

No: TK/TA/2019/

**PRA RANCANGAN PABRIK
SORBITOL DARI GLUKOSA DENGAN PROSES HIDROGENASI
KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/ TAHUN**

PERANCANGAN PABRIK

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



Oleh:

**Nama : Ananda Putri R
No.Mahasiswa : 14521319**

**Nama : Faridah Barrotut T
No.Mahasiswa : 14521333**

**KONSENTRASI TEKNIK KIMIA
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2019**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ananda Putri R

Nama : Faridah Barrotut T

NIM : 14521319

NIM : 14521333

Yogyakarta, Februari 2019

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

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

Td. T.



Ananda Putri R
NIM. 14521319

Td. Tanga



Faridah Barrotut T
NIM. 14521333

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRA RANCANGAN PABRIK
SORBITOL DARI GLUKOSA DENGAN PROSES HIDROGENASI
KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/ TAHUN
PERANCANGAN PABRIK



Oleh :

Nama : Ananda Putri R
No.Mahasiswa : 14521319

Nama : Faridah Barrotut T
No.Mahasiswa : 14521333

Yogyakarta, Februari 2019

Pembimbing I,

Ir.Suharno Rusdi, Ph.D.
NIP.845210102

Pembimbing II,

Dr.If a Puspasari,S.T.,M.Eng.
NIP. 155210506

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PRA RANCANGAN PABRIK
SORBITOL DARI GLUKOSA DENGAN PROSES HIDROGENASI
KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/ TAHUN

PERANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama : Ananda Putri R	Nama : Faridah Barrotut T
No.Mahasiswa : 14521319	No.Mahasiswa : 14521333

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

Yogyakarta, Februari 2019

Tim Penguji,
Ir.Suharno Rusdi,Ph.D.
 Ketua

Zainus Salimin, Ir.,M.Si.
 Anggota I

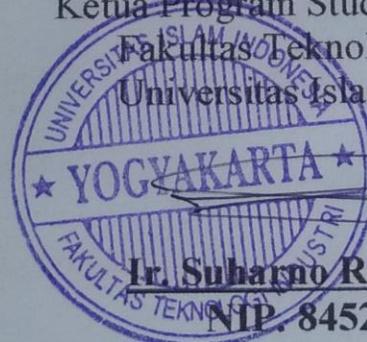
Umi Rofiqah, S.T.,M.T.
 Anggota II



.....

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Kimia
 Fakultas Teknologi Industri
 Universitas Islam Indonesia



Ir. Suharno Rusdi, Ph.D.
 NIP. 845210102

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr., Wb

Segala puji bagi Allah SWT yang mana telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Sorbitol Dari Glukosa Dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 100.000 Ton/ Tahun” dapat diselesaikan dengan baik pada waktu yang telah ditentukan. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan atas junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sahabat serta pengikutnya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang wajib ditempuh untuk menyelesaikan pendidikan sarjana sesuai dengan kurikulum yang telah ditetapkan oleh Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dengan terselesaikannya tugas akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala petunjuk dan pertolongan kepada hamba-Mu sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Orang tua dan keluarga atas kasih sayang, perhatian, doa serta dukungan moril maupun materil yang telah diberikan sejauh ini.
3. Bapak Dr. Suharno Rusdi selaku Ketua Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

4. Bapak Dr. Suharno Rusdi, Ph.D. dan Ibu Ifa Puspasari, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Zainus Salimin, Ir.,M.Si dan Umi Rofiqah, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Pendadaran
6. Partner Tugas Akhir atas kerjasamanya.
7. Agil Rinekso Jati, S.T, yang telah membantu dalam proses mengerjakan Tugas Akhir.
8. Vitro Rahmat, S.T., yang telah membantu dalam proses mengerjakan Tugas Akhir.
9. Gina, Qonita, Tria, Adel, yang telah memberikan semangat dan bantuan dalam mengerjakan Tugas Akhir.
10. Serta semua pihak yang telah ikut serta memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Yogyakarta, Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PERANCANGAN PABRIK	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ketersediaan Bahan Baku	2
1.3 Kapasitas Perencanaan	2
1.4 Tinjauan Pustaka	5
1.4.1 Macam-macam Proses Produksi Sorbitol	5
1.4.2 Kegunaan Produk	7
BAB II	9
PERANCANGAN PRODUK	9
2.1 Spesifikasi Produk	9
2.1.1 Sifat Fisik	9
2.2 Spesifikasi Bahan Baku	10
2.2.1 Glukosa (C ₆ H ₁₂ O ₆)	10
2.2.2 Hidrogen (H ₂)	11
2.3 Pengendalian Kualitas	12
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	13
2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk	15
2.3.3 Pengendalian Waktu Produksi	16
BAB III	17
PERANCANGAN PROSES	17
3.1 Uraian Proses	17
3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku	17
3.1.2 Tahap Reaksi	18
3.1.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian	18
3.1.4 Tahap Penyimpanan	19
3.2 SPESIFIKASI ALAT/MESIN PRODUK	20
3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan	20
3.2.2 <i>Heat Exchanger</i>	21
3.2.3 <i>Cooler</i>	22
3.2.4 Reaktor	23
3.2.5 Kompresor	24
3.2.6 Evaporator	24

3.2.7	Flash Drum.....	25
3.2.8	<i>Adsorber</i>	26
3.2.9	Pompa.....	27
3.3	PERENCANAAN PRODUKSI.....	29
BAB IV	31
PERANCANGAN PABRIK	31
4.1	Lokasi Pabrik.....	31
4.1.1	Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik	32
4.1.2	Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik	33
4.2	Tata Letak Pabrik	34
4.2.1	Area Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium	36
4.2.2	Area Proses dan Ruang Kontrol.....	36
4.2.3	Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi	36
4.2.4	Area Utilitas dan Power Station.....	36
4.3	Tata Letak Alat Proses.....	39
4.4	Alir Proses dan Material.....	Error! Bookmark not defined.
4.4.1	Neraca Massa	Error! Bookmark not defined.
4.2	Neraca Panas.....	44
4.5	Perawatan (<i>Maintenance</i>).....	50
4.6	Utilitas	51
4.6.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (<i>Water Treatment System</i>)	52
4.6.2	Unit Pembangkit <i>Steam</i> (<i>Steam Generation System</i>).....	61
4.6.3	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>).....	62
4.6.4	Unit Penyediaan Udara Tekan	66
4.6.5	Unit Penyediaan Bahan Bakar	66
4.7	Organisasi Perusahaan.....	66
4.7.1	Bentuk Perusahaan.....	66
4.7.2	Struktur Organisasi.....	68
4.7.3	Tugas dan Wewenang	73
4.7.4	Status Karyawan.....	79
4.7.5	Ketenagakerjaan.....	80
4.7.6	Fasilitas Karyawan.....	83
4.7.7	Penggolongan Jabatan dan Keahlian.....	85
4.8	Evaluasi Ekonomi.....	86
4.8.1	Harga Alat	89
4.8.2	Dasar Perhitungan	92
4.8.3	Perhitungan Biaya	93
4.8.4	Analisis Keuntungan	96
4.8.5	Analisis Kelayakan.....	97
BAB V	102
PENUTUP	102
5.1	Kesimpulan.....	102
5.2	Saran.....	103

DAFTAR PUSTAKA	104
----------------------	-----

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	20
Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik	37
Tabel 4. 2 Neraca Massa Total.....	41
Tabel 4. 3 Neraca Massa Reaktor	42
Tabel 4. 4 Neraca Massa Flash Drum	42
Tabel 4. 5 Neraca Massa Adsorber	43
Tabel 4. 7 Neraca Panas <i>Kompresor 01</i>	44
Tabel 4. 8 Neraca Panas Kompresor 02	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Neraca Panas <i>Cooler 01</i>	44
Tabel 4. 12 Neraca Panas Flash Drum	46
Tabel 4. 13 Neraca Panas <i>Cooler 03</i>	47
Tabel 4. 14 Neraca Panas Evaporator	60
Tabel 4. 15 Neraca Panas Cooler 04	60
Tabel 4. 16 Kebutuhan air pembangkit <i>steam</i>	60
Tabel 4. 17 Kebutuhan air proses pendinginan.....	60
Tabel 4. 18 Kebutuhan air rumah tangga	61
Tabel 4. 19 Kebutuhan air untuk service water.....	61
Tabel 4. 19 Gaji karyawan	81
Tabel 4. 20 Jadwal Kerja Karyawan <i>Shift</i>	83
Tabel 4. 21 Jabatan dan keahlian	86
Tabel 4. 22 Harga indeks	98
Tabel 4. 24 Harga Alat Proses.....	90
Tabel 4. 25 Harga Alat Utilitas	91
Tabel 4. 26 <i>Physichal Plant Cost (PPC)</i>	93
Tabel 4. 27 <i>Direct Plant Cost (DPC)</i>	94
Tabel 4. 28 <i>Capital Investment (FCI)</i>	94
Tabel 4. 29 <i>Total Working Capital Investment (WCI)</i>	94
Tabel 4. 30 <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>	95
Tabel 4. 31 <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>	95
Tabel 4. 32 <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>	95
Tabel 4. 33 Total Manufacturing Cost (TMC).....	96
Tabel 4. 34 <i>General Expense (GE)</i>	96
Tabel 4. 35 <i>Total Production Cost (TPC)</i>	96
Tabel 4. 36 <i>Annual Fixed Cost (Fa)</i>	98
Tabel 4. 37 <i>Annual Variable Cost (Va)</i>	99
Tabel 4. 38 <i>Annual Regulated Cost (Ra)</i>	99
Tabel 4. 39 <i>Annual Sales Cost (Sa)</i>	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan Sorbitol tiap tahun.....	2
Gambar 4.3 Tata Letak Pabrik (Skala 1 : 1000).....	38
Gambar 4. 4 Tata letak Alat Proses.....	40
Gambar 4. 5 Diagram Alir Kualitatif	48
Gambar 4. 6 Diagram Alir Kuantitatif	49
Gambar 4. 7 Struktur Organisasi.....	72
Gambar 4. 8 Tahun vs indeks harga.....	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Reaktor	A-1
Lampiran B PEFD	B-1

ABSTRAK

Sorbitol merupakan produk setengah jadi yang didapatkan dengan mereaksikan glukosa dengan gas hidrogen. Dalam industri kimia sorbitol banyak digunakan untuk bahan tambahan dalam produk jadi. Sorbitol banyak digunakan sebagai pemanis buatan pengganti glukosa bagi penderita diabetes, sebagai bahan baku pembuatan vitamin C. Dalam industri kosmetik digunakan sebagai bahan tambahan dalam krim, salep, emulsi, *lotion*, gel serta pasta gigi. Pabrik sorbitol dengan bahan baku glukosa dan hidrogen direncanakan akan didirikan dikawasan industri Kendal, Jawa Tengah dengan kapasitas 100.000 ton per tahun, beroperasi selama 330 hari. Kebutuhan tanah yang digunakan untuk pendirian pabrik sorbitol sebesar 34.100 m². Pabrik ini diharapkan dapat mengurangi kebutuhan *import* sorbitol Indonesia dan mencukupi kebutuhan dalam negeri serta dapat meningkatkan *eksport* sorbitol Indonesia. Proses pembuatan sorbitol dengan proses hidrogenasi katalitik dilakukan didalam reaktor *trickle bed* dengan bantuan katalis *raney nickel*. Reaksi pembuatan sorbitol berlangsung pada fase gas-cair, bersifat *eksotermis*. Kondisi operasi reaktor dirancang bersifat *nonisothermal* dengan suhu operasi 130-180°C tanpa ada energi yang ditambahkan maupun yang diambil (*Adiabatis*) dan tekanan operasi 70 atm. Untuk kapasitas pabrik sorbitol 100.000 ton per tahun membutuhkan bahan baku glukosa sebesar 18.019,94 kg/jam dan hidrogen sebanyak 120.981,38 kg/jam. Pabrik sorbitol mempunyai unit pendukung proses yakni unit utilitas meliputi unit penyediaan air yang diperoleh dari sungai, unit penyedia *steam* yang memproduksi *steam* sebesar 604,696 kg/jam, untuk kebutuhan listrik diperoleh dari sumber utama yaitu PLN. Pabrik juga memiliki generator cadangan sebesar 500 kWh dengan bahan bakar solar sebanyak 47,278 liter/jam, yang digunakan apabila terjadi masalah suplai listrik dari PLN. Pabrik sorbitol memilih Perseroan terbatas sebagai bentuk badan usaha perusahaan. Pabrik sorbitol beroperasi selama 330 hari pertahun dengan jumlah karyawan sebanyak 104 orang. Pabrik sorbitol membutuhkan Modal tetap sebesar Rp 195.179.267.996 dan modal kerja Rp 216.379.441.987 Analisis ekonomi terhadap pabrik sorbitol menunjukkan keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 67.257.452.908 pertahun dan setelah pajak keuntungan menjadi Rp 33.628.726.454 per tahun. *Percent Return On Investment (ROI)* sebelum pajak 34,46 % dan ROI setelah pajak 16,80, sehingga nilai BEP yang di peroleh 42,76%.

Kata- kata Kunci : Sorbitol, Glukosa, *Raney nickle*.

ABSTRACT

Sorbitol is a semi-finished product obtained by reacting glucose with hydrogen gas. In the chemical industry sorbitol is widely used for additives in finished products. Sorbitol is widely used as an artificial sweetener for glucose replacement for diabetics, as a raw material for making vitamin C. In the cosmetics industry it is used as an additive in creams, ointments, emulsions, lotions, gels and toothpastes. The sorbitol plant with glucose and hydrogen raw materials is planned to be established in the Kendal industrial area, Central Java with a capacity of 100,000 tons per year, operating for 330 days. The land requirement used for the establishment of the sorbitol plant is 34,100 m². This factory is expected to reduce Indonesia's import sorbitol requirements and meet domestic needs and be able to increase Indonesia's sorbitol exports. The process of making sorbitol by catalytic hydrogenation process was carried out in the trickle bed reactor with the help of raney nickel catalyst. The reaction of making sorbitol takes place in the gas-liquid phase, exothermic. The operating conditions of the reactor are designed to be nonisothermal with an operating temperature of 130-180°C without any added energy or extraction (Adiabatic) and operating pressure of 70 atm. The capacity of 100,000 tons of sorbitol plant per year requires glucose raw materials of 18,019.94 kg / hour and hydrogen as much as 120,981.38 kg / hour. The sorbitol plant has a process support unit, namely the utility unit, which includes a water supply unit obtained from the river, a steam supply unit that produces steam of 604,696 kg / hour, for electricity needs obtained from the main source, namely PLN. The plant also has a backup generator of 500 kWh with diesel fuel as much as 47,278 liters / hour, which is used if there is a problem of electricity supply from PLN. The sorbitol factory chooses a limited liability company as a form of corporate business entity. The sorbitol plant operates for 330 days per year with 104 employees. The sorbitol plant requires fixed capital of Rp 195.179.267.996 and working capital of Rp 216.379.441.987. Economic analysis of the sorbitol plant showed pre-tax profit of Rp. 67.257.452.908 per year and after profit tax became Rp. 33.628.726.454 per year. Percent Return On Investment (ROI) before tax 34,46 % and post-tax ROI 16,80, so the BEP value obtained is 42,76%.

Key Words: Sorbitol, Glucose, Raney nickel.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sorbitol adalah gula alkohol dengan rumus $C_6H_{14}O_6$ yang memiliki tingkat kemanisan 0,6 kali relatif lebih rendah dari sukrosa dan rendah kalori (2,6 kal/gram). Penggunaan sorbitol di Indonesia tiap tahun semakin meningkat. Sorbitol banyak digunakan di bidang kesehatan dan pangan. Pada bidang pangan sorbitol banyak digunakan sebagai pemanis dalam permen diet, maka dari itu struktur sorbitol tidak mencerminkan fitur aldehida atau keton kelompok fungsional (Burt, 2006).

Selanjutnya, dalam bidang kesehatan sorbitol digunakan sebagai obat-obatan dan produk kesehatan mulut karena sorbitol dapat mencegah kerusakan gigi dan dapat membantu meningkatkan kesehatan mulut. Penggunaan sorbitol secara aktif mampu mempercepat proses pembentukan kembali mineral gigi (remineralisasi) juga membantu menurunkan pembentukan carries dan plaque pada gigi sehingga banyak digunakan untuk campuran pasta gigi (Burt, 2006). Oleh sebab itu industri pembuatan sorbitol ini diharapkan dapat menunjang industri kebutuhan lain seperti industri obat, makanan dan kesehatan khususnya di Indonesia

Selama ini kebutuhan sorbitol di Indonesia sebagian besar dipenuhi dari impor karena masih sedikit nya produsen sorbitol dan jumlah produksinya di Indonesia, padahal kegunaan bahan ini sangat banyak. Oleh karena itu,

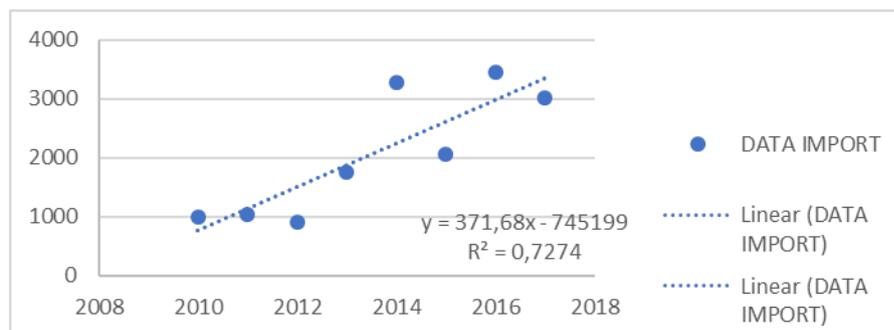
pembangunan industri-indutri penghasil sorbitol ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan industri nasional terhadap negara lain.

1.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku sorbitol yaitu glukosa dan hidrogen, untuk mengurangi biaya maka pabrik didirikan dekat dengan pabrik penyedia bahan baku. Pabrik penyedia glukosa yaitu PT Sumber Manis Harapan jaya di Pati dan pabrik penyedia hidrogen adalah PT Samator Gas di Kaliwungu, Kendal.

1.3 Kapasitas Perencanaan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistika, kebutuhan impor Sorbitol di Indonesia masih cukup besar. Perkembangan impor sorbitol di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Grafik kebutuhan sorbitol tiap tahun

Setelah diselesaikan menggunakan Regresi Linear metode kuadrat terkecil, maka menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$y = ax + b ;$$

$$\text{dengan } a = 361,31 \text{ dan } b = - 724736;$$

$y = \text{Jumlah kebutuhan (ton/tahun)}$

$x = \text{tahun; sehingga :}$

$$y = 361,31 x - 724736$$

Dari persamaan diatas didapat kapasitas perancangan pabrik sorbitol pada tahun 2023 adalah:

$$y = 361,31 (2023) - 724736$$

$$y = 658.457$$

Kapasitas rancangan minimum pabrik sorbitol dapat diketahui dari data kapasitas pabrik sorbitol yang telah berdiri.

Tabel 1. 1 Kebutuhan Sorbitol di Indonesia

tahun	Volume(ton)	Pertumbuhan
2004	540.402	-
2005	441.267	-0,18
2006	442.505	0,003
2007	1.318.970	1,98
2008	550.687	-0,58
2009	314.263	-0,42
2010	287.404	-0,085
jumlah	3.895.500	0,717
rata-rata	556.500	0,119

Sumber : *Badan Pusat Statistik, 2010*

Dari data diatas didapat kebutuhan Sorbitol pada tahun 2023 adalah 1.248.760 dengan rumus $F = F_0(1 + i)^n$ (Sumber : Tugas Akhir USU) :

keterangan:

F : kebutuhan tahun (x)

F_0 : volume

i : data pertumbuhan

n : tahun (x)

Tabel 1. 2 Kapasitas Pabrik Dunia

No	Nama	Lokasi	Kapasitas(ton/tahun)
1	Roquette Freres	Perancis	400.000
2	Global Sweeteners	Cina	100.000
3	Gulshan Polyols Ltd.	India	30.000
4	Terio Corporation	Cina	10.000
5	Ici Americas	Amerika Serikat	10.000
		Total	550.000

Sumber : alibaba, 2017

Tabel 1. 3 Kapasitas Pabrik Sorbitol di Indonesia

No	Nama	Lokasi	Kapasitas
1	PT Sorini Agro Asia Corporinco Tbk	Pasuruan	8.7000
2	PT Sama Satria Pasifik	Sidoarjo	6.700
3	PT Budi Kimia Raya	Lampung	6.000
		Total	99.700

Bedasarkan tabel 1.1 sampai 1.3, kapasitas pabrik sorbitol yang di dapat bedasarkan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Supply} &= \text{import} + \text{produksi} \\ &= 658.457 + 99.700 \\ &= 758.157 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Demand} &= \text{konsumsi} \\ &= 1.248.759,995 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ &= 1.248.760 - 758.157 \\ &= 490.603 \end{aligned}$$

Kapasitas pabrik diambil pada 20% dari peluang, sehingga untuk kebutuhan Sorbitol pada tahun 2023, sehingga didapat sebesar 98.120

ton/tahun. Dari prediksi kebutuhan tersebut, maka dengan pertimbangan ditetapkan perancangan kapasitas pabrik sebesar 100.000 ton/tahun.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam Proses Produksi Sorbitol

Ada tiga macam proses yang dilakukan untuk produksi sorbitol yang digunakan pada skala industri, yaitu Proses reduksi elektrolitik, Proses hidrogenasi katalitik dan Proses bioteknologi (enzimatik dan bakteri).

1.4.1.1 Proses Reduksi Elektrolit

Reduksi glukosa menggunakan katoda membentuk senyawa sorbitol yang memiliki banyak kegunaan dalam industri makanan, farmasi dan masih banyaklainnya. Penggunaan katoda dan anoda yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda untuk produk sorbitol yang terbentuk. Smirnova dan kavachenko membagi bahan katoda menjadi tiga kategori, pertama adalah logam dengan tegangan tinggi yaitu (Pb, Hg, Zn-Hg, Pb-Cu, Sn-Hg, Sn, Di, Te, Ga, Bi). Kategori kedua Cu, Ag, Ge, C, Tl, Cu-Sn dan Ce-Pb. Kategori ketiga Pt, Ni, Al dan Co. untuk efisiensi kategori logam pertama sebesar 40-70%, untuk logam kedua sebesar 15-35% dan 3-7% untuk kategori logam ketiga (Kassim dan Rice, 1981).

1.4.1.2 Proses Hidrogenasi Katalitik

Pembuatan sorbitol dengan proses ini dengan cara mereaksikan glukosa dengan hidrogen di dalam reaktor hidrogenasi dengan bantuan katalis Raney Nickel untuk mempercepat reaksi. Tekanan dalam proses hidrogenasi katalitik sebesar 500-2000 psig, suhu pada range 130-180°C. Laju feed dalam range 0.5-3.5 Vf/Hr/Vc (volume feed per jam per volume katalis). Dari reaktor hidrogenasi sudah diperoleh sorbitol namun masih terdapat zat-zat pengotor air, maltosa, dekstrin dan sisa hidrogen yang tidak bereaksi. Untuk itu, perlu dilakukan pemurnian dan pemekatan. Pemurnian dilakukan dengan Separator Flash Drum. Setelah dipisahkan, sorbitol murni dipekatkan untuk mengurangi kandungan airnya dengan Evaporator (Chao et al, 1982).

1.4.1.3 Proses bioteknologi (enzimatik dan bakteri)

Penggunaan bakteri *Zymomonas mobilis* ATCC29191 untuk menghasilkan sorbitol dari fruktosa merupakan salah satu cara alternatif yang dapat dipilih untuk menghasilkan sorbitol. Proses pembentukan sorbitol dengan fermentasi dimana bakteri *Zymomonas mobilis* akan mereduksi glukosa menjadi asam glukonat dan fruktosa menjadi sorbitol sesuai dengan siklus Entner-Doudoroff. Enzim berfungsi untuk mempertahankan kinerja dari bakteri *Zymomonas mobilis* pada saat fermentasi agar tidak menghasilkan produk utamanya yaitu etanol. Sorbitol dan asam glukonat merupakan hasil samping dari bakteri *Zymomonas mobilis* (Vignoli et al, 2006).

Dari beberapa proses di atas, dilakukan pertimbangan kelebihan dan kekurangan setiap proses untuk diaplikasikan dalam skala pabrik. Kelebihan dan kekurangan setiap proses.

Tabel 1.4. Perbandingan berbagai proses pembentukan Sorbitol

No	Parameter	Proses		
		Reduksi Katalitik	Hidrogenasi Katalitik	Bioteknologi
1	Segi Proses			
2	Bahan baku	Glukosa	Glukosa dan Hidrogen	Glukosa dan Fruktosa
3	Konversi Reaksi	85%	95-99%	99%
4	Waktu Proses	Mebutuhkan waktu lama untuk mendapatkan produk	Waktu yang diperlukan untuk medapatkan produk cepat	Diperlukan waktu yang lama untuk proses fermentasi
5	Kualitas Produk	Rendah, Sorbitol yang terbentuk kurang bagus	Tinggi, Sorbitol yang dihasilkan lebih bagus	Rendah, sorbitol yang dihasilkan hasil dari reksi samping Z.Mobilis
6	Segi Ekonomi	Harga Elektroda mahal	Gas Hidrogen dan katalis mudah dijumpai	Pemisahan menggunakan membrane yang harganya mahal

Berdasarkan beberapa pertimbangan-pertimbangan tersebut proses yang dipilih untuk dikaji dalam perancangan adalah Proses Hidrogenasi Katalitik.

