

TUGAS AKHIR

JUDUL
PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM
SITRAT DARI MOLASES
KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Sarjana Strata Satu (S1)
pada Jurusan Teknik Industri (Program Studi Teknik Kimia)
di Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar



DISUSUN OLEH :

SAMSIDAR : 4598 044035/9981111010001
A. INDRAWATI : 4595 044003/9951111010096
MARWAH : 4596 044012/9961111010210

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
(PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA)
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS "45"
MAKASSAR
2001

HALAMAN PENGESAHAN

Berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar, Nomor : 389 / SK / FT / U-45 / X / 01, tanggal 31 Oktober 2001 tentang panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :

Pada Hari / Tanggal : Jum'at / 2 Nopember 2001

Skripsi atas nama :

1. SAMSIDAR 4598044035 / 9981111010001
2. A. INDRAWATI 4595044003 / 9951111010096
3. MARWAH 4596044012 / 9961111010210

JUDUL : PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SITRAT DARI MOLASES KAPASITAS 55.000 TON / TAHUN

Telah diseminarkan pada tanggal 2 Nopember 2001 dan perbaikan telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Penguji Seminar Tugas Akhir yang terdiri dari :

1. Ir. Abdul Hayat Kasim, MS (Ketua) (.....)
2. Ir. Mahyati (Sekretaris) (.....)
3. Ir. Zulmanwardi, MS (.....)
4. Ir. Bambang. V. L, MS (.....)
5. Ir. Irwan Sofia, MS (.....)
6. Ir. A. Zulfikar (.....)

Diketahui:
PEMBIMBING UTAMA

Ir. Abdul Hayat Kasim, MS

PEMBIMBING I

Ir. Zulmanwardi, MS

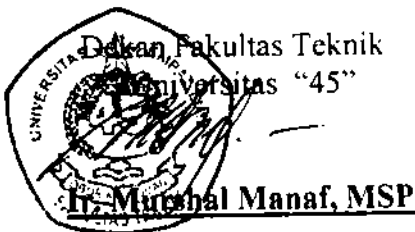
PEMBIMBING II

Ir. Mahyati

Disahkan

Ketua Jurusan Teknik Industri
Uniyetsitas "45"

Ir. A. Zulfikar Syaiful



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas "45" Makassar Nomor :726/01/U-45/XI/2001 tentang Panitia Dan Penguji Tugas Akhir, maka

Pada Hari / Tanggal : Sabtu, 1 Desember 2001

Skripsi Atas Nama : 1. Samsidar : 4598044035 / 9961111010001
2. A. Idrawati : 4595044003 / 9951111010096
3. Marwah : 4596044012 / 9961111010210

Judul Skripsi : PRA RANCANGAN PABRIK ASAM SITRAT DARI
MOLASES KAPASITAS 55.000 TON / TAHUN.

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Skripsi Sarjana Negara Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar. Setelah dipertahankan di depan Penguji Skripsi Sarjana Negara untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana jenjang Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik Industri (Program Studi Teknik Kimia) Universitas "45" Makassar

PENGAWAS UMUM

1. DR. Andi Jaya Sose, SE, MBA
(Rektor Universitas "45" Makassar)



TIM PENGUJI

Ketua : Ir. Bambang V. L., MS.

Sekretaris : Hamsina, ST.

Anggota : Ir. Irwan Sofia, MS.

Ir. Mandasini

Ex. Officio : Ir. Abdul Hayat Kasim, MS.

Ir. Zulmanwardi, MSI.

Mahyati, ST.



(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Disahkan,
Rektor Universitas "45"
Makassar


DR. ANDI JAYA SOSE, SE, MBA.

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Fak. Teknik Univ. "45"



IR. ARZANIKAR SYAIFUL

LEMBAR PENGESAHAN I

**PRA RANCANGAN PABRIK ASAM
SITRAT DARI MOLASES
KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh :


SAMSIDAR : 4598 044035/9981111010001

A. INDRAWATI : 4595 044003/9951111010096

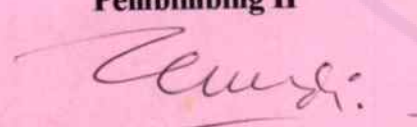
MARWAH : 4596 044012/9961111010210

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I


(Ir. Abdul Hayat Kasim, MS)

Pembimbing II


(Ir. Zulmanwardi, MS)

Pembimbing III


(Ir. Mahyati)

LEMBAR PENGESAHAN II
PRA RANCANGAN PABRIK ASAM
SITRAT DARI MOLASES
KAPASITAS 55.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :

SAMSIDAR : 4598044035/9981111010001
A. INDRAWATI : 4595044003/9951111010096
MARWAH : 4596044012/9961111010210

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I

(Ir. Abdul Hayat Kasim, MS)

Pembimbing II

(Ir. Zulmanwardi, MS)



Pembimbing III

(Ir. Mahyati)

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas "45"



(Ir. Murshal Manaf, MSP)

Ketua Jurusan
Teknik Industri

(Ir.A.Zulfikar Syaiful)

KATA PENGANTAR

Dengan iringan doa kita panjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa berkenan melimpahkan anugerah-Nya berupa kehidupan, kesejahteraan, kesehatan, serta "iman" dan "ilmu", sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "*Prarancangan Pabrik Asam Sitrat Dari Molases Kapasitas 55.000 Ton/Tahun*" yang mulia ini, semoga dapat melengkapi sebagian persyaratan dalam penilaian akhir untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas "45" Makassar.

Kami menyadari pula bahwa dengan uluran tangan, bimbingan, dan bantuan dari Ibu dan Bapak dosen sehingga Tugas Akhir ini dapat kami selesaikan. Oleh karena itu lewat kesempatan yang "mulia" ini kami menyatakan terima kasih kepada :

1. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
2. Bapak Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas "45" Makassar.
3. Bapak Ir. Abdul Hayat Kasim, MS, selaku Pembimbing Utama
4. Bapak Ir. Zulmanwardi, MS, selaku Pembimbing Kedua
5. Bapak Ir. Mahyati, selaku Pembimbing Ketiga
6. Bapak dan Ibu dosen serta karyawan di Jurusan dan di FT - Universitas "45"
7. Bapak Ir. Said Hi Abbas, yang ikhlas membantu meminjamkan buku-buku yang kami butuhkan dalam proses penyelesaian tugas ini
8. Dan seluruh pihak yang telah membantu secara langsung atau tidak langsung selama proses penyusunan hingga penyelesaian tugas ini.

Terkhusus kepada Ayah dan Bunda serta saudara-saudara kami dengan segala ketabahan, kesabaran dan kasih sayang dengan senantiasa mengiringi do'a kepada

Tuhan Yang Maha Esa. Terimalah persembahan karya ini sebagai ucapan terimah kasih dan rasa syukur.

Kepada Tuhan Yang Maha Esa yang menjadi sumber pertolongan, perlindungan, dan tumpuan harapan. Semoga "ilmu" yang kami peroleh mendapat berkah-Nya dan nilai sebagai perwujudan "ibadah amal jariah" serta dapat kami amalkan kepada keluarga khususnya, dan masyarakat pada umumnya.

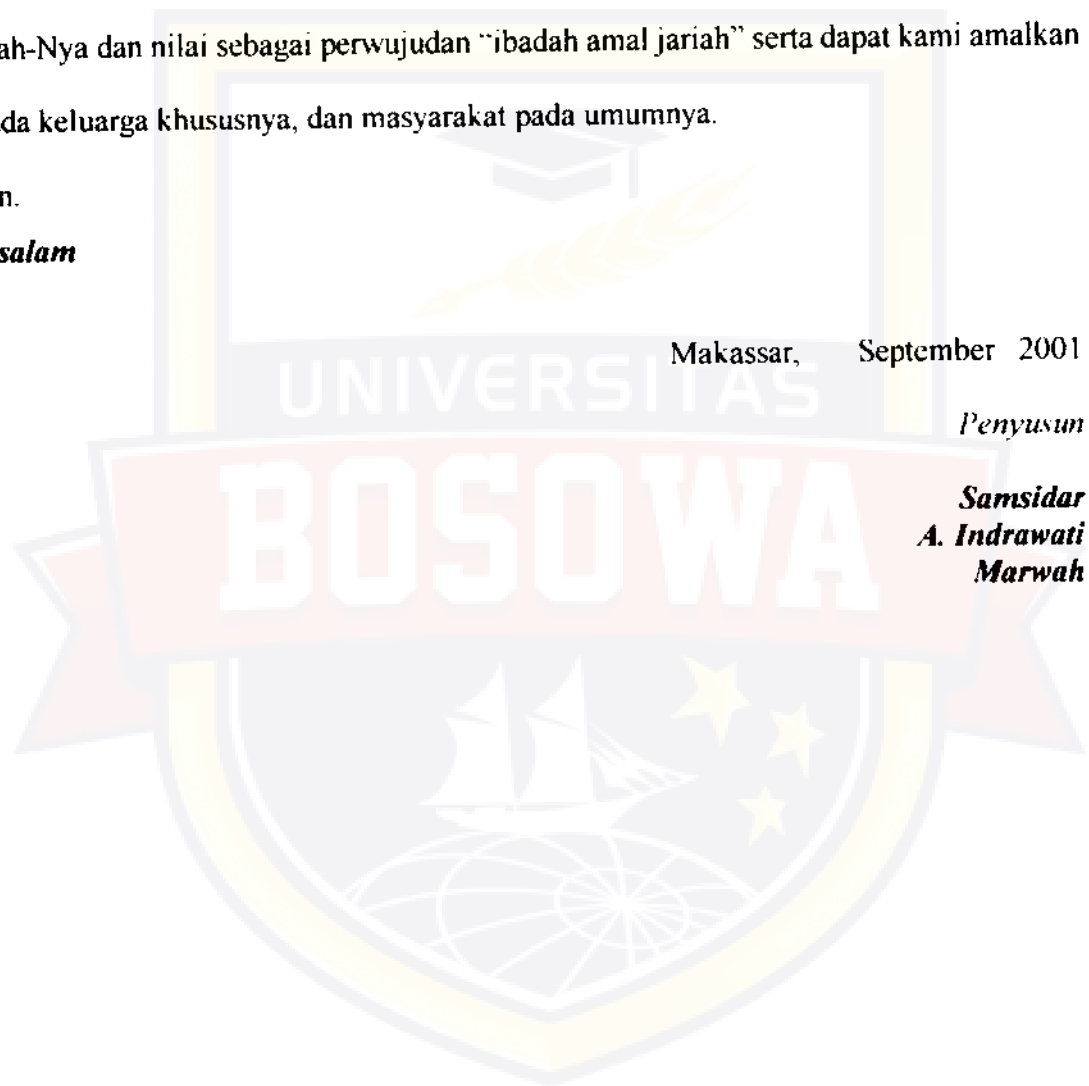
Amin.

Wassalam

Makassar, September 2001

Penyusun

***Samsidar
A. Indrawati
Marwah***



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

DAFTAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

INTISARI

BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Penggunaan Asam Sitrat.....	3
1.3 Sifat-Sifat Fisik dan Kimia Asam Sitrat.....	4
BAB II PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES	1
2.1. Macam-macam Proses.....	1
2.2. Uraian Proses.....	3
BAB III. NERACA MASSA	1
3.1. Neraca Massa Total	2
3.2. Neraca Massa Tiap Alat.....	2
BAB IV. NERACA PANAS	1
4.1. Neraca Panas Total	1
4.2. Neraca Panas Tiap Alat.....	1
BAB V. SPESIFIKASI PERALATAN	1
BAB VI. PERENCANAAN ALAT UTAMA	1
6.1. Perhitungan Volume Reaktor.....	1
6.2. Dimensi Reaktor	2
6.3. Perencanaan Pengaduk	7
6.4. Perencanaan Coil	13
6.5. Perancangan Nozzle.....	17
BAB VII. UTILITAS	1
7.1 Unit Penyediaan Air.....	1
7.2 Unit Penyediaan Listrik	5
7.3 Spesifikasi Alat Utilitas	7
BAB VIII. INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA	1
8.1 Instrumentasi.....	1
8.2 Keselamatan Kerja.....	5

BAB IX. LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	1
9.1 Lokasi Pabrik.....	1
9.2 Tata Letak Pabrik.....	6
BAB X. SISTEM ORGANISASI PERUSAHAAN	1
10.1 Bentuk Perusahaan.....	1
10.2 Sistem Organisasi Perusahaan	2
10.3 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab.....	4
10.4 Jadwal dan Jam Kerja	10
10.5 Jaminan Sosial	12
10.6 Perincian Jumlah Tenaga Kerja.....	13
10.7 Status Karyawan dan Sistem Upah.....	15
10.8 Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja.....	16
BAB XI. ANALISIS EKONOMI	1
11.1 Total Capital Investment.....	1
11.2 Total Ongkos Produksi	2
11.3 Penaksiran Harga Alat	4
11.4 Analisa Ekonomi.....	8
BAB XII. KESIMPULAN	1
12.1 Tinjauan Dari Segi Teknik.....	1
12.2 Tinjauan Dari Segi Ekonomi	2
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA	
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS	
LAMPIRAN C SPESIFIKASI PERALATAN	
LAMPIRAN D ANALISA EKONOMI	

INTISARI

Asam Sitrat dapat di produksi dengan cara menfermentasikan glukosa yang berasal dari molases. Untuk pembuatan Asam Sitrat dibutuhkan kadar gula dalam molases 32 %. Molases di masukkan ke dalam Mixer bersama Asam Sulfat dan Nutrient untuk disterilisasikan pada temperatur 120°C kemudian dialirkan masuk fermentor untuk difermentasikan kemudian ke pengendapan dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan pemanasan pada temperatur 95 °C. Kemudian ke tangki acidulator lalu ke evaporator dan diteruskan ke kristalisasi.

Produk akhir kristal Asam Sitrat di pisahkan dengan jalan centrifuge lalu dikeringkan dengan Rotary Dryer selanjutnya kristal Asam Sitrat didinginkan dalam tangki penampung produk lalu kebagian pengepakan.

Dari hasil perhitungan kelayakan ekonomi di peroleh :

1. ROI sebelum pajak	= 75,35 %
sesudah pajak	= 45,21 %
2. POT sebelum pajak	= 1,2 tahun
sesudah pajak	= 2 tahun
3. BEP	= 42,35 %
4. IRR	= 30,18 %

Adapun Total Investment (TCI)	
Direct Cost (biaya langsung)	= 140.974.217.064
Indirect Cost (biaya tidak langsung)	= 98.681.951.944
- FCI	= 266.284.632.231
- TCI	= 313.276.037.919
- WCI 15% TCI	= 39.492.694.835
- 40% modal sendiri	
- 60 % kredit bank	

Maka dapat disimpulkan bahwa pabrik Asam Sitrat dapat didirikan di Indonesia khususnya Kawasan Indonesia Timur. melihat perkembangan kebutuhan konsumen.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara sedang berkembang. Tingkat pertumbuhan ekonomi tercatat sebelum krisis yaitu 7 % dan bergerak naik hingga mencapai dua digit. Di akhir tahun 1997, Indonesia bersama negara – negara tetangga lainnya mengalami krisis yang diawali dengan krisis moneter (melemahnya nilai tukar Rupiah terhadap Dolar AS). Pertumbuhan ekonomi Indonesia pun mengalami penurunan drastis hingga mencapai angka minus (-), angka inflasi mengalami kenaikan hingga mencapai di atas 20 %.

Di bidang industri, terutama industri yang mempunyai bahan baku utama kebanyakan diimpor sangat merasakan dampak dari krisis tersebut. Banyak industri gulung tikar terkecuali industri yang berorientasi ekspor yang masih bisa bertahan. Diikuti dengan meningkatnya angka PHK, dan angka pengangguran.

Industri kimia di Indonesia perlu dikembangkan, mengingat bangsa Indonesia cukup kaya dengan bahan baku yang diperlukan dalam industri tersebut. Perkembangan industri hilir dan juga industri bahan setengah jadi (*mid stream*) yang pesat selama ini, merupakan pendorong dibangunnya unit – unit (*up stream*). Hal ini merupakan sifat umum dari industri kimia pada umumnya, dan perkembangan pada suatu sektor akan mempengaruhi sektor yang lain, sehingga secara langsung ataupun tidak langsung akan mempengaruhi kebutuhan produk industri hilirnya. Dengan demikian, kebutuhan bahan baku atau penyediaan bahan baku dalam sektor industri ini saling terkait.

Asam sitrat merupakan salah satu senyawa kimia organik produk Industri kimia yang digunakan sebagai bahan baku pada beberapa sector Industri hilir lainnya. Perkembangan sector Industri yang menjadikan Asam sitrat sebagai bahan baku /bahan aditif, tentunya akan mempengaruhi permintaan Asam sitrat atau sebaliknya perkembangan Industri Asam sitrat ada kemungkinan merangsang tumbuhnya sector industri kimia lainnya yang memerlukan Asam sitrat sebagai bahan bakunya.

Untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri yang kebanyakan di Impor, maka dianggap perlu untuk dibangun Industri yang produksinya baik sebagai bahan baku (produk antara) maupun yang berorientasi ekspor. Dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, menampung tenaga kerja guna menekan angka pengangguran serta meningkatkan pendapatan masyarakat dan negara sehingga dengan demikian diharapkan perekonomian kita semakin mantap dan stabil.

Pada awalnya Asam sitrat diperoleh dari sari buah - buahan seperti ; jeruk, nenas, dan pear. Asam sitrat diperoleh dengan cara pengkristalan yang dilakukann oleh *Scheele* Tahun 1784, pada Tahun 1893 *Wehmer* menemukan cara pembuatan Asam sitrat dengan cara fermentasi dengan menggunakan jamur *Cytromyces pfefferianus* dan *Cytromyces glaber*, terakhir kali *Wehmer* membuat Asam sitrat dengan menggunakan jamur *Penicillium luteum* dan *Mucor piriformis*. Pada Tahun 1917, *Currie* dari *US Departement of Agriculture* menulis hasil yang menyatakan bahwa strain dari *Aspergillus niger* adalah jamur yang paling baik digunakan untuk menghasilkan Asam sitrat dengan cara fermentasi.

Molases sebagai bahan baku untuk menghasilkan *Asam Sitra* tidak perlu lagi pengolahan awal dan pemisahan awal seperti bahan baku lainnya, lagi pula mudah didapatkan mengingat bahan baku ini yaitu tetes yang merupakan hasil samping dari proses pengolahan gula.

1.2 Penggunaan Asam Sitrat

Penggunaan Asam sitrat didasarkan pada sifat-sifat sebagai berikut :

- Mempunyai daya larut yang tinggi,
- Mempunyai tiksistitas yang rendah,
- Mudah berasimilasi,
- Mencegah koagulasi,

Penggunaan Asam sitrat dalam Industri Makanan:

- Dalam pembuatan candy, Asam sitrat digunakan untuk menambah rasa harum,
- Sebagai pengatur pH pada proses pembuatan gelatin (makanan yang berupa agar-agar),
- Untuk pengasaman dalam pembuatan minuman beruap,
- Sebagai anti oksidan untuk menghindari adanya bau yang tidak sedap pada makanan kaleng

Penggunaan Asam sitrat dalam Industri Farmasi :

- Memberi rasa asam dan bau harum pada obat-obatan sirup,
- Dengan Sodium bicarbonat, Asam sitrat digunakan dalam pembuatan effervescent powder atau effervescent tablet untuk membebaskan karbon dioksida bila tablet/powder ditambah air.

Penggunaan Asam sitrat dalam Industri yang lain :

- Penambah asam dalam pembuatan shampoo,
- Bahan baku pembuatan Alkyl resin, cat, pernis, dan bahan perekat,
- Asam sitrat dengan garam diamoniumnya mudah melarutkan senyawa-senyawa metalis dan digunakan dalam pembersihan kerak/karat dari besi,
- Bahan kimia dalam analisa quality control,
- Bahan kimia dalam analisa – analisa di laboratorium.

1.3 Sifat – Sifat Fisika dan Kimia Asam Sitrat

Sifat – sifat Fisika

- BM monohydrate ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) = 210,14. Pada pemanasan 70 – 75 °C air kristalnya akan terlepas. Dalam udara biasa (humidity normal) Asam sitrat monohydrate stabil. Kristla monohydrate mempunyai titik lebur antara 135 – 152 °C. Bila kristal dipanaskan dengan cepat maka akan melebur pada 100 °C.
- BM anhydrous ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) = 192,12. Kristal anhydrate Asam sitrat adalah kristal yang dihasilkan dari pemekatan larutan Asam sitrat dalam air dengan pemanasan. Kristal anhydrate Asam sitrat ini tidak berwarna (bening). Rata-rata suhu peralihan dari monohydrate ke anhydrate adalah $36,3 \pm 0,15$ °C. kristal anhydrate mempunyai titik lebur 153 °C dan specific gravity 1,665.
- Asam sitrat adalah asam organik kuat. Hal ini ditunjukkan oleh disosiasi dari atom hydrogen yang pertama adalah $8,2 \times 10^{-4}$ pada 18 °C. disosiasi atom hydrogen yang kedua adalah $1,77 \times 10^{-5}$ dan $3,9 \times 10^{-6}$.
- Moleculer refraktivty dari kristal monohydrate adalah sebesar 67,11

- Refraksi index n_D^{20} adalah 1,493; 1,498 dan 1,509.
- Pembakaran pada 20 °C adalah 471,4 kcal/g.mol (untuk monohydrate), dan 474,5 kcal/g.mol (untuk anhydrate).
- Tegangan permukaan adalah 69,51 dyne/cm pada 30 °C.
- Cooficient of electrical conductivity pada 25 °C adalah 8×10^{-4} .
- Asam sitrat anhydrate tidak larut dalam cloroform, benzen, carbon disulfida, carbon tetrachloride dan toluene.
- Density dari larutan Asam sitrat dapat dilihat dalam tabel di bawah ini:

KERAPATAN DARI LARUTAN ASAM SITRAT DALAM AIR

Asam sitrat Monohydrate % berat	15 D 15	Konsentrasi	Pelarut
		Gr/liter	Lb/gal
6	1,0227	61,36	0,5121
10	1,0392	103,90	0,8673
16	1,0632	170,10	1,4200
20	1,0805	216,10	1,8030
26	1,1060	286,60	2,400
30	1,1244	337,30	2,8150
36	1,1515	414,50	3,4600
40	1,1709	468,40	3,9090

KELARUTAN ASAM SITRAT DALAM AIR

Temperatur (°C)	Asam sitrat (% berat)	FASA PADAT
10	54,0	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
20	59,2	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
30	64,3	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
40	68,6	$C_6H_8O_7$
50	70,9	$C_6H_8O_7$
60	73,5	$C_6H_8O_7$
70	76,2	$C_6H_8O_7$

PENURUNAN TITIK BEKU DAN KENAIKAN TITIK DIDIH
DARI LARUTAN ASAM SITRAT DALAM AIR

Konsentrasi (Mol/1000 gr H ₂ O)	Penurunan Titik Beku (°C)	Kenaikan Titik Didih (°C)
0,01	0,023	
0,05	0,042	
0,10	0,203	
0,50	0,965	0,284
1,00	1,94	0,577
2,00	1,00	1,214
5,00		3,152
10,00		8,39
20,00		16,6

Sifat – Sifat Kimia

Asam sitrat (I) bila dipanaskan sampai 175 °C akan terurai menjadi Asam aconitic (II) dengan menghilangkan H₂O dan akan terbentuk Asam acetone dicarboxilat (III) dengan menghilangkan CO₂ dan H₂O, Asam acetone dicarboxilat akan terurai menjadi Aceton (IV) dan CO₂.

Pada pemanasan cepat sehingga mencapai temperatur tinggi, Asam aconitic berubah menjadi Asam itaconic anhydrate (V) dengan menghilangkan CO₂. Sebagian dari itaconic anhydrate menjadi citraconic anhydrate (VI). Di atas 175 °C Asam sitrat berubah menjadi minyak ditilasi dimana kristalnya sebagai Asam isotonic. Bila dipanaskan terus akan menghasilkan minyak citaconik, bila dipanaskan terus akan menghasilkan minyak citaconic anhydrate. Citraconic acid (VII) dibentuk dengan penambahan H₂O pada anhydrate citraconic dan juga dibentuk oleh penyusunan baru molekuler dari asam itaconic.

Asam mesaconic (VIII) bisa juga dibentuk oleh penyusunan baru molekuler dari asam itaconic atau dengan pemanasan asam citraconic dalam sedikit air pada 200 °C. Hydrogenasi dari Asam sitrat atau asam aconitic menghasilkan asam tricarboxilat (IX) reduksi dari itaconic, citraconic, atau mesaconic menghasilkan asam succinat (X).



BAB II

PEMILIHAN PROSES DAN URAIAN PROSES

2.1 Macam - Macam Proses

Pada pembuatan Asam sitrat dikenal dua macam proses, yaitu .

1. Proses Ekstraksi
2. Proses Fermentasi

2.1.1 Proses Ekstraksi

Proses ini merupakan metode tradisional untuk mendapatkan Asam sitrat. Asam sitrat diperoleh dengan cara mengekstraksi buah - buahan dari species citrus seperti jeruk, lemon, nenas, dan lain-lain.

2.1.2 Proses Fermentasi

Proses fermentasi dikenal ada dua, yaitu :

1. *Surface Culture Process*
2. *Submerged Growth Process.*

Surface Culture Process

Dalam proses ini, larutan gula diinokulasi dengan spora *Aspergillus niger* dalam suatu shallow aluminium atau stainless steel pan dan udara dimasukkan ke dalam larutan yang ditambahkan sumber nitrogen yang berasimilasi yaitu: fospat, sulfat, ion-ion magnesium.

