



BAB VII UTILITAS

Dalam sebuah pabrik, utilitas merupakan unit penyedia bahan maupun tenaga pembantu, sehingga membantu kelancaran operasi pabrik tersebut.

Utilitas yang terdapat dalam pabrik ini terdiri atas :

1. Unit Pengolahan Air
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan air pendingin, air proses, air sanitasi, dan air pengisi boiler.
2. Unit Pembangkit *Steam*
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan *steam* pada proses evaporasi, pemanasan, dan supply pembangkit tenaga listrik.
3. Unit Pembangkit Tenaga Listrik
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan listrik bagi alat bangunan, jalan raya dan lain sebagainya.
4. Unit Bahan Bakar
Unit ini berfungsi sebagai penyedia kebutuhan bahan bakar bagi alat-alat, generator, boiler, dan sebagainya.
5. Unit Pengolahan Limbah
Unit ini berfungsi sebagai pengolahan limbah pabrik cair, padat maupun gas dari proses.

VII.1 Unit Penyediaan Steam

Unit penyediaan *steam* berfungsi untuk menyediakan kebutuhan *steam*, yang digunakan sebagai media pemanas pada proses pabrik ini. Direncanakan boiler menghasilkan steam jenuh (saturated steam) pada tekanan 4.5 atm pada suhu 148°C

(Ulrich, Appendix B ; Page 426)

$$\begin{aligned} \text{Dengan } h_v &= 654,509 \text{ kkal/kg} \\ &= 1178,117 \text{ BTU/lb} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Jumlah *steam* yang dibutuhkan untuk memproduksi Dekstrosa adalah :

No.	Nama Alat	Kode	Steam	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Heater	E-312	270,27	595,8323
2	Evaporator	V-112	1235,69	2724,232
3	T. Pemanas	F-115	125,05	275,6856
4	Jet Cooker	E-144	314,705	693,8038
TOTAL				4289,553

Untuk faktor keamanan digunakan 20%

Untuk faktor keamanan dari kebocoran-kebocoran yang terjadi, maka direncanakan steam yang dihasilkan 20% lebih besar dari kebutuhan *steam* total :

$$\begin{aligned}
 \text{Total steam} &= 1,2 \times 4.289,55 \\
 &= 5.147,4639 \text{ lb/jam} \\
 &= 2961,0625 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar :

$$m_f = \frac{m_s (h_v - h_f)}{e_b \cdot F} \quad (\text{Severn, W.H, pers. 140 hal. 142})$$

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.

$h_v = 1178,1169 \text{ BTU/lb}$ (suhu steam = 148°C) (*steam table*)

$h_f = 180,0700 \text{ BTU/lb}$ (suhu air = 100 °C) (*steam table*)

$e_b = 92 \%$ Efisiensi boiler 85-92%

$F =$ nilai kalor bahan bakar digunakan petroleum fuels oil 33 API (0,22% sulfur) dari perry 7^{ed}, Fig,27-3, didapat : (**Perry 7ed, T.27-6**)

relatif density, $\rho = 0,86 \text{ gr/cc}$

$= 53,688 \text{ lb/cuft}$

$= 7,177 \text{ lb/gal}$

Heating Value $= 137273 \text{ BTU/gal}$ (**Perry ed.7; T.27-3**)

maka Heating Value bahan bakar $= \frac{137273 \text{ BTU/gal}}{7,1771 \text{ lb/gal}}$

$= 19126,603 \text{ BTU/lb}$

$$m_f = \frac{m_s (h_v - h_f)}{e_b \cdot F} \times 100 \quad (\text{Severn, W.H, pers. 140 hal. 142})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}mf &= \frac{5147,4639}{92} \times \frac{(1178,117 - 180,1) \times 100}{19126,6027} \\ &= 291,9568 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Kapasitas boiler

$$\begin{aligned}Q &= \frac{m_s (h_v - h_f)}{1000} \quad (\text{Severn, W.H, pers. 171}) \\ Q &= \frac{5147,46 (1178,117 - 180,0700)}{1000} \\ &= 5137,41 \text{ kiloBTU/jam}\end{aligned}$$

Penentuan boiler horse power

Untuk penentuan Boiler Horse power, digunakan persamaan :

$$hp = \frac{m_s (h_v - h_f)}{(970,3) (34,5)} \quad (\text{Severn, pers 172 ; 140})$$

dimana :

Angka-angka 970,3 dan 34,5 adalah suatu penyesuaian pada penguapan 34.5 lb/jam dari air pada 212 °F menjadi uap kering pada 212 °F pada tekanan 1 atm, untuk kondisi demikian diperlukan entalpi penguapan 970,3 Btu/lb.

$$hp = \frac{5147,46 (1178,117 - 180,0700)}{970,3 \times 34,5} = 153,468 \text{ hp}$$

Penentuan heating surface boiler

$$\begin{aligned}\text{Untuk } 679 \text{ hp boiler dibutuhkan } & 10 \text{ ft}^2 \text{ heating surface} \\ \text{Total heating surface} &= 10 \times 153,47 \\ &= 1534,68 \text{ ft}^2 \quad (\text{Severn, W.H, hal. 140})\end{aligned}$$

Kebutuhan air untuk pembuatan steam

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

$$\begin{aligned}\text{Produksi steam} &= 5147,46 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan air} &= 1,2 \times 5147,4639 \\ &= 6176,957 \text{ lb/jam} \\ &= 148246,961 \text{ lb/hari} \\ \rho \text{ air} &= 62,43 \text{ lb/cuft}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \text{maka volume air} &= \frac{148246,961}{62,43} \\ &= 2374,61 \text{ cuft/hari} \\ &= 67,241 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2,8017 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Air kondensat dari hasil pemanasan direcycle kembali ke boiler.

Dengan kehilangan air kondensat = 20%

Maka air yang ditambahkan sebagai make up water adalah

$$= 0,2 \times 2,8017 = 0,5603 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Spesifikasi Alat	
Nama alat	Boiler
Tekanan Steam	4,5 atm
Suhu	148 °C
Type	Fire tube boiler (tekanan steam <10 atm)
Heating surface	1534,6847 ft ²
Kapasitas boiler	5137,41 kiloBtu/jam
Rate steam	1,200 lb/jam
Efisiensi	92 %
Power	154,0000 hp
Bahan bakar	Diesel oil 33 °API
Rate bahan bakar	291,957 lb/jam
Jumlah	1 buah

VII.2 Unit Penyediaan Air

Air di dalam pabrik memegang peran penting dan harus memenuhi persyaratan tertentu yang disesuaikan dengan masing-masing keperluan di dalam pabrik. Penyedia air untuk pabrik ini direncanakan dari air sungai. Air sungai sebelum masuk ke dalam bak penampung dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan kayu agar kotoran dengan maksud menghilangkan kotoran yang penampung (reservoir). Dari tangki penampung bersifat makro dengan jalan memasang sekat tersebut terhalang dan tidak ikut masuk ke dalam tangki kemudian dilakukan pengolahan (dalam unit water treatment). Untuk menghemat pemakaian air, maka diadakan sirkulasi. Air pada pabrik ini dipakai untuk :

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



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

VII.2.1 Air Sanitasi

Air sanitasi untuk keperluan minum, masak, cuci, mandi dan sebagainya. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas. Berdasarkan **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017**. Standar baku mutu untuk keperluan higiene sanitasi :

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCU	50
3	Zat padat terlarut	mg/l	1000
4	Suhu	°C	suhu udara \pm 3
5	Rasa		tidak berasa
Lanjutan Tabel Standar Baku Mutu			
6	Bau		tidak berbau
7	Total Coliform	CFU/100 ml	50
8	E. Coli	CFU/100 ml	0
9	pH	mg/l	6.5 - 8.5
10	Besi	mg/l	1
11	Fluorida	mg/l	1,5
12	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
13	Mangan	mg/l	0,5
14	Nitrat	mg/l	10
15	Nitrit	mg/l	1
16	Sianida	mg/l	0,1
17	Deterjen	mg/l	0,05
18	Pestisida Total	mg/l	0,1
19	Air Raksa	mg/l	0,001
20	Arsen	mg/l	0,05
21	Kadmium	mg/l	0,005
22	Kromium	mg/l	0,05
23	Selenium	mg/l	0,01
24	Seng	mg/l	15
25	Sulfat	mg/l	400
26	Timbal	mg/l	0,05
27	Benzene	mg/l	0,01
28	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10



Kebutuhan air sanitasi pabrik adalah untuk :

1. Karyawan, asumsi kebutuhan air untuk karya (30 liter/hari per orang)	
= 30 liter/hari x 189 orang	= 5,67 m ³ /hari
2. Keperluan Laboratorium	= 20 m ³ /hari
3. Untuk menyiram kebun dan kebersihan pabrik	= 10 m ³ /hari
4. Cadangan atau lain-lain (20% dari kebutuhan air sanitasi)	= 7 m ³ /hari +
Total kebutuhan air sanitasi	42,80 m ³ /hari

VII.2.2 Air Umpan Boiler

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

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

Kebutuhan air untuk boiler = 67,2414 m³/hari

VII.2.3 Air Pendingin

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

Karakteristik	Kadar Maximum (ppm)	
	Air Boiler	Air Pendingin
Silica	0,7	50
Aluminium	0,01	-
Iron	0,05	-
Manganese	0,01	-
Calcium	-	200
Sulfate	-	680
Chloride	-	600
Dissolved Solid	200	1000



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

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

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

No.	Nama Alat	Kode	Kebutuhan Air Pendingin	
			(kg/jam)	(lb/jam)
1	Cooler 1	E-212	175197,7858	386245,0682
2	Cooler 2	E-313	31837,1852	70188,9907
Total			207034,9710	456434,0589

Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air pendingin yang sudah terpakai.

Untuk keperluan ini digunakan *cooling tower* dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Cooling Water} &= 456.434,059 \text{ lb/jam} \\ &= 4.968.839,3 \text{ kg/hari} \\ &= 207,0350 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Densitas Air} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Volume Air} &= \frac{4.968.839,3 \text{ kg/hari}}{1000 \text{ kg/m}^3} \\ &= 4.968,8393 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

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

Sehingga sirkulasi air pendingin adalah 90%.

$$\begin{aligned}\text{Air yang disirkulasi} &= 90\% \times 4968,8393 \\ &= 4471,955 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Air yang harus ditambahkan sebagai make up water :

$$= 10\% \times 4968,839 = 496,8839 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Jadi, total kebutuhan air (disirkulasi) sebesar :

$$\begin{aligned}&= \frac{4.968,8393 \times 264,17}{24 \times 60} \\ &= 911,5405 \text{ gpm}\end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Perancangan Alat Cooling Tower

Fungsi : Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin.

Jenis : Cross Flow Induced Draft Cooling Tower

Rate Volumetrik = 911,5405 gpm

Digunakan udara sebagai pendingin dengan relative humidity 70%.

Suhu air masuk cooling tower (T_1) = 45 °C = 113 °F

Suhu air keluar cooling tower (T_2) = 30 °C = 86 °F

Diambil kondisi 70% relative humidity 30°C

T dry bulb = T_{db} = 30 °C = 86 °F

T wet bulb = T_{wb} = 26 °C = 78,8 °F (Perry ed.7; fig.12-3)

Temperature Approach = $T_2 - T_{wb}$
= 86 - 78,8 = 7,2 °F

Temperature Range = $T_1 - T_2$
= 113 - 86 = 27 °F

Konsentrasi air cooling water pada suhu 30°C = 2 gpm/ft²

Luas area pendinginan = $\frac{911,5405 \text{ gpm}}{2 \text{ gpm/ft}^2}$ (Perry 7^{ed}, Fig 12-14)
= 455,7702 ft²

Menghitung Make Up Water

Aliran air sirkulasi masuk cooling tower (W_c)

= 4.968,8393 m³/hari

= 207,0350 m³/jam

Evaporation Loss (W_e)

= 0,00085 x $W_c (T_1 - T_2)$

= 0,00085 x 207,0350 x 27

= 4,7515 m³/jam

Water Drift Loss (W_d)

Air yang keluar karena fan berputar, untuk ini standarnya 0.1-0.2% jumlah air yang bersikulasi. (Perry 7^{ed}, Page 12-17)

= 0,002 x W_c

= 0,002 x 207,0350

= 0,4141 m³/jam



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Water Blow Down (Wb)

Air yang dibuang untuk menurunkan konsentrasi padatan dalam air sirkulasi :

S = rasio klorida dalam air sirkulasi terhadap air make up 3-5. Dipilih S = 5

$$\begin{aligned} W_b &= \frac{W_e}{(S-1)} && \text{(Perry 7^{ed}, Page 12-17)} \\ &= \frac{4,7515}{5 - 1} \\ &= 1,1879 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Jadi air yang dibutuhkan untuk penambahan (Make up water) adalah :

$$\begin{aligned} W_m &= W_e + W_d + W_b \\ &= 4,7515 + 0,4141 + 1,1879 \\ &= 6,3534 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dengan dasar perhitungan dari **hal. 3 -795(Perry 3^{ed}.1984)**, diperoleh :

- Tinggi cooling tower = 35 ft = 11 m
- Jumlah deck = 12 buah
- Lebar cooling tower = 12 ft = 4 m
- Kecepatan angin = 3 mil / jam

$$L = \frac{Gpm \times W}{C \times 12 \times CW \times CH} \quad \text{hal. 3 -795(Perry 3^{ed}.1984)}$$

dengan :

- L = panjang cooling tower, ft
- W = wind correction factor.
- C = konsentrasi air / ft² cooling tower
- CW = wet bulb correction factor.

diperoleh :

- W = 1 **fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)**
- CW = 0,98 **fig.56, hal.3-794 (Perry 3.ed.1984)**
- C = 2 **fig.56, hal.3-794 (Perry 6.ed.1984)**
- CH = 1,25 **fig.56, hal.3-794 (Perry 6.ed.1984)**

Maka dapat diperoleh :

$$L = \frac{911,5405}{2 \times 12} \times \frac{1}{1} \times \frac{1}{1} = 31,0048 \text{ ft} = 9,4565 \text{ m}$$

Tinggi menara



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Berdasarkan Perry 8^{ed} ; Page 12-19 :

Untuk range pendingin 25 - 35°F dengan temperature approach 7.2°F di peroleh menara 35-40 ft.

$$\begin{aligned} \text{tinggi Karena temperature range} &= 27 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ , maka diperoleh tinggi men} \\ \frac{27 - 25}{35 - 25} &= \frac{y}{40 - 35} \\ y &= 36 \text{ ft} = 10,98 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter Menara

$$\begin{aligned} A &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \\ 455,7702 &= 0,785 \times D^2 \\ D^2 &= 580,5990 \\ D &= 24,0956 \text{ ft} = 7,3492 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung daya motor penggerak Fan Cooling Tower

$$\text{fan Hp} = 0,031 \text{ hp/ft}^2$$

(fig.12.15, Perry 7ed)

$$\begin{aligned} \text{Tenaga yang dibutuhkan} &= \text{luas cooling tower} \times 0,031 \\ &= 455,7702 \text{ ft}^2 \times 0,031 \text{ hp/ft}^2 \\ &= 14,1289 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi fan} = 80\%$$

$$\text{Fan Power} = 17,6611 \text{ hp} \approx 18 \text{ HP}$$

Spesifikasi Alat	
Nama alat	Cooling Tower
Fungsi	Mendinginkan air yang akan digunakan sebagai air pendingin
Type	Cross Flow Induced Draft Cooling Tower
Kapasitas	207,0350 m ³ /jam
Tinggi	36 ft = 10,98 m
Panjang	31 ft = 9,46 m
Diameter	24 ft = 7,35 m
Lebar	12 ft = 3,66 m
Power	18 HP
Bahan konstruksi	Baja stainless SA-240 grade M tipe 316
Jumlah	1 buah

VII.2.4 Air Proses



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Kebutuhan air proses untuk pabrik :

No	Nama Alat	Kode	Air (Kg/jam)	Air (lb/jam)
1	Absorber	D-310	6140,9178	13538,4087
Total			6140,9178	13538,4087

Total kebutuhan air proses = 6140,918 kg/jam
= 147,3820 m³/hari

VII.3 Unit Pengolahan Air (Water Treatment)

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 digunakan.

