

LAMPIRAN A

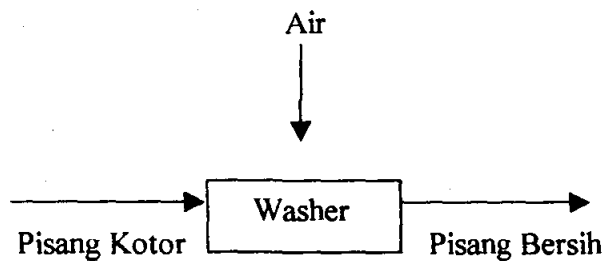
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Kapasitas : 20.000 kg jelly/hari

Basis : 1 hari tipe proses : semi kontinyu

Satuan : kg

1. Washer (F-210)



Bahan masuk = 5973 kg pisang

Asumsi = Kotoran pisang yang keluar 1% dari berat pisang kotor

$$\frac{Massa\,pisang(gr)}{Vol.\,Air(ml)} = \frac{1}{4} \text{ (Trubus, 1990)}$$

Volume Air = 4 x Massa Pisang

$$= 4 \times 5973 \text{ kg} = 23892 \text{ liter}$$

ρ_{air} = 0,99568 kg/lit (pada suhu 30 °C) (Geankoplis, 1997)

Massa air = $\rho_{air} \times Volume_{air}$

$$= 0,99568 \text{ kg/lit} \times 23892 \text{ lt} = 23788,7866 \text{ kg}$$

Massa pisang bersih keluar = 5973 kg – (0,01 x 5973 kg) = 5913,27 kg

Hasil percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa pada waktu perendaman air

yang terserap pisang = 2-4 % berat pisang (diambil 3%)

Berat pisang + air = $(0,03 \times 5913,27) \text{ kg} + 5913,27 \text{ kg}$
 = 6090,6681 kg

Komposisi pisang (daging pisang + kulit) sebelum pencucian :

Daging buah pisang: $0,7 \times 5913,27 \text{ kg} = 4139,289 \text{ kg}$

Air = $54,57 \% \times 4139,289 \text{ kg} = 2258,8100 \text{ kg}$

Karbohidrat = $22,2 \% \times 4139,289 \text{ kg} = 918,9222 \text{ kg}$

Pektin = $20,93 \% \times 4139,289 \text{ kg} = 866,3532 \text{ kg}$

Protein = $1,3 \% \times 4139,289 \text{ kg} = 53,8108 \text{ kg}$

Lemak = $0,2 \% \times 4139,289 \text{ kg} = 8,2786 \text{ kg}$

Serat = $0,8 \% \times 4139,289 \text{ kg} = 33,1143 \text{ kg}$

Kulit buah pisang (30% pisang): $0,3 \times 5913,27 \text{ kg} = 1773,981 \text{ kg}$

Air = $43,64 \% \times 1773,981 \text{ kg} = 774,1653 \text{ kg}$

Karbohidrat = $18,90 \% \times 1773,981 \text{ kg} = 335,2824 \text{ kg}$

Pektin = $32,43 \% \times 1773,981 \text{ kg} = 575,3020 \text{ kg}$

Protein = $0,32 \% \times 1773,981 \text{ kg} = 5,6767 \text{ kg}$

Lemak = $2,11 \% \times 1773,981 \text{ kg} = 37,4309 \text{ kg}$

Serat = $2,6 \% \times 1773,981 \text{ kg} = 46,1235 \text{ kg}$

Kotoran $0,01 \times 5973 \text{ kg} = 59,73 \text{ kg}$

Contoh perhitungan komposisi Pisang (daging+kulit) adalah sbb:

Air = $2258,8100 \text{ kg} + 774,1653 \text{ kg} = (3032,9753/5913,27) \times 100\%$
 = 51,291 %

Dengan cara yang sama memperoleh persen komposisi seperti pada tabel A.1

Komposisi pisang (buah pisang + kulit) setelah pencucian :

Daging buah pisang (70% pisang): = 4139,289 kg

Air	= 54,57 % x 4139,289 kg	= 2258,8100 kg
Karbohidrat	= 22,2 % x 4139,289 kg	= 918,9222 kg
Pektin	= 20,93 % x 4139,289 kg	= 866,3532 kg
Protein	= 1,3 % x 4139,289 kg	= 53,8108 kg
Lemak	= 0,2 % x 4139,289 kg	= 8,2786 kg
Serat	= 0,8 % x 4139,289 kg	= 33,1143 kg

Kulit buah pisang (30 % pisang):

$$1773,981 \text{ kg} + (10\% \times 1773,981) \text{ kg} = 1951,3791 \text{ kg}$$

Air	= 774,1653 kg + 177,3981 kg = 951,5634 kg
Karbohidrat	= 512,6805 kg
Pektin	= 752,7001 kg
Protein	= 183,0748 kg
Lemak	= 214,8290 kg
Serat	= 223,5216 kg

Contoh perhitungan komposisi Pisang (daging+kulit) adalah sbb:

$$\begin{aligned} \text{Air} &= 2258,8100 \text{ kg} + 951,5634 \text{ kg} \\ &= (3210,3734 / 6090,6681) \text{ kg} \times 100 \% \\ &= 52,71 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama mendapat persen komposisi seperti pada tabel A.1

Tabel A.1. Perhitungan % komposisi untuk Pisang

Komponen pisang sebelum pencucian	% Berat	Komponen pisang setelah pencucian	% Berat
Air	51,291	Air	52,71
Karbohidrat	21,21	Karbohidrat	20,59
Pektin	24,38	Pektin	23,67
Protein	1,006	Protein	0,98
Lemak	0,773	Lemak	0,75
Serat	1,34	Serat	1,3
Total	100	Total	100

Komposisi pisang dalam 6090,6681 kg:

Air	=	6090,6681 kg x 52,71 %	=	3210,3912 kg
Karbohidrat	=	6090,6681 kg x 20,59 %	=	1254,0686 kg
Pektin	=	6090,6681 kg x 23,67 %	=	1441,6611 kg
Protein	=	6090,6681 kg x 0,98 %	=	59,6885 kg
Lemak	=	6090,6681 kg x 0,75 %	=	45,6800 kg
Serat	=	6090,6681 kg x 1,3 %	=	79,1787 kg