Bila sumber nitrogen yang digunakan adalah garam ammonium dari asam-asam mineral, maka residu dari asam-asam mineral ini lebih lambat berasimilasi bila dibandingkan dengan ion ammonium dan asam-asam mineral ini berguna sebagai penambah asam. Dalam waktu 24 jam sesudah inokulasi, jamur akan mulai membentuk mycelium tidak berspora yang mengapung di atas permukaan larutan. Bila terjadi sporulasi, maka hasil asam sitrat yang didapat akan berkurang. Sesudah 48 jam, larutan Asam sitrat yang terbentuk dipisahkan dari myceliumnya.

Blackstrap molasses kurang baik untuk menghasilkan Asam sitrat dengan surface culture process kecuali dengan pematangan lebih dahulu. Beet molasses merupakan carbohydrate yang paling baik untuk *surface culture process*.

Submerged Growth Process.

Mineral nutrient yang dibutuhkan untuk submerged growth process sama dengan yang dibutuhkan untuk *surface culture process*. Dalam menghasilkan Asam sitrat dengan submerged growth process, larutan yang akan difermentasikan diinokulasi dengan spora *Aspergillus niger* dalam suatu deep tank dan udara ditiupkan dari bawah melalui pipa aerasi di bawah bagian tangki. Mycelium yang terbentuk akan tersuspensi di dalam larutan. Setelah 48 jam mycelium tersebut disaring dan Asam sitrat dapat diperoleh dari larutan tersebut.

Adapun perbedaan antara *surface culture process* dengan *submerged growth process*, yaitu :

Pada *surface culture process* :

- Larutan difermentasikan dalam swallow aluminium atau stainless steel pan.

- Udara ditupkan pada permukaan larutan
- Bahan baku yang digunakan adalah beet molasses.

Pada *submerged growth process* :

- Larutan difermentasikan dalam suatu deep tank.
- Udara ditupkan dari bawah.
- Bahan baku yang digunakan bisa berupa beet molasses ataupun black strop molasses.

Untuk Prarancangan Pabrik Asam Sitrat ini, dipilih submerged growth process dimana bahan baku yang digunakan dapat berupa beet molasses maupun black strop molasses lebih mudah didapatkan dan fermentasi dilakukan dalam suatu deep tank.

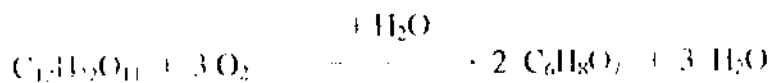
2.2 Uraian Proses

Molases dengan kadar gula 35% diencerkan menjadi 20%, pH molases diturunkan dari 5,5 menjadi 3,0 dengan penambahan H_2SO_4 (95%) ke dalam tangki pencampur (Mixer). Penambahan nutrient untuk pertumbuhan mikroorganisme dengan komposisi sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------|---------|
| - NH_4NO_3 | 64,45 % |
| - KH_2PO_4 | 28,90 % |
| - $MgSO_4 \cdot 11H_2O$ | 6,65 % |

Dalam tangki pencampur larutan tersebut disterilkan dengan cara pemanasan pada temperatur 120 °C. Kemudian larutan didinginkan dengan melewati ke dalam alat pendingin (cooler) hingga temperatur 30 °C, selanjutnya larutan difermentasikan dalam tangki fermentasi (fermentor). Proses fermentasi dilaksanakan selama 48 jam

dengan menggunakan jamur *Aspergillus niger* pada temperatur 30 °C. Reaksi yang terjadi dalam fermentor adalah :



Kemudian larutan dialirkan ke tangki pengendapan yakni precipitator dengan penambahan $Ca(OH)_2$ 15 "Be disertai dengan pemanasan pada temperatur 203 °F. Reaksi yang terjadi adalah :



Dalam reaksi tersebut di atas, kalsium sitrat dan kalsium oksalat mengendap. Endapan kalsium sitrat dan kalsium oksalat ini dipisahkan dalam rotary drum vacuum filter. Filter ekenya kemudian dialirkan ke tangki acidulator lalu ditambahkan H_2SO_4 (95 %) disertai pengadukan.



Dalam reaksi tersebut kalsium sulfat mengendap dan dipisahkan dari larutan Asam sitrat dan lauran Asam oksalat dengan jalan disaring melalui filter press. Campuran larutan Asam sitrat dan larutan asam oksalat yang keluar dari acidulator dialirkan ke dalam evaporator.

Dalam evaporator diharapkan larutan asam oksalat akan menguap seluruhnya dan larutan Asam sitrat bisa mencapai kekentalan 40°Be , dengan suhu penguapan 70°C .

Larutan dari evaporator dialirkan ke tangki purifier lalu ditambahkan zat karbon aktif untuk menghilangkan zat-zat warna yang terdapat dalam larutan Asam sitrat, selanjutnya dialirkan ke filter press. Filtrat (larutan asam sitrat) dimasukan ke dalam kristalizer untuk pengristalan, mekanisme kristalisasi ini berlangsung pada suhu 30°C . Kristal asam sitrat monohydrate yang terbentuk dipisahkan dari larutan induknya dengan jalan pemutaran (Centrifuge). Kristal yang keluar dari centrifuge dibawah ke alat pengering (dryer) untuk dikeringkan, selanjutnya kristal asam sitrat yang diinginkan sebagai produk ditampung dalam tangki penampung produk lalu ke bagian pengepakan.

BAB III NERACA MASSA

Kapasitas yang direncanakan : 55.000 ton/tahun
 : 166,6666 ton/hari
 : 6,9444 ton/jam
 : 6944,4444 kg/jam

Basis 1 jam operasi, 1000 kg molases

Komposisi molases :

KOMPONEN	KADAR (%)	JUMLAH (KG)
Air	48	480
Sukrosa	23	230
Glukosa	3	30
Fruktosa	6	60
Zat ikutan	20	200
	100 %	1000 kg

Untuk pembuatan asam sitrat 1 ton dibutuhkan :

Molases = 8000 lb/jam = 151,1716 kg/jam

Nurient = 20 lb/jam = 0,3779 kg/jam

H₂SO₄ = 1400 lb/jam = 26,4550 kg/jam

Zat ikutan = Abu, N₂, P₂O₅, CaO, K₂O, MgO

Nurient = NH₄.NO₃, KH₂PO₄, MgSO₄, H₂O

2. Fermentor (FR - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 5 :</i>		<i>Aliran 7:</i>	
Molases	18587,7004	Molases	12091,9638
Air	24982,2251	Air	26023,6391
Nutrient	105,6119	Nutrient	105,6119
H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683	H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683
<i>Aliran 6:</i>		Yeast	1990,7850
O ₂	1907,4787	(COOH) ₂	236,5707
Yeast	1990,7850	C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
Total	53488,0694		53488,0694

3. Precipitator (PR - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 7:</i>		<i>Aliran 9:</i>	
Molases	12091,9638	Tetes	12091,9638
Air	26023,6391	Nutrient	105,6119
Nutrient	105,6119	H ₂ SO ₄	5914,2683
H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683	Air	52567,0352
Yeast	1990,7850	Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	9240,5335
(COOH) ₂	236,5707	CaC ₂ O ₄	336,4562
C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306	Yeast	1990,7850
<i>Aliran 8:</i>			
Ca(OH) ₂	4313,7877		
Air	24444,7968		
Total	82246,6539		82246,6539

3.1 Neraca Massa Total

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
Molases	33795,8190	Buangan	
Nutrient	105,6119	RDVF	63858,4233
H ₂ SO ₄	5914,2683	F.P. I	8366,5948
Yeast	1990,7850	F.P. II	369,5707
O ₂	1907,4787	Evaporator	6787,7623
Ca(OH) ₂	4313,7877	Centrifuge	1722,1608
Karbon aktif	280,5053	Hasil	
H ₂ SO ₄	4821,7650	C ₆ H ₈ O ₇ .H ₂ O	6944,4444
Air dlm H ₂ SO ₄	850,8997	H ₂ O	150,8677
Air dlm Ca(OH) ₂	24444,7968		
Air pengenceran	9462,8293		
Air dlm H ₂ SO ₄	311,2773		
Total	88199,8239		88199,8239

3.2 Neraca Massa Tiap Alat

1. Mixer (M - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
Aliran 1 :		Aliran 5 :	
Molases	33795,8190	Molases	18587,7004
Aliran 2 :		Air	24982,2252
Air pengenceran	9462,8293	Nutrient	105,6119
Aliran 3 :		H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683
Nutrient	105,6119		
Aliran 4 :			
H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683		
Air dalam H ₂ SO ₄	311,2773		
Total	49589,8058		49589,8058

4. Rotary Drum Vacuum Filter (RDVF - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 9:</i>		<i>Aliran 10 (Filtrat):</i>	
Tetes	12091,9638	Tetes	12091,9638
Nutrient	105,6119	Nutrient	105,6119
H ₂ SO ₄	5914,2683	H ₂ SO ₄	5023,1794
Air	52567,0352	Air	44646,8831
Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	9240,5335	Yeast	1990,7850
CaC ₂ O ₄	336,4562		63858,4233
Yeast	1990,7850	<i>Aliran 11 (Cake):</i>	
		Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	9240,5335
		CaC ₂ O ₄	336,4562
		H ₂ SO ₄	891,0890
		H ₂ O	7920,1521
			18388,2306
Total	82246,6539		82246,6539

5. Acidulator (AC - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 11 :</i>		<i>Aliran 13 :</i>	
Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	9240,5335	C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
CaC ₂ O ₄	336,4562	(COOH) ₂	236,5707
H ₂ SO ₄	891,0890	H ₂ O	8771,0518
H ₂ O	7920,1521	CaSO ₄	7928,0422
	18388,2306		
<i>Aliran 12 :</i>			
H ₂ SO ₄	4821,7650		
H ₂ O	850,8997		
	5672,6647		
Total	24060,8953		24060,8953

6. Filter Press (FP - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 13 :</i>		<i>Aliran 14 (Cake):</i>	
C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306	H ₂ O	438,5526
(COOH) ₂	236,5707	CaSO ₄	7928,0422
H ₂ O	8771,0518		
CaSO ₄	7928,0422	<i>Aliran 15 (Filtrat) :</i>	
		C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
		(COOH) ₂	236,5707
		H ₂ O	8332,4992
Total	24060,8953		24060,8953

7. Evaporator (EV - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 15 :</i>		<i>Aliran 16 :</i>	
C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306	H ₂ O	6551,1915
(COOH) ₂	236,5707	(COOH) ₂	236,5707
H ₂ O	8332,4992		
		<i>Aliran 17 :</i>	
		C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
		H ₂ O	1781,3077
Total	15694,3005		15694,3005

8. Purifier (PR - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 17 :</i>		<i>Aliran 18 :</i>	
C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306	C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
H ₂ O	1781,3077	H ₂ O	1781,3077
		K. Aktif	280,5053
K. Aktif	280,5053		
Total	9187,0436		9187,0436

9. Filter Press (FP - 02)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 18 :</i>		<i>Aliran 19 (Cake) :</i>	
C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306	H ₂ O	89,0654
H ₂ O	1781,3077	K. aktif	280,5053
K. Aktif	280,5053		
		<i>Aliran 20 (Filtrat) :</i>	
		C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
		H ₂ O	1692,2423
Total	9187,0436		9187,0436

10. Kristalizer (KR - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 20 :</i>		<i>Aliran 21 :</i>	
C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306	C ₆ H ₈ O ₇ .H ₂ O	6930,5833
H ₂ O	1692,2423	C ₆ H ₈ O ₇	788,6973
		H ₂ O	1098,1923
Total	8817,4729		8817,4729

11. Centrifuge (CF - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 21 :</i>		<i>Aliran 22 :</i>	
$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	6930,5833	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	6930,5833
$C_6H_8O_7$	788,6973	H_2O kristal	164,7288
H_2O	1098,1923		
		<i>Aliran 23 :</i>	
		$C_6H_8O_7$	788,6973
		H_2O keluar	933,4635
Total	8817,4729		8817,4729

12. Dryer (DR - 01)

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 22 :</i>		<i>Aliran 24 :</i>	
$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	6930,5833	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	6930,5833
H_2O kristal	164,7288	H_2O kristal	13,8612
			6944,4444
		<i>Aliran 25 :</i>	
		Uap air	150,8676
Total	7095,3121		7095,3121

Kapasitas = 6944,4444 kg/jam

6944,4444 kg/jam

Faktor Pengali = $\frac{6944,4444}{206,3400}$

206,3400

= 33,6554

BAB IV NERACA PANAS

4.1 Neraca Panas Total

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Q Aliran 4	202270,5301	Q pendingin	3095825,4194
Q steam	3112921,1829	Q pendingin	1814601,9821
Q O ₂	68521,0881	Q Filtrat	3241870,7968
Q reaksi	6086680,7211	Q pendingin	3601438,3403
Q Pemanas	16144750,1043	Q reaksi	16879221,7012
Q reaksi	830704,7308	Total	1094752,1582
Q. Pemanas	3479485,8172	Q FP-1	115971,9122
Q K. Aktif	18538,0855	Q FP-2	25087,9985
Q udara	10060,6308	Q pendingin	172147,5525
Q Pemanas	160970,0933	Q Liquid Vapor.	6129,7555
Q Ca(OH) ₂	149492,3416	Q Produk	154923,9782
Q H ₂ SO ₄	41005,0219	Q uap air	36368,0920
		Q pendingin	67060,6606
Total	30305400,3475		30305400,3475

4.2 Neraca Panas Tiap Alat

1. Tangki Pencampur

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Aliran 1		Aliran 5	
Molases	89389,9412	Molases	737467,0147
Aliran 2		Air	1873666,8845
Air	47314,1466	Nutrient	3200,0416
Aliran 3		H ₂ SO ₄ 95%	700857,7722
Nutrient	213,3361		
Aliran 4			
H ₂ SO ₄ 95%	63174,1653		
Air	2178,9410		
Q Pemanas	3112921,1829		
Total	3315191,7130		3315191,7130

2. Cooler

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Molases	737467,0147	Molases	49164,4676
Air	1873666,8845	Air	124911,1256
Nutrient	3200,0416	Nutrient	213,3361
H ₂ SO ₄ 95%	700857,7722	H ₂ SO ₄ 95%	45077,3642
		Q pendingin	3095825,4194
Total	3315191,7130		3315191,7130

3. Fermentor

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Molases	49164,4676	H ₂ SO ₄	4417581,6958
Air	124911,1256	H ₂ O	130118,1957
Nutrient	213,3361	(COOH) ₂	664,6281
H ₂ SO ₄ 95%	45077,3642	C ₆ H ₈ O ₇	11601,6011
O ₂	68521,0881	Q Pendingin	1814601,9821
Q reaksi	6086680,7211		
Total	6374568,1028		6374568,1028

4. Precipitator

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
H ₂ SO ₄	4417581,6958	Q Tetes	351815,6863
H ₂ O	130118,1957	Q nutrient	2346,6972
(COOH) ₂	664,6281	H ₂ SO ₄	508787,6841
C ₆ H ₈ O ₇	11601,6011	Air	2891186,9420
Ca(OH) ₂	27268,3577	Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	174830,8930
H ₂ O	122223,9838	CaC ₂ O ₄	46018,9628
Q Pemanas	16144750,1043	Q reaksi	16879221,7012
Total	20854208,5665		20854208,5665

5. RDVF

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Q Tetes	351815,6863	Filtrat	
Q nutrient	2346,6972	Tetes	351815,6863
H ₂ SO ₄	508787,6841	Nutrient	2346,6972
Air	2891186,9420	H ₂ SO ₄	432129,8355
Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	174830,8930	Air	2455578,5779
CaC ₂ O ₄	46018,9628	Cake	
		Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	174830,8930
		CaC ₂ O ₄	46018,9628
		H ₂ SO ₄	76657,8486
		H ₂ O	435608,3642
Total	3974986,8654		3974986,8654

6. Acidulator

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Ca ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂	174830,8930	C ₆ H ₈ O ₇	93205,6538
CaC ₂ O ₄	46018,9628	(COOH) ₂	9258,6254
H ₂ SO ₄	76657,8486	H ₂ O	306986,8122
H ₂ O	435608,3642	CaSO ₄	100622,5716
H ₂ SO ₄	36750,5234	Q pendingin	1094752,1582
H ₂ O	4254,4985		
Q reaksi	830704,7308		
Total	1604825,8213		1604825,8213

7. Filter Press

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_8O_7$	93205,6538	<i>Cake</i>	
$(COOH)_2$	9258,6254	H_2O	15349,3406
H_2O	306986,8122	$CaSO_4$	100622,5716
$CaSO_4$	100622,5716	<i>Filtrat</i>	
		$C_6H_8O_7$	93205,6538
		$(COOH)_2$	9258,6254
		H_2O	291637,4716
Total	510073,6631		510073,6631

8. Evaporator

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_8O_7$	93205,6538	<i>Uap</i>	
$(COOH)_2$	9258,6254	H_2O	3661624,72859
H_2O	291637,4716	$(COOH)_2$	6874,27235
Q pemanas	3479485,8172	<i>Cair</i>	
		$C_6H_8O_7$	124929,7226
		H_2O	80158,8445
Total	3873587,5680		3873587,5680

9. Purifier

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_8O_7$	124929,7226	$C_6H_8O_7$	123253,1033
H_2O	80158,8445	H_2O	79247,9482
K. Aktif	18538,0855	K. Aktif	21125,6011
Total	223626,6526		223626,6526

10. Filter Press

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_8O_7$	123253,1033	<i>Cake</i>	
H_2O	79247,9482	H_2O	3962,3974
K. Aktif	21125,6011	K. Aktif	21125,6011
		<i>Filtrat</i>	
		$C_6H_8O_7$	123253,1033
		H_2O	75285,5508
Total	223626,6526		223626,6526

11. Kristalizer

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_8O_7$	123253,1033	$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	19437,7020
H_2O	75285,5508	$C_6H_8O_7$	1284,1903
		H_2O	5490,9614
		Q Kristal	178,2480
		Q pendingin	172147,5525
Total	198538,6541		198538,6541

12. Centrifugal

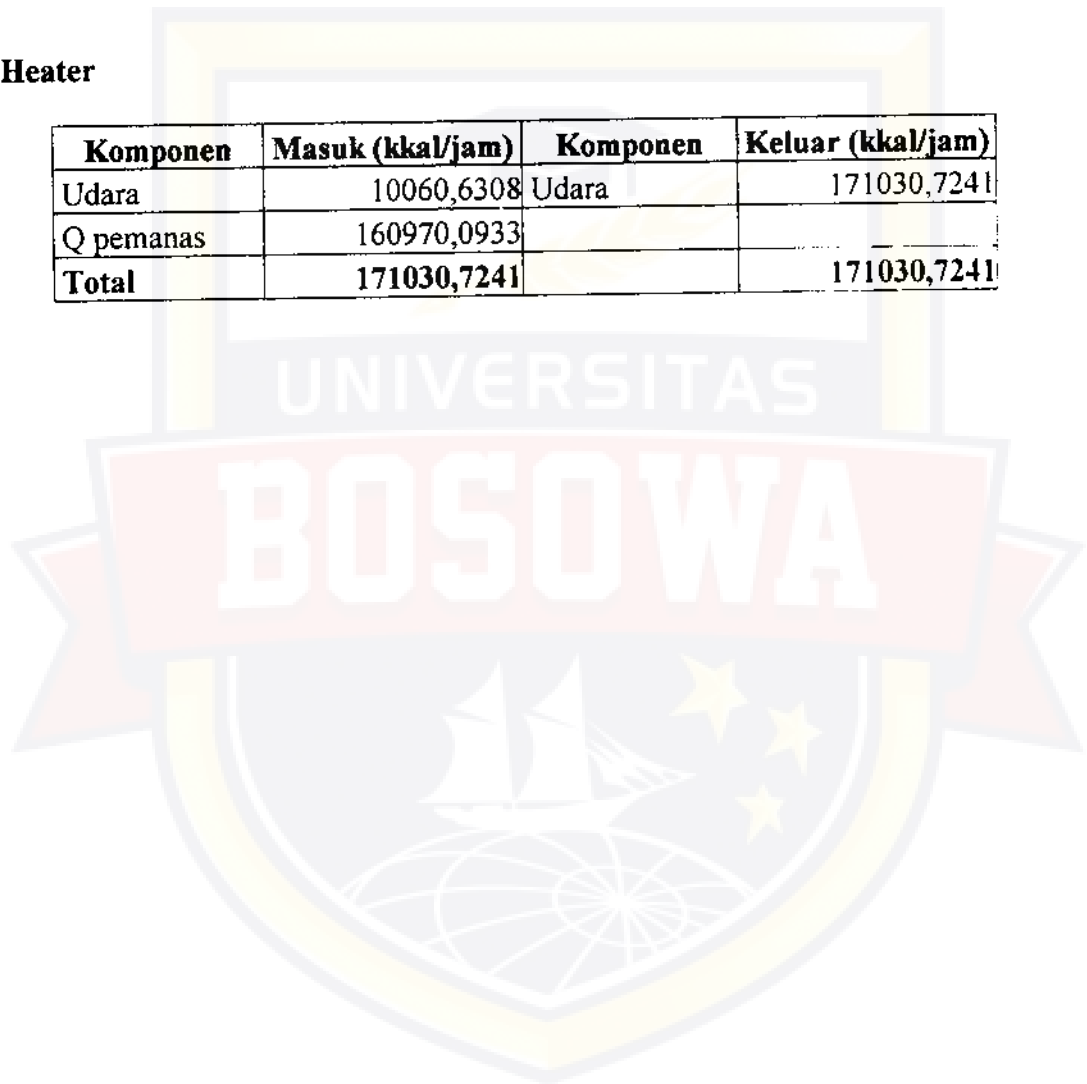
Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	19437,7020	<i>Bawah</i>	
$C_6H_8O_7$	1284,1903	$C_6H_8O_7$	1284,1903
H_2O	5490,9614	H_2O keluar	4667,3172
Q Kristal	178,2480	Q Kristal	178,2480
		<i>Atas</i>	
		$C_6H_8O_7 \cdot H_2O$	19437,7020
		H_2O kristal	823,6442
Total	26391,1016		26391,1016

13. Dryer

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Q ₁	20261,3462	Q ₃	154923,9782
Q ₂	171030,7241	Q ₄	36368,09205
Total	191292,0703		191292,0703

14. Heater

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Komponen	Keluar (kkal/jam)
Udara	10060,6308	Udara	171030,7241
Q pemanas	160970,0933		
Total	171030,7241		171030,7241



BAB V

SPESIFIKASI ALAT

1. Tangki Penyimpan Molases (T - 01)

Fungsi	= Untuk menyimpan Molases
Bentuk	= Silinder tegak dengan tutup dished head dan tutup bawah datar.
Kapasitas	= 1419424,3967 kg
Volume	= 980,3061 m ³
Tinggi	= 15,0000 m
Diameter	= 10,0000 m
Bahan	= Stainless steel SA-301 B.
Tebal silinder	= 7/8 in
Tebal tutup : atas	= 7/8 in

2. Tangki Penyimpan H₂SO₄ (T - 02)

Fungsi	= Untuk menyimpan H ₂ SO ₄
Bentuk	= Silinder tegak dengan tutup dished head dan tutup bawah datar.
Kapasitas	= 1419424,3967 kg
Volume	= 773,9501 m ³
Tinggi	= 14,0000m
Diameter	= 9,1786 m
Bahan	= Stainless steel SA-301 B.

Tebal silinder = 7/8 in

Tebal tutup : atas = 7/8 in

3. Tangki Penyimpan Nutrien (T - 03)

Fungsi = Untuk menyimpan Nutrien

Bentuk = Silinder tegak dengan tutup dished head dan tutup bawah datar.

Kapasitas = 76040,5927 kg

Volume = 40,0390m³

Tinggi = 6,0000 m

Diameter = 4,0000 m

Bahan = Stainless steel SA-301 B.

Tebal silinder = 5/16 in

Tebal tutup : atas = 5/16 in

4. Tangki Pencampur (M - 01)

Fungsi = Untuk Mencampur dan mengencerkan Molases

Bentuk = Silinder tegak dengan tutup dished head dan tutup bawah datar.

Kapasitas = 49589,8058 kg

Volume = 45,9637m³

Tinggi silinder = 5,2500 m

Tinggi tangki = 8,4458 m

Diameter = 3,5 m

Bahan = Stainless steel SA-301 B.

Tebal silinder = 1/4 in

Tebal tutup : atas = 1/4 in

Pengaduk :

Diameter impeller = 1,1307 m

Putaran pengaduk (n) = 20 rpm

Power (P) = 1 Hp

5. Tangki Penyimpanan Ca(OH)_2 (T - 04)

Fungsi = Untuk menyimpan Ca(OH)_2

Bentuk = Silinder tegak dengan tutup dished head dan tutup bawah datar.

Kapasitas = 4313,7877 kg

Volume = 3,8811 m³

Tinggi = 2,2500 m

Diameter = 1,5 m

Bahan = Stainless steel SA-301 B.

Tebal silinder = 3/16 in

Tebal tutup : atas = 3/16 in

Pengaduk :

Diameter impeller = 0,3421 m

Putaran pengaduk (n) = 120 rpm

Power (P) = 0,5 Hp

6. Precipitator (PR)

Fungsi	=	Untk mengendapkan kalsium sitrat dan kalsium oksalat dengan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Bentuk	=	Silinder tegak dengan tutup dished head dan tutup bawah datar.
Kapasitas	=	82246,6539 kg
Volume	=	73,5823 m ³
Tinggi silinder	=	6,0000 m
Tinggi tangki	=	6,6265 m
Diameter	=	4 m
Bahan	=	Stainless steel SA-301 B.
Tebal silinder	=	5/16 in
Tebal tutup : atas	=	5/16 in

7. ACIDULATOR (AD)

Fungsi	=	Untuk melarutkan kalsium sitrat dengan kalsium oksalat dengan penambahan As. Sulfat
Bentuk	=	Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dishead dan tutup bawah datar.
Kapasitas	=	24060,8953 kg
Volume	=	19,1788m ³
Tinggi silinder	=	4 m
Tinggi tangki	=	4,2133 m
Diameter	=	2,5349 m

Bahan = Stainless steel SA-301 B.