Proses Pengolahan Air Sungai :

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

Dari perincian diatas, dapat disimpulkan kebutuhan air dalam pabrik :

Air Sanitasi	=	42,8040	m ³ /hari	=	1,7835	m ³ /jam
Air Umpan Boiler	=	67,2414	m ³ /hari	=	2,8017	m ³ /jam
Air Pendingin	=	4.968,839	m ³ /hari	=	207,0350	m ³ /jam
Air Proses	=	147,3820	m ³ /hari	=	6,1409	m ³ /jam
Total	=	5.226,2667	m³/hari	=	217,7611	m³/jam

Total air yang harus di supply dari water treatment = 5.226,2667 m³/ha

Kehilangan akibat jalur pipa dalam perjalanan, 20% untuk faktor keamanan maka direncanakan kebutuhan air sungai total :

$$\begin{aligned} &= 120\% \times \text{Kebutuhan normal} \\ &= 120\% \times 5.226,2667 \\ &= 6.271,5201 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 261,3133 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$



VII.3.1 Spesifikasi Peralatan Pengolahan Air

1. Bak Penampung Air Sungai

Fungsi : Menampung air sebelum diproses menjadi air bersih

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 261,3133 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Ditentukan} &: \text{Waktu tinggal} = 24 \text{ jam} \\ \text{Volume Air} &= 261,313 \text{ m}^3/\text{jam} \times 24 \text{ jam} \\ &= 6271,520 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung (direncanakan 80% terisi air)

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= 0,8 \text{ Volume bak} \\ \text{Vol bak} &= 6271,520 / 0,8 \\ &= 7839,40 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Dimisalkan : Panjang} &= 2 \text{ X m} \\ \text{Lebar} &= 2 \text{ X m} \\ \text{Tinggi} &= 1 \text{ X m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi} \\ 7839,4 \text{ m}^3 &= 4,0 \text{ X}^3 \\ \text{X}^3 &= 1959,850 \text{ m}^3 \\ \text{X} &= 12,51 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang} &= 2,0 \times 12,51 \text{ m} = 25,03 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 2,0 \times 12,51 \text{ m} = 25,03 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 1,0 \times 12,51 \text{ m} = 12,51 \text{ m}\end{aligned}$$

Menghitung Tinggi Liquid

$$\begin{aligned}V_{\text{liq}} &= P \times L \times H \\ 6271,520 &= 25,03 \times 25,03 \times H \\ H_{\text{liq}} &= 10,011 \text{ m}\end{aligned}$$

Asumsi padatan yang mengendap dan keluar 1% dari bak penampung air sungai

$$\begin{aligned}Q_2 &= 1\% \times Q \text{ yang masuk} \\ &= 1\% \times 261,3133 \text{ m}^3/\text{jam} \\ Q_2 &= 2,6131 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Q_1 = Debit air yang akan masuk ke tangki koagulasi

$$Q_1 = Q \text{ yang masuk} - Q_2$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 &= 261,3133 - 2,613 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 258,7002 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 6.208,8049 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai	
Fungsi	Menampung air sungai sebelum di proses menjadi air bersih
Kapasitas	7.839,40 m ³
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuka
Dimensi Bak Penampung	
Panjang (P)	25,03 m
Lebar (L)	25,03 m
Tinggi (H)	12,51 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

2. Tangki Koagulasi

Fungsi : Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (Turbine)

Rate volumetrik (Q_1) = 258,7002 m³/jam = 258700,202 L/jam

Ditentukan : Waktu tinggal = 5 menit = 0,0833 jam

Dosis $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 20 mg/L (AWWA : T.5.2 : 1)

Kelarutan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 250 - 300 g/L, Dipilih = 250

$\rho \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 1,1293 kg/L

Kebutuhan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = 20 mg/L x 258.700,2024 L/jam

$$\begin{aligned}
 &= 5.174.004,0485 \text{ mg/jam} \\
 &= 5.174,0040 \text{ gram/jam} \\
 &= 5,1740 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Volume $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = $\frac{\text{Kebutuhan } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{densitas}}$ = $\frac{5,1740 \text{ kg/jam}}{1,1293 \text{ kg/L}}$

$$\begin{aligned}
 &= 4,581603 \text{ L/jam} \\
 &= 0,004582 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan air untuk melarutkan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ = $\frac{\text{Kebutuhan } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}{\text{Kelarutan } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5.174,0040 \text{ gram/jam}}{250 \text{ g/L}} \\
 &= 20,6960 \text{ L/jam}
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= 0,0207 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Rate volumetrik ke tangki koagulasi (Q_2) =

$$\begin{aligned} & Q_1 + \text{Koagulan} + \text{Pelarut koagulan} \\ & = 258,700 + 0,00458 + 0,0207 \\ & = 258,7255 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida dalam tangki} & = \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ & = 258,7255 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,0833 \text{ jam} \\ & = 21,5605 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki koagulasi} & = 1,2 \times 21,5605 \text{ m}^3 \\ & = 25,8725 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki Koagulasi

Asumsi : $H = 2 D$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} & = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 25,8725 & = 0,785 \times D^2 \times 2,5 D \\ 25,8725 & = 1,57 D^3 \\ D & = 2,5448 \text{ m} \\ H & = 5,0895 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki

$$\begin{aligned} \text{Volume Liquida} & = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f \\ 21,5605 & = 0,785 \times 6,4758 \times H_f \\ 21,5605 & = 5,0835 \times H_f \\ H_f & = 4,2413 \text{ m} \end{aligned}$$

Perencanaan Sistem Pengaduk

Dalam tangki koagulasi ini dilengkapi dengan pengaduk tipe Flat Blade Turbine dengan jumlah blade = 6 blades

Didasarkan pada (McCabe ed.5; p.243)

$D_t = 3 D_a$	$D_t = 3 E$	$D_t = 12 J$
$H = 1 D_t$	$D_a = 5 W$	$D_a = 4 L$

Keterangan :

$D_t =$ Diameter tangki, m	$D_t = 2,5448 \text{ m}$ (D.tangki)
$D_a =$ Diameter impleller, m	$D_a = 0,8483 \text{ m}$ (1/3 D_t)
$E =$ Jarak impleller ke dasar, m	$E = 0,8483 \text{ m}$ (1/3 D_t)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} J &= \text{Lebar baffle, m} & J &= 0,2121 \text{ m (1/12 Dt)} \\ W &= \text{Lebar blade, m} & W &= 0,1697 \text{ m (1/5 Da)} \\ L &= \text{Panjang blade, m} & L &= 0,2121 \text{ m (1/4 Da)} \end{aligned}$$

Penentuan Putaran Pengaduk :

$$V = \pi \times Da \times N \quad (\text{McCabe ed.5; eq. 9.1 p.244})$$

Dengan :

Untuk pengaduk jenis turbin :

peripheral speed = 200 - 250 m/menit

V = peripheral speed ; m/menit

Da = D. impeller (Da) ; m

N = putaran pengaduk ; rpm

$$\begin{aligned} \text{Diambil putaran pengaduk, } N &= 100 \text{ rpm (Koagulasi } \pm 100 \text{ rpm)} \\ &= 1,6667 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \pi \times Da \times N \\ &= 3,14 \times 0,8483 \times 100 \\ &= 266 \text{ m/menit} \\ &\text{(memenuhi range 200 - 250 m/menit)} \end{aligned}$$

Bilangan reynold ; N_{re}

$$\begin{aligned} \text{Diambil putaran pengaduk, } N &= 100 \text{ rpm} \\ &= 1,6667 \text{ rps} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ air} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 62,4280 \text{ lb/cuft}$$

$$\mu \text{ air} = 0,89 \text{ Cp} = 0,00089 \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu} \\ &= \frac{1000 \times 0,7195 \times 1,6667}{0,00089} \\ &= 1347439,474 \quad (\text{Turbulen}) \end{aligned}$$

Karena $N_{re} > 10000$, maka digunakan baffle.

Untuk $N_{re} > 10000$ diperlukan 4 buah baffle, sudut 90° (Perry ed.7; p.18-10)

Power pengaduk :

$$P = \frac{K_3 \rho N^3 Da^5}{g} \quad (\text{Ludwig ed.3,vol.1; eq.5.5})$$

Dengan :

P = power ; hp

K_3 = faktor mixer (turbin) = 6,3 (Ludwig ed.3,vol.1; tab.5-1)

g = konstanta gravitasi = 32,17 ft lbf/s² lbf



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \rho &= \text{densitas bahan} &&= 62,4280 \text{ lb/cuft} \\ N &= \text{kecepatan putaran impeller} &&= 1,6667 \text{ rps} \\ Da &= \text{diameter impeller} &&= 2,7823 \text{ ft} \\ P &= \frac{6,3 \times 62,4280 \times 4,6296 \times 166,7230}{32,17} \\ &= 9435,3212 \text{ ft.lbf/sec} \\ &= 17,1551 \text{ hp} \end{aligned}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{17,1551}{80\%} \\ &= 21,4439 \text{ hp} \end{aligned}$$

Dipilih motor = 21 hp

Spesifikasi Tangki Koagulasi	
Fungsi	Tempat terjadinya koagulasi dengan penambahan $Al_2(SO_4)_3$ untuk destabilisasi kotoran dalam air yang tak di kehendaki.
Type	Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (Turbine).
Waktu tinggal	5 menit
Kapasitas	25,8725 m ³
Dimensi Tangki	
Diameter	3 m = 8,35 ft
Tinggi	5 m = 16,70 ft
Tinggi Liquida	4,24 m
Sistem Pengaduk	
Jenis	Flat Blade Turbin
Jumlah blade	6 Buah
Kecepatan Putaran	100 rpm
Diameter Impeller	0,8483 m
Power Motor	21 Hp
Effisiensi Motor	80%
Bahan	Carbon Steel
Jumlah	1 Buah

3. Tangki Flokulasi

Fungsi : Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan Poly Aluminium Chlorida (PAC).

Type : Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (Turbine).

Rate Volumetrik (Q_2) = 258,7255 m³/jam = 258.725,480 L/jam



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \text{Ditentukan :} \quad & \text{Waktu tinggal (t)} = 15 \text{ menit} = 0,25 \text{ jam} \\ & \text{Dosis PAC} = 5 \text{ mg/L} \quad (2-5 \text{ mg/L}) \\ & \text{Kelarutan PAC} = 466 \text{ g/L} \\ & \rho \text{ PAC} = 1,029 \text{ kg/L} \\ \text{Kebutuhan PAC} &= \text{Dosis PAC} \times \text{Rate Volumetrik} \\ &= 5 \text{ mg/L} \times 258.725,480 \text{ L/jam} \\ &= 1.293.627,4002 \text{ mg/jam} \\ &= 1.293,6274 \text{ gram/jam} \\ &= 1,2936 \text{ kg/jam} \\ \text{Volume PAC} &= \frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\text{Densitas PAC}} \\ &= \frac{1,2936 \text{ kg/jam}}{1,029 \text{ kg/L}} \\ &= 1,2572 \text{ L/jam} \\ &= 0,0012572 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Kebutuhan air untuk melarutkan PAC} &= \frac{\text{Kebutuhan PAC}}{\text{Kelarutan PAC}} \\ &= \frac{1.293,6274 \text{ gram/jam}}{466 \text{ g/L}} \\ &= 2,7760 \text{ L/jam} \\ &= 0,0028 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Rate volumetrik ke clarifier (Q}_3\text{)} &= Q_2 + \text{Flokulan} + \text{Pelarut flokulan} \\ &= 258,7255 + 0,0013 + 0,0028 \\ &= 258,7295 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume liquida dalam tangki} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 258,7295 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,25 \text{ jam} \\ &= 64,6824 \text{ m}^3 \\ \text{Volume tangki flokulasi} &= 1,2 \times 64,6824 \text{ m}^3 \\ &= 77,6189 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki Flokulasi

$$\begin{aligned} \text{Asumsi} \quad &: H = 2 D \\ \text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 77,6189 &= 0,785 \times D^2 \times 1.5 D \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 77,6189 &= 1,57 D^3 \\
 D &= 3,6702 \text{ m} \\
 H &= 7,3404 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Menentukan Tinggi Liquida (H_f) di dalam Tangki

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi Liquida} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_f \\
 64,6824 &= 0,785 \times 13,4703 \times H_f \\
 64,6824 &= 10,5742 \times H_f \\
 H_f &= 6,1170 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perencanaan Sistem Pengaduk

Dalam tangki flokulasi ini dilengkapi dengan pengaduk tipe Flat Blade Turbine dengan jumlah blade = 6 blades

Didasarkan pada **(McCabe ed.5; p.243)**

$D_t = 3 D_a$	$D_t = 3 E$	$D_t = 12 J$
$H = 1 D_t$	$D_a = 5 W$	$D_a = 4 L$

Keterangan :

$D_t =$ Diameter tangki, m	$D_t = 3,6702 \text{ m}$ (D.tangki)
$D_a =$ Diameter impleller, m	$D_a = 1,2234 \text{ m}$ (1/3 D_t)
$E =$ Jarak impleller ke dasar, m	$E = 1,2234 \text{ m}$ (1/3 D_t)
$J =$ Lebar buffle, m	$J = 0,3058 \text{ m}$ (1/12 D_t)
$W =$ Lebar blade, m	$W = 0,2447 \text{ m}$ (1/5 D_a)
$L =$ Panjang blade, m	$L = 0,3058 \text{ m}$ (1/4 D_a)

Penentuan Putaran Pengaduk :

$$V = \pi \times D_a \times N \quad (\text{McCabe ed.5; eq. 9.1 p.244})$$

Dengan :

Untuk pengaduk jenis turbin :

peripheral speed = 200 - 250 m/menit

$$\begin{aligned}
 V &= \text{peripheral speed ; m/menit} \\
 D_a &= \text{D. impeller (} D_a \text{) ; m} \\
 N &= \text{putaran pengaduk ; rpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diambil putaran pengaduk, } N &= 44 \text{ rpm} && (\text{Flokulasi } < 50 \text{ rpm}) \\
 &= 0,7333 \text{ rps}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times D_a \times N \\
 &= 3,14 \times 1,2234 \times 44 \\
 &= 169 \text{ m/menit}
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

(memenuhi range 100 - 250 m/menit)

Bilangan Reynold ; N_{re}

Diambil putaran pengaduk, $N = 44 \text{ rpm}$
 $= 0,7333 \text{ rps}$

$\rho \text{ air} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 62,4280 \text{ lb/cuft}$

$\mu \text{ air} = 0,89 \text{ Cp} = 0,00089 \text{ kg/m.s}$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times Da^2 \times N}{\mu}$$

$$= \frac{1000 \times 1,4967 \times 0,7333}{0,00089}$$

$$= 1233239,12 \quad (\text{Turbulen})$$

Karena $N_{re} > 10000$, maka digunakan baffle. **(Perry ed.7; p.18-10)**

Untuk $N_{re} > 10000$ diperlukan 4 buah baffle, sudut 90°

Power pengaduk :

$$P = \frac{K_3 \rho N^3 Da^5}{g} \quad (\text{Ludwig ed.3,vol.1; eq.5.5})$$

Dengan :

$P = \text{power} \quad ; \quad \text{hp}$
 $K_3 = \text{faktor mixer (turbin)} = 6,3 \quad (\text{Ludwig ed.3,vol.1; tab.5-1})$
 $g = \text{konstanta gravitasi} = 32,17 \text{ ft lbf/s}^2$
 $\rho = \text{densitas bahan} = 62,4280 \text{ lb/cuft}$
 $N = \text{kecepatan putaran impeller} = 0,7333 \text{ rps}$
 $Da = \text{diameter impeller} = 4,0127 \text{ ft}$

$$P = \frac{6,3 \times 62,4280 \times 0,3944 \times 1040,42050}{32,17}$$

$$= 5015,6600 \text{ ft.lbf/sec}$$

$$= 9,1194 \text{ hp}$$

Jika efisiensi motor 80%, maka :

$$P = \frac{9,1194}{80\%}$$

$$= 11,3992 \text{ hp}$$

Dipilih motor = 11 hp

Spesifikasi Tangki Flokulasi	
Fungsi	Tempat terjadinya penggumpalan partikel dan kontaminan air sungai menjadi flok dengan penambahan Poly Aluminium



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Type	Chlorida (PAC). Tangki berbentuk silinder dan dilengkapi dengan pengaduk (Turbine).
Waktu tinggal	15 menit
Kapasitas	77,6189 m ³
Dimensi Tangki	
Diameter (D)	4 m = 12,04 ft
Tinggi (H)	7 m = 24,08 ft
Tinggi Liquida	6,12 m
Sistem Pengaduk	
Jenis	Flat Blade Turbin
Jumlah blade	6 Buah
Kecepatan Putaran	44 rpm
Diameter Impeller	1 m
Power Motor	11,4 Hp
Effisiensi Motor	80%
Bahan	Carbon Steel
Jumlah	1 Buah

4. Clarifier

Fungsi : Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih menggunakan cara sedimentasi atau pengendapan.

Type : Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk conis.

Proses : Continue

Rate volumetrik (Q₃) = 258,7295 m³/jam

Waktu tinggal = 1- 2,5 jam

Acuan design pada partikel flokulan, maka didapatkan :

Laju alir limpahan (overflow rate) = 32 - 48 m³/m².hari

= 32 m³/m².hari

= 1,33 m³/m².jam (Perry 6th, hal 19-

$$A = \frac{\text{Rate Volumetrik}}{\text{Overflowrate}}$$

$$= \frac{258,7295}{1,3333}$$

$$= 194,0471 \text{ m}^2 = 2087,637 \text{ ft}^2$$

$$D = \sqrt{(4x A/\pi)} \quad (\text{Diameter Clarifier: 3 - 60 m})$$

$$D = 15,7224 \text{ m} ; r = 7,8612 \text{ m}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa umpan masuk } d' &= 0,15 D \\
 &= 2,3584 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman Clarifier (H)} &= D/H = 6 - 10 \\
 &= \frac{15,7224}{6} \\
 &= 3 \text{ m} \quad (\text{Kedalaman Clarifier: } 2 - 5 \text{ m}) \\
 \text{Asumsi, } s &= 2 \text{ m, dimana } s/s' = 3-4 \\
 \text{Dipilih } s &= 4 \text{ s}' \\
 s' &= \frac{2}{4} = 0,5 \text{ m} \\
 \text{Volume} &= A \times H \\
 &= 194,0471 \times 2,6204 \\
 &= 508,4811 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu tinggal} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Rate Volumetrik}} \\
 &= \frac{508,4811 \text{ m}^3}{258,7295 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 1,9653 \text{ jam} \\
 &= 2,0 \text{ jam, memenuhi standart yaitu } (1 - 2,5 \text{ jam})
 \end{aligned}$$

Menentukan Dimensi Tangki

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air} &= \text{Rate Volumetrik} \times \text{Waktu tinggal} \\
 &= 258,7295 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2,0 \text{ jam} \\
 &= 517,4590 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Direncanakan volume air = volume clarifier agar terjadi overflow

$$\text{Volume air di Clarifier} = 517,4590 \text{ m}^3$$

Asumsi :

$$\text{Tinggi cone, } H_c = \frac{1}{2} H_s$$

$$V_{\text{sylinder}} = \pi \times r^2 \times H_s$$

$$V_{\text{cone}} = 1/3 \times \pi \times r^2 \times H_c$$

$$\text{Volume Clarifier} = \pi \times r^2 \times H_s + 1/3 \times \pi \times r^2 \times H_c$$

$$517,4590 = 194,0471 H_s + 38,0485 H_s$$

$$517,4590 = 232,0956 H_s$$

$$H_s = 2,2295 \text{ m}$$

$$H_c = 1,1148 \text{ m}$$

Check Volume :

$$\text{Volume Clarifier} = V_s + V_{\text{cone}} \text{ (tutup bawah)}$$

$$\text{Volume Clarifier} = \pi \times r^2 \times H_s + 1/3 \times \pi \times r^2 \times H_c$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= 432,6297 + 72,1049 \\ &= 504,7346 \text{ m}^3 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Volume Clarifier < Volume Bahan, agar terjadi overflow

Spesifikasi Clarifier	
Fungsi	Tempat pemisahan antara flok atau padatan dengan air bersih dengan cara sedimentasi atau pengendapan.
Bentuk	Berbentuk silinder tegak dengan bagian bawah berbentuk conis.
Kapasitas	504,7346 m ³
Waktu Tinggal	2,0 jam
Dimensi	
Diameter silinder	15,72 m
Tinggi silinder	2,23 m
Tinggi conis	1,11 m
Bahan konstruksi	Carbon Steel
Jumlah	1 Buah

5. Bak Penampung Flok

Fungsi : Menampung flok dari clarifier.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi padatan yang mengendap (flok) 10% Q₃

$$\text{Rate Volumetrik, (Q}_4\text{)} = 10\% \times 258,7295 = 25,8730 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

Volume air dalam bak penampung

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 25,8730 \times 12 \\ &= 310,4754 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{310,4754}{85\%} \\ &= 365,2652 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 1,5 \text{ L}$$

Volume bak penampung air



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}365,2652 &= P \times L \times H \\243,5101 &= 1,5 L \times L \times L \\L &= L^3 \\H &= 6,2446 \text{ m} \\P &= 6,2446 \text{ m} \\&= 9,3669 \text{ m}\end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Flok	
Fungsi	Menampung flok dari clarifier.
Kapasitas	365,2652 m ³
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuka
Dimensi	
Panjang (P)	9,37 m
Lebar (L)	6,24 m
Tinggi (H)	6,24 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

6 Bak Penampung Air Setengah Bersih dari Clarifier

Fungsi : Menampung air bersih dari clarifier.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 90% Q₃

$$\begin{aligned}\text{Rate Volumetrik, (Q}_5\text{)} &= 90\% \times 258,7295 \\&= 232,8566 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Ditentukan : Waktu tinggal = 1 jam

Volume air dalam bak penampung

$$\begin{aligned}\text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\&= 232,8566 \times 1 \\&= 232,8566 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\text{Volume bak} = \underline{232,8566}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} & \frac{85\%}{=} 273,9489 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \\ \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 273,9489 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 136,9744 &= L^3 \\ L &= 5,1548 \text{ m} \\ H &= 5,1548 \text{ m} \\ P &= 10,3096 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung Tinggi Cairan dalam Tangki

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= P \times L \times H \\ 232,8566 &= 10,3096 \times 5,1548 \times H \\ H &= 4,3816 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Setengah Bersih dari Clarifier	
Fungsi	Menampung air setengah bersih dari clarifier.
Kapasitas	273,9489 m ³
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuka
Dimensi	
Panjang (P)	10,31 m
Lebar (L)	5,15 m
Tinggi (H)	5,15 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

7. Sand Filter

Fungsi : Menyaring kotoran atau padatan yang tersuspensi dalam air dengan menggunakan penyaring berupa sand.

Bentuk : Silinder dengan tutup atas dan bawah dished

$$\text{Waktu tinggal} = 15 \text{ menit} = 0,250 \text{ jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik, (Q}_6\text{)} = 232,8566 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Asumsi : Jumlah flok 1% dari debit yang masuk

$$\text{Jumlah flok} = 1\% \times 232,8566$$

$$= 2,3286 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume air bersih} = 232,8566 - 2,3286$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 &= 230,5280 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Volume air yang ditampung} &= 230,5280 \times 0,250 \\
 &= 57,6320 \text{ m}^3 \\
 &= 253,7479 \text{ gpm} \\
 \text{Rate filtrasi} &= 12 \text{ gpm/ft}^2 \quad (\text{Perry 6}^{\text{ed}}, \text{ page 19-85})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penambang bed} &= \frac{Q}{\text{Rate filtrasi}} \\
 &= \frac{253,7479 \text{ gpm}}{12 \text{ gpm/ft}^2} \\
 &= 21,1457 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter} = \sqrt{(4x A/\pi)} = 5,1901 \text{ m}$$

Tinggi lapisan dalam kolom, ditentukan :

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

Lapisan Pasir = 1 m (Sugiharto ; 121)

Lapisan antrasit = 0,5 m

Tinggi Air = 2 m (Sugiharto ; 121)

Tinggi Lapisan = 3,8 m

Kenaikan akibat back wash = 25% dari tinggi pasir dan lapisan antrasit
 = 0,3750 m

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

Tinggi total lapisan = tinggi total lapisan dalam kolom + kenaikan akibat back wash + tinggi bagian atas untuk pipa + tinggi bagian bawah untuk pipa
 = 3,8 + 0,3750 + 0,3 + 0,3
 = 4,7750 m

Spesifikasi Sand Filter	
Fungsi	Menyaring padatan yang tersuspensi dalam air menggunakan penyaring
Bentuk	Silinder dengan tutup atas dan bawah dished
Kapasitas	57,6320 m ³
Jumlah	2 Buah
Dimensi	
Luas bed	21,1457 ft ²



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Diameter	5,19	m
Tinggi lapisan	3,80	m
Tinggi silinder	4,78	m
Tinggi backwash	0,38	m
Bahan Konstruksi	Carbon Steel SA - 283 grade P	

8. Bak Penampung Air Bersih dari Sand Filter

Fungsi : Menampung air bersih dari sand filter.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

Asumsi air bersih 99% Q_6

$$\text{Rate Volumetrik, } (Q_7) = 99\% \times 232,8566 = 230,5280 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Ditentukan : Waktu tinggal} = 1 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 230,5280 \times 1 \\ &= 230,5280 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{230,5280}{85\%} \\ &= 271,2094 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Asumsi : Tinggi (H)} &= 1 \text{ L} \\ \text{Panjang (P)} &= 2 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 271,2094 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 135,6047 &= L^3 \\ L &= 5,138 \text{ m} \\ H &= 5,138 \text{ m} \\ P &= 10,275 \text{ m} \end{aligned}$$

Menghitung Tinggi Air didalam Tangki

$$\begin{aligned} V_{\text{liq}} &= P \times L \times H \\ 230,5280 &= 10,2752 \times 5,1376 \times H \\ H_{\text{liq}} &= 4,366939519 \text{ m} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih	
Fungsi	Menampung air bersih dari sand filter.
Kapasitas	271,2094 m ³
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Dimensi	
Panjang (P)	10,28 m
Lebar (L)	5,14 m
Tinggi (H)	5,14 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

9. Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi

Fungsi : Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (Chlorine).

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik} &= 42,8040 \text{ m}^3/\text{hari} = 42.804 \text{ L/hari} \\ &= 1,7835 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu tinggal} = 1 \text{ hari} = 24 \text{ jam}$$

Volume air dalam bak penampung

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 1,7835 \times 24 \\ &= 42,804 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{42,804}{85\%} \\ &= 50,3576 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : Tinggi (H)} = 1 \text{ L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \text{ L}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 50,3576 &= 2 \text{ L} \times L \times L \\ 25,1788 &= L^3 \\ L &= 2,93 \text{ m} \\ H &= 2,93 \text{ m} \\ P &= 5,86 \text{ m} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Untuk membunuh kuman digunakan desinfektan jenis Chlorine dengan kebutuhan Kebutuhan sebesar = 200 mg/L (Wesley : Page 96)
Jumlah kebutuhan desinfektan yang harus ditambahkan = 200 mg/L, maka per tahun perlu ditambahkan desinfektan sebanyak :

$$\begin{aligned} &= 200 \text{ mg/L} \times 42.804 \text{ L/hari} \times 330 \text{ hari/tahun} \\ &= 2.825.064.000 \text{ mg/tahun} \\ &= 2.825,0640 \text{ kg/tahun} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Bersih untuk Sanitasi	
Fungsi	Menampung air bersih dari bak penampung air bersih untuk keperluan sanitasi dan tempat menambahkan desinfektan (Chlorine).
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Waktu tinggal	1 hari = 24 jam
Kapasitas	50,3576 m ³
Dimensi	
Panjang (P)	5,86 m
Lebar (L)	2,93 m
Tinggi (H)	2,93 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

10. Kation Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca²⁺. Kandungan CaCO₃ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer, Vol.11 : 887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar sesuai dengan syarat air boiler

$$\begin{aligned} \text{Kandungan CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,3240 \text{ gram/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0.0648 \text{ gram}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diproses} &= 214,6234 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 56.703,505 \text{ gallon/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam air} = 0,3240 \text{ gram/gal} \times 56.703,505 \text{ gallon/t}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= 18.371,9357 \text{ gram/hari}$$

Dipilih bahan pelunak :

Dowex dengan *exchanger capacity* = 2 ek/L resin [Perry 6^{ed}; T.16-4 (Dowex - Marathon C resin specification)

H-Dowex diharapkan mampu menukar semua ion Ca²⁺.

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Gram x Elektron}}{\text{BM}} \quad (\text{Underwood : 55})$$

Untuk CaCO₃, 1 mol Ca melepas 2 elektron : Ca²⁺, sehingga elektron =
BM Ca = 40,08 gr/mol

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{36.743,8714}{40,08} = 916,7633 \text{ ek}$$

$$\begin{aligned} \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{916,7633 \text{ ek}}{2 \text{ ek/L resin}} \\ &= 458,3816 \text{ L resin/hari} \end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :

$$3 \text{ bulan} = 90 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 458,382 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 41.254,3466 \text{ L resin} \\ &= 41,2543 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi 85\%} &= \frac{\text{Vol resin}}{0,85} \\ &= \frac{41,2543}{0,85} \text{ m}^3 \\ &= 48,5345 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cara Kerja

Air dilewatkan pada kation exchanger yang berisi resin positif sehingga ion positif tertukar dengan resin positif.

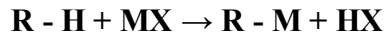
Asumsi : H = 2 D

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 41,2543 &= 0,785 \times D^2 \times D \\ 41,2543 &= 1,57 D^3 \\ D &= 2,9730 \text{ m} \\ H &= 5,9459 \text{ m} \end{aligned}$$



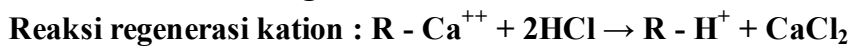
Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan HCl 33% (*Condensate Polishing Plant PJB II - Paiton, Standart Procedure Operation*)



Dimana :

- R = Resin Dowex
- R - H = Resin Dowex mengikat kation.
- MX = Mineral yang terkandung dalam air.
Contoh mineral (MX) : CaSO₄, CaO₃, MgCO₃, dll.
- R - M = Resin dalam kondisi mengikat kation.
- HX = Asam mineral yang terbentuk setelah air melewati resin kation.
Contoh asam mineral (HX) : HCl, H₂SO₄, H₂CO₃, dll.



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

$$\begin{aligned} \text{Volume resin yang diregenerasi} &= 41.254,3466 \text{ L Resin (1 bulan)} \\ \text{Densitas Resin} &= 1,2 \text{ kg/L} \\ \text{Massa Resin} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\ &= 41.254,3466 \times 1,2 \\ &= 49505,2160 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume resin yang di regenerasi} &= 41.254,3466 \text{ L Resin} \\ \text{Ekivalen Total Ca}^{2+} &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\ &= 41.254,3466 \times 2 \\ &= 82508,6933 \text{ ek} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol Total Ca}^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total Ca}^{2+}}{\text{Ekivalen Ca}^{2+}} \\ &= \frac{82508,6933 \text{ ek}}{2 \text{ ek/mol}} \\ &= 41254,3466 \text{ mol} \end{aligned}$$

1 mol Ca²⁺ ditukar atau exchange dengan 2 mol HCl

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan HCl} &= 2 \times 41254,3466 \text{ (Dalam mol)} \\ &= 82508,6933 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan HCl} &= \text{Mol HCl} \times \text{BM HCl} \\ &= 82508,6933 \times 36,5 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= 3011567,3045 \text{ gram} \\ &= 3011,5673 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan HCl 33\%} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Massa HCl} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\ 33\% &= \frac{3011,5673}{\text{Massa Total}} \\ \text{Massa Total} &= 9125,9615 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{dengan } \rho \text{ HCl} = 1,268 \text{ kg/L (Perry 7}^{\text{ed}}; \text{T.2-57)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } \rho \text{ campuran} &= \% \text{ HCl} \times \rho \text{ HCl} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O} \\ &= 33\% \times 1,268 + 67\% \times 1 \\ &= 1,0884 \text{ gr/ml} \\ &= 1,0884 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Larutan} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}} \\ &= \frac{9125,9615}{1,0884} \\ &= 8384,4415 \text{ L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki HCl} &= 1,2 \times 8.384,4415 \\ &= 10.061,3298 \text{ L} \\ &= 10,0613 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$H = 2 D$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 10,0613 &= 0,785 \times D^2 \times 2D \\ 10,0613 &= 1,57 D^3 \\ D &= 1,86 \text{ m} \\ H &= 3,71 \text{ m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Kation Exchanger

Fungsi	Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam Ca^{2+} . Kandungan CaCO_3 dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer, Vol.11:887). Kandungan ini sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granular, agar
--------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Bentuk	sesuai dengan syarat air boiler. Silinder tegak
Kapasitas resin	41,2543 m ³ /3bulan
Jumlah	1 Buah
Waktu regenerasi resin	3 Bulan
Dimensi resin	
Tinggi	5,95 m
Diameter	2,97 m
Dimensi tangki HCl	
Tinggi	3,71 m
Diameter	1,86 m
Bahan konstruksi	Stainless Steel type 316

11. Anion Exchanger

Fungsi : Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO₃²⁻. Kandungan CaCO₃ dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon agar sesuai dengan syarat air boiler. (Kirk Othmer, Vol.11:887)

$$\begin{aligned} \text{Kandungan CaCO}_3 &= 5 \text{ grain/gal} = 0,3240 \text{ gram/gal} \\ &= (1 \text{ grain} = 0.0648 \text{ gram}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diproses} &= 214,6234 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 56.703,505 \text{ gallon/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah CaCO}_3 \text{ dalam air} &= 0,3240 \text{ gram/gal} \times 56.703,505 \text{ gallon/t} \\ &= 18.371,9357 \text{ gram/hari} \end{aligned}$$

Dipilih bahan pelunak :

Dowex dengan *exchanger capacity* = 2 ek/L resin [Perry 6^{ed}; T.16-4] (Dowex - Marathon C resin specification)

OH - Dowex diharapkan mampu menukar semua ion CO₃²⁻.

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{\text{Gram} \times \text{elektron}}{\text{BM}} \quad (\text{Underwood : 55})$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk CaCO}_3, 1 \text{ mol CO}_3 \text{ melepas 2 elektron : CO}_3^{2-}, \text{ sehingga elektron} &= 2 \\ \text{BM CaCO}_3 &= 60,01 \text{ gr/mol} \end{aligned}$$

$$\text{ek (ekuivalen)} = \frac{36.743,8714}{60,01} = 612,2958 \text{ ek}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\text{Resin (kg/hari)} = \frac{60}{24} \times 612,2958 = 1530,7395 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Resin yang diperlukan} &= \frac{612,2958}{2} \text{ ek} \\ &= 306,1479 \text{ L resin/hari} \end{aligned}$$

Karena regenerasi dilakukan setiap 3 bulan sekali, maka :
3 bulan = 90 hari

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resin setiap 3 bulan} &= 306,148 \text{ L resin/hari} \times 90 \text{ hari} \\ &= 27.553,3113 \text{ L resin} \\ &= 27,5533 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi 85\%} &= \frac{27,5533}{0,85} \text{ m}^3 \\ &= 32,41566 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Cara Kerja

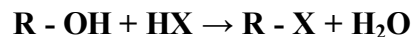
Air dilewatkan pada anion exchanger yang berisi resin negatif sehingga ion negatif tertukar dengan resin negatif.

Asumsi : $H = 2 D$

$$\begin{aligned} \text{Volume resin} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\ 32,4157 &= 0,785 \times D^2 \times D \\ 32,4157 &= 1,57 D^3 \\ D &= 2,7434 \text{ m} \\ H &= 5,4867 \text{ m} \end{aligned}$$

Regenerasi Dowex

Regenerasi Dowex dilakukan dengan larutan NaOH 40% (SPO Paiton)



Dimana :

R = Resin Dowex

R - OH = Resin Dowex mengikat anion.

R - X = Resin dalam kondisi mengikat anion.