1.4.2 Kegunaan Produk

Sorbitol banyak digunakan dalam berbagai sektor, diantaranya (Ulmann,2003):

1. Pangan

Sorbitol digunakan sebagai pengganti gula yang rendah kalori, cocok untuk penderita diabetes. Sorbitol digunakan sebagai bahan campuran dalam coklat, permen karet, dan cairan infus. Sirup sorbitol juga banyak

digunakan sebagai pelembut dan pelembab untuk bahan-bahan pangan lainnya.

2. Kosmetik

Sorbitol dapat digunakan sebagai pengganti gliserol pada produk-produk kosmetik seperti krim pelembab, gel, dan pasta gigi.

3. Farmasi

Bubuk sorbitol digunakan sebagai media pada preparasi obat-obatan, seperti tablet, kapsul, dan pil, disebabkan memiliki sifat mudah mengikat senyawa-senyawa aktif dari obat-obatan tersebut.

4. Keteknikan

Sorbitol banyak digunakan sebagai stabilisator kelembaban dan pelunak, biasa digunakan pada industry kertas, perekat, dan industry tekstil. Sebanyak 25 persen produksi sorbitol dunia digunakan dalam sintesis asam askorbat.

BAB II

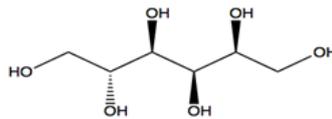
PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan Sorbitol dirancang berdasarkan variabel utama yaitu: spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

Sorbitol diperoleh melalui reduksi glukosa, mengubah gugus aldehid untuk kelompok hidroksil.. Hal ini diubah menjadi fruktosa oleh sorbitol-6-fosfat 2-dehidrogenase.

2.1.1 Sifat Fisik



Rumus Kimia	$C_6H_{14}O_6$
Wujud	Cair
Kenampakan	tidak berwarna
pH	6-7
Kemurnian	68-70 % berat
Beart Molekul	182,17
Densitas	1,49 g/cm ³
Komposisi:	
Air	29,5-30 %
Glukosa	0 – 0,5 %

2.1.1 Sifat Kimia

- Larutan sorbitol dalam air yang tersedia secara komersial akan cenderung mengkristal ketika didinginkan hingga $< 10^{\circ}C$

- Sorbitol larut dalam asam asetat, methanol, dan ethanol. Sorbitol tidak larut pada sebagian besar pelarut organik.
- Sebagai gula alkohol, sorbitol tidak mengalami reaksi Maillard dengan asam amino atau protein pada suhu tinggi.
- Sorbitol tidak dapat difermentasi oleh ragi
- Mengoksidasi *Acetobacter xylinium* dengan enzimatis sorbitol akan menghasilkan I-Sorbosa (perantara dalam sintesis asam askorbat).
- Proses dehidrasi sorbitol (asam pada kondisi tinggi), maka sorbitol akan kehilangan satu molekul air dan membentuk 1,4 sorbitan (85%) atau 3,6-sorbitan (15%).
- Pada pemanasan dengan sulfat pekat atau asam klorida, molekul kedua air dihilangkan akan membentuk 1,4 : 4,6 dianhydrosorbitol=isosorbide.

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Glukosa (C₆H₁₂O₆)

Glukosa adalah suatu gula monosakarida atau bisa juga disebut dekstrosa dengan rumus molekul C₆H₁₂O₆ dengan lima gugus hidroksi tersusun secara spesifik pada enam atom karbon.

2.2.1.1 Sifat Fisik

Rumus molekul	C ₆ H ₁₂ O ₆
Berat Molekul	180,158
Densitas	1,5440 g/cm ³
Titik Lebur	419,15 K
Index bias	16,170

2.2.1.2 Sifat Kimia

- Glukosa adalah gula pereduksi yang bereaksi dengan agen pengoksidasi yaitu $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Tembaga hidroksida mengoksidasi gula pereduksi lebih cepat jika tembaga di simpan dalam larutan dengan pembentukan garam complex dengan tartrat ion (larutan Fehling) atau ion Sitrat (larutan Benedict) untuk membentuk tembaga oksida merah. Larutan benedict lebih stabil dan tidak terpengaruh uric acid.
- Glukosa dapat difermentasi dengan cepat oleh ragi dan organisme lain. Tingkat fermentasi dari glukosa dan sirup (Ullman, 2003)

2.2.2 Hidrogen (H_2)

Hidrogen adalah unsur terbanyak dari semua unsur di alam semesta. Elemen-elemen yang berat pada awalnya dibentuk dari atom-atom hidrogen atau dari elemen-elemen yang mulanya terbuat dari atom-atom hidrogen.

2.2.2.1 Sifat Fisik

Rumus Kimia	H_2
Fase	Gas
Berat Molekul	2,013 g/gmol
Kemurnian	100% massa
Densitas	700 (gas), 70,96 (cair)
Titik didih normal	-253,2 °C
Suhu Kritis	32,9
Tekanan Kritis	12

2.2.2.2 Sifat Kimia

-Reaksi dengan halogen: Halogen (X₂) bereaksi dengan hidrogen H₂, untuk menghasilkan hidrogen halida, HX. $H_2(g) + X_2(g) \rightarrow 2HX(g)$
(X= F, Cl, Br, I)

-Reaksi dengan oksigen: Hidrogen bereaksi dengan oksigen membentuk air (H₂O) reaksi terjadi pada kondisi eksotermis tinggi $H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$
 $\Delta H^\circ_{298} = -286.02 \text{ kJ / mol}$

-Diatas 550oC reaksi menimbulkan Flame Propagation, ledakan atau detonasi (reaksi oxyhydrogen). - Reaksi dengan nitrogen: reaksi antara hidrogen dengan nitrogen akan membentuk ammonia

$3H_2(g) + N_2(g) \xrightarrow[673 \text{ K, 200atm, Fe}]{\quad} 2NH_3(g) \quad \Delta H^\circ = -92.6 \text{ kJ mol}^{-1}$

- Reaksi dengan Logam Dapat bereaksi dengan banyak logam membentuk hydrides. Tergantung pada sifat dari ikatan hidrogen, hydrides di klasifikasikan menjadi 3 bagian utama: Garam, kovalen dan logam (Ullman, 2003).

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan, dan ini sudah harus dilakukan mulai dari bahan baku sampai menjadi produk. Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik sorbitol ini meliputi pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas proses dan pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauhmana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Penyimpangan kualitas terjadi karena mutu bahan baku tidak baik, kesalahan operasi dan kerusakan alat. Penyimpangan dapat diketahui dari hasil *monitoring* atau analisis pada bagian laboratorium pemeriksaan. Pengendalian kualitas (*quality control*) pada pabrik sorbitol ini meliputi:

1. Pengendalian kualitas bahan baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Apabila setelah dianalisa ternyata tidak sesuai, maka ada kemungkinan besar bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada *supplier*.

2. Pengendalian kualitas produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap produksi sorbitol.

3. Pengendalian kualitas produk pada waktu pemindahan (dari satu tempat ke tempat lain).

Pengendalian kualitas yang dimaksud disini adalah pengawasan produk terutama sorbitol pada saat akan dipindahkan dari tangki penyimpanan sementara ke tangki penyimpanan tetap (*storage tank*), dari *storage tank* ke mobil truk.

2.3.2. Pengendalian Kualitas Proses

Pengendalian produksi dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang akan dihasilkan. Pengendalian dilakukan setiap tahapan proses mulai dari bahan baku hingga menjadi produk. Pengendalian ini meliputi pengawasan terhadap mutu bahan baku, bahan pembantu, produk setengah jadi maupun produk penunjang mutu proses. Semua pengawasan mutu dapat dilakukan dengan analisis bahan di laboratorium maupun penggunaan alat kontrol.

Pengendalian dan pengawasan terhadap proses produksi dilakukan dengan alat pengendalian yang berpusat pada *control room*, dengan fitur otomatis yang menjaga semua proses berjalan dengan baik dan kualitas produk dapat diseragamkan. Beberapa alat kontrol yang dijalankan yaitu, kendali terhadap kondisi operasi baik tekanan maupun suhu.

Alat control yang harus diatur pada kondisi tertentu antara lain:

a. *Level Controller*

Level Controller merupakan alat yang dipasang pada bagian dinding tangki berfungsi sebagai pengendalian volume cairan tangki / *vessel*.

b. *Flow Rate Controller*

Flow Rate Controller merupakan alat yang dipasang untuk mengatur aliran, baik itu aliran masuk maupun aliran keluar proses.

c. *Temperature Controller*

Alat ini mempunyai *set point* / batasan nilai suhu yang dapat diatur. Ketika nilai suhu aktual yang diukur melebihi *set point*-nya maka outputnya akan bekerja. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara dan nyala lampu.

Jika pengendalian proses dilakukan terhadap kerja pada suatu harga tertentu supaya dihasilkan produk yang memenuhi standar, maka pengendalian mutu dilakukan untuk mengetahui apakah bahan baku dan produk telah sesuai dengan spesifikasi. Setelah perencanaan produksi disusun dan proses produksi dijalankan perlu adanya pengawasan dan pengendalian produksi agar proses berjalan dengan baik.

Kegiatan proses produksi diharapkan menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standart dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Produk

Pengendalian kualitas produk dilakukan terhadap kemurnian produk sorbitol. Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan.

2.3.3 Pengendalian Waktu Produksi

Pengendalian waktu dibutuhkan agar waktu yang digunakan selama proses produksi berlangsung dapat diminimalkan.

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pabrik Sorbitol diproduksi dengan kapasitas 100.000 ton/tahun dari bahan baku glukosa dan hidrogen yang akan beroperasi selama 24 jam perhari dalam 330 hari selama setahun. Secara garis besar pabrik ini terdiri dari tiga proses reaksi, reaksi hidrolitik, pemurnian, dan penyimpanan.

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Pabrik Sorbitol ini membutuhkan bahan baku utama yaitu berupa glukosa dan hidrogen. Bahan baku diproses terlebih dahulu agar sesuai dengan kondisi operasi di reaktor untuk bereaksi. Secara garis besar persiapan bahan baku sebelum bereaksi adalah sebagai berikut :

a. Glukosa

Bahan baku glukosa diperoleh dari perusahaan penghasil glukosa di kabupaten Pati, yaitu PT Sumber Manis Harapan Jaya. Bahan baku disimpan di dalam tangki bahan baku glukosa dengan waktu tinggal 10 hari. Kondisi glukosa dari produsen bertekanan 1 atm dan suhu 30°C. Sebelum masuk reaktor bahan baku dinaikkan tekannya hingga menjadi 70 atm dan kemudian dipanaskan dengan heater hingga suhunya mencapai 130°C yang selanjutnya dialirkan ke dalam reaktor.

b. Hidrogen

Gas hidrogen diperoleh dari PT. Aneka Gas Samator, Kendal dengan tekanan 1 atm dan suhu 35°C yang kemudian disimpan didalam tangki bahan baku hidrogen. Kemudian tekanannya dinaikkan menjadi 70 atm menggunakan kompressor dan suhu diatur menjadi 130°C.

3.1.2 Tahap Reaksi

Bahan baku glukosa dan hidrogen yang sebelumnya telah melewati tahap persiapan bahan baku dan memiliki kondisi tekanan 70 atm dan suhu 130°C selanjutnya akan dialirkan ke dalam reaktor Trickle Bed yang di dalamnya berisi katalis padat *raney-nickle*. Bahan baku masuk ke reaktor dan melewati katalis. Di dalam katalis akan mengalami reaksi, karena sifat reaksi pembentukan sorbitol eksotermis dalam reaktor akan mengalami peningkatan suhu namun tidak terlalu tinggi sehingga tidak memerlukan pendinginan pada reaktor karena masih dalam range suhu reaksi yaitu 130-180°C. Suhu produk keluaran reaktor menjadi 135°C. Untuk konversi yang dicapai dengan menggunakan reaktor trickle bed ini cukup tinggi yaitu 98%.

3.1.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

a. Pemisahan Gas Hidrogen

Setelah keluar dari reaktor produk akan terbentuk namun masih mengandung gas hidrogen yang berlebih sehingga perlu dipisahkan menggunakan flash drum. Pemisahan di dalam flash drum dapat memisahkan antara gas hidrogen dan produk yang mempunyai fase cair, selain itu titik didih antara gas

hidrogen dan produk juga relatif jauh. Kemudian gas hidrogen yang terpisah akan digunakan kembali dengan diumpankan ke dalam reaktor yang sebelumnya gas hidrogen sudah dipanaskan terlebih dahulu menggunakan cooler 03 hingga suhu menjadi 130°C.

b. Penjernihan

Penjernihan dilakukan untuk mengurangi warna kekuningan pada produk dengan menggunakan absorber dengan isian karbon aktif di dalamnya.

c. Pemekatan Produk

Produk sorbitol yang diperoleh dari absorber kemudian dipekatan hingga konsentrasinya menjadi 70% dengan menggunakan Evaporator. Jenis evaporator yang digunakan adalah long tube vertical, selanjutnya produk keluaran evaporator akan disimpan di dalam tangki produk sorbitol yang sebelumnya telah didinginkan terlebih dahulu menggunakan Cooler 04.

3.1.4 Tahap Penyimpanan

Hasil produk sorbitol akan disimpan didalam tangki produk Sorbitol dalam fase cair.

3.2 SPESIFIKASI ALAT/MESIN PRODUK

3.2.1 Tangki Penyimpanan Bahan

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Simbol	TK- 101	TK-102	TK - 103
Fungsi	Menyimpan bahan baku Glukosa	Menyimpan produk Hidrogen	Menyimpan produk sorbitol
Jenis	Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>	Spherical Tank	Silinder tegak dengan <i>flat bottom</i> dan <i>conical roof</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Suhu (C)	30	35	35
Tekanan (atm)	1	20	1
Kondisi			
<i>Shell :</i>			
• Diameter (m)	24,38	48,32	30,48
• Tinggi (m)	9,14	12,75	10,97
• Tebal (in)	Course 1 : 1,750 Course 2 : 1,625 Course 3 : 1,500 Course 4 : 1,250 Course 5 : 1,125	11,15	Course 1 : 0,0635 Course 2 : 0,0571 Course 3 : 0,0508 Course 4 : 0,0444
<i>Head :</i>			
• Tinggi (m)	1,30	-	1,42
• Tebal (m)	0,02	-	0,02
Tinggi total (m)	10,46	12,75	12,42

3.2.2 Heat Exchanger

Tabel 3.2 Spesifikasi HE 01

Simbol	E-102	E-104
Fungsi	Menaikan suhu bahan baku glukosa	Menaikkan suhu keluaran Flash drum untuk di recycle ke dalam reaktor
Jenis	<i>Shell and Tube</i>	Shell and Tube
Bahan	Carbon steel	Carbon Steel
<i>Shell Side :</i> Fluida :	Larutan Glukosa	Larutan Sorbitol
ID (in)	31	39
Pass	1	1
<i>TubeSide:</i> Fluida :	Air Steam	Air Steam
ID (in)	0,87	
OD (in)	1,5	1,5
BWG	16	16
<i>Pass</i>	2	2
<i>Pitch</i>	2,17	1,87
ho (Btu/jam ft ² °F)	61,627	1848
hio (Btu/jam ft ² °F)	1500	1500
Uc (Btu/jam ft ² °F)	59,19	827,99
Ud (Btu/jam ft ² °F)	31,41	685,38
Rd (Btu/jam ft ² °F)	0,015	0,00025
<i>Pressure Drop (psi)</i>	0,0073 8,0006	0,3325 8,3311

3.2.3 Cooler

Tabel 3.3 Spesifikasi Cooler 01 dan Cooler 02

Simbol	E – 101	E – 103	E – 105
Fungsi	Mendinginkan Hidrogen sebelum masuk reaktor	Menurunkan suhu keluaran reaktor masuk flash drum	Menurunkan Suhu Keluaran Evaporator
Jenis	<i>Double pipe</i>	Shell and Tube	Shell and Tube
Bahan	<i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>	<i>Carbon Steel, SA-283 Grade C</i>
Panjang (ft)	26	24	24
<i>Shell Side :</i> Fluida :	Larutan Sorbitol	Hidrogen	Sorbitol
ID (in)	17,25	15,25	13,25
OD(in)	1,25	1,5	1,5
Pass	1	1	1
<i>TubeSide</i> Fluida :	Air	Air	Air
ID (in)	1,08	1,4	0,87
OD (in)	1,25	1	1
BWG	16	16	16
<i>Pass</i>	2	2	2
<i>Pitch</i>	0,91	1,87	1,25
ho (Btu/jam ft ² °F)	974,56	966,85	235,8
hio (Btu/jam ft ² °F)	420,76	411,60	210,37
Uc (Btu/jam ft ² °F)	293,52	288,69	111,2
Ud (Btu/jam ft ² °F)	114,22	110,37	81,3
Rd (Btu/jam ft ² °F)	0,00642	0,00560	0,003307
<i>Pressure Drop</i> (psi)	Inner : 0,0000054 Outer : 0,084	Shell : 0,0000529 Tube : 0,08	Shell : 2,6054 Tube : 0,2907

3.2.4 Reaktor

Tabel 3. 4 Spesifikasi Reaktor

	Reaktor (R-101)
Fungsi	Tempat berlangsungnya reaksi antara hidrogen dan glukosa menjadi sorbitol dengan katalis raney nickle.
Jenis	Trickle bed reactor
Fasa	Cair-Gas
Jumlah	1 Buah
Tekanan(atm)	70
Suhu(C)	130
Konversi	98%
Bahan Konstruksi	Shell : Low alloy Steels SA-353 Isolasi : Asbestos
Diameter dalam (m)	2
Tebal dinding shell(in)	1,75
Tebal Head(in)	1,5
Tinggi Reaktor (m)	4,30
Tebal Isolasi(cm)	7,50
Jenis Head dan Bottom	Elliptical dished head
Tinggi Bed Katalis(m)	3,36
Densitas(kg/m ³)	8100
Diameter(in)	¼

3.2.5 Kompresor

Tabel 3.5 Spesifikasi Kompresor

Simbol	C – 101	C – 102
Fungsi	Menaikkan tekanan gas hidrogen dari tangki hidrogen menuju reaktor	Menaikkan tekanan gas hidrogen dari flashdrum ke HE
Jenis	<i>Sentrifugal Single Stage</i>	<i>Sentrifugal Single Stage</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Suhu (°C)	259,9	76,4
Tekanan (atm)	70	70
Power (Hp)	40	25
Jumlah stage	1	1

3.2.6 Evaporator

Tabel 3. 6 Spesifikasi Evaporator

	EVAPORATOR (V-102)
Fungsi	Meningkatkan konsentrasi sorbitol dengan menguapkan air yang terkandung sehingga didapatkan konsentrasi 70% sorbitol
Jenis	Long Tube Evaporator
Bahan Konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Kondisi operasi	
Shell	
• ID (in)	15,25

Tube	
OD (in)	1,25
BWG	16
Pitch(in)	1 4/7
Nt	51 tube
L (ft)	12
Tebal Shell (in)	0,25
Tebal Head (in)	0,25
Tebal Bottom (in)	0,25
Tinggi Total (m)	3,987
Pressure Drop (psi)	Shell : 0,09172 Tube : 6,08306

3.2.7 Flash Drum

Tabel 3.7 Spesifikasi Flash Drum

	Flash Drum (V-101)
Fungsi	Memisahkan Gas dan Liquid keluaran reaktor
Tipe	Vertical drum elliptical flanged with dished head
Material	Carbon steel SA-285 A
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Suhu (°C)	40

Tekanan (atm)	1
Spesifikasi	
Diameter (m)	4,26
Tinggi (m)	17,59
Volume (m ³)	229,13
Tebal head (m)	4,57
Tinggi head (m)	0,78
Tebal shell (m)	0,006
Tinggi umpan masuk (m)	1,61

3.2.8 Adsorber

Tabel 3.8 Spesifikasi *Adsorber*

	Adsorber (T-101)
Fungsi	Menjernihkan produk dengan menggunakan karbon aktif sebagai pnyerap
Tipe	menara dengan bahan isian
Material	Carbon steel SA-283 C
Jumlah	1
Kondisi operasi	
Suhu (°C)	40
Tekanan (atm)	1
Waktu tinggal (jam)	0,500
Spesifikasi	
Diameter (m)	2,472
Tinggi (m)	1,833
Bahan isian	Kabon Aktif
Jumlah silika (kg)	1365,225
Luas penampang menara (ft ²)	51,620
Tebal shell (m)	0,005
Tebal head (m)	0,005
Bentuk head	Elliptical dished head

3.2.9 Pompa

Tabel 3.9 Spesifikasi Pompa 101 dan 102

Simbol	P-101	P-102
Fungsi	Mengalirkan bahan baku glukosa dari tangki penyimpanan ke Heat exchanger	Mengalirkan Produk dari Reaktor ke cooler
Jenis	<i>Centrifugal multi stage pump</i>	<i>Centrifugal Single Stage Pump</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas (gpm)	77,44	717,96
Rate Volumetrik(ft ³ /s)	0,1437	1,3327
Kecepatan aliran(ft/s)	7,4145	4,6059
Power pompa (HP)	80,4	5,7
Power motor (HP)	100	7,5
Putaran Spesifik (rpm)	3500	10839,6
<i>Pressure head (m)</i>	561,1	0
<i>Static Head(m)</i>	4,8	4,8
<i>Velocity head (ft)</i>	0	0
<i>Friction head (ft)</i>	27,4	0,61
Uk.Pipa : - ID (in)	2,067	7,981
-OD (in)	2,380	8,625
-Sch.Numb	40	40
-IPS (in)	2	8
-Flow Area(in ²)	3,350	50

Tabel 3.10 Spesifikasi Pompa 103, 104 dan 105

Simbol	P-103	P-104	P-105
Fungsi	Mengalirkan produk sirup sorbitol dari cooler ke flash drum	Mengalirkan produk sirup sorbitol dari flash drum ke adsorber	Mengalirkan Sirup Sorbitol dari Adsorber menuju Evaporator
Jenis	<i>Centrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Centrifugal Single Stage pump</i>	<i>Centrifugal Single Stage pump</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas (gpm)	717,97	55,543	49,99
Rate Volumetrik(ft ³ /s)	1,3327	0,1031	0,0928
Kecepatan aliran(ft/s)	4,6059	5,3185	25,7801
Power pompa (HP)	5,947	3,680	9,930
Power motor (HP)	7,5	4	10
Putaran Spesifik (rpm)	10839,627	1381,95	490,59
<i>Pressure head (m)</i>	0	0	0
<i>Static Head(m)</i>	4,79	8,8	1
<i>Velocity head (ft)</i>	0	0	0
<i>Friction head (ft)</i>	0,617	6,52	55,81
Uk.Pipa : - ID (in)	7,981	2,067	2,067
-OD (in)	8,625	2	2,380
-Sch.Numb	40	40	40
-IPS (in)	8	2	2
-Flow Area(in ²)	50	3,350	0,622

Tabel 3.11 Spesifikasi Pompa 07 dan 08

Simbol	P-106	P-107
Fungsi	Mengalirkan Produk sirup sorbitol dari evaporator menuju cooler	Mengalirkan Produk Sirup sorbitol dari Cooler menuju Tangki penyimpanan sorbitol
Jenis	<i>Centrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Centrifugal Single Stage Pump</i>
Bahan	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Kapasitas (gpm)	45,72	33,39

Rate Volumetrik(ft ³ /s)	0,0849	0,0620
Kecepatan aliran(ft/s)	23,5790	7,1404
Power pompa (HP)	9,829	15,94
Power motor (HP)	10	20
Putaran Spesifik (rpm)	453,16	391,92
<i>Pressure head</i> (m)	0	0
<i>Static Head</i> (m)	1	8,99
<i>Velocity head</i> (ft)	0	0
<i>Friction head</i> (ft)	58,50	49,56
Uk.Pipa : - ID (in)	2,067	1,380
-OD (in)	2,380	1,660
-Sch.Numb	40	40
-IPS (in)	2	1,25
-Flow	0,622	1,500
Area(in ²)		

3.3 PERENCANAAN PRODUKSI

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

a.) Kemampuan pasar

Dapat dibagi 2 kemungkinan, yaitu :

- Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :

- Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.
- Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- Mencari daerah pemasaran.
-

b.) Kemampuan pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain:

- Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

- Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

- Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu

alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

Tata letak peralatan dan fasilitas merupakan salah satu bagian terpenting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik dalam suatu perancangan pabrik yang meliputi fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan, desain sarana pemipaan dan kelistrikan. Hal ini akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tanah sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya lebih terperinci sebelum mendirikan suatu pabrik.

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan dan penentuan letak suatu pabrik sangat penting dalam perencanaan pabrik dan akan mempengaruhi kemajuan serta kelangsungan suatu industri. Hal tersebut menyangkut faktor produksi dan besarnya keuntungan yang dihasilkan serta perluasan di masa yang akan datang. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat karena akan memberikan kontribusi yang sangat penting baik dalam segi teknis maupun segi ekonomis. Faktor utama adalah pabrik tidak hanya dibangun dengan *production cost* dan *operating cost* yang minimum, tetapi tersedianya ruang untuk perluasan pabrik juga menjadi hal yang dipertimbangkan.