Tebal silinder = 1/4 in

Tebal tutup : atas = 1/4 in

Pengaduk :

Diameter impeller = 0,8450 m

Putaran pengaduk (n) = 90 rpm

Power (P) = 3,5 Hp

7. Tangki Penampung Filtrat I

Fungsi = Untuk menampung filtrat yang akan digunakan sebagai umpan pada Evaporator

Bentuk = Silinder tegak, tutup atas berbentuk dishead head dan bawah berbentuk datar

Kapasitas = 15694,3005 kg

Volume = 14,7016m³

Tinggi silinder = 3,7500 m

Tinggi tangki = 4,1455 m

Diameter = 2,5 m

Bahan = Stainless steel SA-301 B.

Tebal silinder = 1/4 in

Tebal tutup : atas = 1/4 in

8. Purifier (PF)

Fungsi	= Untuk menghilangkan warna dari larutan asam sitrat
Bentuk	= Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk dishead dan tutup bawah datar.
Kapasitas	= 9187,0436 kg
Volume	= 7,7123 m ³
Tinggi silinder	= 3,0000 m
Tinggi tangki	= 4,4817 m
Diameter	= 2 m
Bahan	= Stainless steel SA-301 B.
Tebal silinder	= 3/16 in
Tebal tutup : atas	= 3/16 in
<i>Pengaduk :</i>	
Diameter impeller	= 0,6237 m
Putaran pengaduk (n)	= 90 rpm
Power (P)	= 1 Hp

9. Tangki Penampung Filtrat II

Fungsi	= Untuk menampung produk $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
Bentuk	= Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah datar.
Kapasitas	= 9187,0436 kg
Volume	= 990,0721 m ³
Tinggi silinder	= 14,2500 m

Diameter	=	9,5 m
Bahan	=	Stainless steel SA-301 B.
Tebal silinder	=	3/8 in
Tebal tutup : atas	=	3/8 in

10. Tangki Penampung Campuran Kristal

Fungsi	=	Untuk menampung kristal $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$
Bentuk	=	Silinder tegak dengan tutup atas dished head dan tutup bawah datar.
Kapasitas	=	8817,4729 kg
Volume	=	1130,1865 m ³
Tinggi silinder	=	15,0000 m
Diameter	=	10 m
Bahan	=	Stainless steel SA-301 B.
Tebal silinder	=	3/8 in
Tebal tutup : atas	=	3/8 in

11. Rotari Drum Vacuum Filter

Fungsi	=	Untuk memisahkan kalsium sitrat dan kalsium oksalat dari larutan yang keluar dari Pericipitator.
Bentuk	=	Rotary Drum Filter
Panjang Drum	=	10 ft
Diameter Drum	=	4,5 ft
Putaran drum (N)	=	1/3 rpm

Motor penggerak = 2 Hp

12. Kristalizer

Fungsi = Untuk membentuk kristal $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$

Bentuk = Swenson walker crystaliser

Bahan yang masuk = 7125,2306 kg/jam = 15711,1335 lb/jam

Panjang = 10 m

Luas permukaan = 89,9582 ft²

13. Centrifuge

Fungsi = Untuk memisahkan kristal $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ dari larutan induknya

Kapasitas = 8817,4729 kg/jam

Bowl diameter = 7 in

Rpm = 12000 rpm

Power motor = 3 1/3 HP

14. Dryer

Fungsi = Untuk mengeringkan kristal As. Sitrat yang keluar dari Centrifugal

Bentuk = Rotary dryer

Diameter = 1,4 m

Panjang = 12,5067 m

15. Blower

Fungsi = Untuk menghembuskan udara kedalam heater

Type = Positive Rotary Blower
 Power = 6 Hp

16. SCREW CONVEYOR 1

Fungsi = Untuk membawa cake dari vakum filter ke acidulator
 Bentuk = Screw conveyor
 Kapasitas = 18388,2306 kg/jam
 Diameter screw = 7 in
 Max. rpm = 190 rpm
 Panjang conveyor = 4 m
 Power = 1,5 Hp

17. SCREW CONVEYOR 2

Fungsi = Untuk membawa kristal $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ dengan larutan induknya ke tangki penampungan.
 Bentuk = Screw conveyor
 Kapasitas = 8817,4729 kg/jam
 Diameter screw = 8 in
 Max. rpm = 180 rpm
 Panjang conveyor = 15 ft
 Power = 1,5 Hp

18. FILTER PRESS 1

Fungsi = Untuk memisahkan kalsium sulfat ($CaSO_4$) dengan kalsium sitrat dari larutan yang keluar dari Acidulator
 Bentuk = plate and frame dengan ukuran (11 x 11) ft
 Jumlah frame = 7 buah

19. FILTER PRESS 11

Fungsi = Untuk memisahkan As. Sitrat dari larutanyang keluar dari purifier.

Bentuk = plate and frame dengan ukuran (11 x 11) ft

Jumlah frame = 6 buah

20. Cooler (HE - 01)

Fungsi = Untuk mendinginkan steril dari suhu 100 °C menjadi 30 °C

Jenis = Shell and Tube HE 1 -2

Direncanakan HE 1 - 2 dengan spesifikasi :

OD = 1 in

BWG = 16

Pt = 1,25 in - triangular pitch

L = 16 ft

ID = 0,62 in

a't = 0,302 in²

a" = 0,1963 ft²/ft

Pass. = 2

Dipilih HE 1 - 2 : (Tabel 9, Kern)

IDs = 78 in

Nt = 3245 buah

De = 0,72 in

B = 15,6 in

Pass. = 1

C' = Pt-OD = (1,25 - 1) = 0,25 in

Uc = 486,5957 Btu/j.ft².oF

$$R_d = 0,0113$$

$$\Delta P_s = 5,3465 (< 10,0 \text{ psi})$$

$$\Delta P_t = 7,4279 \text{ psi}$$

$$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r = 8,068 \text{ psi } (< 10,0)$$

21. Evaporator

Fungsi = Untuk menguapkan air dalam larutan asam sitrat

Bentuk = Short tube vertikal

Volume = $13,2274 \text{ m}^3 / \text{jam}$

Tinggi = 3,5 m

Diameter = 2,24 m

Tebal silinder = 1/4 in

Tebal tutup : atas = 1/4 in

Luas permukaan Heat Transfer = $10,3679 \text{ ft}^2$

Panjang pipa = 2 ft

Jumlah tube = 8 buah

22. Barometrik Kondensor

Fungsi = Untuk mengkondensasikan uap air yang keluar evaporator

Maka luas penampang alir A = $6,1353 \text{ ft}^2$

Diameter barometrik kondensor = 2,795651463 ft

1. POMPA (P - 01)

Fungsi	= Untuk mengalirkan molases dari tangki penyimpanan ke tangki pencampur
Jenis	= pompa sentrifugal
Kapasitas	= 33795,8190 kg/jam.
Jumlah	= 2 unit
Material	= cast iron
Ukuran pipa	= 3 " sch. 40
Daya	= 2,5 hp

2. POMPA (P - 02)

Fungsi	= Untuk mengalirkan H_2SO_4 dari tangki penyimpanan ke Mixer.
Jenis	= Pompa sentrifugal
Kapasitas	= 5914,2683 kg/jam.
Jumlah	= 2 unit
Material	= cast iron
Ukuran pipa	= 1 ¼ " sch. 40
Daya	= 0,5 hp

3. POMPA (P - 03)

Fungsi	= Untuk mengalirkan Nutrient dari tangki penyimpanan ke Mixer.
Jenis	= pompa sentrifugal
Kapasitas	= 105,6119 kg/jam.
Jumlah	= 2 unit

Material = cast iron
Ukuran pipa = 1/4 " sch. 40
Daya = 0,5 hp

4. POMPA (P - 04)

Fungsi = Untuk mengalirkan larutan dari Fermentor ke Precipitator.
Jenis = Pompa sentrifugal
Kapasitas = 53488,0695 kg/jam.
Jumlah = 2 unit
Material = cast iron
Ukuran pipa = 5 " sch. 40
Daya = 2 hp

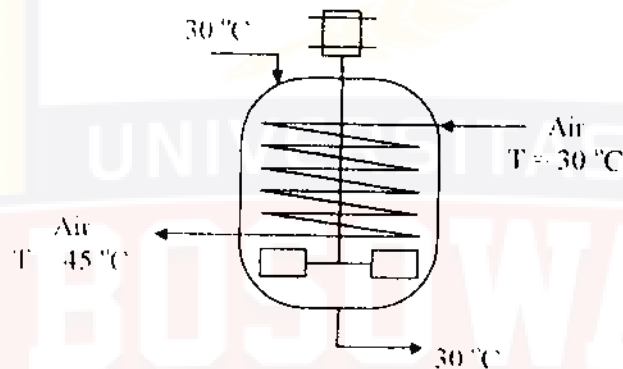
5. POMPA (P - 05)

Fungsi = Untuk mengalirkan larutan dari Precipitator ke RDVF.
Jenis = Pompa sentrifugal
Kapasitas = 82246,6539 kg/jam.
Jumlah = 2 unit
Material = cast iron
Ukuran pipa = 5 " sch. 40
Daya = 2,5 hp

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

Alat utama yang dirancang adalah *Fermentor* yang berfungsi sebagai tempat berlangsung reaksi pembentukan Asam Sitrat. Reaksi berlangsung pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. *Fermentor* yang digunakan adalah tipe RATB / CSTR. Dilengkapi dengan pengaduk dan coil.



Direncanakan :

- Fermentor beroperasi secara Batch
- Waktu fermentasi 48 Jam
- Beroperasi dalam 1 (satu) bulan 15 Batch
- 1 Jam (Pengisian/Pengosongan)

6.1 Perhitungan Volume Reaktor

Dari perhitungan neraca massa diperoleh:

Komponen	Masuk (kg)	Komponen	Keluar (kg)
<i>Aliran 5:</i>		<i>Aliran 7:</i>	
Molases	18587,7004	Molases	12091,964
Air	24982,2251	Air	26023,639
Nutrient	105,6119	Nutrient	105,61193
H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683	H ₂ SO ₄ 95%	5914,2683
<i>Aliran 6:</i>		Yeast	1990,785
O ₂	1907,4787	(COOH) ₂	236,57073
	0,0000	C ₆ H ₈ O ₇	7125,2306
Yeast	1990,7850		
Total	53488,0695		53488,0695

Rate massa bahan masuk Fermentor; $m = 53488,0695 \text{ kg/jam}$

Maka tiap batch berkapasitas $= 706 \text{ jam/bulan} \times 53488,0695 \text{ kg/jam}$
 $37762577,067 \text{ kg/ bulan}$

 15 batch/bulan

$= 2517505,1378 \text{ kg/batch}$

Direncanakan menggunakan 4 buah tangki, maka persediaan tiap tangki :

2517505,1378 kg/batch

 4

$= 629376,2845 \text{ kg/batch}$

Densitas campuran larutan ; $\rho = 1216,37 \text{ kg/m}^3$

Volume cairan ; $V_c = \frac{m}{\rho}$

$= \frac{629376,2845 \text{ kg/batch}}{1216,37 \text{ kg/m}^3}$

$= 517,4217 \text{ m}^3$

6.2 Dimensi Reaktor

Reaktor dirancang berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah tipe *dished head* dilengkapi dengan pengaduk dan *coil* pemanas. Silinder tegak pada reaktor ditetapkan perbandingan tinggi (H) dan diameter (D) = 1 : 1,5.

Dianggap bahan yang mengisi bagian silinder 90 % dari volume cairan.

Volume silinder; $V_s = \frac{517,4217 \text{ m}^3}{0,9} = 574,9130 \text{ m}^3$

Volume reaktor ; $V_R = \text{volume silinder} + (2 \times \text{volume dished head})$

Volume silinder ; $V_s = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot H \rightarrow H = 1,5 D$

$$574,9130 = 1,1775 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{574,9130}{1,1775}} = 7,9260 \text{ m}$$

Volume dished : $V_{li} = \frac{\pi D^3}{24}$ (Walas P. 627)

$$\begin{aligned} &= \frac{3,14 \times (7,9260)^3}{24} \\ &= 65,1460 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} V_R &= 574,9130 + (65,1460 \text{ m}^3 \times 2) \\ &= 640,0590 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tinggi silinder $H = 1,5 \times D$
 $= 1,5 \times 7,9260 = 11,8891 \text{ m}$

Menghitung tinggi cairan (H_L) :

$$V_C = \frac{1}{4} \pi D^2 H_L$$

$$517,4217 = (\frac{1}{4} \times (3,14) \times (7,9260)^2 \times H_L)$$

$$H_L = \frac{517,4217}{(\frac{1}{4} \times (3,14) \times (7,9260)^2)} = 10,7002 \text{ m}$$

Menentukan Tebal shell (t_s) :

Tebal shell dihitung dengan menggunakan pers. 13-1 Brownell & Young

Tebal *shell* dihitung dengan menggunakan pers. 13-1 Brownell & Young

$$t_s = \frac{P \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P)} + C$$

Dimana :

t_s = tebal *shell* minimum ; in

P = tekanan design ; psi

r = jari-jari silinder ; in

f = tegangan bahan konstruksi ; psi

E = efisiensi faktor pengelasan

C = faktor korosi

P desain = P hidrostatik bahan + P operasi

P hidrostatik = $\rho \times g \times H_l$

$$\begin{aligned} P_h &= 1269,2819 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/dtk}^2 \times 10,7002 \text{ m} \\ &= 61544,4767 \text{ N/m}^2 \\ &= 8,9285 \text{ psi} \end{aligned}$$

P operasi = 1 atm = 14,7 psi

Maka :

$$\begin{aligned} P \text{ design} &= (8,9285 + 14,7) \text{ psi} \\ &= 23,6285 \text{ psi} \end{aligned}$$

Bahan konstruksi yang digunakan *carbon steel* SA-283 Grade C dengan nilai $f = 12650$ psi (tabel 13-1 Brownell & Young), $E = 80 \%$.

Maka :

$$t_s = \frac{23,6285 \text{ psi} \times 312,0491 \text{ in}}{2(12650 \text{ psi} \times 0,80) - 0,6 \times 23,6285 \text{ psi}} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,4322 \text{ in}$$

Digunakan tebal *plate sheel standart* = 3/8 in

Menentukan Tebal Tutup (t_h):

Tebal tutup dihitung dengan menggunakan pers. 13-2 hal. 258 Brownell & Young untuk *head tipe dished*.

$$t_h = \frac{0,885P \cdot r_c}{f \cdot E - 0,1P} + C$$

Kondisi design tutup sama dengan *sheel*, dimana :

r_c = *crown radius* ; in

$$r_c = \text{ID sheel} / 2$$

$$= 312,0491 / 2$$

$$= 158,0245 \text{ in}$$

Maka :

$$t_h = \frac{23,6285 \text{ psi} \times 158,0245 \text{ in}}{(12650 \text{ psi} \times 0,8) - (0,1 \times 23,6285 \text{ psi})} + 0,125 \text{ in}$$

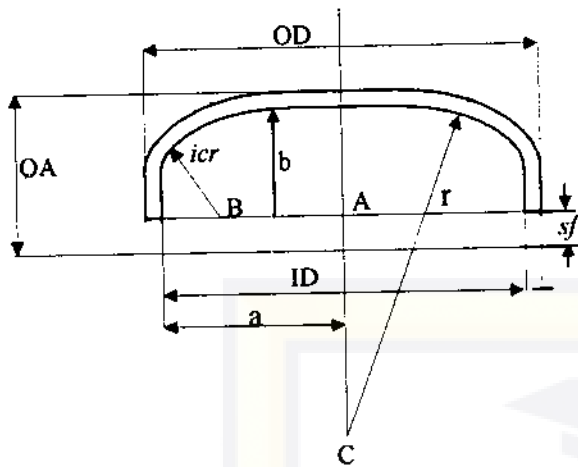
$$= 0,3969 \text{ in}$$

Digunakan tebal *head plate standart* = 3 / 8 in

$$\text{OD} = D + 2t_h$$

$$= 312,0491 + 2 (0,3969)$$

$$= 312,8429 \text{ in}$$



Dimana :

$$AB = \frac{ID}{2} - i_{cr}$$

$$BC = r - i_{rc}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$$

$$OA = t_h + b + s_f$$

Sesuai tabel 5.6 Brownell & Young hal. 88 untuk tebal tutup 3/8 in.

Diketahui :

s_f = faktor sambungan

$$= 1 \frac{1}{2} - 3 \text{ in} \quad (\text{diambil } s_f = 3 \text{ in})$$

$$i_{cr} = 1 \frac{1}{8} \text{ in}$$

Maka :

$$r = OD_{shell} = 312,8429 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - i_{cr}$$

$$= \frac{312,8429}{2} - 1 \frac{1}{8}$$

$$= 154,8995 \text{ in}$$

$$BC = r - i_{rc}$$

$$= 312,8429 - 1 \frac{1}{8} = 311,7179 \text{ in}$$

$$b = 312,8429 - \sqrt{(311,7179)^2 - (154,8995)^2}$$

$$= 42,3356 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} OA &= 3/8 + 42,3356 + 3 \\ &= 45,7326 \text{ in} = 1,1616 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga tinggi total reaktor :

$$\begin{aligned} &= \text{tinggi silinder (H)} + 2 (\text{tinggi tutup}) \\ &= 11,8891 + 2 (1,1616) = 14,2123 \text{ m} \end{aligned}$$

6.3 Perancangan Pengaduk

Dipilih pengaduk tipe turbin dengan 6 *plate* sudu.

Konfigurasi pengaduk didapat dari Brown hal. 507 :

$$Dt/Di = 3$$

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

$$\text{Baffle} = 4 \text{ buah}$$

$$W/Di = 0,10$$

$$L/Di = 0,25$$

$$J/Di = 0,20$$

Dimana :

$$Dt = \text{diameter dalam shell} = 7,9260 \text{ m} = 26,0038 \text{ ft}$$

$$Di = \text{diameter impeller}$$

$$Zi = \text{tinggi pengaduk dari dasar tangki}$$

$$L = \text{panjang plate sudu}$$

$$J = \text{lebar sudu}$$

Maka diperoleh :

$$D_i = \frac{D_t}{3} = \frac{D_t}{3} = 8,6679 \text{ ft}$$

$$Z_i = 1,3 D_i = (1,3) (8,6679) = 11,2683 \text{ ft}$$

$$W = 0,1 D_i = 0,1 \times 8,6679 = 0,8668 \text{ ft}$$

$$L = 0,25 D_i = 0,25 \times 8,6679 = 2,1670 \text{ ft}$$

$$J = 0,2 D_i = 0,2 \times 8,6679 = 1,7336 \text{ ft}$$

Power Pengaduk :

Bilangan Reynold (N_{Re}) :

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

Dimana :

$$D_i = \text{diameter impeller} = 104,1050 \text{ in} = 8,6679 \text{ ft}$$

$$N = \text{putaran pengaduk}$$

$$\rho = \text{densitas larutan} = 75,9353 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = \text{viskositas larutan} = 0,0016 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{detik}$$

Dari hal. 292 diketahui untuk operasi pengaduk cair-cair, kecepatan putaran ;

$$V = 11 - 20 \text{ ft/detik}$$

$$\text{Diambil } V = 20 \text{ ft/det}$$

$$v = 2 \pi D N$$

$$N = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot D}$$

$$= \frac{20 \text{ ft/detik}}{2(3,14) \times 8,6679 \text{ ft}} = 0,3674/\text{detik} = 13,698 \text{ rpm}$$

Karena $N_{Re} > 10.000$ maka *power number* (N_p) tidak tergantung pada N_{Re} dan viskositasnya, sehingga $N_p = k_t$

Dari tabel 9-24 Mc. Cabe hal. 241 untuk turbin didapat $k_t = 6,3$

Daya yang dibutuhkan pengaduk :

$$P = \frac{k_t \times n^3 \times D_i^5 \times \rho}{g_c}$$

Dimana :

$$n = \text{putaran pengaduk} = 0,2283 \text{ rps}$$

$$D_i = \text{diameter impeller} = 8,6679 \text{ ft}$$

$$\rho = \text{densitas larutan} = 75,9353 \text{ lb/ft}^3$$

$$g_c = \text{faktor konversi satuan} = 32,174 \text{ ft.lbf/lbm.det}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{6,3 \times (0,2283)^3 \times (8,6679)^5 \times 75,9353}{32,174} \\ &= 8657,0751 \text{ ft.lbf/det} \times 1 \text{ Hp}/550 \text{ ft.lbf/det} \\ &= 15,7401 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Power Motor Pengaduk (BHP) :

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{\text{Hp}}{\eta} \quad \rightarrow \eta = \text{eff. motor} = 80 \% \\ &= \frac{15,7401 \text{ Hp}}{0,80} \\ &= 19,6752 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Ditetapkan motor dengan daya 20 Hp.

Jumlah *impeller* yang digunakan :

$$= \frac{\text{tinggi cairan} \times \text{spesifik grafiti larutan}}{\text{ID shell}}$$

Tinggi cairan = 10,7002 m

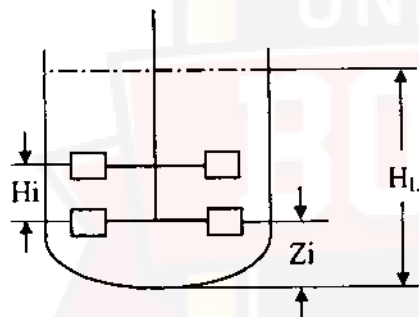
Spesifikasi grafiti = 1,4

ID *shell* = 7,9260 m

$$\text{Maka jumlah } \textit{impeller} = \frac{10,7002 \times 1,4}{7,9260} = 1,8$$

Ditetapkan menggunakan *impeller* sebanyak 2 buah.

Peletakan Impeller



Tinggi pengaduk dari dasar tangki $Z_i = 11,2683 \text{ ft} = 3,4346 \text{ m}$.

Tinggi cairan ; $H_L = 10,7002 \text{ m}$.

Maka jarak antara *impeller* (H_i) :

$$H_i = \frac{H_L - Z_i}{2} = \frac{10,7002 - 3,4346}{2} = 3,6328 \text{ m}$$

Poros Pengaduk

Bahan konstruksi : *commercial steel*

Modulus elastis : $1.950.000 \text{ kg/cm}^2$

Limit permiable elastis : 2460 kg/cm^2

Panjang Poros

$$Z_i = 11,2683 \text{ ft} = 3,4346 \text{ m}$$

$$\text{Panjang poros} = H_T + H_p - Z_i$$

Dimana :

$$H_T = \text{tinggi total reaktor} = 14,2123 \text{ m}$$

$$H_p = \text{tinggi poros di atas reaktor (diambil } H_p = 0,30 \text{ m)}$$

$$Z_i = \text{tinggi poros di atas dasar bejana (tinggi } \textit{impeller} \text{ dari dalam tangki)}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang poros} &= (14,2123 + 0,3) - 3,4346 \\ &= 11,0777 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter Poros

Momen puntir (τ)

$$\tau = \frac{HP \times 75 \times 60}{2 \pi v}$$

$$\text{Dimana : } HP = \text{power pengaduk} = 20 \text{ Hp}$$

$$v = \text{kec. Putaran pengaduk}$$

$$\tau = \frac{20 \times 75 \times 60}{2 \times 20} = 2250 \text{ kgm}$$

Diambil faktor keamanan 20 %.

$$\text{Jadi, momen puntir} = 1,2 \times 2250 = 2700 \text{ kg.m}$$

$$f_s = \frac{\tau}{tp}$$

$$Z_p = \frac{\pi D_p^3}{16}$$

$$Z_p = \frac{\tau}{f_s}$$

$$\rightarrow f_s = \text{shear stress} = 550 \text{ kgf/cm}^2$$

Dp = Diameter poros

$$\frac{\tau}{f_s} = \frac{\pi D_p^3}{16}$$

$$D_p^3 = \frac{16 \tau \ln}{\pi f_s}$$

$$D_p = \left(\frac{16 \times 2700 \text{ kg.m}}{3,14 \times 550 \text{ kg/cm}^2 \times 10.000 \text{ cm}^2/\text{m}^2} \right)^{1/3}$$

$$= 0,0025 \text{ m} = 0,2501 \text{ cm}$$

Jadi diameter poros penyadut = 0,2501 cm

Pemilihan Bearing

Tipe : *Deer grove ball bearing*

Berat poros : $\frac{1}{4} \pi D_p^2 \times L_p \times \rho$

Dimana :

L_p = panjang poros = 11,0777 m

D_p = diameter poros = 0,0025 m

ρ = diameter baja = $0,792 \text{ lb/m}^3 = 7722,806 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Berat poros (Wp)} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,0025)^2 \times 11,0777 \times 7722,806 \text{ kg}$$

$$= 1367,8843 \text{ kg}$$

Berat pengaduk

Berat *impeller* = volume *glade* \times ρ *blade*

Tebal *blade* = 2 in

Tinggi *blade* = 1,97 in (w)

Panjang *blade* (L) = 4,825 in

Densitas *blade* (ρ) = 0,279 lb/in³

Volume *blade* = $2 \times 1,97 \times 4,825$

$$= 19,4045 \text{ in}^3$$

Berat *blade* = $19,4045 \text{ in}^3 \times 0,279 \text{ lb/in}^3$

$$= 5,41 \text{ lb} = 2,46 \text{ kg}$$

Berat radial = berat poros + berat *impeller*

$$= 1367,8843 + 2,46 = 1370,3443 \text{ kg}$$

6.4 Perencanaan Coil

Coil direncanakan untuk keperluan pemanas pada proses. Untuk mempertahankan suhu reaktor tetap pada 30 °C. sebagai pemanas digunakan *saturated steam* yang dilewatkan dalam *coil* berbentuk *helical* (spiral) yang diletakan pada bagian dalam reaktor.

