

PRA RENCANA PABRIK

**SORBITOL DARI DEKSTROSA DENGAN PROSES
HIDROGENASI KATALITIK
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
EVAPORATOR**

SKRIPSI

Disusun Oleh :

WENNY RINDA HANDANI

0814011



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2012

5038

FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION
UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE
WASHINGTON, DISTRICT OF COLUMBIA

REPORT OF INVESTIGATION OCT 1957
SERIAL 677

SKILLI

SAVONIA

SAVONIA, VICTOR

SAVONIA, VICTOR
SAVONIA, VICTOR
SAVONIA, VICTOR

SAVONIA, VICTOR

LEMBAR PERSETUJUAN

PRA RENCANA PABRIK

**SORBITOL DARI DEKSTROSA DENGAN PROSES
HIDROGENASI KATALITIK
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON/TAHUN**

**PERANCANGAN ALAT UTAMA
EVAPORATOR**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Wisuda
Sarjana Pada Jenjang Strata Satu (S-1)
Di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh :

WENNY RINDA HANDANI 0814011

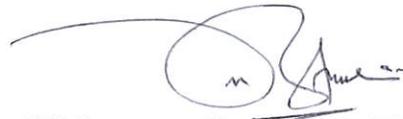
Malang, 02 Agustus 2012

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing I**



**(Rini Kartika Dewi, ST, MT)
NIP. Y. 1030100370**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing II**



**(M. Istnaeny Hudha, ST, MT)
NIP. P. 1030400400**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**(Jimmy, ST, MT)
NIP. Y 1039900330**

LEMBAGA PENELITIAN

DIKEMENTERIAN KESEHATAN

REKAM MEDIS DAN GIGI DAN MULOK
KEMENTERIAN KESEHATAN
KARANGANYAR

PERANGKATAN ALAT ELIMINASI
SISTEM

REKAM

Revisi 1/2012
Revisi 2/2012
Revisi 3/2012

Revisi 4/2012

Revisi 5/2012

Revisi 6/2012

Revisi 7/2012

Revisi 8/2012

Revisi 9/2012

Revisi 10/2012

Revisi 11/2012

Revisi 12/2012

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : WENNY RINDA HANDANI
NIM : 0814011
Jurusan/Program Studi : TEKNIK KIMIA
Judul Skripsi : SORBITOL DARI DEKSTROSA DENGAN PROSES
HIGROGENASI KATALITIK

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 04 Agustus 2012
Nilai : A

Ketua,



Jimmy, ST, MT
NIP Y 1039900330

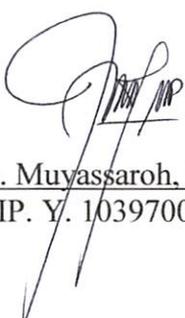
Sekretaris,



M. Istnaeny Hudha, ST, MT
NIP Y 1030400400

Anggota Penguji,

Penguji Pertama,



Ir. Muyassaroh, MT
NIP. Y. 1039700306

Penguji Kedua,



Dwi Ana Anggorowati, ST, MT
NIP 19700928200512001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : WENNY RINDA HANDANI
NIM : 0814011
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / Teknik Kimia (S-1)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul :

PRA RENCANA PABRIK
SORBITOL DARI DEKSTROSA DENGAN PROSES HIGROGENASI
KATALITIK
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON/TAHUN

PERANCANGAN ALAT UTAMA
EVAPORATOR

Adalah Skripsi hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikasi serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain yang tidak disebutkan dari sumber aslinya.

Malang, 13 Agustus 2012

Yang membuat pernyataan,



WENNY RINDA HANDANI

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas hikmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “SORBITOL DARI DEKSTROSA DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK”.

Skripsi ini disusun untuk salah satu syarat untuk menempuh wisuda sarjana pada jenjang strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Rini Kartika Dewi, ST, MT, selaku dosen pembimbing I.
2. Bapak M. Istnaeny Hudha, ST, MT, selaku dosen pembimbing II.
3. Bapak Jimmy, ST, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang.
4. Ibu Rini Kartika Dewi, ST, MT, selaku Koordinator Skripsi di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Malang, yang memberikan dukungan dan bantuan.
6. Orang tua kami yang telah memberikan doa dan semangatnya hingga laporan hasil penelitian ini dapat terselesaikan.
7. Teman-teman angkatan 2008 sesama pengerja skripsi, yang sudah memberi semangat, dorongan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini masih jauh dari sempurna, kritik dan saran yang membangun, penulis harapkan untuk kesempurnaannya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berguna untuk pembaca.

Malang, 14 Agustus 2012

penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN ISI SKRIPSI.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
BAB II SELEKSI PROSES.....	II-1
BAB III NERACA MASSA.....	III-1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	V-1
BAB VI PERANCANGAN ALAT UTAMA (EVAPORATOR).....	VI-1
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA.....	VII-1
BAB VIII UTILITAS.....	VIII-1
BAB IX LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	IX-1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN.....	X-1
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI-1
BAB XII KESIMPULAN.....	XII-1
DAFTAR PUSTAKA	
APPENDIKS A NERACA MASSA.....	A-1
APPENDIKS B NERACA PANAS.....	B-1
APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT.....	C-1
APPENDIKS D PERHITUNGAN UTILITAS.....	D-1
APPENDIKS E ANALISA EKONOMI.....	E-1

DAFTAR KETERANGAN TABEL

Tabel 1.1. Perkembangan Industri Sorbitol di Indonesia.....	I-2
Tabel 1.2. Produksi Pasta gigi di Indonesia 2005 – 2011.....	I-2
Tabel 2.1. Perbandingan antara Reduksi Elektronik dan Hidrogenasi Katalitik.....	II-3
Tabel 7.1. Instrumentasi Peralatan Pabrik.....	VII-4
Tabel 9.4. Perkiraan Luas Pabrik.....	IX-13
Tabel 10.1. Jadwal Kerja Harian Untuk Karyawan Shift.....	X-9
Tabel 10.2. Jumlah Tenaga Kerja.....	X-11
Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan.....	X-13

DAFTAR KETERANGAN GAMBAR

Gambar 2.1. Blok diagram pembuatan sorbitol proses Reduksi Elektrolitik.....	II-2
Gambar 2.2. Blok diagram pembuatan sorbitol proses Hidrogenasi Katalitik.....	II-3
Gambar 9.1. Lokasi Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa.....	IX-6
Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa.....	IX-8
Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Proses.....	IX-11
Gambar 10.1. Struktur Organisasi Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa.....	X-15

PRA RENCANA PABRIK
SORBITOL DARI DEKSTROSA DENGAN PROSES HIDROGENASI
KATALITIK
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
Wenny Rinda Handani : 08.14.011
Florensi Yamega : 08.14.018

Dosen Pembimbing :
1. Rini Kartika Dewi, ST, MT
2. M. Istnaeny Hudha, ST, MT

ABSTRAK

Larutan sorbitol 70% yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{14}O_6$ yang mempunyai sifat larut dalam air, gliserol dan sedikit larut dalam alkohol. Kegunaan sorbitol ini, antara lain suatu humektan (pelembab) pada berbagai jenis produk sebagai pelindung melawan hilangnya kandungan moisture. Dengan sifat tekstur dan kemampuan untuk menstabilisasi kelembaban, sorbitol banyak digunakan untuk produksi permen, roti dan cokelat dan produk yang dihasilkan cenderung menjadi kering atau mengeraskan. Sorbitol bersifat non-cariogenik (tidak menyebabkan kanker) dan berguna bagi orang-orang penderita diabetes. Proses yang digunakan pada pembuatan Sorbitol ini adalah proses Hidrogenasi katalitik dan sebagai bahan baku menggunakan Dekstrosa dan katalis Raney Nickel.

Pabrik Sorbitol ini direncanakan didirikan di by pass Krian, Sidoarjo dengan kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun dan mulai beroperasi pada tahun 2016. Model operasi yang diterapkan adalah sistem batch continue dengan waktu operasi 340 hari/tahun dan 24 jam/hari. Utilitas yang digunakan meliputi air, steam, listrik dan bahan bakar. Bentuk perusahaan ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf.

Dari hasil perhitungan ekonomi didapat $BEP = 36\%$; $POT = 2,1364$ tahun; $ROI_{BT} = 71\%$; $ROI_{AT} = 37\%$; $IRR = 34,09\%$; dan $TCI = Rp. 101.178.924.227,-$ Dengan demikian maka pabrik layak untuk didirikan.

Kata Kunci : Sobitol, Dekstrosa, Hidrogenasi Katalitik



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sorbitol yang dikenal juga sebagai glusitol, adalah suatu gula alkohol yang di metabolisme lambat di dalam tubuh. Sorbitol diperoleh dari reduksi glukosa, mengubah gugus aldehid menjadi gugus hidroksil, sehingga dinamakan gula alkohol. Glukosa dinamakan juga dekstrosa atau gula pasir yang terdapat dalam: sayur, buah, sirup jagung, sari pohon dan bersamaan dengan fruktosa dalam madu. Glukosa merupakan hasil akhir pencernaan pati, sukrosa, maltose dan laktosa pada hewan dan manusia.^[1]

Sorbitol merupakan kelompok dari heksitol secara alami. Ini ditemukan pada tahun 1868 di pegunungan berry dalam konsentrasi 5 – 12 %, dan pada umumnya sorbitol berada dalam tumbuhan. Nama sorbitol diturunkan dari nama ilmuwan dari pegunungan Ash, *Sorbus Aucuparia L.* Buah Rosaceae yang kaya akan kandungan sorbitol, antara lain: plums 1.7 – 4.5 % berat, pear 1.2 – 2.8 % berat kering, peache 0.5 – 1.3 % berat dan apel 0.2 – 1 % berat. Didalam buah dan daun-daun, sorbitol dibentuk sebagai bahan kimia intermediet di dalam sintesa pati, selulosa, sorbuse, atau vitamin C. Di dalam hewan, sorbitol dapat diketahui sebagai intermediet dalam absorpsi glukosa.

Pada tahun 1890, E.Fischer membawa sintesa kimia sorbitol pertama dengan mereduksi glukosa dengan sodium amalgamat. Hidrogenasi katalitik pertama dilaporkan oleh V. Ipatieff pada tahun 1912. Sejak tahun 1950, sorbitol mengalami perubahan ekonomi dalam dunia sebagai makanan, agen pemanis, penyetabil kelembapan, bahan dasar untuk produk lainnya. Sorbitol digunakan sebagai pemanis buatan pada produk permen bebas gula dan sirup obat batuk. Zat ini juga dikenal sebagai pemanis yang memiliki nilai gizi karena mengandung energi sebanyak 2,6 kkal per gram.

Saat ini sorbitol telah diproduksi secara luas karena penggunaannya di berbagai bidang industri. Sorbitol digunakan sebagai bahan pemanis pengganti gula, karena memiliki sifat manis 60 – 70% dari yang dimiliki gula tebu (sukrosa). Selain itu sorbitol juga digunakan sebagai aditif penghambat terjadinya kristalisasi, memperbaiki rasa dan digunakan untuk produk makanan dan minuman diet. Sorbitol umumnya diproduksi secara komersial dalam bentuk kristal (99%) dan larutan (70%).

1.2. Perkembangan Industri

1.2.1. Perkembangan Produksi Sorbitol di Indonesia

Dari Departemen Industri dan Biro Pusat Statistik, diperoleh data bahwa jumlah sorbitol yang diimpor Indonesia terus meningkat. Kenaikan jumlah impor ini menunjukkan sorbitol di Indonesia terus bertambah. Perancis merupakan negara pengekspor sorbitol terbesar bagi Indonesia, mencapai $\pm 96\%$ dari total sorbitol yang diimport. Negara pengekspor lainnya adalah Jerman, Jepang, dan Nederland.

Indonesia mulai mengekspor sorbitol pada tahun 1989. Ekspor dilakukan negara-negara seperti Jepang, Nederland, Perancis, Jerman, Denmark dan beberapa negara lain yang mempunyai permintaan tinggi terhadap sorbitol. Tetapi pada tabel 1.1. menunjukkan jumlah sorbitol yang diekspor berkurang karena kebutuhan lokal meningkat.

Tabel 1.1. Perkembangan Industri Sorbitol di Indonesia^[2]

Tahun	Produksi (kg/tahun)	Konsumsi (kg/tahun)	Ekspor (kg/tahun)	Impor (kg/tahun)
2005	46.808.939	25.612.625	112.065.359	5.002.420
2006	49.149.386	25.663.850	115.200.084	3.278.889
2007	51.606.855	25.715.178	120.439.236	885.195
2008	54.187.198	27.000.937	112.459.706	767.610
2009	56.896.558	27.054.938	113.584.303	775.286
2010	59.741.386	28.407.685	114.720.146	783.039
2011	62.728.455	28.464.501	115.867.347	790.869

Sorbitol sebagian besar digunakan sebagai bahan baku untuk *consumer goods*, seperti pasta gigi, untuk produk-produk makanan seperti permen, produk-produk kosmetik, farmasi, dan vitamin C. Di Indonesia, industri pasta gigi merupakan konsumen sorbitol terbesar, diikuti oleh industri kosmetik dan farmasi.

Industri pasta gigi berkembang terus menerus secara mantap selama tahun-tahun terakhir ini. Perkembangannya ditunjukkan dari meningkatnya produksi pasta gigi dari tahun ke tahun.

Tabel 1.2. Produksi Pasta gigi di Indonesia 2005 – 2011^[3]

Tahun	Produksi (ton)
2005	160115
2006	166470
2007	172825

1.2. Perkembangan Industri

1.2.1. Perkembangan Produk Sorbitol di Indonesia

Dari Depanmen Industri dan Biro Pusat Statistik diperoleh data bahwa jumlah sorbitol yang diimpor Indonesia terus meningkat. Kenalkan jumlah impor ini menunjukkan sorbitol di Indonesia terus bertambah. Perancis merupakan negara pengeksport sorbitol terbesar dari Indonesia mencapai 96% dari total sorbitol yang diimpor. Negara pengeksport lainnya adalah Jerman, Jepang, dan Belanda. Indonesia mulai mengeksport sorbitol pada tahun 1980. Eksport dilakukan negara-negara seperti Jepang, Perancis, Jerman, Denmark dan beberapa negara lain yang mempunyai permintaan tinggi terhadap sorbitol. Tetapi pada tabel 1.1. menunjukkan jumlah sorbitol yang diekspor berkurang karena kebutuhan lokal meningkat.

Tabel 1.1. Perkembangan Industri Sorbitol di Indonesia^[1]

Tahun	Produksi (kg/tahun)	Konsumsi (kg/tahun)	Eksport (kg/tahun)	Impor (kg/tahun)
2005	46.808.939	28.612.622	112.062.329	2.002.430
2006	49.149.386	22.663.820	112.200.084	3.228.889
2007	21.606.822	22.712.178	120.439.229	882.192
2008	24.187.198	27.000.937	117.429.706	767.610
2009	26.806.228	27.024.938	113.284.303	722.286
2010	29.741.386	28.427.682	114.220.146	782.039
2011	62.228.422	28.464.201	112.867.247	790.869

Sorbitol sebagian besar digunakan sebagai bahan baku untuk coswaver goods seperti pasta gigi, untuk produk-produk makanan seperti permen, produk-produk kosmetik, farmasi, dan vitamin C. Di Indonesia, industri pasta gigi merupakan konsumen sorbitol terbesar diikuti oleh industri kosmetik dan farmasi. Industri pasta gigi berkembang terus menerus secara mantap selama tahun-tahun terakhir ini. Perkembangannya ditunjukkan dari meningkatnya produksi pasta gigi dari tahun ke tahun.

Tabel 1.2. Produksi Pasta gigi di Indonesia 2005 - 2011^[2]

Tahun	Produksi (ton)
2007	122822
2006	166470
2005	160112

2008	179180
2009	185535
2010	191890
2011	198245

Ternyata untuk memproduksi 1 ton pasta gigi, diperlukan 150 – 250 kg sorbitol. Dengan demikian meningkatnya produksi pasta gigi tentunya menyebabkan naiknya kebutuhan sorbitol sebagai bahan baku utama pasta gigi.

Konsumsi sorbitol di tahun-tahun mendatang diperkirakan meningkat mengikuti kecenderungan pertumbuhan industri-industri yang mengkonsumsinya. Diperkirakan konsumsi sorbitol oleh industri pasta gigi akan terus meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 10% per tahun, konsumsi sorbitol oleh industri kecantikan dan farmasi 7% per tahun dan oleh industri lain (meliputi industri permen, tekstil, dan kulit) 5% per tahun.

1.3. Kegunaan Sorbitol

Sorbitol digunakan sebagai suatu humektan (pelembab) pada berbagai jenis produk sebagai pelindung melawan hilangnya kandungan moisture. Dengan sifat tekstur dan kemampuan untuk menstabilisasi kelembaban, sorbitol banyak digunakan untuk produksi permen, roti dan coklat dan produk yang dihasilkan cenderung menjadi kering atau mengeras. Sorbitol bersifat non-cariogenik (tidak menyebabkan kanker) dan berguna bagi orang-orang penderita diabetes.

Secara kimiawi sorbitol sangat tidak reaktif dan stabil, dapat berada pada suhu tinggi dan tidak mengalami reaksi Maillard (pencokelatan). Sehingga pada produksi kue berwarna segar, tidak ada penampilan warna coklatnya. Juga berkombinasi baik dengan ramuan makanan lain seperti gula, jelly, lemak sayuran dan protein.

a. Industri Makanan

- Dalam industri permen, sorbitol digunakan bersama gula untuk memberi rasa manis yang tahan lama. Dalam pembuatan permen karet, sorbitol digunakan karena sifatnya yang tahan terhadap fermentasi menjadi asam oleh mikroorganisme dalam mulut, sehingga tidak menyebabkan karies gigi.
- Sebagai bahan pemanis pengganti gula bagi penderita diabetes, karena kecepatan penyerapan yang rendah dalam darah,
- Sebagai stabilisator kelembaban dalam industri makanan pada umumnya.

b. Industri Farmasi

- Sebagai bahan baku pembuatan vitamin C.
- Sebagai stabilitas dalam pembuatan obat-obatan tertentu, seperti vitamin B12, penisilin dan aspirin.
- Mencegah terjadinya kristalisasi.

c. Industri Komestik

- Digunakan secara luas dalam industri kosmetik karena bersifat tidak memberikan rasa gatal pada kulit, sebagai emulsifier dan stabilitor kelembaban dalam pembuatan lotion dan cream.

d. Industri Tekstil

- Sorbitol digunakan sebagai emulsifier larutan pada proses pembuatan tekstil, sebagai bahan antistatis, dan bahan aditif untuk memperbaiki sifat viskose rayon.

e. Industri Lainnya

- Digunakan sebagai pelunak, stabilitor kelembaban pada industri plastik, adhesive dan menambah aroma pada industri rokok.
- Digunakan pada pasta gigi, sorbitol dapat dipergunakan sebagai penyegar atau obat pencuci mulut, dapat mencegah kerusakan gigi dan memperlambat terbentuknya caries gigi.^[4]

1.4. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produksi

1.4.1. Sifat fisika dan kimia bahan baku

A. Dekstrosa

- Nama lain : Glukosa
- Rumus molekuler : $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$
- Berat molekuler : 180,16 g/mol
- Titik lebur : 83°C
- Titik didih : 146°C
- Daya larut : 100 g/100 mL
- Panas kelarutan : - 59,4 pada 25°C
- Densitas : 1,54 g/cm³
- Titik leleh : 146°C untuk α -D-glukose
150°C untuk β -D-glukose^[5]

B. Air

- Nama sistematis : air
- Nama alternative : aqua, dihidrogen monoksida, Hidrogen Hidroksid
- Rumus molekul : H_2O
- Massa molar : 18.0153 g/mol
- Densitas dan fase : 0.998 g/cm³ (cairan pada 20 °C)
0.92 g/cm³ (padatan)
- Titik lebur : 0 °C (273.15 K) (32 °F)
- Titik didih : 100 °C (373.15 K) (212 °F)
- Kalor jenis : 4184 J/(kg·K) (cairan pada 20 °C)

C. Katalis Raney Nickel

Sifat-sifat Fisika :

- Komposisi Kimia : Ni, wt% : 50%
Al, wt% : 50%
- Densitas pada fase solid, g cm⁻³ : 8,1
- Densitas Partikel : 3,32
- Porosity : 0,59
- Purc Vol, cm³ g⁻¹ : 0,178
- Berbentuk bubuk halus berwarna kelabu

Sifat-sifat Kimia :

- Cukup resistensi terhadap dekomposisi, dapat disimpan dan digunakan kembali dalam beberapa periode waktu.
- Stabilitas termal (tidak terurai pada temperatur yang tinggi)

D. Gas Hidrogen

Sifat Fisika:

1. Larut dalam air, alkohol dan eter
2. Tidak korosif
3. Mudah terbakar dan menimbulkan ledakan

Sifat Kimia:

1. Density : 0,08342 kg/m³
2. Specific gravity : 0,0694
3. Specific volume : 193 cuft/lb (21,1°C)

4. Boiling point : -259,2°C

1.4.2. Sifat fisika dan kimia produk

Produk utama dari pabrik ini adalah sorbitol cair, berikut adalah sifat fisika dan sifat kimia dari hasil utama dari pabrik ini.^[4]

– Sifat fisika:

- Berbentuk liquid pada suhu kamar
- Berwarna putih, tidak berbau dan berasa manis
- Larut dalam air, glycerol dan propylene glycol
- Sedikit larut dalam methanol, etanol, asam asetat dan phenol
- Tidak larut dalam sebagian besar pelarut organik

– Sifat Kimia:

- Densitas (70% solution) : 1,2879 g/ml
- Berat molekul : 182
- Melting point : 93 °C
- Titik didih : 296°C
- Titik lebur : 93 °C (metastable form)
97,5 °C (stable form)
- Kelarutan dalam air (25°C) : 235 gr/100 gr H₂O
- Panas pelarutan dalam air : 20,2 kJ/mol
- Higroskopisitas : high

1.5. Perkiraan Kapasitas Produksi

Saat ini di Indonesia terdapat beberapa pabrik yang memproduksi sorbitol. Melihat data perkembangan industri sorbitol di Indonesia dimana konsumsi dalam negeri dan prospek permintaan pasar ekspor yang terus meningkat, maka sangat tepat adanya perencanaan pabrik sorbitol baru di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Hal ini dimungkinkan pula karena harga bahan bakunya cenderung murah dan mudah diperoleh, serta produknya mempunyai aplikasi yang luas.

Kapasitas pabrik sorbitol dari dekstroza ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

Dimana: M1 = Jumlah Impor (kg)

M2 = Jumlah Produksi (kg)

M3 = Kapasitas produksi (ton/tahun)

M4 = Jumlah ekspor (kg)

M5 = Jumlah konsumsi (kg)

P = Data besarnya impor, ekspor, produksi dan konsumsi pada tahun 2011

i = Rata – rata kenaikan impor, ekspor, produksi dan konsumsi tiap tahun

n = Selisih tahun 2011 dan 2016 (5 tahun)

1. Menentukan jumlah Impor Sorbitol tahun 2016

$$\begin{aligned} M1 &= P(1+i)^n \\ &= 790.869 (1 + (-53,88/100))^5 \\ &= 747.748 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Menentukan jumlah Produksi Sorbitol tahun 2016

$$\begin{aligned} M2 &= P(1+i)^n \\ &= 62.728(1 + (4,76/100))^5 \\ &= 62.728 \text{ kg} \end{aligned}$$

3. Menentukan jumlah ekspor Sorbitol tahun 2016

$$\begin{aligned} M4 &= P(1+i)^n \\ &= 115.867.347(1 + (1,42/100))^5 \\ &= 115.867.347 \text{ kg} \end{aligned}$$

4. Menentukan jumlah konsumsi Sorbitol tahun 2016

$$\begin{aligned} M5 &= P(1+i)^n \\ &= 28.465(1+(1,72/100))^5 \\ &= 28.465 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Menentukan kapasitas produksi Sorbitol tahun 2016

$$\begin{aligned} M3 &= (M4 + M5) - (M1 + M2) \\ &= (115.867.347 + 28.465) - (747.748 + 62.728) \\ &= 115.085.336 \text{ kg} \\ &= 115.085 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Direncanakan pabrik Sorbitol dari dektrosa ini memenuhi 30% kebutuhan dalam negeri sehingga kapasitas pabrik 30.000 ton/tahun.

BAB II

SELEKSI PROSES

2. Seleksi dan Uraian Proses

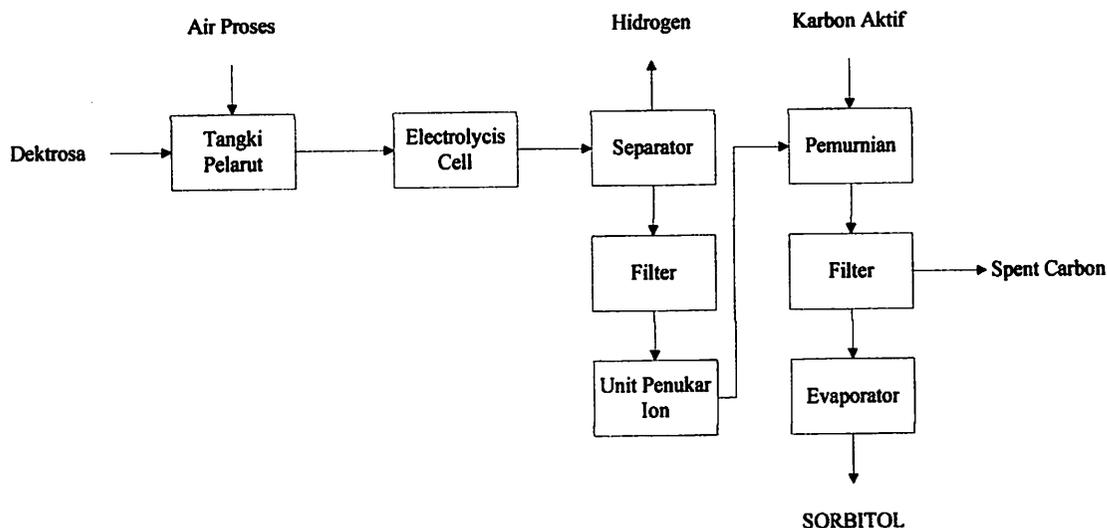
Untuk mendapatkan suatu produk yang berkualitas tinggi perlu dilakukan pemilihan proses diantara beberapa macam proses yang ada. Pemilihan proses ini berdasarkan antara lain pada bahan baku, konversi reaksi, kualitas produk, kondisi operasi, biaya operasi dan lain-lain.

2.1. Macam Proses

Pada proses pembuatan sorbitol terdapat 2 macam proses, yaitu dengan cara reduksi elektrolitik dan hidrogenasi katalitik.

2.1.1. Reduksi Elektrolitik

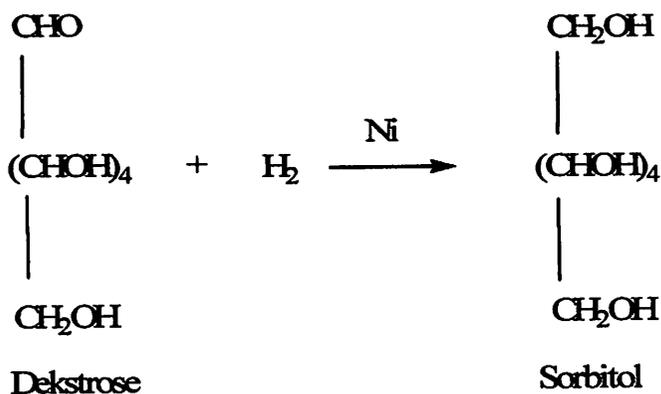
Pada tahun 1937, pertama kali didirikan pabrik yang memproduksi sorbitol dengan menggunakan proses reduksi elektrolitik. Pada proses ini, larutan dekstrosa dielektrolisa menjadi *sorbitol*. Biasanya pada bagian ini dilengkapi dengan sumber arus yang tidak berfluktuasi. Elektroda yang dipakai adalah amalgam sebagai katoda dan timbal sebagai anoda, sedangkan larutan yang dipakai NaOH dan Na₂SO₄. Pada prinsipnya glukosa akan direduksi dengan H₂ sebagai hasil proses elektrolisis diatas. Dari proses diatas akan dihasilkan *sorbitol*.