Lokasi pabrik harus menjamin biaya transportasi dan produksi yang seminimal mungkin, disamping beberapa faktor lain yang harus diperhatikan diantaranya adalah pengadaan bahan baku, utilitas, dan faktor penunjang lain–lain. Oleh karena itu pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik.

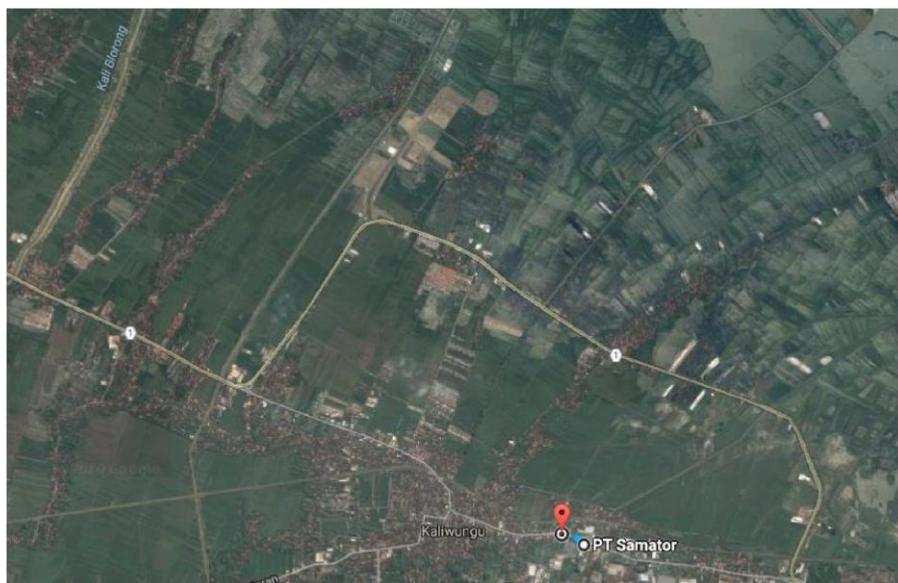
4.1.1 Faktor Primer Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi proses produksi dan distribusi. Faktor primer yang berpengaruh secara langsung dalam pemilihan lokasi pabrik meliputi :

1. Ketersediaan bahan baku
2. Sarana utilitas yang cukup dan memadai
3. Transportasi dan distribusi yang lancar
4. Pemasaran yang cukup potensial
5. Penyediaan sumber daya manusia (tenaga kerja)
6. Keadaan iklim yang stabil

Dengan memperhatikan faktor-faktor yang dipertimbangkan di atas, maka lokasi yang tepat dan memenuhi syarat untuk lokasi pendirian pabrik sorbitol direncanakan dibangun di daerah Kendal, Jawa Tengah. Dan lokasi Pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Lokasi didirikan pabrik Sorbitol



4.1.2 Faktor Sekunder Penentuan Lokasi Pabrik

Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses operasional pabrik. Akan tetapi berpengaruh dalam kelancaran proses operasional dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor sekunder meliputi :

1. Perluasan Areal Unit

Pendirian pabrik harus mempertimbangkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 atau 20 tahun ke depan, karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

2. Biaya dan Perizinan Tanah

Sesuai dengan kebijakan pemerintah tentang kebijakan pengembangan industri, daerah Kendal telah dijadikan sebagai daerah kawasan industri. Sehingga memudahkan perijinan dalam pendirian pabrik.

Adapun faktor-faktor lain meliputi :

- Segi keamanan kerja terpenuhi.
- Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik masih cukup luas dan dalam harga yang terjangkau.
- Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- Pemanfaatan areal tanah seefisien mungkin.
- Transportasi yang baik dan efisien.

3. Lingkungan masyarakat sekitar

Sikap masyarakat sekitar cukup terbuka dan mendukung dengan berdirinya pabrik baru. Hal ini disebabkan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka, sehingga terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat setelah pabrik-pabrik didirikan. Selain itu pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya karena dampak dan faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum pabrik berdiri.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik adalah tempat kedudukan dari bagian-bagian pabrik yang meliputi tempat bekerjanya karyawan, tempat peralatan, tempat penyimpanan bahan baku dan produk, dan sarana lain seperti utilitas, taman dan tempat parkir.

Desain yang rasional harus memasukkan unsur lahan proses, *storage* (persediaan) dan lahan alternatif (*areal handling*) dalam posisi yang efisien dan dengan mempertimbangkan faktor-faktor sebagai berikut (Peter & Timmerhaus, 2004).

- a) Urutan proses produksi.
- b) Pengembangan lokasi baru atau penambahan/perluasan lokasi yang belum dikembangkan pada masa yang akan datang.
- c) Distribusi ekonomis pada pengadaan air, *steam* proses, tenaga listrik dan bahan baku.
- d) Pemeliharaan dan perbaikan.

- e) Keamanan (*safety*) terutama dari kemungkinan kebakaran dan keselamatan kerja.
- f) Bangunan yang meliputi luas bangunan, kondisi bangunan dan konstruksinya yang memenuhi syarat.
- g) Fleksibilitas dalam perencanaan tata letak pabrik dengan mempertimbangkan kemungkinan perubahan dari proses/mesin, sehingga perubahan-perubahan yang dilakukan tidak memerlukan biaya yang tinggi.
- h) Masalah pembuangan limbah cair.
- i) *Service area*, seperti kantin, tempat parkir, ruang ibadah, dan sebagainya diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu jauh dari tempat kerja.

Pengaturan tata letak pabrik yang baik akan memberikan beberapa keuntungan, seperti (Peters and Timmerhaus, 2004) :

- 1) Mengurangi jarak transportasi bahan baku dan produksi, sehingga mengurangi material *handling*.
- 2) Memberikan ruang gerak yang lebih leluasa sehingga mempermudah perbaikan mesin dan peralatan yang rusak atau di-*blowdown*.
- 3) Mengurangi ongkos produksi.
- 4) Meningkatkan keselamatan kerja.
- 5) Mengurangi kerja semimum mungkin.
- 6) Meningkatkan pengawasan operasi dan proses agar lebih baik.

Secara garis besar *layout* pabrik dibagi menjadi beberapa daerah utama, yaitu :

4.2.1 Area Administrasi/Perkantoran dan Laboratorium

Area administrasi merupakan pusat kegiatan administrasi pabrik yang mengatur kelancaran operasi. Laboratorium sebagai pusat pengembangan, pengendalian kualitas dan kuantitas bahan yang akan diproses serta produk yang akan yang dijual. Fasilitas – fasilitas bagi karyawan seperti poliklinik, mess, kantin, aula dan masjid.

4.2.2 Area Proses dan Ruang Kontrol

Merupakan area tempat alat-alat proses diletakkan untuk kegiatan produksi dan proses berlangsung. Ruang kontrol sebagai pusat pengendalian berlangsungnya proses.

4.2.3 Area Pergudangan, Umum, Bengkel, dan Garasi

Merupakan area tempat menyimpan alat-alat dan bahan kimia, tempat kegiatan umum, reparasi transportasi, dan parkir kendaraan.

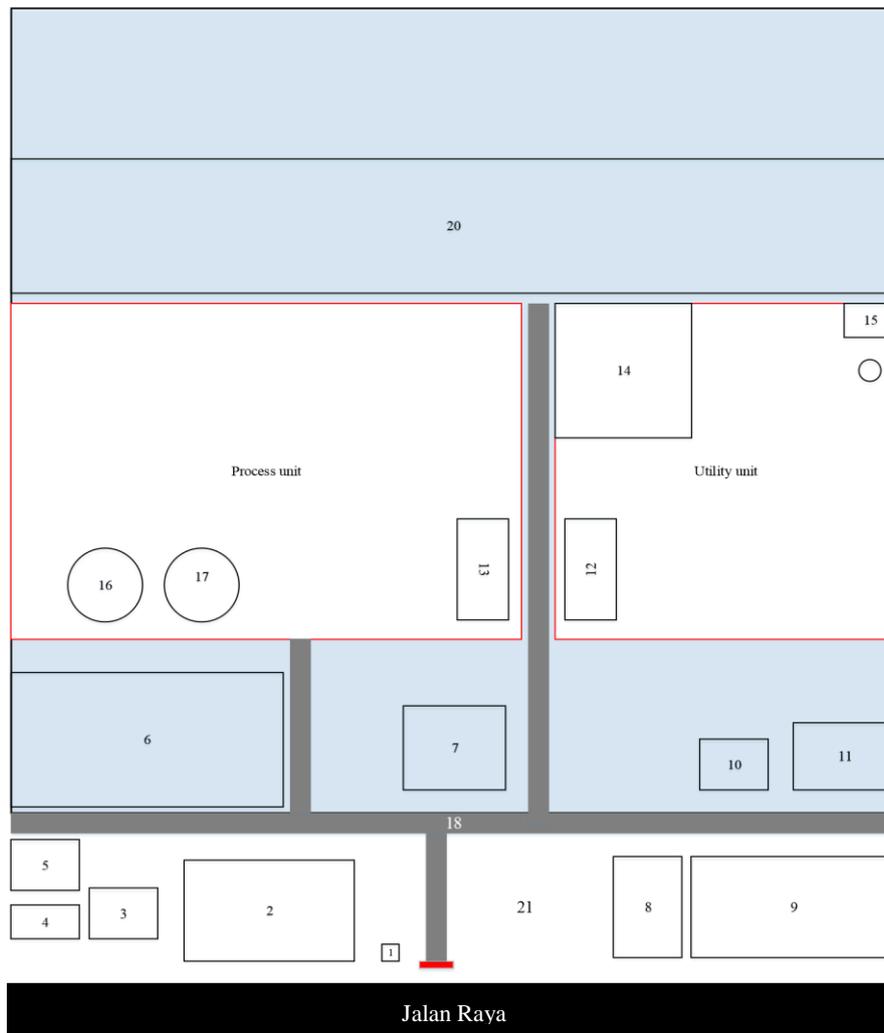
4.2.4 Area Utilitas dan Power Station

Merupakan area dimana kegiatan penyediaan air, *steam*, air pendingin dan tenaga listrik dipusatkan guna menunjang jalannya proses serta unit pemadam kebakaran..

Pendirian pabrik sorbitol ini direncanakan di bangun pada lahan seluas 1,9 ha dengan ukuran 477 m x 370 m. Adapun tata letak pabrik dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan perincian luas tanah sebagai bangunan pabrik dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini:

Tabel 4.1 Perincian Luas Tanah dan Bangunan Pabrik

lokasi	panjang, m	lebar, m	luas, m ²
	m	m	m ²
Kantor utama	30	20	600
Pos Keamanan/satpam	5	5	25
Mess	60	35	2.100
Parkir Tamu	30	20	600
Parkir Truk	16	14	224
Kantor teknik dan produksi	18	14	252
Klinik	10	15	150
Masjid	15	10	150
Kantin	10	15	150
Bengkel	20	15	300
Unit pemadam kebakaran	16	14	224
Gudang alat	25	20	500
Laboratorium	25	15	375
Utilitas	60	45	2.700
Area proses	80	60	4.800
Control Room	20	15	300
Control Utilitas	10	10	100
Jalan dan taman	50	40	2.000
Perluasan pabrik	100	50	5.000
Jalan	1.100	10	11.000
Daerah Perluasan	200	150	30.000
Luas Tanah			61.550
Luas Bangunan			15.550
Total			77.100



- Keterangan:
- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Pos Satpam | 11. Gudang |
| 2. Parkiran | 12. Lab utilitas |
| 3. Masjid | 13. Lab proses |
| 4. Kantin | 14. UPL |
| 5. Poliklinik | 15. Boiler |
| 6. Parkir truck/bongkar muat | 16. Tangki glukosa |
| 7. PMK/ safety | 17. Tangki Sorbitol |
| 8. Parkir kantor | 18. Jalan pabrik |
| 9. Kantor | 19. Mesh Karyawan |
| | 20. Area Pengembangan |
| | 10. Bengkel |
| | 21. Taman dan areal kosong |

Gambar 4.1 Tata Letak Pabrik (Skala 1 : 1000)

4.3 Tata Letak Alat Proses

Dalam perancangan tata letak peralatan proses pada pabrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Aliran bahan baku dan produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis yang besar, serta menunjang kelancaran dan keamanan produksi.

2. Aliran udara

Aliran udara di dalam dan sekitar area proses perlu diperhatikan kelancarannya. Hal ini bertujuan untuk menghindari terjadinya stagnasi udara pada suatu tempat berupa penumpukan atau akumulasi bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan keselamatan pekerja, selain itu perlu memperhatikan arah hembusan angin.

3. Pencahayaan

Penerangan seluruh pabrik harus memadai. Pada tempat-tempat proses yang berbahaya atau beresiko tinggi harus diberi penerangan tambahan.

4. Lalu lintas manusia dan kendaraan

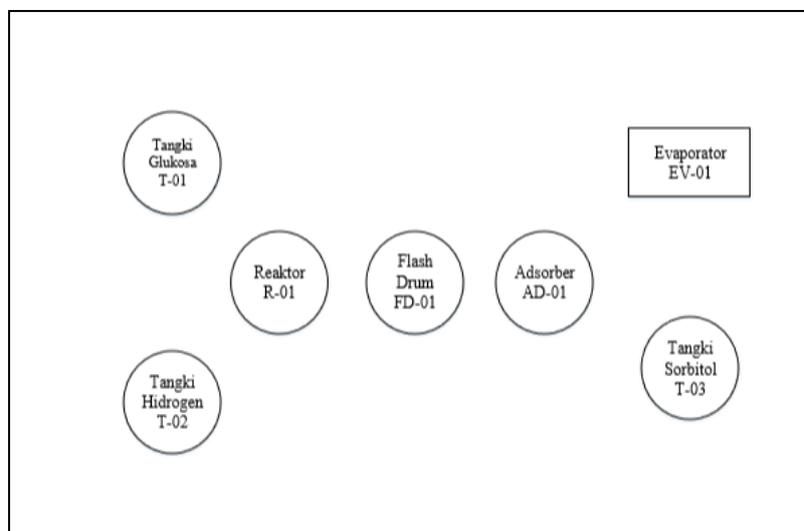
Dalam perancangan *layout* peralatan, perlu diperhatikan agar pekerja dapat mencapai seluruh alat proses dengan cepat dan mudah agar apabila terjadi gangguan pada alat proses dapat segera diperbaiki, selain itu keamanan pekerja selama menjalankan tugasnya perlu diprioritaskan.

5. Pertimbangan Ekonomi

Dalam menempatkan alat-alat proses pada pabrik diusahakan agar dapat menekan biaya operasi dan menjamin kelancaran serta keamanan produksi pabrik sehingga dapat menggantungkan dari segi ekonomi.

6. Jarak antar alat proses

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



Gambar 4. 2 Tata letak Alat Proses

Keterangan :

T-01 : Tangki Glukosa

AD-01 : Adsorber

T-02 : Tangki Hidrogen

EV-01 : Evaporator

R-01 : Reaktor

T-03 : Tangki Sorbitol

FD-01 : Flashdrum

4.4 Alir Proses dan Material

4.4.1.1 Neraca Massa Total

Tabel 4. 2 Neraca Massa Total

Komponen	Nomer Arus(kg/jam)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Glukosa		9.010	180		180	162		162
Maltosa		541	5		5	5		5
Air		4.227	8.464	4.237	4.227	4.058	1.217	2.840
Dextrin		5	5		5	5		5
Hidrogen	102		120.879	120.879	0	0		0
Maltitol			538		538	485		485
Sorbitol			8.929		8.929	8.036	-	8.036
Total	102	13.783	139.001	125.116	13.885	12.750	1.217	11.533

4.4.1.2 Neraca Massa per Alat

1. Neraca Massa Reaktor

Tabel 4. 3 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Input (kg/jam)			Output (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	4	Arus 3
Glukosa	9009,9694			180,1994
Maltosa	540,5982			5,4060
Air	4226,9236		4237,041588	8463,9652
Dextrin	5,4060			5,4060
Hidrogen		102,0064	120879,3735	120879,4266
Maltitol				538,3441
Sorbitol		0,0000		8928,5714
subtotal	13.783	102	125.116	139001,3186
Total	139001,3186			139001,3186

2. Neraca Massa Flash Drum

Tabel 4. 4 Neraca Massa Flash Drum

Komponen	Input	Output	
	Arus 3	Arus 4	Arus 5
Glukosa	180,20		180,20
Maltosa	5,41		5,41
Air	8.463,97	4.237,04	4.266,92
Dextrin	5,41		5,41
Hidrogen	120.879,43	98,80	0,05
Maltitol	538,34		538,34
Sorbitol	8.928,57		8.928,57
Total	139.001,32		139.001,32

4. Neraca Massa Adsorber

Tabel 4. 5 Neraca Massa Adsorber

Komponen	Input	Output	
	Arus 5	Arus 6a	Arus 6
Glukosa	180,20	18,02	162,17
Maltosa	5,41	0,54	4,86
Air	4.266,92	422,69	3.804,23
Dextrin	5,41	0,54	4,86
Hidrogen	0,05	0,005	0,05
Maltitol	538,34	53,83	484,51
Sorbitol	8.928,57	892,85	8.035,71
Total	13.884,9		13.884,9

5. Neraca Massa Evaporator

Tabel 4. 6 Neraca Massa Evaporator

Komponen	Input	Output	
	Arus 6	Arus 7	Arus 8
Glukosa	162,17		162,18
Maltosa	4,86		4,87
Air	3.804,23	1.016,82	3.804,23
Dextrin	4,86		4,86
Hidrogen	0,05		0,05
Maltitol	484,51		484,51
Sorbitol	8.035,71		8.035,71
Total	12.496,41		12.496,41

4.2 Neraca Panas

1. Heat Exchanger (E-102)

Tabel 4. 7 Neraca Panas Heat Exchanger E-102

Komponen	Input		Output
	Qin	Qsteam	Qout
Glukosa	54.809		1.150.985
Maltosa	3.413		71.667
Air	177.482		3.727.129
Dextrin	33		689
Sub Total	235.737	4.714.733	4.950.470
Total	4.950.470		4.950.470

2. Heat Exchanger (E-104)

Tabel 4. 8 Neraca Panas Heat Exchanger E-104

Komponen	Input		Output
	Qin	Qsteam	Qout
Hidrogen	26.078.082		182.546.503
Air	532.447		1.968.135
Sub Total	26.610.529	157.904.109	184.514.639
Total	184.514.639		184.514.639

3. Cooler (E-101)

Tabel 4. 9 Neraca Panas Cooler E-101

Komponen	Input	Output	
	Qin	Qp	Qout
Glukosa	23.751		3.288,53
Maltosa	739		102,38
Air	3.845.591		532.447,00
Dextrin	711		98,43
Hidrogen	186.859.332		25.871.883
Maltitol	73.585		10.188
Sorbitol	1.281.903		177.488
Sub Total	192.085.612	165.490.117	26.595.496
Total	192.085.612	192.085.612	

4. Cooler (E-103)

Tabel 4. 10 Neraca Panas Cooler E-103

Komponen	Input		Output
	Q _{in}	Q _p	Q _{out}
Hidrogen	404.914.869	223.806.964	181.107.905
Total	404.914.869	223.806.964	181.107.905

5. Cooler (E-105)

Tabel 4. 10 Neraca Panas Cooler E-105

Komponen	Input	Output	
	Q _{in}	Q _p	Q _{out}
Glukosa	15.785		1.973
Maltosa	491		61
Air	935.197		116.900
Dextrin	472		59
Hidrogen	49		6
Maltitol	92.431		11.554
Sorbitol	450.752		56.344
Sub Total	1.495.177	1.308.280	186.897
Total	1.495.177	1.495.177	

6. Reaktor

Tabel 4. 11 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Input		Output
	Qin	Qreaksi	Qout
Glukosa	1.150.985		23.020
Maltosa	71.667		717
Air	3.727.129		3.727.129
Dextrin	689		689
Hidrogen	13.248.565		181.103.183
Maltitol	0		134.795
Sorbitol	0		657.347
Sub Total	18.199.035	167.447.844	185.646.879
Total	185.646.879		185.646.879

7. Evaporator

Tabel 4. 12 Neraca Panas Evaporator

Komponen	Input		Output	
	Qin	Qsteam	Qvapor	Qliquid
Glukosa	1.973			15.785
Maltosa	61			491
Air	150.771		270.971	935.197
Dextrin	59			472
Hidrogen	6			49
Maltitol	6.113			48.904
Sorbitol	106.493			851.941
Sub Total	265.476	1.858.334	270.971	1.852.839
Total	2.123.810		2.123.810	

8. *Kompresor 101*

Tabel 4. 13 Neraca Panas *Kompresor*

Komponen	Input		Output
	Qin	Qsteam	Q out
Hidrogen	14.555	327.131	341.686
Total	341.686		341.686

9. *Kompresor 101*

Tabel 4. 14 Neraca Panas *Kompresor*

Komponen	Input		output
	Qin	Qsteam	Qout
Hidrogen	14554,9884	191230,3955	205785,3839
Total	14554,9884	191230,3955	205785,3839

Diagram Alir Kualitatif

Gambar 4. 3 Diagram Alir Kualitatif

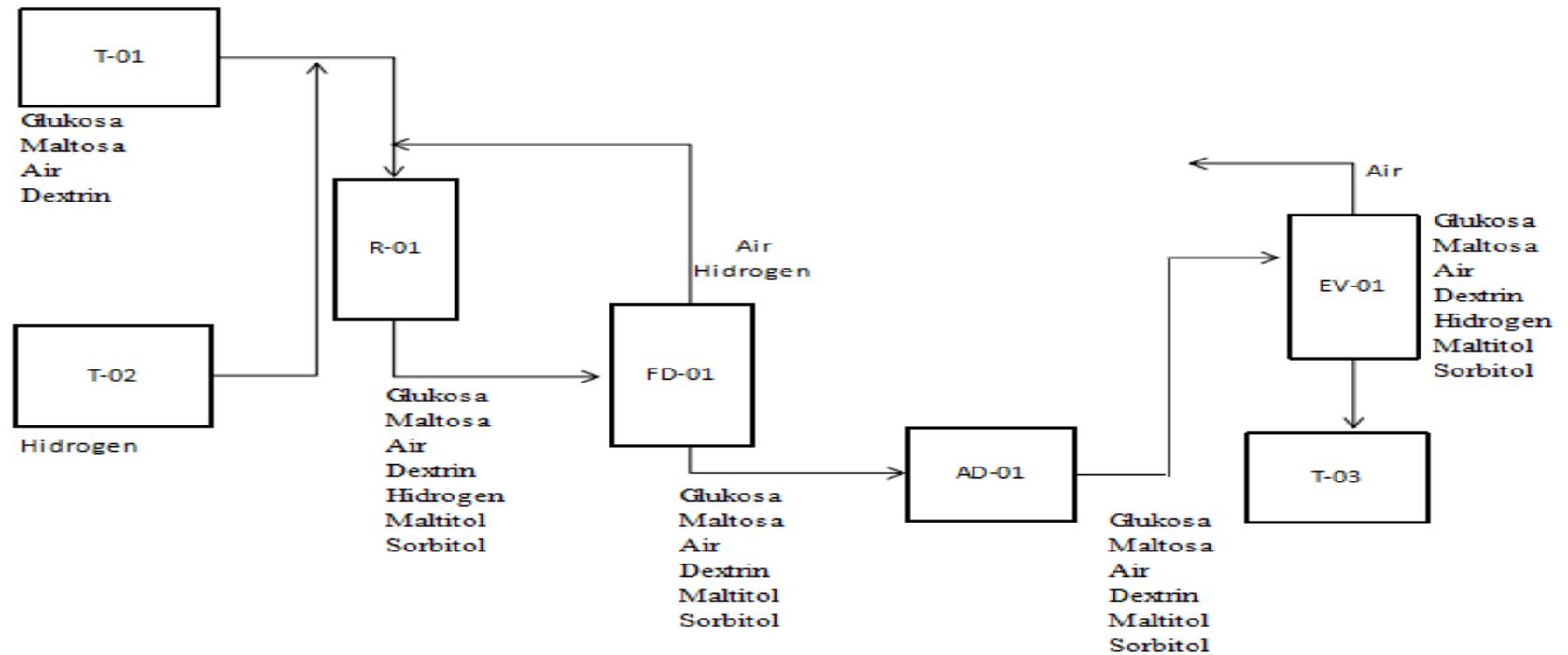
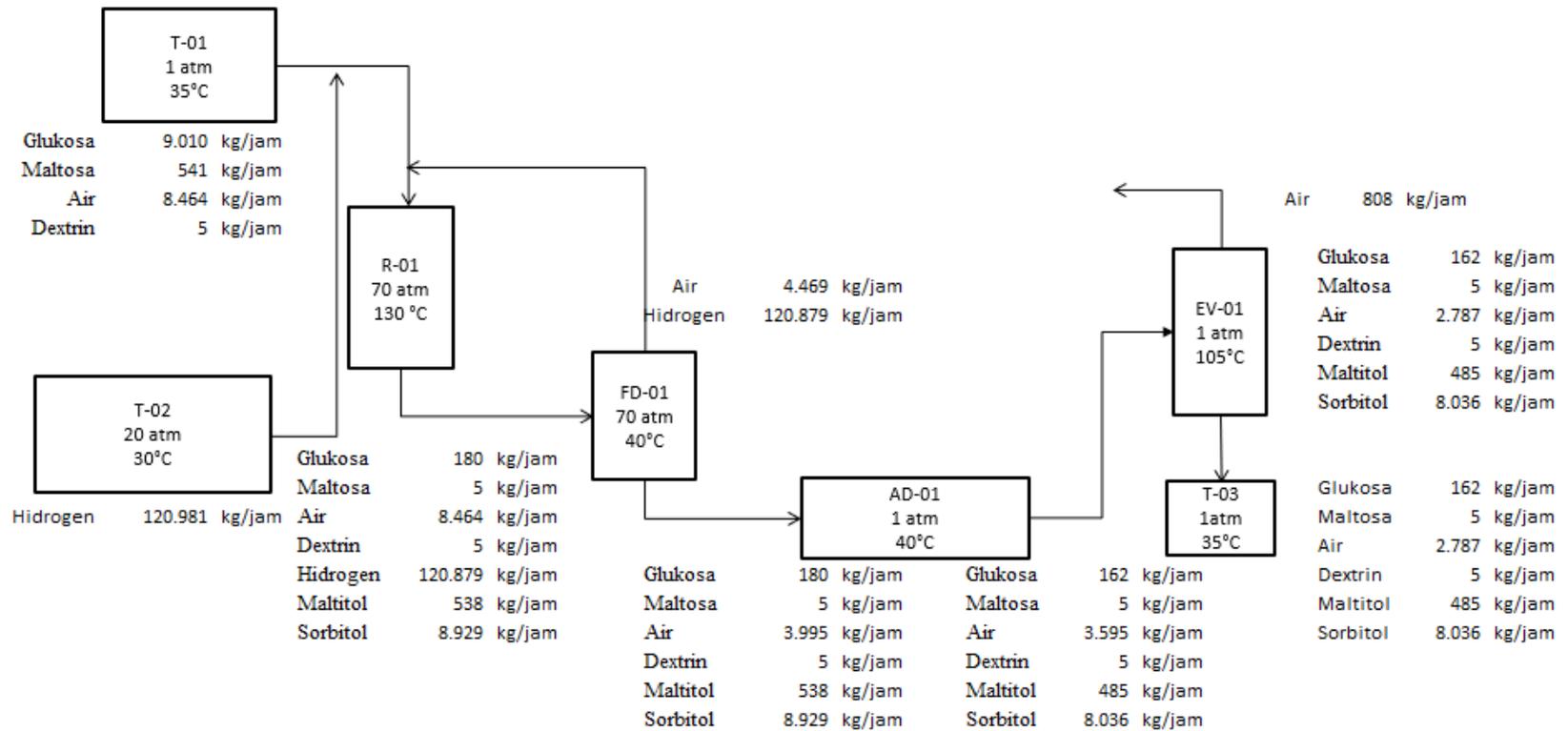


Diagram Alir Kuantitatif

Gambar 4. 4 Diagram Alir Kuantitatif



4.5 Perawatan (*Maintenance*)

Maintenance berguna untuk menjaga sarana atau fasilitas peralatan pabrik dengan cara pemeliharaan dan perbaikan alat agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan produktifitas menjadi tinggi sehingga akan tercapai target produksi dan spesifikasi produk yang diharapkan.

