

EXECUTIVE SUMMARY

TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



**TUGAS PERANCANGAN PABRIK SORBITOL DENGAN PROSES HIDROGENASI
KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Oleh :

Dewi Fatmawati L2C309006

Putri Diliyan Shakt L2C309015

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2011

EXECUTIVE SUMMARY

Judul Tugas	Tugas Perancangan Pabrik Sorbitol Dengan Proses Hidrogenasi Katalitik
	Kapasitas Produksi 100.000 ton/tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

Latar belakang	<p>Sorbitol merupakan senyawa organik heksitol (alcohol bermartabat enam) yang termasuk dalam golongan polyol (polyhydrate alcohol) atau senyawa alkohol yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{14}O_6$ atau $C_6H_8(OH)_6$ dan mempunyai nama lain D-glisitol, D-sorbitol, D – glukohexana, 1-2-3-3-4-5-6 hexaol.</p> <p>Secara alami sorbitol ditemukan dalam buah-buahan seperti apel, pear, berry, dan lain-lain tapi juga dapat ditemui dalam sistem mamalia sebagai hasil penyerapan glukosa oleh darah.</p> <p>Dilihat dari segi fungsionalnya, sorbitol mempunyai kegunaan yang cukup luas khususnya dalam industri farmasi, kosmetik, pasta gigi, rokok, makanan dan minuman. Dalam jumlah yang lebih kecil, juga dipakai pada industri tekstil, kertas, kulit, dan cat. Sepertiga dari jumlah produksi sorbitol digunakan sebagai bahan baku pembuatan vitamin C. Selebihnya dipakai sebagai bahan campuran pada produk-produk yang memerlukan kestabilan kelembaban, conditioner, rasa manis, dan berbagai fungsi lain yang lebih unggul dibandingkan bahan lain sejenis seperti : gliserin, atau propilen glikol.</p> <p>Keunggulan sorbitol selain harganya lebih ekonomis, juga karena sifat fisika dan kimianya yang lebih baik, yaitu :</p> <ul style="list-style-type: none">- Terbuat dari bahan nabati.- Untuk produk –produk yang dipertahankan kelembaban dan conditionernya, pemakaian sorbitol sebagai pengganti gliserin dan propilen glikol akan menghasilkan kenampakan dan rasa yang lebih baik. Sebagai pemanis untuk kesehatan.- Sebagai pemanis untuk kesehatan.
-----------------------	---

Dasar Penetapan Kapasitas Produksi	Tahun	Kapasitas impor
	2001	568,63
	2002	384,523
	2003	1441,243
	2004	3858,382
	2005	5002,42
	2006	3278,889
	2007	1002,805
	2008	1037,17
	2009	900,597
	2010	1750,065

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2011)

Dari data statistik perdagangan luar negeri indonesia tersebut, terlihat adanya kecenderungan peningkatan impor dengan rata-rata kenaikan impor sekitar 53,67% per tahunnya sehingga diperkirakan kebutuhan impor sorbitol di Indonesia sampai pada tahun 2015 sebesar 94.903,99 ton/tahun. Di Indonesia kapasitas minimal pabrik sorbitol yang sudah berdiri adalah 16.000 ton/tahun. dan kapasitas maksimal pabrik sorbitol yang sudah berdiri yaitu 210.000 ton/tahun. Dengan mengacu kapasitas minimal dan maksimal tersebut, maka pendirian pabrik sejenis harus diatas kapasitas minimal yang sudah ada. Untuk itu kapasitas pabrik sorbitol dirancang sebesar 100.000 ton/tahun dan start up tahun 2015.

	Bahan Baku
Jenis	Glukosa
Spesifikasi	Kenampakan : Cairan (sirup) Komposisi : <ul style="list-style-type: none"> • Glukosa : 34 – 42 % • Maltose : 0,5 – 0,85 % • Maltotriosa : < 0,5 % • Air : 25 – 50 % • pH : 4,5 – 6 • DE : 98