Gambar 2.1. Blok diagram pembuatan sorbitol dengan proses Reduksi Elektrolitik

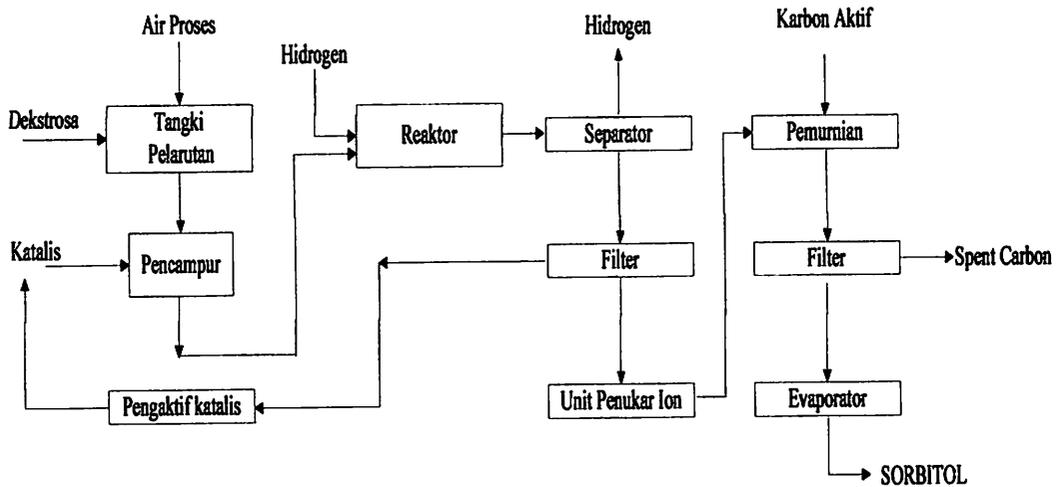
2.1.2. Hidrogenasi katalitik

Secara umum hidrogenasi adalah reaksi penambahan molekul hidrogen ke dalam ikatan kimia tak jenuh (ikatan rangkap) pada radikal asam lemak atau molekul gliserida. Reaksi hidrogenasi ini akan lebih efektif dan mudah terjadi dengan adanya katalis nikel. Reaksi pembentukan sorbitol, dengan konversi 95-99% hasil, sebagai berikut:



Hidrogenasi katalitik dekstrosa untuk menghasilkan sorbitol, dilakukan dengan melarutkan dekstrosa dalam air untuk memperoleh larutan 50%. Slurry dimasukkan ke dalam tangki pencampur, dimana nikel berbentuk bubuk ditambahkan sebagai katalis, dengan perbandingan slurry mengandung 2 % nikel didasarkan pada dekstrosa. Slurry ini diumpungkan ke dalam reaktor, bersamaa dengan gas hidrogen yang ditekan hingga mencapai ± 50 bar, dan disemprotkan kedalam reaktor berlawanan arah dengan masuknya slurry. Suhu reaksi bervariasi dari 120 – 150° C. Keluar dari reaktor, katalis

nikel dipisahkan dari produk sorbitol dengan menggunakan filter press. Larutan sorbitol yang terjadi dilewatkan melalui kation-anion exchanger untuk menghilangkan ion-ion pengotor, sedangkan untuk memurnikan dan menghilangkan warna pada larutan sorbitol digunakan karbon aktif yang kemudian dipisahkan dengan menggunakan filter press. Larutan sorbitol encer ($\pm 50\%$) dipekatkan dengan menggunakan evaporator, sehingga diperoleh larutan sorbitol 70%.^[1]



Gambar 2.2. Blok diagram pembuatan sorbitol dengan proses Hidrogenasi Katalitik

2.2. Pemilihan Proses Pembuatan Sorbitol

Untuk pemilihan proses yang akan digunakan pada pabrik sorbitol agar didapatkan efisiensi yang tinggi, maka perlu dilakukan pemilihan proses yang didasarkan pada aspek teknis dan ekonominya.

Tabel 2.1. Perbandingan antara Reduksi Elektronik dan Hidrogenasi Katalitik

Parameter	Proses	
	Reduksi Elektrolitik	Hidrogenasi Katalitik
Segi proses • Bahan baku • Konversi reaksi	Dekstrosa - Dalam proses reduksi dibutuhkan waktu yang lama untuk mencapai produk yang diinginkan.	Dekstrosa 95-99% Dalam proses hidrogenasi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai proses yang diinginkan lebih cepat.
• Kondisi Operasi	- P : - - T : -	- P : 50 bar - T : 120 – 150 °C
• Kualitas produk	Rendah Untuk bahan baku dari	Tinggi Bila dibandingkan dengan

	Dekstrosa produk <i>sorbitol</i> yang dihasilkan kurang begitu bagus.	proses reduksi, produk sorbitol yang dihasilkan lebih bagus.
Segi ekonomi	Harga dari electrode sangat mahal.	Bahan tambahan seperti gas hydrogen dan katalis nikel mudah dijangkau dan murah serta efektif.

Dari uraian diatas, ternyata proses hidrogenasi katalitik saat ini digunakan secara luas dalam proses produksi sorbitol. Proses ini lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan proses reduksi elektrolitik. Proses pembuatan sorbitol dengan reduksi elektrolitik sangat lambat dan membutuhkan biaya pemeliharaan yang sangat mahal, sehingga praktis tidak digunakan lagi dalam produksi sorbitol secara komersial. Karena itu diilih proses hidrogenasi katalitik dalam perancangan pabrik sorbitol.

2.3. Uraian Proses

Proses produksi sorbitol secara hidrogenasi katalitik dibagi menjadi 4 tahap:

1. Tahapan Persiapan Bahan Baku
2. Tahapan Reaksi
3. Tahapan Pemisahan
4. Tahapan Pemurnian
5. Tahapan Penanganan Produk



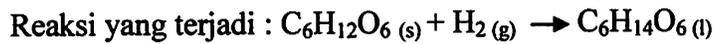
2.3.1. Tahapan Persiapan Bahan Baku

Dekstrosa dari gudang penyimpanan (F-111) dialirkan dengan belt conveyor (J-112), kemudian bucket elevator (J-113) menuju screw conveyor (J-114), untuk selanjutnya ditampung dalam tangki penampung (F-115) yang berfungsi untuk penyimpanan sementara sebelum tangki pelarutan (M-110). Dalam tangki pelarutan ditambakk air dari konsentrasi 91% sampai 50%.

2.3.2. Tahapan Reaksi

Dari tangki pelarut, slurry dipanaskan terlebih dahulu dengan heater (E-121) hingga suhu operasi yaitu 140° C kemudian dimasukkan ke dalam reaktor (R-120).

Secara bersamaan dimasukkan juga gas hidrogen kedalam reaktor dari bagian bawah sedangkan katalis Ni (F-123) dan buffer (F-122) dari bagian atas reaktor.



Reaksi terjadi pada tekanan 50 bar, suhu 140°C dengan konversi 99%. Untuk menjaga agar suhu reaksi konstan pada suhu 140°C, maka dialirkan air pendingin pada jaket. Produk yang dihasilkan berupa larutan sorbitol 50% berat.

2.3.3. Tahapan Pemisahan

Produk yang dihasilkan dari reaktor masih bercampur dengan katalis dan buffer, untuk memisahkannya digunakan filter press (H-131) yang sebelumnya didinginkan dengan cooler (E-126) hingga mencapai suhu 85°C. Asumsi semua impuritis, sisa katalis, buffer dapat terpisahkan 100% dalam filter press. Tahap berikutnya adalah pemurnian untuk menghilangkan warna, dilakukan dengan mencampur larutan sorbitol dengan karbon aktif (4% dari sorbitol) pada tangki pemurnian (M-130). Kemudian pemisahan karbon aktif dari larutan sorbitol dilakukan dengan mengalirkan larutan melalui filter press (H-137).

2.3.4. Tahapan Pemurnian

Proses evaporator ini bertujuan untuk memekatkan larutan sorbitol. Larutan sorbitol yang masuk ke evaporator akan diuapkan kadar airnya pada kondisi operasi tekanan 70 mmHg dan temperatur 51,2°C. Pada tahap ini air yang terkandung di dalam inlet evaporator akan diuapkan sebanyak 20%.

2.3.5. Tahapan Penanganan Produk

Setelah larutan sorbitol 70% terbentuk, selanjutnya dialirkan oleh pompa (L-114) menuju gudang produk (F-145).

BAB III

NERACA MASSA

Kapasitas : 30000 ton/tahun
Basis : 2779,791 kg/jam
Produksi : Larutan sorbitol 70%
Satuab : kg/jam

1. TANGKI PELARUT DEKSTROSA (M-110)

Masuk		Keluar	
<u>Dari tangki penyimpan destrosa</u>		<u>Ke tangki penampung</u>	
Dekstrosa	: 2529,610	Dekstrosa	: 2529,610
Impuritis dekstrosa	: 13,899	Impuritis dekstrosa	: 13,899
Air hidrat	: 236,282	Air	: 2543,509
<u>Dari air proses</u>			
Air	: 2307,227		
	<u>5087,017</u>		<u>5087,017</u>

2. REAKTOR (R-120)

Masuk		Keluar	
<u>Dari tangki penampung</u>		<u>Ke filter press</u>	
Dekstrosa	: 2529,610	Sorbitol	: 2532,139
Impuritis dekstrosa	: 13,899	Desktrosa	: 25,296
Air	: 2543,509	Impuritis dekstrosa	: 13,899
Katalis Ni-Al	: 101,184	Air	: 2543,509
Buffer Mg-MgO	: 10,118	Katalis Ni-Al	: 101,184
		Buffer Mg-MgO	: 10,118
Gas H ₂	: 33,728	<u>Dibuang</u>	
		sisa gas H ₂	: 5,902
	5232,048		5232,048

3. FILTER PRESS (H-131)

Masuk		Keluar	
<u>Dari reaktor</u>		<u>Ke tangki pemurnian</u>	
Sorbitol	: 2532,139	Sorbitol	: 2532,139
Desktrosa	: 25,296	Desktrosa	: 25,296
Impuritis dekstrosa	: 13,899	Air	: 2543,509
Air	: 2543,509	<u>Terikut cake</u>	
Katalis Ni-Al	: 101,184	Impuritis dekstrosa	: 13,899
Buffer Mg-MgO	: 10,118	Katalis Ni-Al	: 101,184
		Buffer Mg-MgO	: 10,118
	5226,146		5226,146

4. TANGKI PEMURNIAN (M-130)

Masuk		Keluar	
<u>Dari tangki penukar ion</u>		<u>Ke filter press</u>	
Sorbitol	: 2532,139	Sorbitol	: 2532,139
Desktrosa	: 25,296	Desktrosa	: 25,296
Air	: 2543,509	Air	: 2543,509
<u>Dari bin karbon akti :</u>		Karbon aktif	: 10,129
Karbon aktif	: 10,129		
	<u>5111,073</u>		<u>5111,073</u>

5. FILTER PRESS (H-135)

Masuk		Keluar	
<u>Dari tangki pemurnian</u>		<u>Ke evaporator</u>	
Sorbitol	: 2532,139	Sorbitol	: 2532,139
Desktrosa	: 25,296	Desktrosa	: 25,296
Air	: 2543,509	Air	: 2543,509
Karbon aktif	: 10,129	<u>Terikut cake</u>	
		Karbon aktif	: 10,129
	<u>5111,073</u>		<u>5111,073</u>

6. EVAPORATOR (V-140)

Masuk		Keluar	
<u>Dari filter press</u>		<u>Produk</u>	
Sorbitol	: 2532,139	Sorbitol	: 2532,139
Desktrosa	: 25,296	Desktrosa	: 25,296
Air	: 2543,509	Air	: 1059,907
		<u>Diuapkan</u>	:
		Air	: 1483,602
	<u>5100,944</u>		<u>5100,944</u>

BAB IV

NERACA PANAS

Basis perhitungan : 30000 ton produk/tahun
Suhu reference : 25 °C
Satuan : kkal/jam

1. TANGKI PELARUT DEKSTROSA (M-110)

Masuk		Keluar	
Enthalpy yang dikandung bahan:		Panas pelarutan dektrosa	-72220,086
— Dekstrosa hidrat	4996,674	Enthalpy yang terbawa produk:	
— Air yang ditambahkan:	11536,133	Larutan dektrosa	87926,252
		Panas yang lolos	826,640
	<hr/>		<hr/>
	16532,807		16532,807

2. HEATER (E-121)

Masuk		Keluar	
Enthalpy larutan dektrosa	87921,467	Enthalpy larutan dektrosa	409504,908
Panas dari steam	343136,331	Panas yang lolos	21552,890
	<hr/>		<hr/>
	431057,798		431057,798

3. REAKTOR (R-120)

Masuk		Keluar	
<u>Tahap pemanasan</u>			
Enthalpy yang dikandung bahan:		Enthalpy bahan setelah pemanasan:	
— Larutan dekstrosa	411151,262	— Larutan dekstrosa	411151,262
— Gas H ₂	13351,884	— Gas H ₂	13351,884
Panas dari steam	393086,949	Panas yang lolos	122638,514
	<u>817590,095</u>		<u>547141,660</u>
<u>Tahap reaksi</u>			
Enthalpy yang dikandung bahan:		Enthalpy yang terbawa produk:	
— Larutan dekstrosa	411151,262	— Larutan sorbitol	425796,770
— Gas H ₂	13351,884	— Gas H ₂ sisa	2336,580
Panas reaksi pada keadaan standar		Panas yang harus diambil	
	<u>247890,882</u>		<u>244260,679</u>
	<u>672394,028</u>		<u>672394,028</u>

4. COOLER (E-126)

Masuk		Keluar	
Panas larutan sorbitol	425796,770	panas larutan sorbitol	202668,850
		Panas yang lolos	21289,838
		Panas yang diserap	201838,082
	<u>425796,770</u>		<u>425796,770</u>

5. COOLER (E-134)

Masuk		Keluar	
Panas larutan sorbitol	201513,391	Panas larutan sorbitol	97184,149
		Panas yang lolos	10075,670
		Panas yang diserap	94253,572
	<u>201513,391</u>		<u>201513,391</u>

6. EVAPORATOR (V-140)

Masuk		Keluar	
Enthalpy larutan sorbitol	86872,835	Enthalpy larutan sorbitol 70 %	
Panas dari steam	1089241,678		48002,456
		Enthalpy air yang menguap	1122231,484
		Panas yang lolos	5880,573
	<u>1176114,513</u>		<u>1176114,513</u>

7. BAROMETIC CONDENSOR (E-142)

Masuk		Keluar	
Panas uap yang masuk	38870,379	Panas uap yang keluar	7418,011
		Panas yang lolos	1943,519
		Panas yang diserap	29508,849
	<u>38870,379</u>		<u>38870,379</u>

BAB V

SPEKIFIKASI ALAT

1. STORAGE DEKSTROSA (F-111)

Fungsi : Untuk penyimpanan dan penyediaan bahan baku dekstrosa.
Bahan konstruksi : Beton bertulang
Waktu tinggal : 7 hari
Dekstrosa yang dibutuhkan : 2861,643 kg/j

Spesifikasi peralatan

Nama Alat : Storage dekstrosa
Kode alat : F-111
Kapasitas : 7 hari
Ukuran P : 19 m
L : 9,5 m
T : 10 m
Bahan konstruksi : Beton bertulang
Jumlah : 1 buah

2. BELT CONVEYOR (J-112)

Fungsi : Mengangkut Dekstrosa dari gudang ke Bucket elevator
Type : Flat Belt on Continuous Plate
kapasitas bahan : 2861,643 kg/j

Spesifikasi peralatan

- Nama alat : Belt Conveyor
- Kapasitas : 2861,643 kg/jam = 6308,778 lb/jam

- Residence time : 10 detik
- Panjang Belt : 10 meter
- Kecepatan : 1 meter/detik
- Power motor : 4 Hp
- Jumlah : 1 buah

3. BUCKET ELEVATOR (J-113)

Fungsi : Memindahkan dekstroza dari tempat penyimpanan dekstroza (*storage*) menuju screw conveyer.

Kapasitas : 2861,643 kg/j

Type : *Centrifugal-Discharge Bucket*

Spesifikasi peralatan

- Kecepatan putar poros head : 43 rpm
- Power pada poros head : 1,6 Hp
- Lebar belt : 7 in
- Panjang bucket : 50 ft
- Untuk menaikkan material setingg : 50 ft
- Power motor : 3,5 Hp
- Jumlah : 1 buah

4. SCREW CONVEYOR (J-114)

Fungsi : Memindahkan dekstroza dari bucket elevator ke bin dekstroza

Kapasitas : 2861,643 kg/j

Spesifikasi peralatan

- Diameter *screw* : 6 "
- Kecepatan putar : 60 rpm
- Panjang conveyer : 10 m
- Power motor : 1,5 Hp
- Jumlah : 1 buah

5. BIN UNTUK DEKSTROSA (F-115)

- Fungsi : Menampung dan mengumpalkan dekstrosa pada rate yang diinginkan ke dalam tangki pelarut.
- Tipe : Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah berbentuk *conical* dengan sudut puncak 120°

Spesifikasi peralatan

- Bahan Konstruksi : *High Alloy Steel SA-167 grade 3 type 304*
- Tipe Pengelasan : *Single Welding Butt Joint*
- Volume tangki (V_T) : 410,118 ft³
- Diameter tangki (D_T) : 75,518 in
- Diameter Luar (D_o) : 78 in
- Tebal Silinder (t_s) : 3/16 in
- Tinggi Silinder (L_s) : 155,250 in
- Tebal Tutup Bawah (t_{hb}) : 3/16 in
- Tinggi Tutup Bawah (h_b) : 22,408 in
- Jumlah : 1 buah

6. TANGKI PELARUT DEKSTROSA (M-110)

- Fungsi : Melarutkan dekstrosa padat dengan air menjadi larutan dekstrosa 50 % berat
- Spesifikasi : Silinder tegak dengan tutup atas dan bawah bentuk standard dished head.

Spesifikasi peralatan

- Diameter Luar (D_o) : 60 in
- Tebal Silinder (t_s) : 3/16 in
- Tinggi Silinder (L_s) : in
- Tebal Tutup Bawah (t_{hb}) : 3/16 in
- Tinggi Tutup Bawah (h_b) : 3/16 in
- Jumlah : 1 buah

Dimensi pengaduk :

- Type : 6 Flat blade turbin
- Power : 3 Hp
- Jumlah : 1 buah

7. POMPA PENGUMPAN HEATER (L-116)

Fungsi : Memompakan larutan sorbitol dari tangki pelarut menuju ke heater

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi Pompa

- Tipe : *Reciprocating Pump*
- Daya pompa : 2 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

8. HEATER (E-121)

Fungsi : Memanaskan larutan dekstrosa sebelum masuk reaktor

Bahan : Carbon steel

Spesifikasi

Type : *Double Pipe Heat Exchanger*

Diameter anulus : 2 in

Jumlah hairpin : 3 buah

9. BIN BUFFER (F-122)

Fungsi : Menampung dan mengumpankan buffer pada rate yang diinginkan ke dalam autoclave

Tipe : Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah berbentuk *conical* dengan sudut puncak 120°

Bahan Konstruksi : *High Alloy Steel SA-167 grade 3 type 304*

Tipe Pengelasan : *Single Welding Butt Joint*

Kondisi operasi

Tekanan : 14,7 Psi

Suhu : 30°C

Spesifikasi

Diameter Luar (D_o)	:	78	in
Tebal Silinder (ts)	:	3/16	in
Tinggi Silinder (Ls)	:	155,250	in
Tebal Tutup Bawah (t_{hb})	:	3/16	in
Tinggi Tutup Bawah (h_b)	:	22,408	in
Jumlah	:	1	buah

10. BIN KATALIS (F-123)

Fungsi	:	Menampung dan mengumpangkan katalis pada rate yang diinginkan ke dalam autoclave
Tipe	:	Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah berbentuk <i>conical</i> dengan sudut puncak
Bahan Konstruksi	:	<i>High Alloy Steel SA-167</i> ξ 120 ^o
Tipe Pengelasan	:	<i>Single Welding Butt Joint</i>

Kondisi operasi

Tekanan	:	14,7	Psi
Suhu	:	30	$^{\circ}\text{C}$

Spesifikasi

Diameter Luar (D_o)	:	78	in
Tebal Silinder (ts)	:	3/16	in
Tinggi Silinder (Ls)	:	155,250	in
Tebal Tutup Bawah (t_{hb})	:	3/16	in
Tinggi Tutup Bawah (h_b)	:	22,408	in
Jumlah	:	1	buah

11. KOMPRESOR (G-124)

Fungsi : Mengumpulkan gas hidrogen ke autoclave pada rate dan tekanan yang dikehendaki
Jenis : Single stage reciprocating compresor
Power : 7 Hp
Jumlah : 1 Buah

12. REAKTOR AUTOCLAVE (R-120)

Perancangan alat Utama Florensi Yamega (08.14.018)

13. EKSPANDER (N-125)

Fungsi : Untuk menurunkan tekanan dari 49,346 atm menjadi 1 atm
Type : Multi Stage Radial Ekspander
Power : 40 Hp
Jumlah : 1 Buah

14. COOLER (E-126)

Fungsi : Mendinginkan larutan sorbitol dari reaktor menuju filter press
Bahan : *Carbon Steel*

Spesifikasi

Type : DPHE
Diameter anulus : 3 in
Jumlah hairpin : 8 buah

15. POMPA FILTER PRESS (L-127)

Fungsi : Memompakan larutan sorbitol dari cooler menuju ke filter press

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 4 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

16. FILTER PRESS (H-131)

Fungsi : Memisahkan katalis Raney-Nickel dari larutan sorbitol keluar autoclave.

Spesifikasi

Type : Plate and Frame Press

Kapasitas : 78,280 ft³/jam

ΔP maksimum : 30 Psi

Ukuran Frame : 40 x 40 buah

Jumlah Frame : 26 buah

17. POMPA PENGUMPAN TANGKI PEMURNIAN (L-132 A)

Fungsi : Memompakan larutan sorbitol dari Filter Press menuju tangki pemurnian

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

18. BIN KARBON AKTIF (F-133)

- Fungsi : Menampung dan mengumpalkan karbon aktif pada rate yang diinginkan ke dalam tangki pemurnian
- Type : Tangki berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas flat dan tutup bawah berbentuk *conical* dengan sudut puncak
- Bahan Konstruksi : *High Alloy Steel SA-167* ξ 120 °
- Tipe Pengelasan : *Single Welding Butt Joint*

Kondisi operasi

- Tekanan : 14,7 Psi
- Suhu : 30 °C

Spesifikasi

- Diameter Luar (D_o) : 48 in
- Tebal Silinder (t_s) : 3/16 in
- Tinggi Silinder (L_s) : 71,438 in
- Tebal Tutup Bawah (t_{hb}) : 3/16 in
- Tinggi Tutup Bawah (h_b) : 13,748 in
- Jumlah : 1 buah

19. TANGKI PEMURNIAN (M-130)

- Fungsi : Untuk menjerihkan warna larutan sorbitol 50%.
- Type : Tangki berbentuk silinder tegak
Tutup atas dan tutup bawah berbentuk flange dished head

- Bahan Konstruksi : *High Alloy Steel, SA 240 Grade M type 316*
- Tipe pengelasan : *Double welded butt joint,*
- Suhu operasi : 85 °C = 358,15 K
- Tekanan operasi : 1 atm = 14,696 psia

Spesifikasi

- Bahan Konstruksi : *High Alloy Steel, SA 240 Grade M, type 316*
- Diameter luar (d_o) : 72 in
- Tebal silinder (t_s) : 3/16 in

Tinggi silinder (L_s)	:	107,438	in
Tebal tutup atas (t_{ha})	:	3/16	in
Tinggi tutup atas (h_a)	:	1,178	in
Tebal tutup bawah (t_{hb})	:	3/16	in
Tinggi tutup bawah (h_b)	:	1,178	in
Tinggi tangki	:	131,647	in
Jumlah	:	1	buah

Dimensi Pengaduk

Type	:	Paddle dengan 4 buah
Bahan konstruksi	:	<i>High Alloy Steel, SA 240 Grade M type 316</i>
Power pengaduk	:	2 Hp
Diameter pengaduk	:	35,8150 in
Lebar pengaduk	:	17,906 in
Panjang pengaduk	:	8,9530 in
Jumlah	:	1 buah

20. POMPA PENGUMPAN COOLER (L-132 B)

Fungsi : Memompakan larutan sorbitol dari tangki pemurnian menuju cooler

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Centrifugal pump
- Daya pompa : 1 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

21. COOLER (E-134)

Fungsi : Mendinginkan larutan sorbitol dari tangki pemurnian menuju filter press

Bahan : *Carbon Steel*

Spesifikasi

Type : *Double Pipe Heat Exchanger*

Diameter anulus : 3 in

Jumlah hairpin : 6 buah

22. FILTER PRESS (H-135)

Fungsi : Memisahkan karbon aktif dari larutan sorbitol.

Spesifikasi

Type : Plate and Frame

Kapasitas : 157,768 ft³/jam

ΔP maksimum : 30 Psi

Dimensi Frame : 40 x 40 in

Jumlah Frame : 54 buah

**23. POMPA PENGUMPAN EVAPORATOR(L-141)**

Fungsi : Memompakan larutan sorbitol dari filter press menuju evaporator

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi Pompa

- Tipe : Reciprocating Pump
- Daya pompa : 2 Hp
- Bahan : Carbon Steel
- Jumlah : 1 buah

24. EVAPORATOR (V-140)

Perancangan alat Utama Wenny Rinda Handani (08.14.011)

25. BAROMETRIC CONDENSOR (E-142)

Fungsi : Mengembunkan uap dari evaporator

Type : *Dry Air Counter Current Condenser*

Spesifikasi

Diameter : 1,979 ft

Jumlah : 1 buah

26. STEAM EJECTOR (G-143)

Fungsi : membuat kondisi vakum pada evaporator

Type : *two stage steam jet ejector.*

Tekanan yang diharapkan = 70 mmHg

Kapasitas : 78 lb/jam

Panjang : 54 in

Jumlah : 1 buah

27. POMPA PENGUMPAN STORAGE PRODUK (L-144)

Fungsi : Memompakan larutan sorbitol dari evaporator menuju storage produk

Type : Centrifugal Pump

Spesifikasi Pompa

- Daya pompa : 1 Hp

- Bahan : Carbon Steel

- Jumlah : 1 buah

28. STORAGE PRODUK (F-145)

Fungsi : Menyimpan Produk Larutan Sorbitol 70 %
Tipe : *Dome roof* (tangki vertikal dengan tutup atas *standard dished* dan tutup bawah flat.

Spesifikasi

Bahan Konstruksi : *High Alloy Steel SA-240 grade M type 316*
Diameter Luar (D_o) : 19,746 in
Tebal Silinder (ts) : 3/16 in
Tinggi Silinder (Ls) : 7,748 in
Tebal Tutup Atas (t_{ha}) : 3/16 in
Jumlah : 1 buah

BAB VI

PERANCANGAN ALAT UTAMA

- Nama alat : Single Effect Evaporator
- Fungsi : Untuk memekatkan larutan sorbitol dari 50% menjadi 70%
- Type : Short tube vertical (calandria) dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah berbentuk conis dengan $\alpha = 120$
- Bahan konstruksi : High Alloy Steel SA 240 Grade M Type 316
- Perlengkapan : Shell and tube exchanger, dimana pada bagian tube mengalir fluida akan dipekatkan, sedangkan pada bagian shell mengalir steam yang berfungsi sebagai media pemanas.
- Dasar pemilihan : — Biaya rendah
— Koefisien perpindahan panas tinggi
- Prinsip kerja : Evaporator merupakan alat untuk memekatkan larutan yang terdiri dari silinder besar (shell) yang didalamnya terdapat pipa-pipa kecil (tube) yang mengalir liquid dengan konsentrasi 50 % masuk ke dalam tube evaporator dan kemudian disirkulasikan. Sedangkan steam yang digunakan sebagai pemanas berada di dalam shell sehingga terjadi kontak tidak langsung antara steam dan liquid. Sebagian liquid (H_2O) akan menguap dan sebagian liquid akan turun melalui down take untuk keluar sebagai liquid dengan konsentrasi yang lebih pekat.