Perawatan preventif dilakukan setiap hari untuk menjaga dari kerusakan alat dan kebersihan lingkungan alat. Sedangkan perawatan periodik dilakukan secara terjadwal sesuai dengan buku petunjuk yang ada. Penjadwalan tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga alat-alat mendapat perawatan khusus secara bergantian. Alat-alat berproduksi secara kontinyu dan akan berhenti jika terjadi kerusakan.

Perawatan alat-alat proses dilakukan dengan prosedur yang tepat. Hal ini dapat dilihat dari penjadwalan yang dilakukan pada setiap alat. Perawatan mesin tiap-tiap alat meliputi :

1. *Over head* 1 x 1 tahun

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

2. *Repairing*

Merupakan kegiatan *maintenance* yang bersifat memperbaiki bagian-bagian alat. Hal ini biasanya dilakukan setelah pemeriksaan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi *maintenance*:

a. Umur alat

Semakin tua umur alat semakin banyak pula perawatan yang harus diberikan yang menyebabkan bertambahnya biaya perawatan.

b. Bahan baku

Penggunaan bahan baku yang kurang berkualitas akan menyebabkan kerusakan alat sehingga alat akan lebih sering dibersihkan.

c. Tenaga manusia

Pemanfaatan tenaga kerja terdidik, terlatih dan berpengalaman akan menghasilkan pekerjaan yang baik pula.

4.6 Utilitas

Untuk mendukung proses dalam suatu pabrik diperlukan sarana penunjang yang penting demi kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu agar proses produksi dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

Salah satu faktor yang menunjang kelancaran suatu proses produksi didalam pabrik yaitu penyediaan utilitas. Penyediaan utilitas ini meliputi :

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

Unit ini berfungsi menyediakan air pendingin, air umpan *boiler* dan air sanitasi untuk air perkantoran dan air untuk perumahan.

2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

Unit ini berfungsi menyediakan panas yang digunakan di *heat exchanger* dan *reboiler*.

3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit ini berfungsi menyediakan tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, dan penerangan. Listrik diperoleh dari PLN dan Generator Set sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)

Unit ini berfungsi menyediakan udara tekan untuk menjalankan sistem instrumentasi. Udara tekan diperlukan untuk alat kontrol *pneumatic*.

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini berfungsi menyediakan bahan bakar untuk *Boiler* dan Generator.

4.6.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)

4.6.1.1 Unit Penyediaan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air suatu industri, pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Dalam perancangan pabrik Sorbitol ini, sumber air yang digunakan berasal air sungai yang terdekat dengan pabrik, Pertimbangan menggunakan air sungai sebagai sumber untuk mendapatkan air adalah :

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

- Pengolahan air sungai relatif lebih mudah, sederhana dan biaya pengolahan relatif murah dibandingkan dengan proses pengolahan air laut yang lebih rumit dan biaya pengolahannya umumnya lebih besar.
- Letak sungai berada dekat dengan pabrik.
- Jumlah air sungai lebih banyak dibanding dari air sumur

Air yang diperlukan pada pabrik ini adalah :

a. Air pendingin

Pada umumnya air digunakan sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut :

- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar.
- Mudah dalam pengolahan dan pengaturannya.
- Dapat menyerap jumlah panas yang relatif tinggi persatuan volume.
- Tidak mudah menyusut secara berarti dalam batasan dengan adanya perubahan temperatur pendingin.
- Tidak terdekomposisi.

b. Air Umpan *Boiler* (*Boiler Feed Water*)

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

- Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S dan NH_3 , O_2 masuk karena aerasi maupun kontak dengan udara luar.

- Zat yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. Kerak dalam *boiler* dapat menyebabkan isolasi terhadap proses perpindahan panas terhambat dan kerak yang terbentuk dapat pecah sehingga dapat menimbulkan kebocoran.

- Zat yang menyebabkan *foaming*

Air yang diambil kembali dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik yang tak larut dalam jumlah besar. Kesulitan yang dihadapi dengan adanya *foaming* diantaranya adalah kesulitan dalam pembacaan tinggi *liquid* dalam *boiler* dan juga buih ini dapat menyebabkan percikan yang kuat serta dapat mengakibatkan penempelan padatan yang menyebabkan terjadinya korosi apabila terjadi pemanasan lanjut. Untuk mengatasi hal-hal di atas maka diperlukan pengontrolan terhadap kandungan lumpur, kerak, dan alkalinitas air umpan *boiler*. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi.

c. Air sanitasi

Air sanitasi adalah air yang akan digunakan untuk keperluan sanitasi.

Air ini antara lain untuk keperluan perumahan, perkantoran laboratorium, masjid. Air sanitasi harus memenuhi kualitas tertentu, yaitu:

- Syarat fisika, meliputi:

Suhu : Di bawah suhu udara

Warna : Jernih

Rasa : Tidak berasa

Bau : Tidak berbau

- Syarat kimia, meliputi:

Tidak mengandung zat organik dan anorganik yang terlarut dalam air.

Air sanitasi tidak mengandung bakteri terutama bakteri patogen yang dapat merubah sifat fisis air.

4.6.1.2 Unit Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik sorbitol ini, kebutuhan air diambil dari air sungai yang terdekat dengan pabrik. Adapun tahap-tahap proses pengolahan air yang dilakukan meliputi :

1. Penyaringan Awal / *screening*

Sebelum mengalami proses pengolahan, air dari sungai harus mengalami pembersihan awal agar proses selanjutnya dapat berlangsung dengan lancar. Air sungai dilewatkan *screen* (penyaringan awal) berfungsi untuk menahan kotoran-kotoran yang berukuran besar seperti kayu, ranting, daun, sampah dan sebagainya. Kemudian dialirkan ke bak pengendap.

2. Bak pengendap (BU-01)

Air sungai setelah melalui filter dialirkan ke bak pengendap awal. Untuk mengendapkan lumpur dan kotoran air sungai yang tidak lolos dari penyaring awal (*screen*). Kemudian dialirkan ke bak pengendap yang dilengkapi dengan pengaduk.

3. *Premix Tank* (TU-01)

Air setelah melalui bak pengendap awal kemudian dialirkan ke bak penggumpal untuk menggumpalkan koloid-koloid tersuspensi dalam cairan (larutan) yang tidak mengendap di bak pengendap dengan cara menambahkan senyawa kimia. Umumnya flokulan yang biasa digunakan adalah Tawas atau alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan Na_2CO_3 . Adapun reaksi yang terjadi dalam bak penggumpal adalah :



4. *Clarifier* (CLU)

Kebutuhan air dari suatu pabrik diperoleh dari sumber air yang berada disekitar pabrik dengan cara mengolah air terlebih dahulu agar dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan secara fisika, kimia, penambahan desinfektan, dan penggunaan *ion exchanger*.

Raw water diumpankan ke tangki terlebih dahulu dan kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi serta ditambahkan bahan–bahan kimia selama pengadukan tersebut. Bahan–bahan kimia yang digunakan adalah:

- a. $\text{Al}_2(\text{SO}_4).18\text{H}_2\text{O}$ yang berfungsi sebagai koagulan.
- b. Na_2CO_3 yang berfungsi sebagai flokulan.

Pada *clarifier* lumpur dan partikel padat lain diendapkan dengan diinjeksi alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4).18\text{H}_2\text{O}$) sebagai koagulan yang membentuk flok. Selain itu ditambahkan NaOH sebagai pengatur pH. Air baku dialirkan ke

bagian tengah *clarifier* untuk diaduk. Selanjutnya air bersih akan keluar melalui pinggiran *clarifier* sebagai *overflow*, sedangkan flok yang terbentuk atau *sludge* akan mengendap secara gravitasi dan di *blowdown* secara berkala dengan waktu yang telah ditentukan. Air baku yang belum di proses memiliki *turbidity* sekitar 42 ppm. Setelah keluar *clarifier* kadar *turbidity* akan turun menjadi kurang dari 10 ppm.

5. Penyaring pasir (FU)

Air hasil dari *clarifier* dialirkan menuju alat penyaring pasir untuk memisahkan dengan partikel – partikel padatan yang terbawa. Air yang mengalir keluar dari alat penyaring pasir akan memiliki kadar *turbidity* sekitar 2 ppm. Air tersebut dialirkan menuju tangki penampung (penyaring reservoir air) yang kemudian didistribusikan menuju menara air dan unit demineralisasi. *Back washing* pada *sand filter* dilakukan secara berkala dengan tujuan menjaga kemampuan penyaringan alat.

6. Bak Penampung Sementara (BU-02)

Air setelah keluar dari bak penyaring dialirkan ke tangki penampung yang siap akan distribusikan sebagai air perumahan/perkantoran, air umpan *boiler* dan air pendingin.

7. Tangki Klorinator (TU-02)

Air setelah melalui bak penampung dialirkan ke tangki Klorinator (TU-02). Air harus ditambahkan dengan klor atau kaporit untuk membunuh kuman dan mikroorganisme seperti *amoeba*, ganggang dan lain-lain yang terkandung dalam air sehingga aman untuk dikonsumsi.

8. *Kation exchanger* (KEU)

Air dari bak penampung (BU-02) berfungsi sebagai *make up boiler*, selanjutnya air diumpankan ke *kation exchanger* (KEU). Tangki ini berisi resin pengganti kation-kation yang terkandung dalam air diganti ion H^+ sehingga air yang akan keluar dari *kation exchanger* adalah air yang mengandung anion dan ion H^+ .

9. *Anion exchanger* (AEU)

Air yang keluar dari tangki *kation exchanger* (KEU) kemudian diumpankan *anion exchanger* (AEU). AEU berfungsi untuk mengikat ion-ion negatif (anion) yang terlarut dalam air dengan resin yang bersifat basa, sehingga anion-anion seperti CO_3^{2-} , Cl^- , dan SO_4^{2-} akan terikat dengan resin. Dalam waktu tertentu, anion resin akan jenuh sehingga perlu diregenerasikan kembali dengan larutan NaOH.

10. Unit Deaerator (DAU)

Deaerasi adalah proses pembebasan air umpan *boiler* dari gas-gas yang dapat menimbulkan korosi pada *boiler* seperti oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2). Air yang telah mengalami demineralisasi (*kation exchanger* dan *anion exchanger*) dipompakan menuju deaerator. Pada pengolahan air untuk (terutama) *boiler* tidak boleh mengandung gas terlarut dan padatan terlarut, terutama yang dapat menimbulkan korosi. Unit deaerator ini berfungsi menghilangkan gas O_2 dan CO_2 yang dapat menimbulkan korosi. Di dalam deaerator diinjeksikan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_2) yang berfungsi untuk mengikat O_2 sehingga dapat

mencegah terjadinya korosi pada *tube boiler*. Air yang keluar dari deaerator dialirkan dengan pompa sebagai air umpan *boiler* (*boiler feed water*).

11. Bak Air Pendingin (BU-03)

Pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air yang telah digunakan dalam pabrik kemudian didinginkan dalam *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa udara maupun dilakukannya *blowdown* diganti dengan air yang disediakan di bak air bersih. Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang bisa menimbulkan lumut.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas, maka kedalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- a. Fosfat, berguna untuk mencegah timbulnya kerak.
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah timbulnya penggumpalan

4.6.1.3 Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air pembangkit *steam*

Tabel 4. 66 Kebutuhan air pembangkit *steam*

Nama Alat	Jumlah (Kg/jam)
HE 01	1.351
HE 02	72.709
Evaporator	855
Jumlah	74.915

Air pembangkit *steam* 80% dimanfaatkan kembali, maka *make up* yang diperlukan 20%, sehingga

$$\begin{aligned} \text{Blowdown pada boiler} &= 15\% \times 14.982 \text{ kg/jam} \\ &= 11.237 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Steam trap} &= 5\% \times 15.286 \text{ kg/jam} \\ &= 3.745 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Makeup water for steam} &= \text{Blowdown} + \text{Steam trap} \\ &= (11.237 + 3.745) \text{ kg/jam} \\ &= 14.982 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

b. Air Proses Pendinginan

Tabel 4. 77 Kebutuhan air proses pendinginan

Nama Alat	Jumlah (kg/jam)
Cooler 01	1.972.440
Cooler 02	1.306
Cooler 03	15.593
Jumlah	1.989.339

$$\begin{aligned} \text{make up water} &= W_e + W_d + W_b \\ &= (30.436,9 + 7.609,2 + 23,4) \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$= 38.069,5 \text{ kg/jam}$$

c. Air untuk perkantoran dan rumah tangga

Dianggap 1 orang membutuhkan air = 100 L/hari

Jumlah karyawan = 145 orang

Tabel 4. 88 Kebutuhan air rumah tangga

Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
Kebutuhan rumah tangga	24.000
Karyawan	14.500
Total	38.500

Tabel 4. 99 Kebutuhan air untuk service water

Penggunaan	Kebutuhan (kg/hari)
Bengkel	200
Poliklinik	300
Laboratorium	500
Pemadam kebakaran	1.000
Kantin, mushola, taman	1.500
Total	3.500

4.6.2 Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)

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

Kapasitas : 14.982 kg/jam

Jenis : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Boiler tersebut dilengkapi dengan sebuah unit *economizer safety valve sistem* dan pengaman-pengaman yang bekerja secara otomatis.

Air dari *water treatment plant* yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* terlebih dahulu diatur kadar silika, O₂, Ca dan Mg yang mungkin masih terikut dengan jalan menambahkan bahan-bahan kimia ke dalam *boiler feed water tank*. Selain itu juga perlu diatur pH nya yaitu sekitar 10,5–11,5 karena pada pH yang terlalu tinggi korosivitasnya tinggi.

Sebelum masuk ke *boiler* , umpan dimasukkan dahulu ke dalam *economizer*, yaitu alat penukar panas yang memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler* . Di dalam alat ini air dinaikkan temperaturnya hingga 140⁰C, kemudian diumpankan ke *boiler* .

Di dalam *boiler* , api yang keluar dari alat pembakaran (*burner*) bertugas untuk memanaskan lorong api dan pipa - pipa api. Gas sisa pembakaran ini masuk ke *economizer* sebelum dibuang melalui cerobong asap, sehingga air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa api maka air menjadi mendidih, uap air yang terbentuk terkumpul sampai mencapai tekanan 10 bar, baru kemudian dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke area-area proses.

4.6.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh 2 sumber, yaitu PLN dan generator diesel. Selain sebagai tenaga cadangan apabila PLN mengalami gangguan, diesel juga dimanfaatkan untuk menggerakkan power - power yang

dinilai penting antara lain *boiler* , kompresor, pompa. Spesifikasi diesel yang digunakan adalah :

Kapasitas : 500 kWh
 Jenis : Generator Diesel
 Jumlah : 1 buah

Prinsip kerja dari diesel ini adalah solar dan udara yang terbakar secara kompresi akan menghasilkan panas. Panas ini digunakan untuk memutar poros engkol sehingga dapat menghidupkan generator yang mampu menghasilkan tenaga listrik. Listrik ini didistribusikan ke panel yang selanjutnya akan dialirkan ke unit pemakai. Pada operasi sehari-hari digunakan listrik PLN 100%. Tetapi apabila listrik padam, operasinya akan menggunakan tenaga listrik dari diesel 100%. Kebutuhan listrik untuk alat proses terdapat pada tabel 4.17

Tabel 4. 20 Kebutuhan Listrik Alat Proses

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa	P-101	15	11.185,5
Pompa	P-102	100	74.570
Pompa	P-103	7,5	5.592,75
Pompa	P-104	7,5	5.592,75
Pompa	P-105	4	2.982,8
Pompa	P-106	10	7.457
Pompa	P-107	10	7.457
Pompa	P-108	20	14.914
Kompresor	C-101	25	18.642,5
Total		239,000	178.222,300

Kebutuhan listrik untuk utilitas terdapat pada Tabel 4.18

Tabel 4.21 Kebutuhan Listrik Utilitas

Alat	Kode Alat	Daya	
		Hp	Watt
Pompa	P-101	10	7.457,000
Pompa	P-102	10	7.457,000
Pompa	P-103	10	7.457,000
Pompa	P-104	7,5	5.592,750
Pompa	P-105	7,5	5.592,750
Pompa	P-106	7,5	5.592,750
Pompa	P-107	0,1	93,213
Pompa	P-108	40,0	29.828,000
Pompa	P-109	0,05	37,285
Pompa	P-110	0,05	37,285
Pompa	P-111	0,05	37,285
Pompa	P-112	0,125	93,213
Tangki flokuator	TU-101	3	2.237,100
Tangki klorinator	TU-102	40	29.828,000
Cooling tower	CTU	35	26.099,500
Kompresor udara tekan	KU	3	2.237,100
Total		173,900	129.677,230

Jumlah kebutuhan listrik utilitas 173,900 Hp, Jumlah kebutuhan listrik untuk alat proses dan utilitas 412,900 Hp. Kebutuhan listrik alat instrumentasi dan kontrol jumlah kebutuhan listrik untuk alat instrumentasi dan kontrol diperkirakan sebesar 5 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas 20,6450 Hp.

Kebutuhan Listrik Laboratorium, Rumah Tangga, Perkantoran dan lain-lain jumlah kebutuhan listrik untuk laboratorium, rumah tangga perkantoran dan lain-lain diperkirakan sebesar 25 % dari kebutuhan alat proses dan utilitas 59,7500 Hp.

Kebutuhan Listrik Total

Jumlah kebutuhan listrik total = 493,295 Hp

Faktor daya diperkirakan 80 % = 616,6188 Hp = 459,8126 kWh

Energi listrik diperoleh dari PLN, namun disediakan generator sebagai cadangan sebesar 500 kWh.

4.6.4 Unit Penyediaan Udara Tekan

Udara tekan diperlukan untuk pemakaian alat *pneumatic control*. Total kebutuhan udara tekan diperkirakan 26,4 m³/jam.

4.6.5 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertujuan untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada generator dan *boiler*. Bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah solar (*Industrial Diesel Oil*). Sedangkan bahan bakar yang dipakai pada *boiler* adalah fuel oil. Dibutuhkan bahan bakar sebanyak 34,9279 kg/jam.

4.7 Organisasi Perusahaan

4.7.1 Bentuk Perusahaan

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada perancangan pabrik Sorbitol ini yaitu Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas (PT) merupakan bentuk perusahaan yang mendapatkan modalnya dari penjualan saham dimana tiap sekutu turut mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih. Saham adalah surat berharga yang dikeluarkan oleh perusahaan atau PT tersebut dan orang yang memiliki saham berarti telah menyetorkan modal keperusahaan, yang berarti pula ikut memiliki perusahaan. Dalam Perseroan Terbatas (PT) pemegang saham hanya bertanggung jawab menyetor penuh jumlah yang disebutkan dalam tiap saham.

Untuk perusahaan-perusahaan skala besar, biasanya menggunakan bentuk Perseroan Terbatas (PT/korporasi), Perseroan Terbatas (PT) merupakan asosiasi

pemegang saham yang diciptakan berdasarkan hukum dan dianggap sebagai badan hukum.

Alasan dipilihnya bentuk perusahaan (PT) ini adalah didasarkan beberapa faktor sebagai berikut :

1. Mudah mendapatkan modal, yaitu dengan menjual saham perusahaan.
2. Tanggung jawab pemegang saham terbatas, sehingga kelancaran produksi hanya dipegang oleh pimpinan perusahaan.
3. Kelangsungan hidup perusahaan lebih terjamin, karena tidak terpengaruh berhentinya pemegang saham, direksi beserta stafnya atau karyawan perusahaan.
4. Efisiensi dari manajemen
Para pemegang saham dapat memilih orang yang ahli sebagai dewan komisaris dan direktur yang cukup cakap dan berpengalaman.
5. Lapangan usaha lebih luas
Suatu PT dapat menarik modal yang sangat besar dari masyarakat, sehingga dengan modal ini PT dapat memperluas usahanya.
6. Merupakan badan usaha yang memiliki kekayaan tersendiri yang terpisah dari kekayaan pribadi.
7. Mudah mendapatkan kredit dari bank dengan jaminan perusahaan.
8. Mudah bergerak di pasar global.

Ciri-ciri Perseroan Terbatas (PT) adalah :

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

4.7.2 Struktur Organisasi

Dalam menjalankan segala aktivitas suatu proses pabrik secara efisien dan efektif, di suatu perusahaan diperlukan suatu manajemen atau organisasi yang memiliki pembagian tugas dan wewenang yang baik. Struktur organisasi dari suatu perusahaan dapat bermacam-macam sesuai dengan bentuk dan kebutuhan dari masing-masing perusahaan. Dengan adanya struktur yang baik maka para atasan dan para karyawan dapat memahami posisi masing-masing. Struktur organisasi suatu perusahaan dapat menggambarkan bagian, posisi, tugas, kedudukan, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing personil dalam perusahaan tersebut.

Untuk mendapatkan suatu sistem organisasi yang terbaik maka perlu diperhatikan beberapa azas yang dapat dijadikan pedoman antara lain:

1. Perumusan tujuan perusahaan dengan jelas
2. Pendelegasian wewenang

3. Pembagian tugas kerja yang jelas
4. Kesatuan perintah dan tanggung jawab
5. Sistem pengontrol atas pekerjaan yang telah dilaksanakan
6. Organisasi perusahaan yang fleksibel

Dengan berpedoman terhadap azas-azas tersebut, maka diperoleh bentuk struktur organisasi yang baik, yaitu sistem *line* dan staf. Pada sistem ini, garis kekuasaan sederhana dan praktis. Demikian pula kebaikan dalam pembagian tugas kerja seperti yang terdapat dalam sistem organisasi fungsional, sehingga seorang karyawan hanya bertanggung jawab pada seorang atasan saja. Sedangkan untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri atas orang-orang yang ahli dalam bidangnya. Staf ahli akan memberi bantuan pemikiran dan nasehat pada tingkat pengawas demi tercapainya tujuan perusahaan.

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

1. Sebagai garis atau *line* yaitu orang-orang yang menjalankan tugas pokok organisasi dalam rangka mencapai tujuan.
2. Sebagai staf yaitu orang-orang yang melakukan tugasnya dengan keahlian yang dimilikinya, dalam hal ini berfungsi untuk memberikan saran-saran kepada unit operasional.