	<ul style="list-style-type: none"> • Starch : negative • Brix : 80 – 75
Kebutuhan	5577,5 kg/jam
Asal	PT. Sari Pati Idaman
Jenis	Hidrogen
Spesifikasi	<p>Kenampakan : gas yang tidak berwarna</p> <p>Komposisi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hidrogen : 99,9999 % • Moisture : < 5 ppm • O2 : < 5 ppm • CO : < 1 ppm
Kebutuhan	65,944 kg/jam
Asal	PT. Aneka Gas Semarang
	Produk
Jenis	Sorbitol
Spesifikasi	<p>Kenampakan : cairan, tidak berwarna, tidak berbau</p> <p>Komposisi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sorbitol : min. 67,5 % • Air : 30 ± 1 % • Reducing sugar : maks. 0,1 % • Total sugar : 1 – 2,5 % • Total solid : 70 ± 1 % • Nikel : maks. 2 mg/kg • pH : 5 – 7
Laju produksi	4250 kg/jam
Daerah pemasaran	Sebagian besar untuk mencukupi kebutuhan konsumsi dalam negeri dan sisanya untuk mencukupi kebutuhan luar negeri.

II. DIAGRAM ALIR PROSES DAN PENERACAAN

Resume Neraca Massa

Tabel 2.1. Neraca Massa disekitar Mixer

No	Bahan	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 1	Arus 2	Arus 3
1	C ₆ H ₁₂ O ₆	-	5577,5	5577,5
2	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-	92	92
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	-	74,75	74,75
4	CaSO ₄	-	5,75	5,75
5	H ₂ O	-	5750	5750
6	Katalis	229,77	-	229,77
Jumlah		229,77	11.500	11729,77
		11729,77		

Tabel 2.2. Neraca Massa disekitar reaktor

No	Bahan	Masuk		Keluar	
		Arus 3	Arus 4	Arus 5	Arus 6
1	C ₆ H ₁₂ O ₆	5577,5	-	55,77	-
2	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	92	-	0,919	-
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	74,75	-	0,746	-
4	CaSO ₄	5,75	-	5,75	-
5	H ₂ O	5750	-	5750	-
6	Katalis	229,77	-	-	3,77
7	H ₂	-	593,49	229,77	-
8	C ₆ H ₁₄ O ₆	-	-	5583,03	-
9	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	-	-	91,504	-
10	C ₁₈ H ₃₄ O ₁₆	-	-	73,88	-
Jumlah		11.729,77	593,49	12.319,49	3,77
		12.323,26		12.323,26	

Tabel 2.3. Neraca Massa disekitar tangki pengendapan

No	Bahan	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)	
		Arus 5	Arus 8	Arus 7
1	C ₆ H ₁₂ O ₆	55,75	102,60	158,37
2	C ₆ H ₂₂ O ₁₁	0,919	2,55	3,469
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	0,746	2,11	2,856
4	CaSO ₄	5,75	0,16	5,91
5	H ₂ O	5750	125,81	5875,8
6	Katalis	229,77	229,77	0,100
7	C ₆ H ₁₄ O ₆	5583,03	103,45	5686,48
8	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	91,504	2,53	94,034
9	C ₁₈ H ₃₄ O ₁₆	73,88	2,01	75,89
		-	568,69	11750,80
	Jumlah	12319,49	12319,49	

Tabel 2.4. Neraca Massa di sekitar decolorisasi

No	Bahan	Masuk (kg/jam)		Keluar (kg/jam)
		Arus 7	Arus 9	Arus 10
1	C ₆ H ₁₂ O ₆	158,37	-	158,37
2	C ₆ H ₂₂ O ₁₁	3,469	-	3,469
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	2,856	-	2,856
4	CaSO ₄	5,91	-	5,91
5	H ₂ O	5875,8	-	5875,8
6	Katalis	0,100	-	0,100
7	C ₆ H ₁₄ O ₆	5686,48	-	5686,48
8	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	94,034	-	94,034
9	C ₁₈ H ₃₄ O ₁₆	75,89	-	75,89
10	Karbon	-	0,158	0,158
		11750,80	0,158	-
	Jumlah	11750,958		11750,958

Tabel 2.5. Neraca Massa disekitar filter press

No	Bahan	Masuk (kg/jam) Arus 10	Keluar (kg/jam)	
			Arus 11	Arus 12
1	C ₆ H ₁₂ O ₆	158,37	0,0021	158,18
2	C ₆ H ₂₂ O ₁₁	3,469	0,000079	3,467
3	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	2,856	0,000032	2,855
4	CaSO ₄	5,91	0,00013	5,90
5	H ₂ O	5875,8	0,079	5875,13
6	Katalis	0,100	0,0000013	0,099
7	C ₆ H ₁₄ O ₆	5686,48	0,0743	5686,22
8	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	94,034	0,0013	94,023
9	C ₁₈ H ₃₄ O ₁₆	75,89	0,0010	75,78
10	Karbon	0,158	0,158	-
Jumlah		11750,958	0,316	11749,958
			11750,958	

