



BAB VII UTILITAS

Unit utilitas pada suatu industri adalah salah satu unit penting untuk menunjang proses produksi pada industri kimia agar hasil produksi yang diperoleh maksimal. Unit utilitas yang dibutuhkan pada pra-rencana pabrik Sorbitol , yaitu :

- 1 Unit Pengolahan Air
Berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air pendingin, air proses, air sanitasi dan air pengisi boiler.
- 2 Unit Penyediaan steam
Berfungsi sebagai penyedia kebutuhan steam pada proses pemanasan dan supply pembangkit tenaga listrik.
- 3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik
Berfungsi sebagai penyedia kebutuhan listrik bagi alat-alat, bangunan, jalan raya, dan sebagainya.
- 4 Unit Bahan Bakar
Berfungsi sebagai penyedia kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat generator, boiler, dan sebagainya

VII.1 Unit Penyediaan Steam

Unit Penyediaan Steam berfungsi untuk menyediakan kebutuhan steam, yang digunakan sebagai media pemanasan pada pabrik ini. Direncanakan boiler menghasilkan steam pada :

tekanan	=	4,5	atm	(untuk menghasilkan saturated steam)
suhu	=	148	°C	(Ulrich Appendix B, Pg 426)
hv	=	506,3306	kcal/kg	
1 kkal/kg	=	1,7988	BTU/lb	
hv	=	910,7875	BTU/lb	

Jumlah steam yang dibutuhkan :

$$1 \text{ kg/jam} = 2,2046 \text{ lb/jam}$$

No.	Nama Alat	Kode Alat	Steam (kg/jam)	Steam (lb/jam)
1	HEATER DEXTROSE	(E-132)	2685,964741	5921,4779
3	EVAPORATOR	(V-310)	10525,42651	23204,3553
4	STEAM JET EJECTOR	(E-311)	927,0345697	2043,7404
JUMLAH			14138,42582	31169,5736

Untuk faktor keamanan dari kebocoran yang terjadi, maka direncanakan



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

steam yang dihasilkan 20% lebih besar dari kebutuhan steam total :

$$\begin{aligned} \text{jumlah steam} &= 1,2 \times \text{kebutuhan steam} \\ &= 1,2 \times 31169,5736 \\ &= 37403,4883 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Menghitung Kebutuhan Bahan Bakar

$$m_f = \frac{m_s (h_v - h_f)}{e_b \cdot F} \times 100 \quad [\text{Severn, W.H, hal 142}]$$

dimana :

- m_f = massa bahan bakar yang dipakai, lb/jam
- m_s = massa steam yang dihasilkan, lb/jam
- h_v = enthalpy uap yang dihasilkan, BTU/lb
- h_f = enthalpy liquida masuk, BTU/lb.
- e_b = efisiensi boiler 85-92% (ditetapkan $e_b = 92\%$)
- F = nilai kalor bahan bakar, BTU/lb [Severn, W.H, hal. 143]
- h_v = 910,7875 BTU/lb (steam 148 °C) [steam table]
- h_f = 180,1700 (suhu air = 100 °C) [steam table]
- e_b = 92 %
- F = nilai kalor bahan bakar BTU/lb

digunakan petroleum fuels oil 33 ° API (0,22% sulfur) (Perry 7ed, T.27-6)

dari Perry 7^{ed}, Fig.27-3, didapat :

$$\begin{aligned} \text{Relative density} &= 0,86 \text{ gr/cc} \\ &= 53,689599 \text{ lb/cuft} \\ &= 7,177 \text{ lb/gal} \\ \text{Heating Value} &= 137273 \text{ BTU/gal} \end{aligned}$$

$$\text{Heating Value bahan bakar} = \frac{137273}{7,177} = 19126,193 \text{ Btu/lb}$$

$$m_f = \frac{m_s (h_v - h_f)}{e_b \cdot F} \times 100 \quad [\text{Severn, W.H, hal. 142}]$$

$$m_f = \frac{37403,48828 (910,7875 - 180,1700)}{92 \times 19126,193} \times 100$$

$$m_f = 1553,051 \text{ lb/jam}$$

Kapasitas Boiler

$$Q = \frac{m_s (h_v - h_r)}{1000} \quad [\text{Severn, W.H, pers 171}]$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$= \frac{37403,48828 (910,7875 - 180,1700)}{1000}$$
$$= 27327,643 \text{ kiloBtu/jam}$$

Penentuan Boiler Horse Power

Untuk penentuan Boiler Horse power, digunakan persamaan :

$$HP = \frac{m_s (h_v - h_f)}{(970.3) (34.5)} \quad [\text{Severn, pers 172 ; 140}]$$

Angka- angka 970.3 dan 34.5 adalah suatu penyesuaian pada penguapan 34.5 lbair/ jam dari air pada 212 F menjadi uap kering pada 212 F pada tekanan 1 atm, untuk kondisi demikian diperlukan enthalpy penguapan 970.3 Btu/lb.

$$HP = \frac{37403,488 (910,7875 - 180,1700)}{970,3 \times 34,5} = 816,351 \text{ HP}$$

Penentuan Heating Surface boiler :

Untuk 1 hp boiler dibutuhkan = 10 ft² heating surface. [Severn, W.H, hal. 140]

$$\text{Total heating surface} = 10 \times 816,351 = 8163,512 \text{ ft}^2$$

Kebutuhan air untuk pembuatan steam:

Air yang dibutuhkan diambil 20% berlebih dari jumlah steam yang dibutuhkan untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned} \text{Produksi steam} &= 37403,488 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan air} &= 1,2 \times 37403,488 = 44884,186 \text{ lb/jam} \\ &= 1077220,463 \text{ lb/hari} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{volume air} &= 17254,853 \text{ cuft/hari} \\ &= 488,312 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 20,346 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan direcycle ke boiler. Dianggap kehilangan air kondensat = 20%.

$$\text{Make up water} = 0,2 \times 20,346 = 4,069 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Spesifikasi :

Nama alat	:	Boiler
Type	:	Fire tube boiler (tekanan steam <10 atm)
Heating surface	:	8163,512 ft ²
Kapasitas boiler	:	27327,643 kiloBtu/jam
Rate steam	:	37403,488 lb/jam



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Efisiensi	:	92 %
Bahan bakar	:	Diesel oil 33 °API
Rate bahan bakar	:	1553,051 lb/jam
jumlah	:	1 buah

VII.2. Unit Penyediaan Air

Air didalam pabrik memegang peranan penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing - masing keperluan didalam pabrik. Penyediaan air untuk pabrik triple superphosphate ini direncanakan dari air sungai.

Air sungai sebelum masuk ke dalam bak penampung dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan maksud untuk menghilangkan kotoran - kotoran yang bersifat makro dengan memasang sekat - sekat kayu agar kotoran - kotoran tersebut terhalang dan tidak ikut masuk dalam tangki penampung (reservior).

Dari tangki penampung kemudian dilakukan pengolahan (dalam air unit treatment) Untuk menghemat pemakaian air maka diadakan sirkulasi. Air dalam pabrik ini dipakai untuk :

1. Air Sanitasi
2. Air Proses
3. Air Pendingin
4. Air Umpan Boiler

VII.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi untuk keperluan minum, memasak, cuci, mandi dan sebagainya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No.492/Menkes/Per/IV/2010.

Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang
Suhu	°C	Suhu air normal (25-30)
Kekeruhan	Skala TCU	5
Warna	Skala TCU	15
Jumlah zat terlarut	mg/l	500
pH		6.5-8.5
Kesadahan	mg/l	500
CO ₂ bebas	ppm CO ₂	-
DO	ppm O ₂	> -4
Nitrit	mg/l	3
Ammonia	mg/l	1,5
Tembaga	mg/l	2
Fosfat	ppm PO ₄	-
Sulfida	ppm H ₂ S	Nihil



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Besi	mg/l	0,3
Krom heksafalen	mg/l	0,05
Mangan	mg/l	0,4
Seng	mg/l	3
Timbal	mg/l	0,01
COD	ppm O ₂	10
Detergen	ppm MBAS	0,5

Kebutuhan air sanitasi untuk pabrik ini adalah untuk :

- karyawan asumsi kebutuhan air untuk karyawan	=	10	L/hari per orang
10 liter/hari per orang	x	122	orang = 1,22 m ³ /hari
- Keperluan laboratorium	=	20	m ³ /hari
- Menyiram kebun dan kebersihan pabrik	=	8	m ³ /hari
- Cadangan /lain-lainnya	=	8	m ³ /hari
Total kebutuhan air sanitasi	=	37,2	m³/hari

VII.2.2 Air Proses

Air proses dibutuhkan untuk digunakan pada alat-alat sebagai berikut :

Tabel 1.A. Total Kebutuhan Air Proses

Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan Air Proses(kg/jam)
M-120	Mixer	11733
H-310	Filter Press	155
Total		11888

Total kebutuhan air proses	=	11888	kg/jam
	=	285321,800	kg/hari
	=	285,322	m ³ /hari

VII.2.3 Air Pendingin

Untuk kelancaran dan efisiensi kerja dari air pendingin, maka perlu diperhatikan persyaratan untuk air pendingin dan air umpan boiler : (Lamb :302)

Karakteristik	kadar maximum (ppm)	
	Air Boiler	Air Pendingin
Silica	0,7	50
Aluminum	0,01	-
Iron	0,05	-
Manganese	0,01	-
Calcium	-	200
Sulfate	-	680
Chloride	-	600



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Dissolved Solid	200	1000
Suspended Solid	0,5	5000
Hardness	0,07	850
Alkalinity	40	500

Untuk menghemat air, maka air pendingin yang telah digunakan didinginkan kembali dalam cooling tower, sehingga perlu sirkulasi air pendingin, maka disediakan pengganti sebanyak 20% kebutuhan. Kebutuhan air pendingin :

Tabel 1.B. Total Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kode Alat	Pendingin (kg/jam)	Pendingin (lb/jam)
1	REAKTOR	(R-210)	94055,824	207355,469
2	COOLER 1	(E-212)	151688,162	334411,723
4	BAROMATIC COND	(E-311)	31936,644	70407,526
3	COOLER 2	(E-315)	59850,723	0,000
JUMLAH				612174,718

Kebutuhan air pendingin total = 612174,718 lb/jam

COOLING TOWER

Fungsi: mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai

Untuk keperluan ini digunakan cooling tower dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air pendingin} &= 612174,7181 \text{ lb / jam} \\ &= 277680,6306 \text{ kg/jam} \\ &= 6664335,1334 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Volume air pendingin} &= \text{Massa/densitas} \\ &= 6664,335 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Dianggap kehilangan air pada waktu sirkulasi 10% dari total air pendingin.