Masuk ke washer (kg)		Keluar washer ke cutter (kg)	
Pisang kotor:		Pisang bersih ke cutter:	
Air	3032,9753	Air	3210,3912
Karbohidrat	1254,2046	Karbohidrat	1254,0686
Pektin	1544,8688	Pektin	1441,6611
Protein	59,4875	Protein	59,6886
Lemak	45,7095	Lemak	45,6800
Serat	79,2378	Serat	79,1787
Kotoran	59,73	Air hasil pencucian	23714,6019
Air pencuci	23788,7866	Kotoran dari pisang	59,73
Total	29865,0001	Total	29865,0001

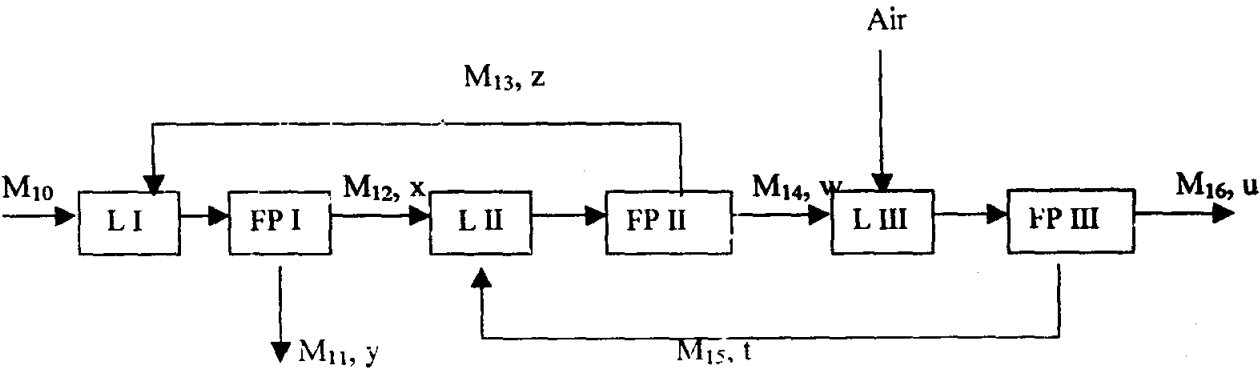
2. Cutter (C-220)

Asumsi : pisang hancur yang keluar dari pemotong tidak ada yang hilang



Masuk ke Cutter dari Washer	Kg	Keluar Cutter ke Leaching I	Kg
Pektin	1441,6611	Pektin	1441,6611
Karbohidrat	1254,0686	Karbohidrat	1254,0686
Protein	59,6886	Protein	59,6886
Lemak	45,6800	Lemak	45,6800
Air	3210,3912	Air	3210,3912
Serat	79,1787	Serat	79,1787
Total	6090,6681	Total	6090,6681

3. Leaching dan Filter Press



Dimana :

- M_{10} = Massa Pisang hancur masuk ke leaching I
- M_{11} = Massa filtrat I dari filter press I ke tangki pemasakan
- M_{12} = Massa ampas I yang keluar dari filter press I
- M_{13} = ~~Massa filtrat II~~ yang direcycle ke tangki leaching I
- M_{14} = Massa ampas II yang keluar dari filter press II
- M_{15} = Massa filtrat III yang direcycle ke tangki leaching II
- M_{16} = Massa ampas III yang keluar dari filter press III
- x = fraksi massa ampas I
- y = fraksi massa filtrat I
- z = fraksi massa filtrat II
- w = fraksi massa ampas II
- t = fraksi massa filtrat III
- u = fraksi massa ampas III

Dari hasil percobaan untuk leaching I dengan massa pisang 103,1 gr memerlukan massa air sebanyak 206,2 gr dan mendapatkan :

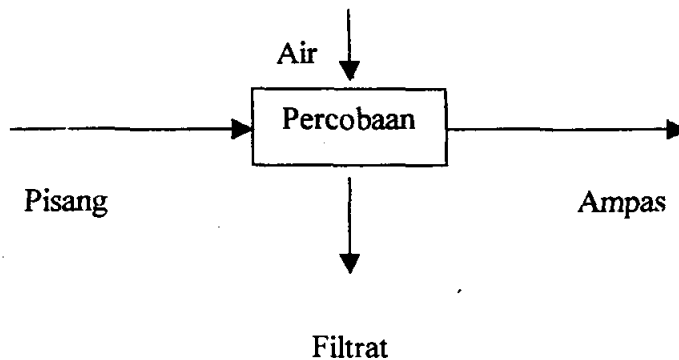
Volume filtrat = 187 ml

$$\rho \text{ filtrat} = 1,0809 \frac{\text{gr}}{\text{ml}}$$

$$\text{massa filtrat} = \frac{1,0809 \text{ gr}}{\text{ml}} \times 187 \text{ ml}$$

$$= 202,1283 \text{ gr}$$

$$\text{massa ampas} = 107,1717 \text{ gr}$$



Contoh perhitungan mencari persen ampas dan K

Untuk pektin :

$$\begin{aligned}\text{Massa pektin dalam 103,1 gr pisang} &= \frac{23,67}{100} \times 103,1 \text{ gr} \\ &= 24,4038 \text{ gr}\end{aligned}$$

Komposisi pisang dalam filtrat dari:

(<http://agrolink.moa.ng/dca/bdc/fruits/pisang.html>)

$$\text{Persen pektin dalam filtrat} = 8,56 \% \text{ (Persen filtrat)}$$

$$\text{Massa filtrat} = 202,1283 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa pektin dalam filtrat} &= \frac{8,56}{100} \times 202,1283 \text{ gr} \\ &= 17,3022 \text{ gr}\end{aligned}$$

Leaching pada percobaan :

Massa pektin dalam pisang masuk = massa pektin dalam filtrat + massa pektin dalam ampas

$$24,4038 = 17,3022 + (107,1717 \times b)$$

$$b = 0,066264$$

$$K = a/b$$

$$= 0,0856/0,066264$$

$$= 1,2918$$

Dengan cara yang sama memperoleh hasil K seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel A.2. Perhitungan Harga K Untuk Komposisi Pisang

Pisang	% berat	massa pisang	% filtrat (a)	massa filtrat	massa ampas	% ampas (b)	K = a/b
Pektin	23.6700	24.4038	8.5600	17.3022	7.1016	6.6264	1.2918
Karbohidrat	20.5900	21.2283	0.0400	0.0809	21.1474	19.7323	0.0020
Lemak	0.7500	0.7733	0.0200	0.0404	0.7328	0.6838	0.0292
Protein	0.9800	1.0104	0.0300	0.0606	0.9497	0.8862	0.0339
Air	52.7100	54.3440	91.2500	184.4421	76.1019	71.0094	1.2850
Serat	1.3000	1.3403	0.1000	0.2021	1.1382	1.0620	0.0942
Total	100.0000	103.1000	100.0000	202.1283	107.1717	100.0000	2.7361