Manfaat adanya struktur organisasi tersebut adalah sebagai berikut :

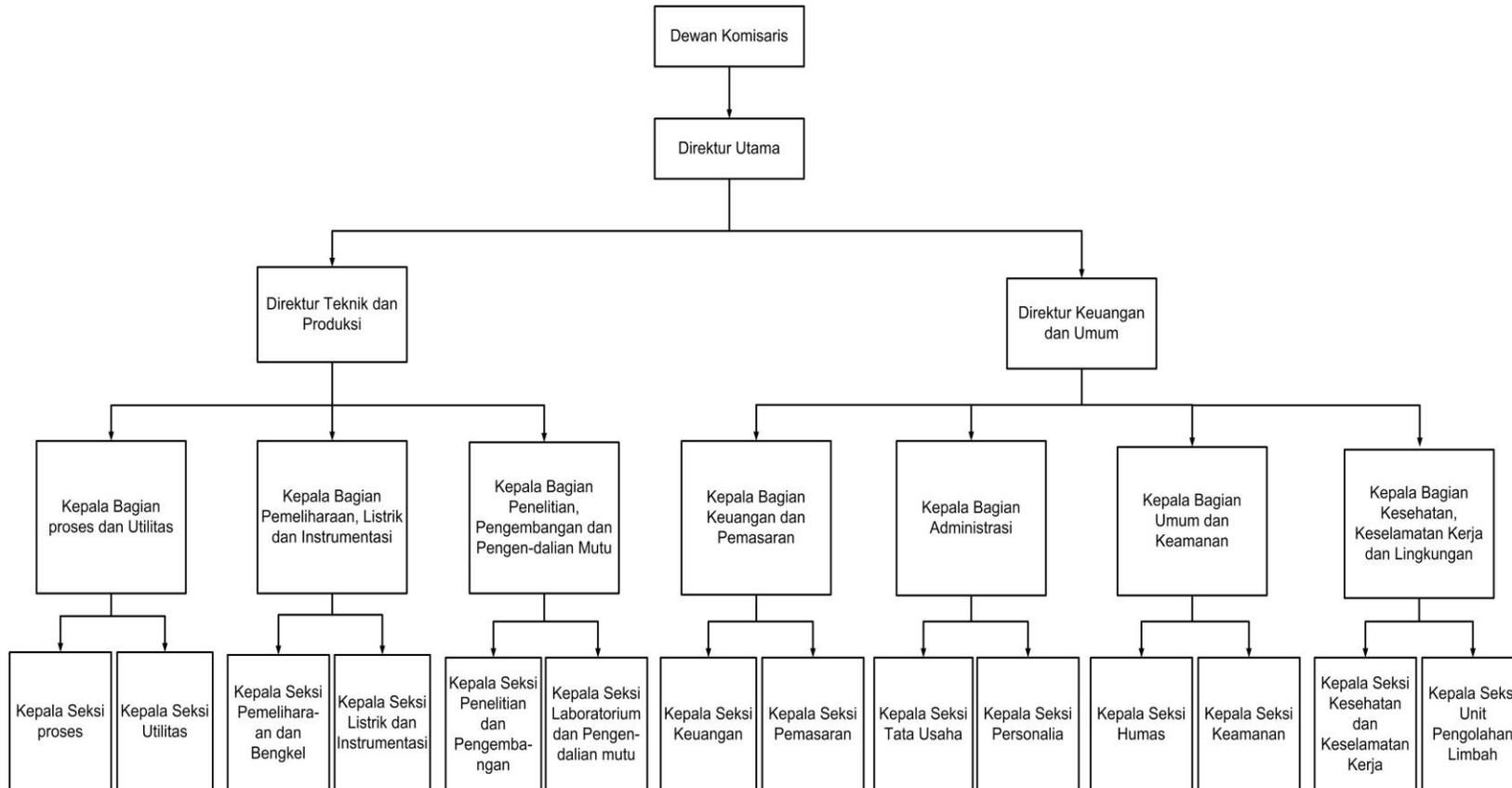
1. Menjelaskan mengenai pembatasan tugas, tanggung jawab dan wewenang
2. Sebagai bahan orientasi untuk pejabat
3. Penempatan pegawai yang lebih tepat
4. Penyusunan program pengembangan manajemen
5. Mengatur kembali langkah kerja dan prosedur kerja yang berlaku bila terbukti kurang lancar

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan, dalam pelaksanaan tugas sehari-harinya diwakili oleh seorang Dewan Komisaris, sedangkan tugas menjalankan perusahaan dilaksanakan oleh seorang Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum. Dimana Direktur Teknik dan Produksi membawahi bidang produksi, pengendalian, utilitas dan pemeliharaan. Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum membawahi bidang pembelian dan pemasaran, administrasi, keuangan dan umum, serta penelitian dan pengembangan. Direktur ini membawahi beberapa kepala bagian yang bertanggung jawab atas bawahannya sebagai bagian dari pendelegasian wewenang dan tanggung jawab. Masing-masing kepala bagian akan membawahi beberapa seksi yang dikepalai oleh kepala seksi dan masing-masing seksi akan membawahi dan mengawasi para karyawan perusahaan pada masing-masing bidangnya. Karyawan perusahaan akan dibagi dalam beberapa

kelompok regu yang dipimpin oleh masing-masing kepala regu, dimana kepala regu akan bertanggung jawab kepada pengawas pada masing-masing seksi.

Untuk mencapai kelancaran produksi maka perlu dibentuk staf ahli yang terdiri dari orang-orang yang ahli di bidangnya. Staf ahli akan memberikan bantuan pemikiran dan nasehat kepada tingkat pengawas, demi tercapainya tujuan perusahaan.

Berikut gambar struktur organisasi pabrik sorbitol glukosa dengan proses hidrogenasi kapasitas 100.000 ton/tahun.



Gambar 4. 5 Struktur Organisasi

4.7.3 Tugas dan Wewenang

1. Pemegang Saham

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

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

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan pelaksana tugas sehari-hari daripada pemilik saham, sehingga dewan komisaris akan bertanggung jawab terhadap pemilik saham. Tugas-tugas Dewan Komisaris meliputi:

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

3. Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan dan bertanggung jawab sepenuhnya terhadap maju mundurnya perusahaan. Direktur

Utama bertanggung jawab kepada Dewan Komisaris atas segala tindakan dan kebijaksanaan yang diambil sebagai pimpinan perusahaan. Direktur Utama membawahi Direktur Teknik dan Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Utama antara lain:

1. Tugas kebijakan perusahaan dan mempertanggungjawabkan pekerjaannya pada pemegang saham pada akhir masa jabatannya.
2. Menjaga stabilitas organisasi perusahaan dan membuat kontinuitas hubungan yang baik antara pemilik saham, pimpinan, konsumen dan karyawan.
3. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan rapat pemegang saham.
4. Mengkoordinir kerjasama dengan Direktur Teknik dan Produksi serta Administrasi, Keuangan dan Umum.

Tugas Direktur Teknik dan Produksi antara lain:

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

Tugas Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum antara lain:

1. Bertanggung jawab kepada Direktur Utama dalam bidang administrasi, keuangan dan umum, pembelian dan pemasaran, serta penelitian dan pengembangan.

2. Mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan kepala-kepala bagian yang menjadi bawahannya.

4. Staff Ahli

Staff ahli terdiri dari tenaga ahli yang bertugas membantu direksi dalam menjalankan tugasnya baik yang berhubungan dengan teknik maupun administrasi. Staff ahli bertanggung jawab kepada Direktur Utama sesuai dengan bidang keahliannya masing-masing.

Tugas dan wewenang:

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

5. Kepala Bagian

Secara umum tugas Kepala Bagian adalah mengkoordinir, mengatur dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dalam lingkungan bagiannya sesuai dengan garis-garis yang diberikan oleh pimpinan perusahaan. Kepala bagian dapat juga bertindak sebagai staff direktur. Kepala bagian ini bertanggung jawab kepada direktur masing-masing. Kepala bagian terdiri dari :

a. Kepala Bagian Produksi

Tugas kepala bagian produksi yaitu mengkoordinasikan kegiatan pabrik yang berhubungan dengan bidang produksi operasi dan laboratorium. Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang mutu dan kelancaran produksi.

Kepala Bagian Produksi membawahi:

- Seksi Proses

Tugas Seksi Proses yaitu menjalankan tindakan seperlunya pada peralatan produksi yang mengalami kerusakan, sebelum diperbaiki oleh seksi yang berwenang serta mengawasi jalannya proses produksi.

- Seksi Pengendalian

Tugas Seksi Pengendalian yaitu menangani hal-hal yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan mengurangi potensi bahaya yang ada.

- Seksi Laboratorium

Tugas Seksi Laboratorium yaitu mengawasi dan menganalisa mutu bahan baku dan bahan pembantu, mengawasi dan menganalisa produk serta mengawasi kualitas buangan pabrik.

b. Kepala Bagian Teknik

Tugas Kepala Bagian Teknik yaitu Bertanggung jawab kepada Direktur Teknik dan Produksi dalam bidang utilitas dan pemeliharaan. Mengkoordinir kepala-kepala seksi yang menjadi bawahannya.

Kepala Bagian Teknik membawahi:

- Seksi Pemeliharaan

Tugas Seksi Pemeliharaan yaitu melaksanakan pemeliharaan fasilitas gedung dan peralatan *table* pabrik serta memperbaiki kerusakan peralatan pabrik.

- Seksi Utilitas

Tugas Seksi Utilitas yaitu melaksanakan dan mengatur sarana utilitas memenuhi kebutuhan proses, air, *steam*, dan tenaga listrik.

c. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi

Tugas Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik dan Instrumentasi yaitu bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan dan fasilitas penunjang kegiatan produksi.

d. Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran

Tugas Kepala Bagian Pembelian dan Pemasaran yaitu bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang pengadaan bahan baku dan pemasaran hasil produksi.

Kepala bagian pembelian dan pemasaran membawahi:

- Seksi Pembelian

Tugas Seksi Pembelian yaitu melaksanakan pembelian barang dan peralatan yang dibutuhkan perusahaan. Mengetahui harga pemasaran dan mutu bahan baku serta mengatur keluar masuknya bahan dan alat dari gudang.

- Seksi Pemasaran

Tugas Seksi Pemasaran yaitu merencanakan strategi penjualan hasil produksi dan mengatur distribusi barang dari gudang.

e. Kepala Bagian Keuangan, Administrasi, dan Umum

Tugas Kepala Bagian Administrasi, Keuangan dan Umum yaitu bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang administrasi dan keuangan, personalia dan humas, serta keamanan.

Kepala bagian administrasi, keuangan dan umum membawahi:

- Seksi Administrasi dan Keuangan

Tugas Seksi Administrasi dan Keuangan yaitu menyelenggarakan pencatatan hutang piutang, administrasi persediaan kantor dan pembukuan serta masalah pajak.

- Seksi Personalia

Tugas Seksi Personalia yaitu membina tenaga kerja dan menciptakan suasana kerja yang sebaik mungkin antara pekerja dan pekerjaannya serta lingkungannya supaya tidak terjadi pemborosan waktu dan biaya. Mengusahakan disiplin kerja yang tinggi dalam menciptakan kondisi kerja yang dinamis serta melaksanakan hal-hal yang berhubungan dengan kesejahteraan karyawan.

- Seksi Humas

Tugas Seksi Humas yaitu mengatur hubungan antara perusahaan dengan masyarakat di luar lingkungan perusahaan.

- Seksi Keamanan

Tugas Seksi Keamanan yaitu menjaga semua bangunan pabrik dan fasilitas yang ada di perusahaan. Mengawasi keluar masuknya orang-orang baik karyawan maupun bukan ke dalam lingkungan perusahaan

f. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan

Tugas Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan yaitu bertanggung jawab kepada Direktur Administrasi, Keuangan dan Umum dalam bidang penelitian dan pengembangan produksi. Kepala Bagian Penelitian dan Pengembangan membawahi seksi penelitian dan seksi pengembangan.

6. Kepala Seksi

Kepala seksi adalah pelaksana pekerjaan dalam lingkungan bidangnya sesuai dengan rencana yang telah diatur oleh kepala bagian masing-masing agar diperoleh hasil yang maksimum dan efektif selama berlangsungnya proses produksi. Setiap kepala seksi bertanggung jawab terhadap kepala bagian masing-masing sesuai dengan seksinya.

4.7.4 Status Karyawan

Sistem upah karyawan dibuat berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab dan keahlian. Menurut status karyawan ini dapat dibagi menjadi 3 golongan, sebagai berikut:

a. Karyawan Tetap

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

b. Karyawan Harian

Karyawan yang diangkat dan diberhentikan tanpa Surat Keputusan Direksi dan mendapat upah harian yang dibayar tiap akhir pekan.

c. Karyawan Borongan

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

4.7.5 Ketenagakerjaan

1. Cuti Tahunan

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

2. Hari Libur Nasional

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

3. Kerja Lembur (*Overtime*)

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

4. Sistem Gaji Karyawan

Gaji karyawan dibayarkan setiap bulan pada tanggal 1 setiap bulan.

Bila tanggal tersebut merupakan hari libur, maka pembayaran gaji dilakukan sehari sebelumnya.

Tabel 4. 10 Gaji karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/orang/bulan	Gaji total/tahun
Direktur utama	1	30.000.000,00	360.000.000,00
Direktur Teknik dan produksi	1	25.000.000,00	300.000.000,00
Direktur keuangan dan umum	1	25.000.000,00	300.000.000,00
Kepala bagian	6	15.000.000,00	1.080.000.000,00
Ka.Sek. bagian	13	12.000.000,00	156.000.000,00
Dokter	1	5.000.000,00	60.000.000,00
Perawat	2	3.000.000,00	72.000.000,00
Karyawan	70	5.000.000,00	6.540.000.000,00
Sopir	6	4.500.000,00	324.000.000,00
Cleaning Service	2	2.000.000,00	48.000.000,00
Sopir	2	2.000.000,00	48.000.000,00
Jumlah	104		799.000.000,00

5. Jam Kerja Karyawan

Pabrik Sorbitol akan beroperasi 330 hari selama satu tahun dalam 24 jam per hari. Sisa hari yang bukan merupakan hari libur digunakan untuk perbaikan, perawatan atau *shut down*. Pembagian jam kerja karyawan digolongkan menjadi dua golongan, yaitu:

- a. Pegawai *non shift* yang bekerja selama 6 jam dalam seminggu dengan total kerja 40 jam per minggu. Sedangkan hari minggu dan hari besar libur. Pegawai *non shift* termasuk karyawan tidak langsung menangani operasi pabrik yaitu direktur, kepala departemen, kepala divisi, karyawan kantor atau administrasi, dan divisi-divisi di bawah tanggung jawan non teknik atau yang bekerja di pabrik dengan jenis pekerjaan tidak kontinu. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *non shift* :

Senin- Kamis : 07.00 - 16.00 (istirahat 12.00 – 13.00)

Jum'at : 07:00 – 16:00 (istirahat 11:00 – 13:00)

Sabtu : 07:00 – 12:00

Minggu : Libur, termasuk hari libur nasional

- b. Pegawai *shift* bekerja 24 jam perhari yang terbagi dalam 3 *shift*. Karyawan *shift* adalah karyawan yang langsung menangani proses operasi pabrik yaitu kepala *shift*, operator, karyawan-karyawan *shift*,

gudang serta keamanan dan keselamatan kerja. Berikut adalah ketentuan jam kerja pegawai *shift* sebagai berikut:

Shift I : 08.00 - 16.00

Shift II : 16.00 - 24.00

Shift III : 24.00- 08.00

Jadwal kerja terbagi menjadi empat minggu dan empat kelompok.

Setiap kelompok kerja mendapatkan libur satu kali dari tiga kali *shift*.

Berikut adalah jadwal kerja karyawan *shift*:

Tabel 4. 11 Jadwal Kerja Karyawan *Shift*

Reg u	Hari											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	II I	II I	II I	-	I	I	I	II	II	II	-	-
B	-	I	I	I	II	II	II	-	-	II I	II I	II I
C	I	II	II	II	-	-	II I	II I	II I	-	I	I
D	II	-	-	II I	II I	II I	-	I	I	I	II	II

4.7.6 Fasilitas Karyawan

Tersedia fasilitas yang memadai dapat meningkatkan kelangsungan produktifitas karyawan dalam suatu perusahaan. Adanya fasilitas dalam perusahaan bertujuan agar kondisi jasmani dan rohani karyawan tetap

terjaga dengan baik, sehingga karyawan tidak merasa jenuh dalam menjalankan tugas sehari-harinya dan kegiatan yang ada dalam perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perusahaan menyediakan fasilitas yang bermanfaat dalam lingkungan perusahaan yang berhubungan dengan kepentingan para karyawan.

Adapun fasilitas yang diberikan perusahaan adalah :

a. Poliklinik

Untuk meningkatkan efisiensi produksi, faktor kesehatan karyawan merupakan hal yang sangat berpengaruh. Oleh karena itu perusahaan menyediakan fasilitas poliklinik yang ditangani oleh Dokter dan Perawat.

b. Pakaian kerja

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

c. Makan dan minum

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

d. Koperasi

Koperasi karyawan didirikan untuk mempermudah karyawan dalam hal simpan pinjam, memenuhi kebutuhan pokok dan perlengkapan rumah tangga serta kebutuhan lainnya.

e. Tunjangan Hari Raya (THR)

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

f. Jamsostek

Merupakan asuransi pertanggung jawaban jiwa dan asuransi kecelakaan.

g. Masjid dan Kegiatan kerohanian

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

h. Transportasi

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

i. Hak Cuti

- Cuti Tahunan

Diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam 1 tahun.

- Cuti Massal

Setiap tahun diberikan cuti massal untuk karyawan bertepatan dengan hari raya Idul Fitri selama 4 hari kerja.

4.7.7 Penggolongan Jabatan dan Keahlian

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

Jenjang pendidikan karyawan yang diperlukan berkisar dari Sarjana S-1 sampai lulusan SLTA. Perinciannya sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Jabatan dan keahlian

Jabatan	Pendidikan
Direktur utama	S-2
Direktur	S-2
Kepala Bagian	S-1
Kepala Seksi	S-1
Staff Ahli	S-1
Sekretaris	S-1
Dokter	S-1
Paramedis	D-3/S-1
Karyawan	D-3/S-1
Sopir	SLTA
<i>Cleaning Service</i>	SLTP
Satpam	SLTA

4.8 Evaluasi Ekonomi

Dalam pra rancangan pabrik diperlukan analisa ekonomi untuk mendapatkan perkiraan (*estimation*) tentang kelayakan investasi modal dalam suatu kegiatan produksi suatu pabrik. Dengan meninjau kebutuhan modal investasi, besarnya laba yang diperoleh, lamanya modal investasi dapat

dikembalikan dan terjadinya titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan yang diperoleh. Selain itu analisa ekonomi dimaksudkan untuk mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau tidak sehingga dapat dikategorikan apakah pabrik tersebut potensial didirikan atau tidak maka dilakukan analisis kelayakan.

Dalam evaluasi ekonomi ini faktor - faktor yang ditinjau adalah:

a. *Return On Investment* (ROI)

Return on Investment merupakan perkiraan laju keuntungan tiap tahun yang dapat mengembalikan modal yang diinvestasikan.

b. *Pay Out Time* (POT)

Pay Out Time adalah jumlah tahun yang telah berselang sebelum didapatkan sesuatu penerimaan melebihi investasi awal atau jumlah tahun yang diperlukan untuk kembalinya *capital investment* dengan profit sebelum dikurangi depresiasi.

c. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah titik impas dimana tidak mempunyai suatu keuntungan/kerugian.

d. *Shut Down Point* (SDP)

Suatu titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain *Variable Cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan).

e. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Analisis kelayakan ekonomi dengan menggunakan “*Discounted Cash Flow*” merupakan perkiraan keuntungan yang diperoleh setiap tahun didasarkan pada jumlah investasi yang tidak kembali pada setiap tahun selama umur ekonomi. *Rated of return based on discounted cash flow* adalah laju bunga maksimal di mana suatu pabrik atau proyek dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik.

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

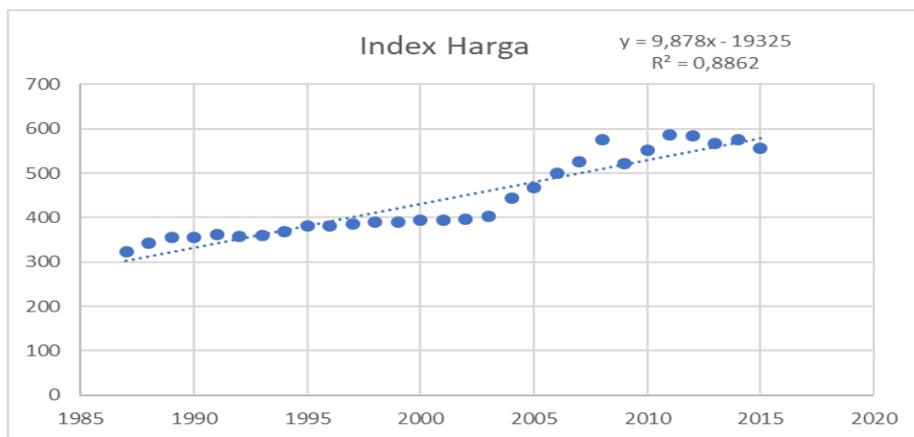
- a. Modal (*Capital Investment*)
 - Modal tetap (*Fixed Capital Investment*)
 - Modal kerja (*Working Capital Investment*)
- b. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - a. Biaya produksi langsung (*Direct Manufacturing Cost*)
 - b. Biaya produksi tak langsung (*Indirect Manufacturing Cost*)
- c. Pengeluaran Umum (*General Cost*)
- d. Pendapatan Modal

Untuk mengetahui titik impas, maka perlu dilakukan perkiraan terhadap :

- Biaya tetap (*Fixed Cost*)
- Biaya variabel (*Variable Cost*)
- Biaya mengambang (*Regulated Cost*)

4.8.1 Harga Alat

Harga peralatan akan berubah setiap saat tergantung pada kondisi ekonomi yang mempengaruhinya. Untuk mengetahui harga peralatan yang pasti setiap tahun sangatlah sulit. Sehingga diperlukan suatu metode atau cara untuk memperkirakan harga alat pada tahun tertentu dan perlu diketahui terlebih dahulu harga indeks peralatan operasi pada tahun tersebut.



Gambar 4. 6 Tahun vs indeks harga

Berdasarkan data tersebut, maka persamaan regresi Linear yang diperoleh adalah $y = 9,878x - 293,08$. Pabrik Sorbitol kapasitas 100.000 ton/tahun akan dibangun pada tahun 2023, maka dari persamaan regresi Linear diperoleh indeks sebesar 648,32.

Untuk memperkirakan harga alat, ada dua persamaan pendekatan yang dapat digunakan. Harga alat pada tahun pabrik didirikan dapat ditentukan berdasarkan harga pada tahun referensi dikalikan dengan rasio index harga. (Aries dan Newton, 1955)

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

Dimana : Ex : Harga alat pada tahun x
 Ey : Harga alat pada tahun y
 Nx : Index harga pada tahun x
 Ny : Index harga pada tahun y

Apabila suatu alat dengan kapasitas tertentu ternyata tidak ada spesifikasi di referensi, maka harga alat dapat diperkirakan dengan persamaan: (Peters dan Timmerhaus, 1980)

$$E_b = E_a \left[\frac{C_b}{C_a} \right]^{0.6}$$

Dimana: Ea : Harga alat a
 Eb : Harga alat b
 Ca : Kapasitas alat a
 Cb : Kapasitas alat b

Tabel 4. 13 Harga Alat Proses

No.	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga Total
1	Tangki Glukosa	TK-101	1	\$ 295.907
2	Tangki Sorbitol	TK-102	1	\$ 284.482
3	Reaktor <i>Tricle bed</i>	R-01	1	\$ 70.378
4	Flashdrum	V-101	1	\$ 267.345
5	Adsorber	T-101	1	\$ 34.732
6	Evaporator	V-102	1	\$ 111.965
7	<i>Heat exchanger</i>	E-101	1	\$ 80.775

8	<i>Heat exchanger</i>	E-102	1	\$ 77.918
9	<i>Cooler-01</i>	E-103	1	\$ 15.081
10	<i>Cooler-02</i>	E-104	1	\$ 21.936
11	<i>Coole-103</i>	EV-101	1	\$ 38.045
12	<i>Compressor-01</i>	C-101	1	\$ 7.312
12	<i>Compressor-02</i>	C-102	1	\$ 8.782
13	Pompa -01	P-01	2	\$ 14.624
14	Pompa -02	P-02	2	\$ 13.139
15	Pompa -03	P-03	2	\$ 26.139
16	Pompa -04	P-04	2	\$ 26.512
17	Pompa -05	P-05	2	\$ 13.322
18	Pompa -06	P-06	2	\$ 13.322
19	Pompa -07	P-07	2	\$8.341
20	Pompa-08	P-08	2	\$8.276

Tabel 4. 14 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	harga
screening filter	BU-01	1	\$ 3.709
bak pengendapan	TU-01	1	\$ 36.223
premix tank/flokulator	CLU	1	\$ 654
Clafier	FU	1	\$ 24.112
sand filter	BU-02	1	\$ 8.510
bak penampungan sementara	TU-02	1	\$ 29.349

tangki klorinator	KEU	1	\$	12.006
tangki air bersih	AEU	1	\$	24.188
bak penampung sementara	DAU	1	\$	70.271
cooling tower	TU-03	1	\$	4.146
tangki kation exchanger	CU	1	\$	1.091
tangki anion exchanger	BLU	1	\$	1.091
Dearator	TU-04	1	\$	1.091
boiled feed water thank	GU	1	\$	1.091
pompa-01	TU-02	1	\$	7.419
pompa-02	TU-03	1	\$	7.419
pompa-03	PU-01	1	\$	9.870
pompa-04	PU-02	1	\$	9.870
pompa-05	PU-03	1	\$	9.870
pompa-06	PU-04	1	\$	9.870
pompa-07	PU-05	1	\$	9.870
pompa-08	PU-06	1	\$	9.870
pompa-09	PU-07	1	\$	9.870
pompa-10	PU-08	1	\$	9.870
pompa-11	PU-09	1	\$	9.870
pompa-12	PU-10	1	\$	9.870

4.8.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi = 100.000 ton/tahun

Pabrik beroperasi = 330 hari

Umur pabrik = 10 tahun

Pabrik didirikan pada tahun = 2023

Kurs mata uang	= 1 US\$ = Rp 14,243,-
Upah pekerja asing	= \$ 20/ <i>man hour</i>
Upah pekerja Indonesia	= Rp 12,000/ <i>man hour</i>
1 man hour asing	= 2 <i>man hour</i> Indonesia
5% tenaga asing	= 95% tenaga Indonesia

4.8.3 Perhitungan Biaya

4.8.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital Investment adalah banyaknya pengeluaran–pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas–fasilitas pabrik beserta kelengkapannya dan untuk mengoperasikan pabrik.