Tabel 2.6. Neraca Massa disekitar ion exchanger

No.	Bahan	Masuk (kg/jam) Arus 12	Tertangkap dalam resin	Keluar (kg/jam) Arus 13
1.	C ₆ H ₁₂ O ₆	158,18	-	158,18
2.	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	3,467	-	3,467
3.	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	2,855	-	2,855
4.	CaSO ₄	5,90	5,90	-
5.	H ₂ O	5875,13	-	5875,13
6.	Katalis	0,099	0,099	-
7.	C ₆ H ₁₄ O ₆	5686,22	-	5686,22
8.	C ₁₂ H ₂₄ O ₁₁	94,023	-	94,023
9.	C ₁₈ H ₃₄ O ₁₆	75,78	-	75,78
Jumlah		11749,958	5,99	11743,968
			11749,958	

Tabel 2.7. Neraca Massa disekitar evaporator

No.	Bahan	Masuk (kg/jam) Arus 12	Tertangkap dalam resin (kg/jam)	Keluar (kg/jam) Arus 13
1.	$C_6H_{12}O_6$	158,18	-	158,18
2.	$C_{12}H_{22}O_{11}$	3,467	-	3,467
3.	$C_{18}H_{32}O_{16}$	2,855	-	2,855
4.	H_2O	5875,13	3357,22	2517,91
5.	$C_6H_{14}O_6$	5686,22	-	5686,22
6.	$C_{12}H_{24}O_{11}$	94,023	-	94,023
7.	$C_{18}H_{34}O_{16}$	75,78	-	75,78
Jumlah		11743,968	3357,22	8386,748
			11743,968	

2.6. Resume Neraca Panas

Tabel 2.8. Neraca Panas di sekitar Mixer

No	Komponen	Q masuk (kkal/jam)		Q keluar (kkal/jam)
		Q_1	Q_{steam}	Q_2
1.	Glukosa	557694,225	-	557694,225
2.	Maltosa	8429,96	-	8429,96
3.	Maltotriosa	7120,685	-	7120,685
4.	$CaSO_4$	11.530,052	-	11.530,052
5.	Air	632,500	-	632,500
6.	Katalis	165.579,615	-	165.579,615
7.	Steam	-	1.382.854,537	1.382.854,537
Jumlah		1.382.854,537	1.382.854,537	2.765.709,074

Tabel 2.9. Neraca Panas disekitar Heat Exchanger 1

No	Komponen	Q masuk (kkal/jam)		Q keluar (kkal/jam)
		Q ₃	Q _{steam}	Q ₄
1.	H ₂	1.892.494,302	-	1.892.494,302
2.	Steam	-	1.892.494,302	1.892.494,302
Jumlah		1.892.494,302	1.892.494,302	3.784.988,604

Tabel 2.10. Neraca Panas disekitar heat exchanger 2

No	Komponen	Q masuk (kkal/jam)		Q keluar (kkal/jam)
		Q ₇	Q _{steam}	Q ₈
1.	H ₂	800.245,744	-	800.245,744
2.	Steam	-	800.245,744	800.245,744
Jumlah		800.245,744	800.245,744	1.600.491,488

Tabel 2.11. Neraca Panas disekitar Reaktor

No	Komponen	Q masuk (kkal/jam)			Q keluar (kkal/jam)	
		Q ₉	Q _{H2}	Q _{cw}	Q ₁₀	Q ₂₉₈
1.	Glukosa	-583.043,963	-	-	5.829,917	-1.116.988,471
2.	Maltosa	-8.813,14	-	-	88,036	-660.561.393
3.	Maltotriosa	-6.928,578	-	-	69,146	-536.211.969
4.	CaSO ₄	-16.179,118	-	-	-16.179,118	-
5.	Air	-661.250	-	-	661.250	-
6.	Katalis	172.683,184	-	-	-172.683,184	-
7.	H ₂	-	-519.711,691	-	1.324.767,495	-
8.	Sorbitol	-	1.382.854,537	-	594.536,865	-
9.	Air pendingin	-	-	103.728,75	-	-
Jumlah		-1.103.531,617	863.142,846	103.728,75	2.397.679,157	-2.534.339,178
		-136.660,021			-136.660,021	

