

No : TA/TK/2018/56

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT DARI
SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN**

TUGAS AKHIR

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



Oleh :

Nama : Haula Khoironi Nur

Nama : Nabila Kusumaningtyas

No. Mhs : 14521034

No. Mhs : 14521040

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

**LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL
PERANCANGAN PABRIK**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Haula Khoironi Nur

Nama : Nabila Kusumaningtyas

No. Mhs : 14521034

No. Mhs : 14521040

Yogyakarta, 17 September 2018

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

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



(Haula Khoironi Nur)



(Nabila Kusumaningtyas)

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA DENGAN KAPASITAS 10.000 TON / TAHUN

PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Haula Khoironi Nur

Nama : Nabila Kusumaningtyas

No. Mhs : 14521034

No. Mhs : 14521040

Yogyakarta, 17 September 2018

Pembimbing I

Ir. Tuasikal Muhamad Amin, M.Sn.

Pembimbing II

Tintin Mutiara, S.T., M.Eng.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSENA
DAN HIDROGEN PEROKSIDA DENGAN
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN
PERANCANGAN PABRIK**

Oleh :

Nama : Haula Khoironi Nur
No. Mhs : 14521034

Nama : Nabila Kusumaningtyas
No. Mhs : 14521040

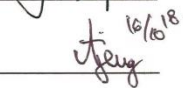
Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Konsentrasi Teknik Kimia Program
Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Oktober 2018

Tim Penguji,

Ir. Tuasikal Muhamad Amin, M.Sn
Ketua

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

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

 14/10/18
 15/10/18
 16/10/18

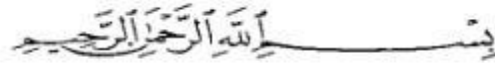
Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia




Suharno Rusdi

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin, puji syukur senantiasa terucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Perancangan Pabrik Kimia dengan baik. Sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat, karena dengan syafaatnya kita dapat hijrah dari zaman jahiliyah menuju zaman ilmu pengetahuan seperti sekarang ini.

Tugas Prarancangan Pabrik Kimia dengan judul “Prarancangan Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksena dan Hidrogen Peroksida dengan Kapasitas 10.000 Ton/Tahun” disusun sebagai penerapan dari ilmu teknik kimia yang telah didapat selama bangku kuliah, dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulisan laporan Tugas Perancangan Pabrik Kimia ini dapat berjalan dengan lancar atas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena atas segala kehendak-Nya, penyusun diberi kesabaran dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan laporan penelitian ini.

2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan kasih sayang, perhatian, do'a serta dukungan baik moral maupun material.
3. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Ir. Tuasikal Muhamad Amin, M.Sn. dan Ibu Tintin Mutiara, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan serta sabar menghadapi mahasiswa bimbingannya.
7. Seluruh civitas akademika di lingkungan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
8. Teman-teman teknik kimia 2014 yang selalu memberikan dukungan semangat serta do'a, khususnya Ihdina Firdanti, Winarti Ermayani, Shinta Ayu Laxmidara, Adi Pratama Putra, Desi Setyowati Pratiwi, Sandy Agung, Fanya Aulia Nadhira, dan Nana Rusdiana.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dalam membantu penyusunan laporan Tugas Prarancangan Pabrik Kimia ini dengan tulus dan ikhlas.

Demikian laporan Tugas Prarancangan ini kami susun. Penyusun mengharapkan semoga laporan ini dapat diambil manfaatnya sehingga dapat memberikan inspirasi terhadap pembaca dan diri penyusun sendiri. Penyusun

menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan adanya kritik dan saran yang dapat menjadi masukan bagi penyusun untuk membangun diri dan memperbaiki kesalahan tersebut serta untuk penyempurnaan laporan serupa di masa mendatang.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta, 17 September 2018

Penyusun

LEMBAR MOTTO

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras untuk urusan yang lain.

(Q.S. Al-Insyirah 7-8)

Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving.

(Albert Einstein)

Hadapi segala rintangan dan jangan pernah hilang harapan. Karena ketika kamu masih memiliki harapan, disitulah kamu memiliki masa depan.

(Merry Riana)

Tetap fokus satu titik, hanya itu titik itu. Tetap fokus kita kejar lampau batas.
Tetap fokus satu titik, hanya itu titik itu. Tetap fokus kita kejar dan raih bintang.

(Via Vallen, Asian Games 2018)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR MOTTO	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
ABSTRACT.....	xvii
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tinjauan Pustaka	5
BAB II PERANCANGAN PRODUK	9
2.1 Spesifikasi Produk.....	9
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	10
2.3 Pengendalian Kualitas	13
BAB III PERANCANGAN PROSES.....	17
3.1 Uraian Proses.....	17
3.2 Spesifikasi Alat Proses	19

3.2.1	Mixer-01 (M-01)	19
3.2.2	Reaktor (R-01)	20
3.2.3	Filtrasi	21
3.2.4	Separator (SP-01)	22
3.2.5	Evaporator (EV-01).....	23
3.2.6	Kompresor-01 (CMP-01).....	24
3.2.7	Crystallizer (CR-01).....	24
3.2.8	Centrifuge (CF-01).....	25
3.2.9	Rotary Dryer (RD-01)	26
3.2.10	Tangki Penyimpanan H_2O_2 (T-01)	27
3.2.11	Tangki Penyimpanan H_2SO_4 (T-02).....	28
3.2.12	Tangki Penyimpanan H_3PO_4 (T-03).....	28
3.2.13	Tangki Penyimpanan C_6H_{10} (T-04).....	29
3.2.14	Tangki Penyimpanan O_2 (T-05)	30
3.2.15	Bin Hopper (BH-01)	31
3.2.16	Belt Conveyor-01 (BC-01).....	31
3.2.17	Belt Conveyor-02 (BC-02).....	32
3.2.18	Belt Conveyor-03 (BC-03).....	32
3.2.19	Belt Conveyor-04 (BC-04).....	33
3.2.20	Belt Conveyor-05 (BC-05).....	34
3.2.21	Ball Mill (BM-01)	34
3.2.22	Silo $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ (S-01).....	35
3.2.23	Bucket Elevator (BE-01).....	36

3.2.24	Vibrating Screen (VS-01)	36
3.2.25	Blower-01 (BL-01).....	37
3.2.26	Heater-01 (HE-01)	37
3.2.27	Heater-02 (HE-02)	38
3.2.28	Cooler-01 (CL-01)	39
3.2.29	Pompa-01 (PU-01)	40
3.2.30	Pompa-02 (PU-02)	41
3.2.31	Pompa-03 (PU-03)	42
3.2.32	Pompa-04 (PU-04)	43
3.2.33	Pompa-05 (PU-05)	43
3.2.34	Pompa-06 (PU-06)	44
3.2.35	Pompa-07 (PU-07)	45
3.2.36	Pompa-08 (PU-08)	46
3.2.37	Pompa-09 (PU-09)	47
3.2.38	Pompa-10 (PU-10)	48
3.2.39	Pompa-11 (PU-11)	49
3.3	Perencanaan Produksi.....	50
3.3.1	Kapasitas Perancangan.....	50
3.3.2	Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses.....	50
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....		53
4.1	Lokasi Pabrik.....	53
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	54
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	57

4.2	Tata Letak Pabrik	58
4.3	Alir Proses dan Material.....	66
4.4	Unit Pendukung Proses (Utilitas)	77
4.4.1	Unit Pembangkit <i>Steam</i>	78
4.4.2	Unit Pengadaan dan Pengolahan Air.....	79
4.4.3	Unit Pembangkit Listrik.....	93
4.4.4	Unit Penyediaan Bahan Bakar	94
4.4.5	Unit Pengolahan Limbah.....	94
4.4.6	Unit Pengadaan Udara Tekan.....	96
4.4.7	Unit Pengadaan Udara Panas	96
4.4.8	Spesifikasi Alat-alat Utilitas	96
4.5	Organisasi Perusahaan.....	126
4.5.1	Bentuk Organisasi Perusahaan.....	126
4.5.2	Struktur Organisasi Perusahaan	129
4.5.3	Tugas dan Wewenang	133
4.5.3.1	Pemegang Saham.....	133
4.5.3.2	Dewan Komisaris.....	133
4.5.3.3	Direktur Utama	134
4.5.3.4	Status Karyawan	141
4.5.4	Perincian Jumlah Karyawan.....	141
4.5.5	Pembagian Jam Kerja Karyawan	143
4.5.6	Ketenagakerjaan.....	145
4.5.7	Fasilitas Karyawan	149

4.6	Evaluasi Ekonomi.....	151
4.6.1	Perkiraan Harga Alat.....	152
4.6.2	Dasar Perhitungan	155
4.6.3	Perhitungan Biaya	155
4.6.3.1	Capital Investment	155
4.6.3.2	<i>Manufacturing Cost</i>	156
4.6.3.3	<i>General Expense</i>	156
4.6.4	Analisa Kelayakan	157
4.6.5	Hasil Perhitungan	159
BAB V PENUTUP.....		168
5.1	Kesimpulan	167
5.2	Saran	168
DAFTAR PUSTAKA		170
LAMPIRAN.....		173

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data kebutuhan asam adipat di Indonesia.....	2
Tabel 1.2 Data kapasitas asam adipat secara global	4
Tabel 3.1 Kebutuhan bahan baku.....	52
Tabel 4.1 Neraca massa total	66
Tabel 4.2 Neraca massa di mixer-01.....	66
Tabel 4.3 Neraca massa di reaktor	67
Tabel 4.4 Neraca massa di separator.....	68
Tabel 4.5 Neraca massa di evaporator	68
Tabel 4.6 Neraca massa di crystallizer.....	69
Tabel 4.7 Neraca massa di centrifuge	69
Tabel 4.8 Neraca massa di rotary dryer	70
Tabel 4.9 Neraca panas total	70
Tabel 4.10 Neraca panas di mixer-01	71
Tabel 4.11 Neraca panas di reaktor.....	71
Tabel 4.12 Neraca panas di separator	72
Tabel 4.13 Neraca panas di evaporator	72
Tabel 4.14 Neraca panas di crystallizer	72
Tabel 4.15 Neraca panas di centrifuge.....	73
Tabel 4.16 Neraca panas di rotary dryer	73
Tabel 4.17 Neraca panas di condensor.....	73
Tabel 4.18 Kebutuhan air keperluan umum dan sanitasi	89

Tabel 4.19 Kebutuhan air pembangkit steam.....	89
Tabel 4.20 Kebutuhan air pendingin.....	90
Tabel 4.21 Total kebutuhan air	91
Tabel 4.22 Jadwal <i>Shift</i> Kerja Karyawan.....	144
Tabel 4.23 Gaji karyawan	147
Tabel 4.24 Data CEP (<i>Chemical Engineering Plant</i>) indeks.....	153
Tabel 4.25 <i>Fixed capital investment</i> (PPC).....	160
Tabel 4.26 <i>Manufacturing cost</i> (DMC)	161
Tabel 4.27 <i>General expense</i> (IMC).....	162
Tabel 4.28 <i>Fixed cost</i> (Fa)	162
Tabel 4.29 <i>Variable cost</i> (Va).....	163
Tabel 4.30 <i>Regulated cost</i> (Ra).....	164
Tabel 5.1 Hasil analisa kelayakan.....	168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor asam adipat tahun 2013-2016.....	3
Gambar 1.2 Struktur asam adipat.....	6
Gambar 4.1 Peta lokasi Cilegon, Banten, Propinsi Jawa Barat	53
Gambar 4.2 Peta lokasi kawasan industri Cilegon.....	54
Gambar 4.3 Tata Letak Pabrik	61
Gambar 4.4 Tata letak alat proses	65
Gambar 4.5 Diagram alir kualitatif	75
Gambar 4.6 Diagram alir kuantitatif	76
Gambar 4.7 Diagram utilitas	92
Gambar 4.8 Struktur organisasi.....	132
Grafik 4.9 Grafik hubungan CEP indeks dengan tahun.....	154
Gambar 4.10 Grafik analisa evaluasi ekonomi	167

ABSTRACT

Adipic acid is an intermediate product that is widely used in Indonesia industries, such as textiles, plastics, and many more where these industries will continue to increase every year. Some industries that utilize adipic acid, such as the manufacture of nylon, and the manufacture of some components or materials, especially plastics maker of polyvinyl, polyurethane components, food acidulant, essterlubes for lubricants, and detergents are used as alkali salts.

Adipic acid plant prepared by reacting cyclohexene and 30% hydrogen peroxide by adding catalyst sulfuric acid, phosphoric acid, and tungstic acid with capacity of 10,000 tons / year. The factory is planned to be established in Cilegon, West Java in 2023 and operated continuously for 24 hours per day for 330 days per year and employs 125 people. The reaction of adipic acid formation occurs isothermically at 80 ° C and a pressure of 1 atm in a continuous stirred-tank reactor.

The amount of raw material that used to produce adipic acid with a purity of 99.7% is 6.588,8094 tons / year cyclohexene, 12.020,56 tons / year 30% hydrogen peroxide, 74,9646 tons / year phosphoric acid, 160,5124 tons / year sulfuric acid, and 401,5638 tons / year tungstic acid. Furthermore, water needs for utilities as much as 6138.38 kg / hour, 822.48 kWh for electricity, and fuel as much as 1147.75 kg / hour.

To establish adipic acid plant needs Rp 205.298.985.824 for fixed capital and Rp 549.609.812.661 for working capital. Profit before tax is Rp 55.234.282.303,35 and profit after tax is Rp 26.512.455.506. The calculation of the results of the Return on Investment (ROI) before taxes by 27% and ROI by 13% after-tax, Pay Out Time (POT) before taxes was 2.7 years and POT after tax was 4.4 years, Break Event Point (BEP) is 46.02%, Shut Down Point (SDP) is 21.94%, Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) is 10%. Based on the economic analysis, the adipic acid plant with capacity of 10,000 tons / year is feasible founded.

Key words: Adipic acid, Cyclohexene, hydrogen peroxide, phosphoric acid, sulfuric acid, tungstic acid

ABSTRAK

Asam adipat merupakan produk intermediat yang banyak digunakan oleh industri-industri di Indonesia, seperti industri tekstil, plastik, dan sebagainya dimana industri-industri tersebut akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Beberapa industri yang memanfaatkan asam adipat yaitu pembuatan *nylon*, dan pembuatan beberapa komponen atau bahan pembuat plastik terutama *polyvinyl*, komponen *polyurethane*, *food acidulant*, *essterlubes* untuk pelumas, dan detergen yang dipakai sebagai garam alkali.

Pabrik asam adipat dibuat dengan mereaksikan sikloheksena dan hidrogen peroksida 30% dengan bantuan katalis asam sulfat, asam fosfat, dan asam tungstat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun. Pabrik ini direncanakan akan didirikan di Cilegon, Jawa Barat pada tahun 2023 dan beroperasi secara kontinyu selama 24 jam per hari selama 330 hari per tahun dengan jumlah karyawan 125 orang. Reaksi pembentukan asam adipat berlangsung secara isotermis pada suhu 80 °C dan tekanan 1 atm dalam reaktor alir tangki berpengaduk.

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi asam adipat dengan kemurnian 99,7% adalah sikloheksena sebanyak 6.588,8094 ton/tahun, hidrogen peroksida 30% sebanyak 12.020,56 ton/tahun, asam fosfat sebanyak 74,9646 ton/tahun, asam sulfat sebanyak 160,5124 ton/tahun, dan asam tungstat sebanyak 401,5638 ton/tahun. Kebutuhan utilitas meliputi air sebanyak 6138,38 kg/jam, listrik sebanyak 822,45 kWh, dan bahan bakar sebanyak 1147,75 kg/jam.

Untuk mendirikan pabrik asam adipat dibutuhkan modal tetap sebesar Rp 205.298.985.824 dan modal kerja sebesar Rp 549.609.812.661. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 55.234.282.303,35 dan keuntungan setelah pajak sebesar Rp 26.512.455.506. Dari hasil perhitungan diketahui *Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 27% dan ROI setelah pajak sebesar 13%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak adalah 2,7 tahun dan POT setelah pajak adalah 4,4 tahun, *Break Event Point* (BEP) adalah 46,02%, *Shut Down Point* (SDP) adalah 21,94%, *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) adalah 10%. Berdasarkan analisa ekonomi tersebut, maka pabrik asam adipat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini layak didirikan.

Kata-kata kunci : Asam adipat, Sikloheksena, Hidrogen Peroksida, Asam fosfat, Asam sulfat, Asam tungstat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang, dimana sektor pembangunan di bidang industri, khususnya industri kimia merupakan salah satu aspek penting untuk dapat bersaing dengan negara-negara di dunia. Perkembangan industri kimia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dengan meningkatnya industri kimia, maka kebutuhan bahan baku dan bahan penunjang juga akan semakin meningkat.

Asam adipat ($C_6H_{10}O_4$) dengan nama IUPAC *hexanedionic acid* atau dengan nama lain *1,4-butane dicarboxylic acid* atau *hexanedionic acid* adalah kristal padat berwarna putih yang sebagian besar digunakan sebagai monomer untuk memproduksi *nylon-66*. Berdasarkan data konsumsi asam adipat secara global pada tahun 2016, sebanyak 57% produksi asam adipat digunakan untuk bahan baku *nylon-66*. Sisanya, 5-10% digunakan untuk *food stuffs*, 8-12% digunakan untuk polyuretan, 5-8% digunakan untuk *plasticizers*, dan 10-12% lainnya dapat digunakan untuk berbagai industri seperti kosmetik, bahan cetak poliester, pelumas, dan zat kimia intermediet lain (IHS Chemical, 2017).

Pada tahun 2016 pasar asam adipat global terbesar berada di Asia dengan 45-55% kapasitas, produksi, dan konsumsi global. Total konsumsi regional diperkirakan akan meningkat rata-rata 4,7% per tahun pada tahun 2016 (IHS Chemical, 2017).

Kebutuhan asam adipat di Indonesia juga relatif mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2014 Indonesia mengimpor asam adipat sebanyak 833,199 ton/tahun dari beberapa negara yaitu Jepang, Korea, Taiwan, China, Thailand, Singapura, Filipina, Malaysia, Australia, Amerika Serikat, Britania Raya, Perancis, dan Jerman dengan CIF Value (US\$) 1.780.783 (BPS, 2014). Kebutuhan asam adipat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data kebutuhan asam adipat di Indonesia

Tahun	Impor (Ton / Tahun)
2013	642,513
2014	833,199
2015	820,358
2016	1972,605

(Sumber : Badan Pusat Statistik)

Berdasarkan data pada Tabel 1.1 dapat dihitung kebutuhan impor asam adipat di Indonesia pada beberapa tahun yang akan datang dengan menggunakan persamaan garis lurus pada persamaan (1).

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

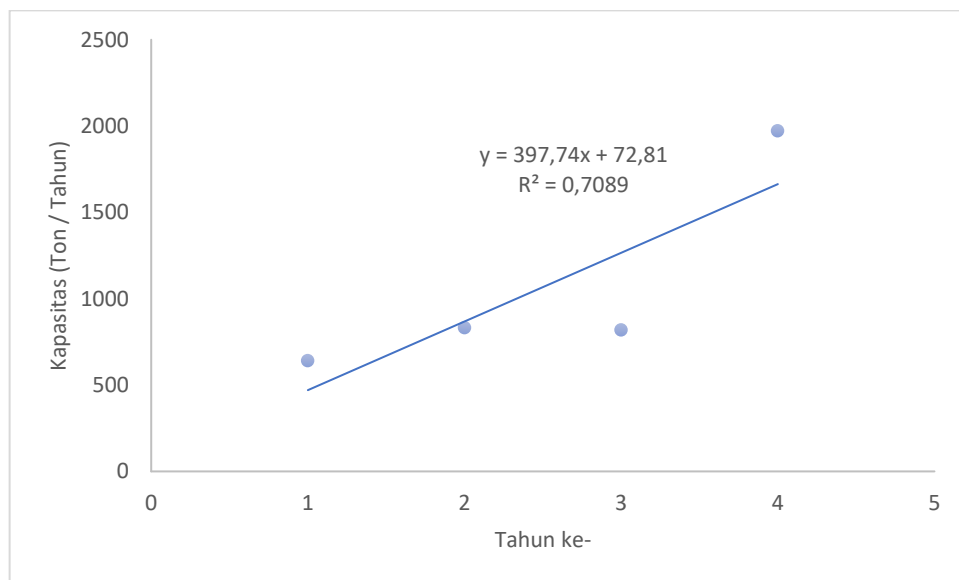
Keterangan : y = Kebutuhan impor asam adipat di Indonesia

x = Tahun ke-

a = Gradien

$b = \text{Intercept}$

Kebutuhan asam adipat di Indonesia pada tahun 2023 dapat diprediksikan dengan menggunakan persamaan garis lurus seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Impor asam adipat tahun 2013-2016

Persamaan linier yang didapatkan adalah $y = 397,74x + 72,81$ maka kebutuhan impor asam adipat pada tahun 2023 atau tahun ke-11 adalah :

$$y = (397,74 \cdot 11) + 72,81$$

$$y = 4447,95 \text{ ton/tahun}$$

Dengan mempertimbangkan kebutuhan asam adipat baik di dalam maupun di luar negeri, maka kapasitas pabrik asam adipat yang direncanakan adalah 10.000 ton/tahun sehingga dapat memenuhi kebutuhan di dalam negeri dan sisanya untuk diekspor. Pada Tabel 1.2 menunjukkan data ekspor asam adipat.

Tabel 1.2 Data ekspor asam adipat

Tahun	Negara Tujuan	Massa (kg / tahun)
2013	Jepang	53
2014	Thailand	440
2016	India	17600

Pabrik asam adipat belum pernah didirikan di Indonesia, sedangkan untuk di luar negeri terdapat beberapa negara yang sudah mengoperasikan pabrik asam adipat secara komersial dengan kapasitas pabrik seperti terlihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data kapasitas asam adipat secara global

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Shandong Haili Chemical	Jiangsu, China	300.000
China Henan Shenma	Henan, China	250.000
Shandong Haili Chemical	Shandong, China	225.000
Chongqing Huafon	Chongqing, China	160.000
Shandong Hualu	Shandong, China	160.000
Shandong Hongye Chemical	Shandong, China	140.000
Liaoyang Petchem	Liaoning, China	140.000
Rhodia Polyamide	Kyungsangnam, South Korea	140.000
Asahi Kasei	Miyazaki Pref, Japan	120.000

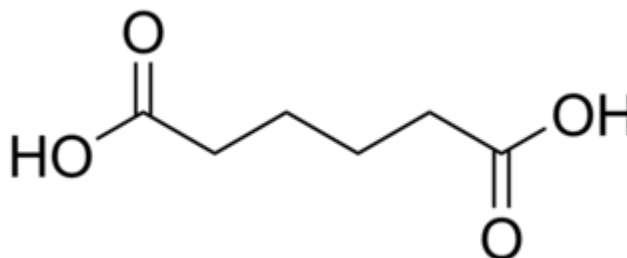
Dushanzi Tianli High Technology	Xinjiang, China	75.000
Shanxi Yangmei Fengxi	Shanxi, China	70.000
Sumitomo Chemical	Ehime Pref, Japan	5.000

(Sumber : ICIS Chemical Business, 2013)

Asam adipat merupakan produk intermediat yang banyak digunakan oleh industri-industri di Indonesia, seperti industri tekstil, plastik, dan sebagainya dimana industri-industri tersebut akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya sampai tahun 2023. Dengan didirikannya pabrik asam adipat di Indonesia, maka Indonesia tidak perlu lagi mengimpor asam adipat dari luar negeri. Hal ini tentu dapat menghemat pengeluaran devisa, meningkatkan ekspor dan meningkatkan penguasaan teknologi. Selain itu juga dapat membuka lowongan kerja baru dan memacu pertumbuhan industri baru yang menggunakan asam adipat sebagai bahan bakunya.

1.2 Tinjauan Pustaka

Asam adipat merupakan asam dikarboksilat alifatik yang terdiri dari enam atom karbon dengan dua karboksilat (-COOH) dimana masing-masing karboksilat menempel pada ujung rantai karbon.



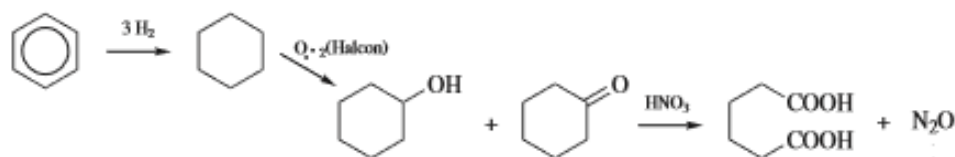
Gambar 1.2 Struktur asam adipat

Lebih dari 90% asam adipat digunakan dalam pembuatan *nylon*, sedangkan sisanya digunakan untuk pembuatan beberapa komponen atau bahan pembuat plastik terutama *polyvinyl*, komponen *polyurethane*, *food acidulant*, *essterlubes* untuk pelumas, dan detergen yang dipakai sebagai garam alkali. (Mc Ketta, 1977)

Pada pembuatan asam adipat terdapat dua prosess yaitu :

1. Metode oksidasi sikloheksana dengan asam nitrat

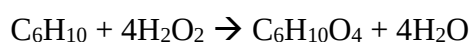
Pada awal tahun 1940, perusahaan *Du Pont* memperkenalkan proses pembuatan asam adipat dengan metode oksidasi sikloheksana dengan asam nitrat (metode ini memiliki selektivitas yang lemah). Pada proses ini melibatkan hidrogenasi benzena ke sikloheksana dan oksidasi pada sikloheksana menghasilkan sikloheksanon (keton) dan sikloheksanol (alkohol). Gabungan sikloheksanon (keton) dan sikloheksanol (alkohol) yang biasa disebut KA dioksidasikan dengan menggunakan asam nitrat 40-60% berat dan katalis *copper* serta vanadium. Hasil samping dari proses ini yaitu salah satu gas rumah kaca seperti N_2O yang dapat menyebabkan menipisnya lapisan ozon sehingga dapat mengakibatkan global warming.



2. Mereaksikan sikloheksena dan hidrogen peroksida (H_2O_2)

Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang ramah lingkungan sehingga metode ini hanya menghasilkan produk samping berupa air yang tidak membahayakan lingkungan. Pada metode ini dilakukan proses oksidasi sikloheksena menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan bantuan katalis asam tungstat (H_2WO_4), asam fosfat (H_3PO_4), dan asam sulfat (H_2SO_4). H_2O_2 merupakan oksidator ideal apabila konsentrasinya kurang dari 60%, dimana saat ini sedang dikembangkan proses produksi asam adipat yang ramah lingkungan dengan menggunakan H_2O_2 30%. Penggunaan H_2O_2 dengan konsentrasi lebih dari 60% akan mengakibatkan kegunaan, tempat penyimpanan, dan pengangkutan yang tidak diinginkan karena faktor keamanan. Sedangkan katalis tersebut dipilih karena harganya lebih murah, ramah lingkungan, dapat menghasilkan yield yang cukup tinggi yaitu hingga 90%, dan dapat menghambat proses dekomposisi H_2O_2 . Dengan mempertimbangkan hasil samping pada masing-masing proses maka kami memilih untuk menggunakan proses yang kedua karena lebih ramah lingkungan.

Reaksi oksidasi sikloheksena dan H_2O_2 adalah sebagai berikut:



Proses oksidasi sikloheksena dan H_2O_2 dilakukan pada fase cair. Pada kadar 30% berat, H_2O_2 tidak begitu volatile namun sangat rentan terdekomposisi pada suhu 70-90 °C. Pada keadaan ini, katalis berfungsi untuk menahan H_2O_2 agar tidak terdekomposisi.

Reaksi oksidasi sikloheksena dijalankan di reaktor alir tangki berpengaduk pada suhu sekitar 75-90 °C dengan kecepatan pengadukan 125 rpm dan tekanan atmosferis. Reaktor ini dilengkapi dengan pendingin karena reaksi bersifat eksotermis. Produk asam adipat kemudian dimurnikan dan dikristalisasi untuk memperoleh produk berupa padatan. Konversi yang dicapai dengan proses ini yaitu sekitar 90%. Pada akhir proses masih terdapat H_2O_2 namun telah terdekomposisi total menjadi H_2O dan O_2 .