(Brownell and Young, hal 343)

6.1. Kondisi Operasi

Jumlah larutan masuk (F)	:	5101,614 kg/j	=	11247,018 lb/jam
Suhu larutan masuk evaporator	:	51,2 °C	=	124,16 °F
Suhu larutan keluar evaporator	:	51,2 °C	=	124,16 °F
Suhu steam (T_1)	:	175 °C	=	347 °F
Tekanan operasi (P)	:	70 mmHg	=	525,043 kPa

			= 4,763 psia
Suhu kondesat keluar	: 175 °C	= 347 °F	
Jumlah steam masuk (S)	: 2242,300 kg/j	= 4943,374 lb/jam	
Jumlah kondesat keluar (C)	: 2242,300 kg/j	= 4943,374 lb/jam	
Jumlah larutan keluar evaporator (L)	: 3617,342 kg/j	= 7974,792 lb/jam	
Jumlah uap keluar dari evaporator (V)	: 1484,272 kg/j	= 3272,226 lb/jam	
λ_s pada 175 °C	: 2032,430 kJ/kg	= 485,762 kkal/g	(saturated steam table)

Bagian pemanas dan bagian badan akan berbentuk silinder vertikal dengan tutup atas berbentuk standard dishead dan tutup bawah berbentuk conis dengan sudut puncak

$$a = 1200, f = 18750 \quad (\text{App.D, Brownell and Young, hal. 342})$$

Efisiensi pengelasan jenis Double Welded Butt Joint dengan $E = 0,8$ dan faktor korosi

$$c = 1/16$$

6.2. Menentukan Luas Pemanasan

Dari neraca massa, didapatkan	:	
Massa liquid diuapkan (V)	=	1484,272 kg/j
Dari neraca panas didapatkan	:	
Massa steam masuk (S)	=	2242,300 kg/j

$$\begin{aligned}
 Q &= S \times \lambda_s = 2242,300 \text{ kg/j} \times 2032,430 \text{ kJ/kg} \\
 &= \frac{4557317,514 \text{ kkal/j}}{1,05506 \text{ kkal/Btu}} \\
 &= 4319486,583 \text{ Btu/j}
 \end{aligned}$$

Dari Kern, hlm 840, diketahui untuk medium anorganik ($\mu > 2,0$), maka $U_D = 100 - 500$

Btu/jam.ft². °F

$$\text{Asumsi : } U_D = 100 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{°F}$$

Sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta t} = \frac{4319486,583 \text{ Btu/j}}{100 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{°F} \times 222,840 \text{ °F}} \\
 &= 193,838 \text{ ft}^2 = 59,083 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dari Ulrich tabel 4-7 hal.94, luas pemanas di antara 30 – 300 m² maka memenuhi syarat untuk menggunakan evaporator jenis short tube (calandria).

(Memenuhi untuk *single effect evaporator type short tube*)

$$\text{Steam ekonomi} = \frac{V}{S} = \frac{1484,272 \text{ kg/j}}{2242,300 \text{ kg/j}} = 0,6619$$

6.3. Menentukan Dimensi Bagian Pemanas (Tube)

Dari Kern tabel 10 hlm 843 dirancang dimensi pemanas dengan menggunakan tube dengan ukuran 1 1/4 in OD 10 BWG.

$$\begin{aligned} \text{Panjang tube (L)} &= 5 \text{ ft} && \text{(Hugot, hal 503)} \\ \text{Diameter luar (OD)} &= 1 \frac{1}{4} \text{ in} = 0,104 \text{ ft} \\ \text{Diameter dalam (ID)} &= 0,982 \text{ in} = 0,082 \text{ ft} \\ \text{Susunan tube} &= \text{triangular pitch (agar lebih kecil ruang kosongnya)} \\ \text{Luas per tube (a"')} &= 0,327 \text{ ft}^2/\text{ft} \\ \text{Luas pemanasan (A)} &= 193,838 \text{ ft}^2 = 59,083 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Volume liquid pada tiap pipa (V₁)

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{4} \pi (\text{ID})^2 L \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,082)^2 \times 5 \\ &= 0,0263 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Massa liquid masuk tiap pipa (m₁)

$$\begin{aligned} m_1 &= V \times \rho \\ &= 0,0263 \text{ ft}^3 \times 78,349 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 2,059 \text{ lb} \end{aligned}$$

Menentukan jumlah pipa

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{A}{a'' \times L} = \frac{193,838 \text{ ft}^2}{0,327 \text{ ft}^2 \times 5 \text{ ft}} \\ &= 118,519 \approx 119 \text{ buah} \end{aligned}$$

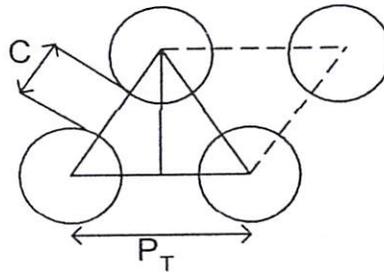
Massa total liquid masuk (m₂)

$$\begin{aligned} m_2 &= N_t \times m_1 = 119 \times 2,059 \text{ lb} \\ &= 245,065 \text{ lb} \end{aligned}$$

Menentukan volume liquid total di dalam tube (V_2)

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho} = \frac{245,065 \text{ lb}}{78,349 \text{ lb/ft}^3} = 3,128 \text{ ft}^3$$

Direncanakan susunan pipa berbentuk segitiga (*triangular pitch*) dengan sudut 60°



MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Dari tabel 9, Kern, hal 842 dengan penggunaan tube :

$$P_t = 1 \frac{9}{16} \text{ in} = 0,130 \text{ ft}$$

$$OD = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

Luas triangular pitch

$$\begin{aligned} \text{Luasan triangular pitch} &= \frac{1}{2} \times P_t^2 \times \sin 60^\circ \\ (A) &= \frac{1}{2} \times 0,130^2 \text{ ft} \times \sin 60 \\ &= 0,00734 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

Jadi luas silinder yang dibutuhkan untuk penempatan 119 buah tube adalah

$$\begin{aligned} \text{Jumlah luasan triangular untuk penempatan tube} &= 119 \times 0,00734 \\ &= 0,874 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Safety factor untuk penempatan tube} &= 10 \% = (1,1 \times 0,8736) \\ &= 0,961 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

6.4. Menentukan Dimensi Evaporator

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas larutan masuk} &= 5101,614 \text{ kg/j} \times 2,2046 \text{ lb/kg} \\ &= 11247,018 \text{ lb/j} \end{aligned}$$

$$\text{Suhu bahan masuk} = 51,2 \text{ }^\circ\text{C} = 124,16 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\rho \text{ larutan masuk} = 78,349 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume larutan} &= \frac{m}{\rho} = \frac{11247,018 \text{ lb/jam}}{78,349 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ jam} \\ &= 143,550 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Waktu tinggal di dalam evaporator adalah 1 jam.

Dari Ulrich tabel 4-7 hal 94, range untuk kecepatan liquid di dalam tube adalah 0,3 – 1 m/s

$$v = \frac{L}{t}$$

Dimana :

v = kecepatan aliran fluida

$$L = \text{panjang total tube} = 5 \text{ ft} \times 119 = 595 \text{ ft} = 181,358 \text{ m}$$

$$v = \frac{181,358 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 0,050 \text{ m/s}$$

(Memenuhi untuk evaporator type calandria)

1. Menentukan Diameter Evaporator

$$\begin{aligned} \text{Diasumsikar :} \quad \text{ruang kosong di dalam silinder} &= 20 \% \\ C &= 1/16 \text{ in} \end{aligned}$$

dengan faktor pengelasan double welded.

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume total silinder} &= (100/80) \times 143,550 \text{ ft}^3 / \text{jam} \\ &= 179,437 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_T &= V_1 + V_2 + V_3 \\ &= \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{di^3}{\text{tg } \frac{1}{2}\alpha} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times di^2 \times L_s \right) + (0,0847 \times di^3) \\ &= \left(\frac{\pi}{24} \times \frac{di^3}{\text{tg } 60^\circ} \right) + \left(\frac{\pi}{4} \times di^2 \times 1,5 \text{ di} \right) + (0,0847 \times di^3) \end{aligned}$$

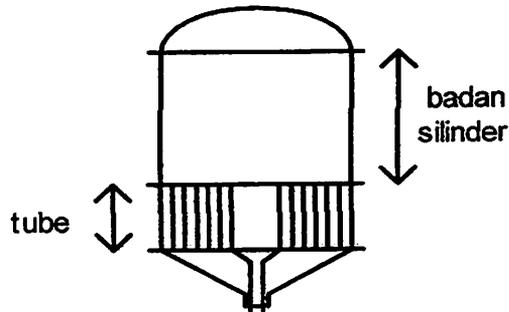
$$179,437 = 0,0755 \text{ di}^3 + 1,1775 \text{ di}^3 + 0,0847 \text{ di}^3$$

$$\text{di}^3 = 134,135 \text{ ft}^3$$

$$\text{di} = 5,119 \text{ ft} = 61,427 \text{ in}$$

Menentukan volume larutan di dalam tutup bawah

$$V = \frac{\pi \cdot di^3}{24 \text{ tg } 1/2 \alpha} = 0,076 \times 5,119^3 = 10,132 \text{ ft}^3$$



Menentukan Volume larutan dalam badan silinder

$$\begin{aligned}
 V_s &= \text{Volume total} - \text{volume liquid tutup bawah} - \text{volume liquid dalam tube} \\
 &= 179,437 - 10,132 - 3,128 \\
 &= 166,177 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

Menentukan tinggi larutan dalam (lls) dalam badan silinder

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \cdot lls \\
 166,177 &= 0,25 \times 3,14 \times (5,119)^2 \times lls \\
 166,177 &= 20,570 \times lls \\
 lls &= 8,079 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Menentukan tinggi larutan di dalam tutup bawah (hb)

$$\begin{aligned}
 hb &= \frac{1/2 \cdot d_i}{1/2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{1/2 \times 5,119}{\text{tg } 60} = 1,478 \text{ ft} = 17,733 \text{ in} \\
 H &= \text{tinggi liquid di dalam badan evaporator} \\
 &= lls + hb + \text{tinggi tube} \\
 &= 8,079 + 1,478 + 5 \text{ ft} \\
 &= 14,556 \text{ ft} \\
 &= 174,677 \text{ in}
 \end{aligned}$$

a. Menentukan tekanan design

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

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan operasi (P)} &: 70 \text{ mmHg} = 525,043 \text{ kPa} \\
 &= 4,763 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \frac{\rho (H-1)}{144} = \frac{78,349 \times (14,556 - 1)}{144} = 7,376 \text{ psia}$$

$$P \text{ design} = (4,763 + 7,376) - 4,763 = 7,376 \text{ psig}$$

b. Menentukan tebal silinder

- Tinggi silinder (Ls)

Tinggi silinder dibuat = 2,5 kali dari tinggi tube (Hugot, hal 500)

$$L_s = 2,5 \text{ tinggi tube} = 2,5 \times 5 \text{ ft} = 12,5 \text{ ft} = 150 \text{ in}$$

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

$$t_s = \frac{7,376 \times 61,427}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0776 \text{ in}$$

$$= 0,078 \text{ in} \times \frac{16}{16} = \frac{1,242}{16} \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

Standarisasi do :

$$\begin{aligned} d_o &= d_i + 2t_s \\ &= 61,427 + 2 (3/16) \\ &= 61,802 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari tabel 5.7. *Brownell and Young* hal 90 diperoleh :

$$d_o = 66 \text{ in} \quad (\text{icr} = 4, \text{ dan } r = 66)$$

$$\begin{aligned} d_i &= d_o - 2t_s \\ &= 66 - 2 (3/16) \\ &= 65,625 \text{ in} \end{aligned}$$

2. Menentukan dimensi tutup atas dan bawah

a. Menentukan tebal dan tinggi tutup atas standard dished

- Menentukan tebal tutup atas (th_a)

Dimana : r = di (dari *Brownell and Young* hal 258) maka :

$$th_a = \frac{0,885 \times \pi \times r}{f \cdot E - 0,1\pi} + C$$

$$th_a = \frac{0,885 \times 7,376 \times 65,625}{(18750 \times 0,8 - 0,1 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,091 \text{ in}$$

$$= 0,091 \times \frac{16}{16} = \frac{1,457}{16} \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi tutup atas (ha)

$$\begin{aligned} h_a &= 0,169 \times d_i \\ &= 0,169 \times 65,625 = 11,091 \text{ in} \end{aligned}$$

b. Menentukan tinggi dan tebal tutup bawah conical

- Menentukan tebal tutup bawah (thb)

$$th_b = \frac{P_i \cdot d_i}{2(f \cdot E - 0,6P_i) \cos 1/2\alpha} + C$$

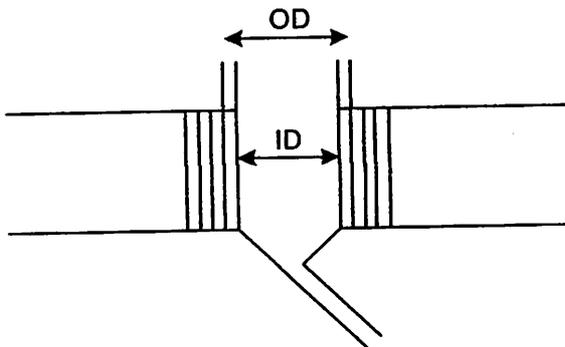
$$th_b = \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376) \cos 60} + \frac{1}{16} = 0,0948 \text{ in}$$

$$th_b = 0,095 \text{ in} \times \frac{16}{16} = \frac{1,516}{16} \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

- Menentukan tinggi tutup bawah (hb)

$$hb = \frac{1/2 d}{\text{tg } 1/2 \alpha} = \frac{1/2 \times 65,625}{\text{tg } 60} = 18,945 \text{ in}$$

3. Perhitungan down take



Direncanakan pan calandria dengan pipa down take di tengah diameter tangki dan diameter
downtake = 0,25 x diameter shell (Hugot, hal. 664)

$$D_{DT} = 0,25 \times D_{shell}$$

$$= 0,25 \times 65,625 = 16,406 \text{ in}$$

4. Menghitung tinggi total evaporator

$$\begin{aligned} \text{Tinggi total} &= h_a + h_b + h \text{ badan silinder} + h \text{ tube} \\ &= 11,091 + 18,945 + 150 \\ &= 180,035 \text{ in} = 15,003 \text{ ft} \end{aligned}$$

6.5. Perhitungan dimensi lubang

Ada 6 buah enam lubang pada perancangan evaporator ini adalah :

1. Lubang steam masuk
2. Lubang Feed masuk (Larutan sorbitol 50%)
3. Lubang produk keluar
4. Lubang kondensat keluar
5. Lubang uap keluar

Perancangannya:

a. Lubang steam masuk

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu steam masuk} &= 175 \text{ }^{\circ}\text{C} = 347 \text{ }^{\circ}\text{F} \\
 \text{Jumlah steam masuk} &= 2242,300 \text{ kg/j} = 4943,374 \text{ lb/j} \\
 S_v (347 \text{ }^{\circ}\text{F}) &= 0,01796 \text{ ft}^3/\text{lb} && \text{(Kern, hal.816)} \\
 \mu \text{ steam} &= 0,0135 \text{ Cp} = 9,0716 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft.dtk} \\
 \rho \text{ steam} &= \frac{1}{S_v} = \frac{1}{0,01796} = 55,679 \text{ ft}^3/\text{lb} \\
 \text{Flow rate} &= \frac{4943,374 \text{ lb/j}}{55,679 \text{ lb/ft}^3} = 88,783 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,025 \text{ ft}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Asumsi : aliran turbulen

Dari Peter and Timmerhaus hal 381, didapat:

$$\begin{aligned}
 D_{i_{\text{optimum}}} &= 3,9 \cdot (\phi_f)^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times (0,025)^{0,45} \times (55,679)^{0,13} \\
 &= 1,243 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari table 11, hal.844, Kern diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Ukuran pipa nominal} &= 1 \frac{1}{4} \text{ in sch 40} \\
 \text{ID} &= 1,38 \text{ in} = 0,115 \text{ ft} \\
 \text{OD} &= 1,66 \text{ in} = 0,138 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Check terhadap asumsi

$$\text{Kecepatan linier (v)} = \frac{\phi}{A} = \frac{\phi}{\pi/4 \cdot \text{ID}^2}$$

$$N_{RE} = \frac{D.V.\rho}{\mu} = \frac{0,115 \text{ ft} \times 2,376 \text{ ft/dtk} \times 55,679 \text{ lb/ft}^3}{9,0716 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft.dtk}} = \frac{0,025 \text{ ft}^3/\text{dtk}}{(3,14 / 4) \times (0,115)^2} = 2,376 \text{ ft/dtk}$$

$$= 1676754,975 > 4000$$

$N_{Re} > 4000$, maka asumsi bahwa aliran turbulen adalah benar.

b. Lubang feed masuk (larutan sorbitol 50%)

Suhu feed = 51,2 °C = 124,16 °F

Jumlah feed masuk = 5101,614 kg/j = 11247,018 lb/j

ρ larutan sorbitol 50% = 78,349 lb/ft³

μ campuran = 0,087758 lb/ft.dtk

Flow rate = $\frac{11247,018 \text{ lb/j}}{78,349 \text{ lb/ft}^3} = 143,550 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,0399 \text{ ft}^3/\text{dtk}$

Asumsi : aliran laminar

Dari Peter and Timmerhaus, edisi 3 hal 381, didapat:

$$D_{i\text{optimum}} = 3,9 \cdot (\phi)^{0,45} \cdot \rho^{0,13}$$

$$= 3,9 \times (0,040)^{0,45} \times (78,349)^{0,13}$$

$$= 1,613 \text{ in}$$

Standarisasi ukuran pipa dari table 11, hal.844, Kern diperoleh :

Ukuran pipa nominal = 2 in sch 40

ID = 2,067 in = 0,1723 ft

OD = 2,38 in = 0,1983 ft

Check terhadap asumsi

$$\text{Kecepatan linier (v)} = \frac{\phi}{A} = \frac{\phi}{\pi / 4 \cdot ID^2}$$

$$= \frac{0,0399}{3,14 / 4 \cdot (0,1723)^2} = 1,712 \text{ ft/dtk}$$

$$N_{RE} = \frac{D.V.\rho}{\mu} = \frac{0,172 \times 1,712 \times 78,349}{0,087758 \text{ lb/ft.dtk}}$$

$$= 263,280$$

$N_{Re} < 4000$, maka asumsi bahwa aliran laminar adalah benar.

c. Lubang produk keluar

$$\begin{aligned} \text{Suhu produk} &= 51,2 \text{ } ^\circ\text{C} = 124,16 \text{ } ^\circ\text{F} \\ \text{Jumlah produk} &= 3617,342 \text{ kg/j} = 7974,792 \text{ lb/j} \\ \rho \text{ larutan sorbitol 70 \%} &= 85,495 \text{ lb/ft}^3 \\ \mu \text{ campuran} &= 0,0878 \text{ lb/ft.dtk} \\ \text{Flow rate} &= \frac{7974,792 \text{ lb/j}}{85,495 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 93,278 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,026 \text{ ft}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Asumsi : aliran laminar

Dari Peter and Timmerhaus, edisi 3 hal 381, didapat:

$$\begin{aligned} D_{\text{optimum}} &= 3,9 \cdot (\phi)^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,026)^{0,45} \times (85,495)^{0,13} \\ &= 1,344 \text{ in} \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari table 11, hal.844, Kern diperoleh :

$$\begin{aligned} \text{Ukuran pipa nominal} &= 1 \frac{1}{2} \text{ in sch 40} \\ \text{ID} &= 1,61 \text{ in} = 0,1342 \text{ ft} \\ \text{OD} &= 1,9 \text{ in} = 0,1583 \text{ ft} \end{aligned}$$

Check terhadap asumsi

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier (v)} &= \frac{\phi}{A} = \frac{\phi}{\pi/4 \cdot \text{ID}^2} \\ &= \frac{0,0259}{3,14 / 4 (0,1342)^2} = 1,834 \text{ ft/dtk} \\ N_{RE} &= \frac{D.V.\rho}{\mu} = \frac{0,134 \times 1,834 \times 85,495}{0,088 \text{ lb/ft.dtk}} \\ &= 239,671 \end{aligned}$$

$N_{Re} < 4000$, maka asumsi bahwa aliran laminar adalah benar.

d. Lubang kondensat

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu steam masuk} &= 175 \text{ } ^\circ\text{C} = 347 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \text{Jumlah steam masuk} &= 2242,300 \text{ kg/j} = 4943,374 \text{ lb/j} \\
 S_v (347 \text{ } ^\circ\text{F}) &= 0,01796 \text{ ft}^3/\text{lb} && \text{(Kern, hal.816)} \\
 \mu \text{ steam} &= 0,0135 \text{ Cp} = 9,0716 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft.dtk} \\
 \rho \text{ steam} &= \frac{1}{S_v} = \frac{1}{0,01796} = 55,679 \text{ ft}^3/\text{lb} \\
 \text{Flow rate} &= \frac{4943,374 \text{ lb/j}}{55,679 \text{ lb/ft}^3} = 88,783 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,025 \text{ ft}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Asumsi : aliran turbulen

Dari Peter and Timmerhaus hal 381, didapat:

$$\begin{aligned}
 D_{i_{\text{optimum}}} &= 3,9 \cdot (\phi)^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times (0,025)^{0,45} \times (55,679)^{0,13} \\
 &= 1,243 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari table 11, hal.844, Kern diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Ukuran pipa nominal} &= 1 \frac{1}{4} \text{ in sch 40} \\
 \text{ID} &= 1,38 \text{ in} = 0,115 \text{ ft} \\
 \text{OD} &= 1,66 \text{ in} = 0,138 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Check terhadap asumsi

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan linier (v)} &= \frac{\phi}{A} = \frac{\phi}{\pi/4 \cdot \text{ID}^2} \\
 &= \frac{0,025 \text{ ft}^3/\text{dtk}}{(3,14 / 4) \times (0,115)^2} = 2,376 \text{ ft/dtk} \\
 N_{RE} &= \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,115 \text{ ft} \times 2,376 \text{ ft/dtk} \times 55,679 \text{ lb/ft}^3}{9,0716 \cdot 10^{-6} \text{ lb/ft.dtk}} \\
 &= 1676754,975 > 4000
 \end{aligned}$$

$N_{Re} > 4000$, maka asumsi bahwa aliran turbulen adalah benar.

e. Lubang uap keluar

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu uap} &= 51,2 \text{ } ^\circ\text{C} = 124,16 \text{ } ^\circ\text{F} \\
 \text{Jumlah uap} &= 1484,272 \text{ kg/j} = 3272,226 \text{ lb/j}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{uap}} &= 55,679 \text{ lb/ft}^3 \\
 \mu_{\text{uap}} &= 0,0004 \text{ lb/ft.dtk} \\
 \text{Flow rate} &= \frac{3272,226 \text{ lb/j}}{55,679 \text{ lb/ft}^3} \\
 &= 58,769 \text{ ft}^3/\text{jam} = 0,016 \text{ ft}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

Asumsi : aliran turbulen

Dari Peter and Timmerhaus, edisi 3 hal 381, didapat:

$$\begin{aligned}
 D_{i_{\text{optimum}}} &= 3,9 \cdot (\phi)^{0,45} \cdot \rho^{0,13} \\
 &= 3,9 \times (0,016)^{0,45} \times (55,679)^{0,13} \\
 &= 1,032 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Standarisasi ukuran pipa dari table 11, hal.844, Kern diperoleh :

$$\begin{aligned}
 \text{Ukuran pipa nominal} &= 6 \text{ in sch 40} \\
 \text{ID} &= 6,065 \text{ in} = 0,5054 \text{ ft} \\
 \text{OD} &= 6,625 \text{ in} = 0,5521 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

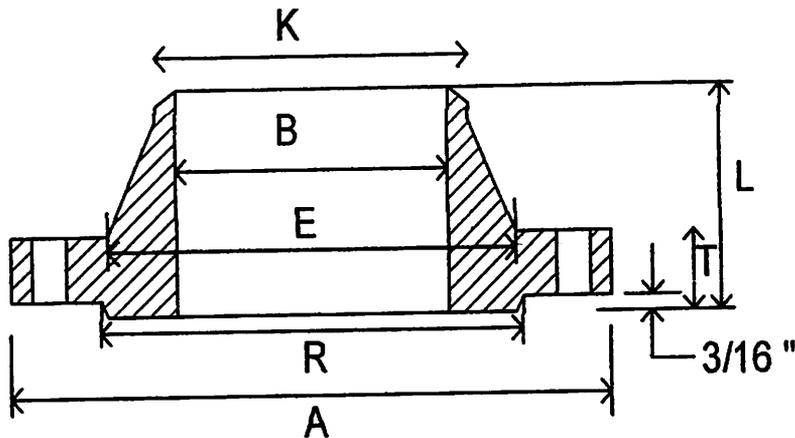
Check terhadap asumsi

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan linier (v)} &= \frac{\phi}{A} = \frac{\phi}{\pi / 4 \cdot ID^2} \\
 &= \frac{0,0163}{3,14 / 4 (0,5054)^2} = 0,081 \text{ ft/dtk} \\
 N_{RE} &= \frac{D \cdot V \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,505 \times 0,081 \times 55,679}{0,0004 \text{ lb/ft.dtk}} \\
 &= 6215092,1
 \end{aligned}$$

$N_{Re} > 4000$, maka asumsi bahwa aliran turbulen adalah benar.