Koefisien perpindahan panas dari *coil* ke larutan untuk tangki berpengaduk dihitung dengan menggunakan pers. 20-4 hal. 722 Kern.

$$\frac{h_c \cdot Dt}{k} = 0,87 \left[\frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right]^{2/3} \left[\frac{C \cdot \mu}{k} \right]^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14}$$

Dimana :

h_c = koef. Perpindahan panas lapisan luar, (Btu/jam.ft².°F)

Dt = diameter dalam reaktor, ft

k = konduktivitas panas, Btu/jam.ft² (°F/ft)

D_a = diameter *impeller*, ft

N = kec. putaran pengaduk, putaran/jam

ρ = densitas larutan, lb/ft³

μ = viskositas campuran, lb/ft.jam

C = spesifik panas, Btu/lb.°F

Diketahui :

$$D_t = 7,9260 \text{ m} = 26,0038 \text{ ft}$$

$$D_a = 8,6679 \text{ ft}$$

$$k = 0,33 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

$$\mu = 5,203 \text{ lb/jam.ft}$$

$$C = 0,0248 \text{ Btu/lb.°F}$$

$$N = 13,698 \text{ putaran/menit} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}}$$

$$= 821,88 \text{ putaran/jam}$$

$$\rho = 75,9353 \text{ lb/ft}^3 \rightarrow \text{asumsi} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} = 1$$

Maka :

$$h_o = 0,87 \left(\frac{0,33}{41,8414} \right) \left[\frac{(8,6679)^2 \times 26,0038 \times 75,9353}{5,203} \right]^{2,3} \left[\frac{0,0248 \times 75,9353}{5,203} \right]^{1,3} \times 1$$

$$= 90,3124 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

Untuk air $h_i = h_o = 1500 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$ (Kern 164)

Koef. Perpindahan panas keseluruhan bersih (U_c)

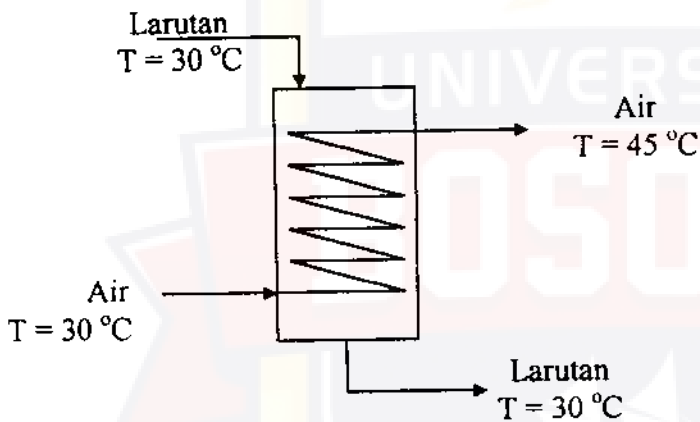
$$U_c = \frac{h_{i_o} \times h_{o_o}}{h_{i_o} + h_{o_o}} = \frac{90,3124 \times 1500}{90,3124 + 1500} = 85,1836 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F}$$

Koef. Perpindahan panas desain (U_D) :

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} + R_d \quad \rightarrow (R_d = 0,0020 ; \text{Kern tabel 12}).$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{U_D} &= \frac{1}{85,1836} + 0,0020 \\ &= 72,7837 \text{ Btu/jam.ft}^2.\text{°F} \end{aligned}$$

Penyusunan aliran pada reaktor



Sesuai hasil perhitungan neraca panas, diketahui beban panas reaktor sebesar $Q = 1814601,9821 \text{ kkal/jam} = 7200340,6650 \text{ Btu/Jam}$

Luas permukaan perpindahan panas (A) :

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta t} \\ &= \frac{7200340,6650 \text{ Btu/jam}}{72,7837 \text{ Btu/jamft}^2 \text{ °F} \times 27 \text{ °F}} \\ &= 366,9974 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Dipilih pipa *coil* ½ in IPS dengan spesifikasi ; (tabel 11 kern)

$$OD = 0,84 \text{ in (0,07 ft)}$$

$$ID = 0,622 \text{ in (0,0518 ft)}$$

$$a^2t = 0,0304 \text{ in}^2 \rightarrow 0,304 \text{ in}^2$$

$$a_o = 0,220 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

Diameter lilitan *coil* ditetapkan 80 % dari diameter dalam tangki.

$$\begin{aligned} D_L &= 0,80 \times 41,8414 \text{ ft} \\ &= 33,4731 \text{ ft} \end{aligned}$$

AC (luas permukaan *coil*/lilitan) :

$$\begin{aligned} AC &= \pi \times D_L \times a_o \\ &= 3,14 \times 33,4731 \times 0,220 \\ &= 23,1232 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jumlah lilitan *coil* (NC) :

$$\begin{aligned} NC &= \frac{A}{AC} \\ &= \frac{3663,9974}{23,1232} = 158,5 \text{ lilitan} \approx 159 \text{ lilitan} \end{aligned}$$

Tinggi lilitan *coil* (HC) :

$$\begin{aligned} HC &= NC \times OD \text{ pipa} \\ &= 159 \times 0,07 \text{ ft} \\ &= 11,13 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak antara } coil = \frac{(\text{tinggi cairan} - \text{tinggi lilitan})}{(NC - 1)}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(16,5315 \text{ m} \times 1 \text{ ft}/0,3048 \text{ m}) - 11,13 \text{ ft}}{159 - 1} \\
 &= \frac{54,2372 \text{ ft} - 11,13 \text{ ft}}{158} \\
 &= \frac{43,1072 \text{ ft}}{158} = 0,2728 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ total coil} &= (NC - 1) \times (OD + \text{jarak antar coil}) \\
 &= 158 \times (0,07 + 0,2728) = 54,1624
 \end{aligned}$$

Jadi seluruh *coil* terendam dalam larutan.

6.5 Perancangan Nozzle

Nozzle yang akan dirancang antara lain :

1. *Nozzle* pemasukan reaktor pada bagian tutup atas reaktor.
 2. *Nozzle* pengeluaran
 3. *Nozzle* pemasukan dan pengeluaran *steam* / kondensat
 4. *Nozzle* poros pengaduk
 5. *Man hole*
1. Ukuran *Nozzle*

Penentuan diameter optimum untuk *nozzle* ditentukan dengan menggunakan pers. 15 hal. 496 Peters dengan mengasumsikan aliran turbulen ($N_{Re} > 2100$)

$$D_i = 3,9 Q_r^{0,45} \rho^{0,13}$$

Dimana :

D_i = diameter optimum pipa ; in

Q_r = laju lair volumetrik ; ft^3/detik

ρ = densitas ; lb/ft³

a. *Nozzle* pemasukan reaktan

Laju alir massa bahan $m = 49589,8058 \text{ kg/jam} = 109326,6777 \text{ lb/jam}$

Densitas campuran $\rho = 90,3929 \text{ lb/ft}^3$

Viskositas larutan $\mu = 1,75 \times 10^{-3} \text{ lb/ft.det}$

Laju alir volumetrik reaktan :

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{109326,6777 \text{ lb/jam}}{90,3929 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 1209,4609 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 0,3360 \text{ ft}^3/\text{det}$$

Diameter optimum pipa ; D_i :

$$D_i = 3,9 \times (0,3360)^{0,45} \times (90,3929)^{0,13}$$

$$= 4,2876 \text{ in (diambil 4,5 in)}$$

Dipilih pipa nominal dengan spesifikasi :

Nominal pipa *size* NPs : 4 ½ in

Schedule Sch : 40

Diameter dalam ID : 4,026 in = 0,3354 ft

Diameter luar OD : 4,50 in

Luas penampang A : 12,73 in² = 0,0883 ft²

Uji bilangan reynold (N_{Re})

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,3360 \text{ ft}^3/\text{det}}{0,0883 \text{ ft}^2} = 3,8032 \text{ ft/det.}$$

Jadi,

$$N_{Re} = \frac{90,3929 \text{ lb/ft}^3 \times 3,8032 \text{ ft/det} \times 0,3354 \text{ ft}}{1,75 \times 10^{-3} \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 2771,9238$$

$N_{Re} > 2100 \rightarrow$ asumsi aliran turbulen memenuhi.

b. *Nozzle* Pemasukan pendingin dan pengeluaran kondensat

$$\text{Laju alir massa pendingin (m)} = 120973,4655 \text{ kg/jam} = 266700,5215 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Densitas pendingin } \rho = 62,4278 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Viskositas larutan } \mu = 1,9118 \text{ lb/ft.det}$$

Laju alir volumetrik pendingin:

$$Q = \frac{m}{\rho}$$

$$= \frac{266700,5215 \text{ lb/jam}}{62,4278 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 4272,1416 \text{ ft}^3/\text{jam} = 1,1867 \text{ ft}^3/\text{det}$$

Diameter optimum pipa ; D_i :

$$D_i = 3,9 \times (1,1867)^{0,45} \times (62,4278)^{0,13}$$

$$= 8,1462 \text{ in (diambil 8,5 in)}$$

Dipilih pipa nominal dengan spesifikasi :

$$\text{Nominal pipa size NPS : 8,5 in}$$

<i>Schedule</i>	Sch : 40
Diameter dalam	ID : 7,981 in = 0,6648 ft
Diameter luar	OD : 8,625 in = 0,7185 ft
Luas penampang	A : 50,0 in ² = 0,3470 ft ²

Uji bilangan reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

→ μ = viskositas air = 1,9118 lb/ft.det

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,1867 \text{ ft}^3/\text{det}}{0,3470 \text{ ft}^2} = 3,4199 \text{ ft}/\text{det.}$$

$$N_{Re} = \frac{62,4278 \text{ lb}/\text{ft}^3 \times 3,4199 \text{ ft}/\text{det} \times 0,6648 \text{ ft}}{1,9118 \text{ lb}/\text{ft. det}} = 267265,2479$$

$N_{Re} > 2100$, asumsi turbulen memenuhi.

c. *Nozzle* pemasukan gas O₂

Rate massa gas O₂, m = 1907,4787 kg/jam = 4205,2657 lb/jam

Densitas gas O₂ pada suhu 95 °C

$$\rho_G = \frac{BM}{v} \times \frac{T_0}{T_1} \times \frac{P_1}{P_0}$$

Dimana :

BM = berat molekul gas = 44 lb/lbmol

V = volumetrik gas ideal pada kondisi STP

(T₀ = 0 °C (492 °R) dan P₀ = 1 atm (14,7 psi)

T₁, P₁ = suhu dan tekanan gas keluar reaktor

Maka :

$$\rho_G = \frac{44 \text{ lb/lbmol}}{359 \text{ ft}^3/\text{lbmol}} \times \frac{492 \text{ }^\circ\text{R}}{663 \text{ }^\circ\text{R}} \times \frac{14,7 \text{ psi}}{14,7 \text{ psi}}$$

$$= 0,0910 \text{ lb/ft}^3$$

Laju alir volumetrik gas :

$$Q = \frac{m}{\rho_G} = \frac{4205,2657 \text{ lb/jam}}{0,0910 \text{ lb/ft}^3} = 46236,3604 \text{ ft}^3/\text{jam} = 12,8434 \text{ ft}^3/\text{det}$$

Diameter optimum pipa ; Di :

$$D_i = 3,9 \times (12,8434)^{0,45} \times (0,0910)^{0,13} = 8,35520 \text{ in (diambil 8,5 in)}$$

Dipilih pipa nominal dengan spesifikasi :

Nominal pipa size NPS = 8,5 in

SCH = 40

ID = 7,981 in = 0,6648 ft

OD = 8,625 in = 0,7185 ft

A = 50,0 in² = 0,3470 ft²

Uji bilangan reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

→ μ = viskositas gas CO₂ = 1,075 × 10⁻⁵ lb/ft.det

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{12,8434 \text{ ft}^3/\text{det}}{0,3470 \text{ ft}^2} = 37,0128 \text{ ft/det.}$$

$$N_{Re} = \frac{0,0910 \text{ lb/ft}^3 \times 37,0128 \text{ ft/det} \times 0,6648 \text{ ft}}{1,075 \times 10^{-5} \text{ lb/ft.det}} = 208293,5776$$

$N_{Re} > 2100$, asumsi turbulen memenuhi

d. *Nozzle* Pengeluaran produk

Laju alir massa produk $m = 53488,0695 \text{ kg/jam} = 117941,1932 \text{ lb/jam}$

Densitas larutan $\rho = 75,9353 \text{ lb/ft}^3$

Laju alir volumetrik *steam* :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{117941,1932 \text{ lb/jam}}{75,9353 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 1553,1801 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,4314 \text{ ft}^3/\text{det} \end{aligned}$$

Diameter optimum pipa ; D_i :

$$\begin{aligned} D_i &= 3,9 \times (0,4314)^{0,45} \times (75,9353)^{0,13} \\ &= 4,6905 \text{ in (diambil 5 in)} \end{aligned}$$

Dipilih pipa nominal dengan spesifikasi :

Nominal pipa *size* NPS : 5 in

Schedule Sch : 40

Diameter dalam ID : 5,047 in = 0,4206 ft

Diameter luar OD : 5,563 in

Luas penampang A : $20,01 \text{ in}^2 = 0,1389 \text{ ft}^2$

Uji bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$\rightarrow \mu = \text{viskositas steam} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ lb/ft.det}$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,4314 \text{ ft}^3/\text{det}}{0,1389 \text{ ft}^2} = 3,1058 \text{ ft/det.}$$

$$N_{Re} = \frac{75,9353 \text{ lb/ft}^3 \times 3,1058 \text{ ft/det} \times 3,1058 \text{ ft}}{1,6 \times 10^{-3} \text{ lb/ft. det}} = 61996,4018$$

$N_{Re} > 2100$, asumsi turbulen memenuhi.

e. *Nozzle* poros pengaduk

Sesuai perhitungan pada perancangan pengaduk, diketahui diameter poros, $D_p =$

0,1133 m = 4,4606 in (diambil 5 in)

Dipilih pipa nominal dengan spesifikasi :

Nominal pipa size NPS = 5 in

SCH = 40

ID = 5,047 in

OD = 5,563 in

A = 20,01 in²

f. *Man hole*

Digunakan *man hole* standart yang disesuaikan dengan Appendix F Item 4

Brownell & Young hal. 351.

Diketahui diameter, ID = 20 in.

BAB VII UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat diperlukan untuk menunjang jalannya proses dalam suatu industri kimia. Pada prarencana pabrik Asam Sitrat ini terdapat dua unit utilitas yang penting, yaitu :

- a. Unit penyediaan air
- b. Unit penyediaan listrik

7.1 Unit Penyediaan Air

Air Proses

Tangki pengenceran = 9462,829311 kg/jam

Air Pendingin

Air Pendingin berfungsi sebagai pendingin pada unit perpindahan panas untuk mendinginkan dan mengkondensasikan uap menjadi cair bahan proses. Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada tabel 7.1.

Tebel 7.1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Cooler	206388,3613
Fermentor	120973,4655
Acidulator	72983,47721
Condensor	240095,8894
Kristalizer	11476,5035
Jumlah	651917,6968

Air digunakan sebagai media pendingin dengan alasan sebagai berikut :

1. Air merupakan materi yang banyak di dapat
2. Mudah dikendalikan dan dikerjakan
3. Dapat menyerap panas
4. Tidak mudah menyusut karena pendinginan
5. Tidak mudah terkondensasi

Sebagai media pendingin, air harus memenuhi persyaratan tertentu, yaitu tidak mengandung :

1. Hardness (kesadahan) , yang memberikan efek pada pembuatan kerak
2. Besi penyebab korosi
3. Silika, penyebab kerak
4. Minyak, penyebab menurunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan air umpan boiler dapat dilihat pada tabel 7.2 berikut:

Tabel 7.2 Kebutuhan Air Umpan Boiler

Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
Mixer	6160,1770
Precipitator	31948,9356
Evaporator	6885,5738
Heater	318,5446
Jumlah	45313,2309

Air umpan boiler tersebut mempunyai syarat sebagai berikut :

Total padatan (total dissolved solid)	= 3.500 ppm
Alkalinitas	= 700 ppm
Padatan terlarut (suspended solid)	= 300 ppm
Silika	= 60-100 ppm
Besi	= 0,1 mg/L
Tembaga	= 0,5 mg/L
Oksigen	= 0,007 mg/L
Kesadahan (hardness)	= 0
Kekeruhan (turbidity)	= 175 ppm
Minyak	= 7 ppm
Residual fosfat	= 140 ppm

(Data diambil dari Perry, 6th ed, hal. 9 – 76)

Selain harus memenuhi persyaratan tersebut, air umpan boiler harus bebas dari :

- Zat-zat yang menyebabkan korosi, yaitu gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 .
- Zat-zat yang dapat menyebabkan busa, yaitu organik, anorganik dan zat tak terlarut dalam jumlah besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah dulu, melalui :

- Demineraliser, untuk menghilangkan ion-ion pengganggu
- Deaerator, untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

Air Sanitasi

Air ini digunakan untuk karyawan, keperluan laboratorium, taman, dan sebagainya diluar kepentingan produksi. Diperkirakan sebanyak 95000 kg/jam

Standard air sanitasi yang harus dipenuhi :

Syarat fisik :

- Tidak berwarna
- Tidak berbau
- Mempunyai suhu dibawah suhu udara
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
- pH netral

Syarat kimia :

- Tidak beracun
- Tidak mengandung bakteri non patogen yang dapat merubah sifat fisik air.

Total Kebutuhan Air

Total kebutuhan air adalah :

Air proses	=	9462,8293	kg/jam
Air umpan boiler	=	45313,2309	kg/jam
Air pendingin	=	651917,6968	kg/jam
Air sanitasi	=	<u>95000,0000</u>	<u>kg/jam</u>
Total	=	801693,7571	kg/jam

Dalam perhitungan selanjutnya maka diambil faktor keamanan 20 %, sehingga :

$$= 1,2 \times 801693,7571 \text{ kg/jam}$$

$$= 962032,5085 \text{ kg/jam}$$

Dianggap 75% dari air pendingin dan air umpan boiler bisa disirkulasikan.

Jumlah air yang dibutuhkan adalah :

$$= 962032,5085 - 0,75 \times (651917,6968 + 45313,2309) \text{ kg/jam}$$

$$= 439109,3127 \text{ kg/jam}$$

7.2 Unit Penyediaan Listrik

Adapun kebutuhan listrik meliputi :

a. Daerah Proses

Nama Alat	Daya	Satuan
P-1	2,5	Hp
P-2	1,5	Hp
P-3	0,5	Hp
P-4	0,5	Hp
P-5	3	Hp
P-6	3	Hp
P-7	1,5	Hp
P-8	2	Hp
P-9	1	Hp
P-10	1	Hp
P-11	0,5	Hp
P-12	0,5	Hp
T. Mixer	1	Hp
TCa(OH) ₂	0,5	Hp
Acidulator	3,5	Hp
Purifier	1	Hp
Centrifugal	3,3	Hp
Blower 1	6	Hp
Blower 2	10	Hp
S C-1	1,5	Hp
S C-2	1,5	Hp
Total	45,8	Hp

b. Daerah Utilitas

Nama Alat	Daya	Satuan
PU-1	22,5	Hp
PU-2	19,5	Hp
PU-3	19,5	Hp
PU-4	19,5	Hp
PU-5	19,5	Hp
PU-6	1,5	Hp
PU-7	1,5	Hp
PU-8	1,5	Hp
PU-9	19	Hp
PU-10	4,5	Hp
PU-11	22,5	Hp
PU-12	27,5	Hp
PU-13	22,5	Hp
PU-14	5	Hp
PU-15	0,5	Hp
Fan Cooling T	8,5	Hp
Total	215	Hp

$$\begin{aligned}
 \text{Total listrik yang digunakan} &= \text{Proses} + \text{Utilitas} \\
 &= 260,8 \text{ Hp} \\
 &= 260,8 \times 0,7457 \\
 &= 194,47856 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan, instrumentasi diperkirakan 50% dari kebutuhan total listrik, yaitu :

$$\begin{aligned}
 &= 0,5 \times 194,4786 \text{ kW} \\
 &= 97,23928 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik keseluruhan adalah :

$$= 194,4786 + 97,2393$$

$$= 291,7178 \text{ kW}$$

Direncanakan digunakan generator dengan efisiensi 80 %, maka :

$$= 291,7178 \text{ kW} / 0,8$$

$$= 364,6473 \text{ kW}$$

$$= 364,6473 \text{ kW} / 0,7457$$

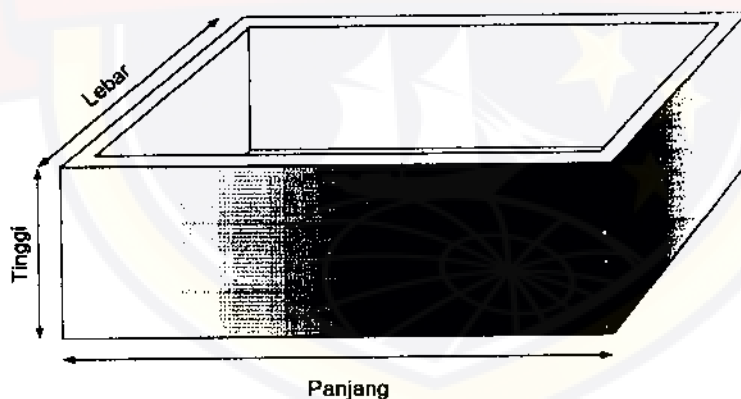
$$= 489 \text{ Hp}$$

7.3 Spesifikasi Alat Utilitas

1. Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sungai sekaligus mengendapkan kotoran-kotoran yang berukuran cukup besar

Bahan konstruksi : Beton



$$\text{Laju alir} = 439109,3127 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume} = (439109,3127 \text{ kg/jam}) / 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 439,1093 \text{ m}^3$$

Waktu tinggal : 4 - 24 jam, diambil 4 jam (Powel, 1954, hal.14)

$$\text{Volume} = (4 \times 439,1093) = 1756,4373 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung dengan keamanan 20 % adalah

$$= 1,2 \times 1756,4373 \text{ m}^3$$

$$= 2107,7247 \text{ m}^3$$

Dipilih bak berbentuk persegi panjang;

$$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 2$$

$$\text{Volume Bak} = P \times L \times T$$

$$30 X^3 = 2107,7247 \text{ m}^3$$

$$X = \sqrt[3]{\frac{2107,7247}{30}}$$

$$X = 4,1263 \text{ m}$$

Jadi;

$$P = 5 \times 4,1263 \text{ m} = 20,6317 \text{ m}$$

$$L = 3 \times 4,1263 \text{ m} = 12,3790 \text{ m}$$

$$T = 2 \times 4,1263 \text{ m} = 8,2527 \text{ m}$$

Direncanakan menggunakan 2 bak yang dimensinya sama, Setiap bak berdimensi :

$$P = 10,3158 \text{ m}$$

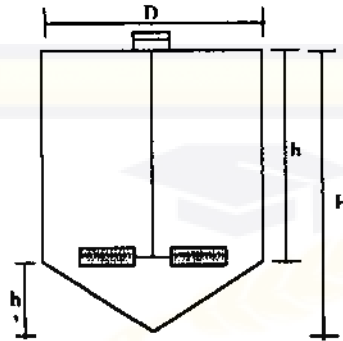
$$L = 6,1895 \text{ m}$$

$$T = 4,1263 \text{ m}$$

2. Bak Koagulasi/Flokulasi

Fungsi : Tempat penambahan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan flokulan untuk mengikat padatan terlarut dari air sungai selama 30 menit

Bahan konstruksi : Baja



$$\text{Laju alir} = 439109,3127 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (439109,3127 \text{ kg/jam}) / 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 439,1093 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Volume} = (439,1093 / 0,5) = 219,5547 \text{ m}^3$$

$$\text{Kebutuhan } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 15 \text{ ppm (Walas, hal. 309)}$$

$$= 15 \text{ mg/ltr}$$

$$= 15000 \text{ mg/m}^3$$

$$= 0,015 \text{ kg/m}^3$$

$$= (0,015 \text{ kg/m}^3 \times 439,1093 \text{ m}^3/\text{jam})$$

$$= 6,5866 \text{ kg/jam}$$

Volume tangki berisi 90 % air;

$$\text{Volume tangki} = 219,5547 \text{ m}^3 / 0,90$$

$$= 243,9496 \text{ m}^3$$

Penentuan Diameter dan Tinggi tangki

Dipilih tangki berbentuk silinder bagian bawah berbentuk konis dengan kemiringan 20°

dengan $H = 2,5 D$

$$V_{\text{tangki}} = 0,25 \pi D^2 \cdot H$$

$$= 0,25 \pi D^3 \cdot (2,5)$$

$$D^3 = 243,9496 / (0,25 \cdot \pi \cdot 2,5)$$

$$D = 4,9907 \text{ m}$$

Maka;

$$H = 2,5D$$

$$= 12,4768 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi konis} = D / (2 \times \text{tg } 20)$$

$$= 4,9907 / (2 \times \text{tg } 20) = 1,1154 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Tangki} = \text{Tinggi Silinder} + \text{Tinggi Konis}$$

$$= 13,5922 \text{ m}$$

$$\text{Volume konis} = (\text{Tinggi konis} / 3) \times \pi / 4 D^2$$

$$= (1,1154 / 3) \times 0,25 \pi (4,9907)^2$$

$$= 7,2696 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Clarifier} = \text{Volume tangki} + \text{Volume konis}$$

$$= 251,2192 \text{ m}^3$$

Tangki dilengkapi dengan pengaduk :

Dipilih jenis pengaduk adalah Axial Turbin 4 blade (Brown, hal. 507)

$$D_t / D_i = 5,20$$

$$Z_i/D_i = 0,87$$

Dimana :