Sehingga sirkulasi air pendingin adalah 90%.

$$\begin{aligned} \text{Air yang disirkulasi} &= 90\% \times 6664,335 \\ &= 5997,902 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air yang harus ditambahkan sebagai make up water :} &= 10\% \times 6664,34 \\ &= 666,434 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar} &= 1 \text{ m}^3 = 264,17 \text{ gallon} \\ &= \frac{6664,335}{24} \times \frac{264,172}{60} = 1222,591 \text{ gpm} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Digunakan udara sebagai pendingin dengan relative humidity 7 °F

$$T \text{ air masuk cooling tower } (T_1) = 45 \text{ } ^\circ\text{C} = 113 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T \text{ air keluar cooling tower } (T_2) = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Diambil kondisi 70% relative humidity 30°C.

$$T \text{ wet bulb} = T_{wb} = 26 \text{ } ^\circ\text{C} = 78 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{Temperature approach} &= T_2 - T_{wb} \\ &= 86 - 78 = 8 \text{ } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

$$\text{Temperature range} = T_1 - T_2 = 113 - 86 = 27 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Menghitung make up water

Aliran air sirkulasi masuk cooling water (Wc)

$$Wc = 6664,335 \text{ m}^3 / \text{hari} = 277,681 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Evaporation Loss (We)

$$\begin{aligned} We &= 0,00085 \times Wc (T_1 - T_2) \\ &= 0,00085 \times 277,681 \times 27 \\ &= 6,373 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Water drift loss (Wd)

Air yang keluar karena fan berputar, untuk ini standarnya 0,1-0,2% dari jumlah air yang bersirkulasi. Ditetapkan 0,2 % dari jumlah air yang bersirkulasi

$$\begin{aligned} Wd &= 0,20\% \times Wc \\ &= 0,20\% \times 277,681 \\ &= 0,555 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Water blow down (Wb)

S = rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make up. Nilai berada antara 3-5
Digunakan S=5

$$\begin{aligned} Wb &= \frac{We}{(S-1)} \\ &= \frac{6,373}{(5-1)} \\ &= 1,593 \end{aligned}$$

Jadi, air yang dibutuhkan untuk penambahan (make up water) adalah

$$\begin{aligned} Wm &= We + Wd + Wb \\ &= 6,373 + 0,555 + 1,593 \\ &= 8,521 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dengan dasar perhitungan dari Perry 7 ed page 12-16, diperoleh :

- Tinggi cooling tower = 35 ft
- Jumlah deck = 12 buah



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

- Lebar cooling tower = 12 ft
- Kecepatan angin = 3 mil/jam

$$L = \frac{\text{gpm} \times W}{C \times 12 \times CW \times CH}$$

dengan :

L = panjang cooling tower, ft

W = wind correction factor

C = konsentrasi air/ft² cooling tower

CW = wet bulb correction factor

diperoleh :

L = 1 fig. 56 hal 3-794 (Perry 3ed, 1984)

W = 0,98 fig. 56 hal 3-794 (Perry 3ed, 1984)

C = 2 fig. 56 hal 3-794 (Perry 3ed, 1984)

CW = 1,25 fig. 56 hal 3-794 (Perry 3ed, 1984)

maka,

$$L = \frac{1222,591 \times 1}{2 \times 12 \times 0,98 \times 1,25}$$
$$= 41,585 \text{ ft}$$

Menghitung dimensi cooling water

Kapasitas, Q = 1222,591 gpm

Konsentrasi air, Cw pada T= 30 C = 2 gpm/ft (fig 12-15, Perry 7ed)

Jadi luas cooling tower :

$$A = \frac{Q}{\text{Konsentrasi air}} = \frac{1222,5908 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2}$$
$$= 611,2954 \text{ ft}^2$$

Menghitung Power fan :

Dengan performance dari cooling tower 90%, dari **perry 8ed F.12-8d** diperoleh

fan HP = 0,03 HP/ft² dari area tower, maka power fan :

$$\text{Power fan} = A \times 0,03$$
$$= 611,295 \text{ ft}^2 \times 0,03 \text{ HP/ft}^2$$
$$= 18,339 \text{ HP} = 18 \text{ HP}$$

Spesifikasi :

Fungsi :

Nama : Cooling Tower

Type : Crossflow induced draft cooling tower

Kapasitas : 277,681 m³/jam



Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Luas	:	611,3	ft ²
Tinggi	:	35	ft
Panjang	:	42	ft
Lebar	:	12	ft
Power fan	:	18	hp
Jumlah	:	1	buah

VII.2.4 Air Umpan Boiler

Air ini dipergunakan untuk menghasilkan steam di dalam boiler. Air umpan boiler harus memenuhi persyaratan yang sangat ketat, karena kelangsungan operasi boiler sangat bergantung pada kondisi air umpannya. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain :

- Bebas dari zat penyebab korosi, seperti asam, gas-gas terlarut.
- Bebas dari zat penyebab kerak yang disebabkan oleh kesadahan yang tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbona dan silika.
- Bebas dari zat penyebab timbulnya buih (busa) seperti zat-zat organik, anorganik, dan minyak.
- kandungan logam dan impuritis seminimal mungkin.

Kebutuhan air umpan boiler dapat diketahui pada perhitungan boiler.

VII.3 Unit Pengolahan Air

Air untuk keperluan industri harus terbebas dari kontaminan yang merupakan faktor penyebab terbentuknya endapan, korosi pada logam, dan lainnya.

Untuk mengatasi masalah ini maka dari sumber air tetap memerlukan pengolahan sebelum dipergunakan.

Proses pengolahan air sungai :

Air sungai dipompakan ke bak penampung yang terlebih dahulu dilakukan penyaringan dengan cara memasang serat kayu agar kotoran bersifat makro terhalang dan tidak ikut masuk dalam bak koagulasi-flokulasi. Selanjutnya air sungai dipompa ke bak pengendapan. Pada bak pengendapan ini kotoran-kotoran mengendap membentuk flok-flok yang sebelumnya pada bak koagulasi-flokulasi diberikan koagulan alum dan PAC. Air lalu ditampung pada bak air jernih yang selanjutnya dilewatkan ke sand filter untuk menyaring kotoran yang masih terikat oleh air. Air yang keluar ditampung dalam bak penampung air bersih untuk didistribusikan sesuai kebutuhan

Dari perincian diatas, dapat disimpulkan kebutuhan air dalam pabrik m³/jam



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

- Air Sanitasi	=	37	m ³ /hari	=	1,551	m ³ /jam
- Air Proses	=	285	m ³ /hari	=	11,888	m ³ /jam
- Air pendingin	=	6664,335	m ³ /hari	=	277,681	m ³ /jam
- Air Umpan Boiler	=	488,312	m ³ /hari	=	20,346	m ³ /jam
Total	=	7475	m³/hari	=	311,466	m³/jam
Kebutuhan Air total	=	7475	m³/hari	=	311	m³/jam

Total air yang harus disupply dari water treatment 7475 m³/hari .Kehilangan akibat jalur pipa dalam perjalanan, untuk faktor keamanan maka direncanakan kebutuhan air sungai total:

$$= 1,2 \times \text{kebutuhan normal}$$

$$= 1,2 \times 7475$$

$$= 8970,227 \text{ m}^3/\text{hari} = 373,759 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Densitas air = 993,5314 kg/m³ (**Badger; App 9, hal 73**)

Kebutuhan Air total = 371341,763 kg/jam

VII.3.1. Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1. Bak penampung Air sungai

Fungsi : Menampung air sungai sebelum diolah menjadi air bersih.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik (Q)} = 373,759 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 1121,278 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsi : Panjang} = 5 \text{ x}$$

$$\text{Lebar} = 3 \text{ x}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ x}$$

$$\text{Volume bak penampung air (direncanakan 85\% terisi air)} = \frac{1121,278}{85\%}$$

$$= 1319 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bak penampung air : } 1319 = p \times l \times t$$

$$1319 = (5x) (3x) (2x)$$

$$x^3 = 44 \text{ m}^3$$

$$x = 3,53 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\text{Panjang : } 5 \text{ x} = 5 \text{ x } 3,53 = 17,65 \text{ m}$$

$$\text{Lebar : } 3 \text{ x} = 3 \text{ x } 3,53 = 10,59 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi : } 2 \text{ x} = 2 \text{ x } 3,53 = 7,059 \text{ m}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Check volume

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 17,648 \times 10,589 \times 7,06 \\ &= 1319 \quad (\text{memenuhi})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ditentukan : padatan yang mengendap} &= 3\% \text{ dari } Q \text{ masuk} \\ &= 11,213 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik ke tangki koagulasi (Q1)} &= \text{rate volumetrik-padatan mengendap} \\ &= 362,547 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	menampung air
Kapasitas	:	1319 m ³
Bentuk	:	empat persegi panjang
Ukuran	:	Panjang : 17,6 m Lebar : 10,6 m Tinggi : 7,06 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 buah

2. Tangki koagulasi

Fungsi : Tempat terjadinya penguraian partikel dan kontaminan air sungai dengan penambahan Al₂(SO₄)₃ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak dikehendaki

Bentuk : Bak berbentuk silinder terbuat dari carbon steel dilengkapi dengan pengaduk (paddle)

Perhitungan :

$$\text{Rate Volumetrik (Q1)} = 362,547 \text{ m}^3/\text{jam} = 362547 \text{ L/jam}$$

$$\text{Dosis Alum} = 20 \text{ mg/L} \quad (\text{AWWA: T.5.2 : 94})$$

$$\text{Waktu tinggal} = 8 \text{ menit} = 0,133 \text{ jam}$$

$$\text{Kebutuhan Alum} = 20 \text{ mg/L} \times 362547 \text{ L/jam} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}$$

$$\begin{aligned}&= 7250,934 \text{ gr/jam} = 174 \text{ kg/hari} \\ &= 57427,394 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

Rate Volumetrik ke tangki floakulasi (Q2)

$$= Q1 + 0,1\% \text{ dari } Q1$$

$$= 362,547 \text{ m}^3/\text{jam} + 3,625 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 366,172 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume liquida dalam tangki} = Q2 \times \text{waktu tinggal}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} &= 366,172 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,133 \text{ jam} \\ &= 48,823 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dirancang tangki berbentuk silinder dan >10% dari tangki terisi air, maka :

$$= \frac{110}{100} \times \text{Volume liquida dalam tangki}$$

$$= 1,1 \times 48,823 \text{ m}^3$$

$$= 53,705248 \text{ m}^3$$

Jumlah tangki yang digunakan 1 buah

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

Asumsi : $H = 2 D$

$$\text{Volume tangki} = \frac{3,14}{4} \times 2 D^3$$

$$53,705 = 1,57 D^3$$

$$D = 3,246 \text{ m}$$

$$H = 6,492 \text{ m}$$

Tinggi cairan dalam tangki

$$\text{volume liquid} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h$$

$$48,823 \text{ m}^3 = \frac{3,14}{4} \times 3,25^2 \times h$$

$$h = 5,902 \text{ m}$$

Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade dengan perbandingan diameter impeller dengan diameter tangki (T/D) = 1/3 maka.

$$\begin{aligned} \text{Diameter impeler (Da)} &= 1/3 \text{ diameter tangki} = \\ &= 0,333 \times 3,246 \text{ m} \\ &= 1,082 \text{ m} \end{aligned}$$

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

$$\mu \text{ air} = 0,8 \text{ Cp} = 0,0008 \text{ kg/m.s}$$

$$N = 50 \text{ rpm} = 0,8333 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned} Nre &= \frac{\rho \times D^2 \times N}{\mu} = \frac{1000 \times 3,246^2 \times 0,1667}{0,0008} \\ &= 2195787,607 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Dari figure 3.4-4 (*Geankoplis.2003*)

Untuk N_{re} sebesar 2195787,607 didapat $N_p = 5$

$$P = N_p \times r \times N^3 \times Da^5$$

$$P = 5 \times 1000 \times 0,8333^3 \times 1,082^5$$
$$= 4292,2181 \text{ watt} = 5,756 \text{ HP}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$P = \frac{5,75596}{80\%} = 7,195 \text{ HP}$$

Dipilih motor = 7 HP

Spesifikasi Tangki Koagulasi

Fungsi	:	Sebagai tempat terjadinya koagulasi
Kapasitas	:	53,7052 m ³
Jumlah	:	1 buah
Bentuk	:	Silinder
Ukuran bak	:	Diameter = 3,246 m
	:	Tinggi = 6,492 m
Motor penggerak	:	7 HP
Bahan	:	Carbon steel

3. Tangki Flokulasi

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan PAC

Tipe : Terbuat dari carbon steel dan dilengkapi pengaduk.