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

a. Asam adipat

Rumus molekul	: $C_6H_{10}O_4$
Nama lain	: <i>Hexanedionic acid; 1,4-Butane dicarboxylic acid</i>
Kemurnian	: 99,7 %
Berat molekul	: 146,14 g/mol
Penampilan	: Padat (Kristal putih)
Titik didih	: 337,5 °C (639,5 °F)
Titik lebur	: 152 °C (305,6 °F)
Spesific gravity	: 1,36 g/cm ³ (Air = 1)
Vapor density	: 5,04 (Udara = 1)
Flammability	: Mudah terbakar pada temperatur tinggi
Kelarutan	: Mudah larut pada methanol; larut dalam air panas dan aseton; sebagian larut dalam air dingin; tidak dapat larut dalam asam asetat, petroleum, benzin, benzene, petroleum eter; sedikit larut dalam sikloheksan; larut dalam etanol
Kelarutan dalam air	: 1,4 g/100 mL (10 °C) ; 2,4 g/100 mL (25 °C) ; 160 g/100 mL (100 °C)
Harga	: \$ 2,57 / kg

b. Oksigen

Rumus molekul	: O_2
Kemurnian	: 100 %
Berat molekul	: 32 g/mol
Penampilan	: Gas
Titik didih	: $-183,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-297,6\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Titik lebur	: $-218,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-361,4\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Temperatur kritis	: $-118,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-180,7\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Vapor density	: 1,1
Kelarutan dalam air	: 0,04 g/L
Harga	: \$ 0,85 / kg

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

a. Sikloheksena

Rumus molekul	: C_6H_{10}
Kemurnian	: 100 %
Berat molekul	: 82,15 g/mol
Penampilan	: Cair
Titik didih	: $82,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($181\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Titik lebur	: $-103,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-154,7\text{ }^{\circ}\text{F}$)
Specific gravity	: 0,8098 g/cm ³
Vapor pressure	: 67 mmHg (@ 20 °C)
Vapor density	: 2,8

Flammability	: <i>Flammable</i>
Kelarutan	: Tidak dapat larut pada air dingin; 2,13 g/100 ml air
Harga	: \$ 1,6 / kg

b. Hidrogen peroksida 50 %

Rumus molekul	: H_2O_2
Kemurnian	: 50 %
Berat molekul	: 34,0147 g/mol
Penampilan	: Cair
Titik didih	: 108 °C (226,4 °F)
Titik lebur	: -33 °C (-27,4 °F)
Specific gravity	: 1,2 g/cm ³
Vapor pressure	: 3,1 kPa (20 °C)
Vapor density	: 1,1
Flammability	: <i>Non-Flammable</i>
Kelarutan	: Mudah larut di air dingin dan larut dalam diethyl ether
Harga	: \$ 0,3 / kg

c. Asam tungstat

Rumus molekul	: H_2WO_4
Nama lain	: <i>Orthotungstic acid</i>
Kemurnian	: 100 %
Berat molekul	: 249,88 g/mol

Penampilan	: Padat
Titik didih	: 1473 °C (2683,4 °F)
Specific gravity	: 5,5 g/cm ³
Flammability	: <i>Non-Flammable</i>
Kelarutan	: Tidak larut dalam air panas dan air dingin
Harga	: \$ 1,2 / kg

d. Asam fosfat

Rumus molekul	: H ₃ PO ₄
Kemurnian	: 85 %
Nama lain	: <i>Orthophosphoric acid</i>
Berat molekul	: 98 g/mol
Penampilan	: Cair
Titik didih	: 158 °C (316,4 °F)
Titik lebur	: 21 °C (69,8 °F)
Spesific gravity	: 1,685 g/cm ³ (25 °C)
Vapor pressure	: 0,3 kPa (20 °C)
Flammibility	: <i>Non-flammable</i>
Kelarutan	: Mudah terlarut dalam air panas dan larut dalam air dingin
Harga	: \$ 0,72 / kg

e. Asam sulfat

Rumus molekul	: H_2SO_4
Kemurnian	: 90-98 %
Nama lain	: <i>Oil of vitriol, sulfuric acid, hydrogen sulfate</i>
Berat molekul	: 98,08 g/mol
Penampilan	: Cair
Titik didih	: 290-338 °C (554-640,4 °F)
Titik lebur	: 10 °C (50 °F)
Spesific gravity	: 1,84 g/cm ³
Vapor pressure	: <0,001 mmHg (20 °C)
Vapor density	: 3,38
Flammibility	: <i>Non-flammable</i>
Kelarutan	: Mudah terlarut dalam air dingin dan larut dalam <i>ethyl alcohol</i>
Harga	: \$ 0,37 / kg

2.3 Pengendalian Kualitas

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Tujuan dari pengendalian kualitas bahan baku adalah untuk mengetahui kualitas bahan baku yang akan digunakan apakah sudah sesuai dengan spesifikasi pada proses. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses produksi dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku untuk mengetahui apakah bahan tersebut dapat diproses di dalam pabrik.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian produksi bertujuan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dimana hal ini harus dilakukan mulai dari bahan baku hingga menjadi produk.

Pengendalian dan pengawasan jalannya proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat di *control room* dan dilakukan dengan cara *automatic control* dengan menggunakan indikator. Apabila pada saat operasi terjadi penyimpangan pada indikator yang telah ditetapkan baik pada *flow rate* bahan baku atau produk, *temperature control*, ataupun *level control*, maka dapat diketahui dari sinyal yang diberikan seperti bunyi alarm, nyala lampu, dan lainnya. Apabila terjadi penyimpangan, maka harus dikembalikan pada kondisi atau *set* semula baik secara otomatis maupun manual. Beberapa alat kontrol yang dijalankan agar operasi dapat berjalan dengan baik yaitu :

a. *Level control*

Level control merupakan alat yang dipasang pada dinding tangki yang berfungsi untuk mengatur ketinggian cairan dalam suatu tangki secara otomatis. Jika terjadi kondisi yang tidak sesuai dengan yang telah ditetapkan, maka akan muncul sinyal berupa suara dan nyala lampu.

b. *Flow rate*

Flow rate merupakan alat yang dipasang untuk mengatur aliran, baik aliran masuk maupun aliran keluar proses.

c. *Temperature control*

Temperature control berfungsi untuk mengatur laju alir dalam alat proses sehingga suhunya terjaga pada suhu optimum. Umumnya pada *temperature control* terdapat batasan nilai suhu atau *set point* yang kita masukkan ke dalam parameter di dalamnya. Ketika nilai suhu aktual melebihi atau tidak sesuai *set point*, maka akan timbul tanda berupa suara dan nyala lampu.

Pengendalian proses dilakukan agar menghasilkan produk yang memenuhi standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta pada waktu yang tepat sesuai jadwal, sedangkan pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

Kerusakan alat, kesalahan operasi, maupun mutu bahan baku yang kurang baik dapat menyebabkan penyimpangan kualitas, dimana penyimpangan ini dapat diketahui dari hasil monitor atau analisa pada bagian laboratorium pemeriksaan. Pengendalian kualitas pada pabrik Asam Adipat yaitu :

a. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengetahui apakah bahan yang digunakan sudah sesuai dengan spesifikasi proses produksi atau belum. Apabila setelah dianalisa tidak sesuai, maka kemungkinan bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada supplier.

Selain bahan baku utama, pengendalian kualitas bahan baku pembantu juga perlu dilakukan agar sesuai dengan spesifikasi dari masing-masing bahan untuk membantu kelancaran proses.

b. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dimaksudkan agar produk yang dihasilkan sesuai memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan spesifikasi di pasar.

c. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lainnya)

Pengendalian kualitas yang dimaksud adalah pengawasan produk pada saat produk akan dipindahkan dari tempat penyimpanan ke mobil truk.

2.3.3 Pengendalian Waktu

Pengendalian waktu dimaksudkan untuk mengefisienkan waktu selama proses produksi berlangsung.

2.3.4 Pengendalian Bahan Proses

Pengendalian bahan proses dilakukan agar tidak terjadi kekurangan bahan sehingga kapasitas produksi yang diinginkan dapat dicapai.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

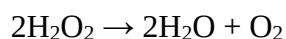
3.1 Uraian Proses

Produk asam adipat ($C_6H_{10}O_4$) menggunakan bahan baku utama berupa sikloheksena (C_6H_{10}) dan hidrogen peroksida 30% (H_2O_2) serta katalis asam fosfat (H_3PO_4), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam tungstat (H_2WO_4). Perbandingan mol antara $C_6H_{10} : H_2O_2 : H_3PO_4 : H_2SO_4 : H_2WO_4$ sebesar 50 : 220 : 0,56 : 1,04 : 1. Semua bahan baku disimpan di dalam tangki yang dilengkapi dengan level indikator. Proses yang pertama yaitu pencampuran di dalam Mixer-01 (M-01) antara hidrogen peroksida 30% dengan katalis asam sulfat, asam fosfat, dan asam tungstat, dimana hidrogen peroksida 30% didapatkan melalui pengenceran hidrogen peroksida 50% dengan air yang berasal dari utilitas. Mixer dilengkapi dengan *level controller* yang berfungsi mengontrol aliran keluaran mixer agar level cairan tidak lebih rendah dari pengadukan sehingga pengadukan berjalan sempurna.

Di dalam reaktor terjadi reaksi:



Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis dan berlangsung pada suhu 80 °C dan tekanan 1 atm. Selain reaksi utama, terdapat reaksi dekomposisi pada H_2O_2 sebagai berikut:



Reaksi ini menggunakan sepuluh buah reaktor alir tangki berpengaduk yang disusun secara seri serta dilengkapi dengan koil yang dialiri air pendingin. Pada

setiap reaktor dilengkapi dengan *level controller* agar level cairan tetap pada level dimana seluruh lilitan koil tercelup sempurna, *temperature controller* yang mengatur laju alir pendingin dalam koil sehingga suhu reaktor terjaga pada suhu optimum. Konversi total yang diinginkan adalah 94%.

Arus keluaran reaktor disaring menggunakan *filter* untuk memisahkan katalis padat H_2WO_4 dengan cairannya kemudian dipompa menuju separator untuk memisahkan oksigen yang terbentuk dari hasil dekomposisi hidrogen peroksida, kemudian oksigen tersebut mengalir menjadi hasil atas separator. Pada separator juga dilengkapi dengan *level controller* untuk mengatur aliran pipa pengeluaran agar level cairan tidak terlalu tinggi yang dapat mengganggu proses pemisahan oksigen. Hasil bawah separator dipompa ke evaporator untuk menguapkan sikloheksena dan sebagian besar air. Evaporator dilengkapi dengan *temperature* dan *pressure controller* untuk menjaga kondisi operasi sehingga proses dapat berjalan dengan baik. Hasil atas evaporator yang berupa sikloheksena dan sebagian besar air diumpankan menuju kompresor untuk dinaikkan tekanannya, kemudian air digunakan kembali sebagai steam pada alat proses sedangkan sikloheksena dialirkan menuju unit pengolahan limbah.

Hasil bawah evaporator yang merupakan campuran asam adipat, katalis asam, dan air dialirkan menuju crystallizer untuk mengkristalkan produk asam adipat dengan cara menurunkan suhunya menjadi 20 °C. Crystallizer dilengkapi dengan *temperature controller* yang mengatur masuknya aliran air pendingin. Selanjutnya padatan asam adipat yang berbentuk slurry dialirkan menuju centrifuge yang dilengkapi *level controller* sehingga padatan asam adipat terpisah dengan

cairannya. Cairan asam katalis yang sudah terpisah dari slurry dialirkan menuju unit *treatment* katalis yang berupa *acid bed resin* dan dipekatkan dengan evaporator untuk nantinya kembali digunakan sebagai katalis cair. Slurry asam adipat kemudian diumpankan ke rotary dryer untuk mengeringkan asam adipat hingga 99,7%. Padatan asam adipat kemudian diumpankan ke ball mill untuk mengurangi ukuran butiran kristal asam adipat, lalu dilewatkan pada *screener* untuk menyaring butiran kristal asam adipat berukuran 100-300 mesh sebelum diumpankan ke dalam silo menggunakan bucket elevator.

3.2 Spesifikasi Alat Proses

Spesifikasi alat dirancang dengan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Adapun spesifikasi dari masing-masing alat yang digunakan meliputi :

3.2.1 Mixer-01 (M-01)

Fungsi : Mencampur H_2O_2 30% dengan katalis H_2SO_4 , H_3PO_4 , dan H_2WO_4

Jenis : *Agitated tank*

Kondisi operasi : $T = 30\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$

Bahan konstruksi : *Stainless steel 167 type 316*

Dimensi alat

- Diameter : 1,02 m
- Tinggi : 1,49 m
- Volume : $1,09\text{ m}^3$

- Tebal : 0,1875 in

Pengaduk

- Jenis : *Flat blade turbine impellers*
- Diameter : 0,34 m
- Lebar baffle : 0,08 m
- Putaran : 73 rpm
- Power : 2 Hp

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 3.000

3.2.2 Reaktor (R-01)

Fungsi : Mereaksikan sikloheksena dengan hidrogen peroksida menjadi asam adipat dengan katalis H_2SO_4 , H_3PO_4 , dan H_2WO_4

Jenis : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Jumlah reaktor : 2 buah

Kondisi operasi : $T = 80\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$

Bentuk : *Vertical vessel* dengan *formed head*

Dimensi alat

- Volume shell : $6,61\text{ m}^3$
- Volume head : $1,76\text{ m}^3$
- Volume reaktor : $8,37\text{ m}^3$
- Tinggi reaktor : 3,33 m

- Tinggi head : 0,65 m
- Diameter shell : 2,03 m
- Tinggi shell : 2,03 m
- Tebal shell : 0,31 in
- Tebal head : 0,44 in
- Jenis head : *Torispherical dished head*
- Bahan : *Stainless steel SA 167 type 316*

Pengaduk

- Jenis : *Turbin six blade disk standart*
- Diameter : 0,68 m
- Kecepatan : 125 rpm
- Daya : 15 Hp
- Jumlah turbin : 6

Koil pendingin

- Panjang : 115,71 m
- Tinggi tumpukan : 0,99 m
- Jumlah lilitan : 19

Harga : \$ 214.400 / unit

3.2.3 Filtrasi

Fungsi : Menyaring H_2WO_4 sebelum masuk ke separator

Bahan konstruksi : Stainless steel SA 167 type 316

Rate bahan : 5400,79 kg/jam

Rate volumetrik	: 7,93 ft ³ /menit
Ukuran	: 24 in * 24 in
Kedalaman gasket	: 11,5 in
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 6.600

3.2.4 Separator (SP-01)

Fungsi	: Memisahkan komponen uap dan cairan yang keluar dari reaktor
Jenis	: <i>Knock out drum</i>
Kondisi operasi	: T = 80 °C ; P = 1 atm
Bahan konstruksi	: <i>Stainless steel SA 167 type 316</i>
Dimensi alat	
• Diameter	: 24 in = 0,61 m
• Tinggi	: 108,01 in = 2,97 m
• Waktu tinggal	: 6 menit
• Tebal shell	: 3/16 in
• Tebal head	: 3/16 in
• Tinggi head	: 0,23 m
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 4.900

3.2.5 Evaporator (EV-01)

Fungsi : Menguapkan air (H_2O) dan sikloheksena (C_6H_{10})
untuk dialirkan ke kompresor

Jenis : *Long tube vertical evaporator*

Kondisi operasi : $T = 110\text{ }^\circ\text{C}$; $P = 1,46\text{ atm}$

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 316*

Dimensi alat

- Diameter : 1,2 m
- Tinggi : 2,4 m
- Tebal shell : 0,19 in
- Tebal head : 0,19 in

Dimensi heat exchanger

- Shell side
 - Fluida dingin : *Steam*
 - ID shell : 23,25 in
 - Pitch : 1,56 in
 - Pass : 1
- Tube side
 - Fluida panas : Umpan campuran $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$, C_6H_{10} , H_2O , H_2SO_4 , H_3PO_4 , dan H_2WO_4
 - Jumlah tube : 127
 - OD tube : 1,25 in
 - BWG : 12

- ID tube : 1,03 in
- Tebal tube : 0,11 in
- Panjang tube : 12 ft

Faktor kekotoran

- Rd min : 0,001
- Rd terhitung : 0,0060

Harga : \$ 434.400

3.2.6 Kompresor-01 (CMP-01)

Fungsi : Menaikkan tekanan gas dari 1 atm menjadi 2 atm

Jenis : *Centrifugal compressor*

Bahan : *Stainless steel SA 167 type 316*

Jumlah stage : 1 buah

Motor pengaduk : 14,15 Hp

Harga : \$ 16.400

3.2.7 Crystallizer (CR-01)

Fungsi : Mengkristalkan asam adipat yang keluar dari evaporator

Jenis : *Walker-swenson crystallizer*

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 316*

Kondisi operasi : $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$

Dimensi alat

- Panjang : 10 ft
- Luas (A) : 0,44 m²
- Diameter : 0,59 m
- Tinggi : 0,29 m
- Tebal dinding : 3/16 in
- Waktu tinggal : 1 jam
- Tenaga pengaduk : 0,08 Hp
- Kecepatan pengaduk : 30 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 5.300

3.2.8 Centrifuge (CF-01)

Fungsi : Memisahkan padatan dari kristalizer sebelum diumpankan ke rotary dryer

Jenis : *Disc centrifuge*

Kondisi operasi : T = 20 °C ; P = 1 atm

Bahan konstruksi : *Stainless steel 167 type 316*

Kapasitas : 1514,52 kg/jam

Volume cairan : 0,13 m³/jam

Diameter : 7 in

Power : 1 Hp

Waktu pemisahan : 0,07 detik

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 7.500

3.2.9 Rotary Dryer (RD-01)

Fungsi : Mengurangi kadar air dari asam adipat

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 316*

Kapasitas : 1325,09 kg/jam

Kondisi operasi

- T udara masuk : 150 °C
- T udara keluar : 69,29 °C
- T umpan masuk : 20 °C
- T produk keluar : 80 °C
- T bola basah : 46,11 °C

Dimensi alat

- Diameter : 1,53 m
- Panjang : 5,39 m
- Tebal shell : 0,19 in
- Kecepatan putaran : 4,36 rpm
- Kecepatan volumetrik : 7,67 Btu/hr.ft³.F
- Waktu tinggal : 12,28 menit
- Kemiringan : 0,08 m/m
- Jumlah flight : 5
- Tinggi flight : 0,13 m
- Daya rotary : 1 Hp

Jumlah : 1 buah
 Harga : \$ 103.000

3.2.10 Tangki Penyimpanan H₂O₂ (T-01)

Fungsi : Menyimpan H₂O₂ untuk kebutuhan proses selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak berbentuk *conical*

Kondisi operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kapasitas penyimpanan: 247331,28 kg

Volume tangki : 8551,28 ft³ = 242,14 m³ = 1523,07 bbl

Dimensi alat

- Diameter pipa pengeluaran: 1 in
- Diameter pipa pengisian : 6 in
- Tinggi : 5,21 m
- Tinggi cairan : 2,70 m
- Jumlah course : 2
- Tebal shell tiap course plate

	Tinggi	Tebal
Course 1	6 ft = 72 in	0,625 in
Course 2	12 ft = 144 in	0,75 in

Harga : \$ 230.000

3.2.11 Tangki Penyimpanan H₂SO₄ (T-02)

Fungsi : Menyimpan H₂SO₄ untuk kebutuhan proses selama 30 hari

Jenis : Tangki silinder tegak berbentuk *conical*

Kondisi operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm

Bahan konstruksi : *Stainless steel* SA 167 type 316

Kapasitas penyimpanan: 13462,04 kg

Volume tangki : 315,03 ft³ = 8,92 m³ = 56,11 bbl

Dimensi alat

- Diameter pipa pengeluaran: 1/8 in
- Diameter pipa pengisian : 2 1/2 in
- Tinggi : 4,71 m
- Tinggi cairan : 1,22 m
- Jumlah course : 2
- Tebal shell tiap *course plate*

	Tinggi	Tebal
Course 1	6 ft = 72 in	0,25 in
Course 2	12 ft = 144 in	0,25 in

Harga : \$ 40.000

3.2.12 Tangki Penyimpanan H₃PO₄ (T-03)

Fungsi : Menyimpan H₃PO₄ untuk kebutuhan proses selama 30 hari

Jenis : Tangki silinder tegak berbentuk *conical*

Kondisi operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 316*

Kapasitas penyimpanan: 6161,47 kg

Volume tangki : $150,97 \text{ ft}^3 = 4,28 \text{ m}^3 = 26,90 \text{ bbl}$

Dimensi alat

- Diameter pipa pengeluaran: 1/8 in
- Diameter pipa pengisian : 1 1/2 in
- Tinggi : 4,71 m
- Tinggi cairan : 0,58 m
- Jumlah course : 2
- Tebal shell tiap *course plate*

	Tinggi	Tebal
Course 1	6 ft = 72 in	0,25 in
Course 2	12 ft = 144 in	0,25 in

Harga : \$ 27.000

3.2.13 Tangki Penyimpanan C₆H₁₀ (T-04)

Fungsi : Menyimpan C₆H₁₀ untuk kebutuhan proses selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder tegak berbentuk conical

Kondisi operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm

Bahan konstruksi : *Carbon steel SA 283 grade C*

Kapasitas penyimpanan: 126360,73 kg

Volume tangki : $6682,35 \text{ ft}^3 = 189,22 \text{ m}^3 = 1190,19 \text{ bbl}$

Dimensi alat

- Diameter pipa pengeluaran: 3/4 in
- Diameter pipa pengisian : 6 in
- Tinggi : 4,38 m
- Tinggi cairan : 2,87 m
- Jumlah course : 2
- Tebal shell tiap *course plate*

	Tinggi	Tebal
Course 1	6 ft = 72 in	0,5 in
Course 2	12 ft = 144 in	0,625 in

Harga : \$ 40.000

3.2.14 Tangki Penyimpanan O₂ (T-05)

Fungsi : Menyimpan O₂ selama 7 hari

Jenis : Tangki silinder horizontal

Kondisi operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 316*

Kapasitas penyimpanan: 15779,68 kg

Volume tangki : 15372,45 m³

Dimensi alat

- Diameter pipa pengeluaran: 1/2 in
- Diameter pipa pengisian : 1/8 in
- Tebal dinding : 0,005 m

Harga : \$ 17.200

3.2.15 Bin Hopper (BH-01)

Fungsi : Menyimpan asam tungstat (H_2WO_4) sebelum masuk ke mixer-01 selama 30 hari produksi

Kondisi operasi : $T = 30^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Volume : $2,88 \text{ m}^3 = 760,40 \text{ gallon}$

Dimensi alat

- Diameter : 3,05 m
- D bukaan bawah : 0,006 m
- Tinggi : 3,66 m
- Tebal shell : 0,25 in

Bahan : Stainless steel SA 167 type 316

Harga : \$ 5.300

3.2.16 Belt Conveyor-01 (BC-01)

Fungsi : Memindahkan katalis pada H_2WO_4 dari bin hopper (BH-01) ke mixer-01 (M-01)

Kondisi operasi : $T = 30^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Kapasitas : $6000,95 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi alat

- Lebar belt : 24 in
- Kemiringan : 30°
- Luas penampang : $0,33 \text{ ft}^2$
- Kecepatan belt : 33,68 ft/menit

- Panjang alat : 3,66 m

Daya : 0,75 Hp

Bahan : *Carbon steel*

Harga : \$ 4.800

3.2.17 Belt Conveyor-02 (BC-02)

Fungsi : Memindahkan produk $C_6H_{10}O_4$ hasil bawah keluaran centrifuge ke rotary dryer

Kondisi operasi : $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$

Kapasitas : $995,55\text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi alat

- Lebar belt : 14 in
- Kemiringan : 30°
- Luas penampang : $0,11\text{ ft}^2$
- Kecepatan belt : $4,14\text{ ft/menit}$
- Panjang alat : 3,66 m

Daya : 0,05 Hp

Bahan : *Carbon steel*

Harga : \$ 4.800

3.2.18 Belt Conveyor-03 (BC-03)

Fungsi : Memindahkan produk $C_6H_{10}O_4$ hasil bawah keluaran rotary dryer menuju ball mill

Kondisi operasi : $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Kapasitas : $937,37 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi alat

- Lebar belt : 14 in
- Kemiringan : 30°
- Luas penampang : $0,11 \text{ ft}^2$
- Kecepatan belt : $3,95 \text{ ft/menit}$
- Panjang alat : 5 m

Daya : 0,05 Hp

Bahan : *Carbon steel*

Harga : \$ 6.200

3.2.19 Belt Conveyor-04 (BC-04)

Fungsi : Memindahkan produk $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_4$ hasil bawah keluaran ball mill menuju screener

Kondisi operasi : $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Kapasitas : $937,37 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dimensi alat

- Lebar belt : 14 in
- Kemiringan : 30°
- Luas penampang : $0,11 \text{ ft}^2$
- Kecepatan belt : $3,95 \text{ ft/menit}$
- Panjang alat : 5 m

Daya : 0,05 Hp
 Bahan : *Carbon steel*
 Harga : \$ 6.200

3.2.20 Belt Conveyor-05 (BC-05)

Fungsi : Memindahkan produk $C_6H_{10}O_4$ hasil bawah keluaran screener ke bucket elevator menuju silo $C_6H_{10}O_4$

Kondisi operasi : $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$

Kapasitas : 937,37 m^3/jam

Dimensi alat

- Lebar belt : 14 in
- Kemiringan : 30°
- Luas penampang : 0,11 ft^2
- Kecepatan belt : 3,95 ft/menit
- Panjang alat : 5 m

Daya : 0,05 Hp
 Bahan : *Carbon steel*
 Harga : \$ 6.200

3.2.21 Ball Mill (BM-01)

Fungsi : Mengecilkan ukuran partikel padatan asam adipat

Jenis : *Continuous Ball mill*

Kondisi operasi : $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 1\text{ atm}$

Dimensi alat

- Diameter : 1,52 m
- Panjang : 1,22 m
- Volume : 2,22 m³
- Kecepatan : 30 rpm

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 270.500

3.2.22 Silo C₆H₁₀O₄ (S-01)

Fungsi : Sebagai tempat penyimpanan C₆H₁₀O₄ selama 7 hari

Kondisi operasi : T = 30 °C ; P = 1 atm

Jenis : Tangki silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk *cone*
60°

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Dimensi alat

- Diameter : 5,12 m
- Tebal shell : 0,31 in
- Lebar : 5,12 m
- Tebal head : 0,31 in
- Tinggi silo : 9,59 m

Jumlah : 1 buah

Harga : \$ 36.700

3.2.23 Bucket Elevator (BE-01)

Fungsi	: Mengangkut produk asam adipat dari <i>screener</i> menuju silo
Jenis	: <i>Centrifugal discharge bucket elevator</i>
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Kapasitas	: 1515,15 kg/jam = 1,52 ton/jam
Dimensi alat	
• Tinggi	: 9,59 m
• Kecepatan bucket	: 24,35 ft/menit
• Rpm shaft	: 4,65 rpm
• Power	: 0,08 Hp
Jumlah	: 1 buah
Harga	: \$ 12.000

3.2.24 Vibrating Screen (VS-01)

Fungsi	: Mengayak serbuk asam adipat menjadi fraksi dengan ukuran yang diinginkan
Jenis	: <i>Hammer screen</i>
Kondisi operasi	: T = 30 °C ; P = 1 atm
Kapasitas	: 1515,15 kg/jam
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel</i>
Luas screen	: 36,36 ft ²
<i>Apperture</i>	: 200 mesh

Jumlah : 1 buah
 Harga : \$ 2.200

3.2.25 Blower-01 (BL-01)

Fungsi : Menghembuskan campuran gas C_6H_{10} dan air dari evaporator menuju kompresor
 Tipe : *Centrifugal blower*
 Bahan : *Commercial steel*
 Kapasitas : 3792,34 kg/jam
 Volume : 1,22 ft³/menit
 Tekanan : 11399,15 Psia
 Daya blower : 5 Hp
 Daya shaft : 7,5 Hp
 Harga : \$ 300

3.2.26 Heater-01 (HE-01)

Fungsi : Menaikkan suhu dari mixer-01 sebelum masuk ke reaktor
 Jenis : *Double pipe heat exchanger*
 Dimensi pipa :

Annulus		Inner pipe	
IPS (in)	: 2,5	IPS	: 1 ¼
Sch No	: 40	Sch No	: 40
OD (in)	: 2,88	OD	: 1,66

ID (in)	: 2,469	ID	: 1,38
ΔP_a (psi)	: 5,01E-09	ΔP_p	: 0,002
a''	: 0,435 ft ² /ft		
Panjang pipa	: 15 ft		
Jumlah hairpin	: 9		
Δt	: 166,98 °F		
A	: 58,73 ft ²		
Uc	: 1480,72 Btu/hr.ft ² .F		
Ud	: 82,03 Btu/hr.ft ² .F		
Rd	: 0,01 hr.ft ² .F/Btu		
Bahan	: <i>Stainless steel SA 167 type 316</i>		
Harga	: \$ 3.200		

3.2.27 Heater-02 (HE-02)

Fungsi : Menaikkan suhu dari tangki penyimpanan C₆H₁₀ sebelum masuk ke reaktor

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Dimensi pipa :

Annulus		Inner pipe	
IPS (in)	: 2	IPS	: 1 ¼
Sch No	: 40	Sch No	: 40
OD (in)	: 2,38	OD	: 1,66
ID (in)	: 2,067	ID	: 1,38