D_i = Diameter impeller

D_t = Diameter tangki

Z_i = Jarak pengaduk dengan dasar

Jadi untuk diameter tangki = 4,9907 m

$$D_i = 4,9907 \text{ m} / 5,2$$

$$= 0,9598 \text{ m}$$

$$Z_i = 0,87 \times 0,9598 \text{ m}$$

$$= 0,8350 \text{ m}$$

Kecepatan putaran diambil $n = 90 \text{ rpm}$ atau $= 1,5 \text{ rps}$

Dimana :

$$\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{air}} = 0,0008 \text{ kg/m.dtk}$$

$$N_{\text{Re}} = n \cdot D_i^2 \cdot \rho / \mu$$

$$= (1,5 \times (0,9598)^2 \times 1000) / 0,0008$$

$$= 1727116,2471$$

Dari Fig.477, Brown, diperoleh $\theta = 0,8$

$$\text{Tenaga pengaduk (P)} = \theta \cdot n^3 \cdot D_i^5 \cdot \rho / g_c \quad (\text{Brown, pers. 461, Hal. 506})$$

$$= (0,8 \times (1,5)^3 \times (0,9598/0,3048)^5 \times 62,5) / 32,174$$

$$= 879,9676 \text{ lbf-ft/dtk}$$

$$= 1,5999 \text{ Hp}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80 \%$$

$$\text{Tenaga motor} = 1,5999 \text{ Hp}/0,80$$

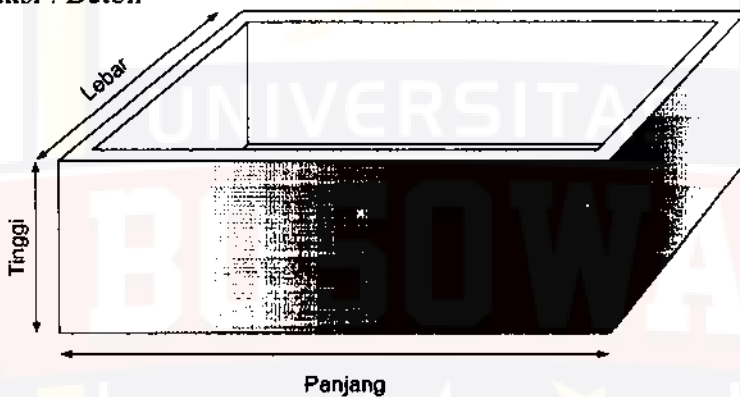
$$= 1,9999 \text{ Hp}$$

$$= 2 \text{ Hp}$$

3. Bak Pengendapan

Fungsi : Mengendapkan kotoran yang terikat oleh koagulan dan flokulan, waktu tinggal pengendapan 1 jam

Bahan konstruksi : Beton



$$\text{Laju alir} = 439109,3127 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (439109,3127 \text{ kg/jam})/1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 439,1093 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume bak penampung dengan keamanan 20 % adalah

$$= 1,2 \times 439,1093 \text{ m}^3$$

$$= 526,9312 \text{ m}^3$$

Dipilih bak berbentuk persegi panjang;

$$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 2$$

$$\text{Volume Bak} = P \times L \times T$$

$$30 X^3 = 526,9312 \text{ m}^3$$

$$X = \sqrt[3]{\frac{526,9312}{30}}$$

$$X = 2,5992 \text{ m}$$

Jadi;

$$P = 5 \times 2,5992 \text{ m} = 12,9959 \text{ m}$$

$$L = 3 \times 2,5992 \text{ m} = 7,7975 \text{ m}$$

$$T = 2 \times 2,5992 \text{ m} = 5,1984 \text{ m}$$

Direncanakan menggunakan 1 bak yang dimensinya sama

Setiap bak berdimensi :

$$P = 12,9959 \text{ m}$$

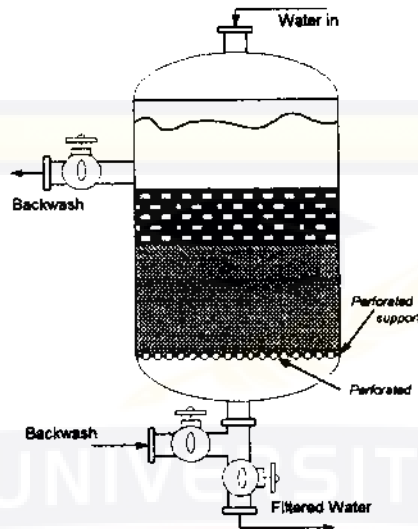
$$L = 7,7975 \text{ m}$$

$$T = 5,1984 \text{ m}$$

Dilengkapi dengan scrapper dan baffle untuk mendorong endapan pada dasar pengendap agar terkumpul di lubang tengah pembuangan.

4. Sand Filter

Fungsi : Menyaring partikel padat tersisa yang masih terikut dalam air dengan menggunakan filter aid hamparan pasir.



$$\begin{aligned} \text{Laju alir} &= 439109,3127 \text{ kg/jam} \\ &= 439,1093 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1933,5447 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= 439,1093 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1,2 \times 1 \text{ jam} \\ &= 526,9312 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Laju filtrasi} = 10 - 30 \text{ gpm/ft}^2, \text{ diambil } 30 \text{ gpm/ft}^2 \text{ (Perrys, 19-47)}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tangki (A)} &= (1933,5447 \text{ gpm}) / 30 \text{ gpm/ft}^2 \\ &= 64,4515 \text{ ft}^2 \\ &= 5,9877 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Menentukan diameter penyaring

Diameter tangki (D) ;

$$A = (\pi/4).D^2$$

$$D^2 = 4A/\pi$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 5,9877}{3,14}}$$

$$= 2,7618 \text{ m}$$

Tinggi tangki (H) = 2.D

$$H = 2D$$

$$= 2 \times 2,7618 \text{ m}$$

$$= 5,5237 \text{ m}$$

Digunakan pasir (antrachite) Perry's, hal 19-103

Berukuran 1 mm setinggi 1 meter

Berukuran 0,5 mm setinggi 0,7 meter

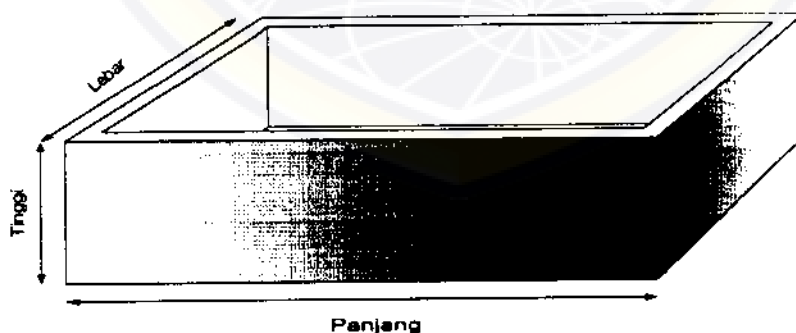
Bahan konstruksi Carbon steel

Jumlah 1 buah

5. Bak Penampung Air Bersih

Fungsi : Menampung air bersih berukuran cukup besar

Bahan konstruksi : Beton



$$\text{Laju alir} = 439109,3127 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (439109,3127 \text{ kg/jam})/1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 439,1093 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Waktu tinggal : 4 - 24 jam, diambil 4 jam (Powel, 1954, hal.14)

$$\text{Volume} = (439,1093 \times 4) = 1756,4373 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung dengan keamanan 20 % adalah

$$\begin{aligned}&= 1,2 \times 1756,4373 \text{ m}^3 \\ &= 2107,7247 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dipilih bak berbentuk persegi panjang;

$$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 2$$

$$\text{Volume Bak} = P \times L \times T$$

$$30 X^3 = 2107,7247 \text{ m}^3$$

$$X = \sqrt[3]{\frac{2107,7247}{30}}$$

$$X = 4,1263 \text{ m}$$

Jadi;

$$P = 5 \times 4,1263 \text{ m} = 20,6317 \text{ m}$$

$$L = 3 \times 4,1263 \text{ m} = 12,3789 \text{ m}$$

$$T = 2 \times 4,1263 \text{ m} = 8,2527 \text{ m}$$

Direncanakan menggunakan 2 bak yang dimensinya sama. Setiap bak berdimensi :

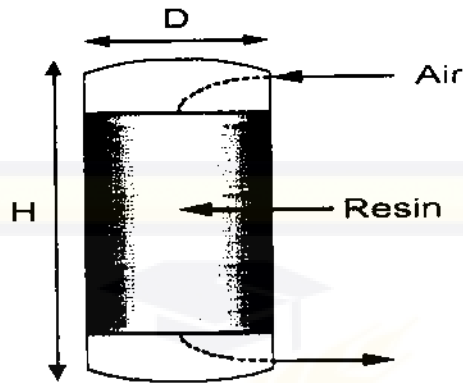
$$P = 10,3158 \text{ m}$$

$$L = 6,1895 \text{ m}$$

$$T = 4,1263 \text{ m}$$

6. Anion Exchanger

Fungsi : Menghilangkan ion-ion negatif penyebab kesadahan



$$\text{Laju alir} = 45313,2309 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Air make up} &= 0,25 \times 45313,2309 \text{ kg/jam} \\ &= 11328,3077 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Laju alir volumetrik (V)

$$\begin{aligned} V &= (11328,3077 \text{ kg/jam}) / 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 11,3283 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 49,8823 \text{ gpm} \end{aligned}$$

Sebagai penukar anion (resin), dipilih Donlite A-2. Kecepatan alir yang direkomendasikan adalah 5 - 7,5 gpm/ft². (Tabel 6, Powell, 1954). Daiambil 7,5 gpm/ft² Untuk keadaan normal, kandungan anion dalam air, adalah 242 ppm = 14,15 grain/gal. (Powell, 1954, Tabel 2, hal. 161)

Regenerasi setiap 16 jam sekali = 960 menit

Jumlah anion yang harus dihilangkan ;

$$\begin{aligned}
 &= 14,5 \text{ grain/gal} \times 49,8823 \text{ gpm} \times 960 \text{ menit} \\
 &= 723,2936 \text{ grain/menit} \\
 &= 0,0469 \text{ kg/menit}
 \end{aligned}$$

Kapasitas penukar anion untuk Donlite A-2 adalah 2 - 3 gpm/ft³ (Tabel 6, hal.176, Powell, 1954).

$$\begin{aligned}
 \text{Volume resin} &= (49,8823 \text{ gpm} / 2 \text{ gpm/ft}^3) \\
 &= 24,9412 \text{ ft}^3 \\
 &= 0,7063 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas resin (Bed)} &= 49,8823 \text{ gpm} / 7,5 \text{ gpm/ft}^2 \\
 &= 6,6510 \text{ ft}^2 \\
 &= 0,6179 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Bed} &= \text{Volume resin} / \text{Luas penampang resin} \\
 &= 0,7063 \text{ m}^3 / 0,6179 \text{ m}^2 \\
 &= 1,1430 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang resin} &= \pi/4 \cdot D^2 \\
 0,6179 &= \pi/4 \cdot D^2 \\
 D &= 0,8872 \text{ m} \\
 D &= 34,929236 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Direncanakan } H &= 3D \\
 H &= 2,6616 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menghitung tebal tangki

Tangki dirancang dari bahan Stainless steel SA-316 Grade D, dimana;

$$f = 20500 \text{ psi}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

Dari persamaan 13-1, Brownell & Young, diperoleh :

$$t = \frac{P.D}{2(Ef - 0,6P)} + C$$

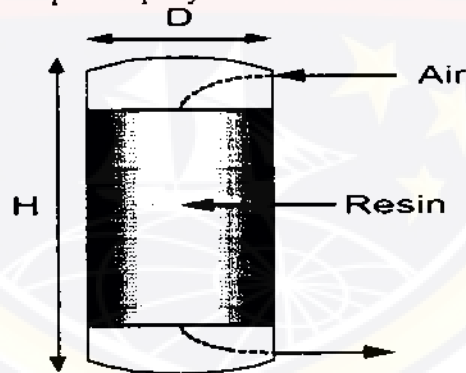
$$t = \frac{14,7 \times 34,9292}{2(0,85 \times 20500 - 0,6 \times 14,7)} + C$$

$$= 0,1397 \text{ in (dipakai tebal standar } 3/16 \text{ in)}$$

Head atas dan bawah dibuat dari bahan dan tebal yang sama dengan bagian shellnya.

7. Kation Exchanger

Fungsi : Menghilangkan ion-ion positif penyebab kesadahan



$$\text{Laju alir} = 45313,23095 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Air make up} = 0,25 \times 45313,2309 \text{ kg/jam}$$

$$= 11328,3077 \text{ kg/jam}$$

Laju alir volumetrik (V)

$$\begin{aligned}
 V &= (11328,3077 \text{ kg/jam})/1000 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 11,3283 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 49,8823 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

Untuk keadaan normal, kandungan anion dalam air, adalah 242 ppm = 14,15 grain/gal.
(Powell, 1954, Tabel 2, hal. 161)

Massa aktif resin = 24 jam (Powel, hal. 185)

Air yang masuk kation exchanger selama 24 jam adalah :

$$\begin{aligned}
 &= (49,8823 \text{ gpm}) \times (60 \text{ menit/jam}) \times (24 \text{ jam}) \\
 &= 71830,5337 \text{ gallon}
 \end{aligned}$$

Total kation yang dihilangkan = (14,15 grain/gal) x (71830,5337 gal)

$$\begin{aligned}
 &= 1016402,0519 \text{ grain} \\
 &= 65862,8529 \text{ gram} \\
 &= 65,8629 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jeis resin yang digunakan adalah Natural Green Sand Zeolit.

Kapasitas penyerapan = 2,8 kgrain/ft³ (Tabel 5-6, Powel, hal. 172)

Kecepatan penyerapan = 3 - 4 gpm/ft² penampang

Volume resin yang diambil = (65,8629 kg) / (2,8 kg/ft³)

$$\begin{aligned}
 &= 23,5224 \text{ ft}^3 \\
 &= 0,6661 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Luas penampang resin = $\pi/4 \cdot D^2$

Luas resin (Bed) = 49,8823 gpm / 4 gpm/ft²

$$= 12,4706 \text{ ft}^2$$

$$= 1,1586 \text{ m}^2$$

Tinggi Bed = Volume resin/Luas penampang resin

$$= 0,6661 \text{ m}^3 / 1,1586 \text{ m}^2$$

$$= 0,5749 \text{ m}$$

$$1,1586 = \pi/4 \cdot D^2$$

$$D = 1,2149 \text{ m}$$

$$D = 47,82882619 \text{ in}$$

Direncanakan $H = 3D$

$$H = 3,6446 \text{ m}$$

Menghitung tebal tangki

Tangki dirancang dari bahan Stainless steel SA-316 Grade D, dimana;

$$f = 20500 \text{ psi}$$

$$E = 0,85$$

$$C = 0,125 \text{ in}$$

Dari persamaan 13-1, Brownell & Young, diperoleh :

$$t = \frac{P \cdot D}{2(Ef - 0,6P)} + C$$

$$t = \frac{14,7 \times 47,8288}{2(0,85 \times 20500 - 0,6 \times 14,7)} + 0,125$$

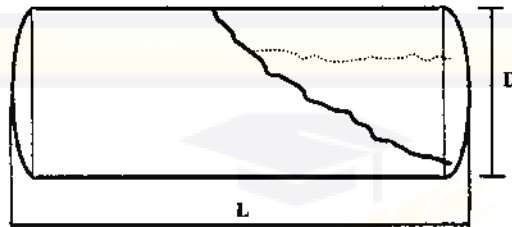
$$= 0,1452 \text{ in (dipakai tebal standar } 3/16 \text{ in)}$$

Head atas dan bawah dibuat dari bahan dan tebal yang sama dengan bagian shellnya.

8. Tangki Deaerator

Fungsi : Menghilangkan gas CO₂ dan O₂ yang terdapat dalam air lunak dengan bantuan steam dan Na₂HPO₄.H₂O

Jenis : Tangki silinder horisontal



Laju alir = 45313,2309 kg/jam

$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$

Bahan kimia yang ditambahkan = 0,1 kg/100 ton air

Kebutuhan Na₂HPO₄.H₂O = (0,1 kg/100 ton) x (45,3132309 ton/jam)
 = 0,0453 kg/jam

Dianggap waktu tinggal = 1 jam

Volume air yang ditampung = 45313,2309 / 1000 x 1 jam

Volume air yang ditampung = 45,3132m³

Volume air = 80 % volume tangki

Volume tangki = 45,3132/0,80
 = 56,6415m³

Volume tangki = Volume silinder + Volume head
 = $(\pi/4).D^2.L + ((\pi/4).D^3/12)$

Dipilih; L/D = 6, maka;

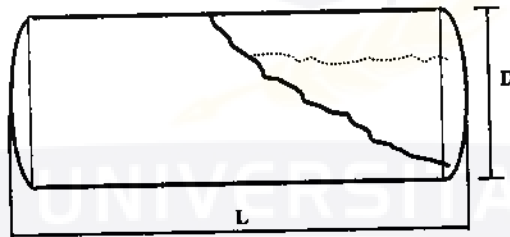
Volume tangki = (19). π .D³/12

$$\begin{aligned}
 D &= ((56,6415 \times 12) / (19\pi))^{1/3} \\
 &= 2,2501 \text{ m} \\
 L &= 13,5009 \text{ m}
 \end{aligned}$$

9. Tangki Kondensat

Fungsi : Menampung kondensat yang keluar dari alat proses dan make up dari deaerator

Jenis : Tangki silinder horisontal



$$\text{Laju alir} = 45313,2309 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

Dianggap waktu tinggal = 1 jam

$$\text{Volume air yang ditampung} = 45313,2309 / 1000 \times 1 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air yang ditampung} = 45,3132 \text{ m}^3$$

Volume air = 80 % volume tangki

$$\text{Volume tangki} = 45,3132 / 0,80$$

$$= 56,6415 \text{ m}^3$$

Volume tangki = Volume silinder + Volume head

$$= (\pi/4).D^2.L + ((\pi/4).D^3/12)$$

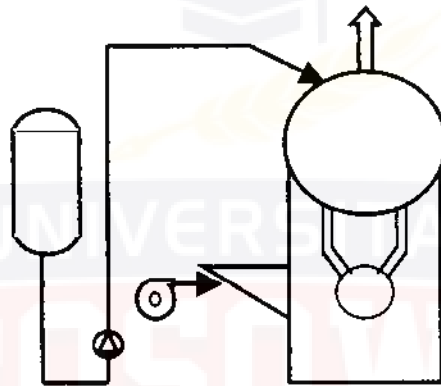
Dipilih, $L/D = 5$, maka;

$$\text{Volume tangki} = (16).\pi.D^3/12$$

$$\begin{aligned}
 D &= ((56,6415 \times 12) / (19\pi))^{1/3} \\
 &= 2,3828 \text{ m} \\
 L &= 14,2968 \text{ m}
 \end{aligned}$$

10. Boiler

Fungsi : Membuat uap air sebanyak 45313,5248 kg/jam pada suhu 150 °C, dan tekanan 475,8 kPa



$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan steam} &= 45313,2309 \text{ kg/jam} \\
 &= 99915,67424 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

Power Boiler:

$$\text{Hp} = \frac{ms \times (Hs - Hf)}{(970,3 \times 34,5)}$$

Dimana :

ms = Rate steam yang harus dihasilkan (99915,6742 lb/jam)

Hs = Entalpi steam (1181,5727 Btu/lb)

Hf = Entalpi liquid pada kondisi air masuk boiler (271,9789 Btu/lb)

$$\text{Hp} = \frac{99915,6742 \text{ lb/jam} \times (1181,5727 - 271,9789) \text{ Btu/lb}}{(970,3 \times 34,5)}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hp} &= 2714,9134 \text{ Btu/jam} \\
 &= 45,2486 \text{ Btu/menit}
 \end{aligned}$$

$$= 1,0670 \text{ hp}$$

Kapasitas boiler:

$$\begin{aligned} Q &= ms \times (H_s - H_f) \\ &= 90882667,8218 \text{ Btu/jam} \\ &= 35718,28182 \text{ hp} \end{aligned}$$

Luas panas boiler:

Untuk setiap Hp boiler = $10 \text{ ft}^2/\text{hp}$ boiler (Chemical Engineering Magazine, Pro.Heat Exc., hal.345).

Total luas permukaan:

$$\begin{aligned} &= 10 \text{ ft}^2/\text{hp} \times 1729,63467 \text{ hp} \\ &= 35718,8182 \text{ ft}^2 \\ &= 33183,3697 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan :

- Jenis boiler Fire Tube Boiler
- Panjang tube yang digunakan 20 ft
- Tube dengan 1,5 in OD, triangulat pitch
- Jumlah tube (Nt)
 - = $17296,3467 \text{ ft}^2 / (0,3271 \text{ ft}^2/\text{ft} \times 20 \text{ ft})$
 - = 54598,4131 (54600 tube)
- Sebagai bahan bakar digunakan diesel oil
 - LHV = 19000 Btu/lb
 - $\rho = 55 \text{ lb}/\text{ft}^3$ (881 kg/m^3)
- Dianggap efisiensi boiler 85%, maka jumlah bahan bakar (W) yang digunakan adalah

$$W = \frac{ms \times (H_s - H_f)}{(\eta \times \text{LHV})}$$

$$W = \frac{99915,6742 \text{ lb/jam} \times (1181,5727 - 271,9789) \text{ Btu/lb}}{(0,85 \times 19000 \text{ Btu/lb})}$$

$$= 5627,4104 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2552,1136 \text{ kg/jam} \\
 &= 2,5521 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 2552,1136 \text{ ltr/jam}
 \end{aligned}$$

11. Pompa Bahan Bakar Boiler

Fungsi : Mengalirkan bahan bakar diesel oil dari piping menuju boiler

Jenis : Pompa Sentrifugal

Dasar Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Laju alir bahan masuk (W)} &= 1,5632 \text{ lb/dtk} \\
 \text{Densitas diesel oil (} \rho \text{)} &= 55,0000 \text{ lb/ft}^3 \\
 \text{Viskositas diesel oil (} \mu \text{)} &= 0,0027 \text{ lb/ft.dtk}
 \end{aligned}$$

Laju alir Volumetrik (Q)

$$\begin{aligned}
 Q &= W/\rho \\
 &= 0,0284 \text{ ft}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Dianggap aliran Turbulen, dari (Peters & Timmerhaus, "Plant Design and Economics", pers. 15, hal. 496) untuk mencari diameter optimum.

$$D_{i,opt} = 3,9 \cdot Q^{0,45} \cdot \rho^{0,13}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 D_{i,opt} &= \text{Diameter pipa optimum (in)} \\
 Q &= \text{Laju alir volumetrik (ft}^3/\text{dtk)} \\
 \rho &= \text{Densitas fluida (lb/ft}^3\text{)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_{i,opt} &= 3,9 \cdot (0,0284)^{0,45} \cdot (55,0000)^{0,13} \\
 &= 1,6411 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Maka ; $D_{i,opt} = 1,6411 \text{ in}$

Standirasi pipa nominal 2 in, sch. 40 (Brownell & Young, "Plant Equipment Design",

App. K, hal. 387), diperoleh :

$$\begin{aligned}
 ID &= 2,067 \text{ in} &= 0,1723 \text{ ft} \\
 OD &= 2,375 \text{ in} &= 0,1979 \text{ ft} \\
 a &= 3,356 \text{ in}^2 &= 0,2797 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Kecepatan aliran dalam pipa (V)

$$V = \frac{Q/a}{(0,2797 \text{ ft}^2)} = \frac{(0,0459 \text{ ft}^3/\text{dtk})}{(0,2797 \text{ ft}^2)} = 0,1016255 \text{ ft/dtk}$$

Cek Bilangan Reynold (NRe)

$$NRe = \frac{\rho_{\text{mix}} \cdot V \cdot ID}{\mu_{\text{mix}}}$$

$$NRe = \frac{(55,0 \text{ lb/ft}^3 \times 0,1641 \text{ ft/dtk} \times 0,1723 \text{ ft})}{0,0027 \text{ lb/ft} \cdot \text{dtk}}$$

$$= 1436,9770 \text{ (Turbulen)}$$

Dari (Peters & Timmerhaus, Fig. 14-1, Hal. 482) untuk bahan Commercial steel, diperoleh ;

$$\epsilon = 0,00015$$

$$\epsilon/ID = 0,0009$$

$$f = 0,014$$

$$\alpha = 1$$

Menentukan Panjang Pipa (L)

Direncanakan :

- Panjang pipa lurus = 60,0000 ft
 - 2 buah elbow 90o (L/D) = 30, Le = 30 x 0,1723 ft = 10,3350 ft
 - 2 buah Gate Valve (L/D) = 35, Le = 35 x 0,1723 ft = 12,0575 ft
 - 1 buah Globe Valve (L/D) = 340, Le = 340 x 0,1723 ft = 58,5650 ft
- ΣL = 140,9575 ft

Friksi yang terjadi (Fc)

Menentukan faktor kerugian akibat gesekan pada sambungan dan Valve

$$F_c = \frac{f \cdot V^2 \cdot \Sigma L}{g_c \cdot ID}$$

$$F_c = \frac{2 \times 0,014 \times (0,1641)^2 \times 140,9575}{32,2 \times 0,1723}$$

$$= 0,0073 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli

$$\Delta Z \text{ g/gc} + \Delta V^2/2\alpha g_c + \Delta P/\rho = Q - W_f - \Sigma F_c$$

Dimana :

$$V_1 = 0 \text{ (diameter tangki } \gg \gg \text{ diameter pipa)}$$

$$V^2 = 0,1016 \text{ ft/dtk}$$

$$\Delta P = 0$$

$$\Delta Z = 30 \text{ ft}$$

$$\alpha = 1 \text{ (Aliran Turbulen)}$$

Pers. Bernoulli menjadi;

$$\Sigma F_c + \Delta Z \text{ g/gc} + \Delta V^2/2\alpha g_c + \Delta P/\rho = W_f$$

$$-W_f = (0,0192) + (30) + ((0,1641)^2/2 \times 1 \times 32,2) + 0$$

$$= 40,0075 \text{ lbf/lbm}$$

Menghitung Power Pompa

$$WHP = \frac{-W_f \cdot Q \cdot \rho_{mix}}{550}$$

$$WHP = \frac{(40,0196 \text{ lbf/lbm}) \times (0,0459 \text{ ft}^3/\text{dtk}) \times (55,0000 \text{ lb/ft}^3)}{550}$$

$$= 0,1137 \text{ hp}$$

Untuk $Q = 0,0459 \text{ ft}^3/\text{dtk}$, maka efisiensi pompa (η) adalah 85 %, dari (Peters & Timmerhaus, Fig. 14-37, hal. 520)