Perhitungan :

Rate volumetrik (Q ₂)	=	366,172 m ³ /jam	=	366172 L / jam
Kelarutan PAC	=	28 mg / liter		
Kebutuhan PAC	=	28 x 366172		
	=	10252820 mg / jam		
	=	10,253 kg/jam		
	=	81202 kg/tahun(330 hari)		
ρ PAC	=	1,029 kg/L		
Volume alum	=	$\frac{10,253}{1,029}$	=	9,9639 liter/jam
Waktu tinggal	=	0,5 jam		



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Alum} &= 1,029 \text{ mg/L} \times 9,9639 \text{ L/jam} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}} \\ &= 0,010 \text{ gr/jam} \end{aligned}$$

Rate Volumetrik ke tangki Clarifier (Q3)

$$\begin{aligned} &= Q_2 + 0,1 \% \text{ dari } Q_2 \\ &= 366,172 \text{ m}^3/\text{jam} + 3,662 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 369,834 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida dalam tangki} &= Q_3 \times \text{waktu tinggal} \\ &= 369,834 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam} \\ &= 184,917 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dirancang tangki berbentuk silinder dan >10% dari tangki terisi air, maka :

$$\begin{aligned} &= \frac{110}{100} \times \text{Volume liquida dalam tangki} \\ &= 1,1 \times 184,917 \text{ m}^3 \\ &= 203,409 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jumlah tangki yang digunakan 1 buah

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H$$

$$\text{Asumsi : } H = 2D$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{3,14}{4} \times 2,0 D^3$$

$$203,409 \text{ m}^3 = 1,57 D^3$$

$$D = 5,060 \text{ m}$$

$$H = 10,120 \text{ m}$$

Tinggi cairan dalam tangki

$$\text{volume liquid} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h$$

$$184,917 \text{ m}^3 = \frac{3,14}{4} \times 5,06^2 \times h$$

$$h = 9,200 \text{ m}$$

Dirancang pengaduk tipe flat blade turbin dengan 6 blade dengan perbandingan diameter impeller dengan diameter tangki (T/D) = 1/3
maka.

$$\begin{aligned} \text{Diameter impeler (Da)} &= 1/3 \text{ diameter tangki} \\ &= 0,333 \times 5,060 \text{ m} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned}
 &= 1,687 \text{ m} \\
 \rho \text{ air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 \mu \text{ air} &= 0,8 \text{ Cp} = 0,0008 \text{ kg/m.s} \\
 N &= 10 \text{ rpm} = 0,1667 \text{ rps} \\
 Nre &= \frac{\rho \times D^2 \times N}{\mu} = \frac{1000 \times 5,060^2 \times 0,1667}{0,0008} \\
 &= 5334232,081
 \end{aligned}$$

Dari figure 3.4-4 (*Geankoplis.2003*)

Untuk Nre sebesar 5334232,081 didapat $N_p = 5$

$$\begin{aligned}
 P &= N_p \times r \times N^3 \times Da^5 \\
 P &= 5 \times 1000 \times 0,1667^3 \times 1,687 \\
 &= 316,0041895 \text{ watt} = 0,300 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 40%, maka :

$$P = \frac{0,3}{40\%} = 0,750 \text{ HP}$$

Dipilih motor = 1 HP

Spesifikasi Tangki Floakulasi

Fungsi : Sebagai tempat terjadinya floakulasi
 Kapasitas : 203,4086 m³
 Jumlah : 1 buah
 Bentuk : Silinder
 Ukuran bak : Diameter = 5,060 m
 : Tinggi = 10,120 m
 Motor penggerak : 1 HP
 Bahan : Carbon steel

4. Clarifier

Fungsi : Tempat pemisahan antara flok/ padatan dengan air bersih
 Rate volumetrik (Q3) : 369,834 m³/jam
 Ditetapkan : Waktu tinggal (t) : 2 jam
 : Overflow rate (v) : 45 m³/m².hari (22-48)
 : 1,875 m³/m².hari
 : Sudut kemiringan : 10

padatan mengendap : 5% dari Q3

$$\text{Rate Volumetrik ke bak penampung flok (Q4)} = 18,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik ke bak penampung air bersih (Q5)} &= Q3-Q4 \\ &= 351,342 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume liquid dalam tangki} &= 351,342 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 702,684 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= \frac{Q5}{\text{Overflow rate (v)}} \\ &= \frac{351,342}{1,875} \\ &= 187,382 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas (A)} &= \frac{\pi}{4} \times d^2 \\ 187,382 &= \frac{3,14}{4} \times d^2 \end{aligned}$$

$$d = 119,352 \text{ m}$$

Ditentukan : Perbandingan antara diameter tangki dengan tinggi silinder (d/D)= 6

$$\begin{aligned} \text{maka: } d/D &= 6 \\ 119,352 &= 6 D \\ D &= 19,892 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } \text{Diameter tangki (d)} &= 119,352 \text{ m} \\ \text{Tinggi silinder (D)} &= 19,892 \text{ m} \\ \text{Tinggi konis (Hc)} &= 0,627 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= (1/4 \times \pi \times d^2 \times D) + (1/3 \times \pi \times (1/2d)^2 \times Hc) \\ &= 212519,162 + 2337,459 \\ &= 214856,620 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	Memisahkan flok yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi
Kapasitas	:	214856,620 m ³ /jam
Bentuk	:	Silinder dengan bagian bawah berbentuk cone
Ukuran	:	Diameter silinder = 119,35 m Tinggi silinder = 19,89 m Tinggi cone = 0,63 m
Bahan Konstruksi	:	Carbon steel
Jumlah	:	1 buah



5. Bak penampung Flok dari Clarifier

Fungsi : Menampung flok dari clarifier
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Rate volumetrik (Q4) = 18,492 $\frac{m^3}{jam}$

Ditentukan :
Waktu tinggal = 12 jam
Volume flok dalam bak = rate volumetrik x waktu tinggal = 221,900 m³
Asumsi : Panjang = 5 x
Lebar = 3 x
Tinggi = 2 x

Volume bak penampung air >10% dari tangki terisi air, maka :
= $\frac{110}{100} \times$ Volume flok dalam bak
= 1,1 x 221,900 m³
= 244,090 m³

Volume bak penampung flok : 244,090 = p x l x t
244,090 = (5x) (3x) (2x)
 $x^3 = 8,136 m^3$
x = 2,011 m

Sehingga :
Panjang : 5 x = 5 x 2,011 = 10,056 m
Lebar : 3 x = 3 x 2,011 = 6,034 m
Tinggi : 2 x = 2 x 2,011 = 4,023 m

Check volume

Volume bak = 10,056 x 6,0339 x 4,023
= 244,090 (memenuhi)

Spesifikasi :

Fungsi : menampung flok
Kapasitas : 244,090 m³
Bentuk : persegi panjang terbuka
Ukuran : Panjang : ##### m
Lebar : 6,034 m
Tinggi : 4,023 m
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah



6. Bak penampung Air Bersih dari Clarifier

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik (Q5)} = 351,342 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 702,684 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsi : Panjang} = 5x$$

$$\text{Lebar} = 3x$$

$$\text{Tinggi} = 2x$$

Volume bak penampung air >10% dari tangki terisi air, maka :

$$= \frac{110}{100} \times \text{Volume liquida dalam tangki}$$

$$= 1,1 \times 702,684 = 772,953 \text{ m}^3$$

$$= 772,953 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume bak penampung air} : 772,953 = p \times l \times t$$

$$772,953 = (5x) (3x) (2x)$$

$$x^3 = 25,765 \text{ m}^3$$

$$x = 2,954 \text{ m}$$

Sehingga :

$$\text{Panjang} : 5x = 5 \times 2,954 = 14,768 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} : 3x = 3 \times 2,954 = 8,861 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} : 2x = 2 \times 2,954 = 5,907 \text{ m}$$

Check volume

$$\text{Volume bak} = 14,768 \times 8,8606 \times 5,907$$

$$= 772,953 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Rate Volumetrik (Q6)} = \text{Rate Volumetrik (Q5)}$$

$$\text{Rate Volumetrik (Q6)} = 351,342 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Spesifikasi :

Fungsi : menampung air

Kapasitas : 772,953 m³

Bentuk : persegi panjang terbuka

Ukuran : Panjang : 14,768 m

Lebar : 8,861 m



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Tinggi : 5,907 m
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah

7. Sand Filter

Fungsi : Menyaring kotoran tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring

Rate volumetrik (Q6) : 351,342 m³/jam
Waktu filtrasi : 15 menit = 0,25 jam
Jumlah flok = 5% dari debit air yang masuk
= 5% x 351,342 = 17,567 m³/jam

Rate Volumetrik ke bak penampung (Q7)

$$\begin{aligned} &= 351,342 - 17,567 \\ &= 333,775 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1469,568 \text{ gpm} \end{aligned} \quad \left(\quad \right)$$

Rate filtrasi : 12 gpm/ft² (Perry 6th ed, pg 19-85)

$$\text{Luas penampang bed : } \frac{1469,568}{12} = 122,464 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter bed} &: \frac{4 \times A}{\pi} \quad 0,5 = \frac{4 \times 122,464}{3,14} \quad 0,5 \\ &= 12,490 \text{ ft} \\ &= 3,807 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi lapisan dalam kolom, diasumsikan :

Lapisan Gravel = 0,3 m (Sugiharto : 121)

Lapisan Pasir = 0,7 m (Sugiharto : 121)

Tinggi Air = 3 m (Sugiharto : 121)

Tinggi lapisan = 4,0 m

Kenaikan akibat back wash = 25% dari tinggi lapisan
= 25% x 1,0 = 0,25 m

Tinggi bagian atas untuk pipa = tinggi bagian bawah untuk pipa = 0,3 m

Tinggi total lapisan = tinggi bed+tinggi fluidisasi+tinggi bagian atas pipa+tinggi bagian bawah untuk pipa



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} &= 4 + 0,25 + 0,3 + 0,3 \\ &= 4,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	Menyaring air dari bak penampung air bersih
Kapasitas	:	333,775 m ³ / jam
Bentuk	:	Bejana tegak
Diameter	:	3,807 m
Tinggi	:	4,85 m
Bahan konstruksi	:	Carbon Steel SA - 283 grade P
Jumlah	:	1 buah

8. Bak penampung air bersih

Fungsi	:	Menampung air bersih dari sand filter.
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik (Q7)} = 333,775 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 667,550 \text{ m}^3$$

Asumsi :	Panjang	=	5 x
	Lebar	=	3 x
	Tinggi	=	2 x

Volume bak penampung air >10% dari tangki terisi air, maka :

$$= \frac{110}{100} \times \text{Volume air dalam bak}$$

$$= 1,1 \times 667,550 \text{ m}^3$$

$$= 734,305 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &: 734,305 = p \times l \times t \\ 734,305 &= (5x) (3x) (2x) \\ x^3 &= 24,5 \text{ m}^3 \\ x &= 2,903 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Panjang} : 5x = 5 \times 2,903 = 14,52 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} : 3x = 3 \times 2,903 = 8,710 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} : 2x = 2 \times 2,903 = 5,807 \text{ m}$$

Check volume

$$\text{Volume bak} = 14,517 \times 8,7104 \times 5,81$$



$$= 734,305 \quad (\text{memenuhi})$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	menampung air bersih dari clarifier
Kapasitas	:	667,550 m ³
Bentuk	:	empat persegi panjang
Ukuran	:	Panjang : 14,517 m Lebar : 8,710 m Tinggi : 5,807 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 buah

9. Kation Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air yang disebabkan oleh garam-garam Ca²⁺.

Kandungan CaCO₃ dari water treatment masih sekitar 5 grain / gallon (*Kirk-othmer.1965*). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin zeolith bentuk granular agar sesuai dengan syarat air boiler.

$$\begin{aligned} \text{Kandungan CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,33 \text{ gram/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0,000065 \text{ kg}) \\ \text{Jumlah air yang diproses} &= 488,312 \text{ m}^3/\text{hari} \quad 129012,119 \text{ gal/hari} \\ \text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam air} &= 0,325 \text{ gram/gal} \times 129012,119 \text{ gallon} \\ &= 41929 \text{ gram} \end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

Zeolith dengan exchanger capacity = 1,4 ek / kg CaCO₃ (*Perry 6ed T.16-4*)
Na-Zeolith diharapkan mampu menukar semua ion Ca²⁺.