6.6. Menentukan flange pada lubang

Ukuran flange pada lubang digunakan standard 150 lb steel weeding-neck flanges (168) dari Brownell, hal 221



Dimana :

A = Diameter luar flange

T = Tebal minimal flange

R = Diameter luar dari raised face

E = Diameter dari Hub pada dasar

K = Diameter Hub pada titik pengelasan

L = Panjang Hub

B = Diameter dalam dari dinding pipa standard

Maka :

Tabel 6.6.1. Dimensi flange pada masing-masing lubang (in)

No	Lubang	NPS	A	T	R	E	K	L	B
1.	Steam	1 1/4	4 5/8	5/8	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
2.	Feed	2	6	3/4	3 5/8	3 1/16	2,38	2 1/2	2,07
3.	Produk	1 1/2	5	11/16	2 7/8	2 9/16	1,90	2 7/16	1,61
4.	Kondensat	1 1/4	4 5/8	5/8	2 1/2	2 5/16	1,66	2 1/4	1,38
5.	Uap	6	11	1	8 1/2	7 9/16	6,63	3 1/2	6,07

Tabel 6.6.2. Diameter flange (in)

No	Nozzle	NPS	Diameter lubang	Diameter baut	Sirkulasi baut	Jumlah baut
1.	Steam	1 1/4	5/8	1/2	3 1/2	4
2.	Feed	2	3/4	5/8	4 3/4	4
3.	Produk	1 1/2	5/8	1/2	3 7/8	4
4.	Kondensat	1 1/4	5/8	1/2	3 1/2	4
5.	Uap	6	7/8	3/4	9 1/2	8

6.7. Menghitung dimensi hand hole

a. Dimensi hand hole

Sebuah hand hole direncanakan dengan diameter 6 in. Flange untuk hand hole digunakan type standard 150 lb forged slip on-flanges (168),

- (Brownell and Young, hal.222)
1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 6 in
 2. Do flange (A) = 11 in
 3. Ketebalan flange (T) = 1 in
 4. Do dari pembesaran permukaan (R) = 8 1/2 in
 5. D pusat dari dasar (E) = 7 5/12 in
 6. Panjang (L) = 1 9/16 in
 7. Jumlah lubang baut = 8 buah
 8. D lubang = 7/8 in
 9. D baut = 3/4 in
 10. Bolt circle = 9 1/2 in

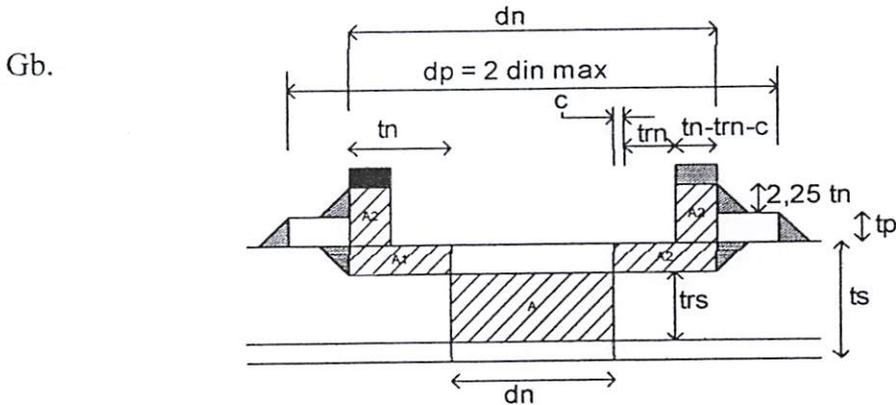
b. Tutup hand hole

Dipilih standart 150 lb blind flange (168)

- (Brownell and Young, hal 222)
1. Ukuran nominal pipa (NPS) = 6 in
 2. Do flange(A) = 11 in
 3. Tebal flange minimum = 1 in
 4. Do dari pembesaran permukaan (R) = 8 1/2 in
 5. D lubang = 7/8 in

6. Jumlah lubang baut = 8 in
 7. D baut = 3/4 in
 8. Bolt cycle = 9 1/2 in

6.8. Perhitungan perlu tidaknya penguat pada lubang dan hand hole



Keterangan gambar :

D_n = diameter luar lubang

D_{in} = diameter dalam lubang

t_n = tebal lubang

t_s = tebal silinder

t_{wo} = tebal pengelasan bagian luar

t_{wi} = tebal pengelasan bagian dalam

t_p = tebal penguat



Ada 6 lubang :

1. Lubang steam masuk
2. Lubang feed masuk
3. Lubang produk keluar
4. Lubang kondensat keluar
5. Lubang uap keluar
6. Lubang hand hole

Perencanaannya adalah :

a. Lubang steam masuk

$$\text{Diameter lubang} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 1,380 = 0,115 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar} = 1,660 = 0,138 \text{ ft}$$

Asumsi:

$$t_{wo} = \text{tebal pengelasan luar} = \frac{7}{16} \text{ in}$$

$$t_{wi} = \text{tebal pengelasan dalam} = \frac{7}{16} \text{ in}$$

$$t_p = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$t_s = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Diketahui :

$$t_{\min} = (\text{terkecil diantara } t_s, t_n, \text{ dan } t_p)$$

$$t_n = D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang}$$

$$= 1,660 - 1,380$$

$$= 0,280 \text{ in}$$

$$t_{wo \min} = 0,5 \times t_{\min}$$

$$= 0,5 \times \frac{3}{16}$$

$$= 0,094 \text{ in}$$

$t_{wo} > t_{wo \min}$, maka pengelasan memadai

Diameter penguat max

$$D_p = 2 \times D_{in \max}$$

$$= 2 \times 1,380 \text{ in}$$

$$= 2,760 \text{ in} = 0,230 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 65,625 \text{ in}$$

$$= 5,4688 \text{ ft}$$

$$D_{in} = 1,380 \text{ in} = 0,115 \text{ ft}$$

Maka dengan C lubang = 0

- Tebal silinder teoritis (t_{rs}) :

$$t_{rs} = \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0786 \text{ in}$$

- Tebal lubang teoritis (trn)

$$\text{trn} = \frac{Pi \times Din}{2[f.E - 0,6 Pi]}$$

$$= \frac{7,376 \times 1,380}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0628 \text{ in}$$

sehingga dapat dihitung :

$$A = \text{trs} \times \text{din} = 0,0786 \times 1,380 = 0,1085 \text{ in}^2$$

$$A1 = (\text{ts} - \text{trs} - C) \times \text{Din} = (3/16 - 0,0786 - 0) \times 1,380 = 0,1502 \text{ in}^2$$

$$A2 = 2 [(tn - \text{trn} - C) \times (2 \frac{1}{4} tn + tp)]$$

$$= 2 [(0,280 - 0,063 - 0) \times ((2 \frac{1}{4} \times 0,280) + 3/16)]$$

$$= 0,355 \text{ in}^2$$

$$A1 + A2 = 0,150 + 0,355 = 0,505 \text{ in}^2$$

$A < A1 + A2$, maka tidak perlu penguat

b. Lubang feed masuk

$$\text{Diameter lubang} = 2 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 2,067 = 0,172 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar} = 2,38 = 0,198 \text{ ft}$$

Asumsi:

$$\text{two} = \text{tebal pengelasan luar} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{twi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{tp} = 3/16 \text{ in}$$

$$\text{ts} = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui :

$$t \text{ min} = (\text{terkecil diantara ts, tn, dan tp})$$

$$\text{tn} = \text{Do lubang} - \text{Di lubang}$$

$$= 2,380 - 2,067$$

$$= 0,313 \text{ in}$$

$$\text{two min} = 0,5 \times t \text{ min}$$

$$= 0,5 \times 3/16$$

$$= 0,094 \text{ in}$$

two > two min, maka pengelasan memadai

Diameter penguat max

$$D_p = 2 \times D_{in \text{ max}}$$

$$= 2 \times 2,067 \text{ in}$$

$$= 4,134 \text{ in} = 0,345 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 65,625 \text{ in}$$

$$= 5,4688 \text{ ft}$$

$$D_{in} = 2,067 \text{ in} = 0,1723$$

Maka dengan C lubang = 0

- Tebal silinder teoritis (trs) :

$$trs = \frac{P_i \times D_i}{2[f.E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0786 \text{ in}$$

- Tebal lubang teoritis (trn)

$$trn = \frac{P_i \times D_i}{2[f.E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 2,067}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,063 \text{ in}$$

sehingga dapat dihitung :

$$A = trs \times d_{in} = 0,0786 \times 2,067 = 0,1625 \text{ in}^2$$

$$A_1 = (ts - trs - C) \times D_{in} = (3/16 - 0,0786 - 0) \times 2,067 = 0,225 \text{ in}^2$$

$$A_2 = 2 [(tn - trn - C) \times (2 \frac{1}{4} tn + tp)]$$

$$= 2 [(0,313 - 0,063 - 0) \times ((2 \frac{1}{4} \times 0,313) + 3/16)]$$

$$= 0,446 \text{ in}^2$$

$$A_1 + A_2 = 0,225 + 0,446 = 0,671 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

c. Lubang produk keluar

Diameter lubang = 1 1/2 in

$$\text{Diameter dalam} = 1,610 = 0,134 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar} = 1,900 = 0,158 \text{ ft}$$

Asumsi:

$$\text{two} = \text{tebal pengelasan luar} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{twi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{tp} = 3/16 \text{ in}$$

$$\text{ts} = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui :

$$t \text{ min} = (\text{terkecil diantara } t_s, t_n, \text{ dan } t_p)$$

$$t_n = D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang}$$

$$= 1,900 - 1,610$$

$$= 0,290 \text{ in}$$

$$\text{two min} = 0,5 \times t \text{ min}$$

$$= 0,5 \times 3/16$$

$$= 0,094 \text{ in}$$

two > two min, maka pengelasan memadai

Diameter penguat max

$$D_p = 2 \times D_{in \text{ max}}$$

$$= 2 \times 1,610 \text{ in}$$

$$= 3,220 \text{ in} = 0,268 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 65,625 \text{ in}$$

$$= 5,4688 \text{ ft}$$

$$D_{in} = 1,610 \text{ in} = 0,1342$$

Maka dengan C lubang = 0

- Tebal silinder teoritis (t_{rs}) :

$$t_{rs} = \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0786 \text{ in}$$

- Tebal lubang teoritis (t_{rn})

$$t_{rn} = \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 1,610}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0629 \text{ in}$$

sehingga dapat dihitung :

$$A = trs \times din = 0,0786 \times 1,610 = 0,1266 \text{ in}^2$$

$$A1 = (ts - trs - C) \times Din = (3/16 - 0,0786 - 0) \times 1,610 = 0,1753 \text{ in}^2$$

$$A2 = 2 [(tn - trn - C) \times (2 \frac{1}{4} tn + tp)]$$

$$= 2 [(0,290 - 0,063 - 0) \times (2 \frac{1}{4} \times 0,290) + 3/16]$$

$$= 0,382 \text{ in}^2$$

$$A1 + A2 = 0,175 + 0,382 = 0,557 \text{ in}^2$$

$A < A1 + A2$, maka tidak perlu penguat

d. Lubang kondensat keluar

$$\text{Diameter lubang} = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 1 \frac{3}{8} = 0,115 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar} = 1 \frac{2}{3} = 0,138 \text{ ft}$$

Asumsi:

$$two = \text{tebal pengelasan luar} = 7/16 \text{ in}$$

$$twi = \text{tebal pengelasan dalam} = 7/16 \text{ in}$$

$$tp = 3/16 \text{ in}$$

$$ts = 3/16 \text{ in}$$

Diketahui :

$$t \text{ min} = (\text{terkecil diantara } ts, tn, \text{ dan } tp)$$

$$tn = Do \text{ lubang} - Di \text{ lubang}$$

$$= 1,660 - 1,380$$

$$= 0,280 \text{ in}$$

$$two \text{ min} = 0,5 \times t \text{ min}$$

$$= 0,5 \times 3/16$$

$$= 0,094 \text{ in}$$

$two > two \text{ min}$, maka pengelasan memadai

Diameter penguat max

$$Dp = 2 \times Din \text{ max}$$

$$= 2 \times 1,380 \text{ in}$$

$$= 2,760 \text{ in} = 0,230 \text{ ft}$$

$$\text{Di tangki} = 65,625 \text{ in}$$

$$= 5,4688 \text{ ft}$$

$$\text{Din} = 1,380 \text{ in} = 0,115 \text{ ft}$$

$$\text{Maka dengan C lubang} = 0$$

- Tebal silinder teoritis (trs) :

$$\text{trs} = \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0786 \text{ in}$$

- Tebal lubang teoritis (trn)

$$\text{trn} = \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]}$$

$$= \frac{7,376 \times 1,380}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0628 \text{ in}$$

sehingga dapat dihitung :

$$A = \text{trs} \times \text{din} = 0,0786 \times 1,380 = 0,1085 \text{ in}^2$$

$$A_1 = (\text{ts} - \text{trs} - C) \times \text{Din} = (3/16 - 0,0786 - 0) \times 1,380 = 0,1502 \text{ in}^2$$

$$A_2 = 2 [(\text{tn} - \text{trn} - C) \times (2 \frac{1}{4} \text{tn} + \text{tp})]$$

$$= 2 [(0,280 - 0,063 - 0) \times ((2 \frac{1}{4} \times 0,280) + 3/16)]$$

$$= 0,355 \text{ in}^2$$

$$A_1 + A_2 = 0,150 + 0,355 = 0,505 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

e. Lubang uap keluar

$$\text{Diameter lubang} = 6 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 6 = 0,505 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar} = 6 \frac{5}{8} = 0,552 \text{ ft}$$

Asumsi:

$$\text{two} = \text{tebal pengelasan luar} = 7/16 \text{ in}$$

$$\text{twi} = \text{tebal pengelasan dalam} = 7/16 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_p &= 3/16 \text{ in} \\ t_s &= 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$t_{\min} = (\text{terkecil diantara } t_s, t_n, \text{ dan } t_p)$$

$$\begin{aligned} t_n &= D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang} \\ &= 6,625 - 6,065 \\ &= 0,560 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{\text{two min}} &= 0,5 \times t_{\min} \\ &= 0,5 \times 3/16 \\ &= 0,094 \text{ in} \end{aligned}$$

$t_{\text{two}} > t_{\text{two min}}$, maka pengelasan memadai

Diameter penguat max

$$\begin{aligned} D_p &= 2 \times D_{i \text{ max}} \\ &= 2 \times 6,065 \text{ in} \\ &= 12,130 \text{ in} = 1,011 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_i \text{ tangki} &= 65,625 \text{ in} \\ &= 5,4688 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$D_{in} = 6,065 \text{ in} = 0,5054$$

Maka dengan C lubang = 0

- Tebal silinder teoritis (t_{rs}) :

$$\begin{aligned} t_{rs} &= \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]} \\ &= \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0786 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tebal lubang teoritis (t_{rn})

$$\begin{aligned} t_{rn} &= \frac{P_i \times D_i}{2[f \cdot E - 0,6 P_i]} \\ &= \frac{7,376 \times 6,065}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,064 \text{ in} \end{aligned}$$

sehingga dapat dihitung :

$$A = t_{rs} \times d_{in} = 0,0786 \times 6,065 = 0,4769 \text{ in}^2$$

$$A_1 = (t_s - t_{rs} - C) \times D_{in} = (3/16 - 0,0786 - 0) \times 6,065 = 0,6602 \text{ in}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= 2 [(t_n - t_n - C) \times (2 \frac{1}{4} t_n + t_p)] \\
 &= 2 [(0,560 - 0,064 - 0) \times ((2 \frac{1}{4} \times 0,560) + \frac{3}{16})] \\
 &= 1,436 \text{ in}^2
 \end{aligned}$$

$$A_1 + A_2 = 0,660 + 1,436 = 2,096 \text{ in}^2$$

$A < A_1 + A_2$, maka tidak perlu penguat

f. Lubang hand hole

$$\text{Diameter lubang} = 6 \text{ in}$$

$$\text{Diameter dalam} = 5 = 0,417 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter luar} = 6 = 0,500 \text{ ft}$$

Asumsi:

$$t_{wo} = \text{tebal pengelasan luar} = \frac{7}{16} \text{ in}$$

$$t_{wi} = \text{tebal pengelasan dalam} = \frac{7}{16} \text{ in}$$

$$t_p = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$t_s = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Diketahui :

$$t_{\min} = (\text{terkecil diantara } t_s, t_n, \text{ dan } t_p)$$

$$t_n = D_o \text{ lubang} - D_i \text{ lubang}$$

$$= 6,000 - 5,000$$

$$= 1,000 \text{ in}$$

$$t_{wo \min} = 0,5 \times t_{\min}$$

$$= 0,5 \times \frac{3}{16}$$

$$= 0,094 \text{ in}$$

$t_{wo} > t_{wo \min}$, maka pengelasan memadai

Diameter penguat max

$$D_p = 2 \times D_{in \max}$$

$$= 2 \times 5,000 \text{ in}$$

$$= 10,000 \text{ in} = 0,833 \text{ ft}$$

$$D_i \text{ tangki} = 65,625 \text{ in}$$

$$= 5,4688 \text{ ft}$$

$$D_{in} = 5,000 \text{ in} = 0,4167$$

Maka dengan C lubang = 0

- Tebal silinder teoritis (trs) :

$$\begin{aligned} \text{trs} &= \frac{P_i \times D_i}{2[f.E - 0,6 P_i]} \\ &= \frac{7,376 \times 65,625}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0786 \text{ in} \end{aligned}$$

- Tebal lubang teoritis (trn)

$$\begin{aligned} \text{trn} &= \frac{P_i \times D_i}{2[f.E - 0,6 P_i]} \\ &= \frac{7,376 \times 5,000}{2 (18750 \times 0,8 - 0,6 \times 7,376)} + \frac{1}{16} = 0,0637 \text{ in} \end{aligned}$$

sehingga dapat dihitung :

$$A = \text{trs} \times d_{in} = 0,0786 \times 5,000 = 0,3932 \text{ in}^2$$

$$A1 = (t_s - \text{trs} - C) \times D_{in} = (3/16 - 0,0786 - 0) \times 5,000 = 0,5443 \text{ in}^2$$

$$A2 = 2 [(t_n - t_m - C) \times (2 \frac{1}{4} t_n + t_p)]$$

$$= 2 [(1,000 - 0,064 - 0) \times ((2 \frac{1}{4} \times 1,000) + 3/16)]$$

$$= 4,564 \text{ in}^2$$

$$A1 + A2 = 0,544 + 4,564 = 5,109 \text{ in}^2$$

$A < A1 + A2$, maka tidak perlu penguat

6.9. Perhitungan dimensi gasket, bolting, dan flange pada tangki

$$OD_{\text{evaporator}} = 61,802 \text{ in}$$

$$ID_{\text{evaporator}} = 65,625 \text{ in}$$

$$t_s = 3/16 \text{ in}$$

6.9.1. Dimensi Gasket

Dari Brownell and Young hal.228, diperoleh:

Bahan : Asbestos

Tebal : 1/8 in

Faktor gasket (m) : 2

Design stress seating minimal (y) : 1600 psi

Menentukan lebar gasket

$$\frac{d_o}{d_i} = \sqrt{\frac{y - (P \times m)}{y - P \cdot (m + 1)}}$$

(Brownell and Young, hal 226)

dimana :

 d_o = diameter luar gasket (in) d_i = diameter dalam gasket (in)

$$P = 7,376 + 14,7 = 22,076$$

$$y = 1600 \text{ psi}$$

$$m \text{ (factor gasket)} = 2$$

$$\frac{d_o}{d_i} = 1,0072$$

$$\text{Asumsi } D_i \text{ gasket} = 80 \text{ in, maka}$$

$$D_o = 80 \times 1,0072 = 80,574 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar minimum gasket} &= \frac{1}{2} \cdot (d_o - d_i) && \text{(Brownell and Young, hal 242)} \\ &= \frac{1}{2} \times (80,574 - 80) \\ &= 0,287 \text{ in} \times \frac{16}{16} = \frac{4,5894}{16} \text{ in} \approx 5/16 \text{ in} \end{aligned}$$

Perhitungan beban gasket (W_{m2})

$$W_{m2} = H_y = \pi \cdot b \cdot G \cdot y$$

(Brownell and Young, hal 240)

Dimana : b = lebar efektif gasket

$$y = \text{design stress minimal} = 1600 \text{ psia}$$

 g = diameter rata-rata gasket

$$n = \text{tebal gasket} = 1/8 \text{ (asumsi)}$$

$$G = d_{\text{rata-rata gasket}}$$

$$= d_i + \text{tebal gasket}$$

$$= 80 + 1/8 = 80,125 \text{ in}$$

$$b_o = n/2$$

Dari Brownell, hal.229 fig. 12.12 diketahui bahwa :

$$b_o = b \text{ jika } b_o < 0,25$$

$$b_o = \frac{1/8}{2} = 0,0625 \text{ in}$$

$$b = b_o = 0,063 \text{ in}$$

Maka :

$$\begin{aligned} W_{m2} &= H_y = \pi \cdot b \cdot G \cdot y \\ &= 3,14 \times 0,063 \times 80,125 \times 1600 \\ &= 25159,250 \text{ lb} \end{aligned}$$

Menghitung beban operasi total pada kondii kerja (W_{m1})

$$W_{m1} = H + H_p \quad (\text{Brownell, hal. 240})$$

- Beban untuk menjaga sambungan (H_p)

$$\begin{aligned} H_p &= 2 \cdot b \cdot \pi \times G \times p \times m \quad (\text{Brownell, hal. 240}) \\ &= 2 \times 0,063 \times 3,14 \times 80,125 \times 22,076 \times 2 \\ &= 1388,535 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Beban karena tekanan dalam

$$\begin{aligned} H &= \pi/4 \times G^2 \times P \\ &= (3,14 / 4) \times 80,125^2 \times 22,076 \\ &= 111256,405 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi beban berat pada kondisi operasi didapatkan :

$$\begin{aligned} W_{m1} &= H + H_p \\ &= 111256,405 + 1388,535 = 112644,941 \text{ lb} \\ W_{m1} &> W_{m2} \text{ maka beban yang mengontrol dalam proses adalah } W_{m1} \end{aligned}$$

6.9.2. Dimensi Bolting (baut)

Direncanakan :

Bahan : HAS SA 193 Grade B8 type 304

Stress (daya regang) : 15000 psia (Brownell and Young, hal 344)

Menghitung luas minimum baut area (A_{m1})

$$A_{m1} = \frac{W_{m1}}{f_b} = \frac{112644,941}{15000} = 7,510 \text{ in}^2 \quad (\text{Brownell, hal.240})$$

Ukuran baut optimum, dari Brownell hal. 188 dicoba ukuran baut = 1 1/4 in , maka
 root area = 0,890 in²

$$N = \frac{A_{ml}}{\text{Root area}} = \frac{7,510}{0,890} = 8,438 \approx 9 \text{ buah}$$

Sehingga dari Brownell and Young hal. 188 diperoleh :

- Ukuran nominal baut = 1 1/4 in
- Root area = 0,89 in²
- Bolt spacing (Bc) = 2 13/16 in
- Jarak radial minimum (R) = 1 3/4 in
- Jarak dari tepi (E) = 1 1/4 in
- Nut dimension = 2 in
- Radius fillet maks (r) = 9/16 in

Pengecekan lebar gasket

$$\begin{aligned} \text{Ab actual} &= \text{jumlah baut x root area} \\ &= 9 \times 0,890 \\ &= 8,010 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

Lebar gasket minimum

$$\begin{aligned} W &= \frac{A_{\text{actual}} \times \text{fallowable}}{2 \times y \times G \times \pi} \\ &= \frac{8,010 \times 15000}{2 \times 1600 \times 80,125 \times 3,14} = 0,149 \text{ in} \end{aligned}$$

Karena W = 0,149 in < lebar gasket yang ditentukan 10/16, maka lebar gasket memadai.

6.9.3. Dimensi Flange

Direncanakan :

Bahan : HAS SA 240 grade S type 304

(Brownell, hal.342)

Allowable stresses : 18750

Menghitung diameter luar flange (A)

Flange OD = A = bolt circle diameter + 2 E

$$= C + 2E$$

$$R = 1 \frac{3}{4} \text{ in dan } E = 1 \frac{1}{4} \text{ in}$$

(Brownell, hal 243)

$$C = 2 \cdot (1,415 \text{ go} + R) + \text{ID gasket}$$

$$\text{Di mana go} > \frac{5}{8} \text{ in}$$

$$\text{Diambil go} = 0,8 \text{ in}$$

$$C = 2 \times (1,415 \times 0,8 + 1 \frac{3}{4}) + 80,000$$

$$= 85,764 \text{ in}$$

$$A = \text{OD} = 85,764 + (2 \times 1 \frac{1}{4})$$

$$= 88,264 \text{ in}$$

Perhitungan momen

$$\text{Total momen pada kondisi operasi (Mo)} = M_D + M_G + M_T$$

- Untuk keadaan bolting up (tanpa tekanan dalam)

$$W = \frac{1}{2} \cdot (A_{m1} + A_b) \times f_{all} \quad (\text{Brownell and Young, hal 243})$$

$$= \frac{1}{2} \times (7,510 + 8,010) \times 18750$$

$$= 145496,838 \text{ lb}$$

- Jarak radial dari beban gasket yang bereaksi terhadap bolt circle

$$h_G = \frac{1}{2} \cdot (C - G) \quad (\text{Brownell and Young, hal 243})$$

$$= \frac{1}{2} \times (85,764 - 80,125)$$

$$= 2,820 \text{ in}$$

Momen flange (Ma)

$$Ma = h_G \times W$$

$$= 2,820 \times 145496,838$$

$$= 410228,335 \text{ lb in}$$

Untuk kondisi operasi

$$W = W_{m1} \quad (\text{Brownell and Young, hal 243})$$

$$= H + H_p$$

$$= 112644,941 \text{ lb}$$

Menghitung momen M_D

$$M_D = H_D \times h_D$$

- Tekanan hidrostatik pada daerah flange (H_D)

$$H_D = 0,785 \cdot B^2 \times P$$

(Brownell, hal. 243)

Dimana :

$$B = \text{OD shell} = 61,802 \text{ in}$$

$$P = 22,076 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } H_D &= 0,785 \times 61,802^2 \times 22,076 \\ &= 66191,025 \text{ lb} \end{aligned}$$

- Jarak jari-jari dari bolt cicle pada H_D (h_D)

$$h_D = \frac{1}{2} \cdot (C - B)$$

$$= \frac{1}{2} \times (85,764 - 61,802) = 11,981 \text{ in}$$

Momen komponen M_D

$$M_D = H_D \times h_D$$

$$= 66191,025 \times 11,981 = 793022,641 \text{ lb.in}$$

Menghitung komponen momen ke M_G

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$h_G = 2,820$$

- Perbedaan antara beban baut flange dengan gaya hidrostatik total :

$$H_G = W - H = W_{ml} - H$$

$$= 112644,941 - 111256,405$$

$$= 1388,535 \text{ lb}$$

Maka

$$M_G = H_G \times h_G$$

$$= 1388,535 \times 2,820$$

$$= 3914,976 \text{ lb in}$$

Menghitung komponen momen ke M_T

$$M_T = H_T \times h_T$$

- Perbedaan antara gaya hidrostatik total dengan gaya hidrostatik dalam area flange (H_T)

$$H_T = H - H_D$$

$$= 111256,405 - 66191,025$$

$$\begin{aligned}
 &= 45065,380 \text{ lb} \\
 h_T &= \frac{1}{2} \cdot (h_D + h_G) && \text{(Brownell and Young, hal 243)} \\
 &= \frac{1}{2} \times (11,981 + 2,820) \\
 &= 7,400 \text{ in}
 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned}
 M_T &= H_T \times h_T && \text{(Brownell, hal. 244)} \\
 &= 45065,380 \times 7,400 \\
 &= 333490,9829 \text{ lb in}
 \end{aligned}$$

Total momen pada kondisi operasi

$$\begin{aligned}
 M_O &= M_D + M_G + M_T \\
 &= 793022,641 + 3914,976 + 333490,9829 \\
 &= 1130428,600 \text{ lb in}
 \end{aligned}$$

Perhitungan tebal flange

$$T = \sqrt{\frac{Y \times M \text{ max}}{f \times B}} \quad \text{(Brownell, hal. 244)}$$

Dimana :

$$M \text{ max} = M_o$$

$$f = \text{stress} = 18750 \text{ psi}$$

$$\text{Do Flange} = 88,264 \text{ in}$$

$$B = \text{D luar evaporator} = 61,802 \text{ in}$$

$$K = \frac{A}{B} = \frac{\text{do flange}}{\text{do evaporator}} = \frac{88,264}{61,802} = 1,428$$

Dari fig. 12.12, hal. 238, Brownell and Young, didapatkan

$$Y = 5,9$$

$$T = \sqrt{\frac{Y \times M \text{ max}}{f \times B}} = 2,399 \text{ in}$$

$$\text{Dipakai tebal flange} = 2 \frac{1}{2} \text{ in}$$

Kesimpulan dimensi :**a. Gasket pada tangki**

Bahan : Asbestos
 Tebal : 1/8 in
 Lebar : 5/16 in

b. Bolting pada tangki

Bahan : HAS SA 193 grade B8 type 304
 Ukuran : 1 1/4
 Jumlah : 9 buah
 Bolt spacing (B) : 2 13/16 in
 Jarak radial minimum R : 1 3/4 in
 Jarak dari tepi (E) : 1 1/4 in
 Stress : 15000

c. Flange pada tangki

Bahan : HAS SA 240 Grade S Type 304
 Stress : 18750 psi
 Tebal : 2 1/2 in
 OD : 88,264 in

6.10. Menghitung dimensi penyangga**a. Berat bejana kosong**

$$OD = 66 \text{ in} = 5,500 \text{ ft}$$

$$ID = 65,625 = 5,469 \text{ ft}$$

$$ts = 3/16 = 0,016 \text{ ft}$$

$$\text{Densitas bejana } (\rho) = 489 \text{ lb/ft}^3 \quad (\text{Perry, edisi 6, table 3-118})$$

$$\text{Tinggi silinder (Ls)} = 150 \text{ in} = 12,5 \text{ ft}$$

$$Ws = (\pi/4) \cdot (do^2 - di^2) \cdot \rho \cdot H$$

$$= (3,14 / 4) \times (5,500^2 - 5,469^2) \times 489 \times 12,5$$

$$= 1644,7341 \text{ lb} = 746,046 \text{ kg}$$

b. Berat tutup bejana**- Tutup bawah conical**

$$V = \frac{\pi \cdot (d_o^3 - d_i^3)}{24 \cdot \text{tg}(1/2\alpha)} = \frac{3,14 \times (5,500^3 - 5,469^3)}{24 \text{ tg } 60} = 0,213 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} W_{tb} &= V \times \rho \\ &= 0,213 \text{ ft}^3 \times 489 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 104,161 \text{ lb} = 47,247 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Tutup atas standard dished

$$\begin{aligned} V &= 0,000049 (d_o^3 - d_i^3) \\ &= 0,000049 \times (5,500^3 - 5,469^3) \\ &= 0,000138 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{ta} &= V \times \rho \\ &= 0,000138 \text{ ft}^3 \times 489 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 0,068 \text{ lb} = 0,031 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{tutup} &= W_{tb} + W_{ta} \\ &= 47,247 + 0,031 \\ &= 47,278 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Berat larutan evaporator (W_L)

$$W_L = 5101,614 \text{ kg}$$

d. Berat tube (W_t)

$$\text{Diameter luar} = 1 \frac{1}{4} \text{ in} = 0,104 \text{ ft}$$

$$\text{Diameter dalam} = 0,982 \text{ in} = 0,082 \text{ ft}$$

$$(\rho)_{\text{tube}} = 489 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} W_t &= (\pi/4) \cdot (d_o^2 - d_i^2) \cdot \rho \cdot Nt \cdot L \\ &= (3,14 / 4) \times (0,104^2 - 0,082^2) \times 489 \times 117 \times 5 \\ &= 130,755 \text{ lb} = 59,310 \text{ kg} \end{aligned}$$

e. Berat steam

$$W_{st} = 2242,300 \text{ kg}$$

f. Berat isolasi

Pemilihan isolasi = Asbestos Fibber Standart

$$\rho_{\text{asbestos}} = 36$$

(Kern, hal 795)

$$OD_{\text{isolasi}} = D_{\text{shell}} + 2$$

$$= 80,000 \text{ in} + 2 \text{ in}$$

$$= 82,000 \text{ in} = 6,833 \text{ ft}$$

$$H = L_s = 12,5 \text{ ft}$$

$$W_1 = (\pi/4) \cdot (OD_{\text{isolasi}}^2 - ID_{\text{shell}}^2) \times H \times \rho$$

$$= (3,14 / 4) \times (6,833^2 - 6,667^2) \times 12,5 \times 36$$

$$= 794,8125 \text{ lb} = 360,525 \text{ kg}$$

g. Berat perlengkapan lain di shell

Diambil 25% berat shell maka :

$$W_p = 0,25 \times 746,046 \text{ kg}$$

$$= 186,512 \text{ kg}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= 746,046 + 47,278 + 5101,614 + 59,310 + 2242,300 \\ &\quad + 360,525 + 186,512 \\ &= 8743,584 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk faktor pengaman dipakai safety 20% lebih besar, maka berat total menjadi :

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= 0,2 \times 8743,584 \\ &= 10492,301 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Perancangan leg support

Evaporator dianggap terletak di dalam ruangan sehingga tekanan angin tidak dikontrol 0).