Contoh perhitungan untuk leaching

Leaching I

$$M_{10} + M_{13} = M_{11} + M_{12}$$

$$6090,6681 + M_{13} = \left(\frac{202,1283}{103,1} \times 6090,6681 \right) + \left(\frac{107,1717}{103,1} \times 6090,6681 \right)$$

$$M_{13} = 12181,3356 \text{ kg}$$

Leaching total

$$M_{16} + M_{11} = M_{10} + \text{air}$$

$$M_{16} + \left(\frac{202,1283}{103,1} \times 6090,6681 \right) = 6090,6681 + (2 \times 6090,6681)$$

$$M_{16} = 6331,2049 \text{ kg}$$

Leaching II

Asumsi: massa ampas sama, sehingga $M_{14} = M_{12} = M_{16}$

$$M_{12} + M_{15} = M_{13} + M_{14}$$

$$6331,2049 + M_{15} = 12181,3356 + 6331,2049$$

$$M_{15} = 12181,3356 \text{ kg}$$

Leaching I

Komposisi M_{10} (pektin) :

$$\% \text{ pektin} = 23,67 \%$$

$$(M_{10} \times \% \text{ berat}) + M_{15} \cdot z = M_{11} \cdot y + M_{12} \cdot x$$

$$(6090,6681 \times 0,2367) + 12181,3356 z = 11940,7993 y + 6331,2049 x \dots\dots\dots(1)$$

Leaching II (pektin)

$$M_{12} \cdot x + M_{15} \cdot t = M_{13} \cdot z + M_{14} \cdot w$$

$$6331,2049 \cdot x + 12181,3356 \cdot t = 12181,3356 \cdot z + 6331,2049 \cdot w \dots\dots\dots(2)$$

Leaching III (pektin)

$$M_{14} \cdot w + \text{air} = M_{15} \cdot t + M_{16} \cdot u$$

$$6331,2049 \cdot x + 0 = 12181,3356 \cdot t + 6331,2049 \cdot u \dots\dots\dots(3)$$

$$K_1 = \frac{y}{x} \rightarrow y = K_1 \cdot x \dots\dots\dots(4)$$

$$K_2 = \frac{z}{w} \rightarrow z = K_2 \cdot w \dots\dots\dots(5)$$

$$K_3 = \frac{t}{u} \rightarrow t = \frac{u}{K_3} \dots\dots\dots(6)$$

$$K_1 = K_2 = K_3 = K \dots\dots\dots(7)$$

Substitusi persamaan (4) ke (1), mendapatkan :

$$x = \frac{(M_{10} \times \text{persen pektin}) + (M_{13} \times z)}{(M_{11} \times K) + M_{12}}$$

$$x = \frac{(6090,6681 \times 0,2367) + (12181,3356 \times z)}{(11940,7993 \times K) + 6331,2049} \dots\dots\dots(8)$$

Substitusi persamaan (6) ke (3), mendapatkan :

$$t = \frac{(M_{14} \cdot w) + \text{air}}{M_{15} + \frac{M_{16}}{K}}$$

$$t = \frac{(6331,2049 \times w) + 0}{12181,3356 + \frac{6331,2049}{K}} \dots\dots\dots(9)$$

Substitusi persamaan (8), (9) dan (5) ke (2), mendapatkan :

$$M_{12} \left(\frac{M_{10} \text{persen pektin} + M_{13}z}{M_{11}K + M_{12}} \right) + M_{15} \left(\frac{\text{air}}{M_{15} + \frac{M_{16}}{K}} \right) = \left(M_{13}K + M_{14} - M_{15} \left(\frac{M_{14}}{M_{15} + \frac{M_{16}}{K}} \right) \right) w$$

$$M_{12} \left(\frac{M_{10} \cdot \text{persen pektin}}{M_{11} \cdot K + M_{12}} \right) + M_{15} \left(\frac{\text{air}}{M_{15} + \frac{M_{16}}{K}} \right)$$

$$w = \frac{\left(M_{12} \left(\frac{M_{10} \cdot \text{persen pektin}}{M_{11} \cdot K + M_{12}} \right) + M_{15} \left(\frac{\text{air}}{M_{15} + \frac{M_{16}}{K}} \right) \right)}{\left(M_{13}K + M_{14} - M_{15} \left(\frac{M_{14}}{M_{15} + \frac{M_{16}}{K}} \right) \right) - M_{12} \left(\frac{M_{13}K}{M_{11}K + M_{12}} \right)}$$

$$w = \frac{6331,2049x \left(\frac{6090,6681 \times 0,2367}{11940,7993 \times 1,2918 + 6331,2049} \right) + 12181,3356x \left(\frac{0}{12181,3356 + \frac{6331,2049}{1,2918}} \right)}{\left(12181,3356 \times 1,2918 + 6331,2049 - 12181,3356x \left(\frac{6331,2049}{12181,3356 + \frac{6331,2049}{1,2918}} \right) \right) - 6331,2049x \left(\frac{12181,3356 \times 1,2918}{11940,7993 \times 1,2918 + 6331,2049} \right)}$$

w = 0,0323
z = 0,0418
x = 0,0897
y = 0,1158
t = 0,0120
u = 0,0093

Dengan cara yang sama diperoleh hasil komposisi sebagai berikut :

Tabel A.2. Perhitungan Komposisi Filtrat dan Ampas Untuk Leaching I dan II

Pisang	M10(kg)	M11(kg)	M12(kg)	M13(kg)	M14(kg)	M15(kg)	M16(kg)
Pektin	1441,6611	1384,7122	567,6106	502,8985	204,7355	145,9980	58,7409
Karbohidrat	1254,0686	4,7951	1242,0149	4,8913	1254,1250	4,8722	1249,2739
Lemak	45,6800	4,3143	45,7233	2,5654	45,5858	2,4286	43,1579
Protein	59,6886	4,4123	59,7497	3,8765	59,6188	3,6393	55,8738
Air	3210,3912	10528,1788	4337,0323	11653,1659	4690,2054	12012,5972	4859,0229
Serat	79,1787	14,3866	79,0742	13,9380	76,9351	11,8003	65,1356
Total	6090,6681	11940,7993	6331,2049	12181,3356	6331,2049	12181,3356	6331,2049

w	Z	x	Y	t	u
0.0323	0.0418	0.0897	0.1158	0.0120	0.0093
0.1981	0.0004	0.1981	0.0004	0.0004	0.1962
0.0072	0.0002	0.0072	0.0002	0.0002	0.0068
0.0094	0.0003	0.0094	0.0003	0.0003	0.0088
0.7408	0.9562	0.6831	0.8821	0.9861	0.7686
0.0122	0.0011	0.0125	0.0012	0.0010	0.0103
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