Regenerasi dilakukan 4 kali dalam setahun

$$\text{Volume resin yang diregenerasi} = 27.553,3113 \text{ L Resin (1 bulan)}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 \text{Densitas Resin} &= 1,06 \text{ kg/L} \\
 \text{Massa Resin} &= \text{Volume} \times \text{Densitas} \\
 &= 27.553,3113 \times 1,06 \\
 &= 29206,5100 \text{ kg} \\
 \text{Volume resin yang di regenerasi} &= 27.553,3113 \text{ L Resin} \\
 \text{Ekivalen Total Ca}^{2+} &= \text{Volume Resin} \times \text{Kapasitas Resin} \\
 &= 27.553,3113 \times 2 \\
 &= 55106,6227 \text{ ek} \\
 \text{Mol Total Ca}^{2+} &= \frac{\text{Ekivalen Total Ca}^{2+}}{\text{Ekivalen Ca}^{2+}} \\
 &= \frac{55106,6227 \text{ ek}}{2 \text{ ek/mol}} \\
 &= 27553,3113 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ mol Ca}^{2+} \text{ ditukar atau exchange dengan 2 mol NaOH} \\
 \text{Maka kebutuhan NaOH} &= 2 \times 27553,3113 \\
 \text{(Dalam mol)} &= 55106,6227 \text{ mol} \\
 \text{Kebutuhan NaOH} &= \text{Mol NaOH} \times \text{BM NaOH} \\
 \text{(Dalam kg)} &= 55106,6227 \times 40 \\
 &= 2204264,9068 \text{ gram} \\
 &= 2204,2649 \text{ kg} \\
 \text{Maka kebutuhan NaOH 40\%} &= \frac{\text{Massa NaOH}}{\text{Massa NaOH} + \text{Massa H}_2\text{O}} \\
 40\% &= \frac{2204,2649}{\text{Massa Total}} \\
 \text{Massa Total} &= 5510,6623 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{dengan } \rho \text{ NaOH} &= 1,327 \text{ gr/ml} \\
 \text{Jadi } \rho \text{ campuran} &= \% \text{ NaOH} \times \rho \text{ NaOH} + \% \text{ H}_2\text{O} \times \rho \text{ H}_2\text{O} \\
 &= 40\% \times 1,327 + 60\% \times 1 \\
 &= 1,1308 \text{ gr/ml} \\
 &= 1,1308 \text{ kg/L} \\
 \text{Volume Larutan} &= \frac{\text{Massa Total}}{\text{Densitas Campuran}} \\
 &= \frac{5510,6623 \text{ kg}}{1,1308 \text{ kg/L}} \\
 &= 4873,2422 \text{ L} \\
 \text{Volume tangki NaOH} &= 1,2 \times 4.873,2422
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 &= 5.847,8906 \text{ L} \\
 &= 5,8479 \text{ m}^3 \\
 \text{Asumsi : } H &= 2 D \\
 \text{Volume Tangki} &= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H \\
 5,8479 &= 0,785 \times D^2 \times 2D \\
 5,8479 &= 1,57 D^3 \\
 D &= 1,5501 \text{ m} \\
 H &= 3,1002 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Anion Exchanger	
Fungsi	Mengurangi kesadahan air dikarenakan garam-garam CO_3^{2-} . Kandungan CaCO_3 dari pengolahan air sekitar 5 grain/gallon (Kirk Othmer, Vol.11:887). Kandungan i sedianya dihilangkan dengan resin dowex bentuk granul agar sesuai dengan syarat air boiler.
Bentuk	Silinder tegak
Kapasitas resin	27,5533 m^3 /3bulan
Jumlah	1 Buah
Waktu regenerasi resin	3 Bulan
Dimensi resin	
Tinggi	5,49 m
Diameter	2,74 m
Dimensi tangki NaOH	
Tinggi	3,10 m
Diameter	1,55 m
Bahan konstruksi	Stainless Steel type 316

12. Bak Penampung Air Demineralisasi (Air Umpan Boiler dan Air Proses)

Fungsi : Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan dijadikan sebagai air umpan boiler.

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik} &= 214,6234 \text{ m}^3/\text{hari} = 214.623,4113 \text{ L/h} \\
 &= 8,9426 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

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

Volume air dalam bak penampung :



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 8,9426 \quad \times \quad 12 \\ &= 107,3117 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \frac{107,3117}{85\%} \\ &= 126,2491 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi : Tinggi (H)} = 1 \quad \text{L}$$

$$\text{Panjang (P)} = 2 \quad \text{L}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak penampung air} &= P \times L \times H \\ 126,2491 &= 2 \quad \text{L} \times \quad \text{L} \times \quad \text{L} \\ 63,1245 &= \text{L}^3 \\ \text{L} &= 3,9817 \quad \text{m} \\ \text{H} &= 3,9817 \quad \text{m} \\ \text{P} &= 7,9634 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Menghitung Tinggi Air didalam Tangki

$$\begin{aligned} V_{\text{liq}} &= P \times L \times H \\ 107,3117 &= 7,9634 \quad \times \quad 3,9817 \quad \times \quad H \\ H &= 3,3844 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Demineralisasi	
Fungsi	Menampung air lunak dari kation-anion exchanger yang akan digunakan dijadikan sebagai air umpan boiler.
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Waktu tinggal	12 jam
Kapasitas	126,249 m ³
Dimensi	
Panjang (P)	7,96 m
Lebar (L)	3,98 m
Tinggi (H)	3,98 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

13. Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi : Menampung air Pendingin

Bentuk : Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.

$$\text{Rate Volumetrik, (Q}_7\text{)} = 4968,839 \quad \text{m}^3/\text{hari}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= 207,0350 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Ditentukan : Waktu tinggal = 1 jam

Volume air dalam bak penampung :

$$\begin{aligned} \text{Volume air} &= \text{Rate volumetrik} \times \text{waktu tinggal} \\ &= 207,0350 \times 1 \\ &= 207,0350 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume bak penampung direncanakan 85% terisi air

$$\text{Volume bak} = \frac{207,0350}{85\%}$$

$$= 243,5706 \text{ m}^3$$

Asumsi : Tinggi (H) = 1 L

Panjang (P) = 2 L

Volume bak penampung air = P x L x H

$$243,5706 = 2 \text{ L} \times \text{L} \times \text{L}$$

$$121,7853 = \text{L}^3$$

$$\text{L} = 4,9568 \text{ m}$$

$$\text{H} = 4,9568 \text{ m}$$

$$\text{P} = 9,9135 \text{ m}$$

Menghitung Tinggi Air didalam Tangki

$$V_{\text{liq}} = P \times L \times H$$

$$207,0350 = 9,9135 \times 4,9568 \times H$$

$$H = 4,2132 \text{ m}$$

Spesifikasi Bak Penampung Air Pendingin	
Fungsi	Menampung air pendingin
Kapasitas	243,5706 m ³
Bentuk	Bak berbentuk persegi panjang terbuat dari beton.
Dimensi	
Panjang (P)	9,91 m
Lebar (L)	4,96 m
Tinggi (H)	4,96 m
Bahan Konstruksi	Beton
Jumlah	1 Buah

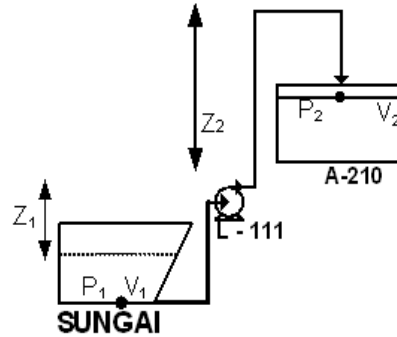
VII.3.2 Perhitungan Pompa

1. Pompa Air Sungai



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

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



Perhitungan :

ρ Air = 62,158 lb/cuft = 0,995679 g/ml
 Densitas air 30 °C = 86 °F = 995,2945 kg/m³
 (Badger ; App.9 : 733)

Bahan masuk = 261,3133 m³/jam x 995,2945 kg/m³
 = 260.083,7128 kg/jam
 = 573.386,5352 lb/jam

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f\text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{573.386,5352 \text{ lb/jam}}{62,158 \text{ lb/cuft}} \\ &= 1.844,9264 \text{ cuft/jam per 5 pompa} \\ &= 30,7488 \text{ cuft/menit} \\ &= 230,0168 \text{ gpm} \\ &= 0,5125 \text{ cuft/detik per 5 pompa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,158}{62,43} = 0,9956 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg reference = 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ reference = 0,95 cp

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



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= \frac{0,996}{1} \times 0,95 \\ &= 0,945864 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,512^{0.45} \times 62,1582^{0.13} \\ &= 4,9383 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 5 in, sch 40 *(Geankoplis 3ed, App A.5-1, p. 892)*

$$\text{OD} = 5,5630 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 5,047 \text{ in} = 0,421 \text{ ft} = 0,1282 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,421^2 \\ &= 0,1389 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,5125}{0,1389} \\ &= 3,6906 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,4206 \times 3,691 \times 62,1582}{0,0006} \\ &= 151801,0185 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{ed}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0004$$

$$f = 0,0040 \quad (\text{Geankoplis 4ed ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lbf}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa = 0,4206 ft					
Taksiran panjang pipa lurus			=	50	ft
3 Elbow 90°	=	3 x 32 x 0,4206	=	40,3760	ft
1 Gate Valve	=	1 x 7 x 0,4206	=	2,9441	ft
Panjang Total Pipa			=	93,3201	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4}^{ed}, \text{Pers. 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0040 \times 3,6906^2 \times 93,3201}{32,1740 \times 0,4206}$$

$$= \frac{10,1688}{13,5318}$$

$$= 0,7515 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 4}^{ed}, \text{Pers. 2.10-16})$$

k = 0,55 ; A tangki >>> A pipa (Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)

α = 1,0 ; untuk aliran turbulen (Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)

$$= \frac{0,55 \times 3,6906^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 0,1164 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

3. Friksi karena elbow 90°

kf = 0,75 karena turbulen (Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)

$$F_4 = 3 \times \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \times \frac{0,75 \times 13,62^2}{2}$$

(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)

$$= 15,3235 \text{ ft.lbf / lb}_m$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$K_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga}$$

$$= 1$$

$$F_3 = \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1 \times 3,6906^2}{2 \times 1 \times 32,174}$$

(Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)

$$= 0,2117 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \text{ (Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)}$$

$$F_4 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 13,62^2}{2}$$

(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)

$$= 1,1578 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 0,7515 + 0,1164 + 15,3235 + 0,2117 + 1,1578$$

$$= 17,5609 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 1 \times 2116 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,217 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,1582 \text{ lb/cuft} = 0,995679 \text{ gr/ml}$$

Karena titik P diambil di atas permukaan air maka $P_1 = 1 \text{ atm}$

$P_1 = P \text{ hidrostatik}$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 10,0115 \text{ m} = 0,1604 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,1582 \text{ lb/cuft} = 0,9957 \text{ gr/ml}$$

$$\begin{aligned} P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \\ &= 62,1582 \times 0,1604 \\ &= 9,9692 \text{ lb/ft}^2 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,217 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,22 - 9,969}{62,1582} = \frac{2.106,2478}{62,1582} \frac{\text{lb/ft}^2}{\text{lb/cuft}} = 33,8853 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

$$\text{Asumsi} : Z_1 = 0 \text{ m} = 0 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 12,51 \text{ m} = 41,0575 \text{ ft}$$

$$g/g_c = 1 \text{ lbf/lb}_m$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \\
 g_c, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbm} \\
 \Delta Z \frac{g}{g_c} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{g_c} \\
 &= (41,0575 - 0) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= 41,0575 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \\
 \frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} &= \frac{3,6906^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,2117 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F \\
 &= 33,8853 + 41,0575 + 0,2117 + 17,5609 \\
 &= 92,7153 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 230,0168 gpm

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\
 &= \frac{92,7153 \times 230,0168 \times 1}{3960} \\
 &= 5,3619 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Rate volumetrik = 230,0168197 gpm

Viskositas (μ) = 0,9459 Cp = 0,9459 Cs

Effisiensi Pompa = 60% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$\begin{aligned}
 B_{hp} &= \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}} \\
 &= \frac{5,3619}{60\%} \\
 &= 8,9365 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 87% (Peters 4^{ed}; Figure 14-38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{B_{hp}}{\eta \text{ motor}}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

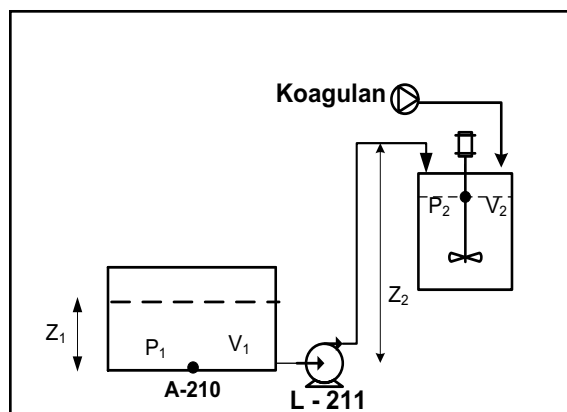
$$= \frac{8,9365}{87\%}$$
$$= 10,2719 \text{ Hp} = 10 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Pompa Air Sungai :

Fungsi	: Mengalirkan air dari sungai ke bak penampung air sungai
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 1.844,9264 cuft/jam
Kecepatan Aliran	: 3,6906 ft/detik
Total Dynamic Head	: 92,7153 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	: 87%
Effisiensi Pompa	: 60%
Power Motor	: 10 Hp
BHp	: 9 Hp
Jumlah	: 5 Buah

2. Pompa ke Tangki Koagulasi

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



$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$
$$\text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\text{Bahan masuk} = 258,7002 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= 257.482,8757 \text{ kg/jam} \\ &= 567.652,6698 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{567.652,6698 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 1.818,5253 \text{ cuft/jam per 5 pompa} \\ &= 30,3088 \text{ cuft/menit} \\ &= 226,7252 \text{ gpm} \\ &= 0,5051 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} \\ &= \frac{62,430 \text{ lb/cuft}}{62,43 \text{ lb/cuft}} \\ &= 1,0000 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari *Kern Table 6 ; Page - 808* didapat sg referenc 1

Dari *Kern figure 14 ; Page 823* didapat μ referenc 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496}]$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 0,505^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 4,9091 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 5 in, sch 40 (**Brownell & Young, Page 389**)

$$\text{OD} = 5,5630 \text{ in}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 ID &= 5,047 \text{ in} = 0,4206 \text{ ft} = 0,1282 \text{ m} \\
 A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2\right) \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,4206^2 \\
 &= 0,1389 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\
 &= \frac{0,5051}{0,1389} \\
 &= 3,6378 \text{ ft/detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NRe &= \frac{D v \rho}{\mu} \\
 &= \frac{0,4206 \times 3,6378 \times 62,4300}{0,0006} \\
 &= 149.628,725 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})
 \end{aligned}$$

[Peters, 4^{ed}, pers 12-15 hal 50]

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 \epsilon/D &= 0,0004 \\
 f &= 0,0045 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88}) \\
 gc &= 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}
 \end{aligned}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

(Peters & Timmerhause, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$\text{ID pipa} = 0,4206 \text{ ft}$$

	Taksiran panjang pipa lurus	=	20	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,4206	=	40,3760	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,4206	=	2,9441	ft
Panjang Total Pipa		=	63,3201	ft

Friksi yang terjadi:



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung
dengan Proses Hidrolisis Enzim

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f x v^2 x Le}{gc x D} && \text{(Geankoplis 4^{ed}, Pers. 2.10-6)} \\ &= \frac{2 x 0,0045 x 3,638^2 x 63,3201}{32,1740 x 0,4206} \\ &= \frac{7,5417}{13,5318} \\ &= 0,5573 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K x v^2}{2 x \alpha x gc} && \text{(Geankoplis 4^{ed}, Pers. 2.10-16)} \\ k &= 0,55 ; A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-1)} \\ \alpha &= 1,0 ; \text{ untuk aliran turbulen} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-1)} \\ &= \frac{0,55 x 3,6378^2}{2 x 1,0 x 32,1740} \\ &= 0,1131 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m \end{aligned}$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$\begin{aligned} k_f &= 0,75 \text{ karena turbulen} && \text{(Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)} \\ F_4 &= 3 \frac{K_f x V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 x 13,23}{2} \\ &= 14,8881 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)} \end{aligned}$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned} K_{ex} &= (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} \\ &= 1 \\ F_3 &= \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 x \alpha x gc} = \frac{1 x 3,6378^2}{2 x 1 x 32,17} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)} \\ &= 0,2057 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m \end{aligned}$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$\begin{aligned} k_f &= 0,17 && \text{(Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)} \\ F_4 &= \frac{K_f x V_1^2}{2} = \frac{0,17 x 13,23}{2} \\ &= 1,1249 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 0,5573 + 0,1131 + 14,8881 + 0,2057 + 1,1249 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= 16,8891 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatis}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bahan, H} &= 10,0115 \text{ m} = 32,8460 \text{ ft} \\ \rho \text{ bahan} &= 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml} \\ P \text{ hidrostatis} &= \rho \times H \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= 62,4300 \times 32,8460 \times 1 \\ &= 2.050,5765 \text{ lbf/ft}^2 \end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 2.050,5765}{62,4300} = \frac{66,2235}{62,4300} \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lb/cuft}} = 1,0608 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned} Z_1 &= 10,0115 \text{ m} = 32,8460 \text{ ft} \\ Z_2 &= 17,6038 \text{ m} = 57,7554 \text{ ft} \\ \text{g/gc} &= 1 \text{ lbf/lbm} \\ \text{g, percepatan gravitasi bumi} &= 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \\ \text{gc, konstanta gravitasi bumi} &= 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= (57,7554 - 32,8460) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\ &= 24,909 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \alpha \times \text{gc}} = \frac{3,6378^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,2057 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \text{ gc}} + \Sigma F \\ &= 1,0608 + 24,9094 + 0,2057 + 16,8891 \\ &= 43,0649 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \text{Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan)} &= 1 \\ \text{Rate volumetrik} &= 226,7252 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{- W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\ &= \frac{43,0649 \times 226,725 \times 1}{3960} \\ &= 2,4656 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 226,7252 \text{ gpm} \\ \text{Effisiensi Pompa} &= 60\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ Figure 124-37 Page 520}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{hp} &= \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{2,4656}{60\%} \\ &= 4,1094 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 84\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ Figure 14-38 Page 521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{B_{hp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{4,1094}{84\%} \\ &= 4,8921 \text{ Hp} = 5 \text{ HP} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Tangki Koagulasi :