Untuk penahan dipilih kolom jenis I-Beam dengan jumlah 4 buah.

$$\begin{aligned} \text{Beban tiap kolom (P)} &= \frac{\text{berat total}}{4} = \frac{10492,301}{4} = 2623,075 \text{ kg} \\ &= 1189,819 \text{ lb} \end{aligned}$$

Untuk I-Beam ditrial (Brownell and Young, hal 355) dengan ukuran (12 x 5)

Didapatkan data adalah :

$$\text{Berat} = 35 \text{ lb}$$

$$\text{Luas bejana (Ay)} = 10,2 \text{ in}^2$$

$$\text{Kedalaman beam (h)} = 12 \text{ in}$$

$$\text{Lebar dari flange (b)} = 5,078 \text{ in}$$

I Beam digunakan tanpa beban eksentrik maka :

$$R_{2-2} = 0,99 \text{ in}$$

$$I_{2-2} = 10 \text{ in}^4$$

$$\text{Jarak dari base plate ke dasar kolom L} = 5 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi total silinder : H-L} = 20,7 \text{ ft}$$

$$H = 25,7 \text{ ft}$$

$$l = \frac{1}{2} H + 2 \frac{1}{2} \text{ ft}$$

$$= \left(\frac{1}{2} \times 25,7 \right) + 2 \frac{1}{2}$$

$$= 15,35 \text{ ft}$$

$$\frac{l}{r} = \frac{15,35}{0,99} = 186,061$$

$$\text{karena } \frac{l}{r} \text{ terletak diantara } 60 - 200 \text{ maka } p = 18000$$

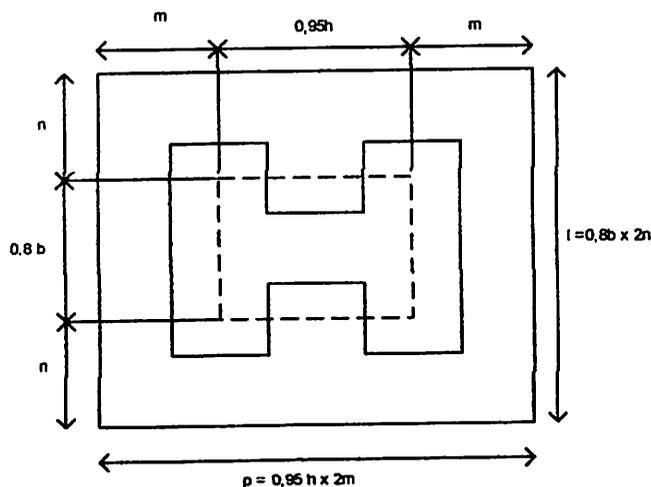
$$f_c \text{ aman} = \frac{18000}{1 + \frac{(l/r)^2}{18000}} = \frac{18000}{1 + \frac{186,061^2}{18000}} = 6157,524 \text{ psi}$$

$$\text{Luas (A) yang dibutuhkan} = \frac{P}{f_c \text{ aman}} = \frac{1189,819 \text{ lb}}{6157,524 \text{ lb/in}^2} = 0,193 \text{ in}^2$$

Karena A yang dibutuhkan < A yang tersedia, maka I-Beam dengan ukuran tersebut memadai.

i. Dimensi base plate

Gb.



$$P = 1189,819 \text{ lb}$$

f_c = stress pada penahan, digunakan beban beton yaitu $f_c = 600 \text{ lb/in}^2$
(Hesse, hal 162)

$$\text{- Menghitung luas base plate} = A_{bp} = \frac{P}{f_{bp}} = \frac{1189,819}{600} = 2 \text{ in}^2$$

- Menghitung panjang dan lebar dari base plate

$$A = P \times L$$

$$p = 2m + 0,95h$$

$$l = 2n + 0,8b$$

$$A_{bp} = (0,8b + 2n) \cdot (0,95h + 2m)$$

Asumsi $m = n$

$$A_{bp} = (0,8 \times (5,078) + 2n) \times (0,95 \times 12 + 2m)$$

$$2 = (8,125 + 2m) \times (11,400 + 2m)$$

$$2 = 92,623 + 22,800 m + 16,250 m + 4 m^2$$

$$4 m^2 + 39,050 m + 91 = 0$$

$$m^2 + 9,762 m + 22,66 = 0$$

dengan rumus abc didapatkan :

diperoleh nilai $m = 3,8013$

Maka didapatkan :

$$P = 2m + 0,95h$$

$$= (2 \times 3,8013) + (0,950 \times 12)$$

$$= 19,003 \approx 19 \text{ in}$$

$$L = 2n + 0,8b$$

$$= (2 \times 3,8013) + (0,8 \times 5,078)$$

$$= 11,665 \text{ in} \approx 12 \text{ in}$$

$$A_{\text{baru}} = p \times l = 19 \times 12 = 228,031 \text{ in}^2$$

$A_{\text{baru}} > A_{bp}$, sudah memadai

Mencari harga m dan n baru

$$P = 2m + 0,95h$$

$$19 = 2m + 0,95 \times 12$$

$$m = 3,801 \text{ in}$$

sedangkan

$$L = 2n + 0,8b$$

$$12 = 2n + 0,8 \times 5,078$$

$$n = 3,969 \text{ in}$$

$n > m$ maka n yang dijadikan sebagai acuan.

Beban yang harus ditahan

$$f_c' = \frac{P}{A \text{ baru}} = \frac{1189,819 \text{ lb}}{228,031 \text{ in}^2} = 5,218 \text{ psi}$$

$f_c' < f_{bp}$ yaitu 600 psi maka dimensi base plate memadai

Menghitung tebal base plate

$$\begin{aligned} T_{bp} &= \sqrt{0,00015 \times P \times m^2} \\ &= 0,106 \times \frac{16}{16} = \frac{1,702}{16} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

(Hesse, hal 163)

j. Dimensi baut

$$P \text{ setiap leg} = 1189,819 \text{ lb}$$

$$\text{Jumlah baut} = 4$$

$$P \text{ tiap baut} = \frac{1189,819}{4} = 297,455 \text{ lb}$$

$$F_t \text{ steel} = \text{beban tiap baut max} = 12000 \text{ psi}$$

$$A \text{ baut} = \frac{P \text{ tiap baut}}{f_t \text{ Steel}} = \frac{297,455}{12000} = 0,0248 \text{ in}^2$$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi \cdot db^2$$

$$0,025 = 0,25 \times 3,14 \times db^2$$

$$db^2 = 0,0316 \text{ in}^2$$

$$db = 0,1777 \text{ in}$$

Standarisasi dari Brownell and young, hal. 188 didapatkan :

$$\text{Ukuran } D_{\text{baut}} = 1/2 \text{ in}$$

$$\text{Bolt spacing (B)} = 1 \ 1/4 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak radial minimum} &= 1 \frac{3}{16} \text{ in} \\ \text{Edge distance (E)} &= \frac{5}{8} \text{ in} \\ \text{Nut dimension} &= \frac{7}{8} \text{ in} \end{aligned}$$

k. Dimensi lug support

Type : Double Gusset Plate

- Menghitung tebal plate horizontal (hp)

$$t_{hp} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_y}{f \cdot all}} \quad (\text{Brownell and Young, pers 10 - 41, hal 193})$$

Dimana :

$$f \text{ all} = \text{allowable working stresses, } f = 12000 \text{ psi}$$

M_y = Jumlah moment pada baut

$$= \frac{\beta^3 \times t^2 \times P \times e \times r_o^2}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot b \times h}$$

$$e \text{ tanpa beban} = \frac{1}{2} t_s + 1,5 + \frac{1}{2} b \text{ I-beam}$$

$$\begin{aligned} r_o &= \text{jari-jari silinder luar} = \frac{1}{2} \times OD = 0,5 \times 80,000 \\ &= 40,000 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot (1 - \mu^2)}{r_o^2 \times t_s^3}}$$

$$\mu = \text{poisson ration} = \pm 0,33$$

$$t_s = \frac{3}{16} \text{ in}$$

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_i &= b_i + 2db \\ &= 5,078 + (2 \times 0,1777) \\ &= 5,4334 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{1}{2} t_s + \frac{1}{2} b_i + 1,5 \\ &= (0,5 \times \frac{3}{16}) + (0,5 \times 5,078) + 1,5 \\ &= 4,1328 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= \text{tinggi lug} \\ &= \frac{5}{3} \times l \text{ (untuk leg tanpa beban, } l = h \text{ I-beam} = 12 \text{ in)} \\ &= \frac{1}{3} \times 12 \text{ in} \\ &= 20 \text{ in} \end{aligned}$$

$$P = 1189,819 \text{ lb}$$

$$\beta = 0,7095$$

$$\begin{aligned} M_y &= \frac{\beta^3 \times t^2 \times P \times e \times r_o^2}{12 \cdot (1 - \mu) \cdot b \times h} \\ &= \frac{0,7095^3 \times \frac{3}{16}^2 \times 1189,819 \times 4,1328 \times 40,000^2}{12 (1 - 0,33^2) \times 5,4334 \times 20} \\ &= 85,031 \end{aligned}$$

$$thp = 0,206 \times \frac{16}{16} = \frac{3,2991}{16} = 5/16 \text{ in}$$

Menghitung tebal gusset (tg)

$$\begin{aligned} tg &= \frac{3}{8} \times thp \\ &= \frac{3}{8} \times \frac{1}{3} \\ &= 0,1172 \times \frac{16}{16} = 1,9 / 16 \\ &= \frac{3}{16} \text{ in} \end{aligned}$$

(Brownell and Young hal 194)

Menghitung tinggi gusset (hg)

$$\begin{aligned} hg &= A + \text{ukuran baut} \\ A &= \text{lebar lug} = \text{ukuran baut} + 9 \text{ in} \\ &= \frac{1}{2} + 9 = 9,5 \text{ in} \\ hg &= 9,5 + \frac{1}{2} \\ &= 10 \text{ in} \end{aligned}$$

(Brownell and Young hal 193)

Menghitung tinggi Lug (H)

$$\begin{aligned} H &= hg + 2 \text{ thp} \\ &= 10 + (2 \times \frac{5}{16}) \\ &= 10,625 \text{ in} \end{aligned}$$

(Brownell and Young hal 191)

Maka kesimpulan untuk dimensi lug adalah :

$$\begin{aligned} \text{Lebar lug} &= 9,5 \text{ in} \\ \text{Tebal horizontal plate (thp)} &= \frac{5}{16} \text{ in} \\ \text{Tebal gusset (tg)} &= \frac{3}{16} \text{ in} \\ \text{Tinggi lug (H)} &= 10,625 \text{ in} \end{aligned}$$

1. Dimensi pondasi

$$\text{— Beban tiap kolom (W)} = 1189,819 \text{ lb}$$

$$\text{— Beban base plate (Wbp)} = p \times l \times t \times \rho$$

Dimana :

$$p = \text{panjang base plate} = 19 \text{ in} = 1,5835 \text{ ft}$$

$$l = \text{lebar base plate} = 12 \text{ in} = 1 \text{ ft}$$

$$t = \text{tebal base plate} = 3/16 \text{ in} = 0,0156 \text{ ft}$$

$$(\rho) = 489 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Wbp} &= 1,5835 \times 1 \times 0,0156 \times 489 \\ &= 12,099 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\text{— Beban kolom penyangga (Wp)}$$

$$Wp = L \times A \times F \times \rho$$

Dimana :

$$L = \text{Tinggi kolom} = 12 = 1 \text{ ft}$$

$$A = \text{Luas kolom I-beam} = 9,5 = 0,7917 \text{ ft}$$

$$F = \text{Faktor koreksi} = 3,4$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Wp} &= 1 \times 0,8 \times 3,4 \times 489 \\ &= 1316,225 \text{ lb} \end{aligned}$$

Jadi berat total (Wt)

$$\begin{aligned} Wt &= W + Wp + Wbp \\ &= 1189,819 + 1316,225 + 12,099 \\ &= 2518,143 \text{ lb} \end{aligned}$$

Dianggap bahwa hanya ada gaya vertikal dari berat kolom itu sendiri yang bekerja pada pondasi, maka diambil:

$$\text{Luas pondasi atas} = 20 \text{ in} \times 20 \text{ in}$$

$$\text{Luas pondasi bawah} = 25 \text{ in} \times 25 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi pondasi} = 15 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas pondasi rata-rata} &= \frac{\text{luas .pondasi .atas} + \text{luas .pondasi .bawah}}{2} \\ &= \frac{(20 \times 20) + (25 \times 25)}{2} = 512,5 \text{ in}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume pondasi} &= A \times H \\ &= 512,5 \times 15 = 7687,500 \text{ in}^3 = 4,4487 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pondasi digunakan pondasi semen stanosand, } \rho &= 144 \text{ lb/ft}^3 \\ &\text{(Perry's ed 6, tabel 3-118)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat pondasi} &= V \times \rho \\ &= 4,449 \times 144 \\ &= 641 \text{ lb} = 290,5828846 \text{ kg}\end{aligned}$$

Diasumsikan kondisi tanah adalah sement sand dan gravel dengan save bearing power maksimal ton/ft² atau maksimal 22046 lb/ft².

$$\begin{aligned}\text{Tekanan tanah} &= \frac{\text{beban .pondasi} + \text{berat beban total}}{\text{luas .permukaan .pondasi}} \\ &= \frac{641 + 2518,143}{512,5} = 6,1634 \text{ lb/in}^2 \\ &= 887,535 \text{ lb/ft}^2\end{aligned}$$

Karena tekanan pada tanah terletak di antara nilai yang diizinkan maka pondasi yang digunakan memadai.

Kesimpulan Spesifikasi Evaporator

Nama alat	: Single Effect Evaporator
Fungsi	: Untuk memekatkan larutan sorbitol dari 50% menjadi 70%
Type	: Short tube vertical (calandria) dengan tutup atas berbentuk standard dished dan tutup bawah berbentuk conis dengan $\alpha = 120$
Bahan konstruksi	: High Alloy Steel SA 240 Grade M Type 316
Perlengkapan	: Shell and tube exchanger, dimana pada bagian tube mengalir fluida yang akan dipekatkan, sedangkan pada bagian shell mengalir steam yang berfungsi sebagai media pemanas.
Dasar pemilihan	: — Biaya rendah — Koefisien perpindahan panas tinggi
Prinsip kerja	: Evaporator merupakan alat untuk memekatkan larutan yang terdiri dari silinder besar (shell) yang didalamnya terdapat pipa-pipa kecil (tube). Liquid dengan konsentrasi 50 % masuk ke dalam tube evaporator dan kemudian disirkulasikan. Sedangkan steam yang digunakan sebagai pemanas berada di dalam shell sehingga terjadi kontak tidak langsung antara steam dan liquid. Sebagian liquid (H_2O) akan menguap dan sebagian liquid akan turun melalui down take untuk keluar sebagai liquid dengan konsentrasi yang lebih pekat.

(Brownell and Young, hal 343)

Kesimpulan dimensi Alat

A. Tube

- Susunan pipa	: triangular pitch
- Panjang pipa	: 5 ft = 60 in
- Diameter dalam pipa	: 0,982 in
- Diameter luar pipa	: 1 1/4 in
- Jumlah tube	: 119 buah
- NPS	: 1¼ in OD BWG 10

B. Silinder

- Bahan	: HAS SA – 240 Grade M Type 316
- Diameter luar silinder	: 66 in
- Diameter dalam silinder	: 65,625 in

- Tinggi silinder : 150 in
- Tebal : 3/16 in
- Tinggi tutup atas : 11,091 in
- Tinggi tutup bawah : 18,945 in
- Tebal tutup atas : 3/16 in
- Tebal tutup bawah : 3/16 in
- Diameter downtake : 16,406 in

C. Perpipaan

- Pipa pemasukan steam : 1 1/4 NPS
- Pipa pemasukan feed : 2 NPS
- Pipa pengeluaran kondensat : 1 1/2 NPS
- Pipa pengeluaran produk : 1 1/4 NPS
- Pipa pengeluaran uap : 6 NPS

D. Gasket

- Bahan : Asbestos
- Tebal : 1/8 in
- Lebar : 5/16 in
- Diameter dalam : 80 in
- Diameter luar : 80,574 in

E. Bolting

- Bahan : HAS SA 193 grade B8 type 304
- Ukuran : 1 1/4 in
- Jumlah : 10 buah

F. Flange

- Bahan : HAS SA-240 Grade S Type 304
- Tebal : 2 1/2 in
- OD : 88,264 in

G. Leg Support

- Jenis : I-Beam (12 x 5)
- Luas (Ay) : 10,2 in²
- Tinggi (h) : 308,40 in
- Lebar (B) : 5,078 in
- R₂₋₂ : 0,99 in

- I_{2-2} : 10 in⁴
- Jumlah : 4 buah

H. Base Plate

- Bahan : Carbon steel
- Tebal base plate : 3/16 in
- Ukuran : 19 x 12
- Jumlah baut : 4 buah
- Ukuran diameter baut : 1/2 in

I. Pondasi

- Bahan : Beton
- Ukuran atas : 20 x 20
- Ukuran bawah : 25 x 25
- Tinggi pondasi : 15 in

BAB VII

INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA

7.1. Instrumentasi

Pengoperasian suatu pabrik kimia harus memenuhi beberapa persyaratan yang ditetapkan dalam perancangannya. Persyaratan tersebut meliputi keselamatan, spesifik produk, peraturan mengenai lingkungan hidup, kendala operasional, dan faktor ekonomi. Pemenuhan persyaratan tersebut berhadapan dengan keadaan lingkungan yang berubah-ubah, yang dapat mempengaruhi jalannya proses atau yang disebut *disturbance* (gangguan). Adanya gangguan tersebut menuntut penting dilakukannya pemantauan secara terus-menerus maupun pengendalian terhadap jalannya operasi suatu pabrik kimia untuk menjamin tercapainya tujuan operasional pabrik. Pengendalian atau pemantauan tersebut dilaksanakan melalui penggunaan peralatan dan *engineer* (sebagai operator terhadap peralatan tersebut) sehingga kedua unsur ini membentuk satu sistem kendali terhadap pabrik.

Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Fungsi instrumentasi adalah sebagai pengontrol, penunjuk, pencatat, dan pemberi tanda bahaya. Peralatan instrumentasi biasanya bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses tergantung pada pertimbangan ekonomi dan sistem peralatan itu sendiri. Pada pemakaian alat-alat instrumen juga harus ditentukan apakah alat-alat tersebut dipasang diatas papan instrumen dekat peralatan proses (kontrol manual) atau disatukan dalam suatu ruang kontrol yang dihubungkan dengan bangsal peralatan (kontrol otomatis). Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini penting karena menyangkut harga peralatan itu sendiri yang cukup mahal.

Umunya instrumentasi dibagi berdasarkan proses kerjanya, meliputi:

1. Proses manual

Untuk proses manual, peralatan yang digunakan hanya terdiri atas instrumentasi petunjuk dan pencatat saja.

2. Proses otomatis

Sedangkan untuk pengaturan secara otomatis, peralatan instrumentasi dihubungkan dengan suatu alat kontrol. Tahapan proses tersebut, antara lain:

a. *Sensing element/primary element*

Merupakan elemen yang dapat mendeteksi adanya dari variabel yang diukur

b. Elemen pengukur

Merupakan elemen yang menerima keluaran dari elemen primer dan melakukan pengukuran. Yang termasuk dalam elemen pengukur adalah alat-alat penunjuk/indikator dan alat-alat pencatat

c. 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 maupun pneumatis

d. Elemen proses sendiri

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

Pada pra rencana pabrik ini, instrumentasi yang digunakan adalah alat kontrol manual dan alat kontrol otomatis. Hal ini tergantung dari sistem peralatan dan faktor pertimbangan teknis maupun ekonomis. Tujuan penggunaan instrumentasi ini diharapkan akan tercapai hal-hal berikut:

- Menjaga variabel proses pada batas operasi aman
- Kualitas produksi lebih terjamin
- Memudahkan pengoperasian suatu alat
- Kondisi berbahaya dapat diketahui lebih awal dengan menggunakan alarm peringatan
- Efisiensi kerja akan lebih meningkat



Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam instrumentasi, yaitu:

- Jenis instrumentasi
- Range yang diperlukan untuk pengukuran
- Ketelitian yang dibutuhkan
- Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi proses
- Faktor ekonomi

Alat-alat kontrol yang biasa dipakai pada peralatan proses antara lain :

1. *Level Controller (LC)*

Alat ini dipasang pada peralatan proses yang bekerja secara kontinyu. Alat ini berfungsi untuk menjaga ketinggian fluida yang ada dalam tangki agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan

2. *Level Indicator (LI)*

Alat ini berfungsi untuk mengetahui tinggi fluida yang ada dalam tangki agar tidak melebihi batas yang telah ditentukan dan mengetahui ketersediaan bahan dalam tangki

3. *Temperature Indicator Controller (TIC)*

Alat ini dipasang pada peralatan yang perlu pengaturan dan penjagaan suhu agar beroperasi pada temperatur konstan

4. *Flow Controller (FC)*

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju alir fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk ke peralatan proses tetap konstan

5. *Pressure Controller (PC)*

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan tekanan agar beroperasi pada tekanan konstan

6. *Pressure Ratio Controller (PRC)*

Digunakan untuk mengetahui tekanan pada suatu tangki penyimpanan gas agar dapat memastikan waktu pengisian kembali

7. *Weight Controller (WC)*

Dipasang pada alat yang memerlukan penjagaan pada berat bahan yang masuk agar tetap konstan

8. *Flow Ratio Controller* (FRC)

Dipasang pada alat untuk mengendalikan laju lair fluida melalui perpipaan sehingga aliran yang masuk keperalatan proses tetap konstan

Secara keseluruhan, instrumentasi peralatan pabrik sorbitol dari dekstrosa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7.1 Instrumentasi Peralatan Pabrik

No.	Nama Alat	Kode Alat	Kode Instrumentasi
1.	Storage Dekstrosa	F-111	<i>Temperature Indicator</i>
2.	Bin Dekstrosa	F-115	<i>Weight Controller</i>
3.	Tangki Pelarut	M-110	<i>Flow Controller</i> <i>Flow Controller</i>
4.	Heater	E-121	<i>Temperature Controller</i>
5.	Reaktor	R-120	<i>Temperature Controller</i> <i>Pressure Controller</i> <i>Flow Controller</i>
6.	Kompresor	G-124	<i>Pressure Controller</i>
7.	Cooler	E-126	<i>Temperature Controller</i>
8.	Tangki Pemurnian	M-130	<i>Flow Controller</i>
9.	Cooler	E-136	<i>Temperature Controller</i>
10.	Pompa reciprocating	L-141	<i>Presssure Controller</i>
11.	Evaporator	V-140	<i>Temperature Controller</i> <i>Presssure Controller</i> <i>Flow Controller</i>
12.	Tangki penyimpan larutan sorbitol 70%	F-145	<i>Level Indicator</i>

7.2. Keselamatan Kerja

Aktivitas masyarakat umumnya berhubungan dengan resiko yang dapat mengakibatkan kerugian pada badan atau usaha. Karena itu usaha – usaha keselamatan merupakan tugas sehari – hari yang harus dilakukan oleh seluruh karyawan. Keselamatan kerja dan keamanan pabrik merupakan faktor yang perlu diperhatikan secara serius. Dalam hubungan ini bahaya yang dapat timbul dari mesin, bahan baku dan produk, sifat zat, serta keadaan tempat kerja harus mendapat perhatian yang serius sehingga dapat dikendalikan dengan baik untuk menjamin kesehatan karyawan.

Perusahaan yang lebih besar memiliki divisi keselamatan tersendiri. Divisi tersebut mempunyai tugas memberikan penyuluhan, pendidikan, petunjuk – petunjuk, dan pengaturan agar kegiatan kerja sehari – hari berlangsung aman dan bahaya – bahaya yang akan terjadi dapat diketahui sedini mungkin, sehingga dapat dihindarkan.

Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya keselamatan kerja, yaitu:

1. Latar belakang pekerja

Merupakan sifat atau karakter yang tidak baik dari pekerja yang merupakan sifat dasar pekerja maupun lingkungan yang dapat mempengaruhi pekerja dalam melakukan pekerjaannya, sehingga dapat menyebabkan kelalaian pekerja

2. Kelalaian pekerja

Adanya sifat gugup, tegang, mengabaikan keselamatan, dan lain-lain, akan menyebabkan pekerja akan melakukan tindakan yang tak aman

3. Tindakan yang tidak aman dan bahaya mekanis atau fisik

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

4. Kecelakaan

Kecelakaan ini dapat berupa jatuhnya pekerja, pekerja tertumbuk benda yang melayang, pekerja yang terbentur benda yang jatuh dari atas dan sebagainya, sehingga dapat menimbulkan luka

Bahaya-bahaya tersebut dapat terjadi pada pabrik, sehingga harus diperhatikan cara untuk mengatasinya. Adapun cara untuk mengatasinya adalah sebagai berikut:

1. Keselamatan konstruksi

- Konstruksi bangunan dan peralatan produksi baik langsung maupun tak langsung harus cukup kuat serta pemilihan bahan konstruksinya harus tepat
- Pada tempat-tempat berbahaya harus diberi peringatan yang jelas
- Jarak antara peralatan, mesin-mesin serta alat proses harus diperhatikan

2. Bahaya yang disebabkan oleh adanya api, listrik dan kebakaran

- Tangki bahan bakar jaraknya harus cukup jauh dari tempat yang dapat menyebabkan kebakaran

- Untuk mencegah dan mengurangi bahaya-bahaya yang timbul, maka digunakan isolasi-isolasi panas, isolasi listrik dan pada tempat bertekanan tinggi harus diberi penghalau atau pagar

3. Memberikan penjelasan-penjelasan mengenai bahaya-bahaya yang dapat terjadi dan memberikan cara pencegahannya

4. Memasang tanda-tanda bahaya, seperti alarm peringatan jika terjadi bahaya

5. Penyediaan alat-alat pencegahan kebakaran, baik akibat listrik maupun api

6. Ventilasi

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

7. Tangki-tangki

Bahaya yang paling besar adalah tangki-tangki yang bertekanan tinggi. Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan tangki harus sesuai dengan aturan yang berlaku, termasuk pemilihan bahan konstruksi, memperhitungkan faktor korosi dan lain-lain
- Pemasangan alat-alat kontrol yang baik dan sesuai, yaitu *pressure control*, *level control* dan *temperature control*

8. Reaktor

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mencegah kecelakaan adalah:

- Perencanaan reaktor harus sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku mengenai bahan konstruksi, faktor korosi dan lain-lain
- Perencanaan isolasi harus baik dengan memperhatikan perpindahan panas yang terjadi karena reaksi bersifat eksotermis
- Pemasangan alat kontrol yang baik dan sesuai, yaitu *pressure control*, *level control* dan *temperature control*

9. Perpipaan

- Jalur proses yang terletak diatas permukaan tanah lebih baik daripada diletakkan dibawah tanah, karena dapat menyebabkan timbulnya bahaya akibat kebocoran dan sulit untuk mengetahui letak kebocoran

- Pengaturan dari perpipaan dan valve penting untuk mengamankan operasi. Jika terjadi kebocoran pada *check valve*, sebaiknya diatasi dengan pemasangan *block valve* disamping *check valve* tersebut
- Sebelum pipa-pipa dipasang, sebaiknya dilakukan tes hidrostatis yang bertujuan untuk mencegah terjadinya stress yang berlebihan pada bagian-bagian tertentu atau pada bagian fondasi

10. Karyawan

Pada karyawan terutama operator, perlu diberi bimbingan atau pengarahan agar karyawan dapat melaksanakan tugasnya dengan baik dan tidak membahayakan

11. Listrik

Pada pengoperasian peralatan listrik perlu dipasang peralatan pengamanan berupa pemutus arus, jika sewaktu-waktu terjadi hubungan singkat (*konsleting*) yang dapat menyebabkan kebakaran. Juga perlu diadakan pemeriksaan adanya kabel yang terkelupas yang dapat membahayakan pekerja jika tersentuh kabel tersebut

12. Pencegahan dan penanggulangan kebakaran

- Bangunan, seperti *work shop*, laboratorium dan kantor hendaknya diletakkan berjauhan dengan unit operasi
- Antara unit yang satu dengan unit yang lain hendaknya dipisahkan sehingga dapat menghambat jalannya api ketika terjadi kebakaran
- Pengamanan jika terjadi kebakaran harus dilengkapi dengan baju tahan api dan alat-alat bantu pernafasan
- Larangan merokok dilingkungan pabrik, kecuali pada tempat-tempay yang telah disediakan
- Penempatan kabel dan kawat listrik yang diatur rapi dan jauh dari tempat-tempat panas
- Pemasangan alat pemadam kebakaran disetiap tempat yang paling rawan dan pemasangannya harus pada tempat yang mudah dijangkau

13. Menggunakan pakaian pelindung yang terbuat dari bahan – bahan seperti katun, wol, serat, dan sintesis. Pada musim panas sekalipun tidak diperkenankan bekerja dengan keadaan badan atas terbuka.