4. Tangki Panampung I (F-233)

Filtrat yang keluar dari stage I masuk ke tangki penampung I

Masuk ke tangki penampung dari stage I	Kg	Keluar dari tangki penampung ke tangki pemasakan	Kg
Pektin	1384,7122	Pektin	1384,7122
Karbohidrat	4,7951	Karbohidrat	4,7951
Lemak	4,3143	Lemak	4,3143
Protein	4,4123	Protein	4,4123
Air	10528,1788	Air	10528,1788
Serat	14,3866	Serat	14,3866
Total	11940,7993		11940,7993

5. Tangki Penampung II (F-243)

Filtrat yang keluar dari stage II masuk ke tangki penampung II

Masuk ke tangki penampung dari stage II	kg	Keluar dari tangki penampung ke stage I	Kg
Pektin	502,8985	Pektin	502,8985
Karbohidrat	4,8913	Karbohidrat	4,8913
Lemak	2,5654	Lemak	2,5654
Protein	3,8765	Protein	3,8765
Air	11653,1659	Air	11653,1659
Serat	13,9380	Serat	13,9380
Total	12181,3356		12181,3356

6. Tangki Penampung III (F-253)

Filtrat yang keluar dari stage III masuk ketangki penampung III

Masuk ke tangki penampung dari stage III	Kg	Keluar dari tangki penampung ke stage II	Kg
Pektin	145,9980	Pektin	145,9980
Karbohidrat	4,8722	Karbohidrat	4,8722
Lemak	2,4286	Lemak	2,4286
Protein	3,6393	Protein	3,6393
Air	12012,5972	Air	12012,5972
Serat	11,8003	Serat	11,8003
Total	12181,3356		12181,3356

7. Tangki Pemasakan (F-260)

Asumsi filtrat dalam tangki pemasakan tidak ada yang hilang

Jumlah filtrat yang masuk ke tangki pemasakan = 11940,7993 kg.

Massa sukrosa yang ditambahkan adalah 65% berat filtrat. (Sahutu,1996)

Massa sukrosa yang masuk ke tangki pemasakan = 65 % x jumlah filtrat masuk

$$\text{tangki pemasakan adalah} = \frac{65}{100} \times 11940,7993 \text{ kg}$$

$$= 7761,5195 \text{ kg}$$

Untuk 100 gram filtrat ditambahkan 2-3 gram asam sitrat agar memperoleh pH 3,10 - 3,46 (Sahutu,1996). Asam sitrat yang ditambahkan diambil 2,5 gr per 100 gr filtrat.

$$\text{Asam sitrat yang ditambahkan} = \frac{11940,7993 \text{ kg}}{100 \text{ gr}} \times 2,5 \text{ gr}$$

$$= \frac{11940799,3 \text{ gr}}{100 \text{ gr}} \times 2,5 \text{ gr}$$

$$= 298519,9825 \text{ gr}$$

$$= 298,5199 \text{ kg}$$

Masuk ke tangki pemasakkan dari tangki penampung I	Kg	Keluar tangki pemasakkan menuju ke tangki penampung produk	Kg
Pektin	1384,7122	Pektin	1384,7122
Karbohidrat	4,7951	Karbohidrat	4,7951
Lemak	4,3143	Lemak	4,3143
Protein	4,4123	Protein	4,4123
Air	10528,1788	Air	10528,1788
Serat	14,3866	Serat	14,3866
Sukrosa	7761,5195	Sukrosa	7761,5195
Asam sitrat	298,5199	Asam sitrat	298,5199
Total	20000,8387		20000,8387

8. Tangki Penampung Produk (F-262)

Asumsi produk jelly yang masuk ke tangki penampung tidak ada yang hilang.

Masuk ke tangki penampung produk dari tangki pemasak	Kg	Keluar dari tangki penampung prodek untuk di kemas	kg
Pektin	1384,7122	Pektin	1384,7122
Karbohidrat	4,7951	Karbohidrat	4,7951
Lemak	4,3143	Lemak	4,3143
Protein	4,4123	Protein	4,4123
Air	10528,1788	Air	10528,1788
Serat	14,3866	Serat	14,3866
Sukrosa	7761,5195	Gula	7761,5195
Asam sitrat	298,5199	Asam sitrat	298,5199
Total	20000,8387		20000,8387

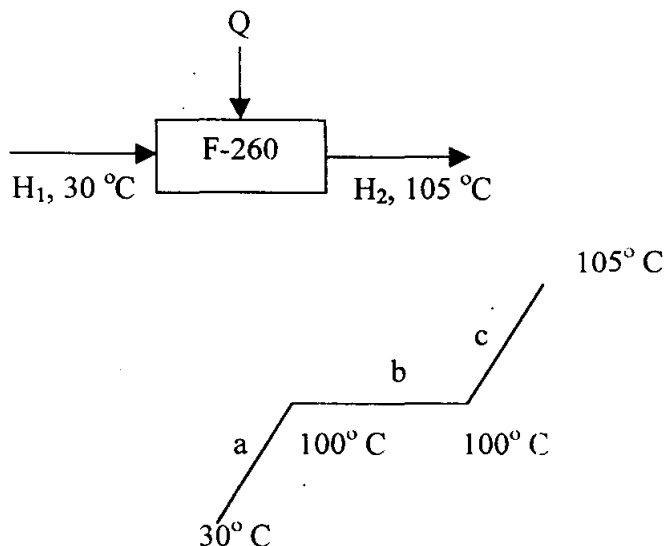
LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

1. Tangki Pemasakan (F-260)



Di asumsikan $Q_{\text{loss}} = 5\% \cdot Q$

$T_{\text{reference}}$ diambil 30°C

H_1 = entalpi masuk

$$H_1 = m_1 \cdot C_p \cdot \Delta T = m_1 \cdot C_p \cdot (30 - 30) = 0$$

H_2 = entalpi keluar

Komposisi bahan masuk dalam tangki pemasakan terdiri dari :