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{gram}}{\text{Berat Ekuivalen}} \quad (\text{Underwood.1974})$$

$$\text{Berat Ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} \quad (\text{Underwood.1974})$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk CaCO}_3, 1 \text{ mol Ca melepas 2 elektron Ca}^{2+}, \text{ sehingga elektron} &= 2 \\ \text{BM CaCO}_3 &= 100 \end{aligned}$$

$$\text{Berat Ekuivalen} = \frac{100}{2} = 50 \text{ kg / ek}$$

$$\text{ek (ekuivalen)} = 838,579 \text{ ek}$$

$$\text{Resin yang diperlukan} = \frac{838,579}{1,4} = 598,9848 \text{ L resin/hari}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka
kebutuhan resin = 598,985 x 90
= 53908,6354 L resin
= 53,909 m³ resin

Cara Kerja :

Air dilewatkan pada kation exchanger yang berisi resin sehingga ion positif ter-tukar dengan resin.

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= 53,909 \text{ m}^3 \text{ resin} \\ \text{Volume resin} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times D \\ 53,909 &= 0,785 D^3 \\ D &= 22,891 \text{ m} \\ H &= \overrightarrow{D} \\ H &= 22,891 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Diameter tangki} &= 22,891 \text{ m} \\ \text{Tinggi tangki} &= 23,891 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi Zeolith dilakukan dengan larutan HCl 33%



Dimana :

R - H = Resin kation.
MX = Mineral yang terkandung dalam air
R - M = Resin yang mineral kation.
HX = Asam mineral yang terbentuk setelah air melewati resin kation.

Contoh mineral kation (M⁺) = Ca⁺, Mg⁺, dan sebagainya.

Contoh rumus mineral (MX) = CaSO₄, CaO₃, MgCO₃

Contoh asam mineral (HX) = HCl, H₂SO₄, H₂CO₃, dan sebagainya.

Regenerasi dilakukan 3 kali setahun, kebutuhan HCl tiap regenerasi = 1,92 ton /regenerasi (Condensate Polishing Plant : PJB II – Paiton)

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan HCl} &= 3 \times 1,92 = 5,76 \text{ ton/tahun} \\ &= 5760 \text{ kg / tahun.} \end{aligned}$$

Dengan ρ HCl = 1,151 kg / liter (Perry 7^{ed}; T.2-57)

Maka volume HCl yang dibutuhkan selama 1 tahun adalah :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 5760 / 1,151 \\ &= 5004,779 \text{ liter} = 5,0048 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

sehingga untuk proses regenerasi kation/tahun dibutuhkan HCl sebanyak
5,0048 m³

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki HCl} &= 1,1 \times 5,0048 = 5,505 \text{ m}^3 \\ \text{Ditentukan H/D} &= 2 \\ \text{Volume tangki HCl} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2D \\ 5,0048 &= 1,57 D^3 \\ D &= 1,063 \text{ m} \\ H &= 2,13 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi kation exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air yang disebabkan oleh garam
Ca²⁺.
Tipe : Silinder dengan tutup atas bawah
Diameter : 22,891 m
Tinggi : 23,891 m
Jumlah : 1 buah
Bahan konstruksi : Stainless Steel Plate Type 316

10. Anion Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air yang disebabkan oleh garam-garam CO₃.

Kandungan CaCO₃ dari water treatment masih sekitar 5 grain / gallon (*Kirk-Othmer. 1984*) . Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin Amino Poly Styrene bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler.

$$\begin{aligned} \text{Kandungan CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,33 \text{ gr/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0,000065 \text{ kg}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diproses} &= 488,312 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 129012,119 \text{ gallon/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam air} &= 0,325 \times 129012,119 \\ &= 41928,9387 \text{ gr} \end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

$$\text{APS dengan exchanger capacity} = 5,5 \text{ ek / kg CaCO}_3 \text{ (Perry 6}^{ed} \text{:T.16-4)}$$

Amino Poly Styrene diharapkan mampu menukar semua ion CO₃²⁻

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{gram}}{\text{Berat Ekuivalen}} \quad (\text{Underwood.1974})$$

$$\text{Berat Ekuivalen} = \frac{\text{BM}}{\text{Elektron}} \quad (\text{Underwood.1974})$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Untuk CaCO}_3, 1 \text{ mol CO}_3 \text{ melepas 2 elektron CO}_3^{2-}, \text{ sehingga jumlah elektron} &= 2 \\ \text{BM CaCO}_3 &= 100 \\ \text{Berat Ekuivalen} &= \frac{100}{2} = 50 \text{ kg / ek} \\ \text{ek (ekuivalen)} &= 838,579 \text{ ek} \\ \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{838,579}{5,5} = 152,4689 \text{ L resin/hari} \end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan resin} &= 152,469 \times 90 \\ &= 13722,1981 \text{ L resin} \\ &= 13,722 \text{ m}^3 \text{ resin} \end{aligned}$$

Cara Kerja :

Air dilewatkan pada anion exchanger yang berisi resin sehingga ion negatif ter-tukar dengan resin.

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= 13,722 \text{ m}^3 \text{ resin} \\ \text{Volume resin} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times D \\ 13,722 &= 0,785 D^3 \\ D &= 5,827 \text{ m} \\ H &= \overrightarrow{D} \\ H &= 5,827 \text{ m} \end{aligned}$$

sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Diameter tangki} &= 5,827 \text{ m} \\ \text{Tinggi tangki} &= 6,827 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi Amino Poly Styrene = 4 kali dalam 1 tahun

Regenerasi APS dilakukan dengan larutan NaOH 40%



R - OH = Resin anion.

R - X = Resin dalam kondisi mengikat anion.

Regenerasi dilakukan 4 kali setahun, kebutuhan NaOH tiap regenerasi adalah 1,3 ton /regenerasi (*Condensate Polishing Plant : PJB II – Paiton*)

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan NaOH} &= 4 \times 1,3 = 5,2 \text{ ton/tahun} \\ &= 5200 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ NaOH} = 1,42 \text{ kg/liter} \quad \quad \quad (\text{Perry } 7^{\text{ed}}; \text{T.2-90})$$

Maka volume NaOH yang dibutuhkan selama 1 tahun :

$$\text{NaOH} = \frac{5200}{1,42} = 3653,738 \text{ liter} = 3,654 \text{ m}^3$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

sehingga untuk proses regenerasi anion/tahun dibutuhkan NaOH sebanyak
 $3,654 \text{ m}^3$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki NaOH} &= 1,1 \times 3,654 = 4,019 \text{ m}^3 \\ \text{Ditentukan H/D} &= 2 \\ \text{Volume tangki HCl} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times \text{D}^2 \times \text{H} \\ 3,654 &= 1,57 \text{ D}^3 \\ \text{D} &= 0,776 \text{ m} \\ \text{H} &= 1,551 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi anion exchanger :

Fungsi : Mengurangi kesadahan air yang disebabkan oleh garam CO_3^{2-} .
Tipe : Silinder dengan tutup atas dan bawah
Jumlah : 1 buah
Diameter : $5,827 \text{ m}^3$
Tinggi : $6,827 \text{ m}^3$
Bahan konstruksi : Stainless Steel Plate Type 316

11. Bak penampung air umpan boiler

Fungsi : Menampung air bersih untuk keperluan umpan boiler
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik} = 20,346 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 244,156 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : Panjang} &= 2x \\ \text{Lebar} &= 2x \\ \text{Tinggi} &= 3x \end{aligned}$$

$$\text{Volume bak penampung air} : 1,1 \times 244,156 = 268,572 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} : 268,572 &= p \times l \times t \\ 268,572 &= (2x) (2x) (3x) \\ x^3 &= 22,381 \text{ m}^3 \\ x &= 2,818 \text{ m} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Sehingga :
Panjang : $2 \times = 2 \times 2,818 = 5,636 \text{ m}$
Lebar : $2 \times = 2 \times 2,818 = 5,636 \text{ m}$
Tinggi : $3 \times = 3 \times 2,818 = 8,454 \text{ m}$
Volume bak = $5,636 \times 5,636 \times 8,454$
= $268,572$ (memenuhi)

Spesifikasi :

Fungsi : menampung air bersih untuk keperluan umpan boiler
Kapasitas : $268,572 \text{ m}^3$
Bentuk : empat persegi panjang
Ukuran : Panjang : $5,636 \text{ m}$
Lebar : $5,636 \text{ m}$
Tinggi : $8,454 \text{ m}$
Bahan Konstruksi : Beton
Jumlah : 1 buah

12. Bak penampung air proses

Fungsi : Menampung air proses
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik} = 285,322 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 3423,862 \text{ m}^3$$

Asumsi : Panjang = $2 \times$
Lebar = $2 \times$
Tinggi = $3 \times$

$$\text{Volume bak penampung air} : 1,1 \times 3423,862 = 3766,248 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} : 3766,248 &= p \times l \times t \\ 3766,248 &= (2x) (2x) (3x) \\ x^3 &= 313,854 \text{ m}^3 \\ x &= 6,796 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Panjang} : 2 \times = 2 \times 6,796 = 13,592 \text{ m}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Lebar} & : 2x = 2x \quad 6,796 = 13,592 \text{ m} \\ \text{Tinggi} & : 3x = 3x \quad 6,796 = 20,387 \text{ m} \\ \text{Volume bak} & = 13,592 \times 13,592 \times 20,387 \\ & = 3766,248 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	menampung air bersih untuk keperluan umpan boiler
Kapasitas	:	3766,248 m ³
Bentuk	:	persegi panjang terbuka
Ukuran	:	Panjang : 13,592 m Lebar : 13,592 m Tinggi : 20,387 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 buah

13. Bak penampung air pendingin

Fungsi : Menampung air bersih dari cooling tower untuk pendingin.
Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik} = 277,681 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 3332,168 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : Panjang} & = 2x \\ \text{Lebar} & = 2x \\ \text{Tinggi} & = 3x \end{aligned}$$

$$\text{Volume bak penampung air} : 1,1 \times 3332,168 = 3665,384 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} : 3665,384 & = p \times l \times t \\ 3665,384 & = (2x)(2x)(3x) \\ x^3 & = 305,449 \text{ m}^3 \\ x & = 6,735 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} & : 2x = 2x \quad 6,735 = 13,469 \text{ m} \\ \text{Lebar} & : 2x = 2x \quad 6,735 = 13,469 \text{ m} \\ \text{Tinggi} & : 3x = 3x \quad 6,735 = 20,204 \text{ m} \\ \text{Volume bak} & = 13,469 \times 13,469 \times 20,204 \\ & = 3665,384 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Spesifikasi :

Fungsi	:	menampung air pendingin untuk keperluan proses produksi
Kapasitas	:	3665,384 m ³
Bentuk	:	empat persegi panjang
Ukuran	:	Panjang : 13,469 m Lebar : 13,469 m Tinggi : 20,204 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 buah

14. Bak penampung air sanitasi (A-270)

Fungsi	:	Menampung air bersih untuk kebutuhan sanitasi
Bentuk	:	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate volumetrik} = 1,551 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Ditentukan :

$$\text{Waktu tinggal} = 12 \text{ jam}$$

$$\text{Volume air total} = \text{rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} = 18,610 \text{ m}^3$$