14. Menggunakan sepatu pengaman yang dapat melindungi kaki dari bahan kimia dan panas. Sepatu pengaman bertutup baja dapat melindungi kaki dari bahaya terjepit. Sepatu setengah tertutup atau bot dapat dipakai tergantung pada jenis pekerjaan yang dilakukan.
15. Menggunakan topi pengaman yang lembut baik dari plastik maupun kulit memberikan perlindungan terhadap percikan – percikan bahan kimia, terutama apabila bekerja dengan pipa – pipa yang letaknya lebih tinggi dari kepala, maupun tangki – tangki serta peralatan lain yang dapat bocor.
16. Menggunakan sarung tangan yang tahan terhadap bahan kimia yang bersifat korosif.
17. Menggunakan masker untuk memberikan perlindungan terhadap debu – debu yang berbahaya ataupun uap bahan kimia agar tidak terhirup.

BAB VIII

UTILITAS

Unit utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat penting untuk menunjang jalannya proses produksi dalam suatu industri kimia. Unit utilitas yang diperlukan pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol ini, yaitu:

- Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air umpan boiler, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran.
- Steam sebagai media pemanas dalam proses produksi.
- Refrigerant sebagai media pendingin pada proses pembentukan kristal produk dalam proses produksi.
- Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan untuk penerangan pabrik.
- Bahan bakar untuk mengoperasikan boiler dan generator.

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 4 unit, yaitu:

1. Unit Penyediaan air
2. Unit penyediaan tenaga listrik
3. Unit penyediaan bahan bakar

VIII.1. Unit Penyediaan Air

Unit penyediaan air berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air baik ditinjau dari segi kuantitas maupun kualitasnya. Dari segi kuantitas, air merupakan jumlah kebutuhan air yang harus dipenuhi sedangkan dari segi kualitas, air menyangkut syarat air yang harus dipenuhi.

VIII.1.1. Air Proses

Air proses yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol ini sebesar 2375,164 kg/jam. Digunakan pada Tangki Pelarut Dekstrosa (M-110).

VIII.1.2. Air pendingin

Berfungsi sebagai media pendingin pada alat perpindahan panas. Air digunakan sebagai media pendingin ini disebabkan karena:

- Air merupakan materi yang mudah didapat
- Mudah dikendalikan dan dikerjakan.
- Dapat menyerap panas
- Tidak mudah menyusut karena pendinginan
- Tidak mudah terkondensasi

Selain sebagai media pendingin air harus memenuhi persyaratan tertentu yaitu tidak mengandung:

- besi penyebab korosi
- silika penyebab kerak
- hardness yang memberikan efek pada pembuatan kerak.
- Minyak penyebab menurunnya efisiensi heat transfer yang merupakan makanan mikroba yang dapat menyebabkan terbentuknya endapan.

Air pendingin pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol ini sebesar 41564,6210 kg/jam. Digunakan pada Reaktor (R-120) sebesar 16819,884 kg/jam, Cooler (E-126) sebesar 17641,99 kg/jam dan pada Cooler (E-137) sebesar 7102,747 kg/jam.

VIII.1.3. Air umpan boiler

Air umpan boiler merupakan bahan baku pembuatan steam yang berfungsi sebagai media pemanas. Kebutuhan steam pada pabrik Sorbitol sebesar 10905,0312 lb/jam. Air umpan boiler yang disediakan 20% sebagai pengganti steam yang hilang yang diperkirakan karena adanya kebocoran akibat transmisi sebesar 5% dan faktor keamanan 10%. Kebutuhan total air umpan boiler ini sebesar 6677,7611 kg/jam.

Air untuk keperluan ini harus memenuhi syarat-syarat agar air tidak merusak boiler (ketel). Dari *Perry's edisi 6, hal 9-76* didapatkan bahwa air umpan boiler harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Total padatan (total dissolved solid) = 3500 ppm
- Alkanitas = 700 ppm
- Padatan terlarut = 300 ppm
- Silika = 60 – 100 ppm

- Besi	= 0,1 ppm
- Tembaga	= 0,5 ppm
- Oksigen	= 0,007 ppm
- Kesadahan	= 0
- Kekerusuhan	= 175 ppm
- Minyak	= 7 ppm
- Residu fosfat	= 140 ppm

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh air umpan boiler :

a. Tidak boleh berbuih (berbusa)

Busa disebabkan oleh adanya solid matter, suspended matter dan kebasaaan yang tinggi. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya busa :

- Kesulitan pembacaan tinggi liquida dalam boiler.
- Buih dapat menyebabkan percikan yang kuat yang mengakibatkan adanya solid-solid yang menempel dan mengakibatkan terjadinya korosi dengan adanya pemanasan lebih lanjut.

Untuk mengatasi hal ini perlu adanya pengontrolan terhadap adanya kandungan lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan boiler.

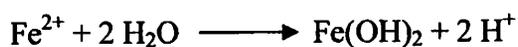
b. Tidak boleh membentuk kerak pada boiler

Kerak dalam boiler akan menyebabkan :

- Isolasi terhadap panas sehingga proses perpindahan panas terhambat.
- Kerak yang terbentuk dapat pecah sewaktu-waktu, sehingga dapat menimbulkan kebocoran karena boiler mendapat tekanan yang kuat.

c. Tidak boleh menyebabkan korosi pada pipa

Korosi pada pipa boiler disebabkan oleh keasaman (pH rendah), minyak dan lemak, bikarbonat dan bahan organik, serta gas H₂S, SO₂, NH₃, CO₂, O₂, yang terlarut dalam air. Reaksi elektrokimia antara besi dan air akan membentuk lapisan pelindung anti korosi pada permukaan baja, yaitu :



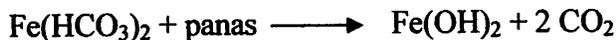
Tetapi jika terdapat oksigen dalam air, maka lapisan hidrogen yang terbentuk akan bereaksi membentuk air. Akibat hilangnya lapisan pelindung tersebut terjadilah korosi menurut reaksi :





Adanya bikarbonat dalam air akan menyebabkan terbentuknya CO_2 , karena pemanasan dan adanya tekanan. CO_2 yang terjadi bereaksi dengan air menjadi asam karbonat. Asam karbonat akan bereaksi dengan metal dan besi membentuk garam bikarbonat. Dengan adanya pemanasan (kalor), garam bikarbonat ini menjadi CO_2 lagi.

Reaksi yang terjadi :



Selain harus memenuhi persyaratan tersebut di atas, 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 menyebabkan busa, yaitu zat organik, anorganik dan zat-zat tak larut dalam jumlah yang besar.

Untuk memenuhi persyaratan tersebut dan untuk mencegah kerusakan pada boiler, sebelum digunakan air umpan boiler harus diolah lagi terlebih dahulu melalui:

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

VIII.1.4. Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium, taman dan kebutuhan yang lain.

Air sanitasi yang dipergunakan harus memenuhi syarat kualitas air sebagai berikut:

a. Syarat fisik

- Berada di bawah suhu udara
- Warnanya jernih
- pH netral
- Tidak berbusa
- Kekeruhan kurang dari 1 ppm SiO_2
- Tidak berasa

- Tidak berbau
- b. Syarat kimia
- Tidak mengandung logam berat seperti Pb, As, Cr, Cd, Hg
 - Tidak mengandung zat-zat kimia beracun
- c. Syarat mikrobiologis
- Tidak mengandung kuman maupun bakteri, terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisik air.

Kebutuhan air sanitasi pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol ini adalah:

1. Untuk kebutuhan karyawan

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk setiap orang = 120 L/hari/orang.

2. Untuk laboratorium, pemadam kebakaran dan taman

Direncanakan kebutuhan untuk taman dan laboratorium adalah sebesar 10% dari kebutuhan karyawan.

Air sanitasi yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol ini sebesar 1254,5568 kg/jam. Digunakan untuk kebutuhan karyawan sebesar 597,408 kg/jam, untuk kebutuhan laboratorium dan taman sebesar 298,7 kg/jam dan untuk pemadam kebakaran dan cadangan air sebesar 358,44 kg/jam sebesar 7102,747 kg/jam.

VIII.2. Unit Penyediaan Listrik

Listrik yang dibutuhkan pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol ini meliputi :

- Untuk proses

Total kebutuhan listrik untuk proses yaitu sebesar 277,4004 kW

- Untuk penerangan

Kebutuhan listrik total untuk penerangan adalah sebesar 24,358 kW.

- Untuk lain-lain

Kebutuhan listrik untuk lain-lain seperti pemakaian komputer, mesin fotocopy, mesin fax, lemari es dan lain-lain sebesar 10,1 kW.

$$\begin{aligned} \text{Jadi total kebutuhan listrik} &= (277,4004 + 24,358 + 10,1) \text{ kW} \\ &= 301,7586 \text{ Kw} \end{aligned}$$

VIII.3. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan pada pabrik, yaitu pada boiler dan generator sebesar 2276,252 L/hari. Bahan bakar yang digunakan adalah Diesel Oil, pemilihan

jenis bahan bakar yang digunakan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Harganya relatif murah
- Mudah didapat
- Viskositasnya relatif rendah sehingga mudah mengalami pengabutan
- Heating valuenya relatif tinggi
- Tidak menyebabkan kerusakan pada alat-alat

Dari tabel 9.9 dan fig. 9-9 Perry 6th ed, didapat :

- Flash point = 38 °C (100 °F)
- Pour point = - 6 °C (21,2 °F)
- Densitas = 55 lb/ft³

BAB IX

LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK

9.1. Lokasi Pabrik

Dasar pemilihan untuk penentuan lokasi dari suatu perusahaan adalah sangat penting sehubungan dengan perkembangan ekonomi dan sosial dari masyarakat karena akan mempengaruhi kedudukan perusahaan dalam persaingan dan menentukan kelangsungan hidup perusahaan selanjutnya.

Oleh karena itu perlu diadakan seleksi dan evaluasi, sehingga lokasi memenuhi persyaratan bila ditinjau dari segala segi. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. Faktor Utama
 - a. Penyediaan bahan baku
 - b. Pemasaran (marketing)
 - c. Utilitas (bahan bakar, sumber air, dan listrik)
 - d. Keadaan geografis dan masyarakat
2. Faktor Khusus
 - a. Transportasi
 - b. Tenaga kerja
 - c. Buangan pabrik (disposal)
 - d. Pembuangan limbah
 - e. Site dan karakteristik dari lokasi
 - f. Peraturan perundang-undangan



9.1.1. Faktor Utama

a. Penyediaan Bahan Baku

Ditinjau dari tersedianya bahan baku dan harga dari bahan baku, maka pabrik hendaknya didirikan dekat dengan sumber bahan baku itu. Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai bahan baku adalah :

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

b. Pemasaran

Pemasaran merupakan salah satu faktor penting dalam industri kimia. Karena berhasil atau tidaknya pemasaran akan menentukan keuntungan industri tersebut. Hal-hal yang harus diperhatikan adalah :

- Tempat produk yang akan dipasarkan.
- Kebutuhan produk saat sekarang dan akan datang.
- Pengaruh persaingan yang ada.
- Jarak pemasaran dari lokasi, dan sarana pengangkutan untuk daerah pemasaran

c. Utilitas

Unit utilitas dalam suatu pabrik sangatlah penting karena merupakan sarana bagi kelancaran proses produksi. Unit utilitas terdiri dari air, listrik dan bahan bakar.

➤ Air

Air merupakan kebutuhan yang penting dalam industri kimia. Air digunakan untuk kebutuhan proses, media pendingin, air sanitasi dan kebutuhan lainnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, air dapat diambil dari tiga macam sumber yaitu air kawasan, air sungai, dan air dari PDAM.

Untuk itu perlu diperhatikan mengenai :

- Sampai berapa jauh sumber ini dapat melayani kebutuhan pabrik.

- Kualitas sumber air yang tersedia.
- Pengaruh musim terhadap kemampuan penyediaan.

Untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari diambil dua sumber : air sungai dan air PDAM. Air sungai diolah terlebih dahulu pada unit utilitas untuk menghasilkan air yang berkualitas sesuai dengan ketentuan. Air PDAM hanya bersifat cadangan. Air PDAM juga digunakan untuk sanitasi dan untuk kebutuhan proses (air pendingin).

➤ Listrik dan Bahan Bakar

Listrik dan bahan bakar dalam industri mempunyai peranan yang sangat penting terutama sebagai motor penggerak, penerangan dan untuk memenuhi kebutuhan yang lainnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Ada atau tidaknya listrik di daerah tersebut.
- Jumlah listrik di daerah tersebut.
- Harga tenaga listrik.
- Persediaan tenaga listrik di masa mendatang.
- Mudah atau tidaknya mendapatkan bahan bakar.

d. Iklim dan Alam Sekitarnya

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Keadaan alam.
Keadaan alam yang menyulitkan konstruksi akan mempengaruhi spesifikasi peralatan serta konstruksi peralatan.
- Keadaan angin
Kecepatan dan arah angin pada situasi terburuk yang pernah terjadi pada tempat tersebut yang akan mempengaruhi peralatan.
- Gempa bumi yang pernah terjadi.
- Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang.

9.1.2. Faktor Khusus

a. Transportasi.

Masalah transportasi perlu diperhatikan agar kelancaran supply bahan baku dan penyaluran produk dapat terjamin dengan biaya yang serendah mungkin dan dalam waktu yang singkat. Karena itu perlu diperhatikan fasilitas-fasilitas yang ada seperti :

- Jalan raya yang dapat dilalui oleh kendaraan roda empat.
- Jalan/rel kereta api.
- Adanya pelabuhan
- Sungai yang dapat dilayari oleh kapal dan perahu.

b. Buangan pabrik

Apabila buangan pabrik berbahaya bagi kehidupan disekitarnya, maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

- Cara pengeluaran bentuk buangan, terutama yang berhubungan dengan peraturan pemerintah dan peraturan setempat.
- Masalah pencemaran yang mungkin timbul

c. Tenaga Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Mudah atau tidaknya mendapatkan tenaga kerja yang diinginkan.
- Keahlian dan pendidikan tenaga kerja yang ada.
- Tingkat penghasilan tenaga kerja di daerah tersebut.

d. Site Karakteristik dari Lokasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi adalah :

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

e. Faktor Lingkungan

Hal-hal yang perlu diperhatikan :

- Apakah merupakan daerah pedesaan atau perkotaan.
- Fasilitas rumah dan tempat ibadah.

f. Peraturan dan Perundang-undangan

Hal-hal yang perlu ditinjau :

- Ketentuan-ketentuan mengenai daerah tersebut.
- Ketentuan mengenai jalan umum yang ada.
- Ketentuan mengenai jalan umum bagi industri di daerah tersebut.

g. Pembuangan Limbah

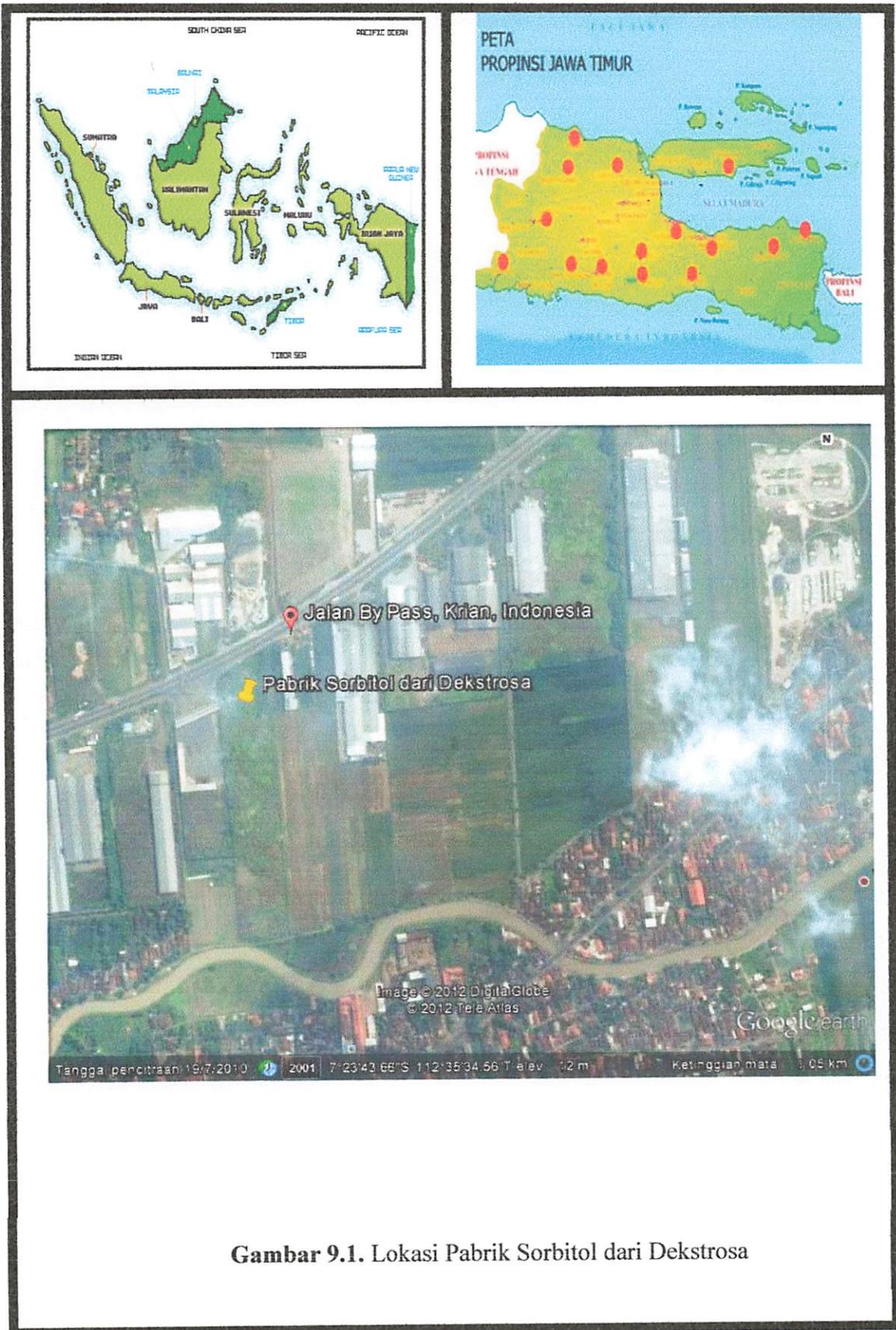
Hal ini berkaitan dengan usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh buangan pabrik yang berupa gas, cair maupun padat, dengan memperhatikan peraturan pemerintah.

Berdasarkan faktor-faktor di atas daerah yang menjadi alternatif pilihan lokasi pendirian pabrik Sorbitol dari Dekstrosa terletak di by pass Krian, Sidoarjo, Jawa Timur.

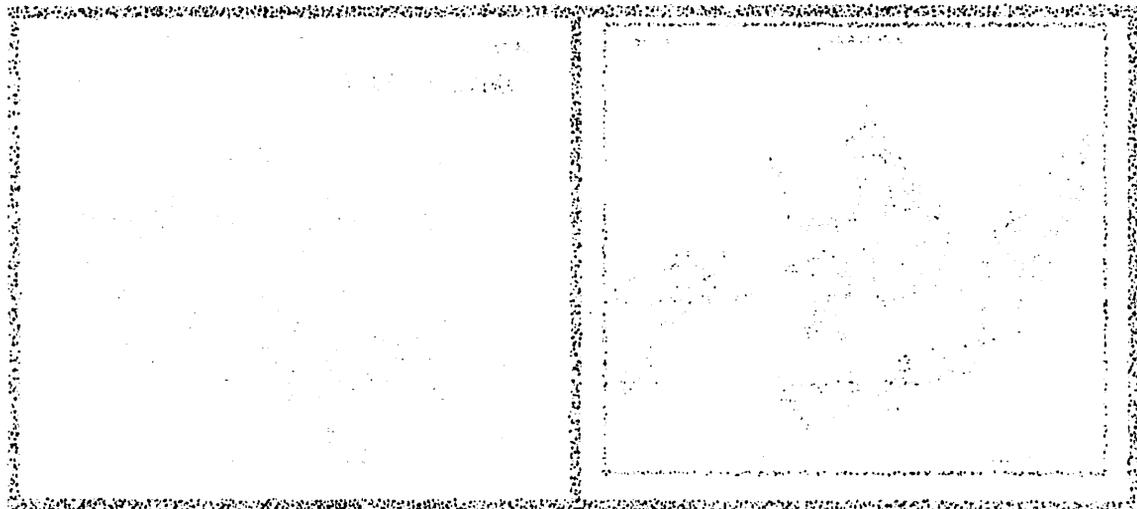
Dasar pemilihan lokasi adalah sebagai berikut :

- Dekat dengan bahan baku.
- Tersedianya kebutuhan air dan tenaga listrik.
- Fasilitas transportasi yang memadai.
- Tersedianya tenaga kerja yang cukup.

Dari faktor-faktor yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa lokasi pabrik terletak di by pass Krian, Sidoarjo, Jawa Timur. Peta lokasi pabrik Sorbitol dapat dilihat pada gambar 9.1.



Gambar 9.1. Lokasi Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa



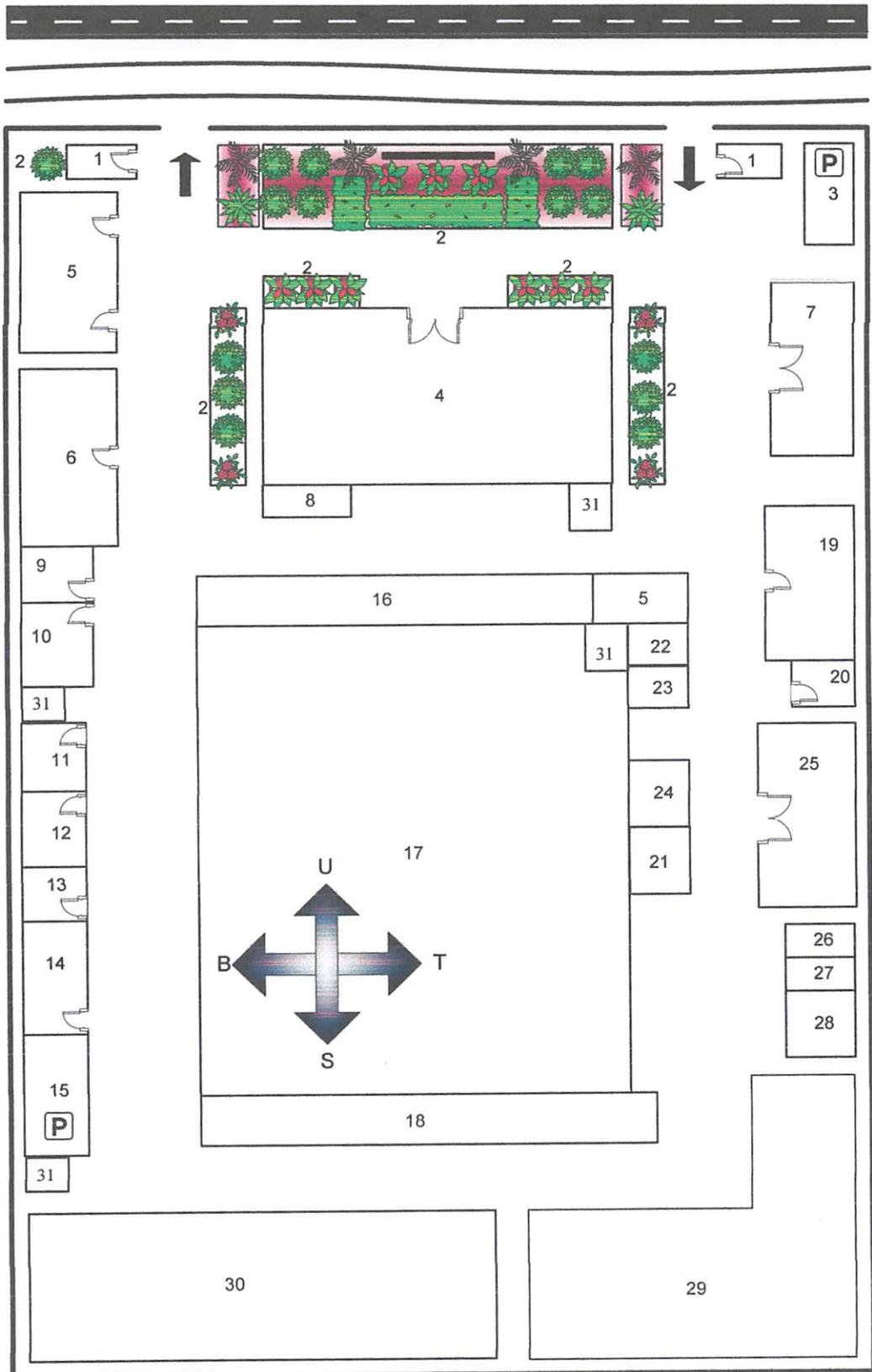
Handwritten text at the bottom of the page, possibly a signature or a note, which is mostly illegible due to fading.