- | | |
|----------------|-----------------|
| 1. Air | = 10528,1788 kg |
| 2. Karbohidrat | = 4,7951 kg |
| 3. Pektin | = 1384,7122 kg |
| 4. Protein | = 4,4123 kg |

5. Lemak = 4,3143 kg
6. Serat = 14,3866 kg
7. Sukrosa = 7761,5159 kg
8. Asam sitrat = 298,5199 kg

Diasumsikan Cp karbohidrat, Cp protein, Cp lemak, Cp serat, Cp gula/sukrosa, Cp asam sitrat, Cp pektin = konstan

- Cp karbohidrat = 1,586 kJ/kg K (Heldman, 1992)
- Cp protein = 1,765 kJ/kg K (Heldman, 1992)
- Cp lemak = 1,953 kJ/kg K (Heldman, 1992)
- Cp serat = 0,765 kJ/kg K (Heldman, 1992)
- Cp sukrosa = 1,2593 kJ/kg K (Perry, 1997)

Cp asam sitrat dan Cp pektin didapatkan dengan rumus Hukum Kopp's:

a. Asam sitrat = $C_6H_8O_7$ (BM = 192 gr/mol)

$$\begin{aligned}
 \text{Cp asam sitrat} &= 6.(C) + 8.(H) + 7.(O) \\
 &= 6.(1,8) + 8.(2,3) + 7.(4,0) \\
 &= 57,2 \text{ kal/mol } ^\circ\text{C} \\
 &= \frac{57,2 \text{ kal}}{192 \text{ gr / mol.mol}^\circ\text{C}} \\
 &= 0,2979 \text{ kal/gr } ^\circ\text{C} \times 4,1836 \\
 &= 1,2472 \text{ J/gr K} = 1,2472 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

b. Pektin = $C_3H_{14}O_{11}$ (BM = 226)

$$\text{Cp pektin} = 3.(C) + 14.(H) + 11.(O)$$

$$= 3.(1,8) + 14.(2,3) + 11.(4,0)$$

$$= 81,6 \text{ kal/mol } ^\circ\text{C}$$

$$= \frac{81,6 \text{ kal}}{226 \text{ gr / mol.mol}^\circ\text{C}}$$

$$= 0,3611 \text{ kal/gr } ^\circ\text{C} \times 4,1836$$

$$= 1,5119 \text{ J/gr K} = 1,5119 \text{ kJ/kg K}$$

Cp air dicari dengan rumus:

$$C_p = a + \frac{b.(T_2 + T_1)}{2} + \frac{c.(T_2^2 + T_2.T_1 + T_1^2)}{3} + \frac{d.(T_2^3 + T_1^3)(T_2 + T_1)}{4}$$

Dari tabel E.1 (Himmelblau, 1996) mendapatkan harga a, b, c, d air pada fase liquid, yaitu:

$$a = 18,2964$$

$$b = 47,212 \cdot 10^{-2}$$

$$c = -133,88 \cdot 10^{-5}$$

$$d = 1314,2 \cdot 10^{-9}$$

Cp air untuk 30 °C (303 K) sampai 100° C (373) adalah :

$$18,2964 + \frac{47,212 \cdot 10^{-2} \cdot (373 + 303)}{2} - \frac{133,88 \cdot 10^{-5} (373^2 + 373 \cdot 303 + 303^2)}{3} + \frac{1314,2 \cdot 10^{-9} (373^3 + 303^3)(373 + 303)}{4}$$

$$= 75,6678 \text{ J/mol K}$$

$$= \frac{75,6678 \text{ J}}{18 \text{ gr / mol.molK}}$$

$$= 4,2038 \text{ J/gr K} = 4,2038 \text{ kJ/kg K}$$

Dari tabel E.1 (Himmelblau, 1996) mendapatkan harga a, b, c, d air pada fase gas, yaitu:

$$a = 33,46$$

$$b = 0,6880 \cdot 10^{-2}$$

$$c = 0,7604 \cdot 10^{-5}$$

$$d = -3,593 \cdot 10^{-9}$$

Cp air untuk 100 °C sampai 105 °C adalah:

$$33,46 + \frac{0,6880 \cdot 10^{-2} \cdot (105 + 100)}{2} + \frac{0,7604 \cdot 10^{-5} (105^2 + 105 \cdot 100 + 100^2)}{3} - \frac{3,593 \cdot 10^{-9} (105^2 + 100^2) (105 + 100)}{4}$$

$$= 34,2412 \text{ J/mol } ^\circ\text{C}$$

$$= \frac{34,2412 \text{ J}}{18 \text{ gr} / \text{mol} \cdot \text{mol}^\circ\text{C}}$$

$$= 1,9023 \text{ J/gr } ^\circ\text{C} = 1,9023 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$$

Panas untuk menaikkan suhu dari 30 °C menjadi 105 °C dianggap membutuhkan waktu selama 30 menit (0,5 jam).

I. Perhitungan ΔH m_a pada suhu 30° C (303K) sampai 100° C (373K)

1. Air

$$\text{massa air} = 10528,1788 \text{ kg}$$

$$H_{a1} = \text{massa air} \cdot C_p \text{ air} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a1} &= 10528,1788 \text{ kg} \cdot 4,2038 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 3098085,063 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Karbohidrat

$$\text{massa karbohidrat} = 4,7951 \text{ kg}$$

$$H_{a2} = \text{massa karbohidrat} \cdot C_p \text{ karbohidrat} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a2} &= 4,7951 \text{ kg} \cdot 1,586 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 532,3520 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Pektin

$$\text{massa pektin} = 1384,7122 \text{ kg}$$

$$H_{a3} = \text{massa pektin} \cdot C_p \text{ pektin} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a3} &= 1384,7122 \text{ kg} \cdot 1,5119 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 146548,2463 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Protein

$$\text{massa protein} = 4,4123 \text{ kg}$$

$$H_{a4} = \text{massa protein} \cdot C_p \text{ protein} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a4} &= 4,4123 \text{ kg} \cdot 1,765 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 545,1397 \text{ kJ} \end{aligned}$$

5. Lemak

$$\text{massa lemak} = 4,3143 \text{ kg}$$

$$H_{a5} = \text{massa lemak} \cdot C_p \text{ lemak} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a5} &= 4,3143 \text{ kg} \cdot 1,953 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 589,8079 \text{ kJ} \end{aligned}$$

6. Serat

$$\text{massa serat} = 14,3866 \text{ kg}$$

$$H_{a6} = \text{massa serat} \cdot C_p \text{ serat} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a6} &= 14,3866 \text{ kg} \cdot 0,765 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 770,4024 \text{ kJ} \end{aligned}$$