Capital investment terdiri dari:

a. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas – fasilitas pabrik.

Tabel 4. 15 *Physichal Plant Cost (PPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Purchased Equipment cost</i>	30.301.298.543	2.104.257
2	<i>Delivered Equipment Cost</i>	7.575.324.636	526.064
3	Instalasi cost	4.387.691.157	304.701
4	Pemipaan	5.409.097.428	375.632
5	Instrumentasi	3.852.894.280	267.562
6	Insulasi	467.565.871	32.470
7	Listrik	3.030.129.854	210.426
8	Bangunan	41.207.500.000	2.861.632
9	<i>Land & Yard Improvement</i>	129.255.000.000	8.976.042
	<i>Physical Plant Cost (PPC)</i>	225.486.501.768	15.658.785

Tabel 4. 16 *Direct Plant Cost (DPC)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Teknik dan Konstruksi	Rp 45.097.300.354	\$ 3.131.757
Total (DPC + PPC)		Rp 270.583.802.122	\$ 18.790.542

Tabel 4. 17 *Capital Investment (FCI)*

No	<i>Type of Capital Investment</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total DPC + PPC	Rp 270.583.802.122	\$ 18.790.542
2	Kontraktor	Rp 10.823.352.085	\$ 751.622
3	Biaya tak terduga	Rp 27.058.380.212	\$ 1.879.054
Fixed Capital Investment (FCI)		Rp 308.465.534.419	\$ 21.421.218

b. *Working Capital Investment*

Working Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu.

Tabel 4. 18 *Total Working Capital Investment (WCI)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material Inventory</i>	Rp 346.205.321.324	\$ 24.042.036
2	<i>In Process Inventory</i>	Rp 188.623.870.704	\$ 13.098.880
3	<i>Product Inventory</i>	Rp 88.024.472.995	\$ 6.112.811
4	<i>Extended Credit</i>	Rp 101.818.181.818	\$ 7.070.707
5	<i>Available Cash</i>	Rp 754.495.482.814	\$ 52.395.520
Working Capital (WC)		Rp 1.479.167.329.656	\$ 102.719.953

4.8.3.1 *Biaya Produksi (Manufacturing Cost)*

Manufacturing Cost merupakan jumlah *Direct*, *Indirect* dan *Fixed Manufacturing Cost*, yang bersangkutan dalam pembuatan produk.

Menurut Aries dan Newton, 1955 *Manufacturing Cost* meliputi :

a. *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

Direct Manufacturing Cost adalah pengeluaran yang berkaitan langsung dengan pembuatan produk.

Tabel 4. 19 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Raw Material</i>	Rp 3.808.258.534.569	\$ 264.462.398
2	<i>Labor</i>	Rp 799.000.000	\$ 55.486
3	<i>Supervision</i>	Rp 119.850.000	\$ 8.323
4	<i>Maintenance</i>	Rp 9.253.966.033	\$ 642.637
5	<i>Plant Supplies</i>	Rp 1.388.094.905	\$ 96.395
6	<i>Royalty and Patents</i>	Rp 48.000.000.000	\$ 3.333.333
7	<i>Utilities</i>	Rp 10.459.906.531	\$ 726.382
<i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>		Rp 3.878.279.352.037	\$ 269.324.955

b. *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

Indirect Manufacturing Cost adalah pengeluaran–pengeluaran sebagai tidak langsung akibat dari pembuatan suatu produk.

Tabel 4. 20 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Payroll Overhead</i>	Rp 119.850.000	\$ 8.323
2	<i>Laboratory</i>	Rp 79.900.000	\$ 5.549
3	<i>Plant Overhead</i>	Rp 399.500.000	\$ 27.743
4	<i>Packaging and Shipping</i>	Rp 240.000.000.000	\$ 16.666.667
<i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i>		Rp 240.599.250.000	\$ 16.708.281

c. *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

Fixed Manufacturing Cost adalah pengeluaran tetap yang tidak bergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 4. 21 *Fixed Manufacturing Cost (FMC)*

No	<i>Type of Expense</i>	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	<i>Depreciation</i>	Rp 24.677.242.754	\$ 1.713.697
2	<i>Propertu taxes</i>	Rp 3.084.655.344	\$ 214.212
3	<i>Insurance</i>	Rp 3.084.655.344	\$ 214.212
<i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>		Rp 30.846.553.442	\$ 2.142.122

Tabel 4. 22 Total Manufacturing Cost (TMC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Direct Manufacturing Cost (DMC)	Rp 3.878.279.352.037	\$ 269.324.955
2	Indirect Manufacturing Cost (IMC)	Rp 240.599.250.000	\$ 16.708.281
3	Fixed Manufacturing Cost (FMC)	Rp 30.846.553.442	\$ 2.142.122
Manufacturing Cost (MC)		Rp 4.149.725.155.479	\$ 288.175.358

4.8.3.3 General Expense

General Expense atau pengeluaran umum meliputi pengeluaran-pengeluaran yang berkaitan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk *Manufacturing Cost*.

Tabel 4. 23 General Expense (GE)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Administration	Rp 124.491.754.664	\$ 8.645.261
2	Sales expense	Rp 207.486.257.774	\$ 14.408.768
3	Research	Rp 145.240.380.442	\$ 10.086.138
4	Finance	Rp 35.752.657.281	\$ 2.482.823
General Expense (GE)		Rp 512.971.050.162	\$ 35.622.990

Tabel 4. 24 Total Production Cost (TPC)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Manufacturing Cost (MC)	Rp 4.149.725.155.479	\$ 288.175.358
2	General Expense (GE)	Rp 513.054.330.162	\$ 35.628.773
Total Production Cost (TPC)		Rp 4.662.779.485.641	\$ 323.804.131

4.8.4 Analisis Keuntungan

a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp 900.000.000.000

Total biaya produksi : Rp 832.742.547.092

Keuntungan : Total penjualan - Total biaya produksi

: Rp 67.257.452.908

b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak :35 % x Rp 67.257.452.908
: Rp 23.540.108.518

Keuntungan : Keuntungan sebelum pajak – pajak
: Rp 43.717.344.390

4.8.5 Analisis Kelayakan

1. Return on Investment (ROI)

Return on investment adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang telah dikeluarkan

$$\text{ROI} = \frac{\text{Profit}}{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}} \times 100\%$$

a. ROI sebelum pajak (ROI_b)

Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi minimum adalah 44%. (Aries & Newton, 1955).

$$\text{ROI}_b = 44\% \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

b. ROI setelah pajak (ROI_a)

$$\text{ROI}_a = 21,69\% \quad (\text{pabrik memenuhi kelayakan})$$

2. Pay Out Time (POT)

Pay out time adalah lama waktu pengembalian modal yang berdasarkan keuntungan yang dicapai.

$$\text{POT} = \frac{\text{Fixed Capital Investment (FCI)}}{\text{Keuntungan sesudah pajak + Depresiasi}}$$

a. POT sebelum pajak (POT_b)

Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan risiko tinggi maksimum adalah 2 tahun. (Aries & Newton, 1955).

$$\text{POT}_b = 2,2 \text{ tahun (pabrik memenuhi kelayakan)}$$

b. POT setelah pajak (POT_a)

$$\text{POT}_a = 4,6 \text{ tahun (pabrik memenuhi kelayakan)}$$

3. *Break Even Point (BEP)*

Break even point adalah titik yang menunjukkan pada suatu tingkat dimana biaya dan penghasilan jumlahnya sama. Dengan *break even point* kita dapat menentukan tingkat harga jual dan jumlah unit yang dijual secara minimum dan berapa harga perunit yang dijual agar mendapatkan keuntungan. Nilai BEP pabrik kimia pada umumnya adalah 40 – 60 %.

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

Tabel 4. 25 *Annual Fixed Cost (Fa)*

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Depreciation	Rp 24.677.242.754	\$ 1.713.697
2	Property taxes	Rp 3.084.655.344	\$ 214.212
3	Insurance	Rp 3.084.655.344	\$ 214.212
Fixed Cost (Fa)		Rp 30.846.553.442	\$ 2.142.122

Tabel 4. 26 Annual Variable Cost (Va)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Raw material	Rp 3.808.258.534.569	\$ 264.462.398
2	Packaging & shipping	Rp 240.000.000.000	\$ 16.666.667
3	Utilities	Rp 10.459.906.531	\$ 726.382
4	Royalties and Patents	Rp 48.000.000.000	\$ 3.333.333
Variable Cost (Va)		Rp 4.106.718.441.100	\$ 285.188.781

Tabel 4. 27 Annual Regulated Cost (Ra)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Labor cost	Rp 799.000.000	\$ 55.486
2	Plant overhead	Rp 399.500.000	\$ 27.743
3	Payroll overhead	Rp 119.850.000	\$ 8.323
4	Supervision	Rp 119.850.000	\$ 8.323
5	Laboratory	Rp 79.900.000	\$ 5.549
6	Administration	Rp 124.491.754.664	\$ 8.645.261
7	Finance	Rp 35.752.657.281	\$ 2.482.823
8	Sales expense	Rp 207.486.257.774	\$ 14.408.768
9	Research	Rp 145.240.380.442	\$ 10.086.138
10	Maintenance	Rp 9.253.966.033	\$ 642.637
11	Plant supplies	Rp 1.388.094.905	\$ 96.395
Regulated Cost (Ra)		Rp 525.131.211.099	\$ 36.467.445

Tabel 4. 28 Annual Sales Cost (Sa)

No	Type of Expense	Harga (Rp)	Harga (\$)
1	Total Penjualan	Rp. 4.800.000.000.000	\$ 333.333.333
	Total	Rp. 4.800.000.000.000	\$ 333.333.333

Dari hasil perhitungan di dapatkan BEP sebesar 57,76%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40%–60%, sehingga pabrik memenuhi kelayakan.

4. Shut Down Point (SDP)

Shut down point adalah titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan. Karena biaya untuk melanjutkan operasi

pabrik akan lebih mahal dari pada biaya untuk menutup pabrik dan membayar *fixed cost*.

$$SDP = \frac{0.3 \times Ra}{Sa - Va - (0.7 \times Ra)} \times 100\%$$

$$SDP = 48,15$$

5. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)*

Discounted cash flow rate of return adalah laju bunga maksimum dimana pabrik dapat membayar pinjaman beserta bunganya kepada bank selama umur pabrik. Analisa kelayakan ekonomi dengan menggunakan DCFRR dibuat dengan mempertimbangkan nilai uang yang berubah dan didasarkan atas investasi yang tidak kembali pada akhir tahun selama umur pabrik (10 Tahun).

Umur pabrik (n)	: 10 tahun
<i>Fixed Capital Investment (FCI)</i>	: Rp 195.179.267.996
<i>Working Capital Investment (WCI)</i>	: Rp 261.379.441.987
<i>Salvage value (SV) = Depresiasi</i>	: Rp 15.614.341.440
<i>Cash flow (CF)</i>	: Rp 42.761.023.745

Discounted cash flow dihitung secara *trial & error* dimana nilai R harus sama dengan S.

Persamaan untuk menentukan DCFR:

$$\frac{(WC + FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = [(1+i)^9 + (1+i)^8 + \dots + (1+i) + 1] + \frac{(WC + SV)}{CF}$$

$$R = S$$

Dengan *trial & error* diperoleh nilai $i : 0,1067$

DCFR : 10,67 %

Minimum nilai DCFR : 1.5 x bunga pinjaman bank (Aries Newton)

Bunga bank : 6 %

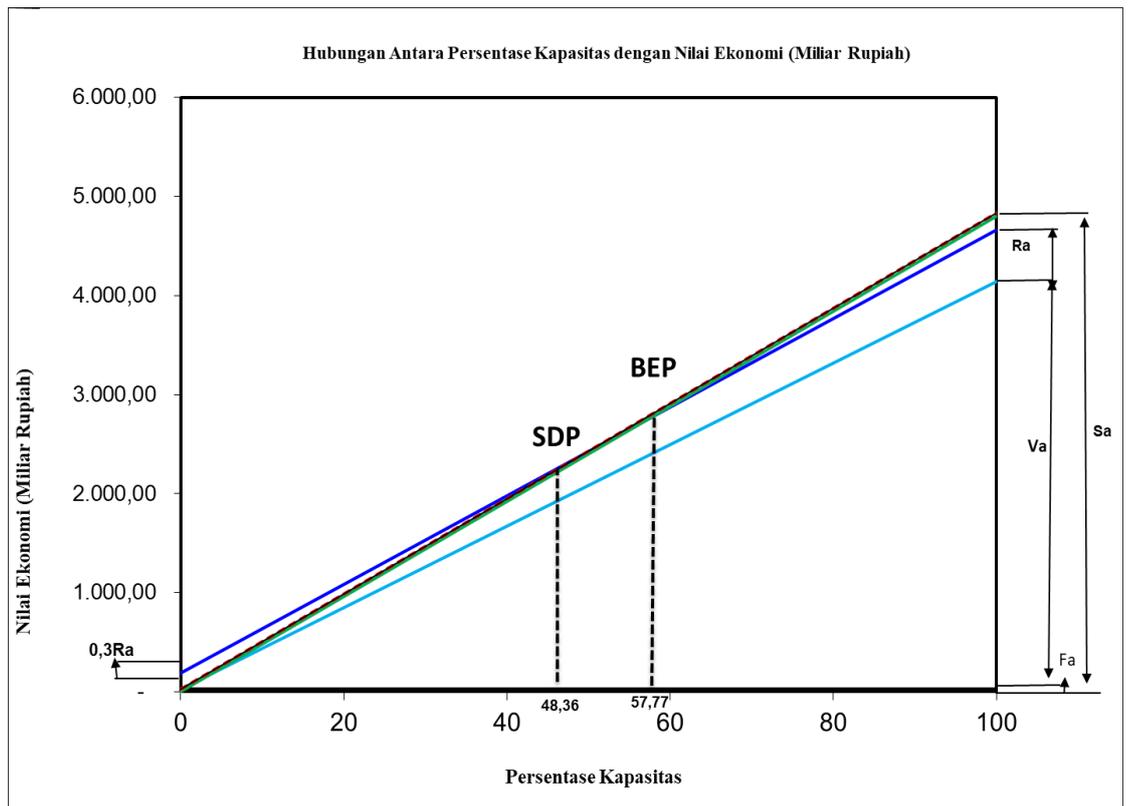
Kesimpulan : Memenuhi syarat ($1,5 \times 6\% = 9\%$)

(Didasarkan pada suku bunga pinjaman di bank saat ini adalah 6%

berlaku mulai Januari 2019 Syarat minimum DCFR adalah di atas

suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1.5 x suku bunga pinjaman

bank ($1.5 \times 6\% = 9\%$).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pra rancangan pabrik Sorbitol dari Glukosa dan Hidrogen dengan kapasitas 100.000 ton/tahun, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pabrik Sorbitol didirikan dengan pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan import, memberikan lapangan pekerjaan dan meningkatkan pertumbuhan ekonomi
2. Pabrik akan didirikan di Kendal, dengan pertimbangan mudah mendapatkan bahan baku, tenaga kerja, ketersediaan air dan listrik.
3. Berdasarkan hasil analisis ekonomi adalah sebagai berikut :
 - a. Keuntungan yang diperoleh yaitu keuntungan sebelum pajak Rp 67 Milyar/tahun, dan keuntungan setelah pajak (50%) sebesar Rp 33 Milyar/tahun.

b. *Return On Investment (ROI)* :

Presentase ROI sebelum pajak sebesar 34,46 %, dan ROI setelah pajak sebesar 16,08%. Syarat ROI sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi >44% (Aries & Newton, 1955).

c. *Pay Out Time (POT)* :

POT sebelum pajak selama 2,9 tahun dan POT setelah pajak selama 3,4 tahun. Syarat POT sebelum pajak untuk pabrik kimia dengan resiko tinggi maksimal adalah 2 tahun (Aries & Newton, 1955).

d. *Break Event Point (BEP)* pada 42,76%, dan *Shut Down Point (SDP)* pada 26,15%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya adalah 40–60%.

e. *Discounted Cash Flow Rate (DCFR)* sebesar 10,27%. Syarat minimum DCFR adalah di atas suku bunga pinjaman bank yaitu sekitar 1,5 x suku bunga pinjaman bank.

Dari hasil analisis ekonomi di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik sorbitol dari glukosa dan hidrogen dengan kapasitas 100.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

5.2 Saran

Perancangan suatu pabrik kimia memerlukan pemahaman konsep-konsep dasar agar dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik tersebut. Contohnya adalah optimasi pemilihan alat proses atau alat penunjang dan bahan baku sehingga dapat memperoleh keuntungan yang lebih. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan pada masa mendatang didirikan pabrik-pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aries dan Newton. 1955." *Chemical Cost Estimation*". New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Badan Pusat Statistik Data Import Ekspor Sorbitol. 2014." *Data Import-Ekspor 2007-2014*". Indonesia
- Bin Kassim, C. L, Rice. 1981." *Formation of Sorbitol by Cathodic Reduction of Glucose*". Journal of applied electrochemistry 11 page 261-267.
- Brown, G.G., 1950." *Unit Operations*". New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959." *Process Equipment Design*". New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Chao, *et al.* 1982." *Catalytic Hydrogenation of Glucose to Produce Sorbitol*". US patent 4322569.
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F., 1983." *Chemical Engineering, Vol. 6*". Oxford: Pergamon Press.
- Douglas O.J. 2001." *Instrumentation Fundamentals For Process Control*". New York : Taylor and prancis.
- Emerson. 2001." *Pneumatic & Electric Actuator Product Guide System Compatible Products For worldwide Flow Control*"
- Evans,F.L.,1974." *Equipment Design Hanbook for Refineries And Chemical Plant 2th Ed*". Houston, texas: Gulf publish company.
- Geankoplis, C.J. and J.F. Richardson. 1993." *Transport Process and Unit Operation 3th ed*", London: Prentice-Hall International, Inc.
- Holman,J.P., 1986." *Heat Transfer six edition*". New York: Mc.Graw Hill.
- Kern, D.Q., 1965." *Process Heat Transfer*". New York: Mc. Graw-Hill International Book Company Inc.
- Kusmiyati. 2014." *kinetika Reaksi Kimia dan Reaktor*". Surakarata: Graha Ilmu.
- Kusmiyati. 2015." *Reaktor Kimia*". Surakarata: Muhammadiyah University Press.
- Ludwig, E. E., 1984." *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plant, vol 1,2,3*". Texas: Gulf Publish Company Houston.
- Mujiburohman, M., 2004." *Diktat Kuliah Alat Industri Kimia*". Surakarta: Jurusan teknik kimia fakultas teknik UMS.
- Mujiburohman, M., 2014." *Diktat Kuliah Perancangan Alat Proses*", Surakarta: Jurusan teknik kimia fakultas teknik, UMS.
- Perry, R.H. and Green, D.W., 2007." *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th ed*". New York: Mc.Graw-Hill Book Company.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 1991." *Plant Design and Economic for Chemical Engineering 4th ed*". New York: Mc. Graw-Hill International Book Company Inc.
- Powell,S.T. 1954." *Water Condition for Industri*". New York : Mc.Graw Hill Book Company.
- Reklaitis, G.V. 1983. *Introduction to Material and Energy Balance. New York:Mc GrawHill Book Company*
- Ronald C. Deis and Malcolm W kearsly. 2012." *Sweetener and Sugar Alternatives in food Technology*". Second edition. New York: John Wiley and sos,

Inc.

Smith, J.M. McCabe, W.L and Harriot, P., 1993. "Unit Operation of Chemical Engineering 5th ed". New York: Mc. Graw-Hill Book.

Treybal, R.E., 1981. "Mass Transfer Operation 3rd ed". Singapore: Mc.Graw-Hill Book Company.

Ullmann's. 2003. "Encyclopedia of Industrial Chemistry". Vol.1-39 6th ed. Germany

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

Vignoli, M.A.P.C, et al. 2006. "Development of a Statical Model for Sorbitol Production by Free and Immobilized *Zymomonas Mobilis* in *Loofa*

Sponge Luffa Cylindrical". Process Biochemistry vol 41 page 240-243.

www.alibaba.com www.ardhamas.wordpress.com/bahan-kimia/larutan-asam/h2so4-asam-sulfatsulfuric-acid/

www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi/Default.aspx www.engineeringtoolbox.com/boiler-capacity-d_1115.html www.ihs.com/products/sorbitol-chemical-economics-handbook.html.

www.indonesian.alibaba.com/g/hydrazine-n2h4.html www.indonesian.alibaba.com/Popular/CN_al2-so4-3.18h2o-Trade.html www.informatika.lipi.go.id/ www.informatika.lipi.go.id/

www.infosolarindustri.wordpress.com/

www.isr.umd.edu/~adomaiti/chbe446/literature/ChECostIndexJan2015.pdf

www.jateng.tribunnews.com/2016/04/20/harga-tanah-di-kawasan-industri-kendaldipatok-100-dolar-per-meter

www.jualsilicagel.com/harga-silica-gel-sachet-biru-dan-putih/ www.matche.com

www.obengplus.com/articles/4518/1/Daftar-tarif-dasar-listrik-PLN-2016-dan-Cek-Tagihan-Listrik-Online.html#.WDPIIm9V97IV www.phyedumedia.com/2015/02/katalog-harga-jual-bahan-kimia.html www.phyedumedia.com/2016/02/jual-bahan-kimia-laboratorium-

www.phyedumedia.com/2016/02/jual-bahan-kimia-laboratorium-

www.sinarkimia.com/product/bahan-kimia/

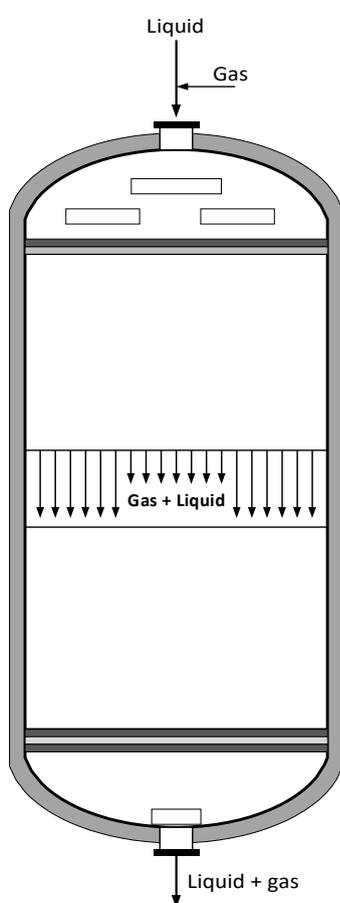
LAMPIRAN A

- REAKTOR (R-01)

Fungsi : Mereaksikan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dengan Hidrogen (H_2) menjadi Sorbitol ($C_6H_{14}O_6$) dengan bantuan katalis *Raney Nickel*.