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{\text{WHP}}{\eta \text{ pompa}} = \frac{0,1837 \text{ hp}}{0,85} \\ &= 0,1338 \text{ hp} \end{aligned}$$

Dari Fig. 14-38, hal 521 (Peters & Timmerhaus, "Plant Design and Erconomics") diperoleh efisiensi motor adalah 80 %

$$\begin{aligned} \text{HP motor} &= \frac{\text{BHP}}{\eta \text{ motor}} = \frac{0,2161 \text{ hp}}{0,8} \\ &= 0,1672 \text{ hp} \end{aligned}$$

Maka digunakan daya aktual pompa adalah 0,5 Hp

12. Tangki Klorinasi

Fungsi : Mencampur air yang dibutuhkan untuk sanitasi dengan kaporit

Jenis : Tangki silinder tertutup



$$\text{Laju alir} = 95000,0000 \text{ kg/jam} = 209475 \text{ lb/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

Waktu tinggal : 1 jam

$$\text{Volume air yang tertampung} = 95,0000 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Diambil $D/H = 1$, maka;

$$\text{Volume tangki} = \pi/4 \cdot D^2 H$$

$$\text{Volume air} = 80\% \text{ Volume tangki}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki} &= 95/0,80 \\ &= 118,7500 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D &= \frac{((118,7500 \times 4))}{(1\pi)^{1/3}} \\ &= 5,3283 \text{ m}\end{aligned}$$

$$H = 31,9697\text{m}$$

Kebutuhan kaporit :

Digunakan kaporit 75% khlor aktif

Kadar khlor dalam air = 2 ppm

$$\begin{aligned}\text{Jadi kebutuhan kaporit} &= 2 \cdot 10^{-6} \times 209475 \text{ lb/jam} \\ &= 0,4190 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Berat jenis larutan = 62,9 lb/ft³

Konsentrasi larutan kaporit = 4%

$$\begin{aligned}\text{Cl}_2 &= (100/75) \times (0,4190 \text{ lb/jam}) = 0,5586 \text{ lb/jam} \\ &= 0,007868 \text{ lbmol/jam}\end{aligned}$$

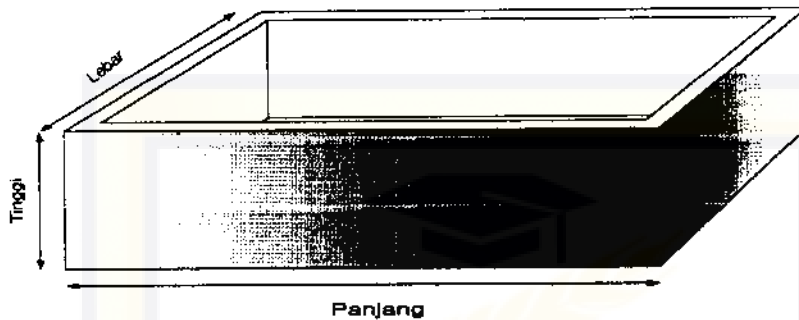
$$\begin{aligned}\text{Ca(OCl)}_2 &= 0,007868 \text{ lbmol/jam} \\ &= 1,1251 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan kaporit = 27,0024 lb/hari

13. Bak Penampung Sanitasi

Fungsi : Menampung air untuk karyawan dan kebutuhan rumah tangga

Bahan konstruksi : Beton



$$\text{Laju alir} = 95000,0000 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (9500 \text{ kg/jam})/1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 95,0000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Waktu tinggal : 4 - 24 jam, diambil 12 jam (Powel, 1954, hal.14)

$$\text{Volume} = 95 \times 12 = 1140,0000 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung dengan keamanan 20 % adalah

$$= 1,2 \times 1140,0 \text{ m}^3$$

$$= 1368,0000 \text{ m}^3$$

Dipilih bak berbentuk persegi panjang;

$$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 2$$

$$\text{Volume Bak} = P \times L \times T$$

$$30 X^3 = 1368,0000 \text{ m}^3$$

$$X = \sqrt[3]{\frac{1368}{30}}$$

$$X = 3,5726 \text{ m}$$

Jadi;

$$P = 5 \times 3,5726 \text{ m} = 17,8632 \text{ m}$$

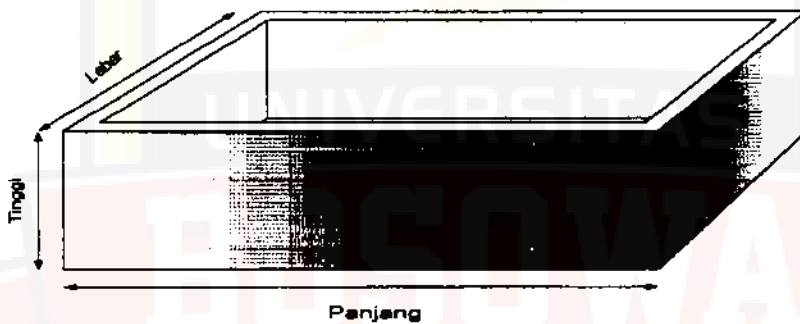
$$L = 3 \times 3,5726 \text{ m} = 10,7180 \text{ m}$$

$$T = 2 \times 3,5726 \text{ m} = 7,1453 \text{ m}$$

14. Bak Air Pendingin

Fungsi : Menampung air pendingin untuk kebutuhan peralatan proses

Bahan konstruksi : Beton



$$\text{Laju alir} = 651917,6968 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= (651917,6968 \text{ kg/jam}) / 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 651,9177 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dianggap waktu tinggal : 1 jam

$$\text{Volume} = 651,9177 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung dengan keamanan 25 % adalah

$$= 1,25 \times 651,9177 \text{ m}^3$$

$$= 814,8971 \text{ m}^3$$

Dipilih bak berbentuk persegi panjang;

$$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 2$$

$$\text{Volume Bak} = P \times L \times T$$

$$30 X^3 = 814,8971 \text{ m}^3$$

$$X = \sqrt[3]{\frac{814,8971}{30}}$$

$$X = 3,0060 \text{ m}$$

Jadi;

$$P = 5 \times 3,0060 \text{ m} = 15,0302 \text{ m}$$

$$L = 3 \times 3,0060 \text{ m} = 9,0181 \text{ m}$$

$$T = 2 \times 3,0060 \text{ m} = 6,0121 \text{ m}$$

Direncanakan menggunakan 2 bak yang dimensinya sama

Setiap bak berdimensi :

$$P = 7,5151 \text{ m}$$

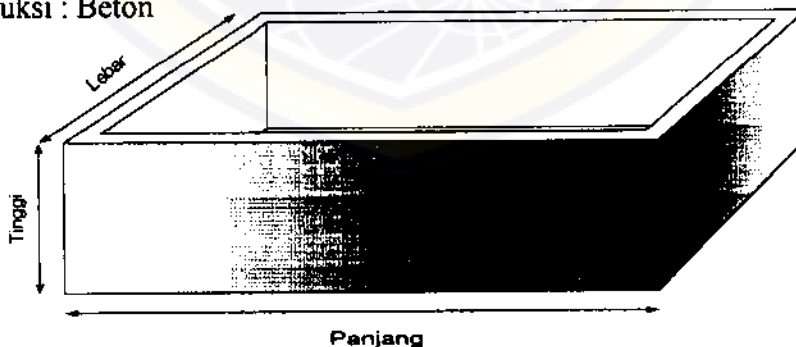
$$L = 4,5091 \text{ m}$$

$$T = 3,0060 \text{ m}$$

15. Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Menampung air pendingin dari peralatan proses

Bahan konstruksi : Beton



$$\text{Laju alir} = 488938,2726 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (488938,2726 \text{ kg/jam})/1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 488,9383 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dianggap waktu tinggal : 1 jam

$$\text{Volume} = 488,9383 \text{ m}^3$$

Volume bak penampung dengan keamanan 25 % adalah

$$\begin{aligned}&= 1,25 \times 488,9383 \text{ m}^3 \\ &= 611,1728 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dipilih bak berbentuk persegi panjang;

$$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 2$$

$$\text{Volume Bak} = P \times L \times T$$

$$\begin{aligned}30 X^3 &= 611,1728 \text{ m}^3 \\ X &= \sqrt[3]{\frac{611,1728}{30}} \\ X &= 2,7312 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi;

$$P = 5 \times 2,7312 \text{ m} = 13,6558 \text{ m}$$

$$L = 3 \times 2,7312 \text{ m} = 8,1935 \text{ m}$$

$$T = 2 \times 2,7312 \text{ m} = 5,4623 \text{ m}$$

Direncanakan menggunakan 1 bak yang dimensi sbb :

$$P = 13,6558 \text{ m}$$

$$L = 8,1935 \text{ m}$$

$$T = 5,4623 \text{ m}$$

16. Coling Tower

Fungsi : Mendinginkan kembali air pendingin bekas sampai suhu air mula-mula 30 °C.

$$\text{Laju alir} = 488938,2726 \text{ kg/jam}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1000,0000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volume} = (488938,2726 \text{ kg/jam})/1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 488,9383 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2152,9582 \text{ gpm}$$

$$\text{Temperatur bola basah} = 25 \text{ }^\circ\text{C} = 77 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatur air menara} = 45 \text{ }^\circ\text{C} = 113 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatur air pendingin} = 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Temperatur pendekatan} = 86 - 77 = 9 \text{ }^\circ\text{F}$$

Rasio tinggi cooling tower direncanakan 4D, sehingga dari Fig. 12-14 Perry, diperoleh konsentrasi air : 2,3 gpm/ft³

Volume yang dibutuhkan :

$$= (2152,9582 \text{ gpm}) / (2,3 \text{ gpm/ft}^3)$$

$$= 615,1309 \text{ ft}^3$$

Sehingga diameter menara:

$$615,1309 \text{ ft}^3 = 0,25\pi.D^2.4D$$

$$D = (615,1309/(0,25 \times 4\pi))^{1/3}$$

$$= 5,8078 \text{ ft}$$

$$H = 4 \times D = 4 \times 5,8078 \text{ ft}$$

$$= 23,2313 \text{ ft}$$

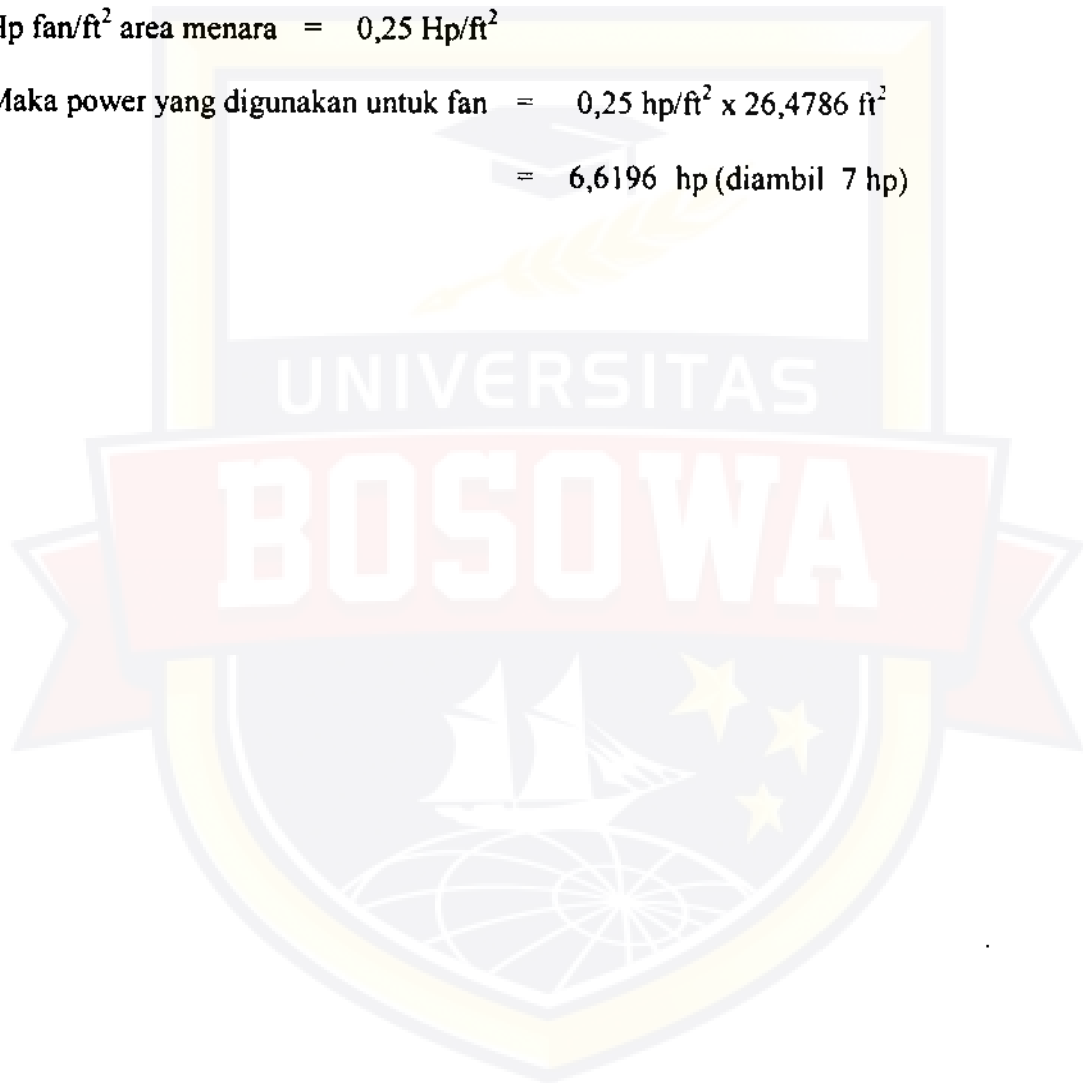
$$\begin{aligned}\text{Luas penampang menara} &= 0,25\pi.D^2 = 0,25 \times 3,14 \times (23,2313)^2 \\ &= 26,4786 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

Maka, dengan menggunakan Fig. 12-15, Perry,

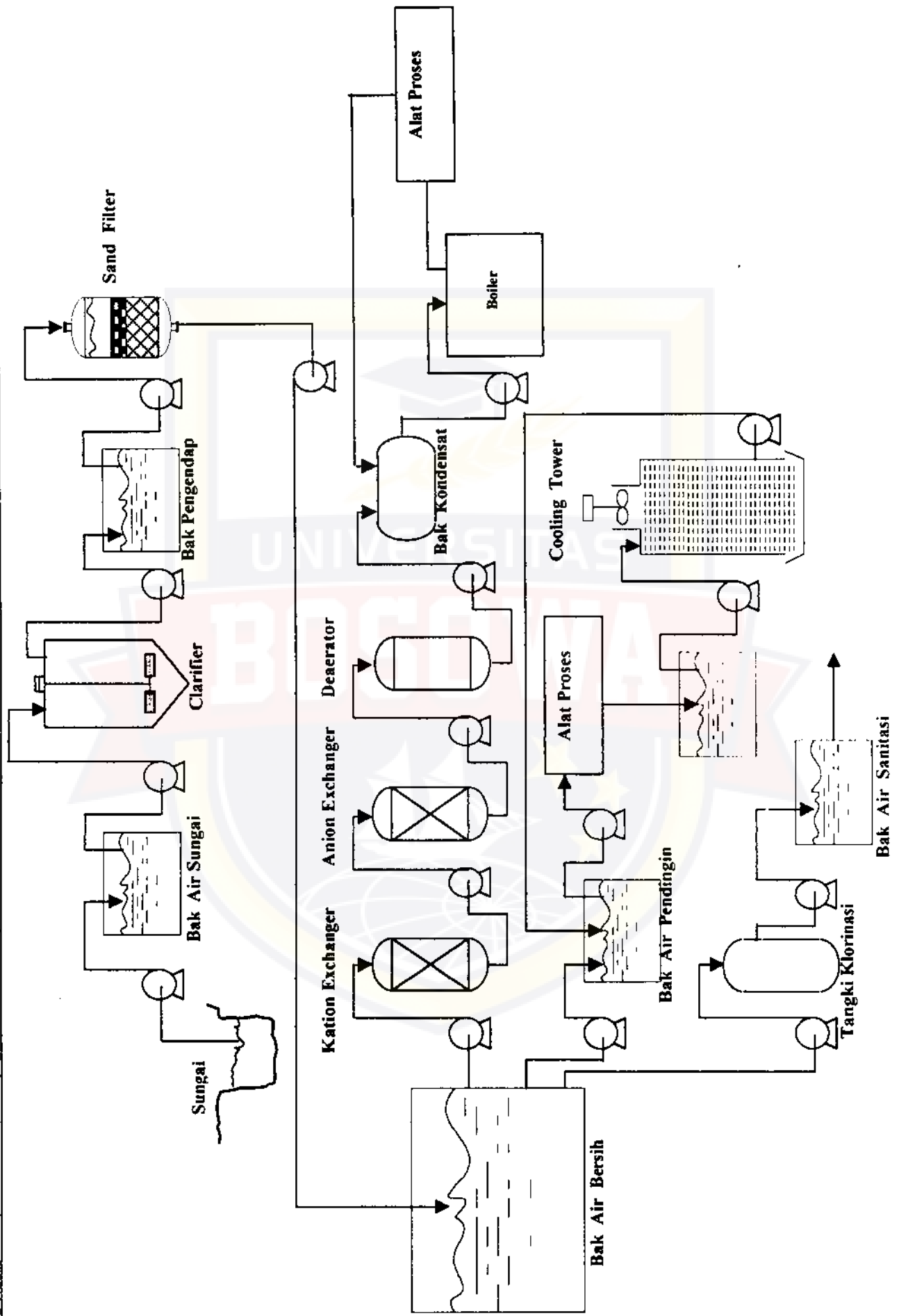
dengan mengambil standar kinerja menara 100 %, diperoleh;

$$\text{Hp fan/ft}^2 \text{ area menara} = 0,25 \text{ Hp/ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Maka power yang digunakan untuk fan} &= 0,25 \text{ hp/ft}^2 \times 26,4786 \text{ ft}^2 \\ &= 6,6196 \text{ hp (diambil 7 hp)}\end{aligned}$$



GAMBAR UNIT PENGOLAHAN AIR
PABRIK ASAM SITRAT



BAB VIII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

8.1 Instrumentasi

Dalam mengatur dan mengendalikan kondisi operasi pada alat proses diperlukan adanya alat – alat kontrol atau instrumentasi. Instrumentasi ini merupakan suatu petunjuk (indikator), suatu perekam atau suatu pengontrol (controller). Dalam industri kimia alat-alat instrumentasi memegang peranan penting karena dengan instrumentasi tersebut variabel-variabel proses dapat dikontrol dengan tepat sehingga didapat kondisi operasi yang optimal. Banyak variabel yang perlu diukur ataupun dikontrol seperti suhu, tekanan, ketinggian cairan, dan kecepatan aliran.

Variabel-variabel proses yang utama dalam pabrik Asam Sitrat ini adalah :

- Temperatur
- Tekanan
- Kecepatan aliran
- pH
- Konsentrasi

Pemilihan instrumen yang digunakan didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Level instrumentnya
- Arah yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang diperlukan, bahan konstruksinya dan pengaruh pemasangan instrument pada kondisi proses.

Pada umumnya instrumentasi dapat dibedakan berdasarkan proses kerjanya:

Proses manual

Pada proses manual, biasanya alat hanya terdiri dari instrumentasi petunjuk dan pencatat saja.

Proses otomatis

Untuk pengaturan secara otomatis, peralatan instrumentasi dihubungkan dengan alat kontrol. Peralatan-peralatan tersebut antara lain :

Sensing element/Primary element. Merupakan elemen yang merasakan adanya perubahan dari variabel yang diukur.

Element pengukur. Merupakan elemen yang menerima out put dari elemen primer dan melakukan pengukuran, yang termasuk dalam elemen pengukur adalah alat – alat penunjuk (indikator) dan alat – alat pencatat.

Elemen pengontrol. Merupakan elemen yang menunjukkan harga perubahan dari variabel yang dirasakan oleh sensing elemen dan diukur oleh elemen pengukur untuk mengatur sumber tenaga yang sesuai dengan perubahan. Tenaga yang diatur dapat berupa tenaga mekanis, elektris, dan pneumatis.

Elemen proses sendiri. Merupakan elemen yang mengubah input ke dalam proses, sehingga variabel yang diukur tetap berada pada range yang diinginkan.

Pada prarancangan pabrik Asam Sitrat ini, instrumen yang digunakan alat kontrol otomatis maupun manual. Hal ini tergantung dari sistem peralatan dan faktor pertimbangan teknis serta faktor ekonomis.

Dengan menggunakan instrumentasi ini diharapkan dapat tercapai hal – hal berikut :

- Menjaga variabel proses pada batas operasi yang aman.
- Kualitas produksi lebih terjamin.
- Membantu mempermudah pengoperasian suatu alat.
- Kondisi-kondisi berbahaya dapat diketahui secara dini melalui alarm peringatan.
- Efisiensi kerja akan lebih meningkat.

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam instrumentasi :

- Level indikator.
- Range yang diperlukan untuk pengukuran.
- Ketelitian yang dibutuhkan.
- Bahan konstruksinya.
- Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor ekonomi.

Dengan adanya instrumentasi diharapkan akan bekerja sesuai dengan yang diharapkan, dan instrumentasi yang digunakan dalam prarancangan pabrik As. Sitrat ini adalah :

Level indikator (LI). Alat ini dipakai sebagai penunjuk ketinggian liquida dalam tangki, sehingga dapat diketahui kapan tangki harus diisi.

Pressure Indicator (PI). Alat ini dipakai untuk mengetahui tekanan operasi.

Temperatur Controller (TC). Dipasang pada alat yang perlu penjagaan suhu, agar beroperasi pada suhu konstan..

Pressure Controller (PC). Dipasang pada alat yang perlu penjagaan tekanan, agar beroperasi pada tekanan konstan.

Pemasangan instrumentasi pada prarancangan pabrik As. Sitrat, ditunjukkan untuk :

1. Tangki

Instrumen yang dipakai adalah Level Indicator (LI). LI diperlukan untuk mengontrol ketinggian cairan pada alat peroses.

2. Fermentor

Reaktor dipakai adalah reaktor alir berpengaduk, pemasangan TC dan PC mutlak dilakukan pada reaktor alir berpengaduk, karena reaksi berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 30 °C. Dengan adanya alat kontrol ini diharapkan kondisi operasi pada reaktor dapat dijaga dan reaksi berlangsung dengan sempurna. Jika terjadi perubahan kondisi operasi (temperatur dan tekanan) tanpa adanya suatu alat kontrol, maka reaksi tidak berlangsung sempurna.

3. Heat Exchanger, Evaporator

Perpindahan panas berlangsung dari fluida dingin, karena itu dipasang alat. TC agar tidak terjadi perpindahan panas yang berlebih dari fluida panas maupun fluida dingin. TC diperlukan untuk mengontrol suhu tertentu pada setiap peralatan.

Secara keseluruhan instrumentasi peralatan pabrik dapat dilihat pada tabel 8.1.

Tabel 8.1 Instrumentasi Peralatan Pabrik

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumen
1.	Tangki	T - 01 sampai T - 07	LI
2.	Mixer	MX	LI, TC
3.	Fermentor	FR	TC, PC, LI
4.	Precipitator	PR	LI, TC
5.	Acidulator	AD	LI, TC
6.	Heat Exchanger	HE	TC
7.	Dryer	DR	TC

8.2 Keselamatan Kerja

Dalam perencanaan suatu pabrik, keselamatan kerja merupakan hal yang sangat penting yang harus diperhatikan karena menyangkut kelancaran dan keselamatan kerja karyawan, disamping itu juga menyangkut lingkungan dan masyarakat di sekitar pabrik. Keselamatan kerja ini merupakan usaha untuk memberikan rasa aman dan tenang pada karyawan dalam bekerja, sehingga kontinuitas dan efektifitas kerja dapat terjamin. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja adalah sebagai berikut :

Latar belakang pekerja

Yaitu sifat atau karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun dari lingkungannya yang hal ini dapat mempengaruhi pekerja dalam melakukan pekerjaannya, sehingga dapat menyebabkan kelalaian pekerja.

Kelalaian pekerja

Adanya sikap gugup, tegang, mengabaikan keselamatan dan lain – lain akan menyebabkan pekerja akan melakukan tindakan yang tidak aman. Hal ini dapat menjadi lebih parah bila ditunjang dengan alat – alat yang tidak aman.

Tindakan yang tidak aman dan bahaya mekanis/fisis

Tindakan yang tidak aman dari pekerja seperti berdiri dibawah beban tersuspensi, menjalankan mesin tanpa pelindung, atau bahaya mekanis seperti gear yang tidak dilindungi, penerangan yang tidak cukup, dan lain sebagainya.

Kecelakaan

Kejadian seperti jatuhnya pekerja, tertumbuk benda melayang sehingga dapat melukai pekerja.