Tabel 2.12. Neraca Panas disekitar Heat Exchanger 3

No	Komponen	Q masuk (kkal/jam)		Q keluar (kkal/jam)
		Q ₁₁	Q _{fluida proses}	Q ₁₂
1.	Glukosa	5.829,917	-	-2.281,272
2.	Maltosa	88,036	-	-34,449
3.	Maltotriosa	69,146	-	-27,057
4.	CaSO ₄	-7.140,559	-	-7.140,559
5.	Air	-258.750,00	-	-258.750,00
6.	Air pendingin	-	-581.043,446	-581.043,446
7.	Katalis	-74.014,937	-	-74.014,937
8.	Sorbitol	240.974,737	-	-232.644,860
Jumlah		-574.893,134	-581.043,446	-1.155.936,58
		-1.155.936,58		-1.155.936,58

Tabel 2.13. Neraca Panas disekitar Evaporator

No	Komponen	Q masuk (kkal/jam)		Q keluar (kkal/jam)
		Q ₁₃	Q steam	Q ₁₄
1.	Glukosa	-2.281,272	-	1.457,479
2.	Maltosa	-34,449	-	22,009
3.	Maltotriosa	-27,057	-	17,287
4.	CaSO ₄	-7.140,559	-	-7.140,559
5.	Air	-258.750	-	-258.750
6.	Katalis	-74.014,937	-	-74.014,937
7.	Sorbitol	-42.012,393	-	148.634,216
8.	Steam	-	727.356,088	727.356,088
Jumlah		-83.757,024	727.356,088	685.611,457
		685.611,457		685.611,457

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

1. Spesifikasi Alat Utama

1. TANGKI

Kode	= T-01
Fungsi	= Tempat penyimpanan bahan baku glukosa selama 1 bulan
Bahan Konstruksi	= Stainless Steel SA-167 Grade 3 tipe 304
Tipe	= Silinder vertical, dasar datar (flat bottom), conical roo
Jumlah	= Satu buah
Kapasitas	= 2621,77 m ³
Kondisi Operasi	= Tekanan = 1 atm = Suhu = 30 ⁰ F
Diameter tangki	= 50 ft
Tinggi tangki	= 54 ft
Tebal shell	= course 1 = 11/16 course 2 = 10/16 course 3 = 9/16 course 4 = 8/16 course 5 = 7/16 course 6 = 6/16 course 7 = 5/16 course 8 = 4/16 course 9 = 4/16

Tebal Head = 8/16
Tinggi head = 11,525 ft

2. POMPA

Kode = P-01
Fungsi = Pemompa bahan baku sirup glukosa dari tangki penyimpanan T-01 menuju tangki pencampur M-02
Bahan Konstruksi = Stainless Steel SA-167 Grade 3 tipe 304
Tipe = Centrifuge
Jumlah = Dua buah
Kapasitas = 97,05 gpm
Power Pompa = 2,51 HP
Power Motor = 2,79 HP
Pipa = - Diameter Nominal : 3,5 in
- Inside Diameter : 3,548 in
- OutsideDiameter : 4 in
- Schedule Number : 40
- Inside Section Area(A) : 0.0687 ft²

3. REAKTOR

Kode = R-01
Fungsi = Tempat terjadinya reaksi hidrogenasi
Bahan Konstruksi = Stainless Steel SA-167 Grade 3 tipe 304

Tipe = Slurry reactor
Jumlah = Satu buah
Kapasitas = 37,654 m³
Kondisi Operasi = Tekanan = 70 atm
Suhu = 140⁰F

Diameter Reaktor = 12,743 ft
Tinggi reaktor = 15, 292 ft
Tebal Dinding Reaktor = ½ in

Head

- Bentuk = Torispherical
- Tebal = 5/16 in
- Tinggi = 2,25 ft

Pengaduk

- Jenis = Flat Blade Turbin Impeller (6 blades)
- Diameter = 4,248 ft
- Daya = 79 HP
- Kecepatan motor = 74,970 rpm

Jaket Pendingin

- Diameter = 12,005 ft
- Tebal = 7/16 in

4. HEAT EXCHANGER (HE)

Kode = HE-01

Fungsi = Menaikkan suhu gas H₂ dari 58,06 °C sampai 140 °C sebelum masuk ke reaktor

Type = Double pipe heat exchanger

Annulus :		Inner pipe :
337,16	h outside, BTU/jam ft ² °F	362,24
A = 1001,82 ft ² U _C = 174,63 BTU/jam ft ² °F U _D = 151,895 BTU/ jam ft ² °F R _d perhitungan = 0,0025 R _d maksimal = 0,003		
9,9	ΔP perhitungan, psi	5,8
5,0 – 10,0	ΔP yang diijinkan, psi	5,0 – 10,0

Annulus :

IPS : 2 ½

OD : 2,88 in

ID : 2,469 in

Sch.No : 40

Inner pipe :

IPS : 1 ¼

OD : 1,66 in

ID : 1,38 in

Sch.No : 40

Panjang Hairpin = 16 ft

Jumlah Hairpin = 10 buah

Susunan Hairpin = seri

Aliran Fluida = counter current

5. MIXER

Kode = M-02

Fungsi = Tempat untuk menghilangkan warna dari sorbitol

Bahan Konstruksi = Stainless Steel SA-167 Grade 3 tipe 304

Jumlah	= 1 buah
Kondisi Operasi	= Tekanan = 1 atm
	Suhu = 80 °C
Kapasitas	= 5,2661 m ³
Diameter	= 1,71 ft
Tinggi silinder	= 1,8863 m
Tebal dinding	= 3/16 in
Tinggi tutup bawah	= 0,3108 m
Tebal tutup bawah	= 4/16 in
Pengaduk	
	- Kecepatan putar = 186,241 rpm
	- Daya = 100 HP

6. EVAPORATOR

Kode	= E-01
Fungsi	= Menguapkan sebagian kandungan air sehingga sampai diperoleh yang lebih pekat yaitu dari konsentrasi 52 % sampai konsentrasi 70 %.
Tipe	= Long Tube vertical Evaporator
Bahan konstruksi	= Stainless Steel SA – 167 Grade 3 tipe 304.
Jumlah	= 1 buah
Tube	
	- Jumlah = 131 buah
	- Panjang = 12 ft
	- Nominal diameter = BWG 1 in
	- Susunan = 1 ¼ triangular pitch
	- Aliran = 1 pass

Shell

- Nominal diameter = IPS 17 ¼ in
- Tebal shell = 7/16 in

Ruang uap

- Diameter = 27,95 in
- Luas penampang = 0,391 m³
- Tinggi = 28,8 in

Tinggi tutup bawah = 2,97 in

Tebal tutup bawah = 3/16 in

Tinggi tutup atas = 4,4 in

Tebal tutup atas = 2/16 in

Tinggi evaporator total = 4,617 m

Tinggi kaki barometric = 6,03 m

7. SEPARATOR / DECANTER

Kode = SP-01

Fungsi = Memisahkan produk dari komponen lainnya

Tipe = Silinder horizontal

Bahan = Carbon SA-283 grade D

Volume = 382,927 cuft

Tebal shell = 3/16 in

Tebal torispherical = 3/16 in

Diameter = 2,420 ft

Panjang = 12,19 ft

2. Utilitas

AIR	
Air untuk keperluan umum (<i>service water</i>)	888,3 kg / jam
Air pendingin (<i>cooling water</i>)	273.908,88 kg / jam
Air untuk process (<i>process water</i>)	280.726,02 kg / jam
Air umpan ketel (<i>boiler feed water</i>)	214.462,58 kg / jam
Total kebutuhan air	769.985,78 kg / jam
	769,986 ton / jam
	Produk
Didapat dari sumber	Sumur
STEAM	
Kebutuhan steam	283.090,61 kg / hari
Jenis Boiler	Water Tube Boiler
LISTRIK	
Kebutuhan listrik	0,457 Megawatt
Dipenuhi dari	Pembangkit sendiri : 0,6 Megawatt
	PLN : 0,457 Megawatt
BAHAN BAKAR	
Jenis	Fuel oil
Kebutuhan	5,187 ft ³ / jam
Sumber dari	Solar

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Physical Plant Cost	US \$ 9.684.449,42
Fixed Capital	US \$ 14.528.133,86
Working Capital	US \$ 21.681.772,58
Total Capital Investment	US \$ 36.209.906,44
ANALISA KELAYAKAN	
Return on Investment (ROI)	Before tax : 848 After tax : 6,78
Pay Out Time (POT)	Before tax : 0,12 tahun After tax : 0,15 tahun
Break even Point (BEP)	4,54 %
Shut Down Point (SDP)	3,42 %