7. Sukrosa

$$\text{massa sukrosa} = 7761,5195 \text{ kg}$$

$$H_{a7} = \text{massa sukrosa} \cdot C_p \text{ sukrosa} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a7} &= 7761,5195 \text{ kg} \cdot 1,2593 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 684185,7054 \text{ kJ} \end{aligned}$$

8. Asam sitrat

$$\text{massa asam sitrat} = 298,5199 \text{ kg}$$

$$H_{a8} = \text{massa asam sitrat} \cdot C_p \text{ asam sitrat} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{a8} &= 298,5199 \text{ kg} \cdot 1,2472 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 303)\text{K} \\ &= 26061,9814 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H m_a = H_{a1} + H_{a2} + H_{a3} + H_{a4} + H_{a5} + H_{a6} + H_{a7} + H_{a8}$$

$$\begin{aligned} \Delta H m_a &= (3098085,063 + 532,3520 + 146548,2463 + 545,1397 + 589,8079 + \\ &\quad 770,4024 + 684185,7054 + 26061,9814) \text{ kJ} \\ &= 3273817,698 \text{ kJ} \end{aligned}$$

II. Perhitungan $\Delta H m_b$

Dari Geankoplis App. A.2-9, hal 858 untuk air pada 100 °C mendapat harga:

$$H_v = 2676,10 \text{ kJ/kg}$$

$$H_l = 419,04 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{\text{air}} = 2676,10 - 419,04 = 2257,06 \text{ kJ / kg}$$

Dari tabel 6 (Heldman, 1992) mendapatkan harga:

$$\lambda \text{ karbohidrat} = 246,25 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda \text{ pektin} = 225,97 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda \text{ protein} = 135,89 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda \text{ lemak} = 293,41 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda \text{ sukrosa} = 1587,34 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda \text{ asam sitrat} = 189,03 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda \text{ serat} = 102,46 \text{ kJ/kg}$$

Dengan data panas laten diatas maka dapat menghitung entalpi:

1. Air

$$\text{massa air} = 10528,1788 \text{ kg}$$

$$H_{b1} = \text{massa air} \cdot \lambda \text{ air}$$

$$H_{b1} = 10528,1788 \text{ kg} \cdot 2257,06 \text{ kJ/kg}$$

$$= 23762731,24 \text{ kJ}$$

2. Karbohidrat

$$\text{massa karbohidrat} = 4,7951 \text{ kg}$$

$$H_{b2} = \text{massa karbohidrat} \cdot \lambda \text{ karbohidrat}$$

$$H_{b2} = 4,7951 \text{ kg} \cdot 246,25 \text{ kJ/kg}$$

$$= 1180,7934 \text{ kJ}$$

3. Pektin

$$\text{massa pektin} = 1384,7122 \text{ kg}$$

$$H_{b3} = \text{massa pektin} \cdot \lambda \text{ pektin}$$

$$H_{b3} = 1384,7122 \text{ kg} \cdot 225,97 \text{ kJ/kg}$$

$$= 312903,4158 \text{ kJ}$$

4. Protein

$$\text{massa protein} = 4,4123 \text{ kg}$$

$$H_{b4} = \text{massa protein} \cdot \lambda \text{ protein}$$

$$H_{b4} = 4,4123 \text{ kg} \cdot 135,89 \text{ kJ/kg}$$

$$= 599,5874 \text{ kJ}$$

5. Lemak

$$\text{massa lemak} = 4,3143 \text{ kg}$$

$$H_{b5} = \text{massa lemak} \cdot \lambda \text{ lemak}$$

$$\begin{aligned} H_{b5} &= 4,3143 \text{ kg} \cdot 293,41 \text{ kJ/kg} \\ &= 1265,8588 \text{ kJ} \end{aligned}$$

6. Serat

$$\text{massa serat} = 14,3866 \text{ kg}$$

$$H_{b6} = \text{massa serat} \cdot \lambda \text{ serat}$$

$$\begin{aligned} H_{b6} &= 14,3866 \text{ kg} \cdot 102,46 \text{ kJ/kg} \\ &= 1474,0510 \text{ kJ} \end{aligned}$$

7. Sukrosa

$$\text{massa sukrosa} = 7761,5195 \text{ kg}$$

$$H_{b7} = \text{massa sukrosa} \cdot \lambda \text{ sukrosa}$$

$$\begin{aligned} H_{b7} &= 7761,5195 \text{ kg} \cdot 1587,34 \text{ kJ/kg} \\ &= 12320170,36 \text{ kJ} \end{aligned}$$

8. Asam sitrat

$$\text{massa asam sitrat} = 298,5199 \text{ kg}$$

$$H_{b8} = \text{massa asam sitrat} \cdot \lambda \text{ asam sitrat}$$

$$\begin{aligned} H_{b8} &= 298,5199 \text{ kg} \cdot 189,03 \text{ kJ/kg} \\ &= 56429,2167 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\Delta H_{mb} = H_{b1} + H_{b2} + H_{b3} + H_{b4} + H_{b5} + H_{b6} + H_{b7} + H_{b8}$$

$$\begin{aligned} &= (23762731,24 + 1180,7934 + 312903,4158 + 599,5874 + 1265,8588 + \\ &\quad 1474,0510 + 12320170,36 + 56429,2167) \text{ kJ} \\ &= 36456754,53 \text{ kJ} \end{aligned}$$

III. Perhitungan $\Delta H m_c$ pada suhu 100°C (373K) sampai 105°C (378K)

1. Air

$$\text{massa air} = 10528,1788 \text{ kg}$$

$$H_{c1} = \text{massa air} \cdot C_p \text{ air} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c1} &= 10528,1788 \text{ kg} \cdot 1,9023 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 100138,7727 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Karbohidrat

$$\text{massa karbohidrat} = 4,7951 \text{ kg}$$

$$H_{c2} = \text{massa karbohidrat} \cdot C_p \text{ karbohidrat} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c2} &= 4,7951 \text{ kg} \cdot 1,586 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 38,0251 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Pektin

$$\text{massa pektin} = 1384,7122 \text{ kg}$$

$$H_{c3} = \text{massa pektin} \cdot C_p \text{ pektin} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c3} &= 1384,7122 \text{ kg} \cdot 1,5119 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 10467,7319 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Protein

$$\text{massa protein} = 4,4123 \text{ kg}$$

$$H_{c4} = \text{massa protein} \cdot C_p \text{ protein} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c4} &= 4,4123 \text{ kg} \cdot 1,765 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 38,9385 \text{ kJ} \end{aligned}$$

5. Lemak

$$\text{massa lemak} = 4,3143 \text{ kg}$$

$$H_{c5} = \text{massa lemak} \cdot C_p \text{ lemak} \cdot \Delta T$$

$$H_{c5} = 4,3143 \text{ kg} \cdot 1,953 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K}$$

$$= 42,1291 \text{ kJ}$$

6. Serat

$$\text{massa serat} = 14,3866 \text{ kg}$$

$$H_{c6} = \text{massa serat} \cdot C_p \text{ serat} \cdot \Delta T$$

$$H_{c6} = 14,3866 \text{ kg} \cdot 0,7654 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K}$$

$$= 55,0575 \text{ kJ}$$

7. Sukrosa

$$\text{massa sukrosa} = 7761,5195 \text{ kg}$$

$$H_{c7} = \text{massa sukrosa} \cdot C_p \text{ sukrosa} \cdot \Delta T$$

$$H_{c7} = 7761,5195 \text{ kg} \cdot 1,2593 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K}$$

$$= 48870,4075 \text{ kJ}$$

8. Asam sitrat

$$\text{massa asam sitrat} = 298,5199 \text{ kg}$$

$$H_{c8} = \text{massa asam sitrat} \cdot C_p \text{ asam sitrat} \cdot \Delta T$$

$$H_{c8} = 298,5199 \text{ kg} \cdot 1,2472 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K}$$

$$= 1861,5701 \text{ kJ}$$

$$\Delta H m_c = H_{c1} + H_{c2} + H_{c3} + H_{c4} + H_{c5} + H_{c6} + H_{c7}$$

$$\Delta H m_c = (100138,7727 + 38,0251 + 10467,7319 + 38,9385 + 42,1291 + 55,0575$$

$$+ 48870,4075 + 1861,5701) \text{ kJ}$$

$$= 161512,6324 \text{ kJ}$$

$$H_2 = \Delta H m_a + \Delta H m_b + \Delta H m_c$$

$$H_2 = (3273817,698 + 36456754,53 + 161512,6324) \text{ kJ}$$

$$H_2 = 39892084,86 \text{ kJ}$$

Neraca panas: _____

$$H_1 + Q = H_2 + Q_{\text{loss}} \longrightarrow Q_{\text{loss}} = 5 \% \text{ dari } Q$$

$$0 + Q = 39892084,86 \text{ kJ} + 0,05 Q$$

$$Q - 0,05 Q = 39892084,86 \text{ kJ}$$

$$0,95 Q = 39892084,86 \text{ kJ}$$

$$Q = \frac{39892084,86 \text{ kJ}}{0,95}$$

$$Q = 41991668,27 \text{ kJ}$$

Panas yang dibutuhkan adalah = 41991668,27 kJ

$$Q_{\text{loss}} = 0,05 \cdot 41991668,27 = 2099583,414 \text{ kJ}$$

Kebutuhan steam:

Steam yang digunakan bersuhu 155° C, 543,1 kPa. Dari Geankoplis App. A.2-9, hal 858 mendapat harga: $H_v = 2752,40 \text{ kJ/kg}$

$$H_l = 653,84 \text{ kJ/kg}$$

$$\lambda_{\text{steam}} = H_v - H_l$$

$$= (2752,40 - 653,84) \text{ kJ/kg}$$

$$= 2098,56 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{massa steam} = \frac{Q}{\lambda_{\text{steam}}} = \frac{41991668,27 \text{ kJ}}{2098,56 \text{ kJ/kg}} = 20009,7535 \text{ kg}$$

Panas masuk (kJ)	Panas keluar (kJ)
Dari tangki penampung I (F-233):	Ke Heat Exchanger (E – 262):
Entalpi air : 0	Entalpi air : 26960955,0800
Entalpi karbohidrat : 0	Entalpi karbohidrat : 1751,1705
Entalpi pektin : 0	Entalpi pektin : 469919,3940
Entalpi protein : 0	Entalpi protein : 1183,6656
Entalpi lemak : 0	Entalpi lemak : 1897,7958
Entalpi serat : 0	Entalpi serat : 2299,5109
Entalpi sukrosa : 0	Entalpi sukrosa : 13053226,4700
Entalpi asam sitrat : 0	Entalpi asam sitrat : 84352,7682
Panas yang dibutuhkan : 41991668,2700 (Q)	Panas yang hilang : 2099583,414 (Qloss)
Total : 41991668,2700	Total : 41991668,2700

2. Heat Exchanger (E-261)

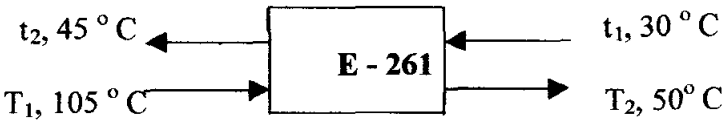
T₁ = 105 °C ; suhu bahan masuk

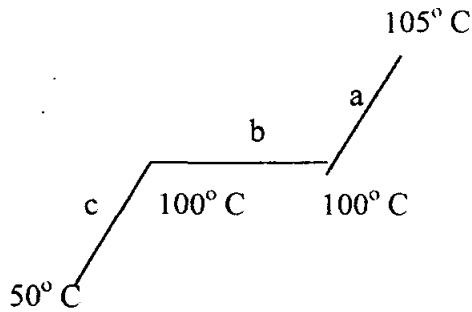
T₂ = 50 °C ; suhu bahan keluar

t₁ = 30 °C ; suhu air pendingin masuk

Berdasarkan Kern, 1988 dinyatakan bahwa ΔT air pendingin harus lebih besar dari 10 °C dan harus lebih kecil dari 20 °C, maka ΔT air pendingin diambil 15 °C.

t₂ = 45 °C ; suhu air pendingin keluar





H_1 = Panas keluar dari tangki pemasakan menuju ke heat exchanger

$$H_1 = (41991668,2700 - 2099583,414) \text{ kJ}$$

$$H_1 = 39892084,86 \text{ kJ}$$

Perhitungan untuk mencari H_2 :

I. Perhitungan ΔH m_a pada suhu 105° C (378K) sampai 100° C (373K)

1. Air

$$\text{massa air} = 10528,1788 \text{ kg}$$

$$H_{c1} = \text{massa air} \cdot C_p \text{ air} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c1} &= 10528,1788 \text{ kg} \cdot 1,9023 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 100138,7727 \text{ kJ} \end{aligned}$$