Adapun bahaya – bahaya yang dapat terjadi pada prarancangan pabrik Asam Sitrat yang harus diperhatikan, serta cara mengatasinya adalah sebagai berikut :

1. Keselamatan konstruksi :
 - a. Konstruksi bangunan, peralatan produksi baik langsung maupun tidak langsung harus cukup kuat dan pemilihan bahan konstruksinya harus tepat
 - b. Pada tempat – tempat yang berbahaya hendaknya diberi pagar atau peringatan yang jelas.
 - c. Antara peralatan mesin – mesin dan alat – alat proses harus berjarak cukup jauh.
2. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran :
 - a. Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran.
 - b. Untuk mencegah atau mengurangi bahaya – bahaya yang timbul, maka dipakai isolasi – isolasi panas atau isolasi listrik dan pada tempat bertekanan tinggi diberi penghalang atau pagar.
3. Memberikan penjelasan – penjelasan mengenai bahaya – bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya.
4. Memasang tanda – tanda bahaya, seperti alarm peringatan apabila terjadi bahaya.
5. Penyediaan alat – alat pencegah kebakaran, baik akibat listrik maupun api.
6. Ventilasi

Ruang kerja harus mendapatkan ruang ventilasi yang cukup, sehingga pekerja dapat leluasa untuk dapat menghirup udara segar yang berarti ikut serta menjamin kesehatan dan keselamatan pekerja.

7. Pemipaan

- a. Jalur proses yang terletak di atas permukaan tanah lebih baik dari pada diletakkan di bawah tanah karena hal tersebut menyangkut timbulnya bahaya kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran.
- b. Pengaturan dari perpipaan dan valve penting untuk mengamankan operasi. Bila terjadi kebocoran pada check valve sebaiknya diatasi dengan pemasangan blok valve disamping check valve tersebut.
- c. Sebelum pipa – pipa dipasang sebaiknya dilakukan tes hidrostatik yang bertujuan mencegah terjadinya stres yang berlebihan pada bagian – bagian tertentu atau pada bagian pondasi.

8. Karyawan

Para karyawan terutama operator perlu diberi bimbingan/pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan.

9. Listrik

Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengaman pemutus arus bila sewaktu – waktu terjadi hubungan singkat (consluiting) yang dapat menyebabkan kebakaran, juga perlu diadakan pemeriksaan kemungkinan adanya kabel yang terkelupas dapat membahayakan pekerja bila tersentuh dengan kabel tersebut.

10. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

- a. Bangunan seperti workshop, laboratorium, kantor hendaknya diletakkan berjauhan dengan unit operasi.

- b. Antara unit satu dengan unit yang lain hendaknya dipisahkan dengan jalan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran.
- c. Pengamanan bila terjadi kebakaran harus dilengkapi dengan baju tahan api dan alat-alat pembantu pernapasan.

Pengamanan alat

Untuk menghindari kerusakan alat seperti peledakan atau kebakaran, maka pada alat – alat tertentu perlu dipasang suatu pengamanan seperti safety valve, isolasi dan pemadam kebakaran.

Keselamatan kerja karyawan

Pada karyawan terutama pada operator perlu di beri bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan jiwanya maupun jiwa orang lain. Alat pelindung yang diperlukan pada pra rencana pabrik Asam Sitrat dapat di lihat pada tabel 8.2.

Tabel 8.2 Alat – alat keselamatan kerja pada pabrik Asam Sitrat.

No.	Alat Pelindung	Lokasi Pengamanan
1.	Masker	Gudang, bagian proses, storage
2.	Topi pengaman	Gudang, bagian proses, storage
3.	Sarung tangan	Gudang, bagian proses, storage
4.	Sarung karet	Gudang, bagian proses, storage
5.	Isolasi panas	Pipa steam, heater
6.	Pemadam kebakaran	Gudang, bagian proses, storage

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1 Lokasi Pabrik

Dasar pemilihan untuk penentuan lokasi pabrik dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat, karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan. Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi terpilih benar-benar memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dapat digolongkan menjadi dua, yaitu faktor utama dan faktor khusus.

A. Faktor Utama

1. Penyediaan bahan baku

Tersedianya bahan baku dan harga bahan baku sering menentukan lokasi suatu pabrik. Ditinjau dari segi ini maka pabrik hendaknya didirikan dengan sumber bahan baku, yaitu meliputi:

- a. Letak sumber bahan baku
- b. Kapasitas sumber bahan baku tersebut dan berapa lama sumber tersebut dapat diandalkan pengadaannya.
- c. Kualitas bahan baku yang ada apakah kualitas ini sesuai dengan persyaratan yang dibutuhkan.
- d. Cara mendapatkan bahan baku dan pengangkutan.

2. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor yang penting dalam suatu pabrik atau industri karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut.

Hal – hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Dimana produksi akan dipasarkan.
- b. Kebutuhan akan produk pada saat sekarang dan akan datang.
- c. Pengaruh saingan yang ada.
- d. Jarak pemasaran dari lokasi dan bagaimana sarana pengangkutan untuk daerah pemasaran.

3. Utilitas

Utilitas dari suatu pabrik terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

Air

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air umpan boiler, air sanitasi, dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber, yaitu air sumber/sungai, air kawasan dan air dari PDAM. Bila air dibutuhkan dalam jumlah yang besar, maka pengambilan air dari sumber/sungai langsung akan lebih ekonomis.

Perlu diperhatikan mengenai :

- a. Sampai seberapa jauh sumber ini dapat melayani pabrik.
- b. Kualitas sumber air yang tersedia.
- c. Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan.

Listrik dan bahan bakar

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan yang penting terutama sebagai motor penggerak selain sebagai penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya.

Hal – hal yang perlu diperhatikan adalah :

- a. Ada atau tidaknya serta jumlah tenaga listrik di daerah itu.
- b. Harga listrik di daerah tersebut.
- c. Persediaan tenaga listrik dan bahan bakar dimasa mendatang.
- d. Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

4. Iklim dan Alam Sekitarnya

Hal – hal yang perlu diperhatikan :

- a. Keadaan alamnya, keadaan alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan dan konstruksi peralatan.
- b. Keadaan angin (kecepatan dan arahnya) pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut.
- c. Gempa bumi yang pernah terjadi.
- d. Kemungkinan untuk perluasan dimasa yang akan datang.

B. Faktor Khusus

1. Transportasi

Masalah transportasi perlu dipertimbangkan agar kelancaran perbekalan (supply) bahan baku dan penyaluran produk akan dapat terjamin dengan biaya serendah mungkin

dan dalam waktu singkat. Karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti :

- a. Jalan raya yang dilalui mobil
- b. Jalan kereta api
- c. Sungai yang dapat dilayari kapal dan perahu
- d. Adanya pelabuhan dan lapangan udara

2. Buangan Pabrik (waste disposal)

Apabila buangan pabrik (waste disposal) berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka harus diperhatikan :

- a. Cara mengeluarkan bentuk buangan, terutama hubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- b. Masalah polusi yang mungkin timbul.

3. Tenaga kerja

Hal – hal yang perlu diperhatikan :

- a. Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan.
- b. Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang tersedia.
- c. Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah itu.

4. Karakteristik dari Lokasi

Hal – hal yang harus diperhatikan dalam memilih lokasi adalah :

- a. Apakah daerah tersebut merupakan lokasi bebas sawah, rawa, bukit dan sebagainya.
- b. Harga tanah dan fasilitas lainnya.

5. Masalah lingkungan (komunitas)

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- a. Apakah merupakan pedesaan atau perkotaan
- b. Fasilitas rumah, sekolah, dan tempat ibadah.

6. Peraturan dan perundang – undangan

Hal – hal yang perlu ditinjau :

- a. Ketentuan – ketentuan mengenai daerah tersebut
- b. Ketentuan mengenai jalan umum yang ada
- c. Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah tersebut

7. Pembuangan limbah

Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Berdasarkan faktor – faktor di atas daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian pabrik Asam Sitrat terletak di Takalar, Propinsi Sulawesi Selatan.

Dasar pemilihan lokasi Asam Sitrat ini adalah :

- a. Dekat dengan pelabuhan, untuk mempermudah impor dan ekspor bahan baku dan hasil produksi.
- b. Mudah mendapatkan tenaga terdidik dan terlatih, karena dekat dengan Makassar sebagai pusat pendidikan tinggi untuk kawasan Indonesia Timur.
- c. Sarana transportasi darat berupa jalan raya sudah memadai.

- d. Tanah cukup datar dan bukan daerah pertanian yang subur (produktif) dan bukan daerah pemukiman yang padat.
- e. Iklim normal untuk daerah tropis dan bukan daerah yang sering dilanda bencana alam (banjir, angin ribut, gempa bumi, dan lain-lain).

Oleh karena itu dipilih lokasi pabrik berada di Takalar Sulawesi Selatan.

9.2 Tata letak Pabrik (Plant Lay Out)

Tata letak pabrik adalah suatu peletakan bangunan dan peralatan dalam pabrik, yang meliputi areal proses, areal penyimpanan dan areal material handling, sedemikian rupa sehingga pabrik bisa beroperasi secara efektif dan efisien. Hal – hal khusus yang harus diperhatikan dalam pengaturan tata letak pabrik (plant lay out) Asam Sitrat adalah (lihat gambar 9.1).

1. Adanya ruangan yang cukup untuk pergerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
2. Bentuk dari kerangka bangunan, tembok dan atap.
3. Distribusi secara ekonomis dari kebutuhan air steam dan lain-lain
4. Kemungkinan perluasan dimasa depan
5. Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti kebakaran , ledakan, timbulnya gas/asap dan lain – lain
6. Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik (waste disposal)
7. Penerangan ruangan
8. Pondasi dari bangunan dan mesin-mesin

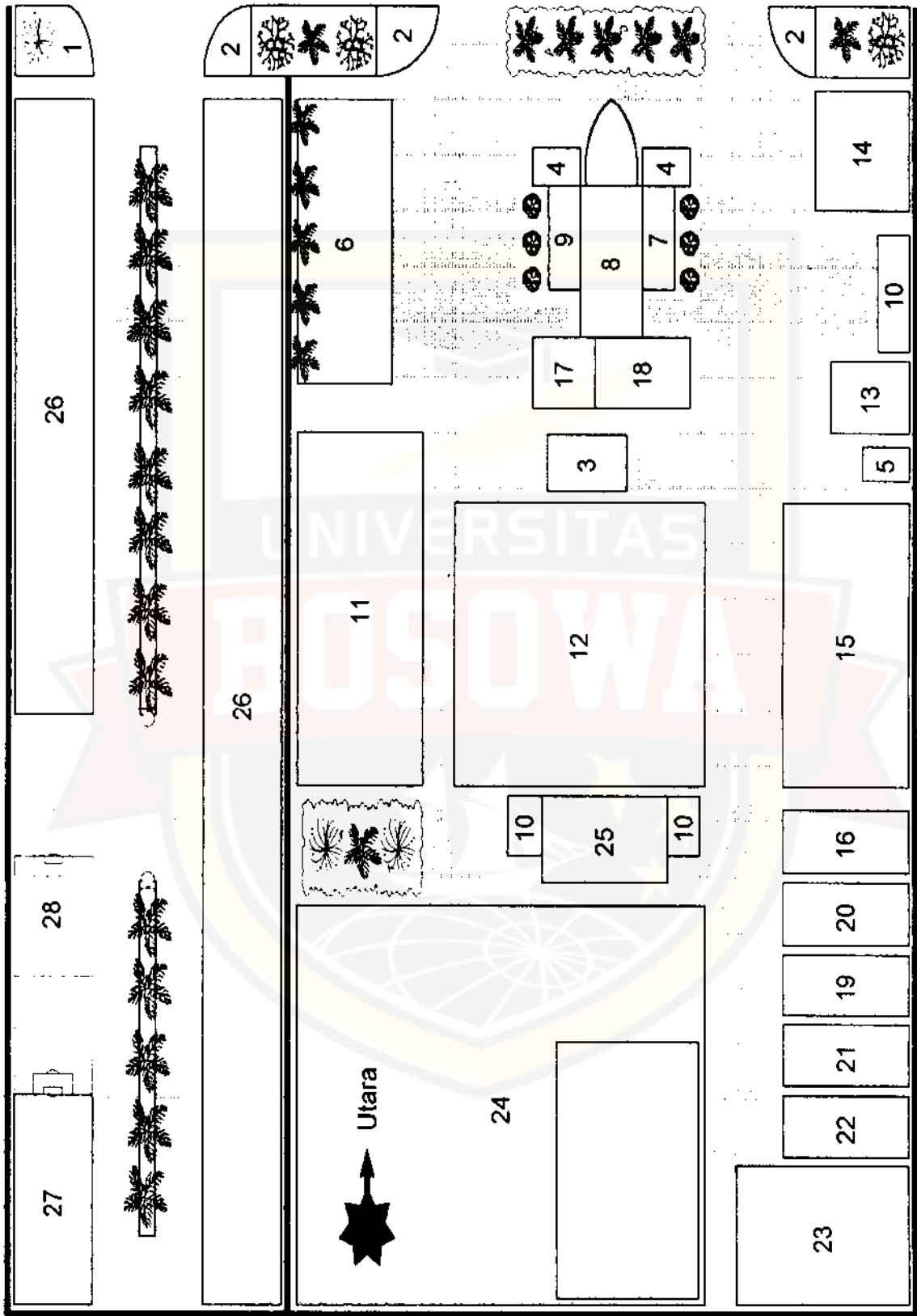
A. Tata Letak Peralatan Proses

Dalam pengaturan peralatan (*equipment lay out*) beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

1. Letak ruangan yang cukup antara peralatan yang satu dengan yang lainnya untuk memudahkan pemeriksaan, perawatan, serta dapat menjamin keselamatan kerja.
2. Diusahakan agar setiap alat tersusun berurutan menurut fungsinya masing-masing sehingga tidak menyulitkan dalam pengoperasian.
3. Walaupun dalam ruangan yang penuh alat, harus diusahakan agar dapat menimbulkan suasana kerja yang menyenangkan.
4. Letak peralatan yang harus memperhatikan keselamatan kerja operatornya.

Tata letak peralatan proses didasarkan pada areal persiapan bahan baku, reaksi, pemisahan, pemurnian, serta penanganan produk. Tata letak peralatan proses dapat dilihat pada gambar 9.2.

Gambar 9.1 Tata Letak Pabrik



Keterangan gambar 9.1. Tata Letak Pabrik Asam Sitrat

1. Taman
2. Pos keamanan
3. Timbangan truk
4. Parkir tamu
5. Kantin
6. Parkir karyawan
7. Aula
8. Perkantoran dan Tata usaha
9. Perpustakaan
10. Toilet
11. Areal produk
12. Areal proses
13. Poliklinik
14. Musholla
15. Areal bahan baku
16. Unit Pemadam Kebakaran
17. Kantor Direksi
18. Laboratorium
19. Bengkel
20. Ruang generator
21. Ruang boiler
22. Utilitas
23. Areal pengolahan limbah
24. Areal perluasan pabrik
25. Ruang kontrol
26. Perumahan karyawan
27. Wisma Tamu
28. Sarana Olahraga

BAB X

ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang optimal, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai alat pelaksanaannya. Elemen dasar itu terdiri dari :

1. Manusia (man)
2. Bahan (material)
3. Mesin (machine)
4. Metode (method)
5. Uang (money)
6. Pasar (market)

Elemen dasar tersebut menjadi faktor yang utama untuk menjalankan suatu perusahaan mencapai tujuannya secara bersama-sama dalam organisasi perusahaan.

10.1 Bentuk Perusahaan

Direncanakan bentuk perusahaan pabrik Asam Sitrat adalah Perseroan Terbatas (PT). Pemilihan bentuk perusahaan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

1. Mudah mendapatkan modal dari penjualan saham.
2. Kekayaan perusahaan terpisah dari kekayaan pemegang saham.
3. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sebab segala sesuatu yang menyangkut kelancaran perusahaan dipegang oleh pimpinan perusahaan.

4. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh dengan berhentinya seorang pemegang saham, direksi atau karyawan.

10.2 Sistem Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi perusahaan ini adalah sistem garis dan staff. Alasan pemakaian sistem ini adalah :

1. Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus dan berproduksi secara massal.
2. Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah, sehingga disiplin kerja lebih baik.
3. Masing – masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
4. Pimpinan tertinggi pabrik dipegang oleh seorang direktur yang bertanggung jawab kepada dewan komisaris.
5. Anggota dewan komisaris merupakan wakil-wakil dari pemegang saham dan dilengkapi dengan staf ahli yang bertugas memberikan nasihat dan saran kepada direktur.

Bagan struktur organisasi diberikan pada gambar 10.1

10.3 Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

Pemegang Saham

Adalah beberapa orang yang mengumpulkan dana untuk pabrik dengan cara membeli saham perusahaan. Pemegang saham adalah pemilik perusahaan dengan batasan sesuai jumlah saham yang dimilikinya, sedangkan kekayaan pribadi dari pemegang saham tidak dipertanggungjawabkan sebagai jaminan atas hutang – hutang perusahaan. Pemegang saham harus menanamkan saham paling sedikit satu tahun. Kekuasaan tertinggi terletak pada pemegang saham, dan merekalah yang memilih Direktur dan Dewan Komisaris dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) serta menentukan gaji direktur tersebut.

Dewan Komisaris

Dewan Komisaris bertindak sebagai wakil dari pemegang saham. Komisaris diangkat menurut ketentuan yang ada dalam perjanjian dan dapat diberhentikan setiap waktu oleh/dalam RUPS apabila ia bertindak bertentangan dengan anggaran dasar atau kepentingan perseroan tersebut. Dewan Komisaris dipilih dalam RUPS dari kalangan pemegang saham terbanyak dari perseroan tersebut.

Tugas Dewan Komisaris :

1. Mengawasi direktur dan berusaha agar tindakan direktur tidak merugikan perusahaan.
2. Menetapkan kebijaksanaan perusahaan.
3. Mengadakan evaluasi/pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan.
4. Menyetujui atau menolak rancangan yang diajukan direktur.
5. memberikan nasihat pada direktur bila direktur ingin mengadakan perubahan dalam perusahaan.

Direktur Utama

Direktur Utama adalah pimpinan perusahaan yang bertanggung jawab pada Dewan Komisaris dan membawahi :

1. Direktur Teknik dan Produksi
2. Direktur Keuangan dan Administrasi

Tugas dan wewenang Direktur Utama :

1. Bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris
2. Menetapkan kebijaksanaan peraturan dan tata tertib baik keluar maupun ke dalam perusahaan.
3. Mengkoordinasi kerjasama antara Direktur Teknik dan Produksi dengan Direktur Keuangan dan Administrasi.
4. Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan.
5. Bertanggung jawab atas kelancaran perusahaan.

Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Litbang merupakan staf direktur utama yang terdiri dari ahli teknik dan ahli ekonomi.

Tugas dan wewenang Litbang :

1. Memberikan nasehat dan informasi mengenai masalah teknik dan ekonomi kepada Direktur Utama.
2. Membantu Direktur Utama dalam bidang penelitian dan pengembangan organisasi perusahaan, teknik proses dan sebagainya, sehingga dapat memajukan perusahaan.

Direktur Teknik dan Produksi

Direktur Teknik dan Produksi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

1. Pengawasan produksi
2. Pengawasan peralatan pabrik.
3. Perbaikan dan pemeliharaan alat produksi dan utilitas.
4. Perencanaan jadwal produksi dan persediaan sarana produksi.

Direktur Keuangan dan Administrasi

Direktur Keuangan dan Administrasi bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam hal :

1. Biaya – biaya produksi
2. Laba rugi perusahaan
3. Neraca keuangan
4. Administrasi perusahaan

Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian :

1. Membantu Direktur Teknik dan Produksi atau Direktur Keuangan dan Administrasi dalam melaksanakan aktivitas pada bagian masing-masing.
2. Memberi pengawasan dan pengarahan terhadap seksi-seksi dibawahnya.
3. Menyusun laporan dari hasil yang dicapai oleh bagian masing-masing.
4. Bertanggung jawab atas kerja bawahannya.

Kepala Bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Produksi

Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu produksi dan kelancaran produksi, dan membawahi :

Seksi Proses :

1. Mengatur dan mengawasi pelaksanaan jalannya proses produksi yang terjadi serta realisasi rencana.
2. Bertanggung jawab atas jalannya masing-masing proses.

Seksi Laboratorium :

Bertugas mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku, bahan bakar dan produk, supaya diperoleh kualitas produk yang diharapkan.

Seksi Bahan baku :

Mengatur jadwal pembelian bahan baku, pengiriman serta bertanggung jawab atas penyediaan bahan baku.

b. Kepala Bagian Teknik

1. Mengatur dan mengawasi segala masalah yang berhubungan dengan peralatan teknik, proses, dan utilitas.
2. Bertanggung jawab kepada direktur teknik dan produksi.

Kepala Bagian Teknik membawahi :

Seksi Utilitas :

1. Bertugas mengaesi dan mengatur pelaksanaan penyediaan air pendingin, steam, air umpan boiler, bahan bakar, dan listrik.
2. Bertanggung jawab atas peralatan, misalnya boiler.

Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan :

1. Melaksanakan pemeliharaan gedung,taman dan peralatan proses termasuk utilitas.
2. Mengadakan perbaikan terhadap peraltan-peraltan yang mengalami kerusakan.

c. Kepala Bagian Umum

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Administrasi dalam bidang personalia, keamanan dan administrasi perusahaan.

Kepala Bagian Umum membawahi :

Seksi Personalia :

Bertugas melaksanakan segala sesuatu yang berhubungan dengan tenaga kerja, antara lain :

1. Penerimaan dan pemberhentian karyawan.
2. Mengadakan pendidikan dan latihan kerja bagi karyawan.
3. Penempatan karyawan.
4. Kesejahteraan karyawan.

Seksi Keamanan :

1. Menjaga dan memelihara keamanan daerah sekitar pabrik.
2. Menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas perusahaan di lingkungannya.
3. Menjaga keluar masuknya orang di lingkungan pabrik, terutama yang bukan karyawan.

Seksi Administrasi :

Menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi peralatan kantor, serta masalah perpajakan dan semua masalah yang berhubungan dengan administrasi perusahaan.

d. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Administrasi dalam bidang keuangan, serta membawahi :

Seksi Pembukuan :

Bertugas membukukan segala transaksi/aktivitas keuangan yang terjadi .

Seksi Keuangan :

1. Mengadakan perhitungan uang perusahaan
 2. Mengamankan keuangan perusahaan.
 3. Merencanakan keuangan dimasa yang akan datang.
 4. Membayar gaji karyawan.
- e. Kepala Bagian Pemasaran.

Bertanggung jawab kepada Direktur Keuangan dan Administrasi dalam bidang pemasaran dan membawahi :

Seksi Penjualan :

Bertanggung jawab mengenai masalah-masalah yang berguna untuk mencari pemasaran yang seluas-luasnya dengan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

Seksi Gudang :

Bertugas mengatur dan mengawasi keluar masuknya produk dari gudang.

10.4 Jadwal Jam Kerja

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi selama 300 hari dalam setahun dan 24 jam dalam sehari, hari-hari yang tersisa dalam satu tahunnya digunakan untuk perbaikan dan perawatan atau turn around.

Pembagian jam kerja adalah sebagai berikut :

a. *Untuk pegawai non shift*

Bekerja selama 6 hari dalam seminggu, sedang hari minggu dan hari besar libur.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

Senin – Kamis	08.00 – 16.00
Istirahat	12.00 – 13.00
Jumat	08.00 – 16.00
Istirahat	11.00 – 13.00
Sabtu	08.00 – 13.00

b. Untuk pegawai shift

Sehari bekerja 24 jam, yang terbagi dalam 3 shift, yaitu :

1. Shift I : 08.00 – 16.00
2. Shift II : 16.00 – 24.00
3. Shift III : 24.00 – 08.00

Untuk memenuhi kebutuhan pabrik, karyawan shift dibagi menjadi 4 regu, dimana 3 regu bekerja dan 1 regu libur. Jadwal kerja masing – masing regu ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 10.1. Jadwal Kerja Karyawan

Hari	Regu			
	I	II	III	IV
1	P	S	M	-
2	P	S	-	M
3	P	-	S	M
4	-	P	S	M
5	M	P	S	-
6	M	P	-	S

7	M	-	P	S
8	-	M	P	S
9	S	M	P	-
10	S	M	-	P
11	S	-	M	P
12	-	S	M	P

Keterangan :

- P = pagi (shift I)
 S = siang (shift II)
 M = malam (shift III)
 - = libur

10.5 Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diterima pihak karyawan diluar kesalahannya sehingga tidak dapat melakukan pekerjaan.

Jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan pada karyawan adalah :

a. Tunjangan

1. Tunjangan ini diluar gaji pokok, diberikan kepada tenaga kerja tetap berdasarkan prestasi yang telah dilakukannya.
2. Tunjangan lembur yang diberikan kepada tenaga kerja yang bekerja di luar jam kerja (khususnya untuk tenaga kerja shift).

b. Fasilitas

Disediakan kendaraan dinas berupa :

1. Kendaraan roda empat bagi Direktur
2. Kendaraan roda dua bagi kepala bagian
3. Disediakan kendaraan antar jemput bagi para seksi dan karyawan bawahannya, atau diganti dengan uang transportasi.
4. Setiap karyawan diberi 2 pasang pakaian kerja dalam setahun. Selain itu kepada tenaga kerja shift juga dibagikan perlengkapan penunjang keselamatan kerja yang sesuai dengan bidang yang ditanganinya.

c. Pengobatan

1. Pengobatan ringan dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dan diberikan kepada tenaga kerja yang membutuhkan.
2. Untuk pengobatan berat diberikan penggantian ongkos sebesar 50% secara langsung kepada rumah sakit, dokter dan apotik yang bersangkutan yang ditentukan oleh perusahaan
3. Karyawan yang mengalami gangguan kesehatan atau kecelakaan dalam melaksanakan tugasnya untuk perusahaan, akan mendapat penggantian ongkos pengobatan sepenuhnya.

d. Cuti

1. Cuti tahunan selama 12 hari kerja diatur dengan mengajukan permohonan satu minggu sebelumnya untuk dipertimbangkan ijinnya.
2. Cuti sakit bagi tenaga kerja yang memerlukan istirahat total berdasarkan surat keterangan dokter.
3. Cuti hamil selama 3 bulan bagi tenaga kerja wanita.