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) adalah :

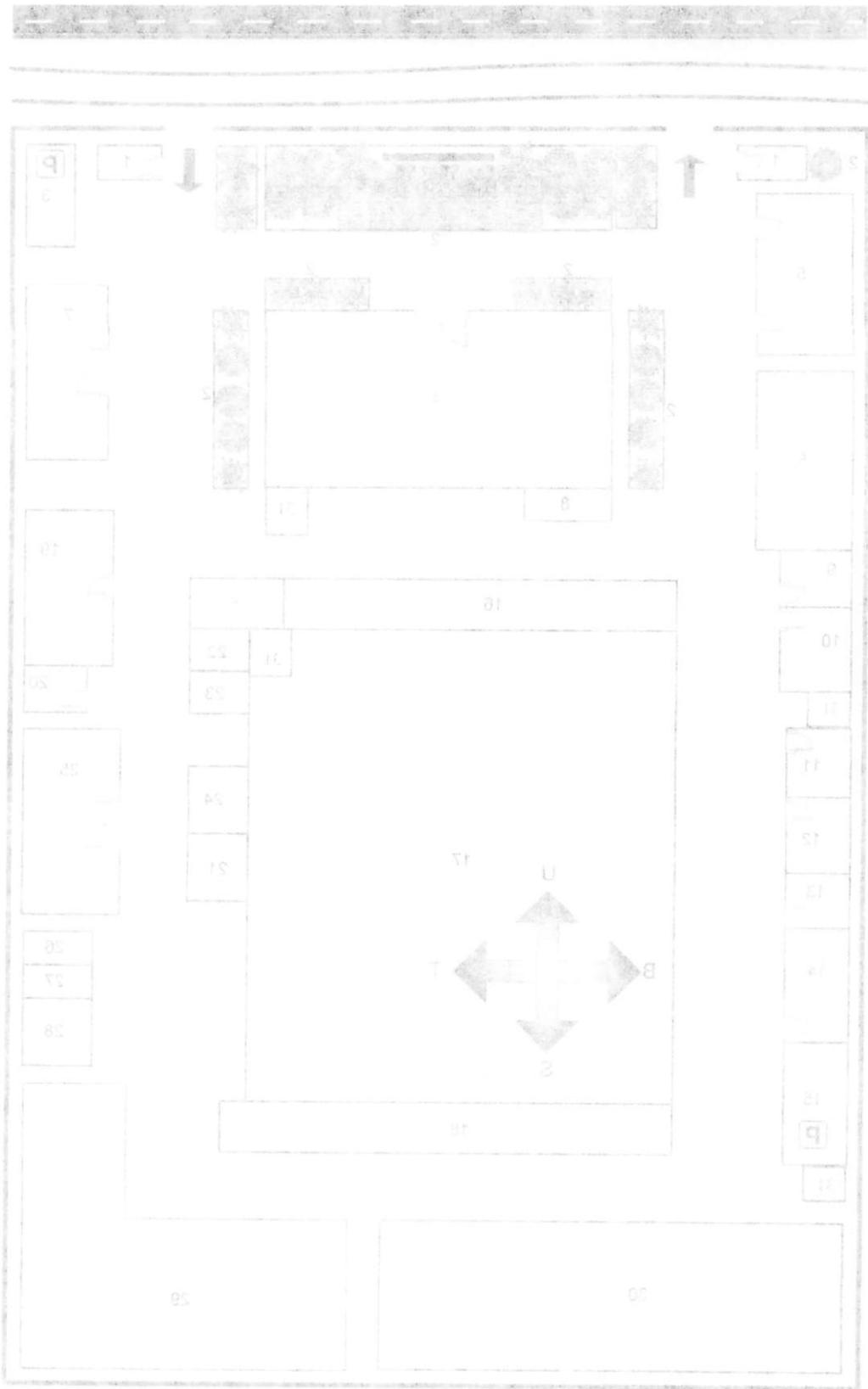
- Adanya ruangan yang cukup untuk gerakan pekerja dan pemindahan barang-barang.
- Bentuk dari kerangka bangunan, tembok, dan atap.
- Distribusi secara ekonomis dari kebutuhan air, steam, dan lain-lain.
- Kemungkinan perluasan pabrik di masa mendatang.
- Masalah penyaluran zat-zat buangan pabrik.
- Kemungkinan timbulnya bahaya-bahaya seperti ledakan, kebakaran, timbulnya gas atau asap dan lain-lain.
- Pondasi dari bangunan dan peralatan kerja (mesin-mesin).
- Ventilasi yang baik.
- Penerangan ruangan

Tata letak bangunan pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dapat dilihat pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik Sorbitol

Skala 1 : 300



Gambar 9.2. Tata Letak Pabrik Sorbitol

Skala 1 : 300

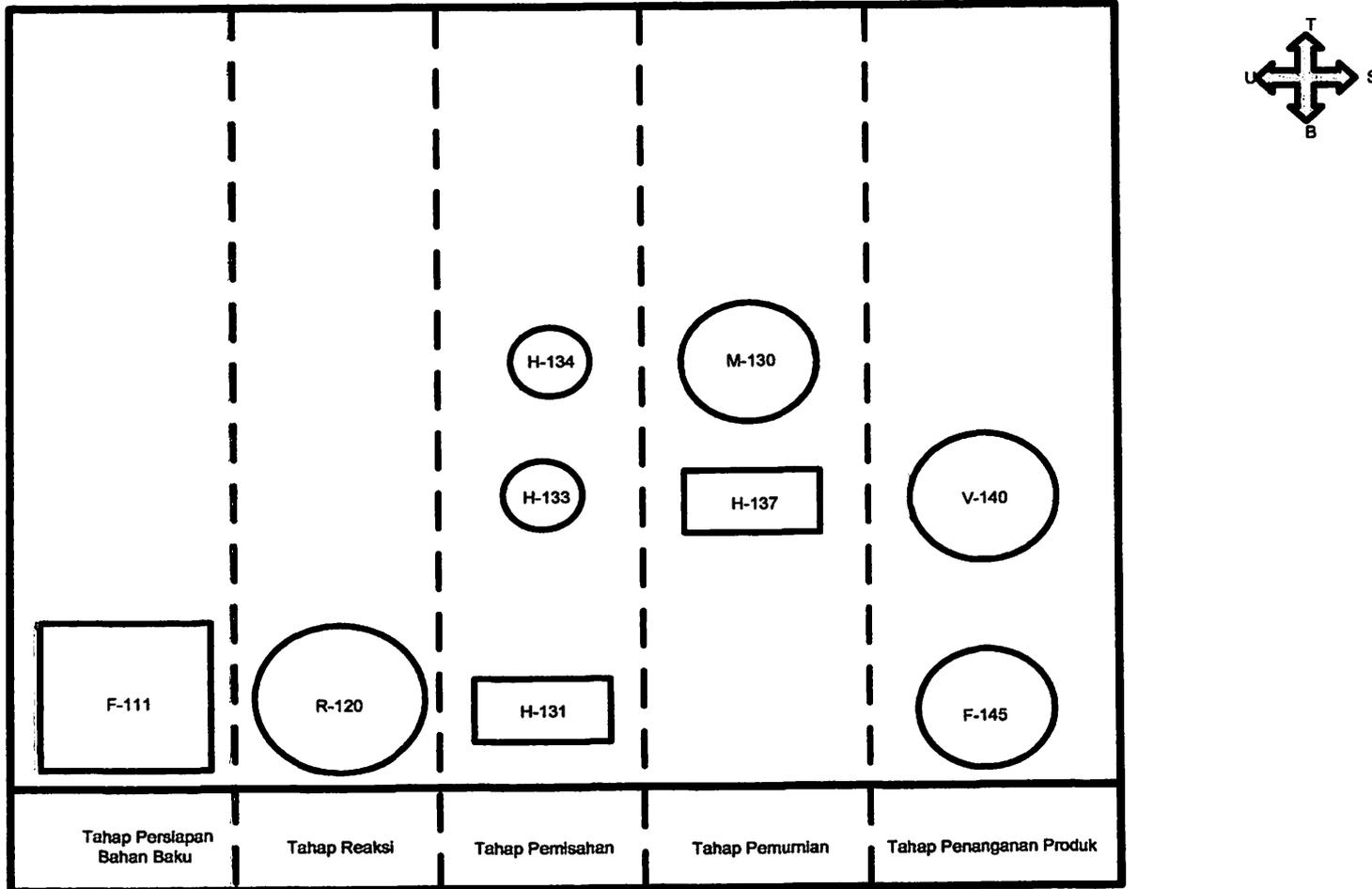
Keterangan Gambar 9.2 :

- | | |
|---|---------------------------|
| 1. Pos keamanan/ penjagaan | 28. Ruang boiler |
| 2. Taman | 29. Utilitas |
| 3. Parkir tamu | 30. Area perluasan pabrik |
| 4. Kantor pusat | 31. Toilet |
| 5. Pos penimbangan | |
| 6. Gedung serbaguna (aula) | |
| 7. Kantor Penelitian dan Pengembangan (R & D) | |
| 8. Dapur | |
| 9. Perpustakaan | |
| 10. Musholla | |
| 11. Kantin | |
| 12. Koperasi | |
| 13. Poliklinik | |
| 14. Pemadam kebakaran | |
| 15. Parkir kendaraan operasional dan karyawan | |
| 16. Gudang bahan baku | |
| 17. Area proses | |
| 18. Gudang produk | |
| 19. Manager Produksi dan Teknik | |
| 20. Departemen Produksi | |
| 21. Departemen Teknik | |
| 22. Ruang kontrol | |
| 23. Garasi | |
| 24. Bengkel | |
| 25. Laboratorium dan Pengendalian Mutu | |
| 26. Generator | |
| 27. Ruang bahan bakar | |

9.3. Tata Letak Peralatan Proses

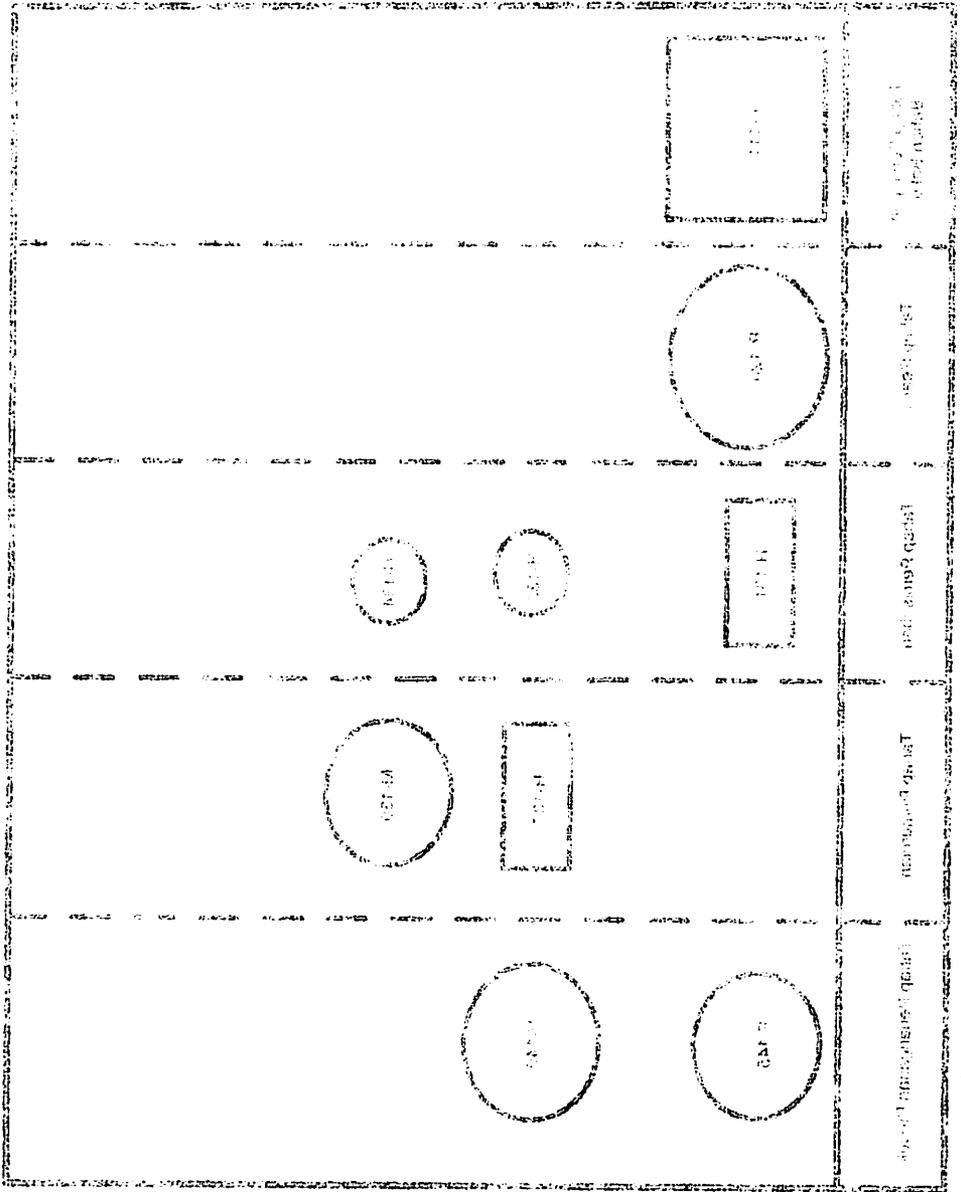
Dalam pengaturan peralatan (equipment lay out) beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain :

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



Gambar 9.3. Tata Letak Peralatan Proses (Process Layout)

Campana 02, 1999 (1999) - Dominican Republic (Barro Colorado)



Keterangan gambar 9.3 :

1. Storage Dekstrosa (F-111)
2. Reaktor (R-120)
3. Filter Press I (H-131)
4. Kation Excanger (H-133)
5. Anion Exchanger (H-134)
6. Tangki Pemurnian (M-130)
7. Filter Press II (H-137)
8. Evaporator (V-140)
9. Tangki Penampung Produk (F-145)

9.4. Perkiraan Luas Pabrik

Perkiraan luas tanah untuk masing-masing bangunan pada pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dapat dilihat pada tabel 9.4.

Tabel 9.4. Perkiraan Luas Pabrik

No	Lokasi	Ukuran (m)	Luas	
			m ²	ft ²
1	Pos Keamanan	(3 x3) x 2	18	59,054
2	Taman	100 x 3	300	984,240
3	Parkir tamu	10 x 3	30	98,424
4	Kantor Pusat	100 x 5	500	1640,400
5	Pos Penimbangan	10 x 5	50	164,040
6	Gedung serbaguna (aula)	15 x 10	150	492,120
7	Kantor Penelitian dan Pengembangan	10 x 5	50	164,040
8	Dapur	5 x 5	25	82,020
9	Perpustakaan	5 x 4	20	65,616
10	Musholla	10 x 8	80	262,464
11	Kantin	6 x 6	36	118,109
12	Koperasi	6 x 6	36	118,109
13	Poliklinik	5 x 4	20	65,616
14	Pemadam Kebakaran	5 x 6	30	98,424
15	Parkir kendaraan operasional dan Karyawan	6 x 4	24	78,7392
16	Gudang Bahan Baku	19 x 10	190	623,352
17	Area Proses	145 x 95	13775	45193
18	Gudang Produk	10 x 8	80	262,464
19	Manager produksi dan Teknik	5 x 6	30	98,424
20	Departemen Produksi	5 x 5	25	82,02
21	Departemen Teknik	5 x 10	50	164,04
22	Ruang Kontrol	5 x 10	50	164,04
23	Garasi	10 x 10	100	328,08
24	Bengkel	10 x 10	100	328,08
25	Laboratorium dan Pengendalian Mutu	10 x 5	50	164,04
26	Generator	5 x 5	25	82,02
27	Ruang Bahan Bakar	5 x 5	25	82,02
28	Ruang Boiler	5 x 5	25	82,02
29	Utilitas	20 x 15	300	984,24
30	Area Perluasan Pabrik	150 x 95	14250	46751,4
31	Toilet	(3 x 3) x 4	36	118,109
	Jumlah		30480	99998,784

Kebutuhan tanah = $99.998,784 \text{ ft}^2 = 30.480 \text{ m}^2$

Luas tanah = 31.000 m^2

BAB X

STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN

Dalam menciptakan suatu pengelolaan perusahaan agar mencapai sasaran secara efektif dan hasil produksi yang tinggi, maka harus diperhitungkan elemen dasar yang diperlukan dalam suatu perusahaan sebagai alat pelaksanaannya.

Elemen dasar itu terdiri dari :

- Manusia (*man*)
- Bahan (*material*)
- Mesin (*machine*)
- Metode (*methode*)
- Uang (*money*)
- Pasar (*market*)

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

10.1. Dasar Perusahaan

Bentuk Perusahaan : P.T. (Perseroan Terbatas)
Lokasi : Krian, Sidoarjo
Lapangan Usaha : Industri Sorbitol
Kapasitas Produksi : 30.000 ton/tahun

10.2. Bentuk Perusahaan

Perusahaan ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT), yaitu perusahaan yang terdiri dari pemegang saham (Persero / stocholder) yang mempunyai tanggung jawab terbatas terhadap hutang-hutang perusahaan sebesar modal yang mereka setorkan dan berbadan hukum.

Perusahaan dijalankan oleh Dewan direksi yang dipimpin oleh seorang direktur yang dipilih dan diangkat oleh rapat umum pemegang saham. Para pemegang saham menyerahkan tugas kepada Dewan Komisaris untuk mengawasi segala tindakan Dewan Direksi.

Dasar-dasar pertimbangan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) adalah :

1. Kontinuitas perusahaan sebagai badan hukum lebih terjamin, sebab tidak terpengaruh terhentinya pemegang saham, direksi atau karyawan.
2. Para pemegang saham mempunyai tanggung jawab yang terbatas terhadap adanya hutang-hutang perusahaan. Ini berarti resiko pemegang saham hanya terbatas sampai besarnya modal yang disetorkan.
3. Dapat memperluas lapangan usaha, karena lebih mudah memperoleh tambahan modal dengan menjual saham-saham baru.
4. Mudah memindahkan hak pemilik dengan menjual saham kepada orang lain.
5. Para pemegang saham melalui rapat umum pemegang saham, dapat memilih Dewan Direksi yang cakap dan berkualitas untuk menjalankan perusahaan.

10.3. Sistem Organisasi

Sistem organisasi yang dipilih adalah garis dan staff, yaitu kekuasaan mengalir secara langsung dari Direksi kemudian ke Kepala Bagian, kepala seksi diteruskan ke Karyawan-karyawan dibawahnya dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada Direktur.

Alasan pemilihan sistem garis dan staff ini adalah :

1. Adanya kesatuan dalam pimpinan dan perintah karena adanya pembagian kewenangan dan kekuasaan yang jelas.
2. Pimpinan dapat lebih cepat mengambil keputusan dan lebih cepat dalam memberi perintah, sebab perintah tersebut dapat diberikan langsung kepada bawahan yang bersangkutan.
3. Masing-masing manajer secara langsung bertanggung jawab atas suatu aktifitas yang diperlukan untuk mencapai tujuan organisasi.
4. Sering digunakan dalam perusahaan yang memproduksi secara massal.
5. Biasanya digunakan untuk organisasi yang cukup besar dan produksi yang terus-menerus.

Dalam sistem garis dan staff ini, pimpinan pabrik dipegang oleh seorang direktur utama yang bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris. Anggota Dewan

Komisaris ini merupakan wakil-wakil dari pemegang saham. Dan dilengkapi dengan staff ahli yang bertugas memberikan saran kepada Direktur.

10.4. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab

1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah wakil dari pemegang saham yang dipilih dalam Rapat Umum pemegang saham oleh pemegang saham.

Tugas dan wewenang Dewan Komisaris :

- Mengawasi segala tindakan Dewan Direksi agar tidak merugikan perusahaan.
- Memilih dan memberhentikan Direktur.
- Menyetujui atau menolak rencana kerja yang diajukan Direktur.
- Memberi nasehat atau saran kepada Direktur Utama.
- Mempertanggungjawabkan perusahaan kepada para pemegang saham.

2. Direktur Utama

Direktur Utama adalah pimpinan tertinggi dalam pabrik dan memimpin kegiatan perusahaan sehari-hari.

Direktur Utama membawahi :

- Direktur Produksi
- Direktur Administrasi dan Keuangan

Tugas dan wewenang Direktur Utama :

- Mengurus harta kekayaan, mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan
- Mengemudikan usaha-usaha perseroan dan bertanggungjawab atas kelancaran perusahaan.
- Menetapkan kebijaksanaan perusahaan, peraturan dan tata tertib perusahaan.
- Mewakili perusahaan didalam dan diluar pengadilan
- Bertanggungjawab kepada Dewan Komisaris

3. Direktur Produksi

Direktur Produksi bertanggungjawab kepada Direktur Utama, dalam hal :

- Pengawasan produksi

- Pengawasan peralatan pabrik
- Perbaikan dan pemeliharaan alat produksi
- Perencanaan jadwal produksi dan penyediaan sarana produksi.
- Jumlah dan mutu produksi.

4. Direktur Administrasi dan Keuangan

Direktur Administrasi dan Keuangan bertanggungjawab dalam hal :

- Biaya-biaya perusahaan.
- Neraca Keuangan perusahaan.
- Perencanaan perusahaan.
- Sumber dana perusahaan.
- Urusan kepegawaian.
- Administrasi perusahaan.
- Urusan perusahaan dengan masyarakat.

5. Penelitian dan Pengembangan (LITBANG / Staff)

Terdiri dari tenaga-tenaga ahli yang bertugas membantu Direktur dalam melaksanakan tugasnya baik yang berhubungan dengan pemasaran, personalia, pembelian, produksi maupun pengawasan produksi.

Tugas Litbang adalah :

- Membantu direktur dalam perencanaan maupun dalam penelaahan kebijaksanaan pokok dalam bidang masing-masing.
- Mengumpulkan fakta-fakta kemudian menggolongkan dan mengevaluasinya. Melaksanakan tugas-tugas yang diberikan oleh Direktur kepadanya.

6. Kepala Bagian

Tugas dan wewenang Kepala Bagian :

- Memberi pengawasan dan pengarahan kepada seksi-seksi di bawahnya
- Menyusun laporan dan hasil kerja yang dicapai oleh bagian masing-masing

6.1. Kepala Bagian Produksi

Tugas dan wewenangnya :

- Bertanggungjawab atas kontrol mutu bahan baku yang diterima pabrik.
- Bertanggungjawab atas jumlah dan mutu produksi serta kelancaran proses produksi.

6.2. Kepala Bagian Teknik

Tugas dan wewenang ;

- Mengatur dan mengawasi segala masalah yang berhubungan dengan teknik proses, utilitas, dan peralatan pabrik
- Mengatur dan bertanggungjawab atas pemakaian, perawatan dan perbaikan peralatan yang digunakan.



6.3. Kepala Bagian Umum

Tugas dan wewenang :

- Bertanggungjawab atas segala sesuatu yang berhubungan dengan masyarakat
- Bertanggungjawab atas pemanfaatan dan pengembangan tenaga kerja, kompensasinya, serta kesejahteraan tenaga kerja
- Bertanggungjawab atas segala administrasi perusahaan

6.4. Kepala Bagian Keuangan

Tugas dan wewenangnya :

- Memberikan laporan keuangan secara periodik tentang kondisi keuangan perusahaan dan aliran kas.
- Membantu penyusunan anggaran perusahaan, perkiraan biaya produksi dan kapasitas produksi.
- Memberi data dalam hal pengeluaran pajak pendapatan, pajak kekayaan dan laporan lain yang diperlukan pemerintah

6.5. Kepala Bagian Pemasaran

Tugas dan wewenangnya :

- Bertanggung jawab atas perencanaan, penentuan harga produk, promosi serta pendistribusian produk
 - Bertanggung jawab atas kelancaran pemasaran hasil produksi
- Masing-masing kepala bagian dalam menjalankan tugasnya dibantu oleh kepala seksi.

7. Kepala Seksi

Tugas Kepala Seksi adalah :

- Memimpin pelaksanaan perencanaan yang telah ditetapkan oleh Kepala Bagian masing-masing
- Mengatur, mengawasi dan melaksanakan aktifitas pada masing-masing seksi.
- Memberikan pertanggungjawaban kepada Kepala Bagian masing-masing.

7.1. Kepala Seksi Proses

Tugas dan wewenangnya :

- Mengatur dan mengawasi pelaksanaan semua proses yang terjadi dalam pembuatan Sorbitol
- Bertanggung jawab atas jalannya masing-masing proses

7.2. Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan

Tugas dan wewenangnya :

- Bertanggung jawab atas penelitian-penelitian yang dilakukan meliputi : bahan baku, hasil produksi dan penggunaan alat.
- Membawahi unit laboratorium

7.3. Kepala Seksi Penyediaan Bahan Baku

Mengatur pembelian bahan baku, pengiriman dan bertanggung jawab atas penyediaan bahan baku.

7.4.Kepala Seksi Utilitas

Bertugas mengatur dan mengawasi pelaksanaan penyediaan air proses, air pendingin, air umpan boiler, steam, bahan bakar serta bertanggung jawab atas peralatan yang berhubungan dengan utilitas, misalnya boiler.

7.5.Kepala Seksi pemeliharaan dan perbaikan

Bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan proses, gedung dan taman.

7.6.Kepala Seksi Personalia

Bertugas melaksanakan segala sesuatu yang berhubungan dengan tenaga kerja, antara lain :

- Penerimaan dan pemberhentian karyawan
- Penempatan karyawan
- Kesejahteraan karyawan

7.7.Kepala Seksi Humas

Bertugas untuk mengadakan hubungan baik dengan masyarakat sekitar perusahaan maupun dengan pemerintah.

7.8.Kepala Seksi Keamanan

Bertugas menjaga keamanan dilingkungan pabrik dan mengawasi keluar masuknya orang dilingkungan pabrik.

7.9.Kepala Seksi Pembukuan

Bertugas membukukan segala transaksi keuangan, yang terjadi di perusahaan.

7.10. Kepala Seksi Keuangan

Bertanggung jawab atas pencatatan hutang-piutang, perpajakan, administrasi keuangan.

7.11. Kepala Seksi Penjualan:

Bertanggung jawab untuk mencari pemasaran yang seluas-luasnya dengan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya.

7.12. Kepala Seksi Gudang

Bertugas mengatur keluar masuknya bahan-bahan dan alat-alat dari gudang.

7.13. Kepala Seksi Iklan dan Promosi

Mengatur pelaksanaan pemasaran hasil produksi dan mengadakan penelitian yang tepat mengenai daerah atau tempat-tempat untuk pemasaran hasil produksi.

10.5. Jam Kerja Karyawan

Pabrik direncanakan bekerja atau beroperasi 340 hari dalam setahun, 24 jam perhari. Sisa hari selain hari libur dipergunakan untuk perbaikan dan perawatan dan shut down. Pembagian jam kerja karyawan adalah sebagai berikut :

1. Karyawan Non Shift

Bekerja selama 6 (enam) hari dalam seminggu, sedang hari minggu dan hari besar libur.

Ketentuan jam kerja adalah sebagai berikut :

Senin sampai dengan Jum'at : 07.00 – 15.00 WIB (istirahat 12.00 – 13.00)

Sabtu : 07.00 – 12.00 WIB (istirahat 12.00 – 13.00)

Istirahat :

Senin sampai dengan Kamis : 12.00 – 13.00 WIB

Jum'at : 11.00 – 13.00 WIB

2. Karyawan Shift

➤ Shift I (Pagi) : 07.00 – 15.00 WIB

➤ Shift II (Siang) : 15.00 – 23.00 WIB

➤ Shift III (Malam) : 23.00 – 07.00 WIB

Untuk memenuhi kebutuhan pegawai ini diperlukan empat regu dengan tiga regu bekerja dan satu regu libur. Jadwal kerja masing-masing regu dapat dilihat pada :

Tabel 10.1. jadwal Kerja Harian Untuk Karyawan Shift

Regu	Hari Ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M
II	S	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L
III	M	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P
IV	L	P	S	M	L	P	S	M	L	P	S

Keterangan :

P = Pagi

S = Siang

M = Malam

L = Libur

10.6. Jaminan Sosial

Jaminan sosial adalah jaminan yang diberikan kepada karyawan bila karyawan diluar kesalahannya tidak dapat melakukan pekerjaannya. Jaminan sosial ini berupa pembayaran upah karyawan dan santunan selama karyawan tidak mampu melakukan pekerjaannya dalam jangka waktu 5 (lima) bulan. Sesudah jangka waktu tersebut perusahaan dapat memutuskan hubungan kerja dengan memberikan pesangon sesuai dengan peraturan perburuhan yang berlaku.

Selain jaminan sosial yang diberikan kepada karyawan, juga diberikan tunjangan-tunjangan meliputi :

1. Asuransi-asuransi kesehatan, jiwa dan kecelakaan bagi karyawan tetap.
2. Pakaian kerja diberikan kepada karyawan tetap sebanyak dua pasang setiap tahun.
3. Tunjangan yang diberikan kepada karyawan tetap dikeluarkan bersama-sama dengan gaji. Besarnya sesuai dengan besarnya gaji, kedudukan, keahlian dan masa kerja.
4. Pengobatan, yang dapat dilakukan di poliklinik perusahaan dengan cuma-cuma atau rumah sakit atau dokter yang ditunjuk oleh perusahaan.

10.7. Status Karyawan dan Sistem Upah

Pada perusahaan ini, sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab serta keahlian.

Menurut status karyawan perusahaan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan sebagai berikut :

1. Karyawan tetap

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

2. Karyawan harian

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

3. Pekerja borongan

Pekerja borongan adalah pekerja yang dipekerjakan oleh perusahaan hanya pada saat diperlukan saja. Pekerja borongan ini menerima upah borongan untuk suatu pekerjaan.