Asumsi :	Panjang	=	2 x
	Lebar	=	2 x
	Tinggi	=	3 x

$$\text{Volume bak penampung air} : 1,1 \times 18,610 = 20,471 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} : 20,471 &= p \times l \times t \\ 20,471 &= (2x) (2x) (3x) \\ x^3 &= 1,706 \text{ m}^3 \\ x &= 1,195 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\text{Panjang} : 2x = 2 \times 1,195 = 2,390 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} : 2x = 2 \times 1,195 = 2,390 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} : 3x = 3 \times 1,195 = 3,585 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= 2,390 \times 2,390 \times 3,585 \\ &= 20,471 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$



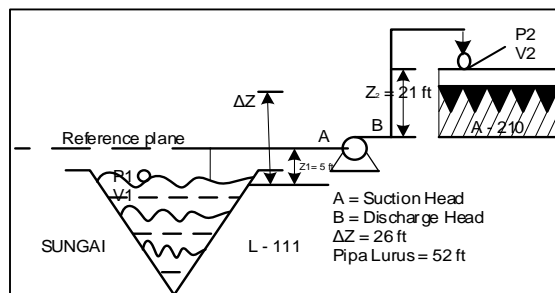
Spesifikasi :

Fungsi	:	menampung air pendingin untuk keperluan proses produksi
Kapasitas	:	20,471 m ³
Bentuk	:	empat persegi panjang
Ukuran	:	Panjang : 2,390 m Lebar : 2,390 m Tinggi : 3,585 m
Bahan Konstruksi	:	Beton
Jumlah	:	1 buah

VII.3.2. Perhitungan Pompa-Pompa

1. Pompa Air Sungai

Fungsi	:	Mengalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai
Tipe	:	Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

ρ air = 62,43 lb/cuft
 Bahan masuk = 371341,763 kg/ jam = 227,447 lb/detik
 Rate volumetrik (qf) = m / ρ
 = 227,447 / 62,4
 = 3,643 cuft/dt

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, Nre > 2100, digunakan persamaan :

Diameter Optimum = 3,9 x qf^{0,45} x ρ^{0,13} (Peters 4 ed, pers.15)

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

Diameter Optimum = 3,9 x 3,643^{0,45} x 62,4^{0,13}



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned}
 &= 11,944 \text{ in} \\
 \text{Dipilih pipa} &= 8 \quad 80 \quad \text{(Brownell \& Young, pg 389)} \\
 \text{OD} &= 8,625 \text{ in} = 0,7188 \text{ ft} \\
 \text{ID} &= 7,625 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft} \\
 \text{A} &= 0,3171 \text{ ft}^2 \\
 \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\
 &= 3,643 / 0,3171 = 11,4892 \text{ ft/dt} \\
 \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\
 &= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1 \\
 \mu \text{ berdasarkan sg bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1}{1} \times 0,00085 \\
 &= 0,00085 \text{ lb/ft dt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,6354 \times 11,4892 \times 62,4}{0,00085} \\
 &= 536195,694 > 2100 \text{ (asumsi benar)}
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$\begin{aligned}
 e &= 0,00005 \\
 e/D &= 0,00002 \quad \text{(Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)} \\
 f &= 0,004
 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned}
 \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 52 \text{ ft} \\
 - 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 32 \times 0,6354 = 61 \text{ ft} \\
 - 3 \text{ gate valve} &= 3 \times 7 \times 0,6354 = 13 \text{ ft} \\
 \text{Panjang total pipa} &= 52 + 61 + 13 \\
 &= 126 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,004 \times 11,4892^2 \times 126}{32,2 \times 0,6354}$$

$$= 6,0319 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$K_c = 0,5500 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1 \quad \text{Aliran turbulen}$$

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,55 \times 11,489^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,127 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,4892^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 2,050 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf/ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lbm/cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,4892^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 2,050 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 52 \text{ ft} \quad Z_1 = 8 \quad Z_2 = 60$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 52 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} + \Sigma F = -W_f$$

$$-W_f = 60,0816 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned}
 hp &= \frac{Wf \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550} \\
 &= \frac{60,0816 \times 3,6432 \times 62,4}{550} = 24,8 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 70% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{hp}{\text{ef.pompa}} = \frac{24,8}{0,70} = 35,5 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters ; hal-521)

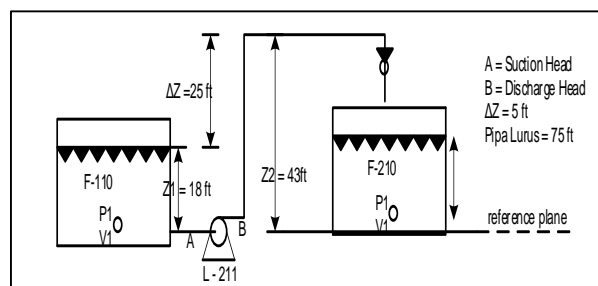
$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{35,494}{0,87} = 40,8 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan bahan dari sungai ke bak penampung air
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan : Commercial Steel
Rate volumetrik : 3,6432 cuft/dt
Total Dynamic Head : 60,0816 ft.lbf/ lbm
Effisiensi motor : 87%
Power : 41 Hp
Jumlah : 1 buah

2. Pompa Tangki Koagulasi

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki - koagulasi
Tipe : Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\
 \text{Bahan masuk} &= 360840,535 \text{ kg/ jam} = 221,015 \text{ lb/detik}
 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik (qf)} &= m / \rho \\ &= 221,015 / 62,4 \\ &= 3,540 \text{ cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4 ed, pers.15})$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 3,540^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 11,790 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 8 sch 80 (Brownell & Young, pg 389)

$$\text{OD} = 8,625 \text{ in} = 0,7188 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 7,625 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = 0,3171 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 3,540 / 0,3171 = 11,1643 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\ &= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ berdasarkan sg bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,00085 \\ &= 0,00085 \text{ lb/ft dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,6354 \times 11,1643 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 521032,538 > 2100 \text{ (asumsi benar)} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$e = 0,00005$$

$$e/D = 0,00002 \quad (\text{Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$

$$f = 0,004$$

Digunakan persamaan Bernouilly :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - Wf$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned} \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 75 \text{ ft} \\ - \quad 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 35 \times 0,6354 = 67 \text{ ft} \\ - \quad 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 7 \times 0,6354 = 4 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= 75 + 67 + 4 \\ &= 146 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-6}) \\ &= \frac{2 \times 0,004 \times 11,1643^2 \times 146}{32,2 \times 0,6354} \\ &= 6,5891 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned} K_c &= 0,5500 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16}) \\ \alpha &= 1 \quad \text{Aliran turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,55 \times 11,164^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,064 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,1643^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,935 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2 \\ P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2 \\ \Delta P &= P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf / ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf / ft}^2}{\text{lbm / cu.}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \\ \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} &= \frac{11,1643^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,935 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned} \Delta Z &= Z_2 - Z_1 = 25 \text{ ft} \quad Z_1 = 18 \quad Z_2 = 43 \\ \Delta Z \frac{g}{gc} &= 25 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$



Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 33,5246 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\text{hp} = \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550}$$

$$= \frac{33,5246 \times 3,5402 \times 62,4}{550} = 13,5 \text{ HP}$$

Effisiensi pompa = 68% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{13,5}{0,68} = 19,8 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{19,811}{0,80} = 24,8 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : Commercial Steel

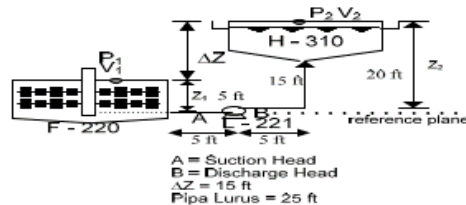
Rate volumetri' 2,5402 cuft/dt

Total Dynamic Head 20 ft

Effisiensi motc 68%

Power 19,8 Hp

Jumlah 1



3. Pompa Tan

Fungsi : Mengalirkan air dari tangki koagulasi ke tangki clarifier

Tipe : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \quad \text{lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 368093,430 \quad \text{kg/ jam} = 225,457 \quad \text{lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \mathbf{m / \rho} \\ &= 225,457 / 62,4 \\ &= 3,611 \quad \text{cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{(Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 3,611^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 11,896 \quad \text{in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa = 8 80 (Brownell & Young, pg 389)

$$\text{OD} = 8,625 \quad \text{in} = 0,7188 \quad \text{ft}$$

$$\text{ID} = 7,625 \quad \text{in} = 0,6354 \quad \text{ft}$$

$$A = 0,3171 \quad \text{ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 3,611 / 0,3171 = 11,3887 \quad \text{ft/dt} \end{aligned}$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference}$$

$$= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1$$

$$\mu \text{ berdasarkan sg bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1}{1} \times 0,00085$$

$$= 0,00085 \quad \text{lb/ft dt}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,6354 \times 11,3887 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 531505,292 > 2100 \quad (\text{asumsi benar}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$e = 0,00005$$

$$e/D = 0,00002 \quad \text{(Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)}$$

$$f = 0,004$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

Taksiran panjang pipa lurus	=	25	ft
- 3 elbow 90°	=	3 x 35 x 0,6354	= 67 ft
- 1 gate valve	=	1 x 7 x 0,6354	= 4 ft

$$\begin{aligned} \text{Panjang total pipa} &= 25 + 67 + 4 \\ &= 96 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-6)} \\ &= \frac{2 \times 0,004 \times 11,3887^2 \times 96}{32,2 \times 0,6354} \\ &= 4,5112 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned} K_c &= 0,5500 && A \text{ tangki} > A \text{ pipa} && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-16)} \\ \alpha &= 1 && \text{Aliran turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,55 \times 11,389^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,108 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned} F_3 &= \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,3887^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 2,014 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2 \\ P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2 \\ \Delta P &= P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf / ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf / ft}^2}{\text{lbm / cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,3887^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 2,014 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 15 \text{ ft} \quad Z_1 = 5 Z_2 = 20$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 15 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 21,5252 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550} \\ &= \frac{21,5252 \times 3,6114 \times 62,4}{550} = 8,8 \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 68% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{8,8}{0,68} = 13,0 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{12,976}{0,87} = 14,9 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

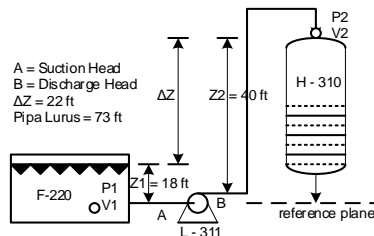
Fungsi	: Mengalirkan air dari tangki floakulasi ke clarifier
Tipe	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate volumetrik	: 3,6114 cuft/dt
Total Dynamic Head	: 21,5252 ft.lbf/ lbm
Effisiensi motor	: 87%
Power	: 15 Hp
Jumlah	: 1 buah

4. Pompa Sand Filter

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung air ke sand filter
Tipe	: Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	: Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 349688,758 \text{ kg/jam} = 214,184 \text{ lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{214,184}{62,4} \\ &= 3,431 \text{ cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \text{ (Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 3,431^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 11,625 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa = 8 sch 80 (Brownell & Young, pg 389)

$$\text{OD} = 8,625 \text{ in} = 0,7188 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 7,625 \text{ in} = 0,6354 \text{ ft}$$

$$A = 0,3171 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= \frac{3,431}{0,3171} = 10,8193 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference}$$

$$= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1$$

$$\mu \text{ berdasarkan sg bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1}{1} \times 0,00085$$

$$= 0,00085 \text{ lb/ft dt}$$

$$N_{Re} = \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,6354 \times 10,8193 \times 62,4}{0,00085}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$= 504930,027 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$\begin{aligned} e &= 0,00005 \\ e/D &= 0,00002 && \text{(Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)} \\ f &= 0,004 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned} \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 73 \text{ ft} \\ - 3 \text{ elbow } 90^\circ &= 3 \times 35 \times 0,6354 = 67 \text{ ft} \\ - 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 7 \times 0,6354 = 4 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= 73 + 67 + 4 \\ &= 144 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-6)} \\ &= \frac{2 \times 0,004 \times 10,8193^2 \times 144}{32,2 \times 0,6354} \\ &= 6,1035 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned} K_c &= 0,5500 && \text{A tangki} > \text{A pipa} && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-16)} \\ \alpha &= 1 && \text{Aliran turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\ &= \frac{0,55 \times 10,819^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,000 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{10,8193^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,818 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf / ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf / ft}^2}{\text{lbm / cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{10,8193^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,818 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 22 \text{ ft} \quad Z_1 = 18 \quad Z_2 = 40$$

$$\Delta Z \frac{g}{g_c} = 22 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times g_c} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 29,9211 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\text{hp} = \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550}$$

$$= \frac{29,9211 \times 3,4308 \times 62,4}{550} = 11,7 \text{ HP}$$

Effisiensi pompa = 68% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{11,7}{0,68} = 17,1 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{17,135}{0,87} = 19,7 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air ke sand filter

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : Commercial Steel

Rate volumetrik : 3,4308 cuft/dt

Total Dynamic Head : 29,9211 ft.lbf/ lbm

Effisiensi motor : 87%

Power : 20 Hp



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

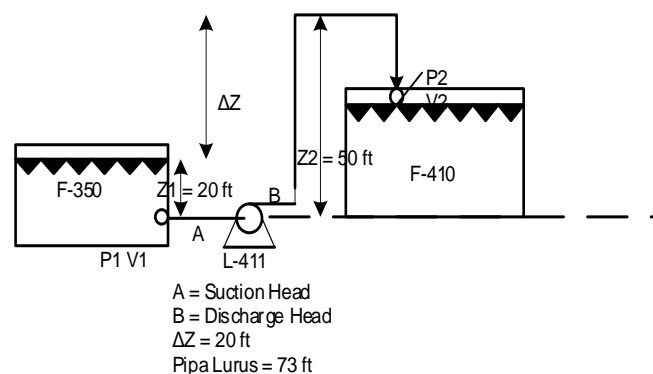
Jumlah : 1 buah

5. Pompa ke Penampung Air Sanitasi

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air ke bak air sanitasi

Tipe : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 1543,535 \text{ kg/ jam} = 0,945 \text{ lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{0,945}{62,4} \\ &= 0,015 \text{ cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \text{ (Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 0,015^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 1,013 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa = 1 1/2 sch 40 (Brownell & Young, pg 389)

$$\text{OD} = 1,900 \text{ in} = 0,1583 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 0,800 \text{ in} = 0,0667 \text{ ft}$$

$$A = 0,0141 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 0,015 / 0,0141 = 1,0710 \text{ ft/dt} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\ &= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ berdasarkan sg bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,00085 \\ &= 0,00085 \quad \text{lb/ft dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,0667 \times 1,0710 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 5244,004 > 2100 \text{ (asumsi benar)} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$\begin{aligned} e &= 0,00005 \\ e/D &= 0,00002 && \text{(Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)} \\ f &= 0,004 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernouilly :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned} \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 73 \text{ ft} \\ - 4 \text{ elbow } 90^\circ &= 4 \times 32 \times 0,0667 = 9 \text{ ft} \\ - 2 \text{ gate valve} &= 2 \times 7 \times 0,0667 = 0,93 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= 73 + 9 + 0,93 \\ &= 82,47 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-6)}$$

$$= \frac{2 \times 0,004 \times 1,0710^2 \times 82}{32,2 \times 0,0667}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$= 0,3261 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned} K_c &= 0,5500 && \text{A tangki} > \text{A pipa} && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-16)} \\ \alpha &= 1 && \text{Aliran turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times a \times gc} \\ &= \frac{0,55 \times 1,071^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,010 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}} \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,0710^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,018 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}} \\ P_1 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2 \\ P_2 &= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2 \\ \Delta P = P_2 - P_1 &= 0 \text{ lbf / ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf / ft}^2}{\text{lbf / cuft}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}} \end{aligned}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,0710^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,018 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned} \Delta Z &= Z_2 - Z_1 = 30 \text{ ft} && Z_1 = 20 && Z_2 = 50 \\ \Delta Z \frac{g}{gc} &= 30 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}} \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 30,3439 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550} \\ &= \frac{30,3439 \times 0,0151 \times 62,4}{550} = 0,1 \text{ HP} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

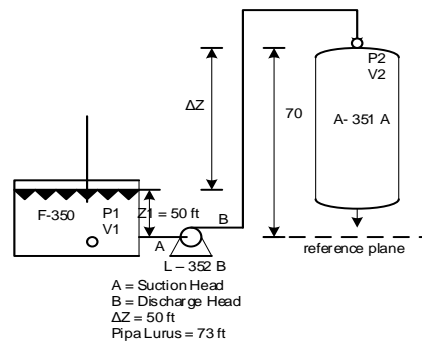
$$\begin{aligned} \text{Effisiensi pompa} &= 5\% && \text{(Peters ; hal-520)} \\ \text{Bhp} &= \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{0,1}{0,05} = 1,0 \text{ Hp} \\ \text{Effisiensi motor} &= 80\% && \text{(Peters ; hal-521)} \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{1,043}{0,80} = 1,3 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air ke bak air sanitasi
Tipe : Centrifugal Pump
Bahan : Commercial Steel
Rate volumetrik : 0,0151 cuft/dt
Total Dynamic Head : 30,3439 ft.lbf/ lbm
Effisiensi motor : 80%
Power : 1 Hp
Jumlah : 1 buah

6. Pompa Kation Exchanger

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung ke kation exchanger
Tipe : Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 486014,337 \text{ kg/ jam} = 297,684 \text{ lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \frac{\text{m}}{\rho} \\ &= \frac{297,684}{62,4} \\ &= 4,768 \text{ cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{(Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : $qf =$ fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

$\rho =$ fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 4,768^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 13,481 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa = 8 sch 80 (Brownell & Young, pg 389)

OD = 8,625 in = 0,7188 ft

ID = 7,625 in = 0,6354 ft

A = 0,3170 ft²

Kecepatan linier = qf/A
= 4,768 / 0,3170 = 15,0419 ft/dt

sg bahan = $\frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference}$
= $\frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1$

μ berdasarkan sg bahan = $\frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$
= $\frac{1}{1} \times 0,00085$
= 0,00085 lb/ft dt

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,6354 \times 15,0419 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 701997,537 > 2100 \text{ (asumsi benar)} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

e = 0,00005

e/D = 0,00002 (Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)

f = 0,004

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

Taksiran panjang pipa lurus = 73 ft

- 4 elbow 90° = 4 x 32 x 0,6354 = 81 ft



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned}
 - \quad 2 \text{ gate valve} &= 2 \times 7 \times 0,6354 = 8,90 \text{ ft} \\
 \text{Panjang total pipa} &= 73 + 81 + 8,90 \\
 &= 163,23 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-6})$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \times 0,004 \times 15,0419^2 \times 163}{32,2 \times 0,6354} \\
 &= 13,3573 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 K_c &= 0,5500 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16}) \\
 \alpha &= 1 \quad \text{Aliran turbulen}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc} \\
 &= \frac{0,55 \times 15,042^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,932 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{15,0419^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 3,513 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf/ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lbm/cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{15,0419^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 3,513 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 20 \text{ ft} \quad Z_1 = 50 \quad Z_2 = 70$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 20 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Persamaan Bernoulli :
$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -W_f$$

$$-W_f = 36,8707 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{-W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550} \\ &= \frac{36,8707 \times 4,7683 \times 62,4}{550} = 20,0 \text{ HP} \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 80% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{20,0}{0,80} = 24,9 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{24,945}{0,87} = 28,7 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi	: Mengalirkan air dari bak penampung ke kation exchanger
Tipe	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate volumetrik	: 4,7683 cuft/dt
Total Dynamic Head	: 36,8707 ft.lbf/ lbm
Effisiensi motor	: 87%
Power	: 29 Hp
Jumlah	: 1 buah

7. Pompa Anion Exchanger

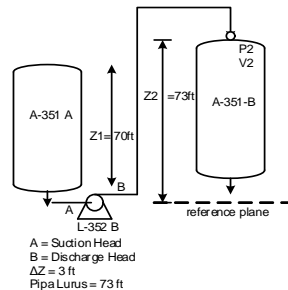
Fungsi : Mengalirkan air dari kation exchanger ke anion exchanger.

Tipe : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor



Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \quad \text{lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 486014,337 \quad \text{kg/ jam} = 297,684 \quad \text{lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \mathbf{m / \rho} \\ &= 297,684 \quad / \quad 62,4 \\ &= 4,768 \quad \text{cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad \text{(Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 4,768^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 13,481 \quad \text{in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 8 sch 80 (Brownell & Young, pg 389)

$$\text{OD} = 8,625 \quad \text{in} = 0,7188 \quad \text{ft}$$

$$\text{ID} = 7,625 \quad \text{in} = 0,6354 \quad \text{ft}$$

$$A = 0,3170 \quad \text{ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 4,768 \quad / \quad 0,3170 = 15,0419 \quad \text{ft/dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\ &= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ berdasarkan sg bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,00085 \\ &= 0,00085 \quad \text{lb/ft dt} \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$N_{Re} = \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,6354 \times 15,0419 \times 62,4}{0,00085} = 701997,537 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$\begin{aligned} e &= 0,00005 \\ e/D &= 0,00002 && \text{(Geankoplis 3ed, Fig. 2.10-3, hal 88)} \\ f &= 0,004 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

Taksiran panjang pipa lurus	=	73	ft
- 2 elbow 90°	=	2 x 32 x 0,6354	= 41 ft
- 1 gate valve	=	1 x 7 x 0,6354	= 4,45 ft
Panjang total pipa	=	73 + 41 + 4,45	
	=	118,11	ft

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-6)}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times 0,004 \times 15,0419^2 \times 118}{32,2 \times 0,6354} \\ &= 9,6655 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$K_c = 0,5500 \quad \text{A tangki} > \text{A pipa} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-16)}$$

$$\alpha = 1 \quad \text{Aliran turbulen}$$

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times a \times gc}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$= \frac{0,55 \times 15,042^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,932 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_v = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{15,0419^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 3,513 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf/ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lbf/cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{15,0419^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 3,513 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 3 \text{ ft} \quad Z_1 = 70 \quad Z_2 = 73$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 3 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha gc} + \Sigma F = -Wf$$

$$-Wf = 16,1789 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\text{hp} = \frac{-Wf \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550}$$

$$= \frac{16,1789 \times 4,7683 \times 62,4}{550} = 8,8 \text{ HP}$$

Effisiensi pompa = 80% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{8,8}{0,80} = 10,9 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 80% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{10,946}{0,80} = 13,7 \text{ Hp}$$

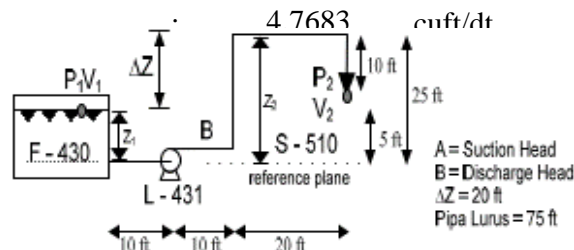
Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan air dari dari kation exchanger ke anio exchanger.



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Tipe : Centrifugal Pump
 Bahan : Commercial Steel
 Rate volumetrik
 Total Dynamic F
 Effisiensi motor
 Power
 Jumlah



8. Pompa Umpa

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air lunak ke boiler
 Tipe : Centrifugal Pump
 Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 16966,111 \text{ kg/jam} = 10,392 \text{ lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \mathbf{m / \rho} \\ &= 10,392 / 62,4 \\ &= 0,166 \text{ cuft/dt} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad (\text{Peters 4 ed, pers.15})$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned} \text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 0,166^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 2,979 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 1/2 sch 40 (Brownell & Young, pg 389)

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

$$\text{ID} = 1,900 \text{ in} = 0,1583 \text{ ft}$$

$$A = 0,0141 \text{ ft}^2$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 0,166 / 0,0141 = 11,8053 \text{ ft/dt} \\ \text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\ &= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ berdasarkan sg bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,00085 \\ &= 0,00085 \text{ lb/ft dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,1583 \times 11,8053 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 137284,882 > 2100 \text{ (asumsi benar)} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$\begin{aligned} e &= 0,00005 \\ e/D &= 0,00002 && \text{(Geankoplis 3ed, Fig. 2.10-3, hal 88)} \\ f &= 0,004 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned} \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 75 \text{ ft} \\ - 2 \text{ elbow } 90^\circ &= 2 \times 32 \times 0,1583 = 10 \text{ ft} \\ - 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 7 \times 0,1583 = 1,11 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= 75 + 10 + 1,11 \\ &= 86,24 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-6)}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$= \frac{2 \times 0,004 \times 11,8053^2 \times 86}{32,2 \times 0,1583}$$

$$= 17,4451 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$K_c = 0,5500 \quad \text{A tangki} > \text{A pipa} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1 \quad \text{Aliran turbulen}$$

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times a \times gc}$$

$$= \frac{0,55 \times 11,805^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 1,190 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_1 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,8053^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 2,164 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf/ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lbm/cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{11,8053^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 2,164 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 20 \text{ ft} \quad Z_1 = 5 \text{ ft} \quad Z_2 = 25$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 20 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 39,6091 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$hp = \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550}$$

$$= \frac{39,6091 \times 0,1665 \times 62,4}{550} = 0,7 \text{ HP}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Effisiensi pompa = 25% (Peters ; hal-520)

Bhp = $\frac{hp}{\text{ef.pompa}} = \frac{0,7}{0,25} = 3,0 \text{ Hp}$

Effisiensi motor = 80% (Peters ; hal-521)

Power motor = $\frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{2,994}{0,80} = 3,7 \text{ Hp}$

Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung air lunak ke boiler

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : ...

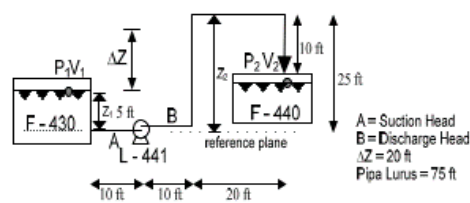
Rate volum : ... cuft/dt

Total Dynami : ... of/ lbm

Effisiensi m : ...

Power : ...

Jumlah : ...



9. Pompa Bak Penampung Air Proses

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air proses.

Tipe : Centrifugal Pump

Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

ρ air = 62,43 lb/cuft

Bahan masuk = 283979,075 kg/ jam = 173,937 lb/detik

Rate volumetrik (qf) = $\frac{m}{\rho}$

= $\frac{173,937}{62,4}$

= 2,786 cuft/dt

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

Diameter Optimum = $3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13}$ (Peters 4 ed, pers.15)

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\rho = \text{fluid density} \quad ; \quad \text{lb/cuft}$$

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times 2,786^{0,45} \times 62,4^{0,13}$$

$$= 10,586 \text{ in}$$

Dipilih pipa 12 sch 40 **(Brownell & Young, pg 389)**

$$\text{OD} = 12,750 \text{ in} = 1,0625 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 11,938 \text{ in} = 0,9948 \text{ ft}$$

$$A = 3,1300 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linier} = qf/A$$

$$= 2,786 / 3,1300 = 0,8901 \text{ ft/dt}$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference}$$

$$= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1$$

$$\mu \text{ berdasarkan sg bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1}{1} \times 0,00085$$

$$= 0,00085 \text{ lb/ft dt}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,9948 \times 0,8901 \times 62,4}{0,00085}$$

$$= 65039,845 > 2100 \text{ (asumsi benar)}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$e = 0,00005$$

$$e/D = 0,00002 \quad \text{(Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)}$$

$$f = 0,004$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned} \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 75 \text{ ft} \\ - 2 \text{ elbow } 90^\circ &= 2 \times 32 \times 0,9948 = 64 \text{ ft} \\ - 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 7 \times 0,9948 = 6,96 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= 75 + 64 + 6,96 \end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$= 145,63 \text{ ft}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,004 \times 0,8901^2 \times 146}{32,2 \times 0,9948}$$

$$= 0,0267 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$K_c = 0,5500 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1 \quad \text{Aliran turbulen}$$

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,55 \times 0,89^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,007 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0,8901^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,012 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf/ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lbf/cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0,8901^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,012 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 20 \text{ ft} \quad Z_1 = 5 \text{ ft} \quad Z_2 = 25$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 20 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} + \Sigma F = - W_f$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$- W_f = 20,0390 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\text{hp} = \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550}$$

$$= \frac{20,0390 \times 2,7861 \times 62,4}{550} = 6,3 \text{ HP}$$

Effisiensi pompa = 80% (Peters ; hal-520)

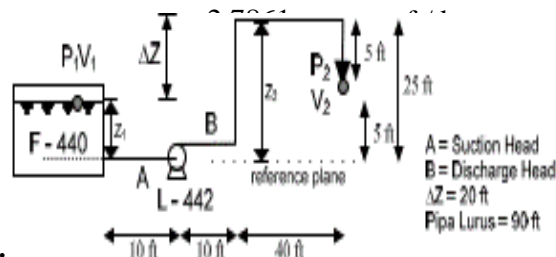
$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{6,3}{0,80} = 7,9 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{7,922}{0,86} = 9,2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

- Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air proses
- Tipe : Centrifugal Pump
- Bahan : Commercial Steel
- Rate volumetrik
- Total Dynamic Head
- Effisiensi motor
- Power
- Jumlah



10. Pompa Air Pendi

- Fungsi : Mengalirkan air dari dari bak penampung ke proses pabrik
- Tipe : Centrifugal Pump
- Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 283979,075 \text{ kg/ jam} = 173,937 \text{ lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{173,937}{62,4} \\ &= 2,786 \text{ cuft/dt}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \text{ (Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}\text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 2,786^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 10,586 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 12 sch 40 (Brownell & Young, pg 389)

$$\text{OD} = 12,750 \text{ in} = 1,0625 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 11,938 \text{ in} = 0,9948 \text{ ft}$$

$$A = 3,1300 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 2,786 / 3,1300 = 0,8901 \text{ ft/dt}\end{aligned}$$

$$\text{sg bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference}$$

$$= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1$$

$$\mu \text{ berdasarkan sg bahan} = \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference}$$

$$= \frac{1}{1} \times 0,00085$$

$$= 0,00085 \text{ lb/ft dt}$$

$$\begin{aligned}N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,9948 \times 0,8901 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 65039,845 > 2100 \text{ (asumsi benar)}\end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$e = 0,00005$$

$$e/D = 0,00002 \text{ (Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)}$$

$$f = 0,004$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

Taksiran panjang pipa lurus	=	88	ft
- 2 elbow 90°	=	2 x 32 x 0,9948	= 64 ft
- 1 gate valve	=	1 x 7 x 0,9948	= 6,96 ft
Panjang total pipa	=	88 + 64 + 6,96	
	=	158,63	ft

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,004 \times 0,8901^2 \times 159}{32,2 \times 0,9948}$$

$$= 0,0290 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$K_c = 0,5500 \quad A_{\text{tangki}} > A_{\text{pipa}} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1 \quad \text{Aliran turbulen}$$

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times a \times gc}$$

$$= \frac{0,55 \times 0,89^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,007 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_3 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0,8901^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,012 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf / ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \text{ lbf / ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf / ft}^2}{\text{lbm / cuft}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{0,8901^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 0,012 \quad \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 20 \text{ ft} \quad Z_1 = 5 Z_2 = 25$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 20 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 20,0413 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\begin{aligned} \text{hp} &= \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550} \\ &= \frac{20,0413 \times 2,7861 \times 62,4}{550} = 6,3 \text{ HP} \end{aligned}$$

Effisiensi pompa = 80% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{6,3}{0,80} = 7,9 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters ; hal-521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{7,923}{0,86} = 9,2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak penampung ke proses pabrik

Tipe : Centrifugal Pump

Bahan : Commercial Steel

Rate volumetrik

Total Dynamic Head

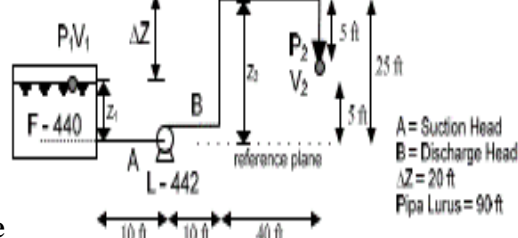
Effisiensi motor

Power

Jumlah

11. Pompa Air Prose

Fungsi



: bak air pendingin



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

Tipe : Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft} \\ \text{Bahan masuk} &= 37044,843 \text{ kg/ jam} = 22,690 \text{ lb/detik} \\ \text{Rate volumetrik (qf)} &= \frac{m}{\rho} \\ &= \frac{22,690}{62,4} \\ &= 0,363 \text{ cuft/dt}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

Di optimum untuk aliran turbulen, $N_{re} > 2100$, digunakan persamaan :

$$\text{Diameter Optimum} = 3,9 \times qf^{0,45} \times \rho^{0,13} \text{ (Peters 4 ed, pers.15)}$$

dengan : qf = fluid flow rate ; cuft/dt (cfs)

ρ = fluid density ; lb/cuft

$$\begin{aligned}\text{Diameter Optimum} &= 3,9 \times 0,363^{0,45} \times 62,4^{0,13} \\ &= 4,233 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 1/2 sch 40 (Brownell & Young, pg 389)

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

$$\text{ID} = 1,900 \text{ in} = 0,1583 \text{ ft}$$

$$A = 0,0141 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan linier} &= qf/A \\ &= 0,363 / 0,0141 = 25,7763 \text{ ft/dt}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{sg bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \times \text{sg reference} \\ &= \frac{62,430}{62,430} \times 1 = 1\end{aligned}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \mu \text{ berdasarkan sg bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1}{1} \times 0,00085 \\ &= 0,00085 \quad \text{lb/ft dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{D V \rho}{\mu} = \frac{0,1583 \times 25,7763 \times 62,4}{0,00085} \\ &= 299756,193 > 2100 \text{ (asumsi benar)} \end{aligned}$$

Dipilih pipa Commercial steel dengan :

$$\begin{aligned} e &= 0,00005 \\ e/D &= 0,00002 && \text{(Geankoplis 3ed. Fig. 2.10-3, hal 88)} \\ f &= 0,004 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2\alpha \times gc} + \Sigma F = -Wf$$

Perhitungan friksi berdasarkan Geankoplis 3ed, Tabel 2.10-1, hal 93

$$\begin{aligned} \text{Taksiran panjang pipa lurus} &= 88 \text{ ft} \\ - \quad 2 \text{ elbow } 90^\circ &= 2 \times 32 \times 0,1583 = 10 \text{ ft} \\ - \quad 1 \text{ gate valve} &= 1 \times 7 \times 0,1583 = 1,11 \text{ ft} \\ \text{Panjang total pipa} &= 88 + 10 + 1,11 \\ &= 99,24 \text{ ft} \end{aligned}$$

Friksi yang terjadi :

Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{gc \times D} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-6)}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \times 0,004 \times 25,7763^2 \times 99}{32,2 \times 0,1583} \\ &= 95,7063 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$K_c = 0,5500 \quad A \text{ tangki} > A \text{ pipa} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1 \quad \text{Aliran turbulen}$$

$$F_2 = \frac{K_c \times V^2}{2 \times \alpha \times gc}$$

$$= \frac{0,55 \times 25,78^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 5,674 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Friksi karena enlargement (ekspansi) dari pipa ke tangki

$$F_1 = \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{25,7763^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 10,317 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \times 144 = 2117 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0 \quad \text{lbf/ft}^2; \frac{\Delta P}{\rho} = 0 \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lbf/cu}} = 0 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{25,7763^2}{2 \times 1 \times 32,2} = 10,317 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Asumsi :

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 = 20 \text{ ft} \quad Z_1 = 5 \quad Z_2 = 25$$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = 20 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \times gc} + \Sigma F = - W_f$$

$$- W_f = 126,0233 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{lbf}}$$

$$\text{hp} = \frac{- W_f \times \text{flow rate (cuft/dt)} \times \rho}{550}$$

$$= \frac{126,0233 \times 0,3634 \times 62,4}{550} = 5,2 \text{ HP}$$

Effisiensi pompa = 80% (Peters ; hal-520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{hp}}{\text{ef.pompa}} = \frac{5,2}{0,80} = 6,5 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters ; hal-521)



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\text{ef. motor}} = \frac{6,499}{0,86} = 7,6 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Fungsi	:	Mengalirkan air pendingin ke proses pabrik
Tipe	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate volumetrik	:	0,3634 cuft/dt
Total Dynamic Head	:	126,0233 ft.lbf/ lbm
Effisiensi motor	:	86%
Power	:	8 Hp
Jumlah	:	1 buah

VII. 4. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang dibutuhkan Pabrik ini dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Generator set (Genset) dan distribusi pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah sebagai berikut :

1. Untuk keperluan proses.
2. Untuk keperluan penerangan.

Untuk keperluan proses disediakan dari generator set, sedangkan untuk penerangan dari PLN. Bila terjadi kerusakan pada generator set, kebutuhan listrik bisa diperoleh dari PLN. Demikian juga bila terjadi gangguan dari PLN, kebutuhan listrik untuk penerangan bisa diperoleh dari generator set.

Perincian kebutuhan listrik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel VII. 4. 1. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses dan Utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	Power (hp)
	Peralatan Proses		
1	Bucket Elevator	J - 111	3
2	Screw Conveyor	J - 113	2
3	Tangki Pelarutan	M - 120	19
4	Pompa 1	L - 121	2
5	Pompa 2	L - 131	78
6	Compressor Hydrogen	G - 141	1
7	Pompa 3	L - 211	1



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

8	Bleaching Tank	M - 220	19
9	Pompa 4	L - 222	2
10	Pompa 5	L - 241	1
11	Pompa 6	L - 314	3
TOTAL			131

No	Nama Alat	Kode Alat	Power (hp)
	Utilitas		
1	Cooling Tower	C - 450	18
2	Tangki Koagulasi	F - 210	7
3	Tangki Flokulasi	F - 220	1
4	Pompa Air Sungai	L - 111	41
5	Pompa ke Tangki Koagulasi	L - 211	25
6	Pompa ke Clarifier	L - 311	15
7	Pompa ke Sand Filter	L - 342	20
8	Pompa ke Bak Penampung Air Sanitasi	L - 411	1
9	Pompa ke Kation Exchanger	L - 352A	29
10	Pompa ke Anion Exchanger	L - 352B	14
11	Pompa Umpan Boiler	L - 431	4
12	Pompa ke Bak Penampung Air Proses	L - 432	9
13	Pompa ke Bak Penampung Air Pendingin	L - 351	8
14	Pompa Air Pendingin	L - 421	9
TOTAL			200

$$\begin{aligned} 1 \text{ hp} &= 745,6 \text{ W} = 0,7456 \text{ kW} \\ \text{Kebutuhan Listrik} &= 131,225 + 199,8 \\ &= 331,062326 \text{ hp} \\ &= 246,84007 \text{ kW} \\ &= 246,84007 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap lokasi. Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen/m²,

$$\begin{aligned} \text{dimana } 1 \text{ foot candle} &= 10076 \text{ lumen/m}^2 \\ 1 \text{ lumen} &= 0,0015 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel VII. 4. 2 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

No	Lokasi	Luas (m ²)	Foot Candle	Lumen / m ²
1	Jalan	2350	235	2367860
2	Pos Keamanan	100	10	100760
3	Parkir	1200	120	1209120
4	Taman	800	80	806080
5	Timbangan Truk	100	10	100760
6	Pemadam Kebakaran	200	20	201520
7	Bengkel	230	23	231748
8	Kantor	1200	120	1209120
9	Perpustakaan	500	50	503800
10	Kantin	250	25	251900
11	Poliklinik	100	10	100760
12	Mushola	900	90	906840
13	Ruang Proses	5000	360	3627360
14	Ruang Kontrol	150	15	151140
15	Laboratorium	625	63	634788
16	Unit Pengolahan Air	900	90	906840
17	Unit Pembangkit Listrik	500	50	503800
18	Unit Boiler	500	50	503800
19	Gudang Produk	625	63	634788
20	Gudang Bahan Baku	625	63	634788
21	Gudang	625	63	634788
22	Utilitas	400	40	403040
23	Daerah Perluasan	2500	250	2519000
TOTAL		20380	1900	19144400

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, gudang, jalan dan taman digunakan merkury = 250 watt

Lampu merkury 250 watt mempunyai lumen output = 166667 lumen
(Perry 7ed, Conversion Table)

Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan :

No	Lokasi	Lumen / m ²
1	Ruang Proses	3627360
2	Daerah Perluasan	2519000
3	Utilitas	403040



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

4	Gudang Bahan Baku	634788
5	Gudang Produk	634788
6	Parkir	1209120
7	Bengkel	231748
8	Gudang	634788
9	Jalan Aspal	2367860
10	Taman	806080
TOTAL		13068572

$$\text{Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan} = \frac{13068572}{166666,667} = 78,411432$$

$$= 79 \text{ buah}$$

$$\text{Untuk penerangan lain digunakan lampu TL} \quad 40 \text{ watt}$$

$$\text{Untuk lampu TL 40 watt, lumen output} = 26666,67 \text{ lumen}$$

$$\text{Jumlah lampu TL yang dibutuhkan} = \frac{1,9\text{E}+07 - 1\text{E}+07}{26666,7}$$

$$= 227,844$$

$$= 228 \text{ buah}$$

Total kebutuhan listrik untuk penerangan :

$$= 79 \times 250 + 228 \times 40$$

$$= 28870 \text{ watt} = 29 \text{ kWh}$$

$$\text{Kebutuhan listrik untuk AC kantor} = 20 \text{ kWh}$$

$$\text{Supply PLN hanya untuk penerangan dan AC} = 29 + 20$$

$$= 49 \text{ kWh}$$

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20 % dari total

$$\text{kebutuhan. Sehingga kebutuhan listrik} = 1,2 \times 49$$

$$= 59 \text{ kWh}$$

VII. 4. 1 Generator Set

Direncanakan digunakan generator portable set (penempatanya mudah)

$$\text{Effisiensi generator set} \quad 80\%$$

Supply listrik untuk keperluan proses dan utilitas diperoleh dari generator set

$$\text{Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas} = 247 \text{ kWh}$$

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20 % dari total

$$\text{kebutuhan. Sehingga kebutuhan listrik} = 1,2 \times 247$$

$$= 296 \text{ kWh}$$



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas generator set total} &= \frac{296}{80\%} = 370 \text{ kWh} \\ 1 \text{ kW} &= 56,87 \text{ BTU/menit} \\ \text{Tenaga generator} &= 370 \times 56,87 \\ &= 21056,6922 \text{ BTU/menit} \\ \text{Heating Value minyak bakar} &= 19065,6944 \text{ BTU/lb} \end{aligned}$$

(Perry ed.6, 1984, Hal. 1629)

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam} &= \frac{21056,7 \text{ BTU/menit}}{19065,7 \text{ BTU/lb}} \\ &= 1,10443 \text{ lb/menit} \\ &= 30,0579 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan daya listrik yang sesuai.

$$\begin{aligned} \text{Dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar} &= 30,0579 \text{ kg/jam} \\ \text{Berat jenis bahan bakar} &= 0,86 \text{ kg/L} \\ \text{Maka kebutuhan bahan bakar} &= \frac{30,05792}{0,86} = 34,9511 \text{ L/jam} \\ &= 839 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi :

Fungsi	=	Pembangkit tenaga listrik
Kapasitas	=	370 kWh
Power Factor	=	80%
Frekuensi	=	50 Hz
Bahan Bakar	=	Minyak Diesel
Jumlah Bahan Bakar	=	34,951 L/jam = 839 L/hari
Jumlah	=	2 buah (1 cadangan)

VII. 5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

VII. 5. 1. Tangki Penyimpanan Bahan Bakar

Fungsi	=	Menyimpan bahan bakar minyak diesel
Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam	=	66,2657 lb/jam
Kebutuhan bahan bakar untuk boiler per jam	=	1553,05 lb/jam
Total minyak diesel	=	1619,32 lb/jam



Tugas Akhir
Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Dekstrosa dengan Proses
Hidrogenasi Katalitik Menggunakan Trickle Bed Reaktor

$$\begin{aligned} \text{Densitas minyak diesel} &= 54 \text{ lb/cuft} \\ \text{Kapasitas} &= \frac{1619,3171}{54} = 30 \text{ cuft/jam} \\ 1 \text{ cuft} &= 28,32 \text{ liter} \\ \text{Kapasitas per jam} &= 849,24184 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 1 bulan :

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan} &= 29,987 \text{ cuft/jam} \times 7,48 \times 720 \text{ jam} \\ &= 161499,89 \text{ gallon} \\ 1 \text{ gallon} &= 0,0238 \text{ Barrell} \\ \text{Volume bahan} &= 161499,89 \times 0,0238 \\ &= 3843,69738 \text{ Barrell} \end{aligned}$$

Dari Brownell tabel 3-3 halaman 43, diambil kapasitas tangki = 1500 barrel dengan jenis Vessel berdasarkan API Standard 12D (100,101).

Asumsi:

$$\begin{aligned} \text{Tangki berupa silinder :} & \quad H = 2D \\ \text{Volume tangki} &= 80\% \text{ volume bahan bakar} \\ \text{Maka,} & \\ \text{Volume tangki} &= \frac{21590,8944}{80\%} = 26988,62 \text{ cuft} \\ \text{Volume tangki} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2 D^3 \\ 26988,61794 &= 1,57 D^3 \\ D^3 &= 17190,2025 \\ D &= 25,8083554 \text{ ft} = 7,87 \text{ meter} \\ H &= 51,6167108 \text{ ft} = 15,7 \text{ meter} \end{aligned}$$

Asumsi tutup atas dan bawah flat head

Spesifikasi :

$$\begin{aligned} \text{Nama alat} &= \text{Tangki penyimpanan bahan bakar} \\ \text{Tipe} &= \text{Standard vessel API Standard 12-D (100,101)} \\ \text{Kapasitas nimal} &= 3843,69738 \text{ barrell} \\ \text{Diameter} &= 25,8084 \text{ ft} = 7,87 \text{ meter} \\ \text{Tinggi} &= 51,6167 \text{ ft} = 15,7 \text{ meter} \\ \text{Bahan konstruksi} &= \text{Carbon steel SA 283 grade C} \\ \text{Jumlah} &= 1 \text{ buah} \end{aligned}$$