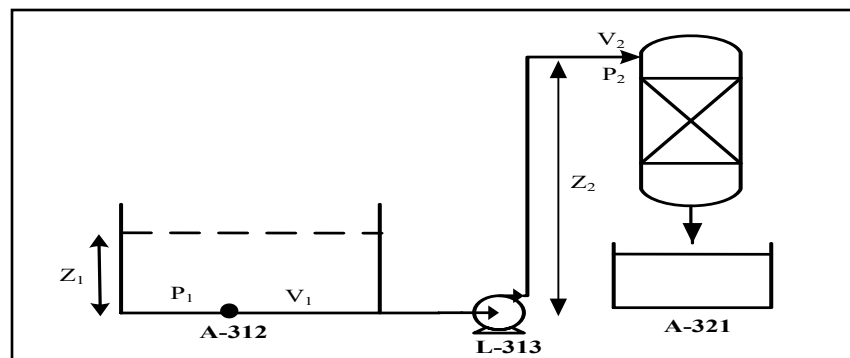
Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak penampung air sungai ke tangki koagulasi.
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	1.818,5253 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	3,638 ft/detik
Total Dynamic Head	:	43,06 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	84%
Effisiensi Pompa	:	60%
Power Motor	:	5 Hp
BHp	:	4 Hp
Jumlah	:	5 Buah

3. Pompa ke Sand Filter



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

- Fungsi : Mengalirkan air dari Bak Penampung Air setengah bersih ke Sand Filter
- Type : Centrifugal Pump
- Dasar Pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 232,8566 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &= 231.760,8437 \text{ kg/jam} \\ &= 510.945,2866 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f\text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{510.945,2866 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 1.636,8582 \text{ cuft/jam per 5 pompa} \\ &= 27,2810 \text{ cuft/menit} \\ &= 204,0758 \text{ gpm} \\ &= 0,4547 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430 \text{ lb/cuft}}{62,43 \text{ lb/cuft}} = 1$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg referenc 1



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ referensi 0,95 cp

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 0,45^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 4,6820 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 5 in, sch 40 (Brownell & Young, Page 389)

$$\text{OD} = 5,5630 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 5,047 \text{ in} = 0,4206 \text{ ft} = 0,1282 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,421^2 \\ &= 0,1389 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,4547}{0,1389} \\ &= 3,2744 \text{ ft/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}NRe &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,4206 \times 3,2744 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 134.681,11 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})\end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0004$$

$$f = 0,0045 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lb}_f$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$\text{ID pipa} = 0,4206 \text{ ft}$$

	Taksiran panjang pipa lurus =	20	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,4206	=	40,3760 ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,4206	=	2,9441 ft
Panjang Total Pipa		=	63,3201 ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0045 \times 3,274^2 \times 63,3201}{32,1740 \times 0,4206}$$

$$= \frac{6,1102}{13,5318}$$

$$= 0,4515 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,55 \text{ ; } A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-1})$$

$$\alpha = 1,0 \text{ ; untuk aliran turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-1})$$

$$= \frac{0,55 \times 3,274^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 0,0916 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$k_f = 0,75 \text{ karena turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$F_3 = 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 10,72}{2}$$

(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)

$$= 12,0621 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$

$$F_4 = \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{3,2744^2}{2 \times 1 \times 32,17} \text{ (Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)}$$

$$= 0,1666 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \text{ (Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)}$$

$$F_5 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 10,72}{2}$$

(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)

$$= 0,9114 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 0,4515 + 0,0916 + 12,0621 + 0,1666 + 0,9114$$

$$= 13,6832 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatis} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 4,3816 \text{ m} = 14,3753 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatis} = \rho \times H \times \frac{g}{g_c}$$

$$= 62,4300 \times 14,3753 \times 1$$

$$= 897,4505 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 897,5}{62,4300} = \frac{1.219,3495}{62,4300} \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lb/cuft}}$$

$$= 19,5315 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$

Asumsi :

$$Z_1 = 4,3816 \text{ m} = 14,3753 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 9,1566 \text{ m} = 30,0413 \text{ ft}$$

$$g/g_c = 1 \text{ lbf/lb}_m$$

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$g_c, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbm}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{g}{g_c} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{g_c} \\ &= (30,0413 - 14,3753) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\ &= 15,6660 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{3,2744^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,1666 \text{ ft.lbf/lbm}$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{g_c} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha g_c} + \Sigma F \\ &= 19,5315 + 15,6660 + 0,1666 + 13,6832 \\ &= 49,0473 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 204,0758 gpm

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{Pers } 6-11, \text{Page } 6-5) \\ &= \frac{49,0473 \times 204,076 \times 1}{3960} \\ &= 2,5276 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi Pompa = 60% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$\begin{aligned} Bhp &= \frac{Bph}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{2,5276}{60\%} \\ &= 4,2127 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 84% (Peters 4^{ed}; Figure 14-38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{Bhp}{\eta \text{ motor}}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

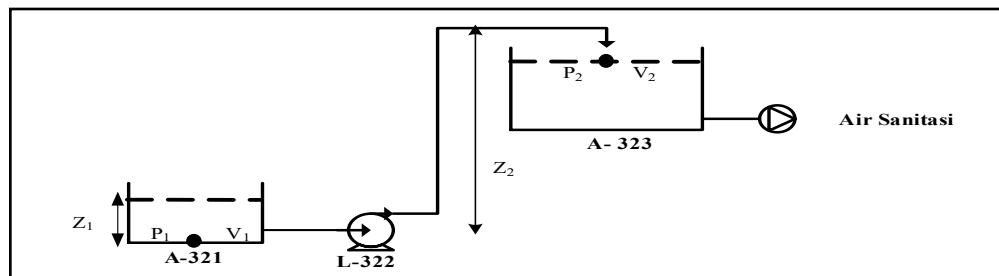
$$= \frac{4,2127}{84\%}$$
$$= 5,0151 \text{ Hp, dipilih } 5 \text{ HP}$$

Spesifikasi Pompa ke Sand Filter :

Fungsi	: Mengalirkan air dari Bak Penampung Air setengah bersih ke Sand Filter
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 1.636,8582 cuft/jam
Kecepatan Aliran	: 3,274 ft/detik
Total Dynamic Head	: 49,05 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	: 84%
Effisiensi Pompa	: 60%
Power Motor	: 5 Hp
BHp	: 4 Hp
Jumlah	: 5 Buah

4. Pompa Bak Penampung Air Sanitasi

Fungsi	: Mengalirkan air dari Bak Penampung Air Bersih ke Bak Air Sanitasi
Type	: Centrifugal Pump
Dasar Pemilihan	: Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$
$$\text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\text{Bahan masuk} = 1,7835 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= 1.775,1077 \text{ kg/jam}$$

$$= 3.913,4432 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{3.913,4432 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 62,6853 \text{ cuft/jam} \\ &= 1,0448 \text{ cuft/menit} \\ &= 2,3033 \text{ gpm} \\ &= 0,0174 \text{ cuft/detik} \\ \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430 \text{ lb/cuft}}{62,43 \text{ lb/cuft}} = 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15) Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad \text{[Peters, 4^{ed}, pers.15 : 496]}$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 0,017^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 1,0786 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 in, sch 40 (**Brownell & Young, Page 389**)

$$\text{OD} = 1,3150 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 1,040 \text{ in} = 0,0867 \text{ ft} = 0,0264 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right)$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,087^2$$

$$= 0,0059 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = \frac{q_f}{A}$$

$$= \frac{0,0174}{0,0059}$$

$$= 2,9532 \text{ ft/detik}$$

$$\text{NRe} = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,0867 \times 2,9532 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 25.030,0253 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0017$$

$$f = 0,0080 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

(Peters & Timmerhause, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$\text{ID pipa} = 0,0867 \text{ ft}$$

Taksiran panjang pipa lurus	=	25	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,0867	=	8,3200 ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,0867	=	0,6067 ft
Panjang Total Pipa		=	33,9267 ft



Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times L \times \rho}{g_c \times D} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-6)} \\ &= \frac{2 \times 0,0080 \times 2,953^2 \times 33,9267}{32,1740 \times 0,0867} \\ &= \frac{4,7341}{2,7884} \\ &= 1,6978 \quad \text{ft.lbf / lb}_m \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} && \text{(Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16)} \\ k &= 0,55 \quad ; A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)} \\ \alpha &= 1,0 \quad ; \text{untuk aliran turbulen} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)} \\ &= \frac{0,55 \times 2,9532^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740} \\ &= 0,0745 \quad \text{ft.lbf / lb}_m \end{aligned}$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$\begin{aligned} k_f &= 0,75 \quad \text{karena turbulen} && \text{(Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)} \\ F_3 &= 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 8,72^2}{2} \\ &= 9,8114 \quad \text{ft.lbf / lb}_m && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)} \end{aligned}$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned} k_{ex} &= (1 - A_1/A_2)^2, \quad A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1 \\ F_4 &= \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1 \times 2,953^2}{2 \times 1 \times 32,17} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)} \\ &= 0,1355 \quad \text{ft.lbf / lb}_m \end{aligned}$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$\begin{aligned} k_f &= 0,17 \quad \text{(Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)} \\ F_5 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 8,72^2}{2} \\ &= 0,7413 \quad \text{ft.lbf / lb}_m && \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}\Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 1,6978 + 0,0745 + 9,8114 + 0,1355 + 0,7413 \\ &= 12,4606 \text{ ft.lbf / lb}_m\end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 4,3669 \text{ m} = 9,6275 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$\begin{aligned}P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= 62,4300 \times 9,6275 \times 1 \\ &= 601,0420 \text{ lbf/ft}^2\end{aligned}$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\begin{aligned}\frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 601,04}{62,4300} = \frac{1.515,7580}{62,4300} \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lb/cuft}} \\ &= 24,2793 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Asumsi} &: Z_1 = 4,3669 \text{ m} = 14,3272 \text{ ft} \\ &Z_2 = 9,5045 \text{ m} = 31,1828 \text{ ft} \\ &\text{g/gc} = 1 \text{ lbf/lbm}\end{aligned}$$

$$\text{g, percepatan gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2$$

$$\text{gc, konstanta gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lbf}$$

$$\begin{aligned}\Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= (31,1828 - 14,3272) \times 1 \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\ &= 16,8556 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m \text{ s}}\end{aligned}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times \text{gc}} = \frac{2,9532^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,1355 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= 24,2793 + 16,8556 + 0,1355 + 12,4606 \\ &= 53,7310 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbf}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan)} &= 1 \\ \text{Rate volumetrik} &= 2,3033 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{- W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\ &= \frac{53,7310 \times 2,303 \times 1}{3960} \\ &= 1,0000 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi Pompa} = 30\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ Figure 14-37 Page 520})$$

$$\begin{aligned} B_{hp} &= \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{1,0000}{30\%} \\ &= 3,0000 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 83\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ Figure 14-38 Page 521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{B_{hp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{3,0000}{83\%} \\ &= 3,6145 \text{ Hp} \approx 4 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Sanitasi :

Fungsi	: Mengalirkan air dari Bak Penampung Air bersih ke Bak Air Sanitasi
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 62,6853 cuft/jam
Kecepatan Aliran	: 2,9532 ft/detik
Total Dynamic Head	: 53,73 ft.lbf/lbf

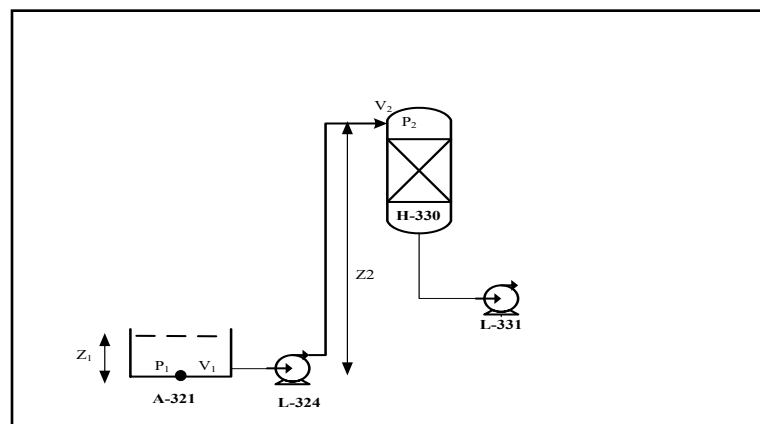


Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Effisiensi Motor	:	83%
Effisiensi Pompa	:	30%
Power Motor	:	4 Hp
BHp	:	3 Hp
Jumlah	:	1 Buah

5. Pompa ke Kation Exchanger

Fungsi	=	Mengalirkan bahan dari bak penampung air bersih ke kation exchanger
Type	=	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	=	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\text{Bahan masuk} = 8,9426 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

$$= 8.900,5621 \text{ kg/jam}$$

$$= 19.622,3839 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Rate Volumetrik (} q_f \text{)} = \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 &= \frac{19.622,3839 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\
 &= 314,3102 \text{ cuft/jam} \\
 &= 5,2385 \text{ cuft/menit} \\
 &= 39,1867 \text{ gpm} \\
 &= 0,0873 \text{ cuft/detik} \\
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430}{62,43} = 1,0000
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg reference = 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ reference = 0,95 cp

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

$$= \frac{1,000}{1} \times 0,95$$

$$= 0,95 \text{ Cp}$$

$$= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,1^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\
 &= 2,2281 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa 3 in, sch 80 (Brownell & Young, Page 389)

$$\text{OD} = 3,5000 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,9000 \text{ in} = 0,2417 \text{ ft} = 0,0737 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,2417^2$$

$$= 0,0458 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = \frac{q_f}{A}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= \frac{0,0873}{0,0458}$$

$$= 1,9044 \text{ ft/detik}$$

$$\text{NRe} = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,2417 \times 1,9044 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 45.007,9641 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})$$

(Geankoplis 3^{ed}; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0006$$

$$f = 0,0075 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

(Peters & Timmerhause, Page 484-485)

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$\text{ID pipa} = 0,2417 \text{ ft}$$

Taksiran panjang pipa lurus =	30	ft
3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,2417 =	23,2000	ft
1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,2417 =	1,6917	ft
Panjang Total Pipa	= 54,8917	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0075 \times 1,9044^2 \times 54,8917}{gc \times D}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 & \frac{32,1740}{2} \times 0,2417 \\
 = & \frac{2,9861}{7,7754} \\
 = & 0,3840 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} && \text{(Geankoplis 3}^{ed}, \text{ Pers. 2.10-16)} \\
 k &= 0,55 ; A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} && \text{(Geankoplis 4}^{ed}, \text{ eq 2.10-16)} \\
 \alpha &= 1,0 ; \text{ untuk aliran turbulen} && \text{(Geankoplis 4}^{ed}, \text{ eq 2.10-16)} \\
 = & \frac{0,55 \times 1,9044^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740} \\
 = & 0,0310 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$\begin{aligned}
 kf &= 0,75 \text{ karena turbulen} && \text{(Geankoplis 4}^{ed} \text{ tabel 2.10-2 hal 94)} \\
 F_3 &= 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 3,63^2}{2} \\
 & && \text{(Geankoplis 3}^{ed}, \text{ eq 2.10-16)} \\
 & && = 4,0800 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$\begin{aligned}
 kex &= (1-A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1 \\
 F_4 &= \frac{V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1 \times 1,9044^2}{2 \times 1 \times 32,174} && \text{(Geankoplis 4}^{ed}, \text{ eq 2.10-15)} \\
 & && = 0,0564 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$\begin{aligned}
 kf &= 0,17 && \text{(Geankoplis 4}^{ed}, \text{ tabel 2.10-1)} \\
 F_5 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 3,63^2}{2} && \text{(Geankoplis 3}^{ed}, \text{ eq 2.10-17)} \\
 & && = 0,3083 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\
 &= 0,3840 + 0,0310 + 4,0800 + 4,0800 + 0,3083 \\
 &= 8,8833 \text{ ft.lb}_f / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 4,3669 \text{ m} = 14,3272 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 P \text{ hidrostatik} &= \rho \times H \times \frac{g}{gc} \\
 &= 62,4300 \times 14,3272 \times 1 \\
 &= 894,4490 \text{ lbf/ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 894,4490}{62,43} = \frac{1.222,3510}{62,4300} \frac{\text{lbf/ft}^2}{\text{lb/cuft}} \\
 &= 19,5795 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= 4,3669 \text{ m} = 14,32723 \text{ ft} \\
 Z_2 &= 10,3129 \text{ m} = 33,83488 \text{ ft} \\
 \frac{g}{gc} &= 1 \frac{\text{lbf}}{\text{lbm}} \\
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \\
 gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= (33,835 - 14,3272) \times 1 \frac{\text{ft}}{\text{ft}} \\
 &= 19,5077 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1,9044^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,0564 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 19,5795 + 19,5077 + 0,0564 + 8,8833 \\
 &= 48,0268 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan = 1
 Rate volumetrik = 39,1867 gpm

$$H_p = \frac{- W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= \frac{48,0268 \times 39,1867 \times 1}{3960}$$
$$= 0,4753 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 39,1867 gpm

Viskositas (μ) = 0,9500 Cp = 0,9500 Cs

Effisiensi Pompa = 40% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$\text{Bhp} = \frac{\text{Bph}}{\eta \text{ pompa}}$$
$$= \frac{0,4753}{40\%}$$
$$= 1,0000 \text{ Hp}$$

Effisiensi motor = 84% (Peters 4^{ed}; Figure 14-38 Page 521)

$$\text{Power motor} = \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}}$$
$$= \frac{1,0000}{84\%}$$
$$= 1,1905 \text{ Hp, dip} = 1 \text{ HP}$$

Spesifikasi Pompa ke Kation Exchanger :