ΔP_a (psi)	: 5,22E-10	ΔP_p	: 9,84E-05
a''	: 0,435 ft ² /ft		
Panjang pipa	: 12 ft		
Jumlah hairpin	: 1		
Δt	: 166,98 °F		
A	: 5,22 ft ²		
U_c	: 1294,15 Btu/hr.ft ² .F		
U_d	: 73,42 Btu/hr.ft ² .F		
R_d	: 0,01 hr.ft ² .F/Btu		
Bahan	: <i>Stainless steel SA 167 type 316</i>		
Harga	: \$ 1.300		

3.2.28 Cooler-01 (CL-01)

Fungsi : Menurunkan suhu dari evaporator sebelum masuk ke crystallizer

Jenis : *Double pipe heat exchanger*

Dimensi pipa :

Annulus		Inner pipe	
IPS (in)	: 2,5	IPS	: 1 ¼
Sch No	: 40	Sch No	: 40
OD (in)	: 2,88	OD	: 1,66
ID (in)	: 2,469	ID	: 1,38
ΔP_a (psi)	: 4,45E-08	ΔP_p	: 1,09E-03
a''	: 0,435 ft ² /ft		

Panjang pipa : 15 ft

Jumlah hairpin : 9

Δt : 58,43 °F

A : 58,73 ft²

Uc : 21879,27 Btu/hr.ft².F

Ud : 73,68 Btu/hr.ft².F

Rd : 0,01 hr.ft².F/Btu

Bahan : *Stainless steel SA 167 type 316*

Harga : \$ 3.200

3.2.29 Pompa-01 (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran tangki penyimpanan
H₂O₂ menuju mixer-01

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 5,50 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1413 kg/m³
- Viskositas : 1,09 cP
- Laju alir massa : 1472,21 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 0,96 in

- Diameter dalam : 1,05 in
- Diameter luar : 1,32 in
- Luas penampang : 0,86 in²

Daya : 0,125 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.000

3.2.30 Pompa-02 (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran tangki mixer-01 menuju reaktor

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 20,71 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1186 kg/m³
- Viskositas : 1,02 cP
- Laju alir massa : 4648,64 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 1,71 in
- Diameter dalam : 2,07 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Luas penampang : 3,35 in²

Daya	: 0,33 Hp
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 2.500

3.2.31 Pompa-03 (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran tangki penyimpanan H_2SO_4 menuju mixer-01

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 0,05 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1823 kg/m³
- Viskositas : 19,34 cP
- Laju alir massa : 18,70 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 0,12 in
- Diameter dalam : 0,27 in
- Diameter luar : 0,41 in
- Luas penampang : 0,06 in²

Daya : 0,05 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 100

3.2.32 Pompa-04 (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran tangki penyimpanan
H₃PO₄ menuju mixer-01

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 0,03 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1729 kg/m³
- Viskositas : 23,06 cP
- Laju alir massa : 10,07 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 0,10 in
- Diameter dalam : 0,27 in
- Diameter luar : 0,41 in
- Luas penampang : 0,06 in²

Daya : 0,05 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 100

3.2.33 Pompa-05 (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran tangki penyimpanan
C₆H₁₀ menuju reaktor

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 4,96 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 801 kg/m³
- Viskositas : 0,57 cP
- Laju alir massa : 752,15 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 0,85 in
- Diameter dalam : 1,05 in
- Diameter luar : 1,32 in
- Luas penampang : 0,86 in²

Daya : 0,17 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.000

3.2.34 Pompa-06 (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran reaktor-01 menuju reaktor-02

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 20,71 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1186 kg/m³
- Viskositas : 1,02 cP
- Laju alir massa : 4648,64 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 1,71 in
- Diameter dalam : 2,07 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Luas penampang : 3,35 in²

Daya : 0,33 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 2.500

3.2.35 Pompa-07 (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran reaktor-02 menuju separator

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 25,53 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1118 kg/m³

- Viskositas : 0,71 cP
- Laju alir massa : 5400,79 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 1,86 in
- Diameter dalam : 2,07 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Luas penampang : 3,35 in²

Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 2.500

3.2.36 Pompa-08 (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran separator menuju evaporator

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 24,77 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1132 kg/m³
- Viskositas : 0,72 cP
- Laju alir massa : 5306,86 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 1,84 in
- Diameter dalam : 2,07 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Luas penampang : 3,35 in²

Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 2.500

3.2.37 Pompa-09 (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran evaporator menuju crystallizer

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 5,53 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1447 kg/m³
- Viskositas : 0,49 cP
- Laju alir massa : 1514,52 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 0,97 in
- Diameter dalam : 1,05 in
- Diameter luar : 1,32 in

- Luas penampang : 0,86 in²

Daya	: 0,08 Hp
Jumlah	: 2 buah
Harga	: \$ 1.000

3.2.38 Pompa-10 (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran crystallizer menuju centrifuge

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 5,53 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1447 kg/m³
- Viskositas : 0,49 cP
- Laju alir massa : 1514,52 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 0,97 in
- Diameter dalam : 1,05 in
- Diameter luar : 1,32 in
- Luas penampang : 0,86 in²

Daya	: 0,08 Hp
Jumlah	: 2 buah

Harga : \$ 1.000

3.2.39 Pompa-11 (PU-11)

Fungsi : Mengalirkan hasil keluaran centrifuge menuju UPL

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Commercial steel*

Kapasitas : 19,92 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1006 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP
- Laju alir massa : 3792,34 kg/jam

Dimensi alat

- Diameter optimum : 1,64 in
- Diameter dalam : 2,07 in
- Diameter luar : 2,38 in
- Luas penampang : 3,35 in²

Daya : 0,08 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 2.500

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan pada saat pemilihan kapasitas perancangan yaitu kebutuhan Asam Adipat di Indonesia, tersedianya bahan baku, dan ketentuan kapasitas minimal pabrik Asam Adipat. Semakin meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia setiap tahunnya, maka diperkirakan kebutuhan asam adipat juga akan semakin meningkat. Kapasitas produksi yang dirancang pada pabrik Asam Adipat ini adalah 10.000 ton/tahun. Dengan didirikannya pabrik ini, diharapkan Indonesia dapat mengurangi kegiatan import Asam Adipat dan kedepannya dapat bersaing dalam kegiatan ekspor. Beberapa hal yang dipertimbangkan pada saat menentukan kapasitas produksi adalah :

a. Kebutuhan Asam Adipat dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistika, kebutuhan asam adipat di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya.

b. Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam penentuan kapasitas produksi suatu pabrik.

3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi, ada dua hal yg perlu diperhatikan, yang pertama adalah faktor eksternal yaitu faktor yang menyangkut kemampuan pasar

terhadap jumlah produk dan yg kedua adalah faktor internal yaitu kemampuan pabrik.

a. Kemampuan Pasar

Kemampuan pasar dapat dibagi menjadi dua kemungkinan, yaitu :

1. Kemampuan pasar yang lebih besar dari kemampuan pabrik, maka rencana produksi harus disusun secara maksimal.
2. Kemampuan pasar yang lebih kecil dari kemampuan pabrik, maka perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, seperti :
 - Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
 - Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan pada tahun berikutnya.
 - Mencari daerah pemasaran

b. Kemampuan Pabrik

Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan pada saat pendirian pabrik yaitu :

1. Bahan baku

Bahan baku yang memenuhi kualitas dan kuantitas akan menghasilkan produk produksi yang diinginkan. Bahan baku hidrogen peroksida diperoleh dari salah satu pabrik hidrogen peroksida yaitu PT. Degusa Constructions atau MBT Indonesia yang berlokasi di Jl. Jababeka V Blok I-1 Kawasan Industri I Cikarang Utara, Bekasi 17530, Jawa Barat. Sedangkan bahan baku

sikloheksana import dari Shandong, China. Pada proses produksi juga menggunakan katalis H_2SO_4 , H_3PO_4 , dan H_2WO_4 .

Tabel 3.1 Kebutuhan bahan baku

Komponen	Kebutuhan Bahan Baku (ton/tahun)
C_6H_{10}	6588,81
H_2O_2 30%	12020,56
H_2SO_4	74,96
H_3PO_4	160,51
H_2WO_4	401,56

2. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menyebabkan kerugian pabrik, sehingga perlu dilakukan pelatihan kepada karyawan agar keterampilannya meningkat.

3. Mesin (alat proses)

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

BAB IV

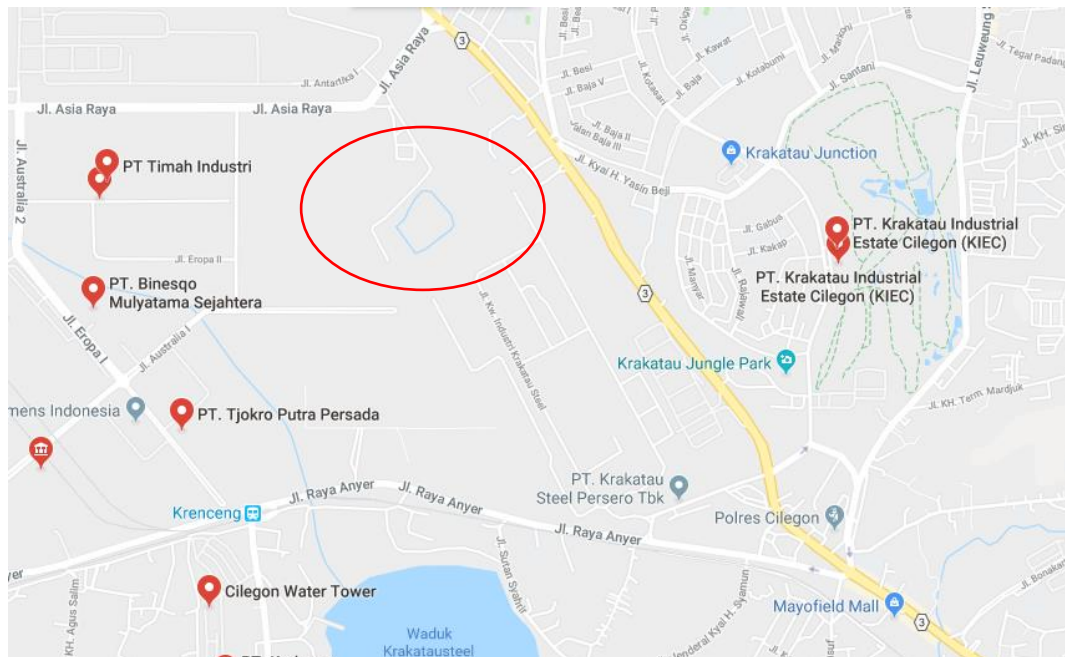
PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan segala aspek baik dalam segi teknis maupun ekonomis yang lebih menguntungkan. Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksena (C_6H_{10}) dan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) ini direncanakan akan didirikan di kawasan industri Cilegon, Banten. Lokasi tersebut dipilih atas dasar penyediaan bahan baku, pemasaran, transportasi, tenaga kerja, dan ketersediaan sarana pendukung yang lain. Kebijakan pemerintah setempat akan sangat mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih.



Gambar 4.1 Peta lokasi Cilegon, Banten, Propinsi Jawa Barat



Gambar 4.2 Peta lokasi kawasan industri Cilegon

Adapun faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik tersebut antara lain :

4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor primer merupakan faktor yang secara langsung akan mempengaruhi tujuan utama suatu pabrik yang meliputi proses produksi dan distribusi. Faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama pabrik Asam Adipat yang akan kami bangun adalah Sikloheksena (C_6H_{10}) yang diimport dari China. Sikloheksena dalam bentuk cairan disimpan di dalam tangki dengan waktu tinggal selama satu bulan. Sedangkan untuk Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dapat dibeli dari pabrik Hidrogen

Peroksida yang letaknya dekat dengan Cilegon, yakni di daerah Cikarang, Jawa Barat sehingga ongkos untuk pengiriman bahan baku cenderung murah.

Kebutuhan bahan bakar minyak dapat dibeli dari PT. Pertamina RU VI Balongan, Jawa Barat. Sedangkan untuk kebutuhan listrik dapat disuplai dari PT. PLN (Persero) setempat dan pada saat keadaan *emergency* listrik dapat diperoleh dari genset.

2. Pemasaran

Produk Asam Adipat akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik *nylon* dan pabrik plastik yang sebagian besar berada di wilayah Provinsi Jawa Timur dan ada juga beberapa di daerah lain di Indonesia, kemudian sisanya akan diekspor ke negara-negara di Asia Tenggara sehingga diharapkan agar selain untuk memenuhi kebutuhan asam adipat dalam negeri, produk asam adipat yang diekspor dapat menghasilkan devisa bagi negara.

Pemasaran produk asam adipat dari pabrik ini akan dipasarkan dalam bentuk karungan, sehingga pengirimannya menggunakan kontainer. Pengiriman untuk wilayah Jawa dapat digunakan jalur darat seperti truk, sedangkan pengiriman luar Pulau Jawa dan ekspor dapat digunakan jalur laut seperti kapal melalui Pelabuhan Tanjung Priok.

3. Ketersediaan Air dan Energi

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik, baik untuk proses, pendingin, ataupun kebutuhan lainnya. Kawasan Industri Cilegon terletak dekat dengan sungai yang cukup besar sehingga kebutuhan air diambil dan diolah dari sumber air sungai tersebut. Kebutuhan air dalam pabrik dipenuhi

dengan memanfaatkan air dari Sungai Cindana yang terletak dekat dengan kawasan industri Cilegon. Sedangkan iklim di Pulau Jawa merupakan tropis basah sehingga rata-rata curah hujan dalam satu tahun sebanyak 100 hari atau 1900 mm pertahun. Suhu udara rata-rata adalah sekitar 21°C – 34°C dengan kelembaban udara sekitar 76-88.

Energi merupakan faktor utama dalam operasional suatu pabrik, tenaga listrik sebagian diperoleh dari PT. PLN (Persero) untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga perusahaan, sedangkan untuk kebutuhan proses digunakan generator listrik dengan bahan bakar solar dan sebagai cadangan pada saat keadaan *emergency* dapat digunakan listrik yang dihasilkan dari genset. Kebutuhan bahan bakar minyak untuk genset dan pembangkit listrik proses diperoleh dari PT. Pertamina RU VI Balongan, Jawa Barat.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan memperlancar jalannya proses produksi. Di daerah Jawa merupakan salah satu provinsi yang sudah cukup maju tingkat pendidikannya sehingga tenaga kerja dari daerah Jawa cukup memenuhi kriteria yang diharapkan oleh suatu pabrik agar pabrik dapat berjalan maksimal.

5. Kondisi Geografis dan Sosial

Lokasi pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi, dan lain-lain). Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik

sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik. Pemerintah Cilegon memiliki kebijakan untuk mendukung berdirinya pabrik di wilayah tersebut

Pabrik direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Banten, Propinsi Jawa Barat.

4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan (berdampak langsung) dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik tersebut. Adapun faktor-faktor sekunder yang dimaksud :

1. Perluasan Areal Unit

Suatu pabrik perlu mempertimbangkan tentang adanya pengembangan. Oleh karena itu diperlukan tanah yang cukup luas untuk perluasan areal pabrik namun tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Perizinan

Pendirian pabrik dengan mempertimbangkan lokasi pabrik pada daerah khusus kawasan industri dapat mempermudah perizinan pendirian pabrik. Selain itu perlu dipertimbangkan tata letak pabrik sedemikian rupa agar memudahkan para pelaku industri maupun proses dari pabrik tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik antara lain :

- a. Segi keamanan kerja terpenuhi
- b. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.

- c. Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin
- d. Transportasi yang baik dan efisien

3. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Suatu pabrik sebaiknya dekat dengan prasarana dan fasilitas sosial agar memudahkan pelaku industri dalam meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup. Prasarana dan fasilitas sosial yang perlu diperhatikan adalah jalan dan transportasi, tempat ibadah, bank, sarana pendidikan, perumahan serta hiburan.

4.2 Tata Letak Pabrik

Pengaturan seluruh fasilitas-fasilitas pabrik baik dalam pengaturan *layout* pabrik maupun *layout* proses sangat penting dalam mendirikan suatu pabrik. Oleh karena itu tata letak pabrik memiliki peranan penting dalam kelangsungan pabrik, karena akan berpengaruh terhadap biaya produksi, biaya konstruksi, serta efisiensi dan keselamatan kerja. Tata letak pabrik merupakan perencanaan dalam pengaturan kebutuhan ruangan yang akan dipergunakan untuk kemudahan proses maupun kemudahan para pelaku industri dalam menjalankan aktivitas dalam suatu pabrik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan tata letak pabrik adalah sebagai berikut :

1. Masalah yang menyangkut keselamatan, kemungkinan terjadinya kebakaran, kecelakaan dan sebagainya.
2. Kelancaran distribusi bahan baku, produk, maupun utilitas harus dijamin.
3. Disediakan tanah untuk areal perluasan pabrik guna perkembangan pabrik di masa yang akan datang.

4. *Plant site* harus berdasarkan faktor-faktor yang menyangkut peraturan daerah setempat.
5. Penggunaan ruang kerja yang efisien sehingga memberi kemudahan para pelaku industri yang berkaitan.

Tata letak pabrik dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. *Plant Layout* (Tata Letak Pabrik)
2. *Equipment Layout* (Tata Letak Alat Proses)

4.2.1 *Plant Layout* (Tata Letak Pabrik)

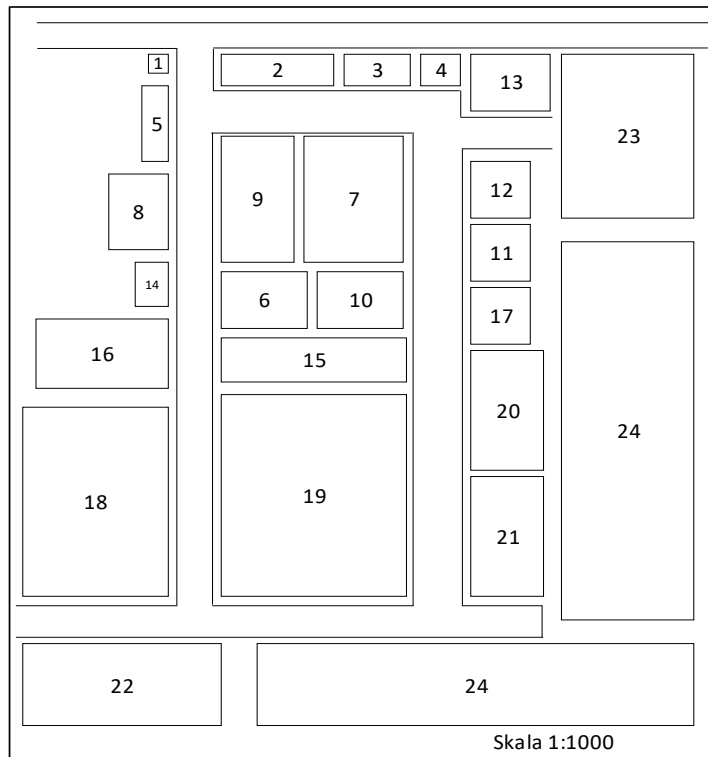
Plant Layout merupakan suatu peletakan bangunan-bangunan yang direncanakan ada dalam pabrik. Bangunan-bangunan tersebut dapat berupa area proses, area penyimpanan, area perkantoran, dan sebagainya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam tata letak pabrik antara lain :

1. Area unit proses, unit utilitas, area perluasan pabrik ditempatkan tidak berdekatan dari perkantoran maupun prasarana dan fasilitas pabrik lainnya dengan tujuan menghindari kemungkinan kecelakaan dalam area proses yang dapat merambat ke bangunan lainnya.
2. Unit utilitas dan sumber tenaga ditempatkan terpisah dari alat-alat proses sehingga terjamin operasi yang aman.
3. Susunan pabrik memungkinkan distribusi air dan bahan lain berjalan lancar, cepat, dan ekonomis.
4. Setiap unit minimal dapat dicapai melalui dua jalan dalam pabrik.

5. Terdapat jarak antara jalan dengan unit proses yang cukup, sehingga alat proses aman tidak terkena kendaraan yang melewati jalan.

Tabel 4.1 Luas tanah pabrik asam adipat

No	Lokasi	Panjang, m	Lebar, m	Luas, m ²
1	Pos Keamanan	3	3	9
2	Tempat Parkir	17	5	85
3	Masjid	10	5	50
4	Ruang Pembangkit	6	5	30
	Listrik			
5	Jembatan Timbang Truk	12	4	48
6	Taman	13	9	117
7	Perkantoran	20	15	300
8	Tempat Parkir Truk	12	9	108
9	Ruang Pertemuan	20	11	220
10	Perpustakaan	13	9	117
11	Laboratorium	9	9	81
12	Klinik	9	9	81
13	Kantin	12	9	108
14	Bengkel	7	5	35
15	Ruang Kontrol	28	7	196
16	Gudang	20	11	220
17	Unit Pemadam	9	9	81
	Kebakaran			
18	Area Tangki 1	30	22	660
19	Area Proses	32	28	896
20	Area Tangki 2	19	11	209
21	Unit Pengolahan Limbah (UPL)	19	11	209
22	Utilitas	30	13	390
23	Mess	26	20	520
		66	13	858
		60	20	1200
Luas Tanah				6828
Luas Bangunan				4653



KETERANGAN

1. Pos Keamanan
2. Tempat Parkir
3. Masjid
4. Ruang Pembangkit Listrik
5. Jembatan Timbang Truk
6. Taman
7. Gedung Kantor Utama
8. Tempat Parkir Truk
9. Gedung Pertemuan
10. Perpustakaan
11. Laboratorium
12. Klinik

13. Kantin
14. Bengkel
15. Ruang Kontrol
16. Gudang
17. Unit Pemadam Kebakaran
18. Area Tangki
19. Area Proses
20. Unit Treatment Catalyst
21. Unit Pengolahan Limbah
22. Utilitas
23. Mess
24. Perluasan Wilayah

Gambar 4.3 Tata Letak Pabrik

4.2.2 *Equipment Layout* (Tata Letak Alat Proses)

Equipment layout merupakan suatu peletakkan alat-alat proses yang berkaitan dengan aliran bahan baku, produksi, aliran udara, penerangan, ruang gerak pekerja, jarak antara alat proses dengan suhu maupun tekanan yang tinggi dan sebagainya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Aliran Bahan Baku dan Produk

Bahan baku dan produk yang dialirkan dengan tepat akan memberikan keuntungan ekonomi yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi. Perlu diperhatikan juga elevasi pipa, dimana untuk pipa di atas tanah perlu dipasang pada ketinggian tiga meter atau lebih, sedangkan untuk pemipaan pada permukaan tanah diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu lalu lintas bekerja.

2. Aliran Udara

Aliran udara di dalam dan di sekitar area proses perlu diperhatikan supaya lancar. Hal ini bertujuan untuk menghindari stagnansi udara pada suatu tempat yang dapat mengakibatkan akumulasi bahan kimia yang berbahaya. Sehingga dapat membahayakan keselamatan pekerja, sehingga perlu juga diperhatikan hembusan angin.

3. Cahaya

Penerangan seluruh pabrik harus memadai terutama pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi.

4. Lalu Lintas Manusia

Dalam hal perancangan tata letak peralatan perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah. Jika terjadi gangguan alat proses maka harus cepat diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Tata Letak Alat Proses

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran dan keamanan produksi pabrik sehingga dapat menguntungkan dari segi ekonomi. Tata letak alat proses merupakan suatu pengaturan yang maksimum dari komponen-komponen fasilitas pabrik. Tata letak peralatan proses diusahakan sesuai dengan urutan kerja dan fungsi masing-masing alat agar mendapatkan efisiensi, keselamatan, dan kelancaran kerja dari para karyawan serta keselamatan proses.

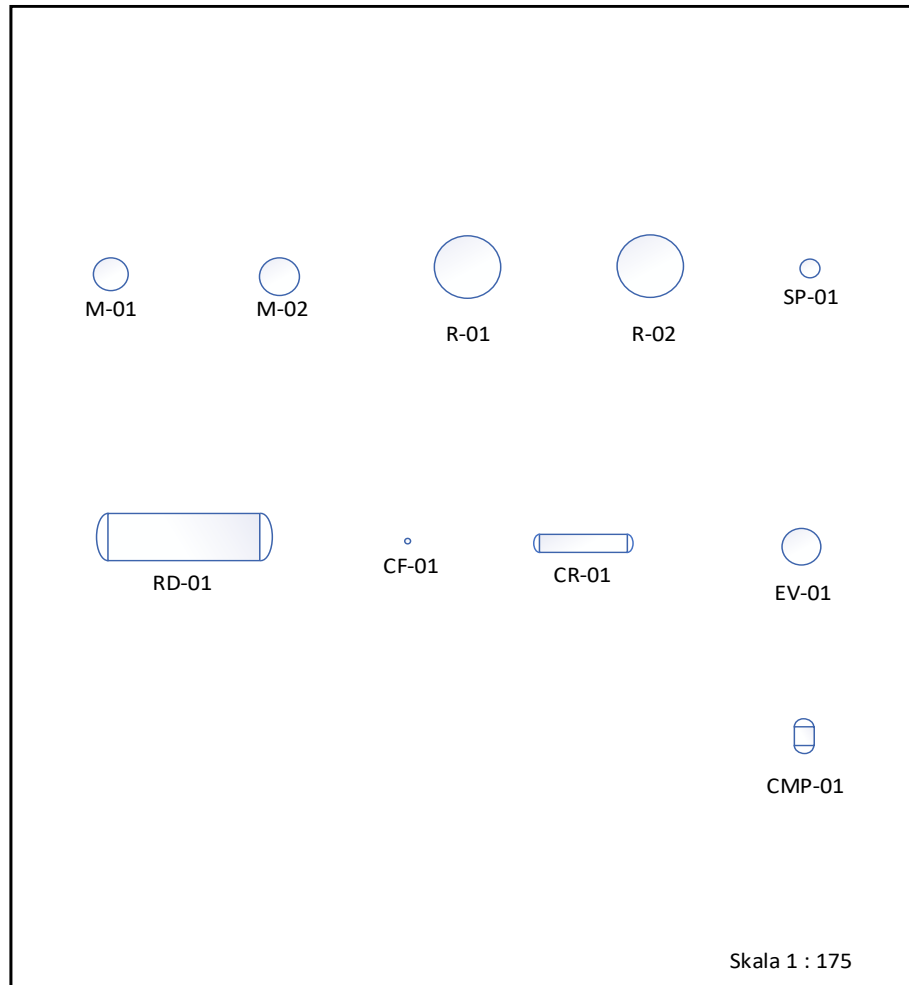
6. Jarak Antara Alat Proses

Untuk alat proses yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sebaiknya dipisahkan dari alat proses yang lain. Sehingga apabila terjadi ledakan atau kebakaran pada alat tersebut tidak membahayakan alat proses yang lain. Tata letak alat proses harus dirancang sedemikian rupa sehingga :

- a. Kelancaran proses produksi dapat terjamin
- b. Dapat mengefektifkan penggunaan luas tanah
- c. Biaya material handling menjadi rendah, sehingga menyebabkan menurunnya pengeluaran untuk *capital* yang tidak penting.

- d. Jika tata letak peralatan proses sedemikian rupa sehingga urutan proses produksi lancar, maka perusahaan tidak perlu untuk memakai alat angkut dengan biaya yang mahal
7. Karyawan mendapat kepuasan kerja

Berikut gambar peta situasi pabrik yang dapat dilihat dalam gambar tata letak alat (*equipment layout*) pabrik Asam Adipat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun



KETERANGAN :

M = Mixer

R = Reaktor

SP = Separator

EV = Evaporator

CMP = Compresor

CR = Crystallizer

CF = Centrifuge

RD = Rotary Dryer

Gambar 4.4 Tata letak alat proses

4.3 Alir Proses dan Material

4.3.1 Neraca Massa

a. Neraca Massa Total

Tabel 4.2 Neraca massa total

Arus masuk (kg/jam)			Arus keluar (kg/jam)		
Bahan	Komponen	Jumlah	Bahan	Komponen	Jumlah
Sikloheksena	C ₆ H ₁₀	752,1472		C ₆ H ₁₀ O ₄	1258,8376
	H ₂ O ₂	1372,2100		H ₂ O	3,7879
	H ₂ O	100,0000		H ₂ O	179,1737
	H ₂ SO ₄	18,3233		O ₂	93,9267
	H ₂ O	0,3739		C ₆ H ₁₀	45,1288
	H ₃ PO ₄	8,5576		H ₂ SO ₄	18,3233
	H ₂ O	1,5102		H ₃ PO ₄	8,5576
Asam tungstat	H ₂ WO ₄	45,8406		H ₂ WO ₄	45,8406
Air	H ₂ O	3101,8233		H ₂ O	3747,2100
TOTAL	5400,7862		5400,7862		

b. Neraca Massa Komponen

1. Neraca Massa di Mixer-01

Tabel 4.3 Neraca Massa di Mixer-01

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)
H ₂ O ₂	1372,2100	1372,2100
H ₂ O	3201,8233	3201,8233

Tabel 4.3 Neraca Massa di Mixer-01 (Lanjutan)

H ₃ PO ₄	8,5576	8,5576
H ₂ O dalam H ₃ PO ₄	1,5102	1,5102
H ₂ SO ₄	18,3233	18,3233
H ₂ O dalam H ₂ SO ₄	0,3739	0,3739
H ₂ WO ₄	45,8406	45,8406
TOTAL	4648,6390	4648,6390

2. Neraca Massa di Reaktor

Tabel 4.4 Neraca Massa di Reaktor

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
		Hasil atas	Hasil bawah
C ₆ H ₁₀	752,1472	45,1288	0,0000
H ₂ O ₂	1372,2100	0,0000	0,0000
H ₂ O	3203,7074	3930,1716	0,0000
C ₆ H ₁₀ O ₄	0,0000	1258,8376	0,0000
O ₂	0,0000	93,9267	0,0000
H ₂ SO ₄	18,3233	18,3233	0,0000
H ₃ PO ₄	8,5576	8,5576	0,0000
H ₂ WO ₄	45,8406	0,0000	45,8406
Jumlah	5400,7862	5354,9456	45,8406
TOTAL	5400,7862	5400,7862	

3. Neraca Massa di Separator

Tabel 4.5 Neraca Massa di Separator

Komponen	Arus masuk (kg/jam)	Arus keluar (kg/jam)	
		Hasil atas	Hasil bawah
$C_6H_{10}O_4$	1258,8376	0,0000	1258,8376
C_6H_{10}	45,1288	0,0000	45,1288
O_2	93,9267	93,9267	0,0000
H_2O	3930,1716	0,0000	3930,1716
H_2SO_4	18,3233	0,0000	18,3233
H_3PO_4	8,5576	0,0000	8,5576
Jumlah	5354,9456	93,9267	5261,0189
TOTAL	5354,9456	5354,9456	

4. Neraca Massa di Evaporator

Tabel 4.6 Neraca Massa di Evaporator

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus Keluar (kg/jam)	
		Hasil bawah	Hasil atas
$C_6H_{10}O_4$	1258,8376	1258,8376	0,0000
C_6H_{10}	45,1288	0,0000	45,1288
H_2O	3930,1716	182,9616	3747,2100
H_2SO_4	18,3233	18,3233	0,0000
H_3PO_4	8,5576	8,5576	0,0000

Jumlah	5261,0189	1468,6801	3792,3388
Total	5261,0189	5261,0189	

5. Neraca Massa di Crystallizer

Tabel 4.7 Neraca Massa di Crystallizer

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus Keluar (kg/jam)
$C_6H_{10}O_4$	1258,8376	1258,8376
H_2O	182,9616	182,9616
H_2SO_4	18,3233	18,3233
H_3PO_4	8,5576	8,5576
Total	1468,6801	1468,6801

6. Neraca Massa di Centrifuge

Tabel 4.8 Neraca Massa di Centrifuge

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus Keluar (kg/jam)	
		Hasil atas	Hasil bawah
$C_6H_{10}O_4$	1258,8376	0,0000	1258,8376
H_2O	182,9616	116,7070	66,2546
H_2SO_4	18,3233	18,3233	0,0000
H_3PO_4	8,5576	8,5576	0,0000
Jumlah	1468,6801	143,5879	1325,0922
Total	1468,6801	1468,6801	

7. Neraca Massa di Rotary Dryer

Tabel 4.9 Neraca Massa di Rotary Dryer

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus Keluar (kg/jam)	
		Hasil bawah	Hasil atas
$C_6H_{10}O_4$	1258,8376	1258,8376	0,0000
H_2O	66,2546	3,7879	62,4667
Jumlah	1325,0922	1262,6254	62,4667
Total	1325,0922	1325,0922	

8. Neraca Massa di Compresor

Tabel 4.10 Neraca Massa di Compresor

Komponen	Arus Masuk (kg/jam)	Arus Keluar (kg/jam)
C_6H_{10}	45,1288	45,1288
H_2O	3747,2100	3747,2100
Total	3792,3388	3792,3388

4.3.2 Neraca Panas

a. Neraca Panas Total

Tabel 4.11 Neraca Panas Total

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Mixer-01	84463,68945	84463,68945
Mixer-02	84665,11636	84665,11636
Reaktor	13218368,18	13218368,18
Separator	866699,145	866699,145

Evaporator	10089307,19	10089307,19
Crystallizer	303732,0574	303732,0574
Centrifuge	57800,36448	57800,36448
Rotary dryer	162203,7731	162203,7731
Condensor	9789696,0978	9789696,0978
TOTAL	34656935,6136	34656935,6136

b. Neraca Panas Komponen

1. Neraca Panas di Mixer-01

Tabel 4.12 Neraca Panas di Mixer-01

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	84665,11636	0
Panas yang dibawa produk	0	84665,11636
Panas Reaksi	0	0
Panas yang diserap pendingin	0	0
TOTAL	84665,11636	84665,11636

2. Neraca Panas di Reaktor

Tabel 4.13 Neraca Panas di Reaktor

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	1006781,5333	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	1059444,5658
Panas Reaksi	12211586,6418	0,0000
Panas yang diserap pendingin	0,0000	12158923,6094
TOTAL	13218368,1751	13218368,1751

3. Neraca Panas di Separator

Tabel 4.14 Neraca Panas di Separator

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	866699,1450	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	866696,3163
Panas Reaksi	0,0000	0,0000
Panas yang diserap pendingin	0,0000	2,8287
TOTAL	866699,1450	866699,1450

4. Neraca Panas di Evaporator

Tabel 4.15 Neraca Panas di Evaporator

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	862788,5466	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	904789,5145
Panas Reaksi	0,0000	9184517,6764
Panas yang diserap pendingin	9226518,6443	0,0000
TOTAL	10089307,1909	10089307,1909

5. Neraca Panas di Crystallizer

Tabel 4.16 Neraca Panas di Crystallizer

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	70760,8853	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	13934,9102
Panas Reaksi	232971,1721	0,0000
Panas yang diserap pendingin	0,0000	289797,1472
TOTAL	303732,0574	303732,0574

6. Neraca Panas di Centrifuge

Tabel 4.17 Neraca Panas di Centrifuge

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	13934,9102	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	57800,3645
Panas Reaksi	0,0000	0,0000
Panas yang diserap pendingin	43865,4543	0,0000
TOTAL	57800,3645	57800,3645

7. Neraca Panas di Rotary Dryer

Tabel 4.18 Neraca Panas di Rotary Dryer

Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	11298,7554	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	9403,2045
Panas Reaksi	0,0000	152800,5686
Panas yang diserap pendingin	150905,0178	0,0000
TOTAL	162203,7731	162203,7731

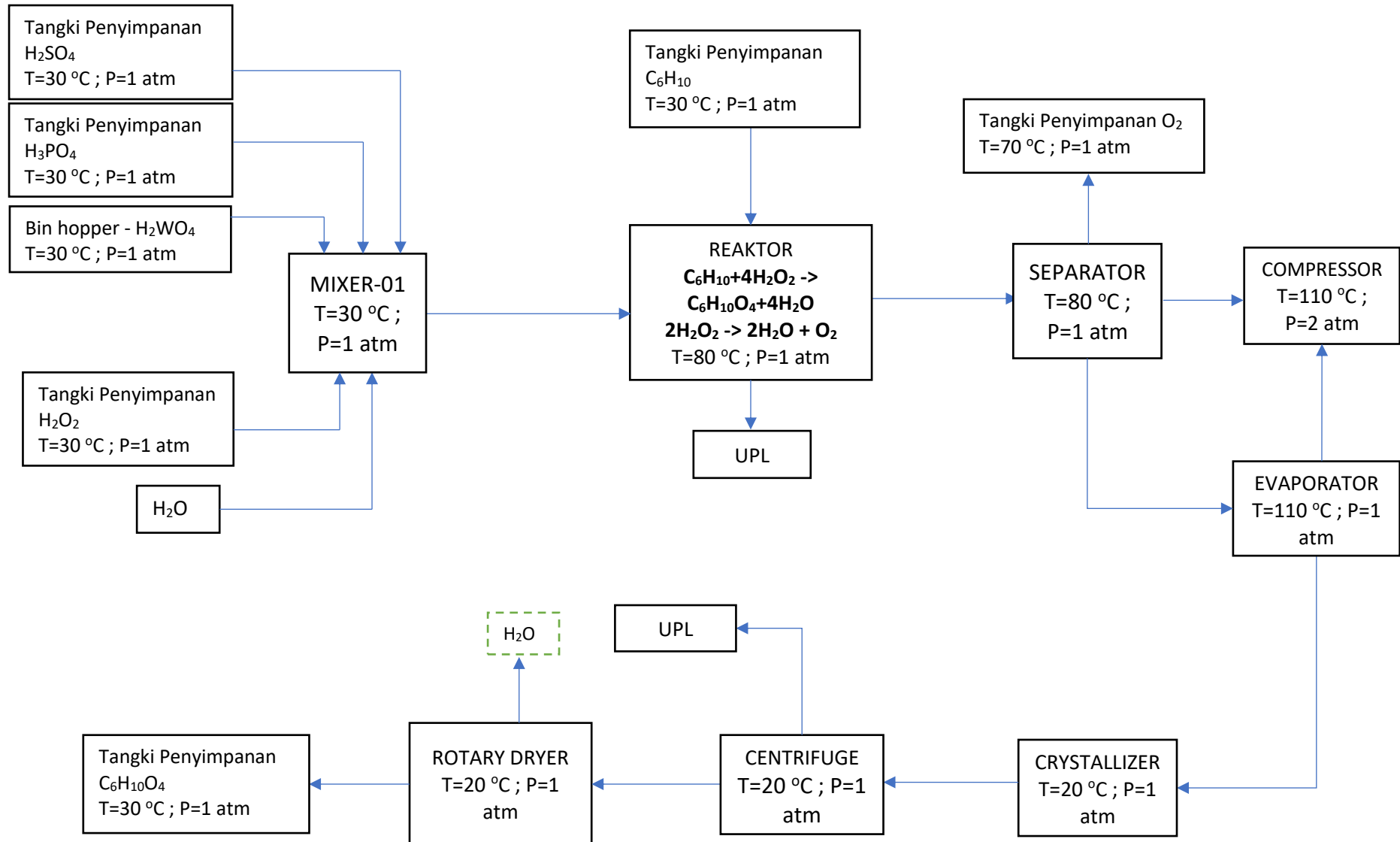
8. Neraca Panas di Compresor

Tabel 4.19 Neraca Panas di Compresor

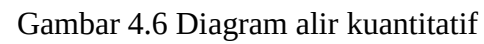
Keterangan	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Panas yang dibawa umpan	605178,4214	0,0000
Panas yang dibawa produk	0,0000	708315,4686
Panas Reaksi	9184517,6764	0,0000
Panas yang diserap pendingin	0,0000	9081380,6290
TOTAL	9789696,0978	9789696,0978

4.3.3 Diagram Alir

Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 merupakan diagram alir kualitatif dan kuantitatif dari pabrik Asam Adipat dari sikloheksena dan hidrogen peroksida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun.



Gambar 4.5 Diagram alir kualitatif



Gambar 4.6 Diagram alir kuantitatif

4.4 Unit Pendukung Proses (Utilitas)

Unit pendukung proses atau utilitas adalah unit yang bertugas menyediakan sarana penunjang untuk menjamin kelancaran proses produksi. Unit utilitas yang diperlukan dalam prarancangan pabrik asam adipat ini diantaranya :

1. Unit pembangkit *steam*

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan steam yang digunakan pada unit produksi. Steam pada unit produksi berfungsi sebagai media pemanas.

2. Unit penyediaan dan pengolahan air

Unit ini berfungsi menyediakan air bersih sebagai air pendingin, air umpan *boiler*, air sanitasi, dan *hydrant*.

3. Unit pembangkit listrik

Unit ini berfungsi sebagai penyedia tenaga listrik untuk tenaga penggerak peralatan proses dan untuk penerangan. Listrik disuplai dari PLN dan sebagai cadangan digunakan generator.

4. Unit penyediaan bahan bakar

Unit ini menyediakan bahan bakar untuk boiler dan generator.

5. Unit pengolahan limbah

Unit ini berfungsi mengolah limbah yang dihasilkan oleh pabrik, baik limbah dari proses produksi maupun di luar proses produksi sebelum dibuang ke lingkungan.

6. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini berfungsi untuk menyediakan udara instrumen sebagai penggerak alat-alat instrumen.

7. Unit pengadaan udara panas

Unit ini berfungsi untuk menyediakan udara panas sebagai media pengering di dalam rotary dryer.

4.4.1 Unit Pembangkit *Steam*

Steam yang digunakan pada perancangan pabrik Asam Adipat ini adalah untuk memenuhi kebutuhan panas pada *heat exchanger* yang digunakan untuk memanaskan bahan baku, juga digunakan sebagai media pemanas pada alat proses. *Steam* ini diproduksi dengan menggunakan *boiler*. Air sebagai umpan *boiler* diambil dari *boiler feed water*. *Steam* yang digunakan yaitu steam jenuh (*saturated steam*) pada suhu 150 °C. Kebutuhan steam dilebihkan sebanyak 20% untuk mencegah terjadinya kehilangan pada saat distribusi. Spesifikasi ketel uap (*boiler*) yang digunakan yaitu :

Kapasitas	: 1081,23 kg/jam
Jenis	: Ketel pipa api
Jumlah	: 1 buah

Air umpan boiler (*boiler feed water*) akan dipanaskan menggunakan bahan bakar secara terus menerus pada tekanan dan suhu tertentu. Bahan bakar yang digunakan yaitu minyak dan listrik. Air umpan boiler masih mengandung sedikit *total dissolved solid* (TDS) dan *total suspended solid* (TSS), walaupun sudah dilakukan pengolahan sebelumnya. Jika air umpan boiler dipanaskan, TDS dan TSS tidak ikut menguap, sehingga jika dibiarkan terus menerus akan terjadi akumulasi di dalam boiler. Akumulasi TDS dan TSS akan menyebabkan timbulnya kerak,

sehingga dapat mengganggu laju alir aliran, menurunkan efisiensi boiler dan *heat carry over*. Untuk menghindari timbulnya kerak dilakukan optimasi laju *blowdown*. *Blowdown* yaitu membuang sebagian cairan untuk mencegah terjadinya akumulasi padatan yang dibawa oleh air umpan boiler.

Steam yang telah digunakan akan mengembun menjadi air dimana air ini akan diolah menjadi *steam* yang baru. Tetapi tidak semua *steam* akan mengembun kembali menjadi air, dimana ada sejumlah air yang hilang karena *blowdown*. Oleh sebab itu diperlukan *make up* air.

4.4.2 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

4.4.2.1 Unit Pengadaan Air

Unit pengadaan dan pengolahan air atau *raw water treatment plant* (RWTP) adalah proses pengolahan air baku menjadi air bersih. Unit ini mengolah air yang berasal dari alam, dimana air tersebut masih banyak mengandung kotoran (*impurities*) yang terdiri dari *suspended solid* (*impurities* tidak terlarut) yang diolah pada proses klarifikasi dan *dissolved solid* (*impurities* terlarut) yang diolah pada proses demineralisasi menjadi air bersih.

Kebutuhan air diperoleh dari sungai Cidanau yang dekat dengan kawasan industri Cilegon. Debit air sungai adalah sebesar 2.000 liter/detik atau 7.200.000 liter/jam. Maka aliran sungai ini dapat digunakan untuk kebutuhan utilitas pabrik. Kebutuhan air di pabrik Asam adipat ini dipergunakan untuk keperluan :

1. Air pendingin

Air pendingin digunakan sebagai media pendingin, seperti pendingin pada reaktor, *cooling tower*, dan kondensor dengan pertimbangan :

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

Air yang digunakan sebagai air pendingin tidak boleh mengandung zat-zat sebagai berikut :

- a. Besi, yang dapat menimbulkan korosi
- b. Silika, yang dapat menyebabkan kerak
- c. Oksigen terlarut, yang dapat menyebabkan korosi
- d. Minyak, yang merupakan penyebab terganggunya *film corrotion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient* dan dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan

2. Air sanitasi

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

Syarat fisik :

- a. Suhu di bawah suhu udara luar
- b. Warna jernih, turbidity < 10 ppm
- c. Tidak mempunyai rasa
- d. Tidak berbau

Syarat kimia :

- a. Tidak mengandung zat anorganik
- b. Tidak beracun
- c. Kadar klor bebas sekitar 0,7 ppm

Syarat bakteriologis :

Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pantogen.

3. Air umpan *boiler*

Air ini merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* dan untuk kelangsungan proses. Meskipun terlihat jernih, tetapi pada umumnya air masih mengandung larutan garam dan asam. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut :

- a. Zat yang menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan asam dan gas-gas yang terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S , dan NH_3 .

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

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

- c. Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil dari proses pemanasan biasanya menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi akibat adanya alkalinitas tinggi.

4. Air *hydrant*

Air *hydrant* adalah air yang digunakan untuk mencegah kebakaran. Pada umumnya air jenis ini tidak memerlukan persyaratan khusus.

5. Air proses

Air proses digunakan untuk kebutuhan proses produksi. Syarat air proses yaitu :

- a. Tidak berasa
- b. Berwarna jernih
- c. Tidak berbau
- d. Tidak mengandung zat organik maupun anorganik

4.4.2.2 Unit Pengolahan Air

Pengolahan air bertujuan untuk memenuhi syarat-syarat air untuk dapat digunakan sesuai dengan keperluan. Pengolahan air ini meliputi pengolahan secara fisik dan kimia, serta dengan menambahkan desinfektan. Dalam pengolahan air untuk memenuhi kebutuhan air keseluruhan, maka dibutuhkan beberapa peralatan penunjang, antara lain :

1. Bak pengendapan awal

Mula-mula air baku (*raw water*) dialirkan terlebih dahulu ke dalam bak penampung atau bak pengendapan awal setelah melalui penyaringan dengan alat penyaring. Di dalam bak pengendapan awal akan mengalami proses

pengendapan terhadap partikel-partikel yang terikut masuk bersama air seperti pasir, kerikil, lumpur, dan lain-lain. Waktu tinggal dalam bak ini berkisar antara 4-24 jam (Powell, S.T hal 14).

2. Tangki tawas

Tangki tawas berfungsi untuk membuat dan melarutkan larutan tawas 5% yang akan diumpankan ke dalam flokulator.

3. Tangki kapur

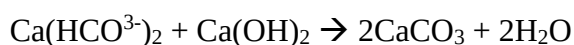
Tangki kapur berfungsi untuk membuat dan melarutkan larutan kapur 5% yang akan diumpankan ke dalam flokulator dan untuk mengurangi atau menghilangkan kesadahan karbonat di dalam air. Kesadahan total diturunkan dari 220 ppm menjadi 0 ppm, dimana untuk menurunkan kesadahan 100 ppm diperlukan 80 ppm Ca(OH)_2 .

4. Tangki flokulator

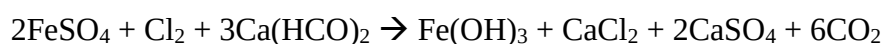
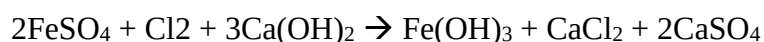
Tangki flokulator berfungsi untuk mencampur air yang berasal dari bak penampung dengan Ca(OH)_2 dan koagulan tawas. Pada tangki flokulator, air diaduk sambil ditambahkan bahan-bahan kimia agar padatan kecil dapat diendapkan dengan mudah. Pada air masih mengandung lempung yang bermuatan negatif dan mengadsorp Al^{3+} sehingga partikel tersebut bersifat netral. Akibatnya lempung yang netral tersebut tidak akan saling tolak menolak tetapi cenderung akan bergabung satu sama lain (gaya van der Waals).

Di dalam tangki flokulator terjadi proses *alkalinity reduction* dan koagulasi flokulasi. *Alkalinity reduction* terjadi dengan menambahkan Ca(OH)_2 . Proses ini merupakan 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. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ digunakan untuk mengubah substansi alkali terlarut menjadi tidak terlarut. Proses terbentuknya alkali tidak terlarut adalah :



Selanjutnya yaitu proses koagulasi flokulasi, dimana koagulasi merupakan proses pentidakstabilan partikel yang ada di dalam air sehingga membentuk gelatin sedangkan flokulasi merupakan proses penggabungan partikel-partikel yang tidak stabil dari hasil proses koagulasi. Koagulan yang ditambahkan yaitu FeSO_4 . Tahap awal proses koagulasi flokulasi adalah pembentukan senyawa koagulan aktif FeSO_4 saat ditambahkan ke dalam air, ion Fe^{2+} dari FeSO_4 teroksidasi menjadi Fe^{3+} dengan bantuan senyawa klorin. Tahap selanjutnya yaitu 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 dengan pH 6,5 – 7,5. Reaksi yang terjadi adalah :



Gelatin akan bersatu dan membentuk flok yang lebih besar serta mengikat senyawa-senyawa yang tidak larut dan foreign matter lainnya yang ada,

termasuk mikroorganisme. Fungsi tawas pada tangki flokulator adalah sebagai penjernih air.

5. *Clarifier*

Pada tangki *clarifier* akan terjadi pengendapan flok-flok yang terbentuk dalam pencampuran di dalam tangki flokulator. *Clarifier* berbentuk tangki terbuka dan berpengaduk yang berfungsi sebagai penjernih air dimana kekeruhan dan koloid yang terlarut mengendap menjadi lumpur dan dibuang dengan *blowdown* sedangkan air yang keluar dari bagian atas dialirkan ke proses pengolahan selanjutnya. Waktu tinggal *clarifier* berkisar 2–8 jam (Powell, ST hal 47).

6. *Sand filter*

Air yang sudah cukup bersih tersebut diumpankan ke dalam *sand filter* yang tersusun atas *screen*, kerikil, pasir, arang, dan ijuk untuk menahan atau menyaring partikel-partikel padat yang lolos atau terbawa bersama air dari *clarifier*.

7. Bak penampung air bersih

Berfungsi untuk menampung sementara air bersih yang berasal dari sand filter untuk keperluan pendingin, perumahan, *hydrant*, dan keperluan lain. Air dalam bak penampung sementara ditambahkan kaporit (CaOCl_2) untuk membunuh kuman.

8. Bak penampung air kantor dan rumah tangga

Berfungsi untuk menampung air kebutuhan rumah tangga dan kantor yang berasal dari bak penampung air bersih.

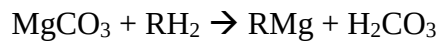
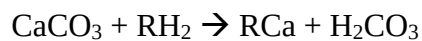
9. Tangki larutan kaporit

Tangki kaporit berfungsi untuk membuat dan melarutkan larutan kaporit 2% yang akan digunakan sebagai desinfektan dan membunuh bakteri.

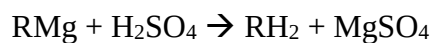
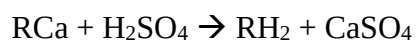
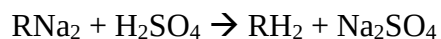
10. *Cation exchanger*

Berfungsi untuk mengikat atau menghilangkan ion-ion positif yang ada di dalam air, seperti calcium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), potasium (K), mangan (Mn), dan *iron* (Fe) dengan menggunakan resin jenis C-300 dengan notasi RH_2 , dimana kation-kation ini dapat menyebabkan kesadahan. Dalam jangka waktu tertentu, kation resin ini akan jenuh sehingga perlu diregenerasi kembali dengan asam sulfat.

Reaksi di *cation exchanger* :



Regenerasi :



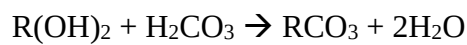
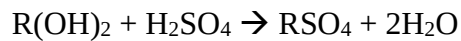
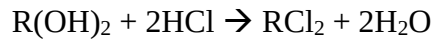
11. *Anion exchanger*

Air yang keluar dari *cation exchanger* kemudian diumpankan ke *anion exchanger* untuk menghilangkan anion-anion mineralnya seperti SO_4^{2-} , Cl^- , SO_3^{2-} , S^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , dan SiO_3^{2-} dengan menggunakan resin jenis C-500 P

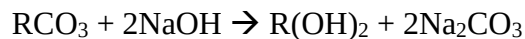
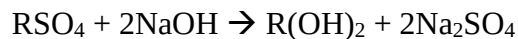
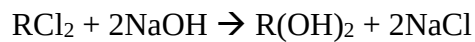
dengan notasi $R(OH)_2$, sedangkan untuk regenerasi menggunakan larutan NaOH.

Reaksi :

Softening :



Regenerasi :



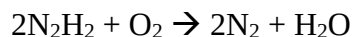
12. Tangki larutan H_2SO_4 , NaOH, dan kondensat

Tangki larutan H_2SO_4 dan NaOH berfungsi untuk menyiapkan dan menyimpan larutan untuk regenerasi *ion exchanger*, sedangkan tangki kondensat berfungsi untuk menampung kondensat uap air dari alat proses dan *make up* umpan boiler.

13. Deaerator

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen dan karbon dioksida. Gas-gas tersebut harus dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Proses deaerasi dilakukan dengan cara air diumpankan ke dalam deaerator, sedangkan dari bagian bawah deaerator di spray uap tekanan rendah, sampai air mencapai suhu sedikit di atas titik

didihnya. Bahan kimia berupa hidrazin ditambahkan untuk mengikat oksigen berdasarkan reaksi :



14. Tangki air umpan *boiler*

Berfungsi untuk menampung air umpan *boiler* sebagai pembuat *steam* di dalam *boiler*. Ke dalam tangki ditambahkan bahan-bahan yang dapat mencegah terjadinya korosi dan kerak pada *boiler*, seperti hidrazin dan natrium dihidrogen sulfat (NaH_2PO_4). Hidrazin berfungsi untuk menghilangkan sisa-sisa gas yang terlarut terutama oksigen sehingga tidak terjadi korosi pada *boiler*, sedangkan NaH_2PO_4 berfungsi untuk mencegah timbulnya kerak di *boiler* dengan kadar 12-17 ppm.

15. *Cooling tower*

Setelah melalui penyaringan *sand filter*, air ditampung di dalam wadah yang disebut *cold basin*, kemudian dipompa menuju proses di pabrik. Setelah menyerap panas, air pendingin didinginkan lagi melalui *cooling tower* dengan menggunakan media pendingin berupa udara dan ditambahkan *make up water* karena air pendingin diasumsikan ada yang hilang selama penggunaannya. Proses yang terjadi yaitu air dengan temperatur sekitar 45 °C dialirkan lewat atas menara pendingin dan dialirkan melalui distributor. Air akan mengalami evaporasi sehingga air akan dicurahkan ke bawah melalui lubang saluran (*swirl*) bersamaan dengan proses pelepasan kalor laten sehingga sebagian air akan ikut menguap ke atmosfer. Jumlah air yang mengalami evaporasi di *cooling tower* akan sama dengan *flow* air *make up* yang masuk sehingga kesetimbangan

perpindahan panas antara udara dengan air akan tetap stabil. Temperatur air yang telah berkontak dengan udara menjadi 30 °C.

4.4.2.3 Kebutuhan Air

a. Air untuk keperluan umum dan sanitasi

Meliputi kebutuhan air untuk perkantoran, laboratorium, karyawan, perumahan, pertamanan, dan kebutuhan umum lainnya.

Tabel 4.20 Kebutuhan air keperluan umum dan sanitasi

Komponen	Karyawan (orang)	Kebutuhan (kg/hari/orang)	Jumlah (kg/hari)	Jumlah (kg/jam)
Perkantoran	200	60	12000	500
Laboratorium	8	150	1200	50
Kantin	100	35	3500	145,83
Mushalla & taman	-	1670	1670	69,58
Poliklinik	6	75	450	18,75
Total			18820	784,17

b. Air untuk pembangkit *steam*

Meliputi kebutuhan *steam* untuk alat-alat proses seperti evaporator, heat exchanger, dan alat pemanas lainnya yang menggunakan *steam*.

Tabel 4.21 Kebutuhan air pembangkit *steam*

Alat	Jumlah (kg/jam)	1,2*Jumlah (kg/jam)
EV	3867,56	4641,072
HE-01	400,94	481,128
HE-02	31,9	38,28
HE-03	204,74	245,68
Total	4505,13	5406,16

Asumsi : kondensat 80% dan *make up water* 20%

Kondensat : 4324,93 kg/jam

Make up water : 1081,23 kg/jam

c. Air pendingin

Meliputi kebutuhan air untuk alat-alat proses seperti jaket pendingin, *cooler*, condensor, dan alat pendingin lainnya yang menggunakan air.

Tabel 4.22 Kebutuhan air pendingin

Alat	Jumlah (kg/jam)
R-01	6069,58
R-02	6069,58
Cooler-01	3241,86
Total	15381,02

Asumsi : sirkulasi 90% dan *make up water* 10%

Sirkulasi : 13842,92 kg/jam

Make up water : 1538,10 kg/jam

d. Air untuk pemadam kebakaran

Disediakan air sebanyak 750 ft³/hari

Total kebutuhan = 905,27 kg/jam

Jumlah air yang harus disediakan oleh unit penyediaan air adalah :

Tabel 4.23 Total kebutuhan air

Komponen	Jumlah (kg/hari)	Jumlah (kg/jam)
Air proses	43910,72	1829,61
Air pendingin	36914,45	1538,10
Air steam	25949,55	1081,23
Air konsumsi & sanitasi	18820,00	784,17
Air pemadam kebakaran	21726,48	905,27
Total	359830,44	14992,94

Gambar 4.7 merupakan diagram utilitas pada pabrik Asam Adipat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun.

BU-01 : Bak Pengendap
BU-02 : Bak Penampung Sementara
BU-03 : Bak Penampung Air Kantor dan RT
BU-04 : Bak Penampung Air Selain Kantor
BU-05 : Bak Air Pendingin

TU-01 : Tangki Tawas
TU-02 : Tangki Kapur
TU-03 : Tangki Kaporit
TU-04 : Tangki H₂SO₄
TU-05 : Tangki NaOH
TU-06 : Tangki Air Proses

TU-07 : Tangki Air Umpan Boiler
TU-08 : Tangki Kondensat
FLO : Flokulator
CL : Clarifier
SF : Sand Filter
KE : Kation Exchanger

TU-07 : Tangki Air Umpan Boiler
TU-08 : Tangki Kondensat
FLO : Flokulator
CL : Clarifier
SF : Sand Filter
KE : Kation Exchanger

Gambar 4.7 Diagram utilitas

4.4.3 Unit Pembangkit Listrik

4.4.3.1 Sumber Listrik

Kebutuhan listrik dipenuhi dari dua sumber yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan *generator diesel*. Generator juga berfungsi sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan. Jenis generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan :

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

Generator AC yang digunakan adalah jenis 3 phase yang memiliki keuntungan :

1. Daya kerja lebih besar
2. Kawat penghantar lebih sedikit
3. Motor yang digunakan relatif murah dan sederhana

Kebutuhan listrik untuk pabrik adalah :

- Instrumentasi (10% alat) = 8,94 kW
- Penerangan dan AC = 150 kW
- Rumah tangga = 200 kW
- Bengkel dan laboratorium = 100 kW
- Alat proses dan utilitas = 89,38 kW
- TOTAL = 548,32 kW

Digunakan : Angka keamanan 20% = 657,98 kW

Faktor daya 80% = 822,48 kW

Kebutuhan daya listrik dipenuhi oleh listrik PLN dan sebagai cadangan digunakan generator diesel.

4.4.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini menyediakan bahan bakar yang digunakan untuk *boiler* dan *generator*. Bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran di *boiler* adalah *fuel oil* sebanyak 99,95 kg/jam, sedangkan bahan bakar untuk generator adalah *solar industrial diesel oil* (IDO) sebanyak 856,51 kg/jam. Total kebutuhan bahan bakar adalah 956,46 kg/jam dan *over design* 20% maka kebutuhan total bahan bakar adalah 1147,75 kg/jam.

4.4.5 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik asam adipat berupa limbah cair yaitu sikloheksena dan air serta limbah gas yaitu oksigen. Sebelum dibuang ke lingkungan, limbah-limbah tersebut diolah terlebih dahulu hingga memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dimaksudkan agar limbah tersebut tidak mencemari lingkungan.

3. Limbah cair

a. Limbah proses

Limbah proses ini merupakan keluaran dari hasil atas condensor berupa sikloheksena dan air. Limbah tersebut harus diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah ini meliputi *physical treatment* (pengendapan,

penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH), dan *biological treatment*.

b. Limbah utilitas

- Air sisa regenerasi resin mengandung asam yang berasal dari proses regenerasi resin *cation exchanger* dan basa yang berasal dari proses regenerasi resin *anion exchanger*. Penangan limbah ini adalah dengan proses netralisasi hingga mencapai pH 6,5-7 dan mengandung O₂ minimal 3 ppm.
- Air buangan sanitasi merupakan pembuangan air yang sudah terpakai untuk keperluan kantor dan pabrik seperti pencucian, air masak dan lain-lain. Penanganan limbah ini tidak memerlukan penanganan khusus karena seperti limbah rumah tangga lainnya, air buangan ini tidak mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya. Yang perlu diperhatikan disini adalah volume buangan yang diijinkan dan kemana pembuangan air limbah ini.
- Air limbah dari laboratorium diolah melalui beberapa proses terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah ini meliputi *physical treatment* (pengendapan, penyaringan), *chemical treatment* (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH), dan *biological treatment*.
- Limbah air berminyak (pelumas) dipisahkan terlebih dahulu dengan menggunakan dekanter. Setelah terpisah antara minyak dan air, minyak dikirim ke tungku pembakaran, sedangkan air dikirim ke penampung akhir untuk dibuang.

4.4.6 Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini berfungsi untuk menyediakan udara instrumen sebagai penggerak alat-alat instrumen. Udara tekan yang dibutuhkan yaitu $28,0368 \text{ m}^3/\text{jam}$. Kebutuhan udara diperoleh dari kompresor dan sebagai pengering digunakan silica gel untuk menyerap kandungan air dalam udara.

4.4.7 Unit Pengadaan Udara Panas

Unit ini berfungsi untuk menyediakan udara panas sebagai media pengering pada rotary dryer. Udara panas yang dibutuhkan yaitu $3391,0956 \text{ kg/jam}$.

4.4.8 Spesifikasi Alat-alat Utilitas

1. Bak Sedimentasi (BU-01)

Fungsi : Menampung air yang berasal dari sungai sekaligus mengendapkan kotoran secara gravitasi

Bentuk : Empat persegi panjang

Volume : $43,20 \text{ m}^3$

Debit air : $6,00 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu tinggal : 6 jam

Dimensi alat

- Lebar : 2,48 m
- Panjang : 4,97 m
- Tinggi : 3,5 m

- Luas dinding : 76,86 m²
- Bahan : Beton bertulang

2. Tangki tawas (TU-01)

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

Jenis : Tangki silinder vertikal

Waktu tinggal : 7 hari

Debit : 6,00 m³/jam

Dimensi alat

- Kapasitas : 1715,23 kg
- Volume : 1,62 m³
- Diameter : 1,18 m
- Tinggi : 1,77 m

Pengaduk

- Jenis : *Flate blade turbine*
- Diameter : 0,39 m
- Tinggi : 0,51 m
- Tinggi cairan : 1,54 m
- Lebar : 0,10 m
- Putaran : 320 rpm
- Daya : 20 Hp

Harga : \$ 2.500

3. Tangki kapur (TU-02)

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

Jenis : Tangki silinder vertical

Waktu tinggal : 7 hari

Debit : 6,00 m³/jam

Dimensi alat

- Kapasitas : 3629,99 kg
- Volume : 4,02 m³
- Diameter : 1,51 m
- Tinggi : 2,26 m

Pengaduk

- Jenis : *Flate blade turbine*
- Diameter : 0,50 m
- Tinggi : 0,65 m
- Tinggi cairan : 1,96 m
- Lebar : 0,13 m
- Putaran : 190 rpm
- Daya : 15 Hp

Harga : \$ 3.700

4. Tangki flokulator (FLO)

Fungsi : Mencampur air yang berasal dari bak penampung dengan $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ dan koagulan tawas agar terjadi flokulasi dan koagulasi

Bentuk : Tangki silinder tegak berpengaduk

Bahan : Carbon steel

Waktu tinggal : 1 jam

Debit air : $6,00 \text{ m}^3/\text{jam}$

Volume : $7,20 \text{ m}^3$

Waktu tinggal : 1 jam

Dimensi alat

- Diameter : 1,83 m
- Tinggi : 2,74 m

Pengaduk

- Jenis : *Flate blade turbine*
- Diameter : 0,61 m
- Tinggi : 0,79 m
- Tinggi cairan : 2,38 m
- Lebar : 0,15 m
- Putaran : 155 rpm
- Daya : 20 Hp

Harga : \$ 5.000

5. Clarifier (CL)

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang bersifat koloid yang berasal dari flokulator

Bentuk : Tangki silinder dengan *cone bottom*

Volume : 43,20 m³

Waktu tinggal : 6 jam

Dimensi alat

- Diameter : 4,79 m
- Lebar : 2,40 m
- Tinggi : 1,20 m

Harga : \$ 13.000

6. *Sand filter* atau saringan pasir (SF)

Fungsi : Menyaring partikel – partikel halus (kotoran yang masih tersisa atau belum mengendap) dalam clarifier

Bentuk : Bak empat persegi panjang

Jenis : *Gravity sand filter*

Debit aliran : 26,42 gpm

Luas permukaan : 8,81 ft²

Kecepatan : 3 gpm/ft²

Volume : 2,32 m³

Dimensi alat

- Panjang : 1,28 m

- Lebar : 0,64 m
- Tinggi : 2,83 m
- Luas dinding : 5635,22 m²
- Bahan : Beton bertulang

7. Bak penampung sementara (BU-02)

Fungsi : Menampung air bersih yang berasal dari *sand filter*

Bentuk : Empat persegi panjang

Waktu tinggal : 10 jam

Debit : 6,00 m³/jam

Volume : 72,00 m³

Dimensi alat

- Lebar : 3,08 m
- Panjang : 6,16 m
- Tinggi : 3,8 m
- Luas dinding : 108,08 m²
- Bahan : Beton bertulang

8. Bak penampung air kantor dan rumah tangga (BU-03)

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan kantor dan rumah tangga

Bentuk : Empat persegi panjang

Waktu tinggal : 12 jam

Debit : 0,77 m³/jam

Volume : 11,04 m³

Dimensi alat

- Lebar : 1,66 m
- Panjang : 3,32 m
- Tinggi : 2 m
- Luas dinding : 30,97 m²
- Bahan : Beton bertulang

9. Tangki kaporit (TU-03)

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

Jenis : Tangki silinder vertikal

Waktu tinggal : 7 hari

Dimensi alat

- Kapasitas : 5,27 kg
- Volume : 0,0058 m³
- Diameter : 0,17 m
- Tinggi : 0,26

Harga : \$ 100

10. Bak penampung air selain kantor dan rumah tangga (BU-04)

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

Bentuk : Empat persegi panjang

Waktu tinggal : 10 jam

Debit : 4,35 m³/jam

Volume : 52,19 m³

Dimensi alat

- Lebar : 2,73 m
- Panjang : 5,46 m
- Tinggi : 3,5 m
- Luas dinding : 87,16 m²
- Bahan : Beton bertulang

11. Kation exchanger (KE)

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

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

Debit : 4448,95 kg/jam

Luas penampang : 1,96 ft²

Dimensi alat

- Diameter : 0,48 m
- Tinggi : 0,95 m

- Volume : 0,17 m³

Harga : \$ 2.000

12. Anion exchanger (AE)

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

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

Luas penampang : 1,96 ft²

Dimensi alat

- Diameter : 0,48 m
- Tinggi : 0,95 m
- Volume : 0,17 m³

Harga : \$ 2.200

13. Tangki H₂SO₄, NaOH, dan kondensat

Tangki H₂SO₄ (TU-04)

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan H₂SO₄ untuk regenerasi ion exchanger
- Waktu : 1 tahun
- Volume : 2,59 m³
- Diameter : 1,18 m
- Tinggi : 2,36 m
- Harga : \$ 2.900

Tangki NaOH (TU-05)

- Fungsi : Menyiapkan dan menyimpan larutan NaOH untuk regenerasi ion exchanger
- Waktu : 1 tahun
- Volume : 0,25 m³
- Diameter : 0,54 m
- Tinggi : 1,08 m
- Harga : \$ 800

Tangki kondensat (TU-08)

- Fungsi : Menampung kondensat uap air dari alat proses dan make up umpan boiler
- Waktu : 1 jam
- Volume : 1,20 m³
- Diameter : 1,22 m
- Tinggi : 1,22 m
- Harga : \$ 2.100

14. Deaerator (DE)

Fungsi : Menghilangkan udara (O₂ dan CO₂) dari air umpan boiler, alat proses, dan pendingin

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

Waktu tinggal : 1 jam

Volume : 5,22 m³

Dimensi alat

- Diameter : 1,49 m
- Panjang : 3,40 m

Harga : \$ 4.100

15. Tangki penyimpan air proses (TU-06)

Fungsi : Menampung air proses dengan waktu tinggal 12 jam

Tipe : Tangki silinder vertikal

Volume : 25,75 m³

Dimensi alat

- Diameter : 2,54 m
- Tinggi : 5,08 m

Harga : \$ 10.000

16. Tangki air umpan boiler (TU-07)

Fungsi : Menampung air umpan boiler sebagai air pembuat steam di dalam boiler

Waktu tinggal : 12 jam

Volume : 15,22 m³

Dimensi alat

- Diameter : 2,13 m
- Tinggi : 4,26 m

Harga : \$ 7.800

17. Boiler (B)

Fungsi : Menyiapkan uap untuk keperluan proses

Jenis : Ketel pipa api

Bahan : Carbon steel

Kapasitas : 1297,48 kg/jam

Panjang : 12 ft

Diameter : 1 in

Harga : \$ 238.800

18. Bak air pendingin (BU-05)

Fungsi : Menampung air untuk keperluan pendingin

Bentuk : Empat persegi panjang

Waktu tinggal : 12 jam

Volume : 21,65 m³

Dimensi alat

- Tinggi : 3 m
- Lebar : 1,65 m
- Panjang : 3,29 m

Luas dinding : 435,26 ft²

Bahan : Beton bertulang

19. Cooling tower (CT)

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin agar dapat digunakan kembali

Media pendingin : Udara

Jenis : Inducted draft cooling tower

Jumlah air : 1538,10 kg/jam

Spesifikasi udara yang digunakan

- Rh : 70%
- T air in : 40 °C
- T air out : 30 °C
- T udara in : 30 °C
- T udara out : 26,67 °C
- Kelembaban : 0,019 lb air/lb udara kering

Proses pendinginan dibagi menjadi 4 cell cooling tower, maka diameter tiap cell:

- Diameter : 0,91 m
- Tinggi : 1,36 m
- Make up water : 29,46 kg/jam
- Daya : 0,33 Hp

Harga : \$ 6.300

20. Blower (BL-01)

Fungsi : Menghembuskan *steam* dari boiler menuju zona pemanasan

Tipe : *Centrifugal blower*

Bahan : *Carbon steel*
 Kapasitas : 1081,23 kg/jam
 Volume : 1,22 ft³/menit
 Tekanan : 3427,62 Psia
 Daya blower : 2 Hp
 Daya shaft : 3 Hp
 Harga : \$ 300

21. Pompa-01 (PU-01)

Fungsi : Mengalirkan air sungai menuju bak pengendap awal (BU-01)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 32,16 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP
- Laju alir massa: 6138,38 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 2,04 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in

- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,33 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

22. Pompa-02 (PU-02)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak penampung sementara menuju bak flokulator

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 32,16 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 6138,38 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 2,04 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

23. Pompa-03 (PU-03)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak flokulator menuju clarifier

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 32,16 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 6138,38 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 2,04 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,13 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

24. Pompa-04 (PU-04)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran clarifier menuju *sand filter*

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 27,42 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 5233,11 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,90 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

25. Pompa-05 (PU-05)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran sand filter menuju bak penampung sementara (BU-02)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 27,42 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 5233,11 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,90 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

26. Pompa-06 (PU-06)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak penampung sementara (BU-02) menuju bak penampung air kantor dan rumah tangga (BU-03)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 4,11 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C

- Densitas : 1008 kg/m³

- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 784,17 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 0,81 in

- D in : 1,05 in

- D out : 1,32 in

- *Flow area* : 0,864 in²

- Daya : 0,08 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 600

27. Pompa-07 (PU-07)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak penampung sementara (BU-02) menuju bak penampung air selain kantor (BU-04)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 23,31 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C

- Densitas : 1008 kg/m³

- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 4448,95 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,77 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

28. Pompa-08 (PU-08)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak penampung air selain kantor
(BU-03) menuju kation exchanger (KE)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 23,31 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 4448,95 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,77 in
- D in : 2,07 in

- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,08 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

29. Pompa-09 (PU-09)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran kation exchanger (KE) menuju anion exchanger (AE)

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 23,31 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 4448,95 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,77 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,08 Hp

Jumlah : 2 buah
 Harga : \$ 1.400

30. Pompa-10 (PU-10)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran anion exchanger (AE) menuju deaerator

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 23,31 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 4448,95 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,77 in
- D in : 2,07 in
- D out : 2,38 in
- *Flow area* : 3,35 in²
- Daya : 0,25 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 1.400

31. Pompa-11 (PU-11)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran deaerator menuju tangki alat proses

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 9,59 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1829,61 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,18 in
- D in : 1,38 in
- D out : 1,66 in
- *Flow area* : 1,50 in²
- Daya : 0,33 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 800

32. Pompa-12 (PU-12)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran deaerator menuju tangki umpan boiler

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 5,67 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1081,23 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 0,93 in
- D in : 1,05 in
- D out : 1,32 in
- *Flow area* : 0,86 in²
- Daya : 0,17 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 600

33. Pompa-13 (PU-13)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran deaerator menuju bak air pendingin

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 8,06 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1538,10 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,09 in
- D in : 1,38 in
- D out : 1,66 in
- *Flow area* : 1,50 in²
- Daya : 0,17 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 800

34. Pompa-14 (PU-14)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran tangki air umpan boiler menuju boiler

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 5,67 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³

- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1081,23 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 0,93 in
- D in : 1,05 in
- D out : 1,32 in
- *Flow area* : 0,864 in²
- Daya : 0,17 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 600

35. Pompa-15 (PU-15)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran boiler menuju tangki kondensat

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 5,67 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1081,23 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 0,93 in

- D in : 1,05 in
- D out : 1,32 in
- *Flow area* : 0,864 in²
- Daya : 0,08 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 600

36. Pompa-16 (PU-16)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran tangki kondensat menuju tangki air umpan boiler

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 5,67 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1081,23 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 0,93 in
- D in : 1,05 in
- D out : 1,32 in
- *Flow area* : 0,864 in²

- Daya : 0,17 Hp
- Jumlah : 2 buah
- Harga : \$ 600

37. Pompa-17 (PU-17)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran bak air pendingin menuju zona pendinginan

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 8,06 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1538,10 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,09 in
- D in : 1,38 in
- D out : 1,66 in
- *Flow area* : 1,50 in²
- Daya : 0,17 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 800

38. Pompa-18 (PU-18)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran zona pendinginan menuju *cooling tower*

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 8,06 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1538,10 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,09 in
- D in : 1,38 in
- D out : 1,66 in
- *Flow area* : 1,50 in²
- Daya : 0,08 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 800

39. Pompa-19 (PU-19)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran *cooling tower* menuju bak air pendingin

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 8,06 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1538,10 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,09 in
- D in : 1,38 in
- D out : 1,66 in
- *Flow area* : 1,50 in²
- Daya : 0,17 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 800

40. Pompa-20 (PU-20)

Fungsi : Mengalirkan air keluaran tangki air proses menuju zona proses

Jenis : *Centrifugal pump*

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Kapasitas : 9,59 gal/menit

Kondisi operasi

- Temperatur : 30 °C
- Densitas : 1008 kg/m³
- Viskositas : 0,82 cP

Laju alir massa : 1829,61 kg/jam

Dimensi alat

- D opt : 1,18 in
- D in : 1,38 in
- D out : 1,66 in
- *Flow area* : 1,50 in²
- Daya : 0,13 Hp

Jumlah : 2 buah

Harga : \$ 800

4.5 Organisasi Perusahaan

4.5.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Bentuk perusahaan dapat dibedakan menjadi empat bagian jika ditinjau dari badan hukum, yaitu :

1. Perusahaan perseorangan, yaitu modal hanya dimiliki oleh satu orang yang bertanggung jawab penuh terhadap keberhasilan perusahaan.
2. Persekutuan firma, yaitu modal dapat dikumpulkan dari dua orang bahkan lebih, dimana tanggungjawab perusahaan didasari dengan perjanjian yang pendiriannya berdasarkan dengan akte notaris.

3. Persekutuan komanditer (*commanditaire vennootshaps*) yang biasanya disingkat dengan CV, yaitu terdiri dari dua orang atau lebih yang masing-masing memiliki peran sebagai sekutu aktif (orang yang menjalankan perusahaan) dan sekutu pasif (orang yang hanya memasukkan modalnya dan bertanggungjawab sebatas dengan modal yang dimasukkan saja).
4. Perseroan Terbatas (PT), yaitu modal diperoleh dari penjualan saham untuk mendirikan perusahaan, dimana pemegang saham bertanggungjawab sebesar modal yang dimiliki.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka Pabrik Asam Adipat yang direncanakan didirikan pada tahun 2023 akan didirikan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT). Perseroan terbatas merupakan perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham, dimana tiap sekutu turut ambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Pemegang saham pada Perseroan Terbatas hanya bertanggungjawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam setiap saham. Dengan berbentuk Perseroan Terbatas, kekuasaan tertinggi berada di tangan rapat umum pemegang saham (RUPS) yang memiliki hak untuk menunjuk dewan direksi sebagai penanggung jawab kegiatan perusahaan sehari-hari.

Pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) didasarkan atas beberapa faktor, yaitu :

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggungjawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.

3. Pemilik dan pengurus perusahaan terpisah satu sama lain. Pemilik perusahaan adalah para pemegang saham sedangkan pengurus perusahaan adalah direksi staf yang diawasi oleh dewan komisaris.
4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin karena tidak terpengaruh dengan berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
5. Efisiensi dari manajemen. Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup berpengalaman.
6. Lapangan usaha lebih luas. Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
7. PT merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan sendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
8. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
9. Mudah bergerak di pasar global.

Adapun ciri-ciri dari Perseroan Terbatas (PT) adalah:

1. Perusahaan didirikan dengan akta notaris berdasarkan kitab undang-undang hukum dagang.
2. Pemilik perusahaan adalah pemilik pemegang saham.
3. Biasanya modal ditentukan dalam akta pendirian dan terdiri dari saham-saham.
4. Perusahaan dipimpin oleh direksi yang dipilih oleh para pemegang saham.
5. Pembinaan personalia sepenuhnya diserahkan kepada direksi dengan memperhatikan undang-undang pemburuhan.

4.5.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi perusahaan dimaksudkan agar segala aktivitas di dalam perusahaan dapat berjalan secara efektif dan efisien. Dengan adanya struktur yang baik, maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang, dan tanggungjawab dari masing-masing individu dalam perusahaan agar tercapainya keselamatan kerja antar karyawan. Terdapat beberapa macam struktur organisasi antara lain :

1. Struktur organisasi *line*

Di dalam struktur organisasi, biasanya terdapat minimal tiga fungsi dasar, yaitu produksi, pemasaran, dan keuangan. Fungsi ini tersusun dalam suatu organisasi dimana rantai perintahnya jelas dan mengalir ke bawah melalui tingkatan-tingkatan manajerial. Setiap individu dalam departemennya masing-masing melaksanakan kegiatan utama perusahaan. Setiap orang mempunyai hubungan pelaporan hanya ke satu atasan, sehingga ada kesatuan perintah.

2. Struktur organisasi fungsional

Staf fungsional memiliki hubungan terkuat dengan saluran *line*. Jika dilimpahkan wewenang fungsional oleh manajemen puncak, maka seorang staf fungsional mempunyai hak untuk memerintah saluran *line* sesuai kegiatan fungsional.

3. Struktur organisasi *line and staff*

Staf merupakan individu maupun kelompok dalam struktur organisasi yang fungsi utamanya adalah memberikan saran dan pelayanan kepada fungsi *line*.

Pada umumnya, staf tidak terlibat secara langsung dalam kegiatan utama organisasi. Staf berperan untuk memberikan saran dan pelayanan departemen *line* dan membantu agar tercapainya tujuan organisasi yang lebih efektif.

Dengan mempertimbangkan beberapa struktur organisasi di atas, maka dipilih bentuk struktur organisasi yang baik yaitu sistem *line and staff* karena pada sistem ini, garis kekuasaannya sederhana dan praktis. Begitupun dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggungjawab pada seorang atasan saja. Untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli, dimana staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan saran pada tingkat pengawasan demi tercapainya tujuan utama perusahaan.

Terdapat dua kelompok yang berpengaruh dalam menjalankan organisasi *line and staff*, yaitu :

1. Orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Staf, yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya yang bertugas untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

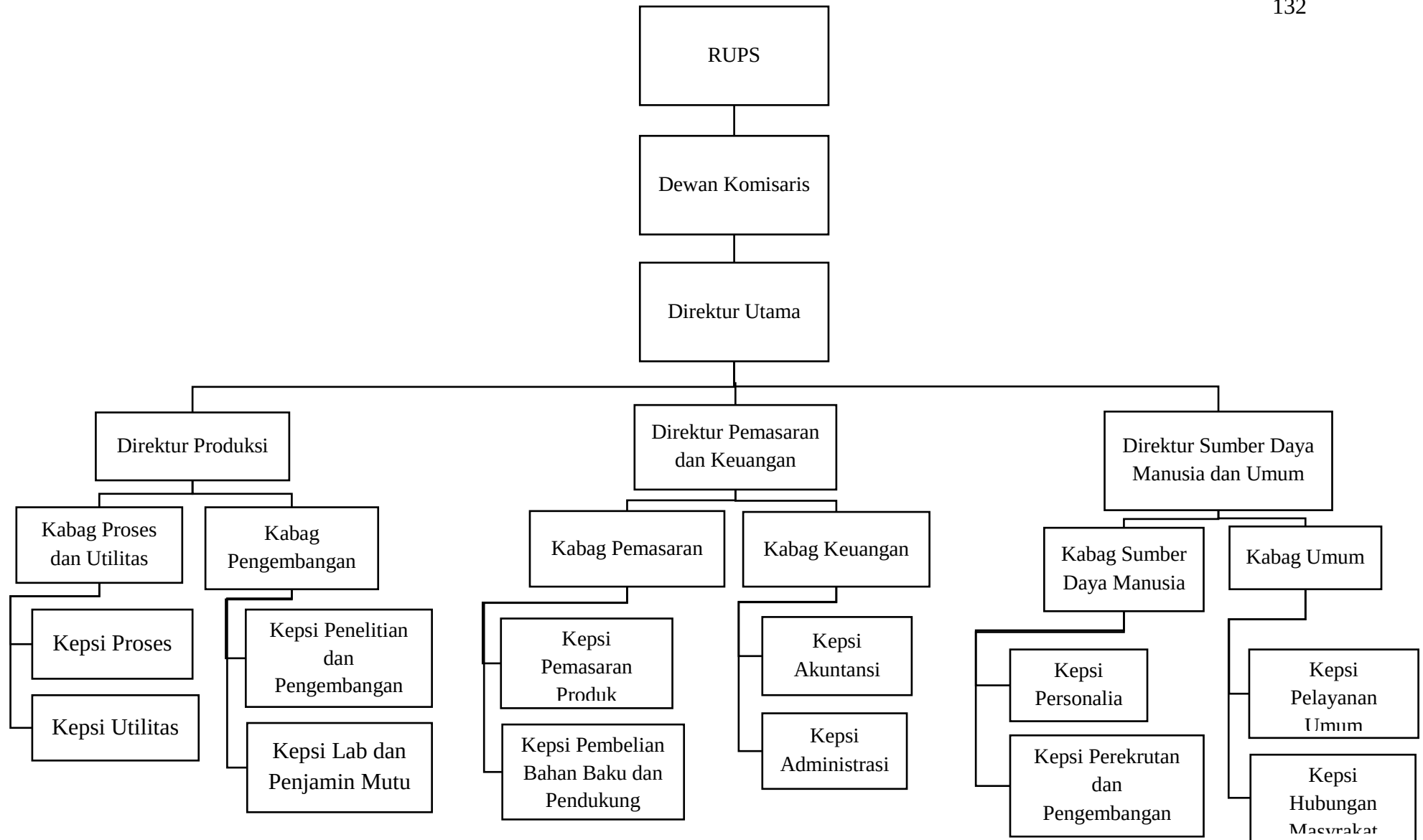
Pemegang saham yang berperan sebagai pemilik perusahaan, dalam kesehariannya diwakili oleh dewan komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh direktur utama yang dibantu oleh direktur teknik dan produksi serta direktur administrasi, keuangan, dan umum. Direktur teknik dan produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas, dan pemeliharaan.

Direktur administrasi, keuangan, dan umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggungjawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggungjawab. Setiap 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 yang dipimpin oleh masing-masing ketua kelompok, dimana setiap ketua kelompok akan bertanggungjawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Manfaat adanya struktur organisasi diantaranya yaitu :

1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggungjawab, dan wewenang
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
3. Penempatan pegawai lebih cepat
4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang efektif.

Gambar 4.8 menunjukkan struktur organisasi Pabrik Asam Adipat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun.