- Cuti untuk keperluan dinas atas perintah atasan berdasarkan kondisi tertentu perusahaan.

10.6 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Penentuan jumlah karyawan proses :

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 55.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 55.000 \text{ ton/tahun} / 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 166,6666 \text{ ton/hari}\end{aligned}$$

Dari Vilbrant hal 235 fig.6 – 35 untuk peralatan sedang didapat :

$$M = 50 \text{ (orang . jam / hari / tahapan proses)}$$

Ada 29 tahapan proses dalam pabrik metil merkaptan, sehingga didapat :

$$\text{Karyawan proses} = 50 \times 29 = 1450 \text{ orang . jam / hari}$$

Dalam satu hari terdapat 3 shift kerja, sehingga jumlah karyawan adalah :

$$= 1450 / 3 = 483 \text{ orang . jam / shift}$$

Masing-masing shift bekerja 8 jam / hari, sehingga jumlah karyawan pershift adalah

$$= 483 / 8 = 60 \text{ orang}$$

Karyawan administrasi berjumlah 50 orang/hari.

Jadi jumlah karyawan total = 110 orang

Perincian jumlah tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 10.2.

Tabel 10.2. Jabatan dan Tingkat Pendidikan Tenaga Kerja

No.	Jabatan	SMP	SMA	Sarmud	Sarjana
1	Direktur Utama				1
2	Direktur Teknik dan Produksi				1
3	Direktur Keuangan dan Administrasi				1
4	Staf Litbang				2
5	Kepala Bagian Produksi				1
6	Kepala Bagian Teknik				1
7	Kepala Bagian Umum				1
8	Kepala Bagian Keuangan				1
9	Kepala Bagian Pemasaran				1
10	Kepala Seksi Proses				1
11	Kepala Seksi Laboratorium				1
12	Kepala Seksi Bahan Baku				1
13	Kepala Seksi Utilitas				1
14	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Perbaikan				1
15	Kepala Seksi Personalia				1
16	Kepala Seksi Keamanan				1
17	Kepala Seksi Administrasi				1
18	Kepala Seksi Pembukuan				1
19	Kepala Seksi Keuangan				1
20	Kepala Seksi Penjualan				1
21	Kepala Seksi Gudang				1
22	Karyawan Proses	55	167	18	
23	Karyawan Laboratorium		4	2	1
24	Karyawan Bahan Baku	2	3		
25	Karyawan Utilitas	3	5	2	1
26	Karyawan Pemeliharaan dan Perbaikan	2	4	1	
27	Karyawan Personalia		1	1	
28	Karyawan Kemanan	4	6		
29	Karyawan Administrasi		1	1	
30	Karyawan Pembukuan		1	1	

31	Karyawan Keuangan			1	1
32	Karyawan Penjualan	2	1		
33	Karyawan Gudang	1	1		
34	Petugas Kesehatan		1	1	
35	Karyawan Kebersihan	2	2		
36	Supir		4		
37	Sekretaris				1
38	Petugas Pemadam Kebakaran	2	4		
39	Ahli Medis				1
	<i>Jumlah</i>	73	205	28	27

10.7 Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada pabrik ini sistem upah karyawan berbeda – beda tergantung pada status karyawan dan tingkatan pendidikan, serta besar kecilnya kedudukan, tanggung jawab dan keahliannya. Menurut statusnya karyawan pabrik ini dapat dibagi menjadi tiga golongan :

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) Direksi dan mendapat gaji bulanan berdasarkan kedudukan, keahlian dan masa kerjanya.

b. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah pekerja yang diangkat dan diberhentikan oleh Direksi berdasarkan nota persetujuan Direksi atas pengajuan kepala yang membawahinya dan menerima upah harian yang dibayarkan tiap-tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

Karyawan borongan adalah pekerja yang dipergunakan oleh pabrik apabila diperlukan saja, misalnya bongkar muat barang dan lain – lain. Pekerja ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

10.8 Tingkat Golongan dan Jabatan Tenaga Kerja

Golongan A dengan gaji perbulan Rp. 6.000.000,-

Meliputi : Direktur Utama

Golongan B dengan gaji perbulan Rp. 4.500.000,-

Meliputi : Direktur Teknik dan Produksi, Direktur Keuangan dan Administrasi

Golongan C dengan gaji perbulan Rp. 3.000.000,-

Meliputi : Dewan Komisaris dan Litbang

Golongan D dengan gaji perbulan Rp. 1.500.000,-

Meliputi : Kepala Bagian dan Sekretaris

Golongan E dengan gaji perbulan Rp. 750.000,-

Meliputi : Kepala Seksi

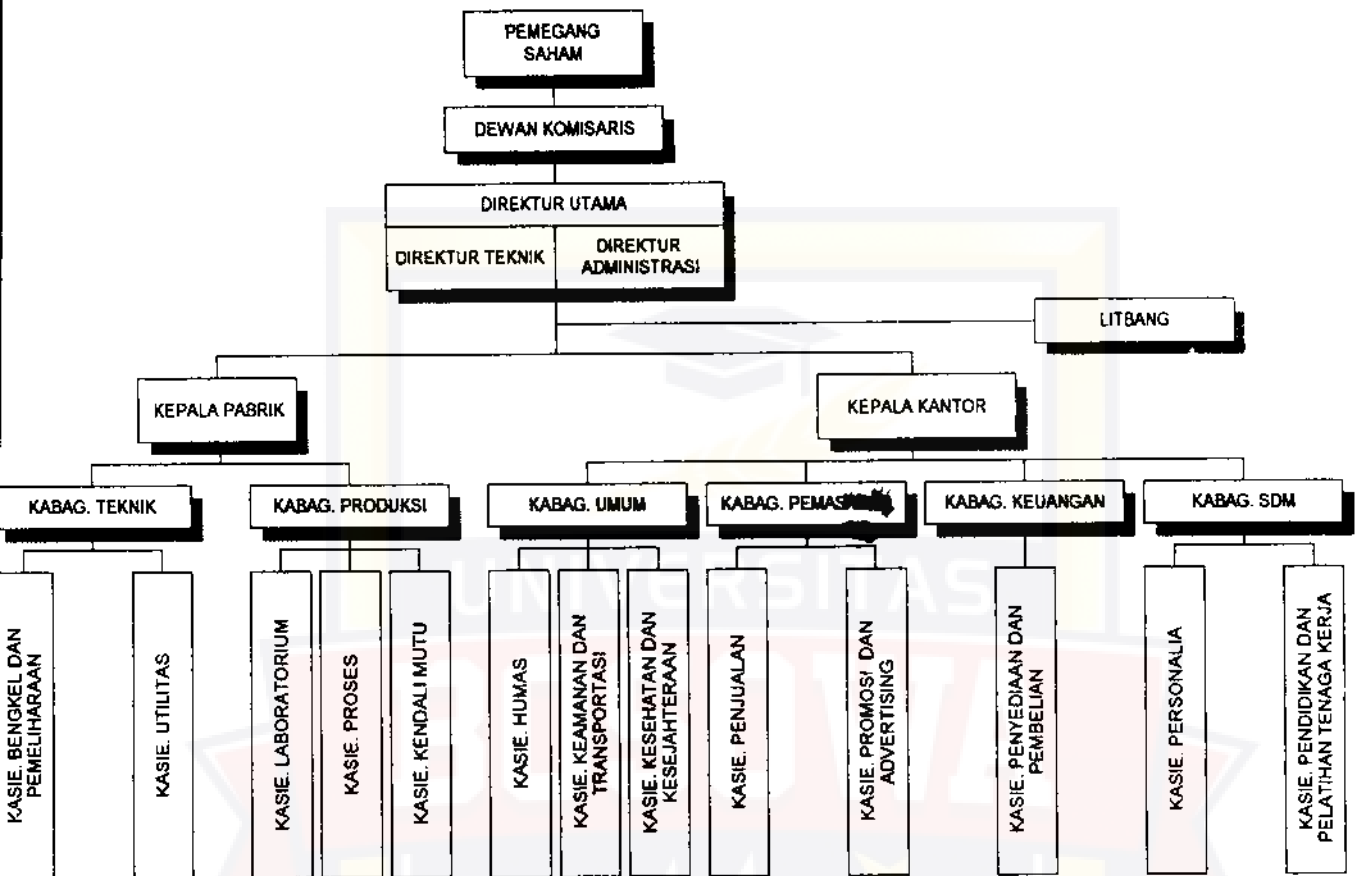
Golongan F dengan gaji perbulan Rp. 250.000,- s/d Rp. 500.000,-

Meliputi : Karyawan dan sopir

Golongan G dengan gaji perbulan Rp. 200.000,- s/d Rp. 100.000,-

Meliputi : Pesuruh dan tukang kebun

Gambar 10.1 Struktur Organisasi Perusahaan



BAB XI

ANALISIS EKONOMI

Perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor – faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik *Asam Sitrat* adalah sebagai berikut :

1. Return on Investment (ROI)
2. Pay Out Time (POT)
3. Break Even Point (BEP)
4. Internal Rate of Return (IRR)

Sedangkan untuk menghitung faktor – faktor di atas perlu diadakan penaksiran beberapa hal yang menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

11.1 Total capital investment (TCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

1. Fixed capital investment (FCI)
 - a. Biaya langsung (Direct Cost), meliputi
 1. Pembelian alat
 2. Instrumentasi
 3. Perpipaan terpasang
 4. Listrik terpasang
 5. Asuransi

6. Servis fasilitas dan yard improvemen
- b. Biaya tak langsung (Indirect Cost)
 1. Teknik dan supervisi
 2. Konstruksi
2. Working capital investment (WCI)

Yaitu modal untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi, meliputi :

- a. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
- b. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
- c. Utilitas dalam waktu tertentu
- d. Gaji dalam waktu tertentu
- e. Uang tunai

Sehingga :

$$TCI = FCI + WCI$$

11.2 Total ongkos produksi

Adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik dan biaya perjalanan produk, meliputi :

- a. Biaya pembuatan, terdiri dari :
 1. Biaya produksi langsung (DPC)
 2. Biaya produksi tetap (FC)
 3. Biaya overhead pabrik
- b. Biaya umum (general expenses), terdiri dari :

1. Administrasi
2. Distribusi dan pemasaran
3. Litbang
4. Biaya tak terduga

Adapun ongkos produksi total terbagi menjadi :

a. Ongkos variabel (VC)

Yaitu segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi yang meliputi :

1. Biaya bahan baku
2. Biaya utilitas
3. Biaya pengepakan

b. Ongkos semi variabel (SVC)

Yaitu biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi yang meliputi :

1. Upah karyawan
2. Plant over head
3. Pemeliharaan dan perbaikan
4. Laboratorium
5. Operating supplies
6. General expenses

c. Ongkos tetap (FC)

1. Depresiasi
2. Asuransi
3. Pajak
4. Bunga

11.3 Penaksiran harga alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Untuk itu digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam prarancangan pabrik *Asam Sitrat* didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur :

a. *Peter & Timmerhaus*

b. *G.D. Ulrich*

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2002 digunakan persamaan berikut :

$$C_X = C_K \cdot \frac{I_X}{I_K} \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, pg. 169})$$

Sedangkan untuk menaksir harga alat yang sama dengan kapasitas yang berbeda digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_A = V_B \cdot \left[\frac{C_A}{C_B} \right]^n \quad (\text{Peters \& Timmerhaus, pg. 169})$$

Dimana :

- C_x = taksiran harga alat pada tahun 2002
 C_k = taksiran harga alat pada tahun basis
 I_x = indeks harga alat tahun 2003
 I_k = indeks harga alat tahun basis
 V_A = harga alat dengan kapasitas A
 V_B = harga alat dengan kapasitas B
 0,6 (e) = harga eksponen alat tertentu (*Peter & Timmerhaus hal 167*)

Dari perhitungan Apendik E, didapatkan harga peralatan untuk pabrik *Asam Sitrat* = Rp. 67.122.256.394

Penentuan total capital investment (TCI)

a. Biaya Langsung (Direct Cost)

1. Harga Peralatan (E)	Rp. 67.122.256.394
2. Instalasi, isolasi & pengecatan, 45 % E	Rp. 30.205.015.377
3. Instrumentasi dan control, 9 % E	Rp. 6.041.003.015
4. Listrik, 10 % E	Rp. <u>6.712.225.639</u>
5. Freight on Board (FOB)	Rp. 110.080.500.487
6. Biaya transpor ke pelabuhan, 10% FOB	Rp. <u>11.008.050.049</u>
7. Cost and Freight (C&F)	Rp. 121.088.550.535
8. Asuransi, 1% C & F	Rp. <u>1.210.885.505</u>
9. Cost and Insurance Freight (CIF)	Rp. 122.299.436.041
10. Biaya transpor ke pabrik, 10% CIF	Rp. 1.222.994.364
11. Perpipaan, 16% E	Rp. 7.383.448.203
12. Tanah , 5% E	Rp. 3.356.112.820
13. Fasilitas service, 40% E	Rp. <u>6.712.225.639</u>
Total Biaya langsung (DC)	Rp. 140.974.217.064

b. Biaya tak langsung

1. Engineering & supervisi, 33% DC	Rp. 45.111.749.460
2. Kontruksi & Kontraktor, 39% DC	Rp. 53.570.202.484
3. Biaya tak terduga, 10 FCI	<u>0,1 FCI</u>
Total Biaya tak langsung (IDC)	98.681.951.944 + 0,1 FCI

$$\text{FCI} = \text{DC} + \text{IDC}$$

$$0,9 \text{ FCI} = 239.656.169.008$$

$$\text{FCI} = 266.284.632.231$$

Working Capital Investment (WCI) = 15% Total Capital Investment (TCI)

$$\text{WCI} = 15\% \text{ TCI}$$

$$\text{TCI} = \text{FCI} + 0,15\text{TCI}$$

$$0,85\text{TCI} = 266.284.632.231$$

$$\text{TCI} = \text{Rp}313.276.037.919$$

c. Modal Kerja (WCI)

$$15\% \times \text{Rp. } 313.276.037.919 = \text{Rp. } 39.492.694.835$$

d. Total Capital Investment = Rp. 313.276.037.919

Modal yang digunakan terdiri dari :

$$40\% \text{ modal sendiri} = \text{Rp. } 125.310.415.168$$

$$60\% \text{ modal kredit bank} = \text{Rp. } 187.965.622.751$$

Biaya Produksi Total

Biaya produksi total = biaya pembuatan + biaya umum

Biaya pembuatan = biaya produksi langsung + biaya produksi tetap
+ biaya overhead

Biaya Pembuatan**Perhitungan Total Production Cost (TPC)*****Manufacturing Cost (MC)***

a. Biaya Produksi Langsung

1. Bahan baku	Rp. 573.001.024.439
2. Gaji karyawan	Rp. 960.000.000
3. Utilitas, 15% TPC	Rp. 0,15 TPC
4. Pemeliharaan , 10%FCI	Rp. 26.628.463.223
5. Pengawasan langsung, 10% (2)	Rp. 96.000.000
6. Operating supplies, 10% (4)	Rp. 2.662.846.322
7. Laboratorium, 10% (2)	Rp. 96.000.000
8. Paten & Royalti, 2% TPC	<u>Rp. 0,02 TPC</u>
Total	Rp. 603.444.333.984 + 0,17TPC

b. Pengeluaran Tetap (Fixed Cost)

1 Depresiasi, 10% FCI	Rp. 26.628.463.223
2 Pajak lokal, 2% FCI	Rp. 5.325.692.645
3 Asuransi, 0,4% FCI	<u>Rp. 1.065.138.529</u>
Total	Rp. 33.019.294.397

c. Plant Overhead Cost, 55% (buruh + pengawasan + pemeliharaan)

POC Rp. 15.226.454.773

Total manufacturing cost (A+B+C) = 651.690.083.154 + 0,17 TPC

d. General Expenses (Pengeluaran Umum)

1. Biaya administrasi, 3% TPC	0,03 TPC
2. Biaya distribusi & penjualan, 5% TPC	0,05 TPC
3. Biaya R & D, 5% TPC	0,05 TPC
4. Interest, 1% TCI	<u>Rp. 3.132.760.379</u>

$$\text{Total GE} = 3.132.760.379 + 0,13 \text{ TPC}$$

Total Production Cost (TPC) = Manufacturing cost + General Expenses

$$\text{TPC} = 654.822.843.533 + 0,3 \text{ TPC}$$

$$0,70 \text{ TPC} = 654.822.843.533$$

$$\text{TPC} = 935.461.205.047$$

Manufacturing cost (MC) Rp. 810.718.488.012

General Expenses (GE) Rp. 124.742.717.035

11.4 Analisa Ekonomi

Anggapan yang diambil adalah :

a). Modal

40 % modal sendiri = Rp. 125.310.415.168

60 % modal kredit bank = Rp. 187.965.622.751

Total modal = Rp. 313.276.037.919

b). Bunga kredit sebesar 30 % pertahun

c). Masa konstruksi

Tahun – 1 = 50% modal sendiri + 50% pinjaman

Tahun – 2 = sisa modal sendiri + sisa pinjaman

- d). Pengembalian pinjaman dengan waktu 10 tahun
- e). Umur pabrik 10 tahun
- f). Kapasitas produksi
 - Tahun 1 = 80% dari produksi total
 - Tahun 2 = 90% dari produksi total
 - Tahun 3 = 100% dari produksi total
- g). Pajak pendapatan
 - 0,20 untuk laba Rp. 10.000.000,- pertama
 - 0,25 untuk sisa laba hingga Rp. 50.000.000,-
 - 0,35 untuk sisa laba selanjutnya

Perhitungan biaya produksi :

Untuk kapasitas produksi yang berbeda, maka biaya operasi yang berubah sebanding dengan kapasitas adalah bahan baku, biaya pengemasan, dan biaya utilitas. Perhitungan biaya untuk masing-masing kapasitas dilihat pada Tabel Cash Flow Pabrik Asam Sitrat kolom sebelas.

Perhitungan Total Investasi

Total investasi pabrik tergantung pada masa konstruksi seperti terlihat pada Tabel

Tabel 11.1. Modal sendiri selama masa konstruksi

Tahun ke -	Persen	Modal sendiri (Rp.)	Total modal sendiri (Rp.)
-1	50	125.310.415.168	125.310.415.168
0	50	125.310.415.168	125.310.415.168
			250.620.830.336

Tabel 11.2. Modal pinjaman selama masa konstruksi

Tahun ke -	Persen	Modal pinjaman (Rp.)	Bunga pinjaman (Rp.)	Total pinjaman (Rp.)
-1	50	187.965.622.751		187.965.622.751
0	50	187.965.622.751	45.975.691.999	233.941.314.750
			150.372.498.201	150.372.498.201
				572.279.435.702

Sehingga total investasi hingga akhir masa konstruksi

$$= \text{Rp. } 250.620.830.336 + \text{Rp. } 572.279.435.702$$

$$= \text{Rp. } 822.900.266.038,-$$

Hasil perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel cash flow.

Penilaian Investasi

Penilaian investasi menggunakan metode yang memperhitungkan nilai uang terhadap waktu. Sehingga perlu dibuat *discounted cash flow*, yaitu cash flow yang hasilnya diproyeksikan pada masa sekarang.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$DCF = \frac{CF_n}{(1 - i)^n}$$

Dimana : DCF = discounted cash flow i = interest rate

CF_n = cash flow tahun ke n n = tahun

Untuk itu dicoba beberapa nilai untuk disconted cash flow. Hasil trial nilai *i* hingga harga total DCF setara dengan investasi total pada akhir masa konstruksi dapat dilihat pada tabel cash flow.

a. Internal Rate Of Return (IRR)

Metode ini menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan kas bersih yang akan datang. Sehingga harus dipenuhi persamaan di bawah ini dengan mencoba-coba harga i yaitu laju bunga, sedangkan n adalah umur pabrik.

Dari tabel cash flow, untuk memenuhi persamaan di atas diperoleh harga i adalah = 0.302. Karena harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i yang ditetapkan untuk bunga pinjaman, maka dapat disimpulkan pabrik ini layak untuk dirancang dengan tingkat bunga pinjaman per tahun sebesar 30%. Harga IRR = 30,18 %.

b. Pay Out Time (POT)

Pay out time atau waktu pengembalian modal adalah jangka aktu yang diperlukan oleh perusahaan untuk mengembalikan modalnya dari penjualan laba kotor atau bersih dengan depresiasi.

$$\begin{aligned} \text{POT sebelum pajak} &= \text{FCI}/(\text{Laba kotor} + \text{depresiasi}) \\ &= 1,2 \text{ tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{POT sesudah pajak} &= \text{FCI}/(\text{Laba bersih} + \text{depresiasi}) \\ &= 1,9 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Return of investment (ROI)

Return of investment adalah perbandingan antara pendapatan kotor/bersih terhadap total investasi.

$$\begin{aligned} \text{ROI sebelum pajak} &= (\text{Laba kotor}/\text{FCI}) \times 100\% \\ &= \frac{236.038.794.953}{266.284.632.231} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 75,35 \%$$

$$\begin{aligned} \text{ROI sesudah pajak} &= (\text{Laba bersih/FCI}) \times 100\% \\ &= \frac{141.623.276.972}{266.284.632.231} \times 100 \% \\ &= 45,21 \% \end{aligned}$$

Break Even Point (BEP)

Break Even Point atau titik impas adalah kapasitas produksi pabrik yang menjadikan harga cash flow = 0, artinya besar biaya = besar pendapatan. Besarnya BEP dapat dilihat pada grafik 11.1.

Diketahui :

$$\text{FC} = 33.019.294.397$$

$$\text{SVC} = 170.316.481.353$$

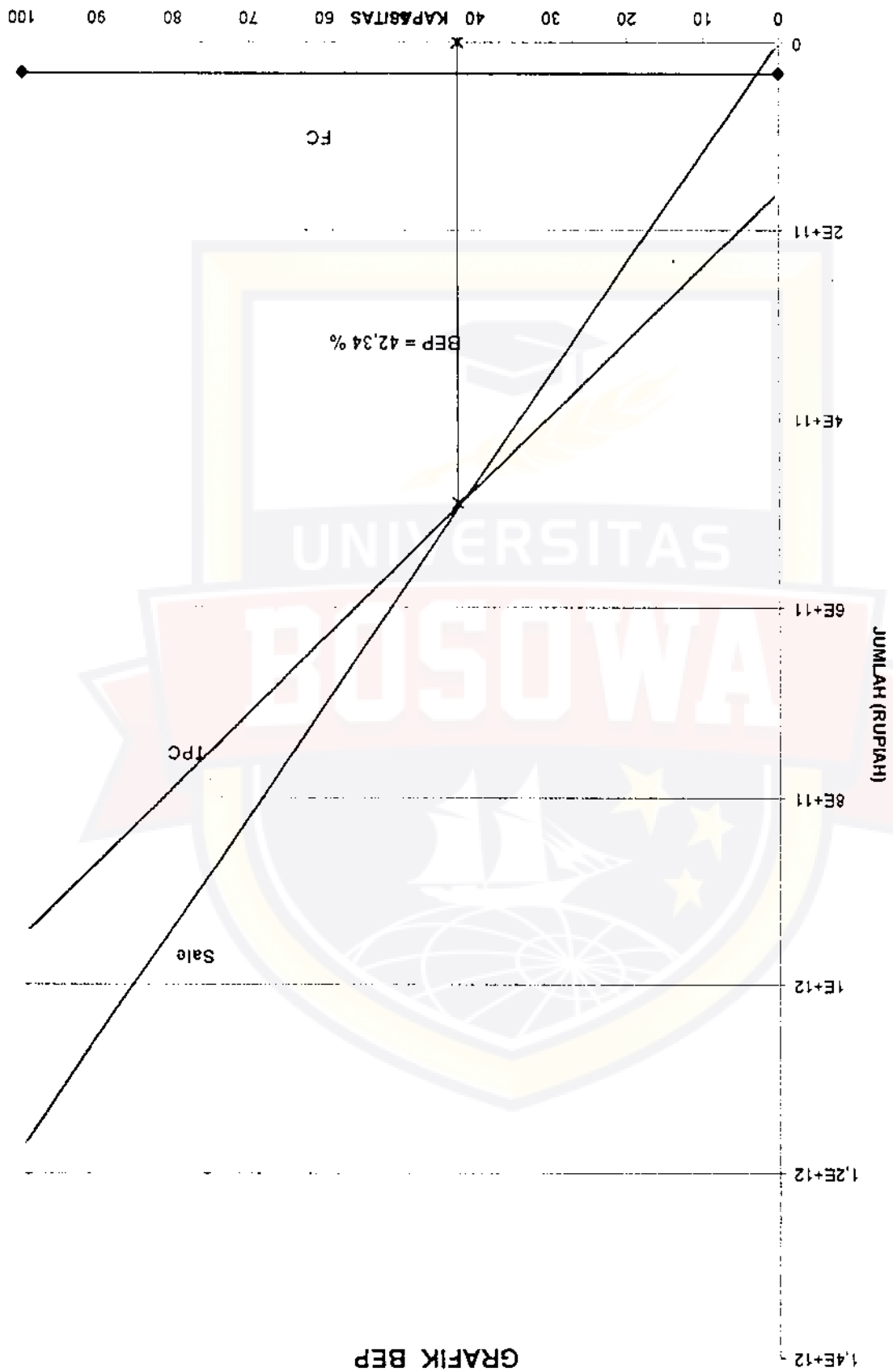
$$\text{VC} = 853.639.385.953$$

$$\text{S} = 1.171.500.000.000$$

$$\text{BEP} = \frac{\text{FC} + 0,3 \text{ SVC}}{\text{S} - 0,7 \text{ SVC} - \text{VC}}$$

$$\text{BEP} = \frac{(33.019.294.397 + (0,3 \times 170.316.481.353))}{(1.171.500.000.000 - 0,7 \times 170.316.481.353 - 853.639.385.953)} \times 100 \%$$

$$\text{BEP} = 42,35 \%$$



GRAFIK BEP