10.8. Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Perhitungan jumlah tenaga kerja operasional didasarkan pembagian proses yang dilakukan. Pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa, proses yang dilakukan terbagi dalam beberapa tahap, yaitu :

a. Proses utama

1. Penyiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan
4. Tahap pemurnian
5. Tahap penanganan produk

b. Tahap tambahan atau pembantu

1. Laboratorium
2. Utilitas, terdiri dari pengolahan air, boiler, listrik, dan pengolahan limbah
3. Pemeliharaan
4. Bengkel

Sehingga jumlah proses keseluruhan yang membutuhkan tenaga operasional adalah 5 proses. Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas 30.000 ton/tahun dan beroperasi 340 hari/tahun, yaitu :

$$\text{Kapasitas produksi (P)} = \frac{30.000 \text{ ton/tahun}}{340 \text{ hari/tahun}} = 88,235 \text{ ton/hari}$$

Berdasarkan Vilbrant, fig. 6.35, hal 235, diperoleh jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk kapasitas produksi 88,235 ton/hari adalah 47 orang.jam/hari/tahapan proses.

Berdasarkan Vilbrant, fig. 6.35, hal 235, didapat jumlah karyawan :

$$\begin{aligned} M &= 15,2 \times P^{0,25} \\ &= 15,2 \times (88,235)^{0,25} \\ &= 46,5858 \approx 47 \text{ orang.jam/hari/tahapan proses} \end{aligned}$$

Ada 5 tahapan proses dalam Pra Rencana Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa, sehingga :

$$\text{Jumlah karyawan} = 47 \times 5 = 235 \text{ orang.jam/hari}$$

Karena setiap karyawan shift bekerja selama 8 jam/hari, maka :

$$\text{karyawan proses} = \frac{235}{8} = 30 \text{ orang/shift.hari}$$

Ada 4 regu pekerja shift yang harus disediakan, sehingga didapat:

$$\text{Jumlah karyawan proses} = 30 \text{ orang/shift} \times 4 \text{ shift} = 120 \text{ orang}$$

Jadi, pada Pra Rencana Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa yang akan didirikan dibutuhkan karyawan sebanyak 120 orang.

Perincian jumlah tenaga kerja dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10.2. jumlah Tenaga Kerja

No.	J A B A T A N	PENDIDIKAN		
		D3	S1	S2
1.	Direktur Utama		1	
2.	Direktur Teknik dan Produksi		1	
3.	Direktur Administrasi dan Keuangan		1	
4.	Staff Litbang			1
5.	Kepala Bagian Produksi		1	
6.	Kepala Bagian Teknik		1	
7.	Ka Bagian Umum dan Administrasi		1	
8.	Kepala Bagian Keuangan		1	
9.	Kepala Bagian Pemasaran		1	
10.	Kepala Seksi Proses		1	
11.	Kepala Seksi Penelitian		1	
12.	Kepala Seksi Pengadaan bahan baku		1	
13.	Kepala Seksi Utilitas		1	
14.	Kepala Seksi Pemeliharaan		1	

15.	Kepala Seksi Personalia		1	
16.	Kepala Seksi Humas		1	
17.	Kepala Seksi Kemanan		1	
18.	Kepala Seksi Pembukuan		1	
19.	Kepala Seksi Keuangan		1	
20.	Kepala Sekai Penjualan		1	
21.	Kcpala seksi Gudang		1	
22.	Kepala Seksi Iklan dan Promosi		1	
23.	Karyawan Utilitas	8		
24.	Karyawan Pemeliharaan & Perbaikan	5		
25.	Karyawan Proses	30		
26.	Karyawan Penelitian	6		
27.	Karyawan Bahan Baku	5		
28.	Karyawan Personalia	5		
29.	Karyawan Keamanan	4		
30.	Karyawan Kesehatan	3		
31.	Karyawan Pemasaran	5		
32.	Karyawan Keuangan	2		
33.	Karyawan Gudang	5		
34.	Karyawan Administrasi & Pembukuan	2		
35.	Karyawan Kebersihan	5		
36.	Pegawai Perpustakaan	2		
37.	Sopir	6		
38.	Karyawan Kantin	2		
39.	Dokter		1	
40.	Sekretaris	2		
	Jumlah	97	22	1
	Total		120	

10.9. Sistem Pengupahan karyawan

Pada pabrik ini, sistem pengupahan berbeda-beda tergantung pada status karyawan dan tingkat pendidikan, serta besar kecilnya kedudukan, tanggung jawab dan keahliannya. Menurut status karyawan pabrik, dapat dibagi menjadi tiga golongan, dengan didasarkan atas kebutuhan dan perbedaan status ini, maka sistem pengupahan pada pabrik ini adalah:

1. Upah bulanan

Upah bulanan diberikan kepada karyawan tetapi besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada akhir bulan

2. Upah mingguan

Upah harian diberikan kepada karyawan harian tetapi yang besarnya berbeda-beda untuk setiap karyawan dan diberikan pada setiap akhir pekan

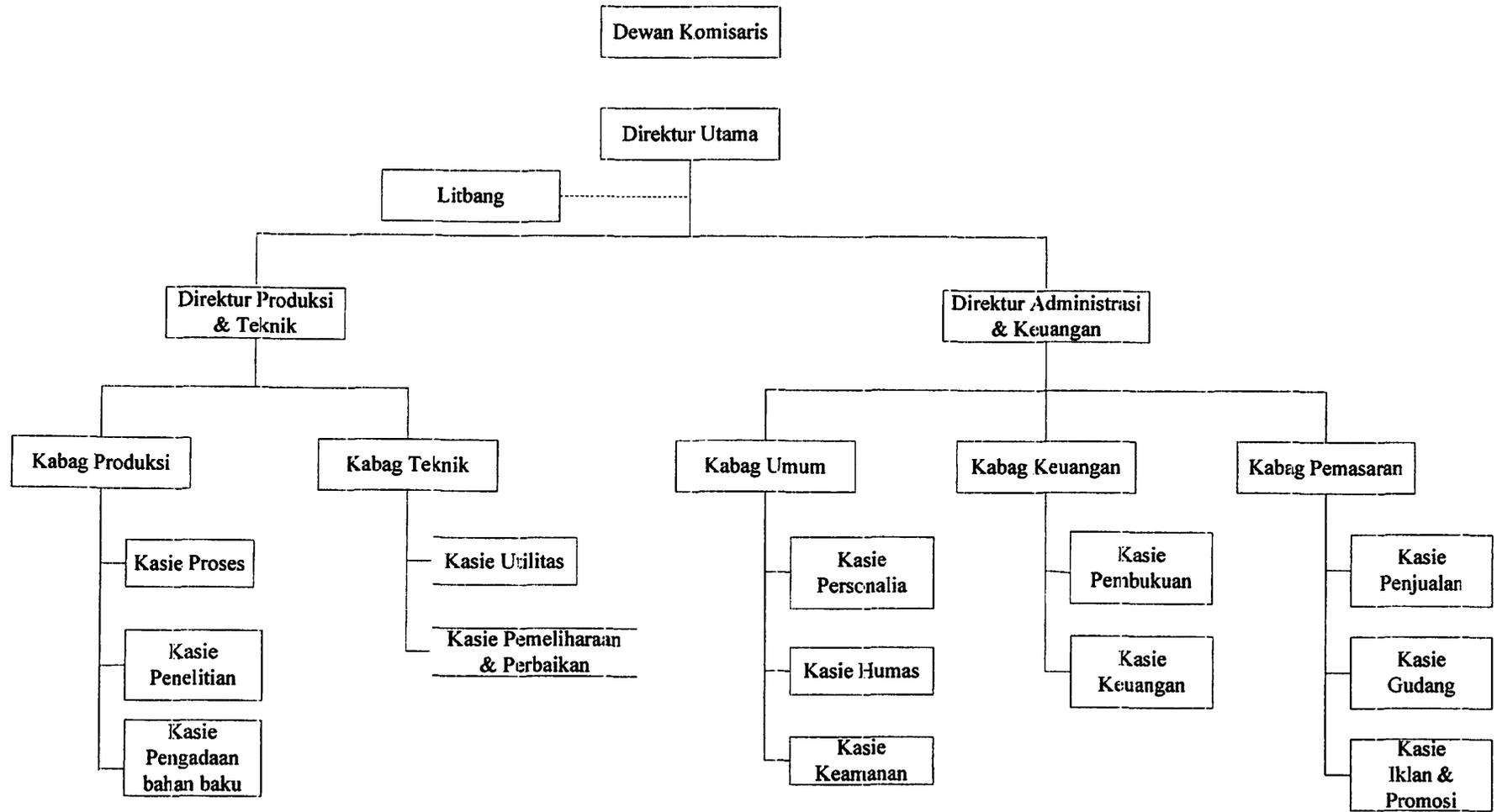
3. Upah borongan

Upah borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau karyawan borongan yang besarnya tidak tetap, tergantung pada macam pekerjaan yang dilakukan dan diberikan setelah pekerjaan itu selesai.

Tabel 10.3. Daftar Upah (Gaji) Karyawan

No.	Bagian	Jumlah	Gaji (Rp)	
			Per Orang	Jumlah
1	Direktur utama	1	25.000.000	25.000.000
2	Direktur Teknik dan Produksi	1	15.000.000	15.000.000
3	Direktur Administrasi & Keuangan	1	15.000.000	15.000.000
4	Staff Litbang	1	15.000.000	15.000.000
5	Kepala Bagian Produksi	1	8.000.000	8.000.000
6	Kepala Bagian Teknik	1	8.000.000	8.000.000
7	Kepala Bagian Umum	1	8.000.000	8.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan	1	8.000.000	8.000.000
9	Kepala Bagian Pemasaran	1	8.000.000	8.000.000
10	Kepala Seksi Proses	1	8.000.000	8.000.000
11	Kepala Seksi Penelitian	1	8.000.000	8.000.000
12	Kepala Seksi Pengadaan bahan baku	1	8.000.000	8.000.000
13	Kepala Seksi Utilitas	1	8.000.000	8.000.000
14	Kepala Seksi Pemeliharaan	1	8.000.000	8.000.000
15	Kepala Seksi Personalia	1	8.000.000	8.000.000
16	Kepala Seksi Humas	1	8.000.000	8.000.000
17	Kepala Seksi Kemanan	1	8.000.000	8.000.000
18	Kepala Seksi Pembukuan	1	8.000.000	8.000.000

19	Kepala Seksi Keuangan	1	8.000.000	8.000.000
20	Kepala Seksi Penjualan	1	8.000.000	8.000.000
21	Kepala seksi Gudang	1	8.000.000	8.000.000
22	Kepala Seksi Iklan dan Promosi	1	8.000.000	8.000.000
23	Karyawan Utilitas	8	2.500.000	20.000.000
24	Karyawan Pemeliharaan	5	2.500.000	12.500.000
25	Karyawan Proses	30	2.500.000	75.000.000
26	Karyawan Penelitian	6	2.500.000	15.000.000
27	Karyawan Bahan Baku	5	2.500.000	12.500.000
28	Karyawan Personalia	5	2.500.000	12.500.000
29	Karyawan Keamanan	4	2.500.000	10.000.000
30	Karyawan Kesehatan	3	2.500.000	7.500.000
31	Karyawan Pemasaran	5	2.500.000	12.500.000
32	Karyawan Keuangan	2	2.500.000	5.000.000
33	Karyawan Gudang	5	2.500.000	12.500.000
34	Karyawan Administrasi & Pembukuan	2	1.500.000	3.000.000
35	Karyawan Kebersihan	5	1.500.000	7.500.000
36	Pegawai Perpustakaan	2	1.500.000	3.000.000
37	Sopir	6	1.500.000	9.000.000
38	Karyawan Kantin	2	1.500.000	3.000.000
39	Dokter	1	5.000.000	5.000.000
40	Sekretaris	2	1.500.000	3.000.000
TOTAL		120	442.500.000	



Gambar 10.1. Struktur Organisasi Perusahaan Sorbitol dari Dekstrosa

BAB XI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan suatu cara untuk mengetahui apakah pabrik yang akan didirikan menguntungkan atau tidak. Oleh karena itu dalam pra rencana pabrik Sorbitol dari Dekstrosa ini dibuat evaluasi untuk mengetahui berapa investasi yang diperlukan untuk mendirikan pabrik Sorbitol dari Dekstrosa tersebut. Cara untuk mengetahui jumlah investasi yang dibutuhkan oleh pabrik Sorbitol dari Dekstrosa ini dapat menggunakan beberapa cara, yaitu :

1. Return of Investment / ROI
2. Pay Out Time / POT
3. Break Event Point / BEP
4. Internal Rate of Return / IRR

Untuk menghitung faktor-faktor diatas perlu diadakan penafsiran beberapa hal menyangkut administrasi perusahaan dan jalannya proses, yaitu :

1. Penaksiran modal investasi total (*Total Capital Investment / TCI*) terdiri atas :
 - a. Modal tetap (*Fixed Capital Investment / FCI*)
 - b. Modal kerja (*Work Capital Investment / WCI*)
2. Penentuan biaya produksi total (*Total Production Cost / TPC*) terdiri atas :
 - a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost / MC*)
 - b. Biaya pengeluaran umum (*General Expenses / GE*)
3. Total pendapatan

11.1 Faktor –faktor Penentu

A. Modal Investasi Total (Total Capital Investment = TCI)

Yaitu modal yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik sebelum berproduksi, terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment (FCI)*

b. Biaya langsung (*Direct cost*), meliputi :

- Pembelian alat
- Instrumentasi dan alat kontrol
- Perpipaan terpasang
- Listrik terpasang
- Tanah dan bangunan
- Fasilitas pelayanan
- Pengembangan lahan

c. Biaya tak langsung (*Indirect cost*)

- Teknik dan supervisi
- Konstruksi
- Kontraktor
- Biaya tak terduga

d. *Working Capital Investment (WCI)*

Modal kerja yaitu modal yang digunakan untuk menjalankan pabrik yang berhubungan dengan laju produksi dalam beberapa waktu tertentu.

Modal kerja terdiri dari :

1. Penyediaan bahan baku dalam waktu tertentu
2. Pengemasan produk dalam waktu tertentu
3. Utilitas dalam waktu tertentu
4. Gaji dalam waktu tertentu
5. Uang tunai

Sehingga :

Total Capital Investment (TCI) = Modal tetap (FCI) + Modal kerja (WCI)

B. Biaya produksi (Total Production Cost = TPC)

Total biaya produksi adalah biaya yang digunakan untuk operasi pabrik atau biaya yang dikeluarkan untuk mengeluarkan satu-satuan produk dalam waktu tertentu. Biaya produksi terdiri dari :

a. Biaya pembuatan (*Manufacturing Cost*), terdiri dari :

1. Biaya produksi langsung
 2. Biaya produksi tetap
 3. Biaya *overhead* pabrik
- b. Biaya umum (*General Expenses*), terdiri dari :
1. Biaya administrasi
 2. Biaya distribusi dan pemasaran
 3. Litbang
 4. Financing

Adapun biaya produksi total terbagi menjadi :

a. Biaya variabel (*Variable Cost = VC*)

Biaya variabel yaitu, segala biaya yang pengeluarannya berbanding lurus dengan laju produksi atau biaya yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara langsung. Biaya variabel terdiri :

1. Biaya bahan baku
2. Biaya utilitas
3. Biaya pengemasan

b. Biaya semi variabel (*Semi Variable Cost = SVC*)

Biaya semi variabel yaitu, biaya pengeluaran yang tidak berbanding lurus dengan laju produksi atau yang tergantung dengan kapasitas pabrik secara tidak langsung. Biaya semi variabel terdiri dari :

1. Upah karyawan
2. Plant overhead
3. Pemeliharaan dan perbaikan
4. Laboratorium
5. Operating supplies
6. Biaya umum
7. Supervisi

c. Biaya tetap (*Fixed Production Cost = FPC*)

Biaya tetap adalah biaya yang dikeluarkan secara tetap, tidak tergantung pada kapasitas pabrik.

Biaya tetap terdiri dari :

- 1. Asuransi
- 2. Depresiasi
- 3. Pajak
- 4. Bunga bank

11.2 Penafsiran Harga Alat

Harga suatu alat setiap saat akan berubah, tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Oleh karena itu, digunakan beberapa cara konversi harga alat terhadap harga alat pada beberapa tahun yang lalu, sehingga diperoleh harga yang ekuivalen dengan harga sekarang.

Harga alat dalam Pra Rencana Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa ini didasarkan pada data harga alat yang terdapat pada literatur Peter & Timmerhause, Gael. D. Ulrich serta artikel.

Untuk menaksir harga alat pada tahun 2014 digunakan persamaan berikut :

$$C_A = \frac{I_A}{I_B} \times C_B \dots\dots\dots (1)$$

$$V_A = V_B \times \left(\frac{\text{Kapasitas alat A}}{\text{Kapasitas alat B}} \right)^n \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- C_A = Taksiran harga alat pada tahun 2014
- C_B = Taksiran harga alat pada tahun basis
- I_A = Indeks harga pada tahun 2014
- I_B = Indeks harga pada tahun basis
- V_A = Harga alat dengan kapasitas A
- V_B = Harga alat dengan kapasitas B
- n = Harga eksponen alat tertentu *(Peter and Timmerhaus, hal. 170)*

11.3. Penentuan Total Capital Investment (TCI)

Dari perhitungan Appendiks E diperoleh :

A. Biaya Langsung (DC)	= Rp. 75.394.131.317
B. Biaya Tak Langsung (IC)	= Rp. 16.586.708.890
C. Fix Capital Investment (FCI)	= Rp. 91.980.840.206
D. Modal Kerja (WCI)	= Rp. 9.198.084.021
Maka TCI	= Rp. 101.178.924.227

11.4. Penentuan *Total Production Cost* (TPC)

Dari perhitungan Appendix E diperoleh :

A. Biaya Produksi Langsung (Direct Production Cost /DPC)	= Rp. 119.554.257.455
B. Biaya Tetap (Fixed Production Cost/FPC)	= Rp. 30.813.581.469
C. Biaya Overhead	= Rp. 4.863.271.670
D. Biaya Umum (General Expenses)	= Rp. 1.120.569.970
Maka TPC	= Rp. 156.273.242.667

11.5. Laba Perusahaan

Laba perusahaan yaitu keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk.

Dari Appendix E diperoleh :

Total penjualan	= Rp. 221.381.330.400
Pajak Penghasilan	= 48% dari laba kotor
Laba kotor	= Rp. 65.108.087.733
Laba bersih	= Rp. 33.856.205.621
Cash flow (C _A)	= Rp. 43.054.289.642

11.6. Analisis Probabilitas

A. Pay Out Time (POT)

POT adalah masa tahunan pengembalian modal investasi dari laba yang dihitung dikurangi penyusutan atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal investasi.

$$POT = \frac{\text{Modal tetap} + (\text{Bunga} \cdot \text{TCD})}{\text{Cash flow setelah pajak}} \times 1 \text{ tahun}$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$POT = 2,1364 \text{ tahun}$$

B. Rate On Investment (ROI)

ROI adalah pernyataan umum yang digunakan untuk menunjukkan laba tahunan sebagai usaha untuk mengembalikan modal.

- ROI sebelum pajak

$$ROI_{BT} = \frac{\text{Laba kotor}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$ROI_{BT} = 71 \%$$

- ROI setelah pajak

$$ROI_{AT} = \frac{\text{Laba bersih}}{\text{Modal tetap}} \times 100 \%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$ROI_{AT} = 37 \%$$

C. Break Event Point (BEP)

BEP adalah titik dimana jika tingkat kapasitas pabrik berada pada titik tersebut maka pabrik tidak untung dan tidak rugi atau harga penjualan sama dengan biaya produksi.

$$BEP = \frac{FC + (0,3 \text{ SVC})}{S - (0,7 \text{ SVC} - VC)} \times 100\%$$

Dari Appendix E diperoleh :

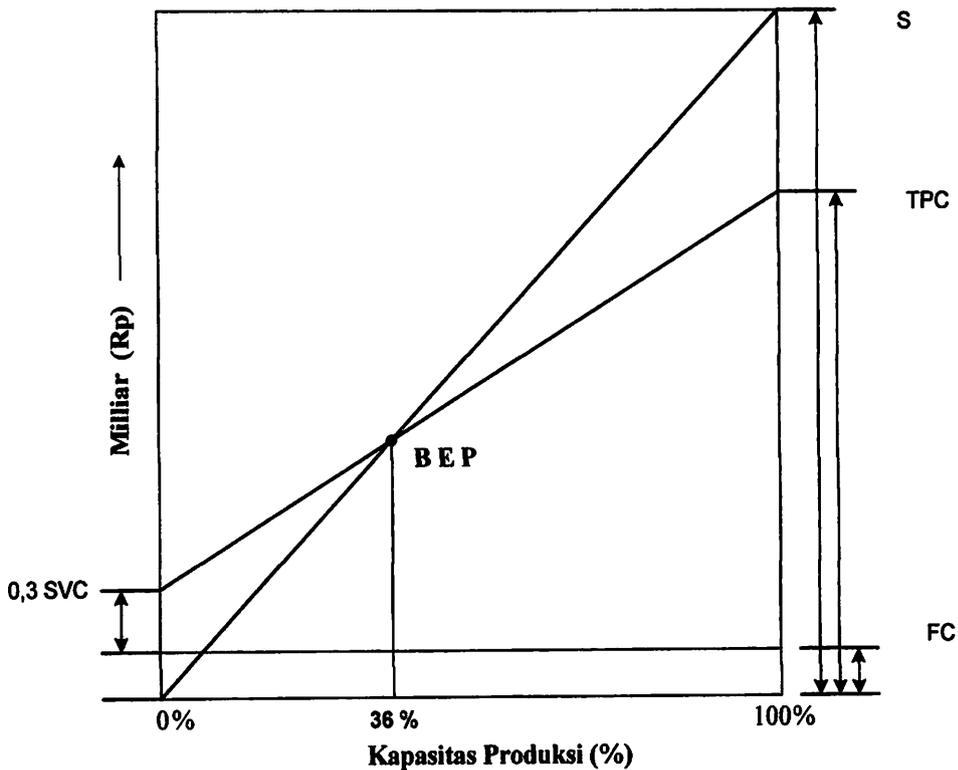
$$FPC = \text{Rp. } 30.813.581.469$$

$$SVC = \text{Rp. } 16.425.707.526$$

$$VC = \text{Rp. } 110.675.125.996$$

$$S = \text{harga jual} = \text{Rp. } 221.381.330.400$$

Maka nilai BEP = 36 %



D. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point adalah suatu titik yang merupakan kapasitas minimal pabrik masih boleh beroperasi.

$$SDP = \frac{0,3 SVC}{S - 0,7SVC - VC} \times 100\%$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$SDP = 4,97 \%$$

Titik shut down point terjadi pada kapasitas = 10.996.101.078 ton/tahun

E. Net Present Value (NPV)

Metode ini digunakan untuk menghitung selisih dari nilai penerimaan kas bersih sekarang dengan nilai investasi sekarang.

Langkah – langkah menghitung NPV :

- a. Menghitung C_{A0} (tahun ke-0) untuk masa konstruksi 2 tahun

Dari Appendix E diperoleh :

$$C_{A-2} = \text{Rp. } 48.657.864.469$$

$$C_{A-1} = \text{Rp. } 72.986.796.704$$

$$C_{A-0} = \text{Rp. } -121.644.661.173$$

b. Menghitung NPV tiap tahun

$$NPV = C_A \times F_d$$

Dimana : F_d = faktor diskon = $1/(1+i)^n$

i = tingkat bunga

C_A = cash flow setelah pajak

n = tahun ke-n

Dari Appendix E diperoleh :

$$NPV = \text{Rp. } 41.911.054.760$$

Karena harga NPV = (+) maka pabrik Sorbitol dari dekstrosa ini layak untuk didirikan.

F. Internal Rate Of Return (IRR)

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \times (i_2 - i_1)$$

Dari Appendix E diperoleh :

$$IRR = 34,09 \%$$

Karena IRR lebih besar dari bunga bank (15%) maka pabrik Sorbitol dari dekstrosa layak untuk didirikan.

BAB XII

KESIMPULAN

Berdasarkan pemilihan proses, analisa ekonomi, penentuan lokasi dan berbagai pertimbangan lainnya, maka dapat disimpulkan bahwa Pra Rencana Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa ini sangat menguntungkan dan dapat direalisasikan pada tahap pembangunan. Kesimpulan ini diambil dengan memperhatikan aspek – aspek dibawah ini.

12.1. Aspek Lokasi

Pabrik ini didirikan di By pass Krian, Kota Sidoarjo, Propinsi Jawa Timur.

Pabrik ini diperkirakan cukup menguntungkan mengingat :

- Daerah ini dekat dengan bahan baku dekstrosa.
- Tersedianya air sungai dan air PDAM yang cukup sehingga memudahkan pengadaan utilitas.
- Penyediaan sumber tenaga listrik yang cukup.

12.2. Aspek Sosial

Pendirian Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa ini bila ditinjau dari aspek sosial dinilai menguntungkan karena :

- Dapat menciptakan lapangan kerja baru.
- Memberikan kesempatan kepada penduduk untuk mendapatkan penghasilan yang lebih baik dari sebelumnya.

12.3. Aspek Ekonomi

Di Indonesia kebutuhan sorbitol semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan industri makanan, industri kosmetik, industri farmasi, industry tekstil dan industri lainnya yang menggunakannya sebagai bahan baku. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Ditinjau dari hal diatas maka pendirian Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa di Indonesia sangat penting karena dapat membantu program pemerintah dalam rangka meningkatkan industrialisasi dan juga dapat menambah pendapatan/devisa Negara. Setelah dilakukan analisa ekonomi terhadap Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa ini dan dinilai menguntungkan dengan berdasarkan data-data sebagai berikut:

ROI sebelum pajak : 71 %

ROI setelah pajak : 37 %

Pay Out Time : 2,1364 tahun

Break Event Point : 36 %

Internal Rate Return : 34,09 % > bunga bank : 15 % (layak untuk didirikan)

12.4. Aspek Pemasaran

Produksi Sorbitol dalam perencanaan pabrik ini diharapkan dapat memperoleh pemasaran yang baik, ini dikarenakan kebutuhan Sorbitol semakin meningkat baik di dalam maupun di luar negeri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Faith, W.L., Keyes, D. B., Clark, R. L., **Industri Chemical**, 2nd Ed., John Willey & Sons Inc., New York, 1959.
2. **Badan Pusat Statistik**
3. **Departemen Kementrian Perdagangan dan Perindustrian Republik Indonesia**
4. Damayanti, Junita; Sjeron, Evelien; Skripsi., **Pra Rencana Pabrik Sorbitol dari Dektrosa.**, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya., 1996.
5. <http://id.wikipedia.org/wiki/dextrose>
6. <http://id.wikipedia.org/wiki/hidrogen>
7. Kirk, Othmer, **Encyclopedia of Chemical Technology**, Vol.12, 3rd Ed, The Interscience Encyclopedia Inc., New Ed, The Interscience Encyclopedia Inc., New York, 1969.
8. Perry, Robert H., **Chemical Engineers' Handbook**, 6rd ED., Mc. Graw Hill Book Co., London, 1967.
9. Brown G.G, "**Unit Operation**", Charles E. Tuttle Co. Tokyo, Japan, 1961.
10. Coulson and Richardson's, "**Chemical Engineering**", volume 6, 2nd edition, Departement Of Chemical Engineering, University College of Swansea.
11. Geankoplis, Christie , "**Transport Process dan Unit Operation**", 3rd Edition, Prentice Hall Inc, New Delhi, India 1997
12. Hesse, H.C. and Rushton, J.H., "**Process Equipment Design**", D. Van Nostrand Co. New Jersey, 1981.
13. Hougen, A. Olaf and Watson, K.M., "**Chemical Process Principle**", 2nd Edition John Willey and Sons Inc. New York 1954.
14. Kern D.Q, "**Process Heat Transfer**", 2nd Edition, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1988.
15. Ludwig E.E, "**Design for Chemical and Petrochemical Plant**", Gulf Publishing Company, Houston, 1964.
16. McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, "**Operasi Teknik Kimia**", Jilid I, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.
17. McCabe Warren, Smith Julian, Harriot Peter, "**Operasi Teknik Kimia**", Jilid II, PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta, Indonesia, 1994.

18. Smith, J.M, and Van Ness H.C, ***“Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics”***, 2nd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, 1959.
19. Ulrich D. Gael, ***“A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic”***, John Willey and Sons Inc, New York, USA, 1984.
20. Water, L. Badger and Julis T. Banchemo, ***“Introduction to Chemical Engineering”***, McGraw Hill Book Company, Tokyo, 1985.