2. Karbohidrat

$$\text{massa karbohidrat} = 4,7951 \text{ kg}$$

$$H_{c2} = \text{massa karbohidrat} \cdot C_p \text{ karbohidrat} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c2} &= 4,7951 \text{ kg} \cdot 1,586 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 38,0251 \text{ kJ} \end{aligned}$$

3. Pektin

$$\text{massa pektin} = 1384,7122 \text{ kg}$$

$$H_{c3} = \text{massa pektin} \cdot C_p \text{ pektin} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c3} &= 1384,7122 \text{ kg} \cdot 1,5119 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 10467,7319 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Protein

$$\text{massa protein} = 4,4123 \text{ kg}$$

$$H_{c4} = \text{massa protein} \cdot C_p \text{ protein} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c4} &= 4,4123 \text{ kg} \cdot 1,765 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 38,9385 \text{ kJ} \end{aligned}$$

5. Lemak

$$\text{massa lemak} = 4,3143 \text{ kg}$$

$$H_{c5} = \text{massa lemak} \cdot C_p \text{ lemak} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c5} &= 4,3143 \text{ kg} \cdot 1,953 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 42,1291 \text{ kJ} \end{aligned}$$

6. Serat

$$\text{massa serat} = 14,3866 \text{ kg}$$

$$H_{c6} = \text{massa serat} \cdot C_p \text{ serat} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c6} &= 14,3866 \text{ kg} \cdot 0,7654 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 55,0575 \text{ kJ} \end{aligned}$$

7. Sukrosa

$$\text{massa sukrosa} = 7761,5195 \text{ kg}$$

$$H_{c7} = \text{massa sukrosa} \cdot C_p \text{ sukrosa} \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} H_{c7} &= 7761,5195 \text{ kg} \cdot 1,2593 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K} \\ &= 48870,4075 \text{ kJ} \end{aligned}$$

8. Asam sitrat

$$\text{massa asam sitrat} = 298,5199 \text{ kg}$$

$$H_{c8} = \text{massa asam sitrat} \cdot C_p \text{ asam sitrat} \cdot \Delta T$$

$$H_{c8} = 298,5199 \text{ kg} \cdot 1,2472 \text{ kJ/kg K} \cdot (378 - 373)\text{K}$$

$$= 1861,5701 \text{ kJ}$$

$$\Delta H m_a = H_{a1} + H_{a2} + H_{a3} + H_{a4} + H_{a5} + H_{a6} + H_{a7}$$

$$\Delta H m_c = (100138,7727 + 38,0251 + 10467,7319 + 38,9385 + 42,1291 + 55,0575$$

$$+ 48870,4075 + 1861,5701) \text{ kJ}$$

$$= 161512,6324 \text{ kJ}$$

II. Perhitungan $\Delta H m_b$

1. Air

$$\text{massa air} = 10528,1788 \text{ kg}$$

$$H_{b1} = \text{massa air} \cdot \lambda \text{ air}$$

$$H_{b1} = 10528,1788 \text{ kg} \cdot 2257,06 \text{ kJ/kg}$$

$$= 23762731,24 \text{ kJ}$$

2. Karbohidrat

$$\text{massa karbohidrat} = 4,7951 \text{ kg}$$

$$H_{b2} = \text{massa karbohidrat} \cdot \lambda \text{ karbohidrat}$$

$$H_{b2} = 4,7951 \text{ kg} \cdot 246,25 \text{ kJ/kg}$$

$$= 1180,7934 \text{ kJ}$$

3. Pektin

$$\text{massa pektin} = 1384,7122 \text{ kg}$$

$$H_{b3} = \text{massa pektin} \cdot \lambda \text{ pektin}$$

$$\begin{aligned} H_{b3} &= 1384,7122 \text{ kg} \cdot 225,97 \text{ kJ/kg} \\ &= 312903,4158 \text{ kJ} \end{aligned}$$

4. Protein

$$\begin{aligned} \text{massa protein} &= 4,4123 \text{ kg} \\ H_{b4} &= \text{massa protein} \cdot \lambda \text{ protein} \\ H_{b4} &= 4,4123 \text{ kg} \cdot 135,89 \text{ kJ/kg} \\ &= 599,5874 \text{ kJ} \end{aligned}$$

5. Lemak

$$\begin{aligned} \text{massa lemak} &= 4,3143 \text{ kg} \\ H_{b5} &= \text{massa lemak} \cdot \lambda \text{ lemak} \\ H_{b5} &= 4,3143 \text{ kg} \cdot 293,41 \text{ kJ/kg} \\ &= 1265,8588 \text{ kJ} \end{aligned}$$

6. Serat

$$\begin{aligned} \text{massa serat} &= 14,3866 \text{ kg} \\ H_{b6} &= \text{massa serat} \cdot \lambda \text{ serat} \\ H_{b6} &= 14,3866 \text{ kg} \cdot 102,46 \text{ kJ/kg} \\ &= 1474,0510 \text{ kJ} \end{aligned}$$

7. Sukrosa

$$\begin{aligned} \text{massa sukrosa} &= 7761,5195 \text{ kg} \\ H_{b7} &= \text{massa sukrosa} \cdot \lambda \text{ sukrosa} \\ H_{b7} &= 7761,5195 \text{ kg} \cdot 1587,34 \text{ kJ/kg} \\ &= 12320170,36 \text{ kJ} \end{aligned}$$

8. Asam sitrat

$$\text{massa asam sitrat} = 298,5199 \text{ kg}$$

$$H_{b8} = \text{massa asam sitrat} \cdot \lambda \text{ asam sitrat}$$

$$H_{b8} = 298,5199 \text{ kg} \cdot 189,03 \text{ kJ/kg}$$

$$= 56429,2167 \text{ kJ}$$

$$\Delta H m_b = H_{b1} + H_{b2} + H_{b3} + H_{b4} + H_{b5} + H_{b6} + H_{b7} + H_{b8}$$

$$= (23762731,24 + 1180,7934 + 312903,4158 + 599,5874 + 1265,8588 +$$

$$1474,0510 + 12320170,36 + 56429,2167) \text{ kJ}$$

$$= 36456754,53 \text{ kJ}$$

III. Perhitungan $\Delta H m_c$ pada suhu 100° C (373 K) sampai 50° C (323 K)

Dengan cara yang sama mendapatkan C_p air = 4,2141 kJ/kg K (untuk 373 K sampai 323 K).

Dari data diatas maka dapat menghitung entalpi:

1. