2

Harga : \$ 2,506

42. Kompresor Utilitas (COU-01)

Fungsi : Mengalirkan dan menaikkan tekanan gas dari *boiler* ke zona pemanasan dengan tekanan 1 atm ke 2 atm

Jenis : *Single Stage Centrifugal Compressor*

Kapasitas : 1379,59 ft³/menit

Effisiensi : 65%

Tenaga Motor : 0,125 HP

Jumlah : 1

Bahan : Carbon steel SA-283 grade C

Harga : \$ 456

4.6 ORGANISASI PERUSAHAAN

4.6.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada pra rancangan pabrik pentaeritritol adalah Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam perseroan

terbatas pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap-tiap saham. Pabrik pentaeritritol ini akan didirikan pada tahun 2023 yang direncanakan memiliki :

Bentuk : Perseroan Terbatas

Lapangan usaha : Industri

Lokasi perusahaan : Serang, Banten

Kapasitas : 15.000 ton/tahun

Alasan dipilih bentuk perusahaan perseroan terbatas adalah didasarkan beberapa faktor yaitu sebagai berikut :

1. Mudah untuk mendapatkan modal yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh perusahaan. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain (pemilik perusahaan adalah para pemegang saham dan pengurus perusahaan adalah direksi beserta staffnya yang diawasi oleh dewan komisaris) sehingga kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta staffnya atau karyawan perusahaan.
3. Efisiensi dari Manajemen

Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cakap dan berpengalaman.

4. Lapangan Usaha Lebih Luas

Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.

5. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
6. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan yang ada.
7. Mudah bergerak di pasar modal.

Ciri dari Perseroan Terbatas (PT) adalah :

1. Didirikan dengan akta notaris berdasarkan Kitab Undang–Undang Hukum Dagang.
2. Besarnya modal ditentukan dengan akta pendirian dan terdiri dari saham–saham.
3. Pemilik perusahaan adalah pemegang saham.
4. Pabrik dipimpin oleh seorang direktur yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direktur dengan memperhatikan hukum–hukum perburuhan.

4.6.2 Struktur Organisasi Perusahaan

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 :

1. Tujuan perusahaan
2. Pembagian kerja
3. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
4. Pengontrolan pekerjaan yang dilaksanakan
5. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berdasarkan pedoman tersebut maka akan diperoleh struktur organisasi yang baik, yang salah satunya yaitu sistem *line and staff*. Pada sistem ini, garis kekuasaan lebih sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat pada sistem organisasi fungsional, sehingga karyawan hanya akan bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staff ahli yang terdiri dari orang-orang ahli di bidangnya. Staff ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Ada dua kelompok orang yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line dan staff* ini, yaitu :

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

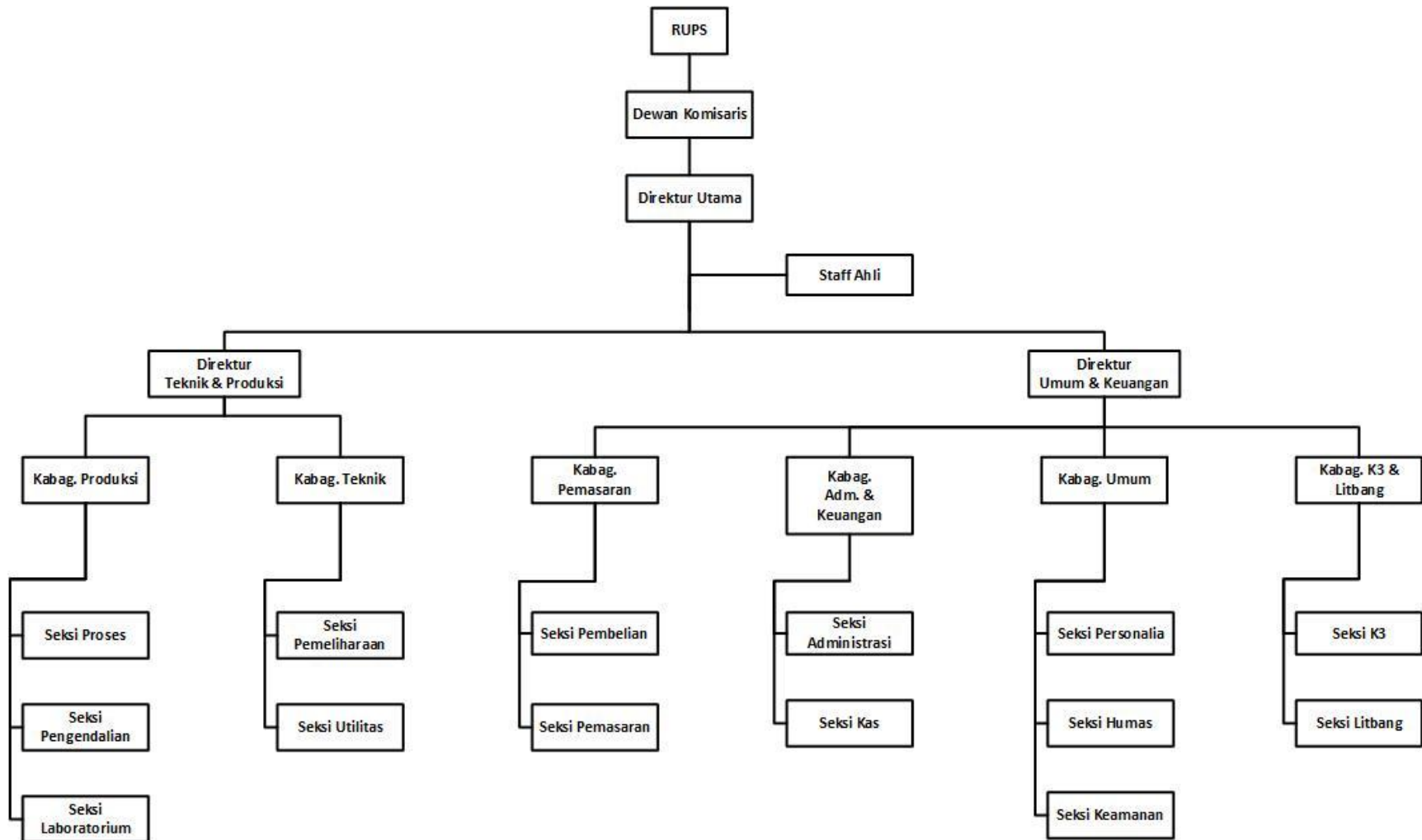
Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh dewan komisaris yang dipimpin oleh presiden komisaris, sedangkan tugas untuk menjalankan perusahaan dilaksanakan direktur dibantu oleh direktur teknik dan produksi serta direktur umum dan keuangan. Direktur 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.

Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu dan masing-masing kepala regu akan bertanggung jawab kepada kepala seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi adalah :

1. Menjelaskan dan menjernihkan persoalan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab, wewenang, dan lain lain.
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat.
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat.
4. Penyusunan program pengembangan manajemen.
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar.

Gambar 4.3 adalah struktur organisasi pabrik pentaeritritol dari formaldehida dan asetaldehida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun.



Gambar 4.7 Struktur organisasi perusahaan

4.6.3 Tugas dan Wewenang

4.6.3.1 Pemegang Saham

Pemegang saham (pemilik perusahaan) adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan tersebut. Kekuasaan tertinggi pada perusahaan yang mempunyai bentuk perseroan terbatas adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Pada rapat umum tersebut para pemegang saham :

1. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris.
2. Mengangkat dan memberhentikan direktur.
3. Mengesahkan hasil-hasil usaha serta neraca perhitungan untung rugi tahunan dari perusahaan.

4.6.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris merupakan pelaksana dari para pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas dewan komisaris meliputi :

1. Menilai dan menyetujui rencana direksi tentang kebijaksanaan umum, target laba perusahaan, alokasi sumber-sumber dana, dan pengarahannya pemasaran.
2. Mengawasi tugas-tugas direktur utama.
3. Membantu direktur utama dalam hal-hal penting.

4.6.3.3 Dewan Direksi

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya dalam hal maju mundurnya perusahaan.

Direktur utama bertanggung jawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang telah diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur utama membawahi direktur teknik dan produksi, serta direktur umum dan keuangan.

Tugas direktur utama antara lain :

1. Mengeluarkan kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antar pemilik saham, pimpinan, konsumen, dan karyawan.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan pemegang saham.
4. Mengkoordinir pekerjaan dengan direktur teknik dan produksi serta direktur umum dan keuangan.

Tugas direktur teknik dan produksi antara lain :

1. Bertanggung jawab pada direktur dalam bidang teknik dan produksi.
2. Mengkoordinir, mengatur, mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Tugas Direktur umum dan keuangan antara lain :

1. Bertanggung jawab pada direktur dalam bidang keuangan, pemasaran, K3 dan lingkungan serta pelayanan umum.
2. Mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4.6.3.4 Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas untuk membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab pada direktur utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang staff ahli adalah sebagai berikut :

1. Memberikan nasehat dan saran dalam pelaksanaan pengembangan perusahaan.
2. Memperbaiki proses dari pabrik atau perencanaan alat dan pengembangan produksi.
3. Mempertinggi efisiensi kerja.

4.6.3.5 Kepala Bagian

1. Kepala Bagian Produksi

Kepala bagian produksi bertanggung jawab pada direktur teknik dan produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi. Kepala bagian produksi membawahi :

a. Seksi Proses

Tugas seksi proses meliputi :

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

b. Seksi Pengendalian

Tugas seksi pengendalian adalah menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

c. Seksi Laboratorium

Tugas seksi laboratorium meliputi :

- * Mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu.
- * Mengawasi dan menganalisa produk.
- * Mengawasi kualitas buangan pabrik.

2. Kepala Bagian Teknik

Tugas kepala bagian teknik meliputi :

- a. Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi dalam bidang peralatan, proses, dan utilitas.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian teknik membawahi :

a. Seksi Pemeliharaan

Tugas seksi pemeliharaan antara lain :

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

b. Seksi Utilitas

Tugas seksi utilitas antara lain melaksanakan dan mengatur sarana utilitas yang memenuhi kebutuhan proses, air, steam, dan tenaga listrik.

3. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas kepala bagian pemasaran antara lain :

- a. Bertanggung jawab pada direktur umum dan keuangan dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian pemasaran membawahi :

a. Seksi Pembelian

Tugas seksi pembelian antara lain :

- * Melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan.
- * Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gedung.

b. Seksi Pemasaran

Tugas seksi pemasaran antara lain :

- * Merencanakan strategi penjualan hasil produksi.
- * Mengatur distribusi barang dari gudang.

4. Kepala Bagian Administrasi dan Keuangan

Tugas kepala bagian administrasi dan keuangan adalah sebagai berikut :

- a. Bertanggung jawab kepada direktur umum dan keuangan dalam bidang administrasi dan keuangan.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian administrasi dan keuangan membawahi :

a. Seksi Administrasi

Tugas seksi administrasi antara lain menyelenggarakan pencatatan hutang piutang pada administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

b. Seksi Kas

Tugas seksi kas antara lain :

- * Mengadakan perhitungan tentang gaji dan insentif karyawan.
- * Menghitung penggunaan uang perusahaan, mengamankan uang, dan membuat prediksi keuangan masa depan.

5. Kepala Bagian Umum

Tugas kepala bagian umum antara lain :

1. Bertanggung jawab kepada direktur umum dan keuangan dalam bidang personalia, hubungan masyarakat, dan keamanan.
2. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian umum membawahi :

a. Seksi Personalia

Tugas seksi personalia antara lain :

- * Membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja 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 dinamis.

- * Melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

b. Seksi Humas

Tugas seksi humas antara lain mengatur hubungan antara perusahaan dan masyarakat diluar lingkungan perusahaan.

c. Seksi Keamanan

Tugas seksi keamanan antara lain :

- * Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan.
- * Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan dalam lingkungan perusahaan.
- * Menjaga dan memelihara kerahasiaan yang berhubungan dengan intern perusahaan.

6. Kepala Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dan Litbang

Tugas kepala bagian K3 dan litbang antara lain :

- a. Bertanggungjawab kepada direktur umum dan keuangan dalam bidang K3 serta penelitian dan pengembangan produk.
- b. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala bagian K3 dan litbang membawahi :

- a. Seksi Kesehatan dan Keselamatan Kerja
- b. Seksi Penelitian dan Pengembangan

4.6.3.6 Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh

hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagiannya masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.6.3.7 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan dapat dibagi menjadi 3 golongan, antara lain :

1. Karyawan Tetap

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

2. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan (SK) Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

3. Karyawan Borongan

Karyawan borongan adalah karyawan yang digunakan oleh pabrik/perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.6.4 Jabatan dan Keahlian

Masing-masing jabatan dalam struktur organisasi diisi oleh orang-orang dengan spesifikasi pendidikan yang sesuai dengan jabatan dan

tanggung jawab. Perincian jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan terdapat pada tabel 4.32.

Tabel. 4.32 Jabatan dan Keahlian

No.	Jabatan	Keahlian
1.	Direktur Utama	Magister Teknik Kimia
2.	Direktur Teknik dan Produksi	Sarjana Teknik Kimia
3.	Direktur Umum dan Keuangan	Sarjana Ekonomi
4.	Staff Ahli	Magister Teknik Kimia dan Ekonomi
5.	Kepala Bagian Produksi	Sarjana Teknik Kimia
6.	Kepala Bagian Teknik	Sarjana Teknik Mesin
7.	Kepala Bagian Pemasaran	Sarjana Ekonomi
8.	Kepala Bagian Adm. & Keuangan	Sarjana Ekonomi
9.	Kepala Bagian Umum	Sarjana Sosial
10.	Kepala Bagian K3 dan Litbang	Sarjana Teknik Kimia
11.	Kepala Seksi Proses	Sarjana Teknik Kimia
12.	Kepala Seksi Pengendalian	Sarjana Teknik Kimia
13.	Kepala Seksi Laboratorium	Sarjana Teknik Kimia
14.	Kepala Seksi Pemeliharaan	Sarjana Teknik Mesin
15.	Kepala Seksi Utilitas	Sarjana Teknik Kimia
16.	Kepala Seksi Pembelian	Sarjana Ekonomi
17.	Kepala Seksi Pemasaran	Sarjana Ekonomi
18.	Kepala Seksi Administrasi	Sarjana Ekonomi
19.	Kepala Seksi Kas	Sarjana Ekonomi
20.	Kepala Seksi Personalia	Sarjana Sosial
21.	Kepala Seksi Humas	Sarjana Sosial
22.	Kepala Seksi Keamanan	SMA/ sederajat
23.	Kepala Seksi K3	Sarjana K3
24.	Kepala Seksi Litbang	Sarjana Teknik Kimia

Tabel. 4.32 Jabatan dan Keahlian (Lanjutan)

No.	Jabatan	Keahlian
25.	Karyawan Proses	Ahli Madya Teknik Kimia
26.	Karyawan Pengendalian	Ahli Madya Teknik Kimia
27.	Karyawan Laboratorium	Ahli Madya Teknik Kimia
28.	Karyawan Pemeliharaan	Ahli Madya Teknik Mesin
29.	Karyawan Utilitas	Ahli Madya Teknik Kimia
30.	Karyawan Pembelian	Ahli Madya Teknik Industri/ Ekonomi
31.	Karyawan Pemasaran	Ahli Madya Teknik Industri/ Ekonomi
32.	Karyawan Administrasi	Ahli Madya Ekonomi
33.	Karyawan Kas	Ahli Madya Ekonomi
34.	Karyawan Personalia	Ahli Madya Sosial
35.	Karyawan Humas	Ahli Madya Sosial
36.	Karyawan Keamanan	SMA/ sederajat
37.	Karyawan K3	Ahli Madya Hiperkes & Kesehatan Kerja
38.	Karyawan Litbang	Ahli Madya Teknik Kimia
39.	Operator	Ahli Madya Teknik Kimia
40.	Sopir	SMA/ sederajat
41.	Librarian	Ahli Madya Teknisi Perpustakaan
42.	Cleaning Service	SMP/ sederajat
43.	Dokter	Sarjana Kedokteran
44.	Perawat	Sarjana Keperawatan

4.6.5 Jumlah Karyawan

Jumlah karyawan harus disesuaikan secara tepat sehingga semua pekerjaan yang ada dapat diselesaikan dengan baik dan efisien. Penentuan jumlah karyawan dapat dilakukan dengan melihat jenis proses ataupun jumlah

unit proses yang ada. Penentuan jumlah karyawan proses dapat digambarkan pada tabel 4.33.

Tabel. 4.33 Jumlah Operator

No	Alat	Jumlah	Jumlah	Jumlah
		(Unit)	(operator/unit/shift)	(operator/shift)
Proses (Sumber : Aries & Newton tabel 35 pg 162 ; Ulrich tabel 6-2 pg 329)				
1.	Mixer	1	0,3	0,3
2.	Reaktor kontinyu	2	0,5	1
3.	Neutralizer	1	0,5	0,5
4.	Evaporator	1	0,25	0,25
5.	Centrifuge	1	0,25	0,25
6.	Cryztallizer	1	0,15	0,15
7.	Rotary Dryer	1	0,5	0,5
8.	Heater	4	0,1	0,4
9.	Cooler	1	0,1	0,1
Utilitas (Sumber : Ulrich tabel 6-2 pg 329)				
1.	Clarifier	1	0,1	0,1
2.	Sand filter	1	0,1	0,1
3.	Kation Exchanger	1	0,5	0,5
4.	Anion Exchanger	1	0,5	0,5
5.	Deaerator	1	1	1
6.	Boiler	1	1	1
7.	Cooling tower	1	1	1
8.	Electrical	1	3	3
Total				10,65

Tabel. 4.34 Jumlah Karyawan

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

Tabel. 4.34 Jumlah Karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah
29.	Karyawan Utilitas	5
30.	Karyawan Pembelian	2
31.	Karyawan Pemasaran	2
32.	Karyawan Administrasi	3
33.	Karyawan Kas	3
34.	Karyawan Personalia	3
35.	Karyawan Humas	2
36.	Karyawan Keamanan	4
37.	Karyawan K3	3
38.	Karyawan Litbang	3
39.	Operator	44
40.	Supir	4
41.	Librarian	1
42.	<i>Cleaning service</i>	5
43.	Dokter	2
44.	Perawat	4
Total		134

4.6.6 Pembagian Jam Kerja

Berdasarkan jam kerjanya, karyawan perusahaan dapat digolongkan menjadi 2 golongan, yaitu karyawan non-shift (harian) dan karyawan shift.

4.6.6.1 Karyawan *Non Shift*

Karyawan non shift adalah para karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi. Yang termasuk dalam karyawan non shift adalah direktur utama, direktur teknik dan produksi, direktur umum dan

keuangan, kepala bagian serta bawahan yang berada di kantor. Jam kerja karyawan non shift ditetapkan sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor: Kep234/Men/2003 yaitu 8 jam sehari atau 40 jam per minggu dan jam kerja selebihnya dianggap lembur. Perhitungan uang lembur menggunakan acuan 1/173 dari upah sebulan (Pasal 10 kep.234/Men/2003) dimana untuk jam kerja lembur pertama dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam dan untuk jam lembur berikutnya dibayar 2 kali upah sejam. Karyawan non shift dalam satu minggu bekerja selama 5 hari dengan jam kerja sebagai berikut :

Senin-Kamis :

Jam Kerja : 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 17.00

Istirahat : 12.00 – 13.00

Jumat :

Jam Kerja : 08.00 – 11.30 dan 13.30 – 17.00

Istirahat : 11.30 – 13.30

Hari Sabtu dan Minggu libur

4.6.6.2 Karyawan *Shift*

Untuk pekerjaan yang langsung berhubungan dengan proses produksi yang membutuhkan pengawasan terus menerus selama 24 jam, para karyawan diberi pekerjaan bergilir (*shift work*). Pekerjaan dalam satu hari dibagi tiga shift yaitu tiap shift bekerja selama 8 jam dengan pembagian shift sebagai berikut :

- Shift I : 00.00 – 08.00

- Shift II : 08.00 – 16.00

- Shift III : 16.00 – 07.00

Karyawan shift ini dibagi menjadi 4 regu, yaitu 3 regu bekerja dan 1 regu istirahat yang dilakukan secara bergantian. Setiap regu mendapatkan shift yang berbeda setiap 3 harinya dan setelah 3 kali shift maka akan mendapatkan libur selama 3 hari. Untuk hari libur atau hari besar yang ditetapkan oleh pemerintah, regu yang bertugas tetap masuk. Jadwal kerja masing-masing regu disajikan dalam tabel 4.35.

Tabel 4.35 Jadwal Kerja Masing-Masing Regu

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

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

Keterangan :

I : Shift Malam II : Shift Pagi III : Shift Siang L : Libur

4.6.7 Ketenagakerjaan

4.6.7.1 Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Bila dalam waktu 1 tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu.