Fungsi	: Mengalirkan bahan dari bak penampung air bersih ke kation exchanger
Type	: Centrifugal Pump
Bahan	: Commercial Steel
Rate Volumetrik	: 314,310 cuft/jam
Kecepatan Aliran	: 1,9044 ft/detik
Total Dynamic Head	: 48,0268 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	: 84%
Effisiensi Pompa	: 40%
Power Motor	: 1 Hp
BHp	: 1 Hp
Jumlah	: 1 Buah

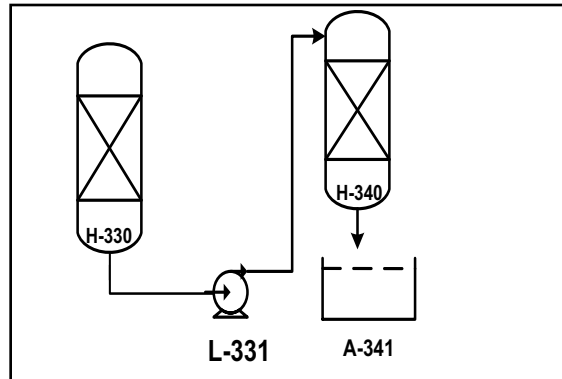
6. Pompa ke Anion Exchanger

Fungsi : Mengalirkan bahan dari kation exchanger ke anion exchange



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Type : Centrifugal Pump
 Dasar pemilihan : Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(**Badger ; App.9 : 733**)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 8,9426 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &= 8.900,5621 \text{ kg/jam} \\ &= 19.622,3839 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{19.622,3839 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 314,3102 \text{ cuft/jam} \\ &= 5,2385 \text{ cuft/menit} \\ &= 39,1867 \text{ gpm} \\ &= 0,0873 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430}{62,43} = 1$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg reference = 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ reference = 0,95 cp

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



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496}]$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 0,087^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 2,2281 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 3 in, sch 80 (**Brownell & Young, Page 387**)

$$\text{OD} = 3,500 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,900 \text{ in} = 0,2417 \text{ ft} = 0,0737 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,2417^2 \\ &= 0,0458 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,0873}{0,0458} \\ &= 1,9044 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,2417 \times 1,9044 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 45.007,9641 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{ed}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0006$$

$$f = 0,0075 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lb}_f$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$\text{ID pipa} = 0,2417 \text{ ft}$$

	Taksiran panjang pipa lurus =	10	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,2417	= 23,2000	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,2417	= 1,6917	ft
Panjang Total Pipa		= 34,8917	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-6)} \\
 &= \frac{2 \times 0,0075 \times 1,9044^2 \times 34,8917}{32,1740 \times 0,2417} \\
 &= \frac{1,8981}{7,7754} \\
 &= 0,2441 \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$\begin{aligned}
 F_2 &= \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} && \text{(Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16)} \\
 k &= 0,55 ; A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)} \\
 \alpha &= 1,0 ; \text{ untuk aliran turbulen} && \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)} \\
 &= \frac{0,55 \times 1,9044^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740} \\
 &= 0,0310 \text{ ft.lbf / lb}_m
 \end{aligned}$$

3. Friksi karena elbow 90°



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$k_f = 0,75 \text{ karena turbulen (Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)}$$

$$F_3 = 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 3,627}{2} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)}$$

$$= 4,0800 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$

$$F_4 = \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1 \times 1,9044^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)}$$

$$= 0,0564 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

5 Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \quad \text{(Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)}$$

$$F_5 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 3,627}{2} \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)}$$

$$= 0,3083 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 0,2441 + 0,0310 + 4,0800 + 0,0564 + 0,3083$$

$$= 4,7197 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$P_1 = P$ hidrostatik

$$\text{Tinggi bahan, } H = 5,9459 \text{ m} = 19,5077 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times g/g_c$$

$$= 62,4300 \times 19,5077$$

$$= 1.217,8629 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 \quad 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 1.217,9}{62,43} = \frac{898,937}{62,4300 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 14,3991 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\text{Asumsi} \quad : \quad Z_1 = 5,9459 \text{ m} = 19,5077 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 7,0369 \text{ m} = 23,0869 \text{ ft}$$

$$g/g_c = 1 \text{ lbf/lb}_m$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$g, \text{ percepatan gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2$$

$$g_c, \text{ konstanta gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf}$$

$$\Delta Z \frac{g}{g_c} = (Z_1 - Z_2) \times \frac{g}{g_c}$$

$$= (23,0869 - 19,5077) \times \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 3,5792 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1,9044}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,0564 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 14,3991 + 3,5792 + 0,0564 + 4,7197$$

$$= 22,7544 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1

Rate volumetrik = 39,1867 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times s_g}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{22,7544 \times 39,1867 \times 1,0000}{3960}$$

$$= 0,2252 \quad H_p = 0 \quad H_p$$

Rate volumetrik = 39,1867 gpm

Viskositas (μ) = 0,9500 Cp = 0,9500 Cs

Effisiensi Pompa = 40% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$B_{hp} = \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}}$$

$$= \frac{0,2252}{40\%}$$



$$\begin{aligned} &= 0,5629 \text{ Hp} \\ \text{Effisiensi motor} &= 81\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}; \text{Figure 14-38 Page 521}) \\ \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{0,5629}{81\%} \\ &= 1 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa ke Anion Exchanger :

Fungsi	:	Mengalirkan bahan dari kation exchanger ke anion exchanger
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	314,310 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	1,904 ft/detik
Total Dynamic Head	:	22,75 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	81%
Effisiensi Pompa	:	40%
Power Motor	:	1 Hp
BHp	:	1 Hp
Jumlah	:	1 Buah

7. Pompa Air Umpan Boiler

Fungsi	:	Mengalirkan bahan dari bak air demineralisasi ke boiler
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air} &30 \text{ }^{\circ}\text{C} = 86 \text{ }^{\circ}\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &(\text{Badger ; App.9 : 733}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 2,8017 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2.788,5406 \text{ kg/jam} \\ &= 6.147,6808 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{6.147,6808 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 98,4732 \text{ cuft/jam} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= 1,6412 \text{ cuft/menit} \\ &= 12,2772 \text{ gpm} \\ &= 0,0274 \text{ cuft/detik} \\ \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430 \text{ lb/cuft}}{62,43 \text{ lb/cuft}} = 1 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg referenc 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ referenc 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3,9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,0274^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\ &= 1,3217 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 2 1/2 in, sch 80 (Brownell & Young, Page 387)

$$\text{OD} = 2,8750 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 2,3230 \text{ in} = 0,1936 \text{ ft} = 0,0590 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1936^2$$

$$= 0,0294 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,0274}{0,0294} \\ &= 0,9298 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,1936 \times 0,9298 \times 62,4300}{0,00064} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= \frac{0,0006}{17.603,4464} > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})$$

(Geankoplis 3^{ed}; Page 88)

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0008$$

$$f = 0,0070 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lb}_f$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa	=	0,1936	ft		
Taksiran panjang pipa lurus			=	30	ft
3 Elbow 90°	=	3 x 32 x 0,1936	=	18,5840	ft
1 Gate Valve	=	1 x 7 x 0,1936	=	1,3551	ft
Panjang Total Pipa			=	49,9391	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0070 \times 0,9298^2 \times 49,9391}{32,1740 \times 0,1936}$$

$$= \frac{0,6045}{6,2284}$$

$$= 0,0971 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 k &= 0,55 \quad ; A \text{ tangki} \gg \gg A \text{ pipa} \quad \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)} \\
 \alpha &= 1,0 \quad ; \text{ untuk aliran turbulen} \quad \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)} \\
 &= \frac{0,55 \times 0,9298^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740} \\
 &= 0,0074 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$k_f = 0,75 \quad \text{karena turbulen} \quad \text{(Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)}$$

$$\begin{aligned}
 F_3 &= 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 0,86}{2} \\
 & \quad \quad \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)} \\
 &= 0,9727 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, \quad A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$

$$\begin{aligned}
 F_4 &= \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1 \times 0,9298^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)} \\
 &= 0,0134 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \quad \text{(Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)}$$

$$\begin{aligned}
 F_5 &= \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 0,86}{2} \\
 & \quad \quad \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-17)} \\
 &= 0,0735 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0971 + 0,0074 + 0,9727 + 0,0134 + 0,0735 \\
 &= 1,1641 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m
 \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatis} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 3,3844 \text{ m} = 11,1038 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatis} = \rho \times H \times g/g_c$$

$$= 62,4300 \times 11,1038$$

$$= 693,2077 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 \quad 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\underline{\Delta P} = \underline{P_2 - P_1} = \underline{2.116,80 - 693,2} = \underline{1.423,59 \text{ lbf/ft}^2}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\rho = \frac{62,43}{62,4300} \frac{\text{lb/cuft}}{\text{ft.lbf/lbm}} = 22,8030$$

Asumsi : $Z_1 = 3,3844 \text{ m} = 11,10376 \text{ ft}$
 $Z_2 = 13,3844 \text{ m} = 43,91216 \text{ ft}$
 $g/gc = 1 \text{ lbf/lbm}$

g , percepatan gravitasi bumi = $32,1740 \text{ ft/dt}^2$
 gc , konstanta gravitasi bumi = $32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbm}$

$$\Delta Z \frac{g}{gc} = (Z_1 - Z_2) \times \frac{g}{gc}$$

$$= (43,912 - 11,1038) \times \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 32,8084 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \alpha \times gc} = \frac{0,9298^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,0134 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

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

$$= 22,8030 + 32,8084 + 0,0134 + 1,1641$$

$$= 56,7889 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan = 1

Rate volumetrik = 12,2772 gpm

$$H_p = \frac{-W_f \times \text{flowrate}(\text{gpm}) \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5})$$

$$= \frac{56,7889 \times 12,2772 \times 1,0000}{3960}$$

$$= 1,0000 \text{ Hp}$$

Rate volumetrik = 12,2772 gpm

Viskositas (μ) = 0,9500 Cp = 0,9500 Cs

Effisiensi Pompa = 40% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$R_{hn} = \frac{B_{ph}}{\text{...}}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \text{Bhp} &= \frac{1,0000}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{1,0000}{40\%} \\ &= 3,0000 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 83\% \quad (\text{ Peters 4}^{\text{ed}}; \text{ Figure 14-38 Page 521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{3,0000}{83\%} \\ &= 3,00 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Air Umpan Boiler :

Fungsi	:	Mengalirkan bahan dari bak air demineralisasi ke boiler
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	98,473 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	0,9298 ft/detik
Total Dynamic Head	:	56,789 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	83%
Effisiensi Pompa	:	40%
Power Motor	:	3 Hp
BHp	:	3 Hp
Jumlah	:	1 Buah

8. Pompa Air Proses

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air demineralisasi ke peralatn prose plant
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air } 30 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 86 \text{ }^{\circ}\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 6,1409 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &= 6.112,0214 \text{ kg/jam} \\ &= 13.474,7031 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{13.474,7031 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\
 &= 215,8370 \text{ cuft/jam} \\
 &= 3,5973 \text{ cuft/menit} \\
 &= 26,9095 \text{ gpm} \\
 &= 0,0600 \text{ cuft/detik} \\
 \text{Sg Bahan} &= \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430}{62,43} = 1
 \end{aligned}$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari **Kern Table 6 ; Page - 808** didapat sg referenc 1

Dari **Kern figure 14 ; Page 823** didapat μ referenc 0,95 cp

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496}]$$

Dengan :

q_f = Fluid flow rate; (cuft/detik)

ρ = Fluid Density; (lb/cuft)

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 3,9 \times 0,0600^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\
 &= 1,8814 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih pipa 1 1/2 in, sch 40 (**Brownell & Young, Page 387**)

OD = 1,9000 in

ID = 1,6100 in = 0,1342 ft = 0,0409 m

$$\begin{aligned}
 A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times ID^2 \right) \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,1342^2 \\
 &= 0,0141 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = \frac{q_f}{A}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= \frac{0,0600}{0,0141}$$

$$= 4,2429 \text{ ft/detik}$$

$$\text{NRe} = \frac{D v \rho}{\mu}$$

$$= \frac{0,1342 \times 4,2429 \times 62,4300}{0,0006}$$

$$= 55.670,9877 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar})$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0011$$

$$f = 0,0090 \quad (\text{Geankoplis 4ed. Fig. 2.10-3, hal 88})$$

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lb}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa = 0,1342 ft	Taksiran panjang pipa lurus = 20 ft
3 Elbow 90° = 3 x 32 x 0,1342 = 12,8800 ft	
1 Gate Valve = 1 x 7 x 0,1342 = 0,9392 ft	
Panjang Total Pipa = 33,8192 ft	

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0090 \times 4,2429^2 \times 33,8192}{32,1740 \times 0,1342}$$

$$= \frac{10,9588}{4,3167}$$

$$= 2,5387 \text{ ft.lbf / lb}_m$$



2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3}^{ed}, \text{Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,55 \quad ; \quad A \text{ tangki} \gg \gg A \text{ pipa} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1,0 \quad ; \quad \text{untuk aliran turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$= \frac{0,55 \times 4,2429^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 0,1539 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$k_f = 0,75 \quad \text{karena turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94})$$

$$F_3 = 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 18,002^2}{2}$$

$$= 20,2526 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-17})$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, \quad A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$

$$F_4 = \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1 \times 4,2429^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-15})$$

$$= 0,2798 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \quad (\text{Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1})$$

$$F_5 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 18,002^2}{2}$$

$$= 1,5302 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-17})$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 2,5387 + 0,1539 + 20,2526 + 0,2798 + 1,5302$$

$$= 24,7552 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik}$$

$$\text{Tinggi bahan, } H = 3,3844 \text{ m} = 11,1038 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times g/gc$$

$$= 62,4300 \times 11,1038$$

$$= 693,2077 \text{ lbf/ft}^2$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 P_2 \quad 1 \text{ atm} &= 2116,8 \text{ lbf/ft}^2 \\
 \Delta P &= P_2 - P_1 \\
 \frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} &= \frac{2.116,80 - 693,2}{62,43} = \frac{1.423,59 \text{ lbf/ft}^2}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\
 &= 22,8030 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

Asumsi :

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= 0,0000 \text{ m} = 0 \text{ ft} \\
 Z_2 &= 3,3844 \text{ m} = 11,10376 \text{ ft} \\
 g/gc &= 1 \text{ lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

g, percepatan gravitasi bumi = 32,1740 ft/dt²
gc, konstanta gravitasi bumi = 32,1740 ft/dt² x lbm/lbf

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= (11,1038 - 0,000) \times \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= 11,1038 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{4,2429^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,2798 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 22,8030 + 11,1038 + 0,2798 + 24,7552 \\
 &= 58,9417 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan) = 1
Rate volumetrik = 26,9095 gpm

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{- Wf \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\
 &= \frac{58,9417 \times 26,9095 \times 1,0000}{3960} \\
 &= 0,4005 \quad H_p = 0,3 \quad H_p
 \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}\text{Rate volumetrik} &= 26,9095 \text{ gpm} \\ \text{Viskositas } (\mu) &= 0,9500 \quad C_p = 0,9500 \quad C_s\end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi Pompa} = 30\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}; \text{Figure 14-37 Page 520})$$

$$\begin{aligned}B_{hp} &= \frac{H_p}{\eta_{\text{pompa}}} \\ &= \frac{0,3000}{30\%} \\ &= 1,0000 \text{ Hp}\end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 80\% \quad (\text{Peters 4}^{\text{ed}}; \text{Figure 14-38 Page 521})$$

$$\begin{aligned}\text{Power motor} &= \frac{B_{hp}}{\eta_{\text{motor}}} \\ &= \frac{1,0000}{80\%} \\ &= 1,25 \text{ Hp} \\ &= 1 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Air Proses :

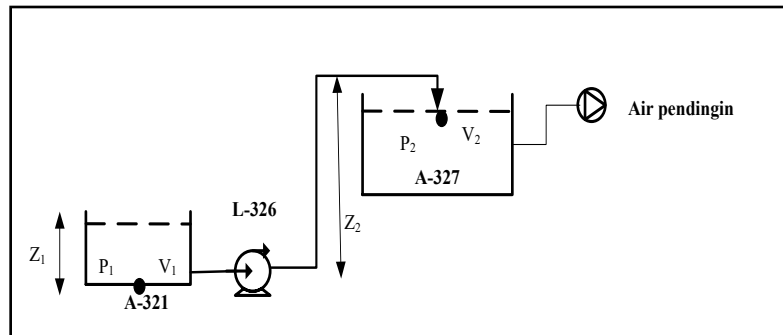
Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air demineralisasi ke peralatann proses plant
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	215,8370 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	4,2429 ft/detik
Total Dynamic Head	:	58,9417 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	80%
Effisiensi Pompa	:	30%
Power Motor	:	1 Hp
BHp	:	1,00 Hp
Jumlah	:	1 Buah

9. Pompa Bak Penampung Air Pendingin

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$

$$\text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 207,0350 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &= 206.060,7576 \text{ kg/jam} \\ &= 454.286,2856 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f\text{)} &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{454.286,2856 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 7.276,7305 \text{ cuft/jam} \\ &= 121,2788 \text{ cuft/menit} \\ &= 907,2288 \text{ gpm} \\ &= 2,0213 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430}{62,43} = 1$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg referenc 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ referenc 0,95 cp

$$\begin{aligned} \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 2,0213^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 9,1622 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 5 in sch 40, (Brownell & Young, Page 387)

$$\text{OD} = 5,5630 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 5,0470 \text{ in} = 0,4206 \text{ ft} = 0,1282 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,4206^2 \\ &= 0,1389 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{2,0213}{0,1389} \\ &= 14,5566 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,4206 \times 14,5566 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 598.731,2 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88}) \end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0004$$

$$f = 0,0050 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$gc = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