Jenis : Reaktor katalitik *Trickle Bed*

Visualisasi :



Menurut N.Dechamp, dalam jurnalnya yang berjudul “*Kinetic of glucose hydrogenation in a trickle-bed reactor*” dan juga mengutip dari *US Patent* nomor 4322569 oleh Chao *et al* dengan judul “*Catalytic hydrogenation of glucose to produce sorbitol*” diketahui bahwa untuk memproduksi sorbitol dari glukosa dengan reaksi hidrogenasi katalitik lebih efisien dengan menggunakan reaktor *trickle bed* bertekanan tinggi. Dalam jurnal N. Dechamp dan *US Patent* 4322569 oleh chao *et al* diketahui kondisi operasi pembuatan sorbitol dari glukosa dengan proses hidrogenasi katalitic dalam reaktor *trickle bed* adalah:

Fase	: gas-cair
Tekanan	: 70 atm
Suhu	: 130-180°C
Katalis	: <i>Raney Nickel</i>
Diameter katalis	: 1/16 – 1/4 in
Kondisi reaksi	: <i>Eksothermis</i>

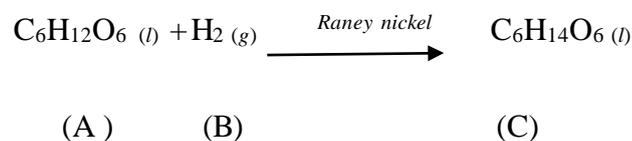
Uraian Proses

Sebelum menggunakan reaktor *trickle bed* sorbitol di produksi dengan proses hidrogenasi katalitic dengan bantuan katalis *Raney-nickle* dalam reaktor *batch* tekanan tinggi. Namun konversi yang dihasilkan rendah. Untuk mencapai konversi glukosa menjadi sorbitol tinggi maka digunakanlah reaktor *trickle bed* bertekanan tinggi sehingga di dapat nilai konversi tinggi. Diketahui untuk konversi yang dihasilkan jika menggunakan *reaktor trickle bed* dapat mencapai 98%. Reaksi hidrogenasi dari glukosa menjadi sorbitol adalah reaksi *eksothermis* dengan $\Delta H_{298\text{ K}}^{\circ} = -58.5 \text{ kJ.mol}^{-1}$ (jurnal”*Kinetic of glucose hydrogenation in a trickle bed reactor*”).

Reaktor dijalankan pada kondisi *adiabatic* karena kenaikan suhu didalam reaktor tidak signifikan dan masih dalam *range* 130-180°C sehingga dalam prosesnya tidak diperlukan media pendingin. Proses pembuatan sorbitol didalam reaktor pada tekanan tinggi 70 atm. Rasio gas hidrogen dengan glukosa sebesar 1:1200.

Reaksi Kimia:

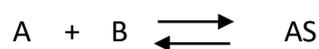
Menurut N.Dechamp *et al* (1995) dalam jurnalnya reaksi hidrogenasi dekstrosa dengan hidrogen yang berlebih yang menjadi pengendali reaksi adalah reaksi permukaan antara glukosa yang teradsorbsi dan hidrogen yang *teradsorbsi*. Model reaksi yang digunakan N.Dechamp sebagai berikut :



$$r = k \cdot \frac{(K_g C_g \cdot K_{H_2} P_{H_2})}{(1 + K_g C_g + K_{H_2} P_{H_2})^2}$$

Mekanisme reaksi:

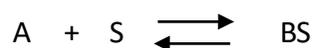
1. Adsorpsi glukosa (A) ke permukaan aktif katalis (S) A



$$r_1 = k_{adA} C_A \theta_V - k_{-adA} \theta_A = 0; \frac{k_{adA}}{k_{-adA}} = K_A$$

$$\theta_A = K_A C_A \theta_V$$

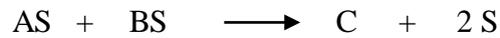
2. Adsorpsi hidrogen (B) ke permukaan aktif katalis (S) B



$$r_2 = k_{adB} P_B \theta_V - k_{-adB} \theta_B = 0; \frac{k_{adB}}{k_{-adB}} = K_B$$

$$\theta_B = K_B P_B \theta_V$$

3. Reaksi permukaan



$$r = k \theta_A \theta_B = k K_A C_A \theta_V K_B P_B \theta_V$$

Neraca pada permukaan katalis:

$$\theta_A + \theta_B + \theta_V = 1$$

$$K_A C_A \theta_V + K_B P_B \theta_V + \theta_V = 1$$

$$\theta_V = \frac{1}{(1 + K_A C_A + K_B P_B)}$$

$$r = k \cdot \frac{(K_A C_A \cdot K_B P_B)}{(1 + K_A C_A + K_B P_B)^2}$$

Untuk nilai $k = 497 \text{ mmol}\cdot\text{h}^{-1}$

$$K_A = 0,8654 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1} \text{ dan } K_B = 0,0723 \text{ MPa}^{-1}$$

Dari nilai k K_A K_B maka persamaan *rate* menjadi:

$$r = 497 \times \frac{(0,8654 C_A \cdot 0,0723 P_B)}{(1 + 0,8654 C_A + 0,0723 P_B)^2} \text{ (mmol}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{g Ni}^{-1}\text{)}$$

Dari percobaan Dechamp yang telah dilakukan didapatkan untuk energiaktivasi reaksi sebesar 67 kJ/mol, persamaan kecepatan reaksi secara umum sebagai berikut:

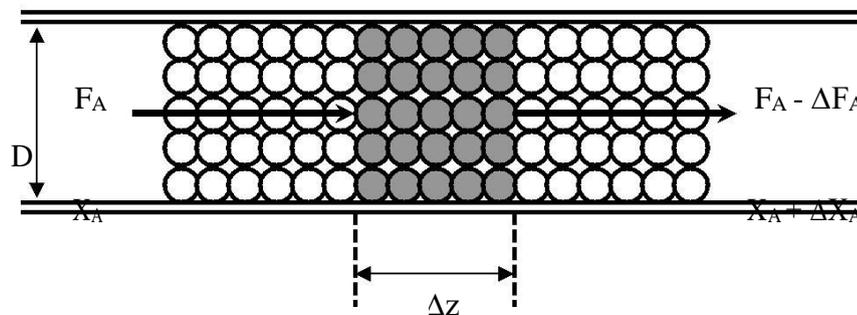
$$r \left(\frac{\text{mmol}}{\text{h}\cdot\text{g}\cdot\text{Ni}} \right) = \frac{(1,3 \times 10^{10} C_A P_B)}{(1 + 0,8654 C_A + 0,0723 P_B)^2} e^{-\frac{8000}{T}}$$

NERACA MASSA

Perhitungan neraca massa di butuhkan untuk mencari konversi produk di sepanjang reaktor. Asumsi –asumsi yang di ambil untuk membuat neraca massa adalah sebagai berikut:

1. Alirannya *plug flow*, dimana pada sistem tidak terjadi *gradien* konsentrasi ke arah *radial* (arah samping)
2. Dispersi *aksial* diabaikan
3. Proses *steady state*

Pemodelan neraca massa dilakukan pada piupa berisi tumpukan katalisator pada elemen volume sebesar $A \cdot \Delta z$



Neraca massa komponen A glukosa pada elemen Volume:

(rate of input) – (rate of output + rate of reaction) = (rate of accumulation)

$$F_{A|Z} - [F_{A|Z+\Delta Z} + (-r_A') A \cdot \rho_B \cdot \Delta z] = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{[F_{A|Z+\Delta Z} - F_{A|Z}]}{\Delta z} = -A \cdot \rho_B \cdot (-r_A')$$

$$\frac{dF_A}{dz} = -A \cdot \rho_B \cdot (-r_A') \text{ karena } \rho_B \cdot (-r_A') = (-r_a) =$$

$$-F_{A0} \cdot \frac{dX_A}{dz} = -A \cdot (-r_A)$$

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r_A) \cdot A}{F_{A0}}$$

$$\frac{dX_A}{dz} = \frac{(-r_A) \cdot \pi \cdot D^2}{4 \cdot F_{A0}}$$

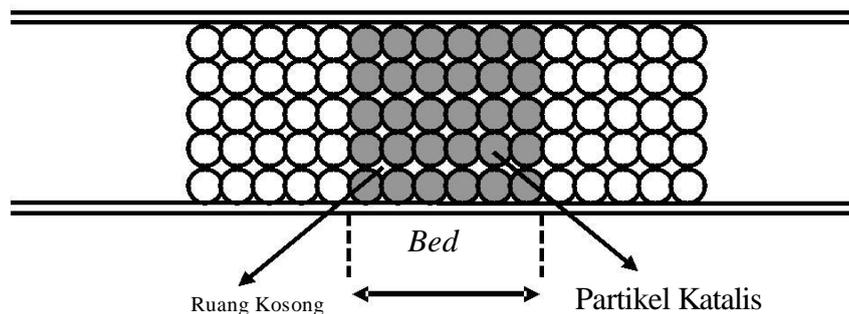
Dengan :

F_{A0} = kecepatan alir masuk komponen A (kmol/jam)

A = Luas penampang reaktor alir pipa (m²)

ρ_B = densitas *bulk* katalis dalam reaktor (kg/ m³)

Densitas *bulk* partikel katalis dapat ditentukan dari neraca massa *bed*, sebagai berikut:



Massa *bed* = massa fluida + massa padatan

$$\rho_B \cdot V_{bed} = \rho_f \cdot V_f + \rho_p \cdot V_p$$

karena Fluida dalam kasus ini ada gas nya ($\rho_f \cdot V_f \ll \rho_p \cdot V_p$)

$$\rho_B \cdot V_{bed} = \rho_p \cdot V_p$$

$$\rho_B \cdot (A \cdot z) = \rho_p \cdot (1 - \epsilon) \cdot (A \cdot z)$$

$$\rho_B = \rho_p \cdot (1 - \varepsilon)$$

dengan ρ_B = densitas *bulk* katalis dalam reaktor (kg/m^3).

ρ_p = densitas partikel katalis (kg/m^3).

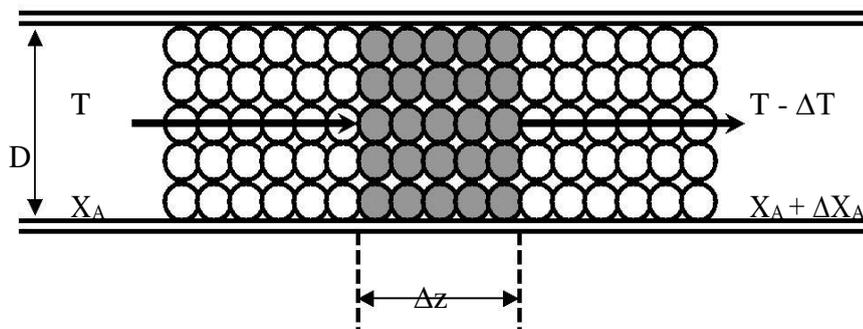
ε = *Void fraction* / porositas katalis dalam *bed*.

NERACA PANAS

Perhitungan neraca massa di pakai untuk mencari temperature di sepanjang reaktor. Asumsi-asumsi yang diambil adalah sebagai berikut:

1. Aliran *plug flow*, tidak ada terjadi *gradien* konsentrasi kearah samping (*aksial*) dan diabaikan
2. *Steady state*
3. W (kerja)
4. Kapasitas panas (C_p) dan viskositas gas (μ) hanya fungsi suhu (T)

Pemodelan neraca panas pada tumbukan katalisator pada elemen volume $A \cdot \Delta z$



Neraca panas pada elemen volume :

(rate of input) – (rate of output) + (heat of reaction) = (rate of accumulation)

$$\sum Fi.Cpi(T - T_R)|_Z - \sum Fi.Cpi(T - T_R)|_{Z+\Delta Z} + (-r_A')A.\rho B.\Delta z(-\Delta H_R) = 0$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{[Fi.Cpi.T|_{z+\Delta z} - Fi.Cpi.T|_z]}{\Delta z} - (-r_A')A.\rho B(-\Delta H_R)$$

$$\sum Fi.Cpi \frac{dT}{dz} = (-r_A')A.\rho B.(-\Delta H_R)$$

$$\frac{dT}{dz} = \frac{(-\Delta H_R)}{\sum Fi.Cpi} (-r_A')A$$

$$\text{Atau} \quad \frac{dT}{dz} = \frac{(-\Delta H_R)F_{A0}}{\sum Fi.Cpi} \frac{dX_A}{dz}$$

Dengan : T = Suhu (K)

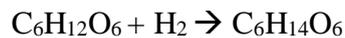
Fi = kecepatan aliran massa komponen I (kmol/jam)

Cpi = kapasitas panas komponen (joule/h)

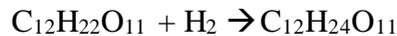
PANAS REAKSI

Reaksi pembentukan sorbitol dari glukosa dan hidrogen sebagai berikut :

Reaksi pembentukan Sorbitol :



Reaksi samping pembentukan maltitol



$$\Delta H_R = \Delta H_{RO} + \int_{T_R}^T \Delta Cp dT$$

Entalphy pembentukan komponen

No	Komponen	Harga ΔH^0_f (kJ/mol)
1	Glukosa	-1295,2
2	Hidrogen	0
3	Sorbitol	-1353,7

Panas reaksi yang terbentuk adalah

$$\Delta H_R = \sum (n. \Delta H_f)_{Produk} - \sum (n. \Delta H_f)_{Reaktan}$$

$$\Delta H^0_R = (-1353,7 \text{ Kj/mol}) - (-1295,2 \text{ Kj/mol} + 0 \text{ Kj/mol})$$

$$= -58,5 \text{ Kj/mol}$$

Kapasitas panas campuran gas liquid

$$\int_{298}^T \Delta C_p. dT = \int_{298}^T \Delta a. dT + \int_{298}^T \Delta b. T. dT + \int_{298}^T \Delta c. T^2. dT$$

$$+ \int_{298}^T \Delta c. T^3. dT \dots \dots \dots$$

Harga C_p tiap komponen didapatkan dari literatur dengan persamaan

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 \text{ (kj/kmol.K)}$$

Tabel kapasitas panas

No	Komponen	A	B	C	D	E
1	Hidrogen (H ₂)	2.5399E+01	2.0178E-02	-3.8540E-05	3.1880E-08	-8.7585E-12
2	Air (H ₂ O)	9.2053E+01	-3.9953E-02	-2.1100E-04	5.3469E-07	-

PRESSURE DROP

Pressure drop dapat dicari dari persamaan :

$$\frac{dP}{dZ} = - \frac{G}{\rho \cdot g \cdot D} \left(\frac{1 - \Phi}{\Phi^3} \right) \left[\frac{150(1 - \Phi)\mu}{Dp} + 1,75G \right]$$

Dimana:

P = tekanan (lbf/ft²)

ϕ = *porositas* katalis

gc = 4,17x10⁸ lbf.ft/jam².lbf

dp = diameter partikel katalis (ft)

μ = viskositas (lbf.ft/jam)

z = tinggi reaktor

G = kecepatan massa *superfisial* gas (lbf/ft².jam)

PROGRAM REAKTOR *FIXED BED SINGLE TUBE* MATLAB

```

function dy=reaktor(z,y)

global FAo FBo FCo FDo FEO FDo Dp phi ID GAO GBO GLO Ac vl vo vgo
vg Cao Cbo tet G rhog rhol rhoc porc Po To

dy=zeros(3,1);
Ac      = phi*(ID^2)/4;      % Luas pempang reaktor----- (m^2)
vl      = GLO/(rhol*Ac);    % kecepatan liquid inlet (m/jam)
vo      = vl;               % kecepatan glucose inlet (m/jam)
vgo     = GBO/(rhog*Ac);    % kecepatan hidrogen inlet (m/jam)
v2      = vl;
E       = -1;               % kecepatan maltose inlet (m/jam)
vg      = vgo*(1+(E*(y(1))))*((y(3))/Po)*(To/(y(2))); %
kecepatan hidrogen inlet (m/jam)
Cao     = (FAo/vo)*1000;    % satuan mol Konsentrasi glukosa
masuk (FAo dalam kmol/jam),,,1
Cbo     = FBo/vgo*1000;
Cco     = (FCo/v2)*1000;
tet     = Cbo/Cao;
G       = GBO/Ac;          % (kg/m2.jam)

% kinetika reaksi
rg      =(((1.3*10^10)*((Cao)*(1-
(y(1))))*((y(3))/1000)))/((1+0.8654*(Cao)*((1-
(y(1)))+0.0723*((y(3))/1000)^2))))*(exp(-(8000/(y(2)))));
%satuan mol/jam kg nikel
% laju reaksi pembentukan produk sorbitol ( dari jurnal kinetic of
glucose N decamps)
%satuan cao harus dalam mol dan tekanan dalam MPa dikonver dengan
mengalikan dan membagi dengan 1000
ra      = -rg;% ra = laju konsumsi glukosa (mol/jam kgNi)
rf      =(((1.3*10^10)*((Cco)*(1-
(0.99)))*((y(3))/1000)))/((1+0.8654*(Cco)*((1-
(0.99))+0.0723*((y(3))/1000)^2))))*(exp(-(8000/(y(2)))));
%satuan mol/jam kg nikel
% laju reaksi pembentukan produk maltitol ( dari jurnal kinetic of
glucose N decamps)
%satuan cao harus dalam mol dan tekanan dalam MPa dikonver dengan
mengalikan dan membagi dengan 1000
rc      = -rf;% rc = laju konsumsi maltosa (mol/jam kgNi)
% Kapasitas Panas (kJ/kmol.K)
Cpa     = 219.79*((y(2))-298.15); %kapasitas panas glucose
Cpb     = (25.399*((y(2)))+(0.020178*((y(2))^2))+(-
0.00003854*((y(2))^3)))+(0.00000003188*((y(2))^4))+(-
0.000000000087585*((y(2))^5)); %kapasitas panas hidrogen
Cpc     = 432.188*((y(2))-298.15); % kapasitas panas maltosa
Cpd     = (9.205e1*((y(2)))+(-3.9953e-2*((y(2))^2))+(-2.11e-
4*((y(2))^3))+5.3469e-7*((y(2))^4)); % kapasitas Air
Cpe     = 196.817*((y(2))-298.15); % kapasitas Dextrine
Cpf     = 434.43*((y(2))-298.15); % kapasitas Maltitol
Cpg     = 241.43*((y(2))-298.15); % kapasitas panas SORBITOL
% Perhitungan Neraca Panas
sigmaFICPI = FAo*(1-(y(1)))*Cpa+FAo*(tet-(y(1)))*Cpb+FCo*(1-
0.99)*Cpc+FDo*Cpd+FEO*Cpe+FCo*0.99*Cpf+FAo*(y(1))*Cpg; % kJ/jam.K

```

```

% Profil konversi
dy(1) = (((-ra)*(1-porc))*Ac*rhoc)/(FAo*1000); % konversi (ra
dalam satuan mol /jam kgNi, maka FAo harus diubah dari kmol/jam
jadi mol/jam)
% Profil suhu bed
deltaHR1 = -58.51; % (Kj/kmol)
deltaHR2 = -19.61; % (Kj/kmol)
dy(2) = (((((ra/1000)*(deltaHR1+((Cpg-(Cpa+Cpb))*(y(2))-
298.15)))))+(rc/1000)*(deltaHR2+((Cpf-(Cpc+Cpb))*(y(2))-
298.15))))*(1-porc)*Ac*rhoc)/(sigmaFICPI);
%ra dibagi 1000 karena harus dirubah dari satuan mol/jam kgNi
jadikmol/jam KgNi
% Viskositas (Yaws, micropoise = 1e-6 g/cm.s)
myuH1 = 0.039958754400000004; % mikropoise dikonversi jadi
(kg/m.jam) (1.1099654E-5 (kg/m.s) 0.039958754400000004
sumber: http://www.convertunits.com/from/kg-m/s/to/kg-m/hr
% Profil tekanan (kPa/m)
G1=G*0.204816; % lb/h ft2
rhog1=rhog*0.062428; %lb/ft3
gc1=4.17e8; %lbm.ft/h2. lbf
Dp1 = Dp*3.28084; % ft
myuH11=myuH1*0.671969; %
dy(3) = -((((G1*(1-porc))/(rhog1*Dp1*gc1*(porc^3))))*((150*(1-
porc)*myuH11)/Dp1)+1.75*G1)/100)*(1/144)*(1/14.7)*(332.431);
% kPa/m

```

HASIL RUN MATLAB

Pra-rancangan Pabrik Sorbitol dengan Proses Hidrogenasi

kapasitas 100.000 ton/tahun

```

-----

kapasitas          = 100000  Ton/tahun
waktu operasi      = 330     Hari
1 hari             = 24      Jam
1 ton              = 1000    Kg
kapasitas 1 hari   = 12.626,26  Kg

```

Fixed Bed Reaktor: Single Bed Catalyst

Detail:

Laju alir komponen masuk ke reaktor =

=====

Komponen masuk ke reaktor

=====

komponen	laju alir, (kg/jam)
----------	---------------------

C ₆ H ₁₂ O ₆ (Glukosa)	9.009,97
---	----------

H ₂ (Hidrogen)	120.882,58
---------------------------	------------

C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ (Maltosa)	540,60
---	--------

H ₂ O (Air)	4.226,92
------------------------	----------

(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n (Dextrin)	5,41
---	------

C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁ (Maltitol)	0
--	---

C ₆ H ₁₄ O ₆ (Sorbitol)	0
--	---

Diameter Reaktor = 2 m

Porositas = 0.5900

Rho Gas = 4.2317 kg/m³

Diameter katalis = 3,36 m

Tekanan input ke reaktor = 70.0000 atm

Suhu input ke reaktor = 130.0000 oC

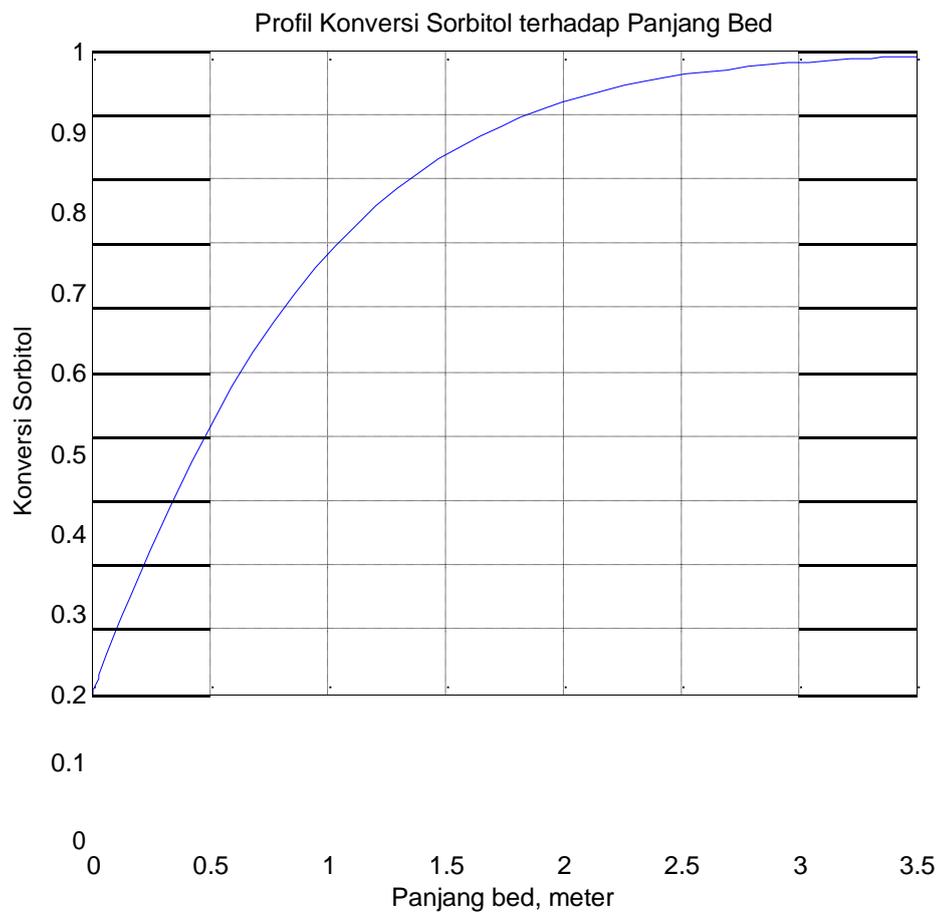
Profil pada Reaktor

Panjang bed,m	Konversi	Suhu, K	Tekanan, kPa
0.0000	0.0000	403.1500	7092.7500
0.0001	0.0001	403.1502	7092.7499
0.0001	0.0001	403.1503	7092.7499
0.0002	0.0002	403.1505	7092.7498
0.0002	0.0002	403.1506	7092.7498
0.0005	0.0005	403.1514	7092.7495
0.0007	0.0007	403.1522	7092.7493
0.0010	0.0010	403.1530	7092.7490
0.0012	0.0012	403.1538	7092.7488
0.0025	0.0025	403.1577	7092.7475
0.0038	0.0037	403.1617	7092.7462
0.0050	0.0050	403.1656	7092.7449
0.0063	0.0062	403.1696	7092.7436
0.0127	0.0125	403.1892	7092.7372
0.0190	0.0187	403.2088	7092.7308
0.0254	0.0249	403.2284	7092.7244
0.0318	0.0310	403.2478	7092.7180
0.0636	0.0615	403.3440	7092.6859
0.0954	0.0913	403.4384	7092.6538
0.1272	0.1205	403.5310	7092.6217
0.1591	0.1491	403.6217	7092.5896
0.2466	0.2244	403.8617	7092.5013
0.3341	0.2949	404.0875	7092.4131
0.4216	0.3606	404.2990	7092.3248