4.6.7.2 Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non shift), hari libur nasional tidak masuk kerja. Sedangkan bagi karyawan shift, hari libur nasional tetap masuk kerja dengan catatan hari itu diperhitungkan sebagai kerja lembur (overtime).

4.6.7.3 Kerja Lembur

Kerja lembur dapat dilakukan apabila ada keperluan yang mendesak dan atas persetujuan kepala bagian.

4.6.7.4 Sistem Gaji Pegawai

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1. Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya. Sistem gaji perusahaan dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Gaji bulanan

Gaji ini diberikan kepada pegawai tetap. Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

2. Gaji harian

Gaji ini diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.

3. Gaji lembur

Gaji ini diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan. Besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.

Tabel 4.36 Gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji		
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
1.	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000	Rp 540.000.000
2.	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 420.000.000
3.	Direktur Keuangan & Umum	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 420.000.000
4.	Staff Ahli	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000	Rp 480.000.000
5.	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
6.	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
7.	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
8.	Ka. Bag. Keuangan & Administrasi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
9.	Ka. Bag. Umum	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
10.	Ka. Bag. K3 & Litbang	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
11.	Ka. Sek. Proses	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
12.	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
13.	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
14.	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
15.	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
16.	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
17.	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
18.	Ka. Sek. Administrasi	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
19.	Ka. Sek. Kas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
20.	Ka. Sek. Personalia	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
21.	Ka. Sek. Humas	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000

Tabel 4.36 Gaji karyawan (Lanjutan)

No	Jabatan	Jumlah	Gaji		
			(/orang/bulan)	(/bulan)	(/tahun)
22.	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
23.	Ka. Sek. K3	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
24.	Ka. Sek. Litbang	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	Rp 240.000.000
25.	Karyawan Proses	8	Rp 10.000.000	Rp 80.000.000	Rp 960.000.000
26.	Karyawan Pengendalian	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000	Rp 480.000.000
27.	Karyawan Laboratorium	4	Rp 9.000.000	Rp 36.000.000	Rp 432.000.000
28.	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp 9.000.000	Rp 36.000.000	Rp 432.000.000
29.	Karyawan Utilitas	5	Rp 9.000.000	Rp 45.000.000	Rp 540.000.000
30.	Karyawan Pembelian	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
31.	Karyawan Pemasaran	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
32.	Karyawan Administrasi	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
33.	Karyawan Kas	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
34.	Karyawan Personalia	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
35.	Karyawan Humas	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
36.	Karyawan Keamanan	4	Rp 8.000.000	Rp 32.000.000	Rp 384.000.000
37.	Karyawan K3	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
38.	Karyawan Litbang	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
39.	Operator	44	Rp 7.500.000	Rp 307.500.000	Rp 3.690.000.000
40.	Supir	4	Rp 3.700.000	Rp 14.800.000	Rp 177.600.000
41.	Librarian	1	Rp 3.250.000	Rp 3.250.000	Rp 39.000.000
42.	<i>Cleaning service</i>	5	Rp 3.250.000	Rp 16.250.000	Rp 195.000.000
43.	Dokter	2	Rp 9.000.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
44.	Perawat	4	Rp 4.500.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
Total		131	Rp 770.200.000	Rp 1.434.800.000	Rp 17.217.600.000

4.6.8 Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam

perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan. Adapun fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

1. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisien produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu, perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh dokter dan perawat.

2. Pakaian kerja

Untuk menghindari kesenjangan antar karyawan, perusahaan memberikan dua pasang pakaian kerja setiap tahunnya, selain itu juga disediakan masker sebagai alat pengaman kerja.

3. Makan dan minum

Perusahaan menyediakan makan dan minum 1 kali sehari yang rencananya akan dikelola oleh perusahaan catering yang ditunjuk oleh perusahaan.

4. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun, yaitu menjelang Hari Raya Idul Fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

5. Jamsostek

Jamsostek merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

6. Tempat Ibadah

Perusahaan membangun tempat ibadah (Masjid) agar karyawan dapat menjalankan kewajiban rohaninya dan melaksanakan aktifitas keagamaan lainnya.

7. Transportasi

Untuk meningkatkan produktivitas dan memperingan beban pengeluaran karyawan, perusahaan memberikan uang transportasi tiap hari yang penyerahannya bersamaan dengan penerimaan gaji tiap bulannya.

8. Hak Cuti

- a. Cuti Tahunan : diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.
- b. Cuti Massal : setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan Hari Raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

4.7 EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi dalam prarancangan pabrik diperlukan guna memperkirakan apakah pabrik yang didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak. Untuk mendapatkan perkiraan/estimasi tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang

diperoleh, lamanya modal investasi dapat dikembalikan dan terjadinya titik impas atau titik dimana pabrik tidak untung dan tidak rugi.

Dalam evaluasi ekonomi, ada beberapa faktor yang dapat ditinjau, antara lain :

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

Sebelum melakukan analisa terhadap kelima faktor tersebut, maka perlu melakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penentuan Modal Industri (*Capital Investment*)
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya Pembuatan (*Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Analisa Keuntungan
4. Analisa Kelayakan

Dalam evaluasi ekonomi, semua harga diperhitungkan sesuai dengan harga pada tahun pabrik direncanakan akan berdiri, yaitu tahun 2023. Data-data harga diambil www.matche.com (2014). Harga alat pada tahun tertentu ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$E_x = \frac{N_x}{N_y} E_y \quad (\text{Aries Newton, hal 16})$$

dengan :

E_x = harga alat pada tahun X

E_y = harga alat pada tahun Y

N_x = nilai indeks untuk tahun X

N_y = nilai indeks untuk tahun Y

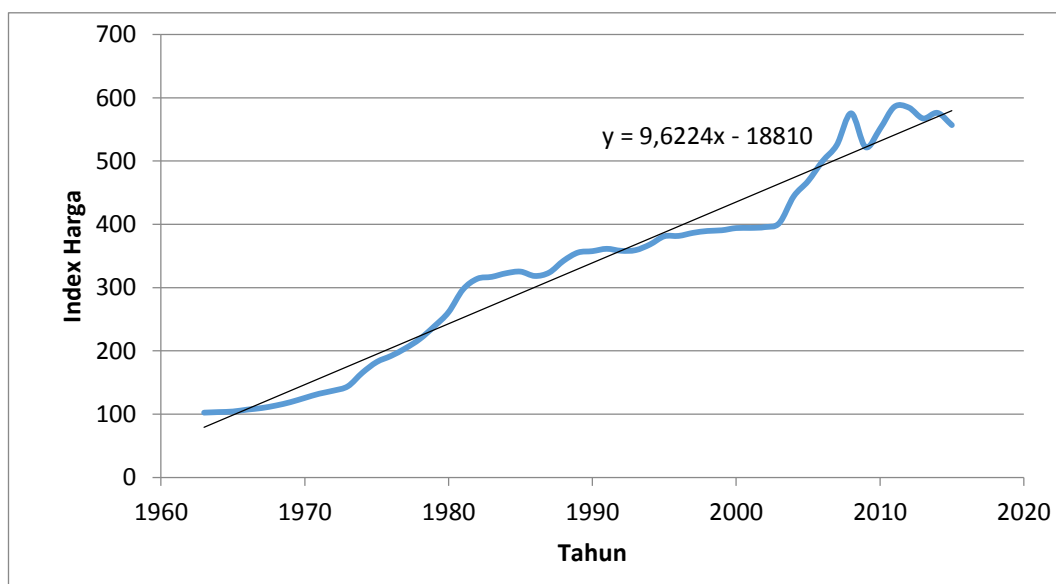
Penentuan harga peralatan dilakukan dengan menggunakan indeks harga. Berdasarkan web www.che.com diperoleh nilai CEP (*Chemical Engineering Plant*) Indeks dari tahun 1963-2016 sebagaimana terdapat dalam Tabel 4.37 dan gambar 4.8.

Tabel 4.37 Index harga

Tahun	Chemical Engineering Index	Tahun	Chemical Engineering Index
1963	102,4	1990	357,6
1964	103,3	1991	361,3
1965	104,2	1992	358,2
1966	107,2	1993	359,2
1967	109,7	1994	368,1
1968	113,7	1995	381,1
1969	119,0	1996	381,7
1970	125,7	1997	386,5
1971	132,3	1998	389,5
1972	137,2	1999	390,6
1973	144,1	2000	394,1
1974	165,4	2001	394,3
1975	182,4	2002	395,6
1976	192,1	2003	402,0

Tabel 4.37 Index harga (Lanjutan)

Tahun	Chemical Engineering Index	Tahun	Chemical Engineering Index
1977	204,1	2004	444,2
1978	218,8	2005	468,2
1979	238,7	2006	499,6
1980	261,2	2007	525,4
1981	297,0	2008	575,4
1982	314,0	2009	521,9
1983	317,0	2010	550,8
1984	322,7	2011	585,7
1985	325,3	2012	584,6
1986	318,4	2013	567,3
1987	323,8	2014	576,1
1988	342,5	2015	556,8
1989	355,4	2016	541,7



Gambar 4.8 Grafik index harga

Untuk menghitung index harga pada beberapa tahun yang akan datang, maka dapat digunakan persamaan garis lurus pada persamaan (1).

$$y = ax + b$$

Keterangan : y = Index harga, x = tahun, a = gradien, b = *intercept*.

Dengan menggunakan persamaan tersebut, maka dapat diketahui index harga pada tahun 2023 adalah :

$$y = (9,6224 \times 2023) - 18810$$

$$y = 656,1$$

4.7.1 Capital Investment

4.7.1.1 Fixed Capital Investment

Fixed capital atau modal tetap merupakan modal yang diperlukan untuk pembangunan dan pemasangan fasilitas-fasilitas pabrik secara fisik.

Tabel 4.38 *Fixed Capital Investment*

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
1.	<i>Purchase equipment cost</i>	2,009,302	28.335.178.221
2.	<i>Installation</i>	383,117	5.402.715.971
3.	<i>Piping</i>	486,071	6.854.573.372
4.	<i>Instrumentation</i>	512,625	7.229.038.967
5.	<i>Insulation</i>	81,652	1.151.450.662
6.	<i>Electrical</i>	241,116	3.400.221.386
7.	<i>Building</i>	1,607,442	22.668.142.576
8.	<i>Land and yard improvements</i>	414,334	5.842.937.822
9.	<i>Utilities</i>	1,506,977	21.251.383.665
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		7,242,527	102.135.642.642

Tabel 4.38 *Fixed Capital Investment* (Lanjutan)

No	Komponen	Harga (US \$)	Harga (Rp)
10.	<i>Engineering and construction</i>	1,448,527	20.427.128.528
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>		8,691,162	122.562.771.171
11.	<i>Contractor's fee</i>	347,646	4.902.510.847
12.	<i>Contingency</i>	1,303,674	18.384.415.676
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		10,342,483	145.849.697.693

4.7.1.2 *Working Capital Investment*

Working capital atau modal kerja merupakan modal yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau produksi dari suatu pabrik dalam jangka waktu tertentu.

Tabel 4.39 *Working Capital Investment*

No	Komponen	Harga (US\$)	Harga (Rp)
1.	<i>Raw material inventory</i>	1,564,284	22.059.527.679
2.	<i>In process inventory</i>	36,505,338	514.798.273.694
3.	<i>Product inventory</i>	2,028,074	28.599.904.094
4.	<i>Extended credit</i>	2,475,557	34.910.302.152
5.	<i>Available cash</i>	2,028,074	28.599.904.094
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>		44,601,327	628.967.911.714

4.7.2 *Total Production Cost*

4.7.2.1 *Manufacturing Cost*

a. *Direct Manufacturing Cost*

Direct Manufacturing Cost atau biaya produksi langsung meliputi biaya yang berhubungan secara langsung dengan proses produksi.

b. *Indirect Manufacturing Cost*

Indirect Manufacturing Cost atau biaya produksi tidak langsung merupakan biaya pengeluaran yang diadakan sebagai akibat (tidak langsung) dari operasi produksi.

c. *Fixed Manufacturing Cost*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap merupakan biaya tertentu yang akan selalu dikeluarkan baik ketika pabrik beroperasi atau tidak, biaya ini juga tidak tergantung pada jumlah produksi yang termasuk dalam biaya tetap adalah depresiasi, pajak, asuransi dan sewa.

Tabel 4.40 *Manufacturing cost*

No	Komponen	Harga (US\$)	Harga (Rp)
1.	Bahan baku proses	18,771,403	264.714.332.150
2.	Gaji pegawai	1,240,079	17.487.600.000
3.	Supervisi	310,020	4.371.900.000
4.	<i>Maintenance</i>	620,549	8.750.981.862
5.	<i>Plant supplies</i>	93,082	1.312.647.279
6.	<i>Royalties and patent</i>	297,067	4.189.236.258
7.	Utilitas	239,400	3.376.015.340
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		21,571,601	304.202.712.890
8.	<i>Payroll overhead</i>	186,012	2.623.140.000
9.	<i>Laboratory</i>	124,008	1.748.760.000
10.	<i>Plant overhead</i>	620,040	8.743.800.000
11.	<i>Packaging</i>	297,067	4.189.236.258
12.	<i>Shipping</i>	297,067	4.189.236.258
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		1,524,193	21.494.172.517

Tabel 4.40 *Manufacturing cost* (Lanjutan)

No	Komponen	Harga (US\$)	Harga (Rp)
13.	<i>Depreciation</i>	1,034,248	14.584.969.769
14.	<i>Property tax</i>	103,425	1.458.496.977
15.	<i>Insurance</i>	103,425	1.458.496.977
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		1,241,098	17.501.963.723
<i>Manufacturing Cost</i>		24,336,892	343.198.849.129

4.7.2.2 *General Expense*

General Expense atau pengeluaran umum adalah biaya pengeluaran pabrik yang tidak termasuk dalam *manufacturing cost*. *General expense* ini meliputi biaya administrasi, penjualan produk, penelitian, dan biaya pembelanjaan.

Tabel 4.41 *General expense*

No	Komponen	Harga (US\$)	Harga (Rp)
1.	<i>Administration</i>	594,134	8.378.472.517
2.	<i>Sales expense</i>	891,200	12.567.708.775
3.	<i>Research</i>	742,667	10.473.090.646
4.	<i>Finance</i>	24,822	350.039.274
<i>General Expense (GE)</i>		2,252,823	31.769.311.212

4.7.3 Analisa Keuntungan

Pendapatan = US\$ 29,706,682 = Rp418.923.625.828

Pengeluaran = US\$ 26,589,715 = Rp374.968.160.341

Keuntungan sebelum pajak = US\$ 3,116,967 = Rp43.955.465.487

Pajak (52%) = US\$ 1,620,823 = Rp22.856.842.053

Keuntungan setelah pajak = US\$ 1,296,144 = Rp21.098.623.434

4.7.4 Analisa Kelayakan

4.7.4.1 *Return on Investment (ROI)*

ROI adalah kecepatan tahunan pengembalian investasi (modal) dari keuntungan.

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

ROI sebelum pajak = 30%

ROI setelah pajak = 14%

4.7.4.2 *Pay Out Time (POT)*

POT adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui dalam berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali.

$$POT = \frac{\text{Fixed Capital Investment}}{\text{Keuntungan} + \text{Depresiasi}}$$

POT sebelum pajak = 2,5 tahun

POT setelah pajak = 4,1 tahun

4.7.4.3 *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)*

DCFR adalah besarnya perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik.

Umur Pabrik (n) : 10 tahun

Fixed Capital Investment (FC) : \$ 10,342,483 = Rp145.849.697.693

Working Capital Investment (WC) : \$ 44,601,327 = Rp628.967.911.714

Salvage value (SV) : \$ 1,034,248 = Rp14.584.969.769

Cash Flow (CF) : \$ 2,555,214 = Rp36.033.632.478

Discounted cash flow dihitung secara trial & error.

Persamaan untuk menentukan DCFR :

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

dengan :

FC = *fixed capital*

WC = *working capital*

SV = *salvage value*

C = *cash flow*

n = umur pabrik

i = nilai DCFRR

Dengan trial & error diperoleh nilai $i = 0,13$

DCFRR = 13%

4.7.4.4 Break Even Point (BEP)

BEP adalah suatu titik impas dimana pabrik tidak mengalami untung maupun rugi. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di atas BEP.

Annual Fixed Cost (Fa) = US\$ 1,241,098 = Rp17.501.963.723

Annual Regulated Cost (Ra) = US\$ 5,446,613 = Rp76.808.140.352

Annual Variable Value (Va) = US\$19,902,004= Rp280.808.140.352

Annual Sales Value (Sa) = US\$29,706,682= Rp418.923.625.828

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

BEP = 47,98%

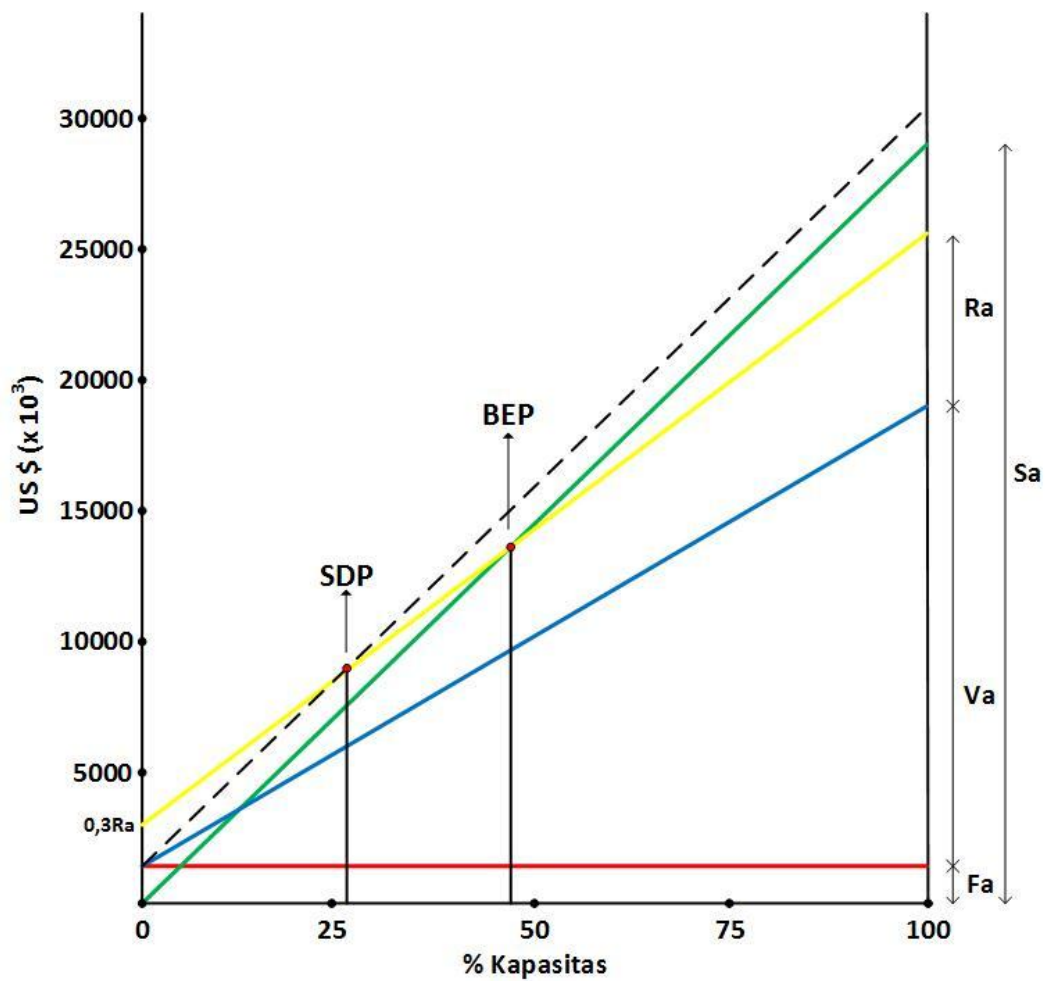
dengan :

Fa = Annual Fixed Manufacturing Cost pada produksi maksimum

Ra = Annual Regulated Expense pada produksi maksimum

Va = Annual Variable Value pada produksi maksimum

Sa = Annual Sales Value pada produksi maksimum



Gambar 4.9 Grafik BEP

4.7.4.5 Shut Down Point (SDP)

SDP adalah level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi lebih mahal daripada untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

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

$$SDP = 27,27\%$$

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

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

1. Pendirian pabrik pentaeritritol dengan kapasitas 15.000 ton/tahun dilatarbelakangi oleh meningkatnya permintaan akan pentaeritritol baik di Indonesia maupun disekitarnya.
2. Pabrik pentaeritritol berbentuk perseroan terbatas direncanakan akan didirikan di atas tanah seluas 11.146 m² di Serang, Banten dengan jumlah karyawan sebanyak 134 orang dan beroperasi selama 330 hari/tahun.
3. Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, pemilihan bahan baku dan jenis produk, maka pabrik pentaeritritol dari asetaldehida dan formaldehida ini tergolong pabrik berisiko rendah (*low risk*).
4. Berdasarkan hasil analisis ekonomi maka didapatkan :
 - a. Keuntungan yang diperoleh :

Keuntungan sebelum pajak Rp43.955.465.487/tahun dan keuntungan setelah pajak (52%) sebesar Rp21.098.623.434/tahun.

b. *Return On Investment (ROI)* :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 30%, dan ROI setelah pajak sebesar 14%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia *low risk* adalah 11% (Aries & Newton, 1955).

c. *Pay Out Time (POT)* :

POT sebelum pajak selama 2,5 tahun dan POT setelah pajak selama 4,1 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan proses industri kimia maksimum adalah 5 tahun (Aries & Newton, 1955).

d. *Break Event Point (BEP)* pada 47,98%, dan *Shut Down Point (SDP)* pada 27,27%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

e. *Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFR)* sebesar 13%.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik pentaeritritol dari asetaldehida dan formaldehida dengan kapasitas 15.000 ton/tahun ini layak dan menarik 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 sebagai berikut :

1. Optimasi pemilihan seperti alat proses atau alat penunjang dan bahan baku perlu diperhatikan sehingga akan lebih mengoptimalkan keuntungan yang diperoleh.

2. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan dapat berkembang pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation",
Mc Graw Hill Handbook Co., Inc., New York
- Brown, G.G., Donal Katz, Foust, A.S., and Schneidewind, R., 1978, "Unit
Operation", Modern Asia Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley
and Sons, Inc., New York
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, "Chemical Engineering Design", Vol 1
- 6, Pergamon Internasional Library, New York
- Faith, W.L., and Keyes, D.B., 1961, "Industrial Chemical", John Wiley and Sons,
Inc., New York
- Gharagheizi F., et al., 2007, "Prediction of Standard Enthalpy of Formation by a
QSPR Model", International Journal of Molecular Sciences, No.8:407-432
- Holland, F. A. and Chapman, F. S., 1966, "Liquid Mixing and Processing in
Stired Tang", 1st ed., Reinhold Publishing Co-Chapman & Hall, Ltd.,
London
- Jiang et al., 2012, "Method of Preparing Pentaeritritol", Patent No. 8.293.950 B2,
Unites States
- Kern, D.Q., 1983, "Process Heat Transfer", Mc Graw Hill Book Co., Inc., New
York
- Levenspiel, O., 1972, "Chemical Reaction Engineering", 2nd ed., John Wiely and
Sons, Inc., New York

- Maity, Siddharth, 2009, "Manufacturing of Pentaeritritol", Kentucky (US) :
University of Louisville
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, "Unit Operation of Chemical
Engineering", 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1984, "Perry's Chemical Engineer's Handbook",
6th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1997, "Perry's Chemical Engineer's Handbook",
7th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Perry, R.H., and Green, D.W., 2008, "Perry's Chemical Engineer's Handbook",
8th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Peters, M.S., and Cupit, C.R., 1958, "Kinetics of Pentaeritritol-Production
Reactions", Chemical Engineering Science, Vol.10:57-67
- Peters, M.S., and Timmerhaus, K.D., 1980, "Plant Design and Economics for
Chemical Engineers", 3rd ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Powell, S.T., 1954, "Water Conditioning for Industry", Mc.Graw Hill Kogakusha
Book Company, Inc., Tokyo
- Rase, H.F., 1977, "Chemical Reactor Design for Process Plants", Wiley
Interscience, Canada
- Rase, H.F., and Barrow, M.H., 1957, "Project of Process Plants", Wiley, Inc.,
New York
- Saleh, Farham H.M., 2015, "Neraca Massa dan Neraca Panas", Aswaja Pressindo,
Yogyakarta

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

Treyball, R.E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3rd ed., McGraw – Hill Book Company Inc., Tokyo.

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

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

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

Website :

<http://maps.google.com>

<http://www.alibaba.com>

<http://www.bps.go.id>

<http://www.che.com>

<http://www.chemicalbook.com>

<http://www.matche.com>

<http://www.un.go.id>

<https://atct.anl.gov>

<https://finance.detik.com>

<https://webbook.nist.gov>

<https://www.icis.com>

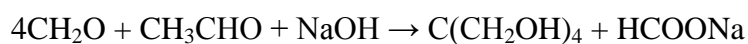
LAMPIRAN

REAKTOR

Fungsi	: Mereaksikan formaldehida, asetaldehida, dan sodium hidroksida menjadi pentaeritritol dan sodium format
Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Sifat reaksi	: Eksotermis
Kondisi operasi	: Tekanan (P) = 2 atm Suhu (T) = 45°C
Perbandingan mol	: CH ₂ O : C ₂ H ₄ O : NaOH = 4,5 : 1 : 1,2 (Jiang, et al, 2012)

A. Kinetika Reaksi

Reaksi :



Persamaan kecepatan reaksi :

$$\frac{d[\text{C}(\text{CH}_2\text{OH})_4]}{dt} = k[\text{CH}_2\text{O}][\text{CH}_3\text{CHO}][\text{NaOH}]$$

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

dengan,

-r_a = kecepatan reaksi (kmol/L.jam)

k = konstanta kecepatan reaksi (L²/kmol².jam)

C_a = konsentrasi CH₃CHO

C_b = konsentrasi CH₂O

C_c = konsentrasi NaOH

Input Reaktor

Komponen	BM	Input	
		kg/jam	kmol/jam
H ₂ O	18	4294,9600	238,6089
CH ₂ O	30	2083,3640	69,4455
C ₂ H ₄ O	44	679,0224	15,4323
NaOH	40	740,7517	18,5188
Total		7798,0981	

Konsentrasi Umpan

Reaktan pembatas pada reaksi pembuatan pentaeritritol adalah asetaldehida (CH₃CHO).

$$C_{ao} = \frac{n a}{\Sigma Fv} = \frac{15,4323 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}}{8551,9861 \frac{\text{L}}{\text{jam}}} = 0,0018 \frac{\text{kmol}}{\text{L}}$$

$$C_{bo} = \frac{n b}{\Sigma Fv} = \frac{69,4455 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}}{8551,9861 \frac{\text{L}}{\text{jam}}} = 0,0081 \frac{\text{kmol}}{\text{L}}$$

$$C_{co} = \frac{n c}{\Sigma Fv} = \frac{18,5188 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}}}{8551,9861 \frac{\text{L}}{\text{jam}}} = 0,0022 \frac{\text{kmol}}{\text{L}}$$

Konstanta Kecepatan Reaksi

Reaksi pembuatan pentaeritritol merupakan reaksi orde 3 terhadap asetaldehida dengan persamaan konstanta kecepatan reaksi sebagai berikut :

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

dengan,

k = konstanta kecepatan reaksi

R = tetapan gas

T = suhu reaksi

Nilai konstanta kecepatan reaksi :

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

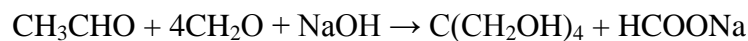
$$T = 45^\circ\text{C} = 318\text{K}$$

$$k = 1,82 \cdot 10^{17} \exp\left(-\frac{22800 \frac{\text{cal}}{\text{mol}}}{1,987 \frac{\text{cal}}{\text{mol.K}} \cdot 318\text{K}}\right) = 38,8296 \frac{\text{L}^2}{\text{mol}^2 \text{jam}} = 38829609,1565 \frac{\text{L}^2}{\text{kmol}^2 \text{jam}}$$

Kecepatan Reaksi

Reaksi pembuatan pentaeritritol dijalankan dengan konversi sebesar 90%

dengan persamaan sebagai berikut :



	A	4B	C	D	E
m :	C _{ao}	C _{bo}	C _{co}		
r :	C _{ao} .X	4.C _{ao} .X	C _{ao} .X		
s :	C _a	C _b	C _c		

$$C_a = C_{ao} - C_{ao}X = C_{ao}(1 - X) \quad \rightarrow \quad X = \frac{C_{ao} - C_a}{C_{ao}}$$

$$C_b = C_{bo} - 4 C_{ao}X = C_{ao} \left(\frac{C_{bo}}{C_{ao}} - 4X \right)$$

$$C_c = C_{co} - C_{ao}X = C_{ao} \left(\frac{C_{co}}{C_{ao}} - X \right)$$

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

$$-r_a = k \cdot C_{ao}(1 - X) \cdot C_{ao} \left(\frac{C_{bo}}{C_{ao}} - 4X \right) \cdot C_{ao} \left(\frac{C_{co}}{C_{ao}} - X \right)$$

$$-r_a = k \cdot C_{ao}^3 \cdot (1 - X) \cdot \left(\frac{C_{bo}}{C_{ao}} - 4X \right) \cdot \left(\frac{C_{co}}{C_{ao}} - X \right)$$

$$-r_a = 38829609,1565 \frac{L^2}{kmol^2 jam} \cdot \left(0,0018 \frac{kmol}{L}\right)^3 \cdot (1 - 90\%) \cdot \left(\frac{0,0081 \frac{kmol}{L}}{0,0018 \frac{kmol}{L}} - 4.90\%\right) \cdot \left(\frac{0,0022 \frac{kmol}{L}}{0,0018 \frac{kmol}{L}} - 90\%\right)$$

$$-r_a = 0,0062 \frac{kmol}{L.jam}$$

B. Optimasi Reaktor

Untuk menghitung volume RATB yang disusun seri dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{F_{ao}(X_n - X_{n-1})}{-r_a}$$

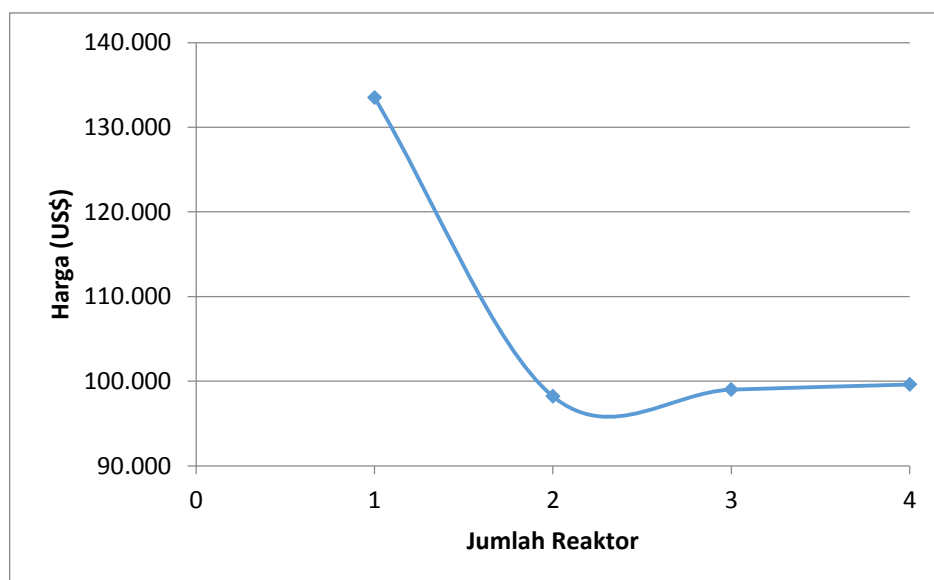
$$V = \frac{F_{ao}(X_n - X_{n-1})}{k C_a C_b C_c}$$

Dengan cara trial untuk memperoleh konversi masing-masing reaktor yang disusun seri, maka diperoleh :

Reaktor ke-	Xa, n-1	Xa, n	V (L)
1	0%	90%	2254,51
1	0%	76%	343,56
2	76%	90%	343,56
1	0%	68%	159,56
2	68%	84%	159,56
3	84%	90%	159,56
1	0%	62%	95,84
2	62%	79%	95,84
3	79%	86%	95,84
4	86%	90%	95,84

Untuk mengetahui jumlah reaktor optimum, maka dilakukan optimasi dengan mempertimbangkan harga reaktor yang diambil dari www.matche.com, sehingga diperoleh :

n	Konversi	Volume (L)	Volume (gallon)	V over design (gallon)	Harga (US\$)	
					Unit	Total
1	90%	2254,51	595,58	714,69	133500	133500
1	76%	343,56	90,76	108,91	49100	98200
2	90%	343,56	90,76	108,91	49100	
1	68%	159,56	42,15	50,58	33000	99000
2	84%	159,56	42,15	50,58	33000	
3	90%	159,56	42,15	50,58	33000	
1	62%	95,84	25,31	30,38	24900	99600
2	79%	95,84	25,31	30,38	24900	
3	86%	95,84	25,31	30,38	24900	
4	90%	95,84	25,31	30,38	24900	



Pertimbangan volume : $V_1 > V_2 > V_3 > V_4$

Pertimbangan harga reaktor : $R_1 > R_2 < R_3 < R_4$

Maka, jumlah reaktor yang optimum untuk mendapatkan harga perancangan reaktor yang minimum adalah sebanyak 2 buah.

C. Perancangan Reaktor

Asumsi :

- Volume cairan selama reaksi tetap
- Kondisi isothermal

Volume cairan dalam reaktor :

$$V_{cairan} = 343,5655L = 0,3436m^3$$

Volume design reaktor :

$$\text{Over design} = 20\%$$

(Timmerhaus tabel 6)

$$V_{reaktor} = 412,2786L = 0,4123m^3 = 14,5483ft^3$$

Menentukan Dimensi

Dipilih : RATB silinder tegak *torispherical dished heads* dengan D:H=3:2

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{3D}{2} = \frac{3\pi}{8} D^3$$

$$V_{head} = 0,000049D^3 \quad ; V=ft^3, D=inch$$

(Brownell pers 5.11)

$$V_{head} = 0,0847D^3 \quad ; V=ft^3, D=ft$$

$$V_{reaktor} = V_{shell} + 2 \cdot V_{head}$$

$$V_{reaktor} = \frac{3\pi}{8} D^3 + 2 \cdot 0,0847D^3$$

$$V_{reaktor} = \frac{3,3,14}{8} D^3 + 0,1693D^3$$

Maka,

$$D = 2,2105 ft = 0,6739 m = 26,5333 inch$$

$$H = 3,3158 \text{ ft} = 1,0109 \text{ m}$$

Menentukan Waktu Tinggal

$$t = \frac{V}{Fv}$$

$$t = \frac{343,5655 \text{ L}}{8551,9861 \frac{\text{L}}{\text{jam}}} = 0,0402 \text{ jam} = 2,4104 \text{ menit}$$

Menentukan Tebal Dinding

Dipilih : Bahan *stainless steel* SA-167 Grade 11 type 316

Spesifikasi :

Max allowable stress, f = 18750 psi (Brownell appendix D item 4)

Efisiensi sambungan, E = 80% (Brownell tabel 13.2)

Corrothion allowance, c = 0,1250 inch

Densitas campuran, $\rho_{\text{camp}} = 1044,1150 \text{ kg/m}^3 = 65,1820 \text{ lb/ft}^3$

Tekanan, P = 2 atm = 29,3918 psi

$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho(H-1)}{144}$; $\rho = \text{lb/ft}^3$, $H = \text{ft}$, $P_h = \text{psi}$ (Brownell pers 3.17)

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{65,1820 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} (3,3167 \text{ ft} - 1)}{144} = 0,9915 \text{ psi}$$

$$P_{\text{operasi}} = P + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$P_{\text{operasi}} = 29,3918 \text{ psi} + 0,9915 \text{ psi} = 30,3833 \text{ psi}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \cdot P_{\text{operasi}}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \cdot 30,3833 \text{ psi} = 36,4600 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{(Pd \cdot ri)}{(f \cdot E) - (0,6 \cdot Pd)} + c \quad (\text{Brownell pers 13.1})$$

$$ts = \frac{(36,4600 \text{ psi} \cdot 13,2666 \text{ inch})}{(18750 \text{ psi} \cdot 80\%) - (0,6 \cdot 36,4600 \text{ psi})} + 0,1250 = 0,1573 \text{ inch}$$

$$ts \text{ standar} = 0,1875 \text{ inch} \quad (\text{Brownell appendix C bag. f})$$

$$OD\ shell = ID + 2 \cdot ts\ standar$$

$$OD\ shell = 26,5333\ inch + 2 \cdot 0,1875\ inch = 26,9083\ inch$$

$$OD\ standar = 28\ inch \quad (\text{Brownell tabel 5.7})$$

$$ID\ standar = OD\ standar - (2 \cdot ts\ standar)$$

$$ID\ standar = 28\ inch - (2 \cdot 0,1875\ inch) = 27,6250\ inch$$

Menentukan Tebal Head

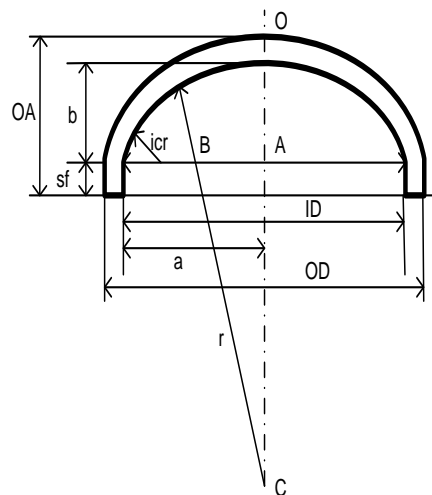
Jenis : Torispherical dished heads

$$th = \frac{(0,885 \cdot Pd \cdot ri)}{(f \cdot E) - (0,1 \cdot Pd)} + c \quad (\text{Brownell pers 13.12})$$

$$th = \frac{(0,885 \cdot 36,4600\ psi \cdot 26\ inch)}{(18750\ psi \cdot 80\%) - (0,1 \cdot 36,4600\ psi)} + 0,1250 = 0,1809\ inch$$

$$th\ standar = 0,1875\ inch \quad (\text{Brownell appendix C bag. f})$$

Menentukan Ukuran Head



Diketahui :

$$icr = 1\frac{3}{4} \text{ inch} \quad (\text{Brownell tabel 5.7})$$

$$r = 26 \text{ inch} \quad (\text{Brownell tabel 5.7})$$

$$sf = 2 \text{ inch} \quad (\text{Brownell tabel 5.8})$$

$$a = \frac{ID \text{ standar}}{2} = \frac{27,6250 \text{ inch}}{2} = 13,8125 \text{ inch}$$

$$AB = a - icr = 13,8125 \text{ inch} - 1,7500 \text{ inch} = 12,0625 \text{ inch}$$

$$BC = r - icr = 26 \text{ inch} - 1,7500 \text{ inch} = 24,2500 \text{ inch}$$

$$AC = \sqrt{(BC^2 - AB^2)} = \sqrt{(24,2500 \text{ inch})^2 - (12,0625 \text{ inch})^2} = 21,0371 \text{ inch}$$

$$b = r - AC = 26 \text{ inch} - 21,0371 \text{ inch} = 4,9629 \text{ inch}$$

$$OA = b + sf + th \text{ standar} = 4,9629 \text{ inch} + 2 \text{ inch} + 0,1875 \text{ inch} = 7,1504 \text{ inch}$$

Menentukan Pengaduk

Viskositas = 1,2306 kg/m.s → Jenis pengaduk : Flate Blade Turbine

(Coulson gb 10.57)

dengan,

ID = diameter reaktor

Di = diameter pengaduk

Zi = ketinggian pengaduk dari dasar

Zl = ketinggian cairan

w = lebar pengaduk

L = lebar baffle

Spesifikasi pengaduk : (Brown gb 477)

$$Di = \frac{1}{3}ID = \frac{1}{3} \cdot 0,7017 \text{ m} = 0,2339 \text{ m} = 0,7674 \text{ ft}$$

$$Z_i = 1,3 \cdot D_i = 1,3 \cdot 0,2339 \text{ m} = 0,3041 \text{ m} = 0,9976 \text{ ft}$$

$$Z_l = 3,9 \cdot D_i = 3,9 \cdot 0,2339 \text{ m} = 0,9122 \text{ m} = 2,9927 \text{ ft}$$

$$w = 0,17 \cdot D_i = 0,17 \cdot 0,2339 \text{ m} = 0,0398 \text{ m} = 0,1305 \text{ ft}$$

$$L = 0,25 \cdot D_i = 0,25 \cdot 0,2339 \text{ m} = 0,0585 \text{ m} = 0,1918 \text{ ft}$$

Menentukan Kecepatan Pengaduk

$$WELH = Z_l \frac{\rho_{campuran}}{\rho_{air}} \quad (\text{Rase hal 345})$$

$$WELH = 0,9122 \text{ m} \frac{1044,1150 \frac{kg}{m^3}}{1009,1176 \frac{kg}{m^3}} = 0,9438 \text{ m} = 3,0965 \text{ ft}$$

$$\frac{WELH}{2 \cdot D_i} = \left[\frac{\pi \cdot D_i \cdot N}{600} \right]^2 \rightarrow N = \frac{600}{\pi \cdot D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 \cdot D_i}} \quad (\text{Rase pers 8.8})$$

$$N = \frac{600}{3,14 \cdot 0,7674 \text{ ft}} \sqrt{\frac{3,0965 \text{ ft}}{2 \cdot 0,7674 \text{ ft}}} = 271,4202 \text{ rpm} = 4,5237 \text{ rps}$$

$$N_{standar} = 320 \text{ rpm} = 5,3333 \text{ rps} \quad (\text{Walas hal 288})$$

dengan,

WELH= *water equivalent liquid height*

N = kecepatan putaran pengaduk

Menentukan Power Pengadukan

Bilangan reynold :

$$N_{re} = \frac{N \cdot D_i^2 \cdot \rho}{\mu}$$

$$N_{re} = \frac{5,3333 \text{ rps} \cdot (0,2339 \text{ m})^2 \cdot 1044,1150 \frac{kg}{m^3}}{0,002 \frac{kg}{m \cdot s}} = 150261,6386$$

$$N_p = 7 \quad (\text{Brown gb 477})$$

Power pengadukan :

$$gc = 32,2 \frac{lbm \cdot ft}{lbf \cdot sec^2} \quad (\text{Brown hal 508})$$

$$Pa = \frac{N^3 \cdot Di^5 \cdot \rho \cdot Np}{gc} \quad (\text{Brown hal 508})$$

$$Pa = \frac{(5,3333 \text{ rps})^3 (0,7674 \text{ ft})^5 \left(65,1820 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}\right)^7}{32,2 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{lb} \cdot \text{sec}^2}} = 571,9577 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{sec}}$$

$$\eta = 73\% \quad (\text{Ulrich gb 4.2})$$

$$P = \frac{Pa}{\eta} = \frac{571,9577 \frac{\text{lb} \cdot \text{ft}}{\text{sec}}}{73\%} = 1,0623 \text{ kWatt} = 1,4246 \text{ hP}$$

$$P \text{ standar} = 1,5 \text{ hP} \quad (\text{Rase and Brow hal 358})$$

D. Neraca Panas

Panas Masuk

Komponen	\dot{n}	$\int Cp \cdot dT$	Q input
	kmol/jam	kJ/kmol	kJ/jam
H ₂ O	238,6089	1507,2079	359489,8557
CH ₂ O	69,4455	716,7297	49773,6301
C ₂ H ₄ O	15,4323	5838,7430	90105,3873
NaOH	18,5188	1741,8734	32257,3911
Total	308,0544		531626,2641

Panas Keluar

Komponen	\dot{n}	$\int Cp \cdot dT$	Q output
	kmol/jam	kJ/kmol	kJ/jam
H ₂ O	238,7109	1507,2079	359786,9358
CH ₂ O	22,5312	716,7297	16148,7778
C ₂ H ₄ O	3,7038	7888,9883	29218,9058
NaOH	6,7902	1741,8734	11827,7101
C ₅ H ₁₂ O ₄	11,5246	4434,8416	51109,5949

NaCOOH	11,7286	2268,0000	26600,3920
C ₁₀ H ₂₂ O ₇	0,1208	13774,0000	1405,0072
Total	252,6188		496097,3235

Panas Reaksi

Komponen	ñ reaksi	ΔH ^o f
	kmol/jam	J/mol
CH ₂ O	46,9143	-109,15
NaOH	11,7286	-416,88
C ₂ H ₄ O	11,7286	-191,70
C ₅ H ₁₂ O ₄	11,5246	-922,23
NaCOOH	11,7286	-666,5

$$Q \text{ standar} = \dot{n} \cdot \Delta H^{\circ}f_{\text{produk}} - \dot{n} \cdot \Delta H^{\circ}f_{\text{reaktan}}$$

$$Q \text{ standar} = (-155038,0809 \text{ kJ/jam}) - (-12258,4646 \text{ kJ/jam})$$

$$Q \text{ standar} = -142779,6163 \text{ kJ/jam}$$

$$Q \text{ reaksi} = Q \text{ standar} + Q \text{ output} - Q \text{ input}$$

$$Q \text{ reaksi} = (-142779,6163) + (496097,3235 \text{ kJ/jam}) - (531626,2641 \text{ kJ/jam})$$

$$Q \text{ reaksi} = -178308,5570 \text{ kJ/jam} \rightarrow \text{Eksoterm}$$

Panas Pendingin

$$Q \text{ air pendingin} = Q \text{ input} + Q \text{ reaksi} - Q \text{ output}$$

$$= 531626,2641 \text{ kJ/jam} + 178308,557 \text{ kJ/jam} - 496097,3235 \text{ kJ/jam}$$

$$= 213837,4977 \text{ kJ/jam}$$

$$T \text{ in pendingin} = 30^{\circ}\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T \text{ out pendingin} = 40^{\circ}\text{C} = 323 \text{ K}$$

$$\int Cp \cdot dT = 753,5332 \text{ kJ/kmol}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin (Wt)} = \frac{Q \text{ air pendingin}}{\int Cp \cdot dT}$$

$$\text{Kebutuhan air pendingin} = \frac{213837,4977 \frac{\text{kJ}}{\text{jam}}}{753,5332 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}} = 283,7798 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} = 5108,0365 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

E. Perancangan Koil Pendingin

$$T_{\text{air pendingin rata2}} = 35^\circ\text{C} = 308\text{K}$$

$$\rho_{\text{air pd } 313\text{K}} = 1018,4091 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Log Mean Temperature Defferensial

$$T \text{ in pendingin} = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

$$T \text{ out pendingin} = 40^\circ\text{C} = 313 \text{ K}$$

$$T \text{ in larutan} = 45^\circ\text{C} = 318 \text{ K}$$

$$T \text{ out larutan} = 45^\circ\text{C} = 318 \text{ K}$$

Inisial	Fluida Panas (oF)		Fluida dingin (oF)	ΔT (oF)
ΔT_2	113	Lower Temp	86	27
ΔT_1	113	Higher Temp	104	9

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{27 - 9}{\ln \frac{27}{9}} = 16,3843^\circ\text{F}$$

Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{Wt}{\rho_{\text{air}}} = \frac{5108,0365 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{1018,4091 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 5,0157 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} = 0,0014 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}$$

Diameter Minimum Koil

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

(Coulson hal 527)

Diambil : kecepatan aliran pendingin (v) = 2,2 m/s = 7920 m/jam.

$$\text{Luas penampang (A)} = \frac{Q_v}{v} = \frac{5,0157 \frac{m^3}{jam}}{7920 \frac{m}{jam}} = 0,0006 m^2 = 0,0068 ft^2 = 0,9816 inch^2$$

$$A = \frac{\pi(ID)^2}{4} \rightarrow ID = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,9816 inch^2}{3,14}} = 1,1182 inch$$

Dipilih : (Kern tabel 11)

$$\text{NPS} = 1,25 \text{ inch}$$

$$\text{SN} = 40$$

$$\text{OD} = 1,66 \text{ inch} = 0,1383 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 1,38 \text{ inch} = 0,1150 \text{ ft}$$

$$A' = 1,5000 \text{ inch}^2 = 0,0104 \text{ ft}^2$$

$$a'' = 0,4350 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

Menentukan hi

Sifat fisis air pendingin pada T=308K :

$$\rho_{\text{air}} = 1018,4091 \text{ kg/m}^3 = 63,5487 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,7356 \text{ cP} = 1,7794 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k_{\text{air}} = 0,6192 \text{ W/m.K} = 0,3580 \text{ Btu/ft.jam.}^\circ\text{F}$$

$$C_{p_{\text{air}}} = 25604,9166 \text{ kJ/kmol} = 1422,4954 \text{ kJ/kg} = 611,6730 \text{ Btu/lb}$$

$$Wt = 5108,0365 \frac{kg}{jam} = 11261,2922 \frac{lb}{jam} = 1,4189 \frac{kg}{detik}$$

$$Gt = \frac{Wt}{A'} = \frac{11261,2922 \frac{lb}{jam}}{0,0104 \text{ ft}^2} = 1081084,0466 \frac{lb}{\text{ft}^2 \text{ jam}}$$

$$v = \frac{Gt}{\rho} = \frac{1081084,0466 \frac{lb}{\text{ft}^2 \text{ jam}}}{65,1820 \frac{lb}{\text{ft}^3}} = 17011,8913 \frac{\text{ft}}{\text{jam}} = 1,5 \frac{m}{s} = 4,7255 \frac{\text{ft}}{s}$$

Jadi, kecepatan aliran pendingin yang digunakan masih sesuai dalam batasan.

$$Re = \frac{ID \cdot Gt}{\mu} = \frac{0,1150ft \cdot 1081084,0466 \frac{lb}{ft^2 \cdot jam}}{1,7794 \frac{lb}{ft \cdot jam}} = 69869,4882$$

Maka, $jH = 150$ (Kern gb 24)

$$jH = \frac{hi \cdot D}{k} \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14} \quad (\text{Kern hal 104})$$

$$hi = \frac{jH \cdot k}{D} \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0,14} = 6764,9830 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam^{\circ}F}$$

Menentukan hio

$$hio = hi \frac{ID}{OD} = 6764,9830 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam^{\circ}F} \frac{0,1150ft}{0,1383ft} = 5623,9016 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam^{\circ}F}$$

Untuk koil, nilai hio harus dikoreksi dengan faktor koreksi :

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

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

$$D_{spiral \ koil} = 70\% \cdot D_{tangki} = 70\% \cdot 27,63inch = 19,3375inch = 1,6108ft$$

$$hio_{koil} = 5623,9016 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam^{\circ}F} \left(1 + 3,5 \frac{0,1150}{1,6108ft} \right) = 7029,1667 \frac{Btu}{ft^2 \cdot jam^{\circ}F}$$

Menentukan ho

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

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

dengan,

$$Lp = Di = 0,7674 \text{ ft}$$

$$N = 320 \text{ rpm} = 5,3333 \text{ rps} = 19200 \text{ rpj}$$

$$\rho_{larutan} = 1054,5876 \text{ kg/m}^3 = 65,8063 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu_{larutan} = 29,5978 \text{ cP} = 71,6266 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$$

$$C_{p\text{larutan}} = 57,9874 \text{ kJ/kg} = 13,8501 \text{ Btu/lb}$$

$$k_{\text{larutan}} = 1,2737 \text{ Btu/ft.jam.}^{\circ}\text{F}$$

$$D_{\text{tangki}} = 27,6250 \text{ inch} = 2,3012 \text{ ft}$$

$$\mu/\mu_w = 1$$

maka,

$$h_o = 46019,7146 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}}$$

Menentukan U_c

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

$$U_c = \frac{46019,7146 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}} \cdot 7029,1667 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \text{ jam}^{\circ}\text{F}}}{46019,7146 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}} + 7029,1667 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \text{ jam}^{\circ}\text{F}}} = 6097,7769 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}}$$