ID pipa = 0,4206 ft

		Taksiran panjang pipa lurus =	15,0000	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,4206	=	40,3760	ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,4206	=	2,9441	ft
Panjang Total Pipa		=	58,3201	ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0050 \times 14,5566^2 \times 58,3201}{32,1740 \times 0,4206}$$

$$= \frac{123,5771}{13,5318}$$

$$= 9,1323 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16})$$

k = 0,55 ; A tangki >>> A pipa (Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)

α = 1,0 ; untuk aliran turbulen (Geankoplis 4ed, eq 2.10-16)

$$= \frac{0,55 \times 14,5566^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 1,8111 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena elbow 90°

kf = 0,75 karena turbulen (Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)

$$F_3 = 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 211,895}{2}$$

$$= 238,3815 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$kex = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$F_4 = \frac{kex \cdot V^2}{2 \times \alpha \times gc} = \frac{1 \times 14,5566^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-15})$$

$$= 3,2929 \quad \text{ft.lbf/lb}_m$$

5 Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \quad (\text{Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1})$$

$$F_5 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 211,895}{2} \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-17})$$

$$= 18,0110 \quad \text{ft.lbf/lb}_m$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 9,1323 + 1,8111 + 238,3815 + 3,2929 + 18,0110$$

$$= 270,6289 \quad \text{ft.lbf/lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 4,3669 \text{ m} = 14,3272 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times \text{g/gc}$$

$$= 62,4300 \times 14,3272$$

$$= 894,4490 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 \quad 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 894,4}{62,43} = \frac{1.222,3510 \text{ lbf/ft}^2}{62,4300 \text{ lb/cuft}}$$

$$= 19,5795 \text{ ft.lbf/lb}_m$$

$$\text{Asumsi} \quad : \quad Z_1 = 4,3669 \text{ m} = 14,32723 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 9,3237 \text{ m} = 30,58958 \text{ ft}$$

$$\text{g/gc} = 1 \text{ lbf/lb}_m$$

$$\text{g, percepatan gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2$$

$$\text{gc, konstanta gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lb}_m/\text{lbf}$$

$$\Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} = (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}}$$

$$= (30,5896 - 14,327) \times \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}}$$

$$= 16,2624 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\frac{\Delta v^2}{2 \alpha \times gc} = \frac{14,5566^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 3,2929 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\ &= 19,5795 + 16,2624 + 3,2929 + 270,6289 \\ &= 309,7638 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lb}_m} \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan = 1

Rate volumetrik = 907,2288 gpm

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{- Wf \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\ &= \frac{309,7638 \times 907,2288 \times 1,0000}{3960} \\ &= 70,9663 \quad H_p = 5 \quad H_p \end{aligned}$$

Rate volumetrik = 907,2288 gpm

Viskositas (μ) = 0,9500 Cp = 0,9500 Cs

Effisiensi Pompa = 70% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$\begin{aligned} Bhp &= \frac{Bph}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{5,0000}{70\%} \\ &= 7,1429 \quad H_p \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 86% (Peters 4^{ed}; Figure 14-38 Page 521)

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{Bhp}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{7,1429}{86\%} \\ &= 8,31 \quad H_p \\ &= 8 \quad H_p \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Bak Penampung Air Pendingin :

Fungsi : Mengalirkan air dari bak air bersih ke bak air pendingin



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	7276,7305 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	14,5566 ft/detik
Total Dynamic Head	:	309,7638 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	86%
Effisiensi Pompa	:	70%
Power Motor	:	8 Hp
BHp	:	7 Hp
Jumlah	:	1 Buah

10. Pompa Air Pendingin

Fungsi	:	Mengalirkan air dari bak air pendingin ke plant
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.

Perhitungan :

$$\rho \text{ Air} = 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml}$$
$$\text{Densitas air } 30 \text{ }^\circ\text{C} = 86 \text{ }^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3$$

(Badger ; App.9 : 733)

$$\begin{aligned} \text{Bahan masuk} &= 207,0350 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\ &= 206.060,7576 \text{ kg/jam} \\ &= 454.286,2856 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{454.286,2856 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\ &= 1.455,3461 \text{ cuft/jam per 5 pompa} \\ &= 24,2558 \text{ cuft/menit} \\ &= 181,4458 \text{ gpm} \\ &= 0,4043 \text{ cuft/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430}{62,43} = 1$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg referenc 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ referenc 0,95 cp



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}\mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\ &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\ &= 0,95 \text{ Cp} \\ &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}\end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{\text{ed}}, \text{pers.15 : 496}]$$

Dengan :

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 0,4043^{0.45} \times 62,43^{0.13} \\ &= 4,4408 \text{ in}\end{aligned}$$

Dipilih pipa 4 in sch 40, (Brownell & Young, Page 387)

$$\text{OD} = 4,5000 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 4,0260 \text{ in} = 0,3355 \text{ ft} = 0,1023 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}A &= \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2\right) \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,3355^2 \\ &= 0,0884 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,4043}{0,0884} \\ &= 4,5752 \text{ ft/detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}NRe &= \frac{D v \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,3355 \times 4,5752 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 150.114,1 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \\ &\quad (\text{Geankoplis 3}^{\text{ed}}; \text{Page 88})\end{aligned}$$

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0004$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$f = 0,0060 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$gc = 32,1740 \quad \text{ft.lbm/detik}^2.\text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484

Sambungan / Fitting	Le/D	(Peters & Timmerhause, Page 484-485)
Elbow standard 90°	32	
Gate valve open	7	

Panjang ekuivalen suction, Le (Peters 4^{ed}, Tabel - 1)

$$\text{ID pipa} = 0,3355 \quad \text{ft}$$

	Taksiran panjang pipa lurus =	15,0000	ft
3 Elbow 90°	= 3 x 32 x 0,3355	=	32,2080 ft
1 Gate Valve	= 1 x 7 x 0,3355	=	2,3485 ft
Panjang Total Pipa		=	49,5565 ft

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times Le}{gc \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0060 \times 4,5752^2 \times 49,5565}{32,1740 \times 0,3355}$$

$$= \frac{12,4480}{10,7944}$$

$$= 1,1532 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad (\text{Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,55 \quad ; A \text{ tangki} \gg A \text{ pipa} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1,0 \quad ; \text{untuk aliran turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$= \frac{0,55 \times 4,5752^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 0,1789 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

3. Friksi karena elbow 90°

$$k_f = 0,75 \text{ karena turbulen (Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94)}$$

$$F_3 = 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 20,932}{2}$$

$$= 23,5489 \text{ ft.lbf / lb}_m \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-1)}$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$

$$F_4 = \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1 \times 4,5752^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad \text{(Geankoplis 4ed, eq 2.10-15)}$$

$$= 0,3253 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \quad \text{(Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1)}$$

$$F_5 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 20,932}{2}$$

$$= 1,7793 \text{ ft.lbf / lb}_m \quad \text{(Geankoplis 3ed, eq 2.10-1)}$$

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5$$

$$= 1,1532 + 0,1789 + 23,5489 + 0,3253 + 1,7793$$

$$= 26,9856 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik} + 1 \text{ atm}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 4,3669 \text{ m} = 0,0700 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times g/g_c$$

$$= 62,4300 \times 0,0700$$

$$= 4,3675 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 = 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 4,4}{62,43} = \frac{2.112,4325}{62,4300} \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 33,8368 \text{ ft.lbf/lbm}$$

$$\text{Asumsi} : Z_1 = 0,0000 \text{ m} = 0 \text{ ft}$$

$$Z_2 = 4,3669 \text{ m} = 14,3272 \text{ ft}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned}
 g/gc &= 1 \quad \text{lbf/lbm} \\
 g, \text{ percepatan gravitasi bumi} &= 32,1740 \quad \text{ft/dt}^2 \\
 gc, \text{ konstanta gravitasi bumi} &= 32,1740 \quad \text{ft/dt}^2 \times \text{lbf/lbf}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta Z \frac{g}{gc} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{g}{gc} \\
 &= (14,3272 - 0) \times \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \\
 &= 14,3272 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \alpha \times gc} = \frac{4,5752^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,3253 \quad \text{ft.lbf} / \text{lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned}
 -W_f &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{g}{gc} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha gc} + \Sigma F \\
 &= 33,8368 + 14,3272 + 0,3253 + 26,9856 \\
 &= 75,4749 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}
 \end{aligned}$$

Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan = 1
 Rate volumetrik = 181,4458 gpm

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{-W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times sg}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\
 &= \frac{75,4749 \times 181,4458 \times 1,0000}{3960} \\
 &= 3,4582 \quad H_p = 5 \quad H_p
 \end{aligned}$$

Rate volumetrik = 181,4458 gpm
 Viskositas (μ) = 0,9500 Cp = 0,9500 Cs

Effisiensi Pompa = 79% (Peters 4^{ed}; Figure 14-37 Page 520)

$$\begin{aligned}
 B_{hp} &= \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}} \\
 &= \frac{5,0000}{79\%} \\
 &= 6,3291 \quad H_p
 \end{aligned}$$

Effisiensi motor = 85% (Peters 4^{ed}; Figure 14-38 Page 521)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

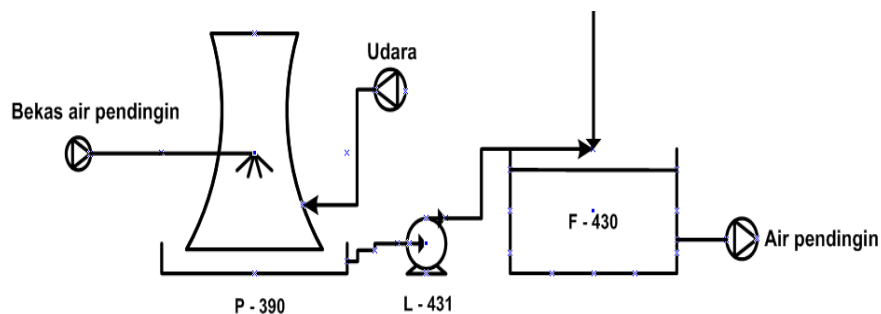
$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{\text{Bhp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{6,3291}{85\%} \\ &= 7,45 \text{ Hp} \\ &= 7 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Air Pendingin :

Fungsi	:	Mengalirkan air pendingin dari bak air air pendingin ke plant
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	1455,346 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	4,5752 ft/detik
Total Dynamic Head	:	75,4749 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	85%
Effisiensi Pompa	:	79%
Power Motor	:	7 Hp
BHp	:	6 Hp
Jumlah	:	5 Buah

11. Pompa Cooling Tower

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin keluar plant menuju coolin tower lalu menuju bak penampung air pendingin.
Type	:	Centrifugal Pump
Dasar pemilihan	:	Sesuai untuk bahan liquid, viskositas rendah.



$$\begin{aligned} \rho \text{ Air} &= 62,430 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ g/ml} \\ \text{Densitas air } 30 \text{ } ^\circ\text{C} &= 86 \text{ } ^\circ\text{F} = 995,2945 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Air bekas pendingin diperoleh dari :



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

No	Nama Alat	Kode	Air (Kg/jam)	Air (lb/jam)
1	Cooler 1	E-212	175197,7858	386245,068
2	Cooler 2	E-313	31837,1852	70188,991
Total			207034,9710	456434,059

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan} &= 207035,0 \text{ kg/jam} \\
 \text{air pendingin} &= 4968,84 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 207,035 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Bahan masuk} &= 207,0350 \text{ m}^3/\text{jam} \times 995,2945 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 206.060,7576 \text{ kg/jam} \\
 &= 454.286,2856 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rate Volumetrik (q}_f) &= \frac{\text{Rate Massa}}{\text{Densitas}} \\
 &= \frac{454.286,2856 \text{ lb/jam}}{62,430 \text{ lb/cuft}} \\
 &= 1.039,5329 \text{ cuft/jam per 7 pompa} \\
 &= 17,3255 \text{ cuft/menit} \\
 &= 129,6041 \text{ gpm} \\
 &= 0,2888 \text{ cuft/detik}
 \end{aligned}$$

$$\text{Sg Bahan} = \frac{\rho \text{ bahan}}{\rho \text{ reference}} = \frac{62,430}{62,43} = 1$$

μ berdasarkan sg bahan :

Dari Kern Table 6 ; Page - 808 didapat sg referenc 1

Dari Kern figure 14 ; Page 823 didapat μ referenc 0,95 cp

$$\begin{aligned}
 \mu \text{ bahan} &= \frac{\text{sg bahan}}{\text{sg reference}} \times \mu \text{ reference} \\
 &= \frac{1,000}{1} \times 0,95 \\
 &= 0,95 \text{ Cp} \\
 &= 0,00064 \text{ lb/ft.detik}
 \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen :

D_i optimum untuk aliran turbulen, $NRe > 2100$ digunakan persamaan (15)

Peters:

$$\text{Diameter optimum} = 3.9 \times q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \quad [\text{Peters, 4}^{ed}, \text{ pers.15 : 496}]$$

Dengan :



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$q_f = \text{Fluid flow rate; (cuft/detik)}$$

$$\rho = \text{Fluid Density; (lb/cuft)}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pipa optimum, } D_i &= 4 \times 0,2888^{0,45} \times 62,43^{0,13} \\ &= 3,8169 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih pipa 3 1/2 in sch 40, (**Brownell & Young, Page 387**)

$$\text{OD} = 4,0000 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 3,5480 \text{ in} = 0,2957 \text{ ft} = 0,0901 \text{ m}$$

$$A = \left(\frac{1}{4} \times \pi \times \text{ID}^2 \right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,2957^2$$

$$= 0,0686 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan Aliran (v)} &= \frac{q_f}{A} \\ &= \frac{0,2888}{0,0686} \\ &= 4,2079 \text{ ft/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{D \times v \times \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,2957 \times 4,2079 \times 62,4300}{0,0006} \\ &= 121.670,02 > 2100 \quad (\text{Asumsi turbulen benar}) \end{aligned}$$

(**Geankoplis 3^{ed}; Page 88**)

Dipilih pipa commercial steel, $\epsilon = 0,000046 \text{ m}$

$$\epsilon/D = 0,0005$$

$$f = 0,0047 \quad (\text{Geankoplis ; Figure 2. 10 - 3})$$

$$g_c = 32,1740 \text{ ft.lbm/detik}^2 \cdot \text{lbf}$$

Digunakan persamaan Bernoulli :

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

Perhitungan friksi berdasarkan **Peters, 4^{ed} Tabel 1 halaman 484**

Sambungan / Fitting	Le/D
Elbow standard 90°	32
Gate valve open	7

(**Peters & Timmerhause, Page 484-485**)

Panjang ekuivalen suction, L_e (**Peters 4^{ed}, Tabel - 1**)

$$\text{ID pipa} = 0,2957 \text{ ft}$$

$$\text{Taksiran panjang pipa lurus} = 15 \text{ ft}$$

$$3 \text{ Elbow } 90^\circ = 3 \times 32 \times 0,2957 = 28,3840 \text{ ft}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$1 \text{ Gate Valve} = 1 \times 7 \times 0,2957 = 2,0697 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang Total Pipa} = 45,4537 \text{ ft}$$

Friksi yang terjadi:

1. Friksi karena gesekan bahan dalam pipa

$$F_1 = \frac{2f \times v^2 \times L_e}{g_c \times D} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-6})$$

$$= \frac{2 \times 0,0047 \times 4,2079^2 \times 45,4537}{32,1740 \times 0,2957}$$

$$= \frac{7,5652}{9,5128}$$

$$= 0,7953 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

2. Friksi karena kontraksi dari tangki ke pipa

$$F_2 = \frac{K \times v^2}{2 \times \alpha \times g_c} \quad (\text{Geankoplis 3^{ed}, Pers. 2.10-16})$$

$$k = 0,55 ; A_{\text{tangki}} \gg A_{\text{pipa}} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$\alpha = 1,0 ; \text{untuk aliran turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$= \frac{0,55 \times 4,2079^2}{2 \times 1,0 \times 32,1740}$$

$$= 0,1513 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

3. Friksi karena elbow 90°

$$k_f = 0,75 \text{ karena turbulen} \quad (\text{Geankoplis 4ed tabel 2.10-2 hal 94})$$

$$F_3 = 3 \frac{K_f \times V_1^2}{2} = 3 \frac{0,75 \times 17,706^2}{2}$$

$$= 19,9194 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$

4. Friksi karena ekspansi dari pipa ke tangki

$$k_{ex} = (1 - A_1/A_2)^2, A_1/A_2 \text{ dianggap } 0 \text{ karena } A_2 \text{ tak terhingga} = 1$$

$$F_4 = \frac{k_{ex} \cdot V^2}{2 \times \alpha \times g_c} = \frac{1 \times 4,2079^2}{2 \times 1 \times 32,174} \quad (\text{Geankoplis 4ed, eq 2.10-16})$$

$$= 0,2752 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m$$

5. Friksi karena Gate Valve

$$k_f = 0,17 \quad (\text{Geankoplis 4ed, tabel 2.10-1})$$

$$F_5 = \frac{K_f \times V_1^2}{2} = \frac{0,17 \times 17,706^2}{2}$$

$$= 1,5050 \text{ ft.lbf} / \text{lb}_m \quad (\text{Geankoplis 3ed, eq 2.10-16})$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \Sigma F &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 \\ &= 0,7953 + 0,1513 + 19,9194 + 0,2752 + 1,5050 \\ &= 22,6461 \text{ ft.lbf / lb}_m \end{aligned}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \times 144 \text{ lbf/ft}^2 = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_1 = P \text{ hidrostatik}$$

$$\text{Tinggi bahan, H} = 10,6750 \text{ m} = 0,1710 \text{ ft}$$

$$\rho \text{ bahan} = 62,4300 \text{ lb/cuft} = 1,0001 \text{ gr/ml}$$

$$P \text{ hidrostatik} = \rho \times H \times \text{g/gc}$$

$$= 62,4300 \times 0,1710$$

$$= 10,6750 \text{ lbf/ft}^2$$

$$P_2 \quad 1 \text{ atm} = 2116,8 \text{ lbf/ft}^2$$

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{\rho} &= \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \frac{2.116,80 - 10,7}{62,43} = \frac{2.106,13}{62,4300 \text{ lb/cuft}} \\ &= 33,7358 \text{ ft.lbf/lbm} \end{aligned}$$

$$\text{Asumsi} \quad : \quad Z_2 = 10,0000 \text{ m} = 32,8084 \text{ ft}$$

$$Z_1 = 0,0000 \text{ m} = 0 \text{ ft}$$

$$\text{g/gc} = 1 \text{ lbf/lbm}$$

$$\text{g, percepatan gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2$$

$$\text{gc, konstanta gravitasi bumi} = 32,1740 \text{ ft/dt}^2 \times \text{lbm/lbf}$$

$$\begin{aligned} \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} &= (Z_2 - Z_1) \times \frac{\text{g}}{\text{gc}} \\ &= (32,8084 - 0,000) \times \frac{\text{ft/dt}^2}{\text{ft.lbm/dt}^2 \cdot \text{lbf}} \end{aligned}$$

$$= 32,8084 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}}$$

$$\frac{\Delta v^2}{2 \times \alpha \times \text{gc}} = \frac{4,2079^2}{2 \times 1 \times 32,1740} = 0,2752 \text{ ft.lbf / lb}_m$$