Gambar 4.8 Struktur organisasi

4.5.3 Tugas dan Wewenang

Struktur organisasi Perseroan Terbatas (PT) terdiri dari pemegang saham, direksi, dan komisaris. Dalam PT, para pemegang saham melalui komisarisnya melimpahkan wewenang kepada direksi untuk menjalankan dan mengembangkan perusahaan sesuai dengan tujuan dan bidang usaha perusahaan.

4.5.3.1 Pemegang Saham

Otoritas tertinggi dalam struktur organisasi PT adalah Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) yang diadakan minimal satu kali dalam setahun, tetapi jika dianggap mendesak RUPS dapat diadakan sesuai kesepakatan forum. RUPS dihadiri oleh para pemegang saham, badan pengelola, dan direktur. Pemegang saham adalah beberapa orang yang mengumpulkan modal untuk kepentingan pendirian dan berjalannya operasi perusahaan. Hak dan kuasa dari RUPS adalah :

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

4.5.3.2 Dewan Komisaris

Dewan komisaris dipilih pada saat RUPS untuk mewakili pemegang saham dalam mengontrol keseluruhan pabrik. Dewan komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-

hari dari pemilik saham, sehingga dewan komisaris bertanggungjawab terhadap pemilik saham. Adapun tugas-tugas dewan komisaris yaitu :

1. Menentukan *outline* dari kebijakan perusahaan
2. Melakukan *meeting* tahunan dengan pemegang saham (RUPS)
3. Menanyakan laporan akuntabilitas direktur setiap periode
4. Melakukan pengawasan dan supervisi terhadap setiap kegiatan dan tanggung jawab direktur

4.5.3.3 Direktur Utama

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggungjawab sepenuhnya terhadap keberhasilan perusahaan. Direktur utama bertanggungjawab kepada dewan komisaris atas segala tindakan dan kebijakan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Tugas dari direktur utama antara lain :

1. Memimpin dan mengembangkan perusahaan secara efisien dan efektif
2. Mengatur dan melaksanakan kebijakan publik di bawah pengarahan RUPS
3. Mengatur kolaborasi berdasarkan kepentingan dari perusahaan
4. Mewakili perusahaan dalam pertemuan dan hubungan kontrak dengan pihak ketiga
5. Merencanakan dan mengawasi implementasi dari tanggungjawab setiap orang dalam perusahaan

Pendidikan : Sarjana teknik kimia / ekonomi (S-2, minimal S-1 dan berpengalaman 4 tahun dibidangnya)

Dalam menjalankan tugasnya, direktur utama dibantu oleh :

- Direktur teknik dan produksi

Tugas : Memimpin pelaksanaan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi dan operasi, teknik, pengembangan, pemeliharaan peralatan, pengadaan, dan laboratorium.

Pendidikan : Sarjana teknik kimia (S-2, minimal S-1 dan berpengalaman 4 tahun dibidangnya)

Direktur produksi dibantu oleh :

- Kepala bagian proses dan utilitas

Tugas : Bertanggung jawab terhadap kelangsungan proses produksi, penyediaan utilitas dan operasi pabrik secara keseluruhan.

Pendidikan : Sarjana teknik kimia

Kepala bagian proses dan utilitas membawahi dua kepala seksi, yaitu :

1. Kepala seksi proses

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang proses dan pembuatan produk

Pendidikan : Sarjana teknik kimia

Karyawan : a) *Engineer* (S-1 teknik kimia)

b) Operator (STM/SMK/SMA/D-3 teknik kimia)

2. Kepala seksi utilitas

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pabrik dalam bidang utilitas baik dalam hal penyediaan air, *steam*, bahan bakar, dan udara tekan baik untuk proses maupun instrumentasi.

Pendidikan : Sarjana teknik kimia dan teknik mesin

Karyawan : a) *Engineer* (S-1 teknik kimia/teknik mesin)
b) Operator (SMA/SMK/STM/D-3 teknik kimia)

- Kepala bagian pengembangan

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan yang berhubungan dengan pembangunan perusahaan dan pengawasan mutu.

Pendidikan : Sarjana teknik kimia

Kepala bagian pengembangan membawahi dua kepala seksi yaitu :

1. Kepala seksi laboratorium dan penjamin mutu

Tugas : Menyelenggarakan pemantauan hasil (mutu) dan identifikasi limbah.

Pendidikan : Sarjana teknik kimia

Karyawan : a) Staff (S-1 teknik kimia)
b) Staff (D-3 teknik kimia)
c) Analis (STM kimia)

2. Kepala seksi penelitian dan pengembangan

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan peningkatan produksi dan efisiensi proses secara keseluruhan.

Pendidikan : Sarjana teknik kimia

Karyawan : a) Staff (S-1 teknik kimia/ teknik mesin)

b) Staff (D-3 teknik kimia/teknik mesin)

- Direktur pemasaran dan keuangan

Tugas : Bertanggung jawab dalam hal keuangan, mulai dari pendataan, pengaturan, pengawasan dan pengecekan. Selain mengurus masalah keuangan, direktur ini juga bertanggung jawab atas bidang pemasaran dan perencanaan keuangan.

Pendidikan : Sarjana ekonomi (S-2, minimal S-1 dan berpengalaman minimal 3 tahun dibidangnya)

Direktur ini dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu :

- Kepala bagian pemasaran

Tugas : Mengkoordinasikan kegiatan pemasaran produk dan pengadaan bahan baku pabrik.

Pendidikan : Sarjana ekonomi

Kepala bagian pemasaran membawahi dua kepala seksi, yaitu :

1. Kepala seksi pemasaran produk

Tugas : Bertanggung jawab dalam hal pemasaran produk.

Pendidikan : Sarjana ekonomi

Karyawan : a) Staff (S-1 ekonomi)

b) Staff (D-3 ekonomi)

c) Staff (SMA/SMK)

2. Kepala seksi pembelian bahan baku dan pendukung

Tugas : Bertanggung jawab dalam hal pengadaan bahan baku dan bahan pendukung.

Pendidikan : Sarjana ekonomi

Karyawan : a) Staff (S-1 ekonomi)

b) Staff (D-3 ekonomi)

c) Staff (SMA/SMK)

- Kepala bagian keuangan, yang bertugas untuk bertanggung jawab kepada direktur pemasaran dan keuangan dalam bidang keuangan perusahaan. Kepala bagian ini membawahi dua kepala seksi, yaitu :

1. Kepala seksi administrasi

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

Pendidikan : Sarjana hukum/ekonomi

Karyawan : a) Staff (D-3 manajemen perusahaan)

b) Staff (SMK akuntansi)

2. Kepala seksi akuntansi

Tugas : Mencatat utang piutang perusahaan, mengatur administrasi kantor dan pembukuan, mengaudit masalah perpajakan.

Pendidikan : Sarjana hukum/ekonomi

Karyawan : a) 2 orang staff (D-3 manajemen perusahaan)
 b) 2 orang staff (SMK administrasi)

16. Direktur sumber daya manusia dan umum

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur utama dalam bidang personalia, relasi perusahaan, dan pelayanan umum, serta mengkoordinir, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

Pendidikan : Sarjana psikologi/ekonomi (S-2, minimal S-1 atau 4 tahun berpengalaman)

Direktur SDM dan umum dibantu oleh dua kepala bagian, yaitu :

- Kepala bagian sumber daya manusia

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur SDM dan umum dalam bidang personalia dan pendidikan.

Pendidikan : Sarjana psikologi

Kepala bagian SDM membawahi dua kepala seksi, yaitu :

1. Kepala seksi perekrutan dan pengembangan

Tugas : Bertanggung jawab melaksanakan perekrutan karyawan baru serta pengembangan SDM.

Pendidikan : Sarjana psikologi

Karyawan : a) Manajer (Sarjana psikologi)
 b) Asisten (Sarjana psikologi)
 c) Administrator (SMA/SMK)

2. Kepala seksi personalia

Tugas : Bertanggung jawab atas kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian.

Pendidikan : Sarjana hukum, teknik industri/psikologi

Karyawan : a) Staff (D-3 komunikasi)
b) Staff (SMK administrasi)

- Kepala bagian umum

Tugas : Bertanggung jawab kepada direktur SDM dan umum dalam hubungan masyarakat dan pelayanan umum.

Pendidikan : Sarjana ilmu komunikasi

Kepala bagian umum membawahi dua kepala seksi, yaitu :

1. Kepala seksi hubungan masyarakat

Tugas : Mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan, serta menjalani relasi atau kerja sama dengan instansi lain.

Pendidikan : Sarjana ilmu komunikasi

Karyawan : a) Manajer tim (Sarjana ilmu komunikasi)
b) Asisten (Sarjana ilmu komunikasi)
c) Staff (SMA/SMK)

2. Kepala seksi pelayanan umum

Tugas : Menjaga keamanan dan kebersihan pabrik, serta memberikan pelayanan umum kepada pegawai.

4.5.3.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibedakan berdasarkan status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu :

1. Karyawan tetap, yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan sesuai dengan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.
2. Karyawan harian, yaitu karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa surat keputusan direksi dan mendapat upah harian yang dibayar setiap akhir pekan.
3. Karyawan borongan, yaitu karyawan yang digunakan oleh perusahaan bila diperlukan saja. Karyawan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

4.5.4 Perincian 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.

Tabel 4.24 Rincian 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	2	0,5	1
3	Separator	1	0,05	0,05
4	Evaporator	1	0,25	0,25
5	Centrifuge	1	0,25	0,25
6	Crystallizer	1	0,15	0,15
7	Rotary dryer	1	0,5	0,5
8	Heater	3	0,1	0,2
9	Cooler	1	0,1	0,1
10	Tangki		0	0
11	Pompa		0	0
12	Bin hopper	1	0	0
13	Screener	1	0,05	0,05
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
9	Pompa			0
TOTAL				10,15

Kebutuhan operator : 10,15 operator / shift = 11 operator / shift

Jumlah shift : 4 shift

Jumlah operator : 44 operator

4.5.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari dalam satu tahun dan 24 jam perhari. Sisa hari yang bukan libur digunakan untuk perbaikan atau perawatan dan *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan ke dalam dua golongan, yaitu :

a. Karyawan tanpa shift

Merupakan karyawan yang tidak berhubungan langsung dengan proses produksi, seperti direktur, administrasi, bagian gudang, dan lain-lain. Jadwal kerja karyawan tanpa shift adalah :

Jam kerja : Senin – Jumat pukul 08:00 – 16:00

Jam istirahat : Senin – Kamis pukul 12:00 – 13:00

Jumat pukul 11:00 – 13:00

b. Karyawan shift

Karyawan shift merupakan karyawan yang langsung menangani proses produksi atau mengatur bagian-bagian tertentu dari pabrik yang mempunyai hubungan dengan masalah keamanan dan kelancaran produksi, sebagian dari bagian teknik, bagian gudang, dan bagian-bagian yang lainnya serta harus siaga untuk keselamatan dan keamanan pabrik. Dalam satu hari atau 24 jam, dibagi

menjadi 3 shift kerja, dengan masing-masing shift sebanyak 8 jam kerja, yang dapat dilihat sebagai berikut :

- Shift I (pagi) 07:00 - 15:00
- Shift II (sore) 15:00 - 23:00
- Shift III (malam) 23:00 - 07:00

Untuk jadwal kerja shift ini, terdapat 4 kelompok shift, dengan aturan setelah 3 kali shift, akan mendapat libur 3 hari. Setiap kelompok kerja mendapat shift yang berbeda setiap 3 harinya. Jadwal pembagian kerja (siklus) shift selama 30 hari tersaji dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4.25 Jadwal *Shift* Kerja Karyawan

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

Tabel 4.25 Lanjutan

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

c. Karyawan kontrak

Karyawan Kontrak jika diperlukan, perusahaan dapat meningkatkan jumlah karyawan untuk suatu periode kerja tertentu dengan sistem kontrak dan tetap berdampingan dengan kebijakan perusahaan.

4.5.6 Ketenagakerjaan

4.5.6.1 Cuti Tahunan

Karyawan mempunyai hak cuti tahunan selama 12 hari setiap tahun. Apabila dalam satu tahun hak cuti tersebut tidak dipergunakan maka hak tersebut akan hilang untuk tahun itu. Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang menderita sakit berdasarkan keterangan dokter. Cuti hamil diberikan kepada karyawan yang hendak melahirkan, masa cuti berlaku selama 2 bulan sebelum melahirkan sampai 1 bulan sesudah melahirkan.

4.5.6.2 Hari Libur Nasional

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

4.5.6.3 Kerja Lembur (*Overtime*)

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

4.5.6.4 Sistem Gaji Karyawan

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

- a. Gaji bulanan, yaitu gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dan besarnya sesuai dengan peraturan perusahaan.
- b. Gaji harian, yaitu gaji yang diberikan kepada karyawan tidak tetap atau buruh harian.
- c. Gaji lembur, yaitu gaji yang diberikan kepada karyawan yang melebihi jam kerja yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Tabel 4.26 Gaji karyawan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (/orang/bulan)	Gaji (/bulan)	Gaji (/tahun)
1	Direktur Utama	1	Rp 45.000.000	Rp 45.000.000	Rp 540.000.000
2	Direktur Produksi & Teknik	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
3	Direktur Keuangan & Umum	1	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000	Rp 360.000.000
4	Staff Ahli	1	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 420.000.000
5	Ka. Bag. Produksi	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
6	Ka. Bag. Teknik	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
7	Ka. Bag. Pemasaran	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
8	Ka. Bag. Keuangan, Administrasi & umum	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
9	Ka. Bag. K3 & Litbang	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
10	Ka. Sek. Proses	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
11	Ka. Sek. Pengendalian	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
12	Ka. Sek. Laboratorium	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
13	Ka. Sek. Pemeliharaan	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
14	Ka. Sek. Utilitas	1	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	Rp 300.000.000
15	Ka. Sek. Pembelian	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000
16	Ka. Sek. Pemasaran	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000

Tabel 4.26 Gaji Karyawan (Lanjutan)

17	Ka. Sek. Administrasi & Kas	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000
18	Ka. Sek. Personalia & humas	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000
19	Ka. Sek. Keamanan	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000
20	Ka. Sek. K3	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000
21	Ka. Sek. Litbang	1	Rp 17.500.000	Rp 17.500.000	Rp 210.000.000
22	Karyawan Proses	8	Rp 10.000.000	Rp 80.000.000	Rp 960.000.000
23	Karyawan Pengendalian	4	Rp 10.000.000	Rp 40.000.000	Rp 480.000.000
24	Karyawan Laboratorium	4	Rp 9.000.000	Rp 36.000.000	Rp 432.000.000
25	Karyawan Pemeliharaan	4	Rp 9.000.000	Rp 36.000.000	Rp 432.000.000
26	Karyawan Utilitas	5	Rp 9.000.000	Rp 45.000.000	Rp 540.000.000
27	Karyawan Pembelian	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
28	Karyawan Pemasaran	2	Rp 8.000.000	Rp 16.000.000	Rp 192.000.000
29	Karyawan Administrasi & Kas	4	Rp 8.000.000	Rp 32.000.000	Rp 384.000.000
30	Karyawan Personalia & Humas	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
31	Karyawan Keamanan	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
32	Karyawan K3	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
33	Karyawan Litbang	3	Rp 8.000.000	Rp 24.000.000	Rp 288.000.000
34	Operator	44	Rp 7.500.000	Rp 330.000.000	Rp 3.960.000.000

Tabel 4.26 Gaji karyawan (Lanjutan)

35	Supir	4	Rp 3.500.000	Rp 14.000.000	Rp 168.000.000
36	Librarian	1	Rp 3.250.000	Rp 3.250.000	Rp 39.000.000
37	<i>Cleaning service</i>	5	Rp 3.000.000	Rp 15.000.000	Rp 180.000.000
38	Dokter	2	Rp 9.000.000	Rp 18.000.000	Rp 216.000.000
39	Perawat	3	Rp 4.500.000	Rp 13.500.000	Rp 162.000.000
TOTAL		125	Rp 646.250.000	Rp 1.303.250.000	Rp 15.639.000.000

4.5.7 Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Fasilitas di dalam perusahaan dimaksudkan agar kondisi jasmani dan rohani karyawantetap terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh ketika menjalankan tugasnya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Adapun fasilitas-fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

a. Poliklinik

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

b. Pakaian kerja

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

c. Makan dan minum

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

d. Koperasi

Tujuan didirikannya koperasi karyawan adalah untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan hari raya (THR)

Tunjangan ini diberikan setiap tahun menjelang hari raya idul fitri dan besarnya tunjangan tersebut sebesar satu bulan gaji.

f. Jamsostek

Merupakan asuransi pertanggungan jiwa dan asuransi kecelakaan. Asuransi tenaga kerja diberikan oleh perusahaan bila jumlah karyawan lebih dari 10 orang atau dengan gaji karyawan lebih besar dari Rp. 1.000.000,00 per bulan.

g. Tempat ibadah

Perusahaan membangun tempat ibadah (masjid/mushalla) agar karyawan dapat menjalankan ibadah.

h. Transportasi

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

i. Hak cuti

- Cuti tahunan, yaitu diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun.
- Cuti massal, yaitu setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya idul fitri selama 4 hari kerja.

4.6 Evaluasi Ekonomi

Tujuan dari evaluasi ekonomi pada perancangan pabrik adalah untuk memperkirakan apakah pabrik yang akan didirikan merupakan suatu investasi yang layak dan menguntungkan atau tidak dengan memperhitungkan beberapa hal yang meliputi kebutuhan modal investasi, besar keuntungan yang diperoleh, lama modal investasi dapat dikembalikan, dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh.

Dalam evaluasi ekonomi, ada beberapa faktor yang dapat ditinjau, yaitu :

1. *Return of 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 menganalisa kelima faktor tersebut, maka perlu melakukan perkiraan terhadap beberapa hal sebagai berikut :

1. Penentuan Modal Industri (*Fixed Capital Investment*)
 - a. Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - b. Modal Kerja (*Working Capital Investment*)
2. Penentuan Biaya Produksi Total (*Total Production Cost*)
 - a. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - Biaya Produksi Tidak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
 - Biaya Produksi Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya Pengeluaran Umum (*General Expenses*)
3. Pendapatan Modal
4. Penentuan Titik Impas

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu melakukan perkiraan terhadap :

- a. Biaya Tetap Per Tahun (*Fixed Cost Annual*)
- b. Biaya Variabel Per Tahun (*Variabel Cost Annual*)
- c. Biaya Mengambang (*Reglated Cost Annual*)

4.6.1 Perkiraan Harga Alat

Harga peralatan yang menunjang proses produksi pabrik selalu berubah setiap tahunnya karena dipengaruhi oleh kondisi ekonomi. Semua harga diperhitungkan sesuai dengan harga pada tahun pabrik direncanakan berdiri, yaitu pada tahun 2023.

Data-data harga diambil dari buku Aries dan Newton, 1955 dan situs www.matche.com. Harga peralatan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$N_x = \frac{E_x}{E_y} \times N_y$$

Dimana : N_x = Harga alat pada tahun x

N_y = Harga alat pada tahun y

E_x = Nilai indeks untuk tahun x

E_y = Nilai indeks untuk tahun y

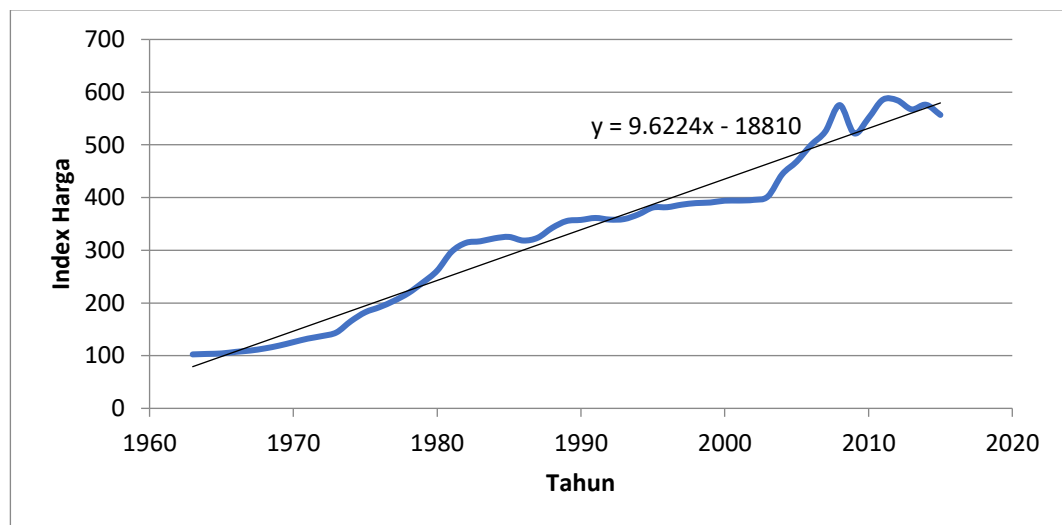
Harga peralatan ditentukan dengan menggunakan indeks harga. Berdasarkan web www.che.com diperoleh nilai CEP (*Chemical Engineering Plant*) indeks harga dari tahun 1963 – 2016 seperti berikut :

Tabel 4.27 Data CEP (*Chemical Engineering Plant*) indeks

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
1977	204,1	2004	444,2
1978	218,8	2005	468,2

Tabel 4.27 Data CEP (*Chemical Engineering Plant*) design (Lanjutan)

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



Grafik 4.9 Grafik hubungan CEP indeks dengan tahun

Grafik pada Gambar 4.9 di atas didekati dengan persamaan regresi linear, yaitu:

$$Y = ax + b$$

- a. *Fixed capital investment* atau modal tetap yaitu biaya pabrik yang diperlukan untuk pembangunan dan mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik.
- b. *Working capital investment* atau modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik dalam jangka waktu tertentu.

4.6.3.2 Manufacturing Cost

Manufacturing cost adalah biaya yang diperlukan untuk memproduksi suatu bahan.

Manufacturing cost meliputi :

- a. *Direct cost* atau biaya produksi langsung, yaitu biaya yang berhubungan langsung dengan proses produksi.
- b. *Indirect cost* atau biaya produksi tidak langsung, yaitu pengeluaran-pengeluaran sebagai akibat tidak langsung karena operasi produksi.
- c. *Fixed cost* atau biaya tetap, yaitu biaya tertentu yang akan selalu dikeluarkan baik ketika pabrik beroperasi ataupun tidak, biaya ini juga tidak tergantung pada jumlah produksi.

4.6.3.3 General Expense

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

4.6.4 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan pada suatu perancangan pabrik bertujuan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Beberapa komponen yang harus dihitung untuk menyatakan kelayakan suatu pabrik adalah :

4.6.4.1 Percent Return on Investment (% ROI)

Return on investment merupakan kecepatan tahunan pengembalian investasi (modal) dari keuntungan. Persamaan untuk ROI adalah :

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

Besar kecilnya ROI tergantung pada derajat resiko atau kemungkinan kegagalan yang terjadi. Untuk kategori *low risk chemical industry*, minimum acceptable ROI before tax adalah 11 % (Aries dan Newton, 1955).

4.6.4.2 Pay Out Time (POT)

Pay out time merupakan jangka waktu pengembalian investasi (modal) berdasarkan keuntungan perusahaan dengan mempertimbangkan depresiasi.

$$POT = \frac{\text{Fixed capital investment}}{\text{Keuntungan tahunan} + \text{depresiasi}}$$

Untuk kategori *low risk chemical industry*, maximum acceptable POT before tax adalah 5 tahun (Aries dan Newton, 1955).

4.6.4.3 Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

DCFRR merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun, didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada setiap akhir tahun selama umur pabrik. DCFRR adalah laju bunga maksimum dimana suatu pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

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

Dimana : FC : *Fixed capital*

WC : *Working capital*

SV : *Salvage value*

C : *Cash flow = profit after tax + depresiasi + finance*

N : Umur pabrik = 10 tahun

i : Nilai DCFRR

Syarat DCFRR yaitu nilai yang didapatkan lebih dari 1,5 kali suku bunga pinjaman bank yang berlaku.

4.6.4.4 Break Even Point (BEP)

Break even point merupakan titik perpotongan antara garis *sales* dan *total cost*, yang menunjukkan tingkat produksi dimana *sales* akan sama dengan *total cost* sehingga pada titik ini pabrik tidak mengalami untung maupun rugi. Pabrik akan rugi jika beroperasi di bawah BEP dan akan untung jika beroperasi di bawah BEP.

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

Dimana : Fa : *Annual fixed manufacturing cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual regulated expense* pada produksi maksimum

Va : *Annual variabel value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual sales value* pada produksi maksimum

4.6.4.5 Shut Down Point (SDP)

Shut down point merupakan level produksi dimana biaya untuk menjalankan operasi lebih mahal daripada untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*. Pada kondisi ini, menutup pabrik lebih menguntungkan daripada mengoperasikannya.

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

4.6.5 Hasil Perhitungan

4.6.5.1 Penentuan Fixed Capital Investment (FCI)

Nilai FCI merupakan penjumlahan dari *total direct cost* (DPC), *contractor's fee* dan *contingency*. Nilai *contractor's fee* diperoleh dari 4% nilai *physical plant cost* (PPC) dan nilai *contingency* diperoleh dari 10% nilai *physical plant cost* (PPC).

Tabel 4.28 *Fixed capital investment (PPC)*

No	Komponen	Harga	
1.	<i>Purchase equipment cost</i>	\$ 2.758.121	Rp 40.365.101.817
2.	<i>Installation</i>	\$ 519.399	Rp 7.601.409.242
3.	<i>Piping</i>	\$ 664.013	Rp 9.717.825.862
4.	<i>Instrumentation</i>	\$ 702.450	Rp 10.280.358.444
5.	<i>Insulation</i>	\$ 111.013	Rp 1.624.671.215
6.	<i>Electrical</i>	\$ 330.975	Rp 4.843.812.218
7.	<i>Building</i>	\$ 2.206.497	Rp 32.292.081.454
8.	<i>Land and yard improvements</i>	\$ 462.433	Rp 6.767.710.182
9.	<i>Utilities</i>	\$ 2.068.591	Rp 30.273.826.363
<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>		\$ 9.823.491	Rp 143.766.796.795
10.	<i>Engineering and construction</i>	\$ 1.964.698	Rp 28.753.359.359
<i>Direct Plant Cost (DPC)</i>		\$ 11.788.190	Rp 172.520.156.154
11.	<i>Contractor's fee</i>	\$ 471.528	Rp 6.900.806.246
12.	<i>Contingency</i>	\$ 1.768.228	Rp 25.878.023.423
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>		\$ 14.027.946	Rp 205.298.985.824

4.6.5.2 Penentuan *Total Production Cost (TPC)*

Nilai TPC adalah penjumlahan dari *direct manufacturing cost* (DMC), *indirect manufacturing cost* (IMC), *fixed manufacturing cost* (FMC), *manufacturing cost* (MC), *working capital* (WC), dan *general expense* (GE).

Tabel 4.29 *Manufacturing cost* (DMC)

No	Komponen	Harga	
1.	Bahan baku proses	\$ 13.329.743	Rp 195.080.788.639
2.	Gaji pegawai	\$ 1.068.603	Rp 15.639.000.000
3.	Supervisi	\$ 267.151	Rp 3.909.750.000
4.	<i>Maintenance</i>	\$ 841.677	Rp 12.317.939.149
5.	<i>Plant supplies</i>	\$ 126.252	Rp 1.847.690.872
6.	<i>Royalties and patent</i>	\$ 263.323	Rp 3.853.731.775
7.	Utilitas	\$ 1.641.387	Rp 24.021.697.008
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		\$ 17.538.134	Rp 256.670.597.443
8.	<i>Payroll overhead</i>	\$ 160.290	Rp 2.345.850.000
9.	<i>Laboratory</i>	\$ 106.860	Rp 1.563.900.000
10.	<i>Plant overhead</i>	\$ 534.301	Rp 7.819.500.000
11.	<i>Packaging</i>	\$ 263.323	Rp 3.853.731.775
12.	<i>Shipping</i>	\$ 263.323	Rp 3.853.731.775
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		\$ 1.328.098	Rp 19.436.713.549

13.	<i>Depreciation</i>	\$ 1.402.795	Rp 20.529.898.582
14.	<i>Property tax</i>	\$ 140.279	Rp 2.052.989.858
15.	<i>Insurance</i>	\$ 140.279	Rp 2.052.989.858
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		\$ 1.683.353	Rp 24.635.878.299
<i>Manufacturing Cost</i>		\$ 20.549.586	Rp 300.743.189.291

Tabel 4.30 *General expense (IMC)*

No	Komponen	Harga	
1.	<i>Administration</i>	\$ 526.646	Rp 7.707.463.549
2.	<i>Sales expense</i>	\$ 789.969	Rp 11.561.195.324
3.	<i>Research</i>	\$ 658.307	Rp 9.634.329.437
4.	<i>Finance</i>	\$ 33.667	Rp 492.717.566
<i>General Expense (GE)</i>		\$ 2.008.589	Rp 29.395.705.876

4.6.5.3 Penentuan *Fixed Cost* (Fa)

Nilai *fixed cost* (Fa) merupakan penjumlahan dari *depreciation*, *property taxes*, dan *insurance*.

Tabel 4.31 *Fixed cost* (Fa)

No	Komponen	Harga	
1.	<i>Depreciation</i>	\$ 1.402.795	Rp 20.529.898.582
2.	<i>Property taxes</i>	\$ 140.279	Rp 2.052.989.858
3.	<i>Insurance</i>	\$ 140.279	Rp 2.052.989.858
<i>Fixed Cost (Fa)</i>		\$ 1.683.353	Rp 24.635.878.299

4.6.5.4 Penentuan *Variable Cost* (Va)

Nilai *variabel cost* (Va) merupakan penjumlahan dari *raw material, packaging and shipping, utilities, royalty and patent*.

Tabel 4.32 *Variable cost* (Va)

No	Komponen	Harga	
1.	<i>Raw material</i>	\$ 13.329.743	Rp 195.080.788.639
2.	<i>Packaging</i>	\$ 263.323	Rp 3.853.731.775
3.	<i>Utilities</i>	\$ 1.641.387	Rp 24.021.697.008
4.	<i>Shipping</i>	\$ 263.323	Rp 3.853.731.775
5.	<i>Royalties</i>	\$ 263.323	Rp 3.853.731.775
<i>Variable Cost (Va)</i>		\$ 15.761.099	Rp 230.663.680.971

4.6.5.5 Penentuan *Regulated Cost* (Ra)

Nilai *regulated cost* (Ra) merupakan penjumlahan dari gaji karyawan, *payroll overhead*, *supervision*, *plant overhead*, *laboratorium*, *general expense*, *maintenance*, *plant supplies*.

Tabel 4.33 *Regulated cost* (Ra)

No	Komponen	Harga		
1.	<i>Labor cost</i>	\$ 1.068.603	Rp	15.639.000.000
2.	<i>Overhead</i>	\$ 694.592	Rp	10.165.350.000
3.	<i>Supervision</i>	\$ 267.151	Rp	3.909.750.000
4.	<i>Laboratory</i>	\$ 106.860	Rp	1.563.900.000
5.	<i>General expenses</i>	\$ 2.008.589	Rp	29.395.705.876
6.	<i>Maintenance</i>	\$ 841.677	Rp	12.317.939.149
7.	<i>Plant supplies</i>	\$ 126.252	Rp	1.847.690.872
<i>Regulated Cost (Ra)</i>		\$ 5.113.723	Rp	74.839.335.898

4.6.5.6 Keuntungan (*Profit*)

Keuntungan = Total penjualan produk – Total biaya produksi

Harga jual produk seluruhnya (Sa)

Total penjualan produk = Rp 385.373.177.470,81

Total biaya produksi = Rp 330.138.895.167,47

Pajak keuntungan sebesar 52%

Keuntungan sebelum pajak = Rp 55.234.282.303,35

Pajak (52%) = Rp 28.721.826.798

Keuntungan setelah pajak = Rp 26.512.455.506

4.6.5.7 Analisa Kelayakan

a. *Percent Return of Investment* (% ROI)

ROI sebelum pajak = 27%

ROI setelah pajak = 13%

b. *Pay Out Time* (POT)

POT sebelum pajak = 2,7 tahun

POT setelah pajak = 4,4 tahun

c. *Break Even Point* (BEP)

Fixed cost (Fa) = Rp 24.635.878.298,83

Variable cost (Va) = Rp 230.663.680.970,53

Regulated cost (Ra) = Rp 74.839.335.898,11

Penjualan produk (Sa) = Rp 385.373.177.470,81

Maka, BEP = 46,02%

d. *Shut Down Point* (SDP) = 21,94%

e. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR)

Umur pabrik = 10 tahun

Fixed capital (FC) = Rp 205.298.985.824

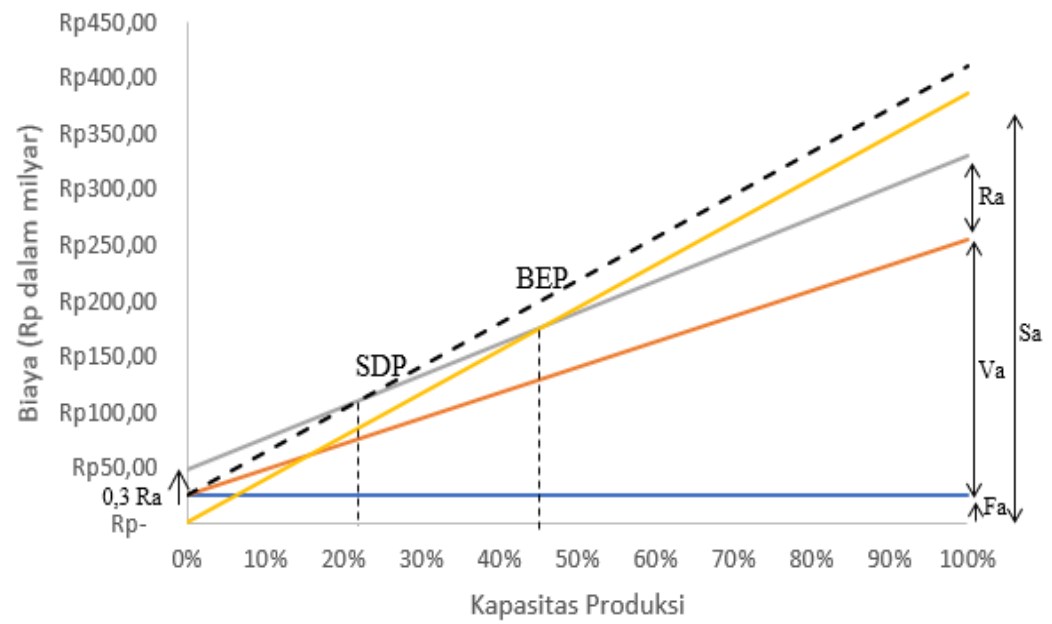
Working capital (WC) = Rp 549.609.812.661

Salvage value (SV) = Rp 20.529.898.582,36

DCFRR = 10%

Bunga simpanan bank = 5,7%

Berdasarkan perhitungan di atas, maka pabrik Asam Adipat dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak didirikan.



Gambar 4.10 Grafik analisa evaluasi ekonomi

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa kelayakan perancangan Pabrik Asam Adipat dari Sikloheksena dan Hidrogen Peroksida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, maka diperoleh beberapa nilai sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil analisa kelayakan

No	Parameter Kelayakan	Perhitungan	Standar Kelayakan (Aries and Newton, 1955)
1	Keuntungan sebelum pajak	Rp 55.234.282.303,35	
2	Keuntungan setelah pajak	Rp 26.512.455.506	
3	ROI sebelum pajak	27%	Low risk
4	ROI setelah pajak	13%	Minimum 11%
5	POT sebelum pajak	2,7 tahun	Low risk
6	POT setelah pajak	4,4 tahun	Maksimum 5 tahun
7	DCFRR	10%	1,5 x bunga simpanan
8	BEP	46,02%	40% - 60%
9	SDP	21,94%	20% - 30%

Berdasarkan tinjauan kondisi operasi, bahaya dari bahan baku dan proses, serta pengadaan bahan baku maka pabrik asam adipat ini termasuk *low risk*, ditinjau dari segi kondisi operasi (tekanan dan suhu) dan jenis bahan kimia yang digunakan. Selain itu, pabrik ini juga sudah memenuhi nilai ROI dan POT yang ditetapkan untuk pabrik *low risk*.

Jika ditinjau dari hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa pabrik asam adipat dari sikloheksena dan hidrogen peroksida dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak dan menarik untuk didirikan.

5.2 Saran

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

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S., and Newton, R.D., 1955, "Chemical Engineering Cost Estimation", McGraw Hill Book Company Inc., New York
- Bendiyasa, I.M., 2017, "*Pengantar Teknik Reaksi Kimia*", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- 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., & Young, E.H., 1959, "Process Equipment Design", Wiley Eastern Ltd., New Delhi
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 1983, "*Chemical Engineering Design*", Vol. 6, Pergamon Press, Oxford
- Deng, Y., Ma, Z., Wang, K., Chen, J., 1999, "*Clean Synthesis of Adipic Acid by Direct Oxidation of cyclohexene with H₂O₂ over Peroxytungstate-organic complex catalysts*", Green Chemistry, Lanzhou
- Evans, F.L., 1979, "*Equipment Design Handbook*", Vol. 1, 2nd ed., Gulf Publishing Co., Houston
- Fogler, H.S., 2006, "*Elements of Chemical Reaction Engineering*", 4th ed., pp. 12-23, Pearson Education, Inc., Massachusetts
- Geankoplis, J.Christie., 1978, "*Transport Process and Unit Operation*", Prentice Hall International

- Kern, D.Q., 1965, "*Process Heat Transfer*", Mc Graw-Hill Book Company, New York
- Kirk, R.E., Othmer, D.F., 1949, "*Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*", Vol. 18, The Intescience Publisher Division of John Willey & Sons Inc., New York
- Mc Cabe, Smith, J.C., and Harriot, 1985, "*Unit Operation of Chemical Engineering*", 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Mc Ketta, 1985, "*Encyclopedia of Chemical Processing and Design*", Vol.30, Marcell Dekker Inc., New York
- Perry, R.H., Green, D., 1999, "*Chemical Engineering Handbook*", Mc Graw Hill Company, New York
- Powell, S.T., 1954, "*Water Condition for Industry*", Mc Graw Hill Book Co., New York
- Rase, H.F., and Barrow, M.H., 1957, "*Project of Process Plants*", Wiley, Inc., New York
- Sato, K., Aoki, M. and Noyori, R., A., 1998, "*Green Route to Adipic Acid: Direct Oxidation of Cyclohexene with 30 percent Hydrogen Peroxide*", Science Mag, Vol. 281
- Timmerhause, K.D., Peters, M.S., 1991, "*Plant Design and Economics for Chemical Engineering*", 4th ed., Mc Graw Hill Book Co., Inc., New York
- Treyball, R.E., 1981, "*Mass Transfer Operation*", 3rd ed, Mc Graw Hill Book Company Inc., Singapore

- Ulrich, G.D., 1984, "*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*", John Wiley and Sons, Inc., New York
- Vayssie, Stephane and Horst Elias, 1997, "*Kinetics of the Acid-Catalysed Reaction of Cyclohexene with Hydrogen Peroxide: Mechanistic Aspects of the "In Situ" Activation of H_2O_2* ", Institut fur Anorganische Chemie, Germany
- Walas, S.M., 1988, "*Chemical Process Equipment*", 3rd ed., Butterworths series in chemical engineering, USA
- Wen, Y., Wang, X., Jin, P., and Li, L., "*Electronic Supplementary Information (ESI) for A Large-Scale Continuous-flow Process for Green Production of Adipic Acid via Catalytic Oxidation of Cyclohexene with H_2O_2* ", 2012, The Royal Society of Chemistry 2012
- Yaws, C.L., 1999, "*Chemical Properties Handbook*", Mc Graw Hill Co., Inc., USA
- <http://www.alibaba.com>
- <http://www.bps.go.id>
- <https://www.icis.com/resources/news/2013/04/20/9660653/asia-chemical-profile-adipic-acid/>
- <https://ihsmarkit.com/products/adipic-acid-chemical-economics-handbook.html>
- <http://www.matche.com>
- <https://mcgroup.co.uk/researches/adipic-acid-adpa>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

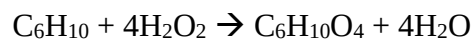
REAKTOR

Jenis	: Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara sikloheksena (C_6H_{10}) dan hidrogen peroksida (H_2O_2) 30% dengan bantuan katalis asam sulfat (H_2SO_4), asam fosfat (H_3PO_4), dan asam tungstat (H_2WO_4) menjadi asam adipat ($C_6H_{10}O_4$)
Kondisi operasi	: Suhu = 80 °C ; Tekanan = 1 atm
Konversi	: 94%

Alasan pemilihan :

1. Reaksi berlangsung pada fase cair
2. Reaksi eksotermis
3. Terdapat pengaduk sehingga suhu dan komposisi cairan dalam reaktor yang selalu homogen bisa terpenuhi

A. Kinetika Reaksi



Pada proses reaksi antara sikloheksena dan hidrogen peroksida terjadi reaksi dekomposisi, sehingga reaksi tersebut termasuk reaksi orde satu (Roland F.B. dan Irwin W.S., 1951).

Persamaan reaksi orde 1 :

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

Dimana : $(-r_A)$ = Laju reaksi

k = Konstanta laju reaksi, $m^3/kmol.jam$

C_A = Konsentrasi C_6H_{10} , $kmol/m^3$

Nilai konstanta laju reaksi (k) = $3,72E-03 s^{-1}$ (Vayssie and Elias, 1997)

Berdasarkan data dari hasil penelitian diketahui bahwa : (Wen, dkk., 2012)

1. Konversi sebesar 0,94
2. Perbandingan mol $C_6H_{10} : H_2O_2 = 1 : 4,4$

- Neraca Massa

- a. Neraca massa umpan

Arus 7

Tabel 1 Neraca massa umpan (Arus 7)

Komponen	Berat (kg)	Fraksi Berat	BM	Kmol	Fraksi mol
H ₂ O ₂	1372,2100	0,2952	34	40,3591	0,1845
H ₂ O	3203,7074	0,6892	18	177,9837	0,8135
H ₂ SO ₄	18,3233	0,0039	98	0,1870	0,0009

H ₃ PO ₄	8,5576	0,0018	98	0,0873	0,0004
H ₂ WO ₄	45,8406	0,0099	249,85	0,1835	0,0008
Total	4648,6390	1,0000		218,8006	1,0000

Arus 8

Tabel 2 Neraca massa umpan (Arus 8)

Komponen	Berat (kg)	Fraaksi Berat	BM	Kmol	Fraaksi mol
C ₆ H ₁₀	752,1472	1,0000	82	9,1725	1,0000
Total	752,1472	1,000		9,1725	1,000

b. Neraca massa keluaran reaktor

Tabel 3 Neraca massa keluaran reaktor

Komponen	Berat (kg)	Fraaksi Berat	BM	Kmol	Fraaksi mol
C ₆ H ₁₀ O ₄	1258,83757	0,2331	146	8,6222	0,0373
C ₆ H ₁₀	45,1288	0,0084	82	0,5504	0,0024
H ₂ O ₂	0,0000	0,0000	34	0,0000	0,0000
O ₂	93,9267	0,0174	32	2,9352	0,0127
H ₂ O	3930,1716	0,7277	18	218,3429	0,9456
H ₂ SO ₄	18,3233	0,0034	98	0,1870	0,0008
H ₃ PO ₄	8,5576	0,0016	98	0,0873	0,0004
H ₂ WO ₄	45,8406	0,0085	249,85	0,1835	0,0008
Total	5400,7862	1,0000		230,9084	1,000

- Massa jenis komponen

$$T = 80\text{ }^{\circ}\text{C} = 353,15\text{ K}$$

$$T_{\text{avg pendingin}} = 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 313,15\text{ K}$$

$$\text{Densitas} = A \cdot B^{\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^n}$$

$$\text{Densitas} = \frac{g}{ml}; T = K)$$

Tabel 4 Densitas komponen

Komponen	A	B	n	T _c	1-(T/T _c)	density (ρ), g/ml	ρ, (kg/m ³)
C ₆ H ₁₀ O ₄	0,3216	0,19313	0,28571	809	0,5635	1,2987	1298,7036
C ₆ H ₁₀	0,2771	0,26547	0,28571	560,4	0,3698	0,7518	751,8488
H ₂ O ₂	0,43776	0,2317	0,38	730,15	0,5163	1,3654	1365,3626
O ₂	0,436	0,2906	0,2924	154,58	-1,2846	0,2741	274,0909
H ₂ O	0,325	0,27	0,23	647,13	0,4543	0,9686	968,6050
H ₂ SO ₄	1,4915	0,79186	0,2713	924	0,6178	1,8305	1830,4650
H ₃ PO ₄	1,79505	0,96491	0,15872	1030	0,6571	1,8560	1856,0498
H ₂ WO ₄						4,0500	4050,0000
Total						12,3951	12395,1258

Tabel 5 Densitas campuran

Komponen	BM	ρ (kg/m ³)	F _w (kg/jam)	F _v (m ³ /jam)	Fraksi Berat	ρ · X (kg/m ³)
C ₆ H ₁₀ O ₄	146	1298,7036	0,0000	0,0000	0,0000	0
C ₆ H ₁₀	82	751,8488	752,1472	7,1833	0,1393	104,7071596
H ₂ O ₂	34	1365,3626	1372,2100	3,9556	0,2541	346,9058249
O ₂	32	274,0909	0,0000	0,0000	0,0000	0
H ₂ O	18	968,6050	3203,7074	5,5758	0,5932	574,5695177
H ₂ SO ₄	98	1830,4650	18,3233	2,9505	0,0034	6,210247636
H ₃ PO ₄	98	1856,0498	8,5576	2,9098	0,0016	2,940929749
H ₂ WO ₄	249,85	4050,0000	45,8406	1,3335	0,0085	34,37545997
Total	757,8500	12395,1258	5400,7862	23,9086	1,0000	1069,7091

ρ campuran

: 1069,71 kg/m³

Volume cairan (F_v)	: 23,91 m ³ /jam
Konsentrasi C_6H_{10} (C_{A0})	: 0,38 kmol/m ³
Konsentrasi H_2O_2 (C_{B0})	: 1,69 kmol/m ³
Konsentrasi $C_6H_{10}O_4$ (C_{C0})	: 0,36 kmol/m ³
Konsentrasi H_2O (C_{D0})	: 9,13 kmol/m ³
N_{A0}	: 9,17 kmol

Menghitung C_A , C_B , C_C , C_D

$$C_A = C_{A0} - C_{A0} \cdot X = 0,02 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_B = C_{B0} - C_{A0} \cdot X = 1,33 \text{ kmol/m}^3$$

Menghitung r_A

$$-r_A = k \cdot C_A$$

$$-r_A = k (C_{A0} - C_{A0} \cdot X) = 0,31 \text{ kmol/m}^3 \cdot \text{jam}$$

- Optimasi jumlah reaktor

Asumsi dalam perhitungan reaktor :

$$F_v \text{ konstan} \rightarrow F_{V0} = F_{V1} = F_{V2} = F_{Vn}$$

Tujuan optimasi : Mendapatkan jumlah dan volume optimal ditinjau dari konversi dan harga reaktor.

Reaktor 1 (n = 1)

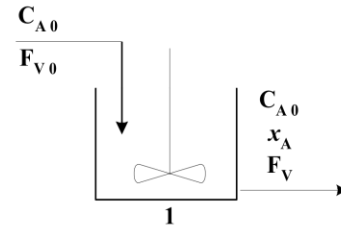
Persamaan neraca massa

$$F_{V0} \cdot C_{A0} - (F_{V0} \cdot C_A + r_A \cdot V) = 0$$

$$F_{V0} \cdot (C_{A0} - C_A) = r_A \cdot V$$

$$V = \frac{Fv(C_{A1} - C_{A2})}{-r_A}$$

$$V = \frac{Fv[C_{A0}(1 - X_{A0}) - C_{A0}(1 - X_{A1})]}{k \cdot C_{A0}(1 - X_{A1})}$$



Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa untuk menghitung volume reaktor dengan jumlah tertentu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{Fv(X_{A1} - X_{A0})}{k \cdot (1 - X_{A1})}$$

Untuk mengetahui jumlah reaktor dilakukan optimasi dengan menggunakan harga reaktor yang diambil dari <http://matche.com/equipcost/reaktor.html> untuk mempertimbangkan jumlah reaktor dengan harga minimal.

n = 1

Reaktor ke -	Xa, N-1	Xa, N	V, m ³	Error V
1	0 %	94 %	28,00	0,00
			28,00	0,00

n = 2

Reaktor ke -	Xa, N-1	Xa, N	V, m ³	Error V
1	0 %	76 %	5,51	0,00
2	76 %	94 %	5,51	0,00
			11,02	0,00

n = 3

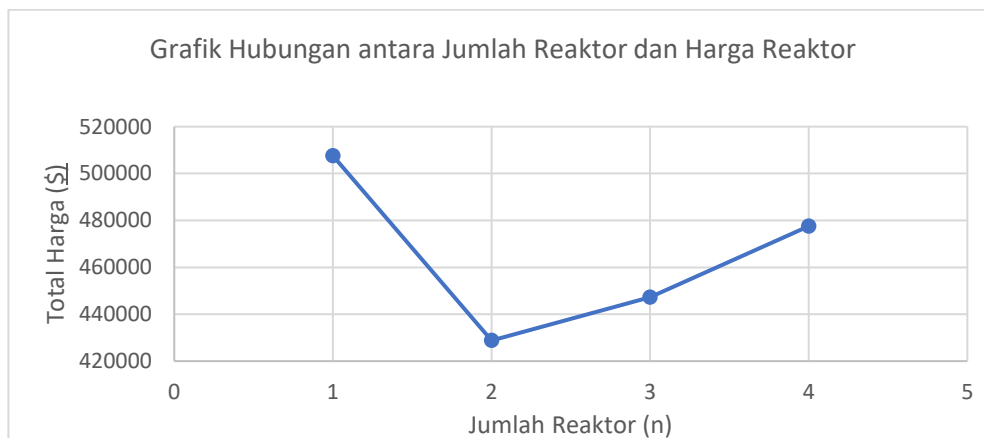
Reaktor ke -	Xa, N-1	Xa, N	V, m ³	Error V
1	0 %	61 %	2,78	0,00
2	61 %	85 %	2,78	0,00
3	85 %	94 %	2,78	0,00
			8,33	0,00

n = 4

Reaktor ke -	Xa, N-1	Xa, N	V, m ³	Error V
1	0 %	51 %	1,82	0,00
2	51 %	76 %	1,82	0,00
3	76 %	88 %	1,82	0,00
4	88 %	94 %	1,82	0,00
			7,30	0,00

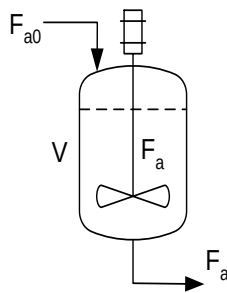
n	Konversi	Volume (m ³)	Error V	Volume (dm ³)	1,2 V (dm ³)	Volume (gal)	t (jam)	Error t	Harga (US\$)	Total Harga (US\$)
1	94%	28,00	0,00	28001,91	33602,29	8876,79	1,41	0,00	507.600	507.600
2	76%	5,51	0,00	5509,49	6611,39	1746,55	0,28	0,00	214.400	
	94%	5,51	0,00	5509,49	6611,39	1746,55	0,28	0,00	214.400	
3	61%	2,7	0,00	2778,22	3333,86	880,71	0,14	0,00	149.100	
	85%	2,78	0,00	2778,16	3333,80	880,70	0,14	0,00	149.100	
	94%	2,78	0,00	2778,23	3333,87	880,72	0,14	0,00	149.100	
4	51%	1,82	0,00	1824,02	2188,83	578,23	0,09	0,00	119.400	
	76%	1,82	0,00	1824,02	2188,82	578,23	0,09	0,00	119.400	
	88%	1,82	0,00	1824,06	2188,87	578,24	0,09	0,00	119.400	
	94%	1,82	0,00	1823,99	2188,80	578,22	0,09	0,00	119.400	

n	Total Harga (US\$)
1	507.600
2	428.800
3	447.300
4	477.600



Berdasarkan hasil optimasi, didapatkan harga paling ekonomis dengan menggunakan 2 buah reaktor dengan masing-masing volume shell reaktor (V) sebesar 1746,55 gallon = 6,61 m³.

B. Perancangan Reaktor



Gambar 1 Skema reaktor berpengaduk

Perbandingan diameter dan tinggi reaktor 1:1 (D:H = 1:1) (Brownell, hal 43)

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

$$Volume\ shell = \frac{\pi}{4} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Volume\ shell}{\pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 6,61}{3,14}} = 2,04\ m = 80,10\ in = 6,68\ ft$$

$$D = H$$

$$H = 2,04\ m = 80,10\ in = 6,68\ ft$$

Bentuk reaktor dipilih : *vertical vessel* dengan *formed head*.

Untuk P operasi 1 atm dipilih bentuk *torespherical dished head* (Brownell, hal 88).

$$V_{dish} = 0,000049 D_s^3$$

Dimana : D_s = Diameter shell, in

$$V_{dish} = \text{Volume dish, ft}^3$$

$$V_{dish} = 0,000049 * (80,10^3) = 25,18 \text{ ft}^3$$

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{sf}{12}$$

Dipilih $sf = 2$ in

$$V_{sf} = \frac{3,14}{4} 6,68^2 \frac{2}{12} = 5,83 \text{ ft}^3 = 0,17 \text{ m}^3$$

$$V_{head} = 2(V_{dish} + V_{sf})$$

$$V_{head} = 2*(25,18 \text{ ft}^3 + 5,83 \text{ ft}^3) = 62,03 \text{ ft}^3 = 1,76 \text{ m}^3$$

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

$$V_{reaktor} = (6,61 + 1,76) \text{ m}^3 = 8,37 \text{ m}^3$$

Spesifikasi reaktor adalah sebagai berikut :

Diameter shell : 2,04 m

Tinggi shell : 2,04 m

Volume shell : 6,61 m³

Volume head : 1,76 m³

Volume reaktor : 8,37 m³

$$V_{bottom} = 0,5V_{head}$$

$$V_{bottom} = 0,5 * 1,76 \text{ m}^3 = 0,88 \text{ m}^3$$

$$V_{cairan} = V_{shell} - V_{bottom}$$

$$V_{cairan} = 6,61 - 0,88 \text{ m}^3 = 5,73 \text{ m}^3$$

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

$$h_{cairan} = \frac{4 \times 5,73}{3,14 \times 2,04^2} = 1,76 \text{ m} = 5,79 \text{ ft}$$

- Menghitung tebal shell (ts)

$$ts = \frac{Pr}{(f \cdot E - 0,6 \cdot P)} + C \quad (\text{Pers 13.1 Brownell, 1959 hal 254})$$

Dimana :

Ts : Tebal shell

P : Tekanan

R : Jari-jari = 1/2D

E : Efisiensi pengelasan

C : Faktor koreksi

F : Tegangan yang diijinkan (Tabel 13.2 Coulson 4th ed, hal 812)

Tekanan sistem (P)

$$P_{total} = P_{hidrostatik} + P_{operasi}$$

$$P_{operasi} = 1 \text{ atm} = 14,69 \text{ psi}$$

Tekanan hidrostatik

$$P_{hidrostatik} = \frac{\rho g h}{g_c}$$

$$P_{hidrostatik} = (1069,71 * 0,0643) * 32,2 * 5,79 / 32$$

$$= 3889,62 \text{ lb/ft}^2$$

$$= 27,01 \text{ lb/in}^2$$

$$= 27,01 \text{ psi}$$

$$P_{total} : 41,70 \text{ psi}$$

$$P_{design} : 45,87 \text{ psi}$$

$$r : 40,05 \text{ in}$$

$$E : 0,8$$

$$C : 0,125$$

$$F : 18750,00 \text{ psi}$$

$$ts = \frac{45,87 \times 40,05}{18750 \times 0,8 - 0,6 \times 45,87} + 0,125 = 0,25 \text{ in}$$

ts standart = 0,31 in (5/16") (Tabel Brownell hal 350)

- Menghitung tebal head (th)

$$th = \frac{Pr_w}{2fE - 0,2P} + C \quad (\text{Pers 7.77 Brownell, 1959 hal 138})$$

$$P = P_{\text{design}} - P_{\text{lingkungan}}$$

$$P = 45,87 - 14,69 = 31,18 \text{ psi}$$

$$OD = ID_{\text{shell}} + 2ts$$

$$OD = 80,10 \text{ in} + 2 * 0,31 \text{ in} = 80,73 \text{ in} = 2,05 \text{ m}$$

Dicari ukuran OD standart pada Tabel 5.7 Brownell, maka didapat :

OD : 132 in

ts : 0,31 in

icr : 8 in

r : 130 in

E : 0,8

C : 0,125

F : 18750 N/mm² = 18750 psi

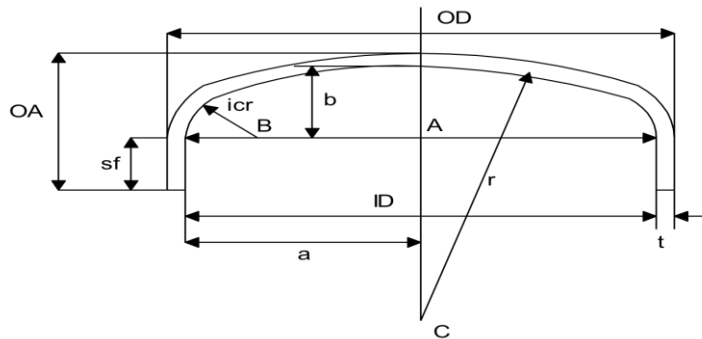
$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}} \right)$$

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{130}{8}} \right) = 1,76 \text{ in}$$

$$th = \frac{31,18 \times 130 \times 1,76}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 31,18} + 0,125 = 0,36 \text{ in}$$

Th standart = 0,44 in (Tabel Brownell hal 88)

- Menghitung tinggi head



Gambar 5.8 Brownell hal 87

Pada Tabel 5.4 Brownell hal 87 dengan th sebesar 5/8" maka didapatkan nilai sf = 1,5 – 3,5, maka dipilih sf 2,5 in

$$ID = OD - 2ts$$

$$ID = 132 - (2 * 0,31) = 131,38 \text{ in}$$

$$a = ID/2$$

$$a = 131,38 / 2 = 65,69 \text{ in}$$

$$AB = a - icr$$

$$AB = 65,69 - 8 = 57,69 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 130 - 8 = 122 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$AC = \sqrt{122^2 - 57,69^2} = 107,50 \text{ in}$$

$$b = r - AC$$

$$b = 130 - 107,50 = 22,50 \text{ in}$$

$$h_{\text{head}} = th + b + sf$$

$$h_{\text{head}} = 0,44 + 22,50 + 2,5 = 25,44 \text{ in} = 0,65 \text{ m}$$

$$h_{\text{reaktor}} = 2h_{\text{head}} + h_{\text{shell}}$$

$$h_{\text{reaktor}} = (2 * 0,65) + 2,04 = 3,33 \text{ m}$$

C. Menghitung Spesifikasi Pengaduk

- Menghitung viskositas

$P = 1 \text{ atm}$; $T = 80 \text{ }^{\circ}\text{C} = 353,15 \text{ K}$

$$\log \mu = A + \frac{B}{T} + CT + DT^2$$

Tabel 6 Densitas Cair

Komponen	fraksi	ρ , kg/m ³	ρ , g/ml	ρ , x	μ , cp	μ , x	T, $^{\circ}\text{C}$	T,x
C6H10	0,1393	751,8488	0,7518	104,7072	0,3129	0,0436	83,000	11,559
H2O2	0,2541	1365,3626	1,3654	346,9058	0,6169	0,1567	150,2	38,162
H2O	0,5932	968,6050	0,9686	574,5695	0,3523	0,2090	100,000	59,319
H2SO4	0,0034	1830,4650	1,8305	6,2102	5,7068	0,0194	337,000	1,143
H3PO4	0,0016	1856,0498	1,8560	2,9409	9,4659	0,0150	158,000	0,250
H2WO4	0,0085	4050,0000	4,05	34,3755	0,0000	0,0000	1473,000	12,502
Total	1,0000	10822,3312	10,8223	1069,7091		0,4436		122,937

Penentuam berdasarkan :

T operasi : 80 $^{\circ}\text{C}$

μ : 0,44 cP = 0,0003 lb/fts = 0,0004 kg/m.s

ρ : 1069,71 kg/m³ = 66,90 lb/ft³ = 0,04 lb/in³

V tangki : 8,37 m³

Berdasarkan Gambar 10.57 hal 472 Coulson, $\mu L = 2 \text{ Ns/m}^2$ dan volume = 8,37 m³

Pengaduk yang dipilih yaitu pengaduk turbin, dengan alasan :

- Jenis pengaduk ini efektif untuk jangkauan viskositas yang sangat luas
- Pencampuran sangat baik, bahkan dalam skala mikro

Dari Rase, hal 356 diketahui :

$$D_i / D_R = 1/3$$

$$E = D_i = 1$$

$$W = D_i / 5$$

$$L = D_i / 4$$

$$B = D / 10$$

$$\text{Diameter reaktor (DR)} : 2,03 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pengaduk (DI)} : 0,68 \text{ m}$$

$$\text{Pengaduk dari dasar (E)} : 0,68 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi pengaduk (W)} : 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Lebar pengaduk (L)} : 0,17 \text{ m}$$

$$\text{Lebar baffle (B)} : 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = \text{WELH} / D \quad \text{Dimana WELH} = \text{Water Equivalent Liquid High}$$

$$\text{WELH} = \text{Tinggi bahan} * sg$$

$$\text{WELH} = \text{Tinggi bahan} \times \frac{\rho L}{\rho_{air}}$$

$$\text{WELH} = 1,76 \times \frac{1069,71}{968,61}$$

$$\text{WELH} = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah impeller} = 1,95 / 2,04 = 0,96 \approx 1$$

- Menghitung jumlah putaran pengaduk

$$\frac{WELD}{2DI} = \left(\frac{\pi \cdot DI \cdot N}{600} \right)^2 \quad (Rase, 1977 \text{ hal } 345)$$

$$N = \frac{600}{\pi \cdot DI \cdot 0,3048} \sqrt{\frac{WELD}{2DI}}$$

$$N = \frac{600}{3,14 \times 0,68 \times 0,3048} \sqrt{\frac{1,95}{2 \times 0,68}} = 102,93 \text{ rpm} = 1,72 \text{ rps}$$

Kecepatan (N) standar = 125 rpm = 2,08 rps

Jenis motor : *fixed speed belt*

Alasan pemilihan : harga murah dan mudah mengganti bagian-bagiannya

- Menghitung bilangan reynold

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

$$Re = \frac{0,68^2 \times 1069,71 \times 125}{0,44} = 138630,11$$

$$N_p = P_o = 7$$

(Gambar 4.77 Brown hal 507)

$$P = \frac{N^3 \cdot Di^5 \cdot \rho \cdot N_p}{550 \cdot g}$$

$$P = \frac{125/60^3 \times 0,68/0,3048^5 \times 1069,71/16,019 \times 7}{550 \times 32,17} = 13,03 \text{ Hp}$$

Standar NEMA = 15 Hp

Efisiensi motor = 0,87 (Gambar 14-38, Peters & Timmerhaus 1991 hal 521)

$$\text{Daya motor} = P / \eta$$

$$\text{Daya motor} = 13,03 / 0,87 = 14,97 \text{ Hp}$$

$$\text{Standar NEMA} = 15 \text{ Hp}$$

D. Menentukan Tebal Shell (ts)

Bahan konstruksi : Stainless steel SA 167 type 316

$$ts = \frac{P \cdot r}{(fE - 0,6P)} + C \quad (\text{Brownell, hal 140})$$

Dimana :

Ts : Tebal shell

P : Tekanan dalam vessel = 14,69 psia

r : jari-jari reaktor = 1,02 m = 40,06 in

E : Efisiensi pengelasan = 0,8

C : Faktor korosi = 0,125

F : Tegangan yang diijinkan = 18750 psia

- Menentukan tekanan (P)

$$\text{Phidrostatis} = \text{Tinggi cairan} \cdot \rho_{\text{mix}}$$

$$\text{Phidrostatis} = 1,76 \text{ m} \cdot 1069,71 \text{ kg/m}^3 = 1887,28 \text{ kg/m}^2 = 2,68 \text{ psi}$$

$$\text{Preaksi} = 14,69 \text{ psi}$$

$$\text{Poperasi} = \text{Preaksi} + \text{Phidrostatis}$$

$$P_{\text{operasi}} = 14,69 + 2,68 = 17,37 \text{ psi}$$

$$P_{\text{desain}} = 1,2 * P_{\text{operasi}} = 20,84 \text{ psi}$$

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

$$ts = \frac{20,84 \times 40,05}{18750 \times 0,8 - 0,6 * 20,84} + 0,125 = 0,18 \text{ in}$$

$$\text{Tebal standar} = 0,19 \text{ in} = 0,005 \text{ m}$$

- Menghitung tebal head

Dari Tabel 5.7 Brownell didapatkan :

$$\text{OD} : 80,46 \text{ in}$$

$$\text{OD standar} : 132 \text{ in}$$

$$Ts : 0,19 \text{ in}$$

$$I_{cr} : 8 \text{ in}$$

$$r : 130 \text{ in}$$

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

$$w = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{130}{8}} \right) = 2,78 \text{ in}$$

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

$$th = \frac{14,69 \times 130 \times 2,78}{2 \times 18750 \times 0,8 - 0,2 \times 14,69} + 0,125 = 0,30 \text{ in}$$

Th standar = 0,3125 in

E. Perancangan Pemanas

Tabel 7 Neraca panas

Komponen	Input		Output
	arus 7	Arus 8	Arus 5
C ₆ H ₁₀	0,0000	73.879,1439	3420,3437
H ₂ O ₂	195.124,0241	0,0000	0,0000
H ₂ O	736.217,0298	0,0000	903159,6313
C ₆ H ₁₀ O ₄	0,0000	0,0000	146508,4474
O ₂	0,0000	0,0000	4785,1659
H ₂ SO ₄	1.477,9226	0,0000	1477,9226
H ₃ PO ₄	61,0706	0,0000	70,7127
H ₂ WO ₄	22,3422	0,0000	22,3422
Sub Total	1006781,53333		1059444,5658
panas reaksi	12211586,6418		
beban pendingin			12158923,6094
TOTAL	13218368,1751		13218368,1751

$$Q_{in} = Q_{out} = 13218368,1751$$

Pendingin yang digunakan :

Suhu air masuk : 30 °C

Suhu air keluar : 50 °C

cP air : 100,16 kJ/kg.C

- Menghitung kebutuhan air pendingin

Beban panas = $Q_{out} - Q_{in}$

Beban panas = 12.158.923,61 kJ

$Q = m \cdot c_p \cdot dt$

$dt = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

$Q = 12.158.923,61\text{ kJ/jam} = 11.526.659,58\text{ Btu/jam}$

$m = 6.6069,58\text{ kg/jam} = 13.381,13\text{ lb/jam}$

Suhu fluida panas reaktor (in out) : $80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Suhu masuk media pendingin (air) : $30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Suhu keluar media pendingin (air) : $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fluida panas ($^{\circ}\text{F}$)	Fluida dingin	$\Delta T, ^{\circ}\text{F}$
176,0000	86,0000	90,0000
176,0000	122,0000	54,0000

- Menghitung LMTD

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

$\Delta T_{LMTD} = 70,47\text{ }^{\circ}\text{F}$

Nilai U_d untuk medium viskositas berat dan air adalah $50 - 125\text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$

Diambil $U_d = 75\text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{jam}$

Panas yang harus diberikan oleh media pemanas sebesar 12.158.923,61 kJ/jam =
11.525.046,08 Btu/jam

- Menghitung luas transfer panas yang dibutuhkan

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

$$A = \frac{11.526.659,58}{75 \times 70,47} = 2180,78 \text{ ft}^2 = 202,59 \text{ m}^2$$

Menghitung luas selubung reaktor

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

$$A = 3,14 \times 2,04 \times 2,04 = 13,00 \text{ m}^2$$

Karena luas selubung reaktor lebih kecil daripada luas yang diperlukan untuk transfer panas maka pendingin yang digunakan adalah koil.

F. Perancangan Koil Pendingin

Suhu air masuk : 30 °C = 86 °F = 303,15 K

Suhu air keluar : 50 °C = 122 °F = 313,15 K

ΔT : 20 °C = 36 °F = 283,15 K

T rata-rata : 40 °C = 104 °F = 308,15 K

Sifat fisis air pada T rata-rata (Perry 1984 Tabel 2-355)

Cp : 4,18 kJ/kg.K = 17,98 kcal/kmol.K

$$\rho : 988,04 \text{ kg/m}^3$$

$$V \text{ air pendingin} = m \text{ air pendingin} / \rho \text{ air pendingin}$$

$$V \text{ air pendingin} = 6069,58 / 988,04 = 6,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Menentukan diameter minimum koil

Untuk aliran dalam koil/tube, batasan kecepatan antara 10 – 30 m/s (Coulson hal 534).

Dipilih :

$$\text{Kecepatan pendingin} : 10 \text{ m/s}$$

$$\text{Debit air pendingin} : 6,14 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kecepatan} : 10 \text{ m/s} = 36.000 \text{ m/jam}$$

$$\text{Luas penampang A} : 0,0002 \text{ m}^2 = 0,0018 \text{ ft}^2 = 0,2645 \text{ in}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot ID^2}{4}$$

$$ID : 0,0147 \text{ m} = 0,58 \text{ in}$$

Dipilih diameter standar (Kern Tabel 11 hal 844)

$$IPS : 0,8 \text{ in}$$

$$\text{Sc number} : 40$$

$$OD : 1,05 \text{ in} = 0,09 \text{ ft} = 0,03 \text{ m}$$

$$ID : 0,82 \text{ in} = 0,07 \text{ ft} = 0,02 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A')} : 0,53 \text{ in}^2 = 0,0037 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas penpan/panjang} : 0,28 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

- Menghitung h_i

$$\rho \text{ air pendingin} : 1000,62 \text{ kg/m}^3 = 62,44 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ air pendingin} : 0,67 \text{ cP} = 1,61 \text{ lb/ft.jam}$$

$$k \text{ air pendingin} : 3,02 \text{ W/m.K}$$

$$C_p \text{ air pendingin} : 25.981,46 \text{ kJ/kmol} = 1443.41 \text{ kJ/kg} = 620,67 \text{ Btu/lb}$$

G_t = kecepatan aliran massa / luas penampang

$$G_t = W / A$$

$$G_t = 13.381,13 / 0,0037 = 3.608.394,13 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}$$

$$v = G_t / \rho = 3.608.394,13 / 62,44 = 57.791,13 \text{ ft/jam} = 4,89 \text{ m/s} = 16,05 \text{ ft/s}$$

Jadi kecepatan pendingin yang digunakan masih dalam batasan

$$\text{Bilangan reynold} = ID \cdot G_t / \mu$$

$$Re = (0,07 \cdot 3.608.394,13) / 1,61 = 153.931,53 \quad (\text{Turbulen} > 4.000)$$

$$j_H = 340 \quad (\text{Kern Gambar 24 hal 834})$$

$$j_H = \frac{h_i \cdot D}{k} \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{-1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{-0.14}$$

$$h_i = 340 \times \frac{1,75}{0,07} \times \frac{1,75}{620,67 \times 1,61}^{-\frac{1}{3}} \times 1 = 71.845,45 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam}.F$$

Menentukan h_{io}

$$h_{io} = h_i \cdot (ID / OD)$$

$$h_{io} = 71.845,45 * (0,07 / 0,09) = 56.381,57 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F}$$

Untuk koil, harga h_{io} harus dikoreksi dengan faktor koreksi

(Kern, hal 721)

$$h_{io_{koil}} = h_{io_{pipa}} \left(1 + 3.5 \frac{D_{koil}}{D_{spiral_{koil}}} \right)$$

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

$$D_{spiral \text{ koil}} = 0,7 * 80,10 = 56,07 \text{ in} = 4,67 \text{ ft}$$

$$h_{io_{koil}} = \left(1 + 3,5 \frac{0,07}{4,67} \right) \times 56.381,57 = 59281,54 \text{ Btu/ft}^2.\text{jam.F}$$

Menentukan h_o

Untuk tangki berpengaduk yang dilengkapi dengan koil, maka koefisien perpindahan panas dihitung dengan : (Kern pers 20.4 hal 722)

$$h_o = 0.87 \left(\frac{k}{D} \right) \left(\frac{L_p^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{c_p \cdot \mu}{k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.4}$$

$$L_p = D_i : 2,23 \text{ ft}$$

$$N : 125 \text{ rpm} = 2,08 \text{ rps} = 7500 \text{ rpj}$$

$$\rho : 1069,71 \text{ kg/m}^3 = 66,75 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu : 0,44 \text{ cP} = 1,07 \text{ lb/ft.jam}$$

$$C_p : 156,71 \text{ kJ/kg} = 37,43 \text{ Btu/lb}$$

$$k : 2,28 \text{ Btu/ft.jam.F}$$

$$OD : 1,05 \text{ in} = 0,09 \text{ ft}$$

$$D : 131,38 \text{ in} = 10,94 \text{ ft}$$

$$\mu / \mu_w : 1$$

$$h_o = 0,87 \times \frac{2,28}{10,94} \times \frac{2,23^2 \times 7500 \times 66,75^{\frac{2}{3}}}{1,07} \times \frac{37,43 \times 1,07^{\frac{1}{3}}}{2,28} \times 1$$

$$= 8234,41 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$$

Menentukan Uc

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

$$U_c = 7230,12 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$$

Menentukan Ud

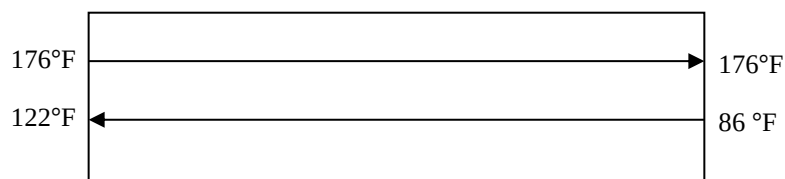
$$U_d = \frac{h_d * U_c}{h_d + U_c}$$

Untuk kecepatan alir 10 m/s maka nilai RD = 0,0005 (Kern tabel 12 hal 845), sehingga diperoleh nilai hd

$$h_d = 1 / R_d = 2000 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$$

$$U_d = 1566,64 \text{ Btu/jam.ft}^2.F$$

Menentukan luas bidang transfer panas



$$A = \frac{Q_{total}}{U_d \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{11.526.659,58}{70,47 \times 1566,64} = 104,40 \text{ ft}^2$$

Menentukan panjang koil

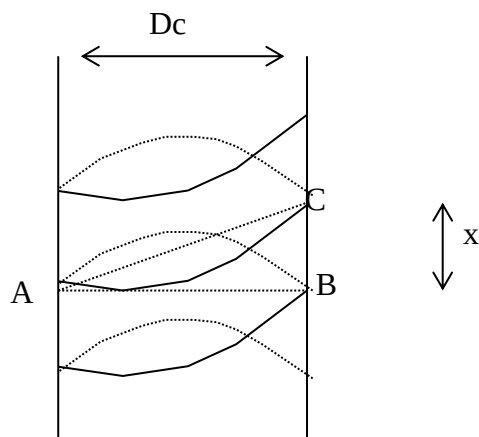
$$L \text{ pipa koil} = A / a''$$

$$L \text{ pipa koil} = 104,40 / 0,275 = 379,64 \text{ ft} = 115,71 \text{ m}$$

Menentukan jumlah lengkungan koil

$$D_c = 0,6 * \text{ID tangki reaktor}$$

$$D_c = 0,6 * 131,38 = 78,83 \text{ in} = 6,57 \text{ ft}$$



$$AB = ID$$

$$BC = x$$

$$AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$$

$$AC = \sqrt{ID^2 + x^2}$$

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

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

Diambil : $x = OD$

$$X = 1 \cdot 1,05 = 1,05 \text{ in} = 0,088 \text{ ft}$$

Panjang satu putaran

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

$$K \text{ lilitan} = 1/2\pi(Dc) + 1/2\pi(AC)$$

$$K \text{ lilitan} = 1/2\pi(Dc) + 1/2\pi((Dc^2 + x^2)^{1/2})$$

$$K \text{ lilitan} = (0,5 \cdot 3,14 \cdot 6,57) + (0,5 \cdot 3,14 \cdot [6,57^2 + 0,09^2]^{0,5}) = 20,63 \text{ ft} = 247,52 \text{ in} = 6,29 \text{ m}$$

Menentukan banyaknya lilitan

$$N \text{ lilitan} = L \text{ pipa koil} / L \text{ lilitan}$$

$$N \text{ lilitan} = 379,64 / 20,63 = 18,41 \approx 19$$

Menentukan tinggi tumpukan dan tinggi cairan setelah ada koil

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

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = (19-1) \cdot 0,0875 + (19 \cdot 0,0875)$$

$$\text{Tinggi tumpukan koil} = 3,24 \text{ ft}$$

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

Asumsi : Semua koil tercelup di dalam cairan

Tinggi cairan setelah ditambah koil (Z_c) = (V cairan dalam shell + V koil) / A shell

$$V \text{ cairan dalam shell} = 5,73 \text{ m}^3$$

$$V \text{ koil} = \pi * (\text{OD koil})^2 * L \text{ pipa koil}$$

$$V \text{ koil} = 3,14 * (0,02667)^2 * 115,71$$

$$V \text{ koil} = 0,26 \text{ m}^3$$

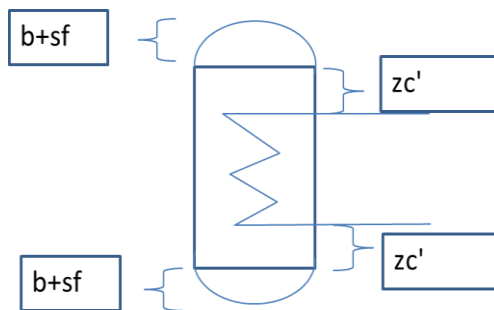
$$A \text{ shell} = \pi * (D \text{ shell})^2 * 1/4$$

$$A \text{ shell} = 3,14 * (2,04)^2 * 1/4$$

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

$$Z_c = (5,73 + 0,26) / 3,25$$

$$Z_c = 1,84 \text{ m} = 72,59 \text{ in}$$



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

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

$$Z_{c2} = 72,59 + 22,50 + 2,5$$

$$Z_{c2} = 97,59 \text{ in} = 2,48 \text{ m}$$

Jarak dari dasar tangki ke bagian bawah koil

$$= (\text{tinggi cairan setelah ada koil} - \text{tumpukan koil}) / 2$$

$$hk = (2,48 - 0,99) / 2 = 0,75 \text{ m}$$

$$b + sf = 22,50 + 2,5 = 25,00 \text{ in} = 0,64 \text{ m}$$

Asumsi dikatakan benar jika :

1. Tinggi tumpukan koil < tinggi cairan (1,99 m < 1,88 m)
2. Jarak dasar tangki ke bagian bawah koil (hk) > (b+sf) yaitu 0,80 m > 0,64 m

Menentukan pressure drop

$$\text{faktor friksi, } f = 0,0035 + \frac{0,264}{Re^{0,42}}$$

Untuk $Re = 153931,53$ maka dapat dihitung nilai koefisien friksi :

$$f = 0,0035 + \frac{0,264}{153931,53^{0,42}} = 0,005 \text{ } ft^2/in^2$$

Karena yang mengalir dalam tube adalah steam, $s = 1$ dan perbedaan suhu tidak terlalu

besar, sehingga bisa diasumsikan μ/μ_w , maka $\theta_t = 1$

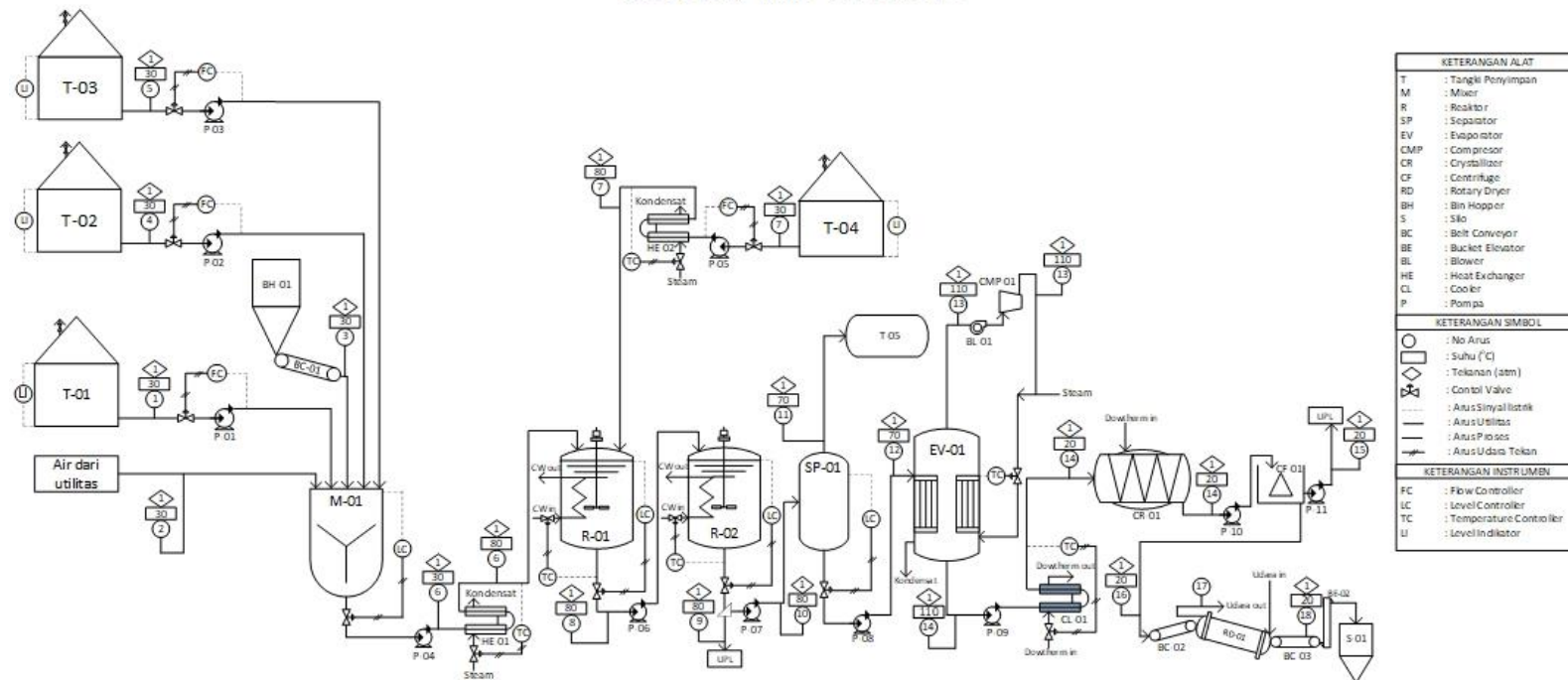
$$\Delta P_T = \frac{f \times v^2 \times L}{5,22 \times 10^{10} \times ID \times s \times \theta_t}$$

$$\Delta P_T = \frac{0,005 \times 57791,13^2 \times 379,64}{5,22 \times 10^{10} \times 0,07 \times 1} = 1,86 \text{ psi} < 2 \text{ psi}$$

KESIMPULAN		
Fungsi	Mereaksikan C ₆ H ₁₀ dan H ₂ O ₂ dengan bantuan katalis H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ , dan H ₂ WO ₄ menjadi C ₆ H ₁₀ O ₄	
Jenis	Reaktor alir tangki berpengaduk	
Jumlah	2 reaktor	
Kondisi Operasi		
Tekanan operasi	1 atm	14,69 psi
Suhu operasi	80 oC	353 K
Spesifikasi		
Dimensi Reaktor		
Bahan konstruksi	Stainless stell SA 167 type 316	
Diameter shell	2,03 m	
Tinggi shell	2,03 m	
Volume shell	6,61 m3	
Volume head	1,76 m3	
Volume reaktor	8,37 m3	
Tinggi reaktor	3,33 m	
Tinggi head	0,65 m	
Tebal shell	0,31 in	
Tebal head	0,44 in	
Flat Blade Turbines Impellers		
Jenis impeller	Turbin 6 blade disk standar	
Diameter pengasuk (DI)	0,68 m	
Jarak pengaduk (E)	0,68 m	
Tinggi pengaduk (W)	0,14 m	
Lebar pengaduk (L)	0,17 m	
Lebar baffle (B)	0,20 m	

Jumlah baffle	4 buah
Jumlah turbin	6 buah
Jumlah impeller	1 buah
Kecepatan pengadukan	125 rpm
Power pengadukan	15 Hp
Koil Pendingin	
Panjang koil (L)	115,71 m
Tinggi tumpukan koil	0,99
Jumlah lilitan	19

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK ASAM ADIPAT DARI SIKLOHEKSENA DAN HIDROGEN PEROKSIDA
KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN



Komponen	Arus (kg/jam)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
H ₂ O ₂	1372,21					1372,21												
H ₂ O	1372,21	1829,61		0,37	1,51	3203,70		3930,17		3930,17		3930,17	3747,21	182,96	116,71	66,25	62,46	3,79
H ₂ WO ₄			45,84			45,84		45,84		45,84								
H ₂ PO ₄					8,56	8,56		8,56		8,56				8,56	8,56			
H ₂ SO ₄				18,32		18,32		18,32		18,32				18,32	18,32			
C ₆ H ₁₀							752,14	45,13		45,13		45,13	45,13					
O ₂								93,93		93,93	93,93							
C ₆ H ₁₀ O ₄								1258,84		1258,84		1258,84		1258,84		1258,84		1258,84
Total	2744,42	1829,61	45,84	18,69	10,07	4648,64	752,14	5400,79	45,84	5354,94	93,93	5261,02	3792,34	1468,68	143,59	1325,09	62,46	1262,63

	JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA 2018	
	Disusun Oleh : 1. Maula Khaironi Nur 2. Nabila Kusumaningtyas	(14521034) (14521040)
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Tuankul M. Amin, M. Sc 2. Tintin Mutiara, S.T.M. Eng		