Menentukan U_d

Diambil : $R_d = 0,003$, maka

$$h_d = \frac{1}{R_d} = \frac{1}{0,003} = 333,3333 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}}$$

$$U_d = \frac{h_d \cdot U_c}{h_d + U_c}$$

$$U_d = \frac{333,3333 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}} \cdot 6097,7769 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}}}{333,3333 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}} + 6097,7769 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}}} = 316,0562 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}}$$

Menentukan Luas Transfer Panas

$$A = \frac{Q_{\text{air pendingin}}}{U_d \cdot \Delta T_{LMTD}} = \frac{202717,9478 \frac{\text{Btu}}{\text{jam}}}{316,0562 \frac{\text{Btu}}{\text{jam.ft}^2.^{\circ}\text{F}} \cdot 16,3843^{\circ}\text{F}} = 39,1471 \text{ ft}^2$$

Menentukan Panjang Koil

$$L_{\text{koil}} = \frac{A}{a''} = \frac{39,1471 \text{ ft}^2}{0,4350 \frac{\text{ft}^2}{\text{ft}}} = 89,9934 \text{ ft} = 27,4300 \text{ m}$$

Menentukan Jumlah Lengkungan Koil

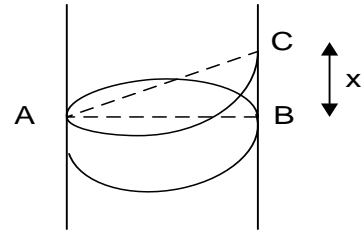
$$Dc = 0,9 \cdot ID = 0,9 \cdot (27,6250 \text{ inch}) = 24,8625 \text{ inch} = 2,0719 \text{ ft}$$

$$AB = ID$$

$$BC = x$$

$$\text{Busur } AB = \frac{1}{2} \pi Dc$$

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



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

$$\text{Diambil : } x = 0,4 \cdot OD = 0,4 \cdot 1,66 \text{ inch} = 0,6640 \text{ inch} = 0,0553 \text{ ft}$$

$$K_{lilitan} = \frac{1}{2} \text{ putaran miring} + \frac{1}{2} \text{ putaran datar} = \frac{1}{2} \pi Dc + \frac{1}{2} \pi AC$$

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

$$= \frac{1}{2} 3,14 \cdot 2,0719 \text{ ft} + \frac{1}{2} 3,14 ((2,2102 \text{ ft})^2 + (0,0553 \text{ ft})^2)^{1/2}$$

$$= 6,7240 \text{ ft} = 80,6878 \text{ inch} = 2,0495 \text{ m}$$

Menentukan Banyak Lilitan

$$N_{lilitan} = \frac{L_{koil}}{K_{lilitan}} = \frac{27,4300 \text{ m}}{2,0495 \text{ m}} = 13,3839 \approx 14$$

Menentukan Tinggi Cairan Setelah Ada Koil

$$\text{Tinggi tumpukan koil } (h_{tk}) = (N_{lilitan} - 1)x + N_{lilitan} OD$$

$$= (14 - 1) \cdot 0,0553 \text{ ft} + (9 \cdot 1,66 \text{ ft}) = 2,66 \text{ ft} = 0,81 \text{ m}$$

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

Asumsi : koil ada dalam shell saja.

$$\text{Tinggi cairan setelah ditambah koil } (Zc) = \frac{\text{Volume}_{\text{cairan dalam shell}} + \text{Volume}_{\text{koil}}}{A_{\text{shell}}}$$

$$= \frac{0,3730 \text{ m}^3 + 0,0174 \text{ m}^3}{0,3865 \text{ m}^2} = 1,01 \text{ m} = 39,76 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi cairan di dlm reaktor stlh ada koil (Zc2)} &= Zc + b + sf \\
 &= 39,76 \text{ in} + 4,96 \text{ in} + 2 \text{ in} \\
 &= 46,7257 \text{ inch} = 1,1868 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil (hk)} &= \frac{Zc2 - h_{tk}}{2} \\
 &= \frac{1,1868 \text{ m} - 0,81 \text{ m}}{2} \\
 &= 0,1886 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$b + sf = 4,9629 \text{ inch} + 2 \text{ inch} = 6,9629 \text{ inch} = 0,1769 \text{ m}$$

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

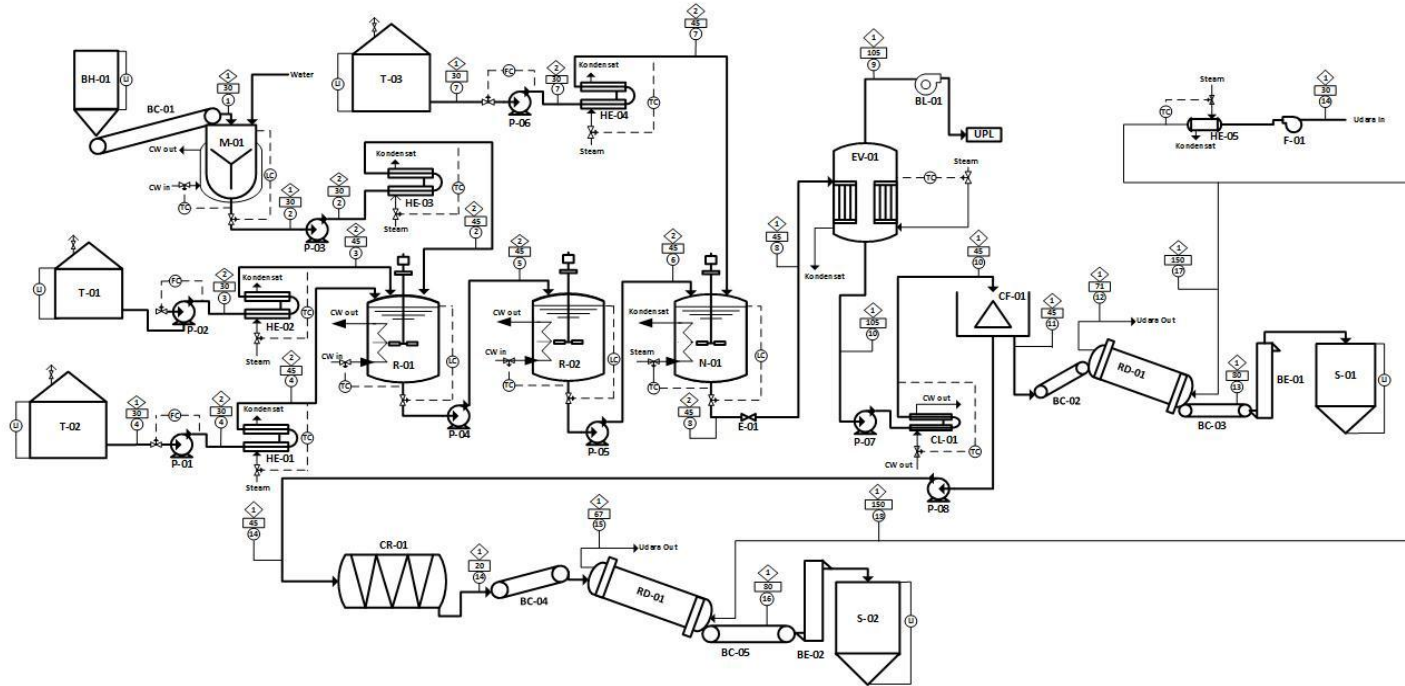
Menentukan Pressure Drop

$$Re = 69869,4882 \rightarrow \text{koefisien friksi (f)} = 0,0002 \frac{ft^2}{inch^2} \quad (\text{Kern gb 26})$$

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

$$\Delta P_T = \frac{f \cdot v^2 \cdot L_{koil}}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot ID \cdot s \cdot \theta I} = 0,0009 \text{ psi}$$

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI ASETALDEHIDA DAN FORMALDEHIDA
KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN



KETERANGAN ALAT	
T	: Tangki Penyimpan
M	: Mixer
R	: Reaktor
N	: Netralizer
EV	: Evaporator
CF	: Centrifuge
CR	: Crystallizer
RD	: Rotary Dryer
S	: Silo
BH	: Bin Hooper
BC	: Belt Conveyor
BE	: Bucket Elevator
BL	: Blower
E	: Expansion Valve
HE	: Heat Exchanger
F	: Fan
P	: Pompa

KETERANGAN SIMBOL	
○	: No Arus
□	: Suhu (oC)
◇	: Tekanan (atm)
⋈	: Control Valve
---	: Arus Sinyal Listrik
—	: Arus Proses
---	: Arus Utilitas

KETERANGAN INSTRUMEN	
FC	: Flow Controller
LC	: Level Controller
TC	: Temperature Controller
LI	: Level Indicator

Komponen	Arus (kg/jam)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
NaOH	740,7517	740,7517			271,6089	185,1879												
H2O	15,1174	740,7517	6,8588	3547,3496	4296,7961	4297,1343	13,5936	4394,0625	4042,5375	351,5250	235,4302	125,9278	109,5024	116,0948	108,8978	7,1970		
CSH12O4					1567,3401	1856,0606		1856,0606		1856,0606				1856,0606		1856,0606		
C10H22O7					25,9091	30,6818		30,6818		30,6818				30,6818		30,6818		
CH2O				2083,3640	675,9959	416,6728		416,6728	416,6728									
C2H4O			679,0224		162,9654	67,9022		67,9022	67,9022									
NaCOOH					797,5426	944,4584		1259,2778		1259,2778	1259,2778		1259,2778					
HCOOH							212,9661											
Udara Panas												4384,1845			5186,5660		4384,1845	5186,5660
Total	755,8690	1481,5033	685,8812	5630,7136	7798,0981	7798,0981	226,5597	8024,6578	4527,1125	3497,5452	1494,7080	4510,1123	1368,7802	2002,8372	5296,4639	2002,8372	4384,1845	5186,5660



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018

Disusun Oleh :
 1. Ihdina Firdanti (14521017)
 2. Elsa Dwi Ana S. (14521122)

Dosen Pembimbing :
 Dr. Ir. Farham HM Saleh MSIE