Persamaan Bernoulli

$$\begin{aligned} -Wf &= \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z \frac{\text{g}}{\text{gc}} + \frac{\Delta V^2}{2 \alpha \text{ gc}} + \Sigma F \\ &= 33,7358 + 32,8084 + 0,2752 + 22,6461 \\ &= 89,4655 \frac{\text{ft.lbf}}{\text{lbm}} \end{aligned}$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung
dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} \text{Sg campuran (Himmelblau : Berdasarkan Sg bahan)} &= 1 \\ \text{Rate volumetrik} &= 129,6041 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{- W_f \times \text{flowrate(gpm)} \times \text{sg}}{3960} \quad (\text{Perry } 6^{\text{ed}}; \text{ Pers 6-11, Page 6-5}) \\ &= \frac{89,4655 \times 129,6041 \times 1,0000}{3960} \\ &= 2,9281 \quad H_p = 5 \quad H_p \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik} &= 129,6041 \text{ gpm} \\ \text{Viskositas } (\mu) &= 0,9500 \text{ Cp} = 0,9500 \text{ Cs} \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi Pompa} = 55\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ Figure 14-37 Page 520})$$

$$\begin{aligned} B_{hp} &= \frac{B_{ph}}{\eta \text{ pompa}} \\ &= \frac{5,0000}{55\%} \\ &= 9,0909 \quad H_p \end{aligned}$$

$$\text{Effisiensi motor} = 86\% \quad (\text{Peters } 4^{\text{ed}}; \text{ Figure 14-38 Page 521})$$

$$\begin{aligned} \text{Power motor} &= \frac{B_{hp}}{\eta \text{ motor}} \\ &= \frac{9,0909}{86\%} \\ &= 10,57 \quad H_p \\ &= 11 \quad H_p \end{aligned}$$

Spesifikasi Pompa Cooling Tower :

Fungsi	:	Mengalirkan bekas air pendingin keluar dari plant menuju cooling tower lalu menuju bak penampung air pendingir
Type	:	Centrifugal Pump
Bahan	:	Commercial Steel
Rate Volumetrik	:	1.039,533 cuft/jam
Kecepatan Aliran	:	4,2079 ft/detik
Total Dynamic Head	:	89,465 ft.lbf/lbm
Effisiensi Motor	:	86%
Effisiensi Pompa	:	55%
Power Motor	:	11 Hp



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

BHp : 9 Hp
Jumlah : 7 Buah

VII.4. Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang dibutuhkan Pabrik ini dipenuhi dari Perusahaan Listrik Negeri (PLN) dan Generator set (Genset) dan distribusi pemakaian listrik untuk memenuhi kebutuhan pabrik adalah sebagai berikut :

- Untuk keperluan proses.
- 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.1. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Proses dan Utilitas

No	Nama Alat Peralatan Proses	Kode Alat	Power (hp)
1	Pompa - 1	L-111	3
2	Blower - 1	G-116	29
3	Pompa - 2	L-312	22
4	Pompa - 3	L-313	8
5	Kompresor - 1	L-161	33
Total			95

No	Nama Alat Peralatan Utilitas	Kode Alat	Power (hp)
1	Boiler	A - 350	154
2	Cooling Tower	P - 350	18
3	Tangki Koagulasi	M - 210	21
4	Cooling Tower 2	P-380	8
5	Tangki Flokulasi	M - 220	11,4
6	Pompa Air Sungai	L - 111	10
7	Pompa ke Tangki Koagulasi	L - 211	5



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

8	Pompa ke Sand Filter	L - 313	5
9	Pompa Bak Penampung Air Sanitasi	L - 322	4
10	Pompa ke Kation Exchanger	L - 324	1
11	Pompa ke Anion Exchanger	L - 331	1
12	Pompa Air Umpan Boiler	L - 342	3
13	Pompa Air Proses	L - 325	1
14	Pompa Recycle Air Pendingin	L - 328	7
15	Pompa Cooling Tower	L - 351	11
Total			260

$$1 \text{ Hp} = 745,6 \text{ W} = 0,746 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan listrik} &= 95 + 260,450 = 355,38 \text{ hp} \\ &= 264,97 \text{ kWh} \\ &= 265 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk tiap-tiap lokasi. Dengan menggunakan perbandingan beban listrik lumen/m²

$$\begin{aligned} \text{Dimana } 1 \text{ foot candle} &= 10.076 \text{ lumen / m}^2 \\ 1 \text{ lumen} &= 0,0015 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel VII.2. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

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	225	22,5	226710
8	Kantor	1200	120	1209120
9	Perpustakaan	500	50	503800
10	Kantin	225	22,5	226710
11	Poliklinik	100	10	100760
12	Mushola	900	90	906840
13	Ruang Proses	3600	360	3627360
14	Ruang Kontrol	100	10	100760
15	Laboratorium	625	62,5	629750
16	Unit Pengolahan Air	900	90	906840



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

17	Unit Pembangkit Listrik	500	50	503800
18	Unit Boiler	500	50	503800
19	Storage Produk	625	62,5	629750
20	Storage Bahan Baku	625	62,5	629750
22	Utilitas	400	40	403040
23	Daerah Perluasan	3600	360	3627360
Total		19375	1937,5	19522250

Untuk penerangan daerah proses, daerah perluasan, daerah utilitas, daerah bahan baku, daerah produk, tempat parkir, bengkel, jalan dan taman digunakan merkury 250 watt. Untuk lampu merkury 250 watt
 Lumen Output = 166666,67 lumen (Perry 7^{ed}, Conversion Table)

Jumlah lampu merkury yang dibutuhkan :

Tabel VII.3 Jumlah Lampu Merkury

No	Lokasi	Lumen / m ²
1	Ruang Proses	3627360
2	Daerah Perluasan	3627360
3	Utilitas	403040
4	Storage Bahan Baku	629750
5	Storage Produk	629750
6	Parkir	1209120
7	Bengkel	226710
9	Jalan Aspal	2367860
10	Taman	806080
Total		13527030

$$\begin{aligned} \text{Jumlah lampu mercury yang dibutuhkan} &= \frac{13527030}{166666,7} \\ &= 81,1622 \\ &\approx 81 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk penerangan lain digunakan lampu} &40 \text{ watt} \\ \text{Untuk lampu TL 40 watt, lumen out put} &= 26666,6667 \\ \text{Jumlah lampu TL yang dibutuhkan} &= \frac{19522250 - 13527030}{26666,6667} \\ &= 224,8 \\ &\approx 225 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk penerangan :



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$\begin{aligned} &= [81 \times 250] + [225 \times 40] \\ &= 29.250 \text{ watt} \\ &= 29,250 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Kebutuhan listrik untuk AC kantor = 20 kWh

Supply PLN hanya untuk penerangan dan AC

$$\begin{aligned} &= 29,2500 + 20,000 \\ &= 49,2500 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20 % dari total kebutuhan

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan listrik} &= 1,2 \times 49,2500 \\ &= 59,1000 \text{ kWh} \end{aligned}$$

VIII.4.1. Generator Set

Direncanakan digunakan : Generator Portable Set (penempatannya mudah)

Effisiensi generator set : 80%

Supply listrik untuk keperluan proses dan utilitas diperoleh dari generator set.

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas = 265 kW

Untuk menjamin kelancaran dalam penyediaan, ditambah 20% dari total kebutuhan.

$$\begin{aligned} \text{Sehingga kebutuhan listrik} &= 1,2 \times 265 \\ &= 318 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas generator set total} &= \frac{318}{80\%} \\ &= 397,4595 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Digunakan generator Newtec dengan kapasitas} & 700 \text{ kWh} , \text{ Sehingga} \\ \text{Jumlah generator} &= \frac{397,4595 \text{ kWh}}{700 \text{ kWh}} = 0,5678 \text{ buah} \approx 1 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW} &= 56,87 \text{ Btu/menit} \\ \text{Q generator} &= 397,4595 \times 56,87 \\ &= 22.603,5194 \text{ Btu/menit} \end{aligned}$$

$$\text{Heating Value minyak bakar} = 19.065,6944 \text{ Btu/lb}$$

[Perry 6^{ed}, 1984 Page 1629]

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bahan bakar untuk generator} &= \frac{22.603,5194 \text{ Btu/menit}}{19.065,6944 \text{ Btu/lb}} \\ &= 1,1856 \text{ lb/menit} \\ &= 32,2655 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Jadi dalam perencanaan ini, harus disediakan generator pembangkit tenaga listrik



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

yang dapat menghasilkan daya listrik yang sesuai. Dengan kebutuhan bahan bakar solar sebesar = 32,2655 kg/jam

Berat jenis bahan bakar = 870 kg/m³ = 0,87 kg/L

$$\begin{aligned} \text{Maka kebutuhan bahan bakar} &= \frac{32,2655}{0,87} \\ &= 37,0868 \text{ L/jam} \\ &= 890,0823 \text{ L/hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi Generator Set :

Fungsi : Pembangkit Tenaga Listrik
Kapasitas : 397,459 kWh
Power factor : 80%
Frekuensi : 50 Hz
Bahan bakar : Diesel Oil
Jumlah bahan bakar : 890,0823 L/hari
Jumlah : 2 buah (1 cadangan)

VII.5 Tangki Penyimpan Bahan Bakar

VII.5.1 Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar

Fungsi : Menyimpan bahan bakar solar untuk kebutuhan generator dan boiler
Bentuk : Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished

Kebutuhan bahan bakar untuk generator per jam	=	71,1336	lb/jam	
Kebutuhan bahan bakar untuk boiler per jam	=	292	lb/jam	
Total Minyak Diesel		=	363,0904	lb/jam

Densitas minyak diesel = 54,31 lb/cuft

$$\text{Kapasitas} = \frac{\text{Total Minyak Diesel}}{\text{Densitas minyak diesel}} = \frac{363,09}{54,31} = 6,686 \text{ cuft/jam}$$

1 cuft = 28,32 liter

Kapasitas per jam = 189,3338 L/jam

Direncanakan penyimpanan bahan bakar selama 1 bulan:

$$\text{Volume bahan} = 6,686 \text{ cuft/jam} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \times 30 \text{ hari}$$

$$= 4.813,5718 \text{ cuft}$$

$$\text{Volume tangki} = 1,2 \times 4.813,5718$$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= 5.776,2862 \text{ cuft}$$

Menentukan dimensi tangki

Asumsi dimensi ratio : H/D = 2 (Ulrich Table.4-27)

$$\text{Volume silinde} = \frac{1}{4} \times \pi \times [Ds]^2 \times Hs$$

$$5776,2862 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 2 D$$

$$5776,2862 = 1,57 Ds^3$$

$$Ds^3 = 3679 \text{ ft}^3$$

$$Ds = 15,44 \text{ ft} = 4,709 \text{ m}$$

$$Hs = 30,88 \text{ ft} = 9,417 \text{ m}$$

$$V \text{ tutup atas} = 0,000049 Ds^3 \text{ (Torispherical) [Brownell : 88]}$$

Volume tangki = Volume silinder + Volume tutup atas

$$5776,2862 = 1,57 Ds^3 + 0,000049 Ds^3$$

$$5776,2862 = 1,570 D^3$$

$$Dt = 15,4376 \text{ ft} = 185,2507 \text{ in} = 4,71 \text{ m}$$

$$Ht = 30,8751 \text{ ft} = 370,5013 \text{ in} = 9,42 \text{ m}$$

$$\text{Volume liquid} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_{liq}$$

$$4813,5718 = 187,0797 H_{liq}$$

$$H_{liq} = 25,7301 \text{ ft} = 308,7607 \text{ in} = 7,85 \text{ m}$$

Menentukan Tekanan Design

Jika didalam bejana terdapat liquid , maka :

$$P \text{ design} = P_o - P_i + P_{hidrostatic}$$

$$P \text{ design} = 14,7 - 14,7 + P_{hidrostatic}$$

$$P \text{ design} = P_{hidrostatic}$$

$$P \text{ design} = \rho \times g/gc \times H_{liq}$$

$$= 54,3100 \frac{\text{lbm}}{\text{cuft}} \times 1 \frac{\text{lbf}}{\text{lbm}} \times 25,7301 \text{ ft}$$

$$= 1397,3996 \text{ lbf/ft}^2$$

$$= 9,7042 \text{ Psi}$$

Menentukan tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME code untuk cylindrical tank :



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C \quad \text{[Brownell, pers.13-1, Page 254]}$$

Dengan :

- t_{\min} = tebal shell minimum ; in
- P = tekanan tangki ; Psi
- r_i = jari-jari tangki ; in (1/2 D)
- C = faktor korosi ; in (digunakan = 0 in)
- E = faktor pengelasan, digunakan double welded
- e = 0,800
- f = stress allowable, bahan konstruksi carbon steel SA-283 grade C, maka $f = 12.650$ [Brownell, Table.13-1]
- $r_i = 0,5 \times 185,2507 = 92,62533$ in

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \frac{P \times r_i}{f_e - 0.6P} + C \\ &= \frac{9,7042 \times 92,6253}{10.120 - 5,8225} + 0,063 \\ &= 0,0889 + 0,0625 \\ &= 0,1514 \text{ in maka , digunakan } t_s = 1/3 \text{ in} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi tutup atas dan bawah (Torispherical dished)

Tutup atas berbentuk standart dished head

$$\begin{aligned} OD &= ID + 2t_s \\ &= 185,2507 + 2 \times 0,31 \\ &= 186 \text{ in} = 15,4896 \text{ ft} \\ rc &= 180 \text{ in} = 15,0000 \text{ ft} \quad \text{(Brownell \& Young, T. 5.7 hal 90)} \end{aligned}$$

Tebal standart torispherical dished (atas) :

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times r_c}{f_e - 0,1P} + C \quad \text{(Brownell \& Young pers 13.12 hal 258)}$$

Dimana :

- P_d = Tekanan desain (psi)
- D_i = Diameter dalam (in)
- E = Faktor Pengelasan, 0,8
- t = Tebal dinding minimal (in)
- $t_h = \frac{0,885 \times 9,7042 \times 180,000}{10,125} + 0,125$



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

$$= \frac{10120}{0,278} - 0,97 \times 0,125$$

; digunakan t = 3/8 in

Spesifikasi Tangki Penyimpanan Bahan Bakar Solar :

Nama alat	: Menyimpan bahan bakar diesel oil untuk kebutuhan generator
Tipe	: Tangki Silinder Vertikal dengan plat datar (flat bottom) dan atap torispherical dished
Kapasitas	: 5776,29 cuft
Diameter	: 4,71 m
Tinggi	: 9,42 m
Tebal shell	: 5/16 in
Tebal tutup	: 3/8 in
Bahan konstruksi	: Carbon Steel SA-283 grade C
Jumlah	: 1 Buah



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

i



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

1



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ara :

in



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

i

lh
u

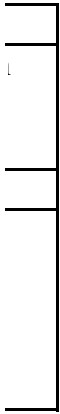
ri
a



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



).

94)

g/L



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim





Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

)

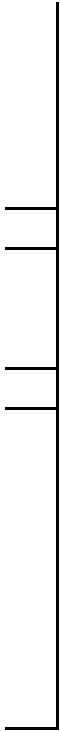


Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

r



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



8)

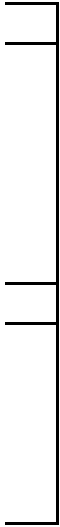


Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

1)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim





Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

n

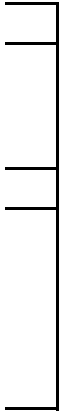


Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim





Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



an



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

1



gan
:

lari



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

1

2

i



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

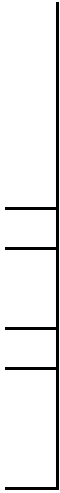


Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

1



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



1

ari

1



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ni
lar,

ari

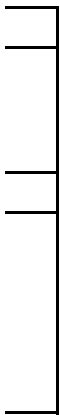


Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

n



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim





Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

16)

16)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ai.



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

5



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

1]



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

16)
16)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

3



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

16)
16)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ih

;



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

)

17)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ꦠꦫ



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

b)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

:S



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

17)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

16)
16)

17)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

17)

17)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

9



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

17)

15)

17)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ju
1



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

ra

gan



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

h

h

ik



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

:

1



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

D)



Pra Rencana Pabrik Dekstrosa Monohidrat dari Biji Jagung dengan Proses Hidrolisis Enzim

DI