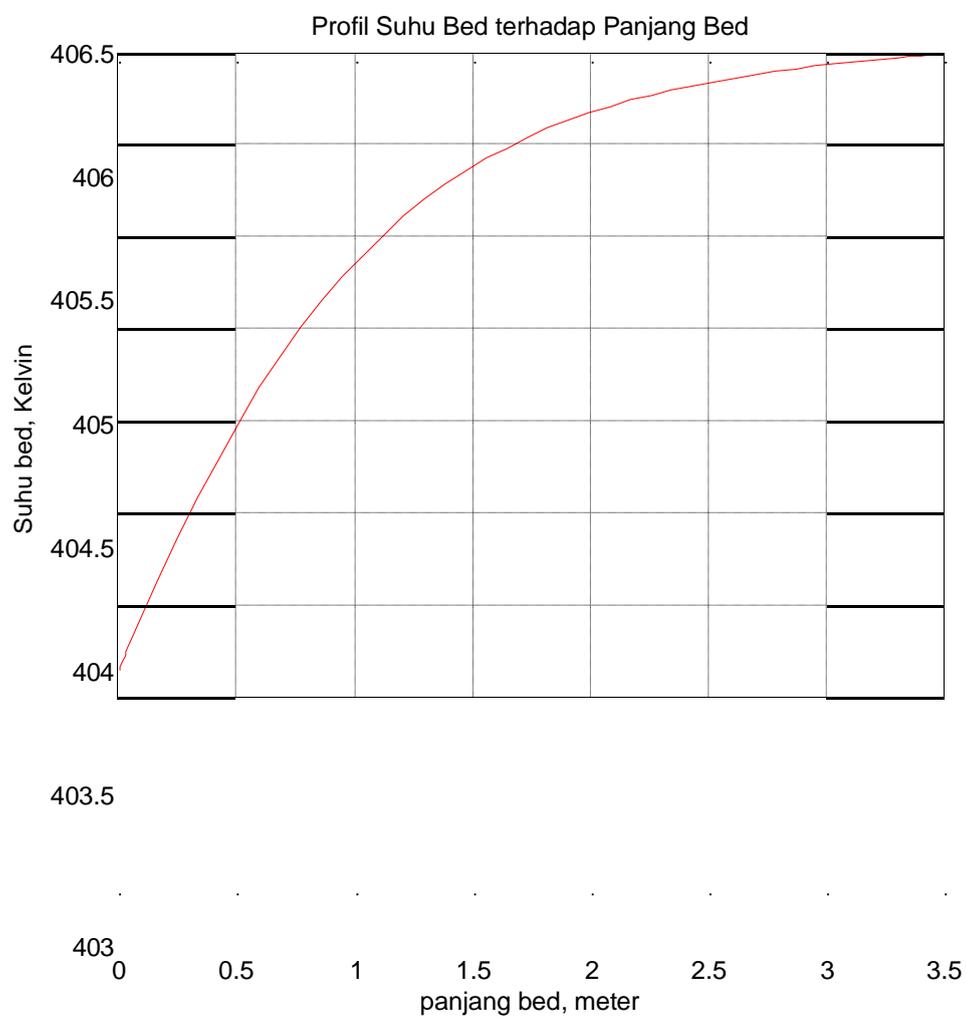
0.5091	0.4216	404.4965	7092.2366
0.5966	0.4780	404.6800	7092.1483
0.6841	0.5300	404.8500	7092.0601
0.7716	0.5776	405.0068	7091.9718
0.8591	0.6213	405.1509	7091.8836
0.9466	0.6610	405.2830	7091.7953
1.0341	0.6971	405.4037	7091.7071
1.1216	0.7298	405.5137	7091.6188
1.2091	0.7594	405.6137	7091.5306
1.2966	0.7860	405.7044	7091.4423
1.3841	0.8099	405.7865	7091.3541
1.4716	0.8313	405.8607	7091.2658
1.5591	0.8505	405.9278	7091.1776
1.6466	0.8676	405.9882	7091.0893
1.7341	0.8829	406.0427	7091.0011
1.8216	0.8964	406.0918	7090.9128
1.9091	0.9085	406.1360	7090.8246
1.9966	0.9192	406.1759	7090.7363
2.0841	0.9287	406.2118	7090.6481
2.1716	0.9371	406.2443	7090.5598
2.2591	0.9446	406.2736	7090.4716
2.3466	0.9512	406.3001	7090.3833
2.4341	0.9570	406.3241	7090.2951
2.5216	0.9621	406.3460	7090.2068
2.6091	0.9667	406.3658	7090.1186
2.6966	0.9707	406.3840	7090.0303
2.7841	0.9742	406.4006	7089.9421
2.8716	0.9773	406.4158	7089.8538

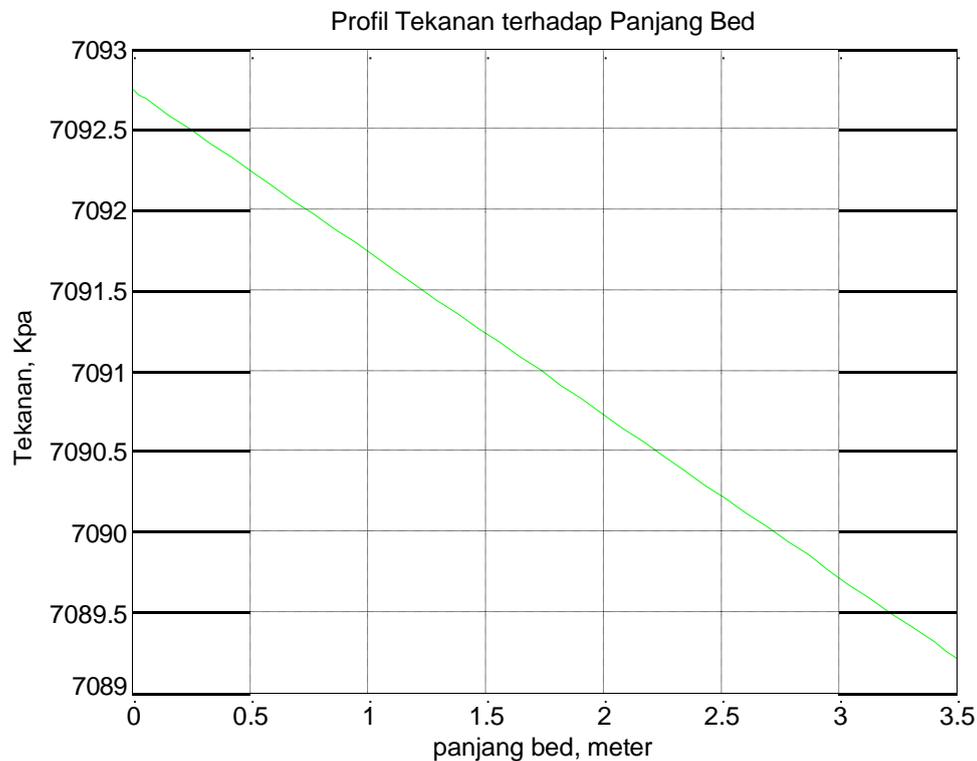
2.9591	0.9800	408.4299	7089.7656
3.0466	0.9824	408.4428	7089.6773
3.1341	0.9846	408.4549	7089.5891
3.2216	0.9864	408.4661	7089.5008
3.3091	0.9881	408.4766	7089.4126
3.3568	0.9889	408.4821	7089.3644
3.4045	0.9896	408.4873	7089.3163
3.4523	0.9903	408.4924	7089.2681
3.5000	0.9910	408.4974	7089.2200

>>



Gambar 14. Profil Konversi Sorbitol Terhadap Panjang Bed



Gambar 15. Profil Suhu *Bed* terhadap Panjang *Bed***Gambar 16. Profil Tekanan Terhadap Panjang *Bed***

Mechanical Design reaktor

1. *Head* dan *bottom Elliptical dished head*

Head tipe ini digunakan untuk *pressure vessel* > 200 psig

Bahan konstruksi yang digunakan untuk mendesain reaktor dipilih *low alloy steels SA-353* dikarenakan bahan kuat terhadap tekanan tinggi.

2. Tinggi *Bed* Reaktor

Tinggi Tumpukan katalis pada konversi 98% adalah sebesar 3,4045 meter
Nilai ini didapatkan dari perhitungan menggunakan bantuan *MATLAB*.

3. Tebal dinding reaktor

Untuk menentukan tebal dinding reaktor digunakan persamaan berikut:

$$ts = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

Dimana :

P = tekanan perancangan, (lb/in²)

r_i = jari-jari dalam *shell*, (in)

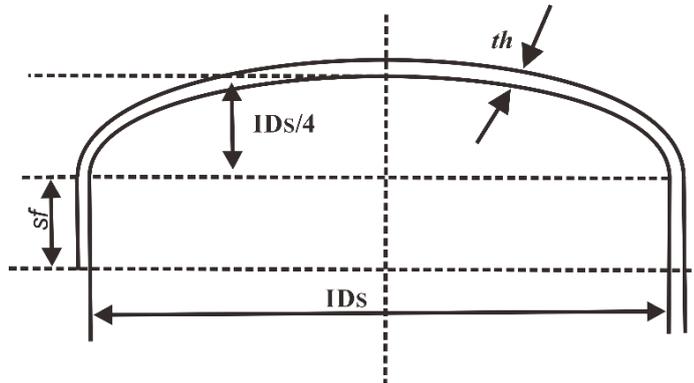
f = tegangan maksimum yang diijinkan, (lb/in²)

E = efisiensi sambungan

C = faktor korosi , (in)

- a. Diameter dalam *Shell (Ids)* = 2 m
= 78,74 in
- b. Jari-jari dalam *shell* = 0,8 m
= 1 in
- c. P operasi = 70 atm absolute
 P operasi = (70 -1) atm gage over design 20%
Over design 20% = 1,2(70 -1) atm gage
= 82,8 atm gage
= 1217,16 psig
- d. Nilai *maximum allowable stress* (f) bahan:
 f = *low alloy steels SA 353* untuk T (-20 sampai 650) $F = 22500$ psi
- e. Jenis sambungan yang digunakan adalah *double welded butt-joint*
Maka nilai maksimum efisiensi sambungan $\rightarrow E=0.8$
- f. Faktor korosi untuk bahan non korosif $\rightarrow C=0.125$ in
Dengan menggunakan persamaan sebelumnya diperoleh nilai tebal *plate shell* (ts) = 1,75in

Dipilih tebal *plate shell standart* = 1,5 in
4. Diameter luar *shell* (ODs) =IDs +2 ts = 82,24 in
= 2,08 m
5. *Head dan bottom*
Bentuk *Elliptical dished head*.
Bentuk *head* ini dapat digunakan untuk *pressure vessel* > 200 psig sehingga *safety* proses akan terjamin.
Bahan: *Alloy steels SA 353*



Dimana :

ID_s = diameter dalam *head*

th = tebal *head*

sf = *straight flange*

Persamaan yang digunakan untuk mencari tebal *head* reaktor dan *bottom* reaktor sebagai berikut:

$$th = \frac{P \cdot ID_s}{2 \cdot f \cdot E - 0,2 \cdot P} + C$$

Data yang diperlukan untuk *maximum allowable stress*(f), *maksimum efisiensi* E , dan faktor korosi C untuk *head* sama dengan data yang dipakai untuk mencari tebal *plate shell*, maka dari perhitungan diperoleh nilai sebagai berikut:

$$th = 2,805 \text{ in}$$

dipilih tebal *plate standart* = 1,5 in

$$ID_s = 78,74 \text{ in}$$

sf (Tabel 5.11 Brownell dan Young , 1959) = 3 in (nilai 2-4)

$$b = ID_s / 4 = 19,5 \text{ in}$$

tinggi *head* dan *bottom* = $th + b + sf$

$$= 25,3 \text{ in}$$

$$= 10,12 \text{ m}$$

1. Tebal *grid support*

Grid support berfungsi untuk menyangga tumpukan katalis dan mencegah terhadap kelebihan *pressure drop*. *Design* yang biasa digunakan adalah piringan berlubang (*perforated plate*) dan piringan bergelombang (*slotted plate*), *support* dirancang untuk tahan terhadap korosi sehingga dipilih bahan *carbon steel*, *cast iron*, atau *cast ceramic* (rase, 1977)

dipilih *design grid support* berupa *perforated plate* dari bahan *carbon steel SA-285 C* dengan asumsi:

$$A_p = \frac{1}{2} \cdot A_{shell}$$

$$A_{shell} = 0,785 \text{ m}^2 \text{ (dari data matlab)}$$

$$\text{Maka } A_p = 0,3925 \text{ m}^2$$

Grid support yang harus di sangga adalah berat dari katalis yang ada di dalam reaktor. Untuk mengetahui berat katalis maka digunakan persamaan sebagai

$$\text{berikut : } W = (1 - \phi) A_c z \rho_c$$

$$A_c = \text{luas penampang reaktor, } = 0,785 \text{ m}^2$$

$$\rho_c = \text{densitas katalis padat, } = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$(1 - \phi) = \text{fraksi padatan, } = 0,41$$

$$\phi = 0,59$$

$$Z = 2,8759 \text{ m}$$

Di dapatkan berat katalis sebesar : 1944,694 kg

Beban berat

$$F = m \left(\frac{g}{g_c} \right)$$

Dengan : $g = 9,807 \text{ m/s}^2$

$$g_c = 1 \text{ kg.m/N/s}^2$$

maka didapatkan nilai $F = 19097,62 \text{ N}$

untuk tekanan yang diterima *grid support* :

$$P = \frac{F}{A_p}$$

$$P = 48590,90 \text{ Pa}$$

$$= 7,05 \text{ psi}$$

Tekanan design di buat *over design* sebesar 20% sehingga didapatkan nilai tekanan sebesar 8,4 psi.

Tebal *perforated plate (grid support)* dapat dicari dengan persamaan :

$$tp = IDs \left(\frac{3P_G}{16f} \right)^{1/2}$$

tp = tebal grid support, in

IDs = diameter dalam shell, in

P_G = tekanan design yang ada pada grid support, psi

f = tegangan maksimum yang diijinkan pada bahan *grid*, psi

diketahui

diameter dalam *shell* = 1 meter

tegangan maksimum dari bahan penopang yang diijinkan sebesar 13750 psi

maka nilai $t_p = 0.4258$ in

dipilih tebal standart sebesar $7/16$ in

6. Tinggi total reaktor

Tinggi *head* : 24,18 in

Tinggi ruang kosong atas : 10 in

Tinggi tumpukan katalis : 99,79 in

Tebal *grid support* : 1 in

Tinggi ruang kosong bawah : 10 in

Tinggi *head & bottom* : 24,18 in
 Total tinggi : 169,15 in
 : 4,3 meter

7. Volume Reaktor

Volume reaktor = Volume *shell* + 2 (Volume *elliptical dished head*)

$$V_{reaktor} = \left(\frac{\pi}{4} ID^2 \right) L_{shell}$$

Volume reaktor = 587874,36 in³
 = 9633,55 Liter

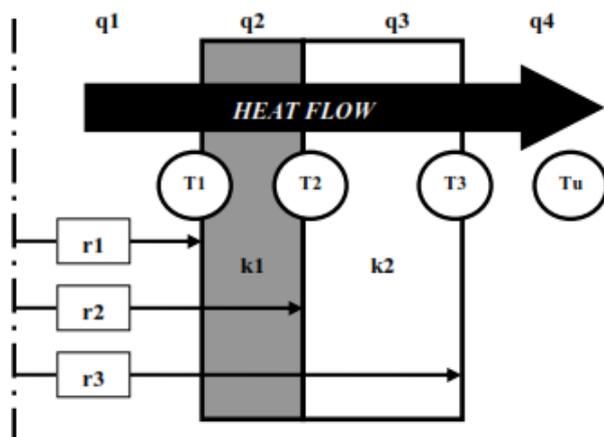
8. Perancangan Isolasi reaktor

Isolasi perlu di tambahkan untuk menjaga suhu di dalam reaktor stabil dan tidak hilang ke lingkungan dan juga untuk keamanan (*safety*) para operator yang dekat dengan reaktor, reaksi pembutan sorbitol di lakukan pada tekanan 70 atm dan suhu 130-140°C, sehingga akan bahaya jika tidak di tambahkan isolasi. Isolasi juga di maksudkan agar reaktor tidak terpengaruh perubahan suhu lingkungan, serta melindungi material dari kemungkinan korosi yang timbul akibat cuaca.

Adapun asumsi yang digunakan adalah :

1. Suhu di dalam reaktor = suhu permukaan dinding dalam *shell*.

Perpindahan panas *steady state*, sehingga $q_1 = q_2 = q_3 = q_4$



Keterangan :

$r1$: jari-jari dalam *shell* = 1 m

$r2$: jari-jari luar *shell*

$r3$: jari-jari luar isolator

$q1$: konveksi dari gas ke *shell*

$q2$: konduksi melalui *shell* / dinding reaktor

$q3$: konduksi melalui isolator

$q4$: konveksi dari permukaan luar isolator ke udara

$T1$: suhu dinding dalam reaktor

$T2$: suhu dinding luar reaktor

$T3$: suhu dinding luar isolator = 50°C

Tu : suhu udara luar = 30°C

Bahan dinding dengan spesifikasi :

$$k_s = 45 \text{ W/m.K} \quad \text{Daftar A-2 Holman (1986)}$$

$$\rho_s = 7833 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Daftar A-2 Holman (1986)}$$

$$\varepsilon_s = 0,62 \quad \text{Daftar A-10 Holman (1986)}$$

Bahan isolasi yang dipilih adalah asbestos dengan spesifikasi :

$$k_{is} = 0,161 \text{ W/m.K} \quad \text{Daftar A-3 Holman (1986)}$$

$$\rho_{is} = 570 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Daftar A-3 Holman (1986)}$$

$$\varepsilon_{is} = 0,96 \quad \text{Daftar A-10 Holman (1986)}$$

Bila suhu udara luar diasumsikan : 30°C

Dan suhu permukaan luar isolasi (T_3) diinginkan : 50°C

$$T_f = \frac{T_3 + T_u}{2}$$
$$T_f = \frac{303,15 + 323,15}{2}$$
$$T_f = 313,15\text{K}$$

Sifat-sifat udara pada *temperature* 313,15 K (40°C) diperoleh dengan cara interpolasi data dari Daftar A-5 Holman (1986) :

$$P_{ud} = 1.13080 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 1.00660 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\mu = 0.00002 \text{ kg/m.s}$$

$$\nu = 0.00002 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$k_{ud} = 0.02720 \text{ W/m.K}$$

$$Pr = 0.70500$$

Data tambahan:

$$\beta = 1/T_f = 0,00319336 \text{ K}^{-1}$$

$$g = 9,807 \text{ m/s}^2$$

Tinggi reaktor, $L = 4,65$ m

Konstanta *Stefan Boltzman*, $\sigma = 5,669 \text{ E-08 W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$R_1 = 1$ m

$R_2 = 1,04$ m

Menghitung Bilangan Grasshof :

$$Gr = \frac{g \cdot \beta (T_3 - T_u) L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = 1,72 \times 10^{11}$$

Menghitung Bilangan Nusselt :

$$Nu = 0,1 \cdot (Gr \cdot Pr)^{1/3}$$

$$Nu = 494,71$$

Menghitung koefisien perpindahan panas konveksi (h_c) :

$$Nu = \frac{h_c \cdot L}{k_{ud}}$$

$$h_c = \frac{Nu \cdot k_{ud}}{L}$$

$$h_c = 3,1319 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Menghitung koefisien perpindahan panas radiasi (h_r) :

$$h_r = \frac{\varepsilon_{is} \cdot \sigma \cdot (T_3^4 - T_u^4)}{(T_3 - T_u)}$$

$$h_r = 6,6917 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Menentukan suhu T_2 dari neraca panas di tiap lapisan :

$$q_2 = \frac{2\pi L (T_1 - T_2) k_s}{\ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)}$$

$$q_3 = \frac{2\pi L (T_2 - T_3) k_{is}}{\ln \left(\frac{R_3}{R_2} \right)}$$

$$q_4 = (h_c + h_r) 2\pi R_3 L (T_3 - T_u) \quad \text{untuk } \frac{2\pi L (T_1 - T_2) k_s}{\ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)} + h_c$$

$$\begin{aligned} \text{Karena steady state maka } q_2 &= q_3 \\ &= q_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2\pi L (T_1 - T_2) k_s}{\ln \left(\frac{R_2}{R_1} \right)} \\ &= (h_c + h_r) 2\pi R_3 L (T_3 - T_u) \end{aligned}$$

) $2\pi R_3$

$L(T_3 - T_u)$

$$R_3 = \frac{(T_1 - T_2)k_s}{(h_c + h_r)(T_3 - T_u) \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

$$R_3 = 0,61 \text{ m}$$

untuk $Q_3 = Q_4$, maka: $\frac{2\pi L (T_2 - T_3)k_{is}}{\ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)} = (h_c + h_r)2\pi R_3 L (T_3 - T_u)$

$$R_3' = \frac{(T_2 - T_3)k_{is}}{(h_c + h_r)(T_3 - T_u) \ln\left(\frac{R_3}{R_2}\right)}$$

$$R_3' = 0,61 \text{ m}$$

kemudian trial nilai T_2 sampai $R_3 = R_3'$

Hasil trial diperoleh:

$$T_2 = 407,76 \text{ K}, \quad = 134,61^\circ\text{C}$$

$$R_3 = 0,61 \text{ m}, \quad = 61,0 \text{ cm}$$

Jadi, tebal isolasi yang digunakan = $R_3 - R_2$

$$= 0,06554 \text{ m}$$

$$= 6,554 \text{ cm}$$

menghitung panas hilang ke lingkungan :

$$Q_{loses} = q_4 = (h_c + h_r)2\pi R_3 L(T_3 - T_u) = 3103,081215 \text{ J/s}$$

Spesifikasi Reaktor (R-101)

Kode : R-101

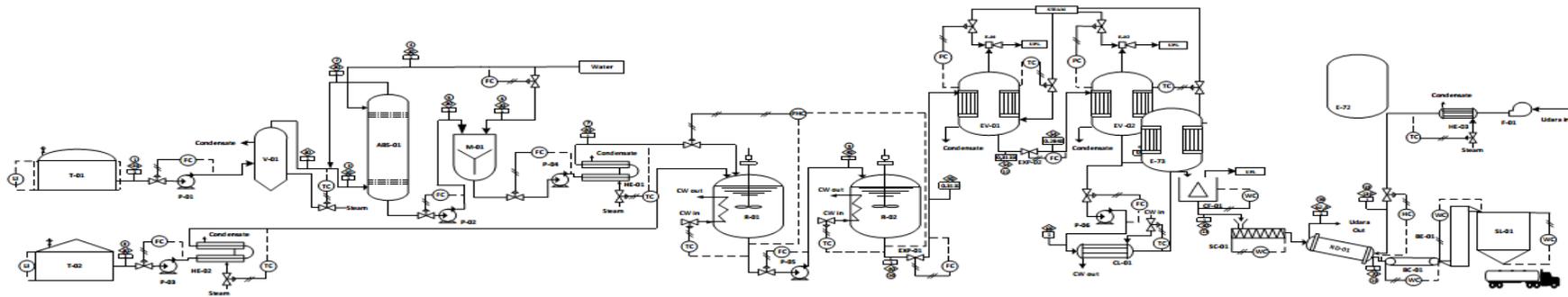
Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara hidrogen dan glukosa menjadi sorbitol dengan katalis *Raney Nikel* (Ni/Al₂O₃)

Jenis : *Fixed Bed Reaktor Single Bed Catalyst*

Fasa : Cair - Gas

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK HEXAMETHYLENETETRAMINE DARI AMMONIA DAN FORMALDEHIDA DENGAN PROSES ALEXANDER F.MACLEAN
 KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN



Komponen	No. Area (kg/area)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
NH3	1252,9735	1803,0595	3056,0330		1252,9735		1252,9735		184,4070	25,0595							
H2O	6,2963		6,2963	3049,7367	3056,0330	1955,8611	5011,8941	5602,5247	12311,5533	12564,6353	6282,3177	3141,1588	314,1159	2,3990		311,7169	
CH2O								3316,6946	488,1362	66,3339							
CH3OH								44,8202	44,8202	44,8202	22,4101	11,2050	1,1205	0,1263		0,9942	
CSH12N4 (I)									2109,9899	3528,0584	1290,6846	53,3109	47,9798	47,9798			
CSH12N4 (A)											1237,3737	2474,7475	2474,7475	2474,7475			
Urea																12807,5736	12807,5736
Total	1259,2699	1803,0595	3061,3294	3049,7367	4309,0065	1955,8611	6264,8077	8964,0396	15228,8073	15228,8073	8832,7861	5680,4222	2837,3637	3525,2525		12807,5736	13120,2847

KETERANGAN SIMBOL	
	No. Area
	Tekanan (atm)
	Suhu (oC)
	Control Valve
	Arus Sinyal Listrik
	Arus Pneumatik
	Arus Proses
	Arus Utilitas

KETERANGAN ALAT	
T	Tangki
V	Vaporizer
ABS	Absorber
M	Mixer
R	Reaktor
P	Pompa
HE	Heater
CL	Cooler
EV	Evaporator
EXP	Expansion Valve
CF	Centrifuge
RD	Rotary Dryer
SL	Silo
F	Fan
BC	Belt Conveyor
BE	Bucket Elevator
E	Ejector

KETERANGAN INSTRUMEN			
FC	: Flow Controller	PHC	: PH Controller
LC	: Level Controller	PC	: Pressure Controller
TC	: Temperature Controller	WC	: Weight Controller
LI	: Level Indicator	HC	: Humidity Controller



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018

Disusun Oleh :

1. Shinta Ayu Laxmidara (14521028)
2. Adi Pratama Putra (14521072)

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Asmanto Subagyo, M.Sc
2. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng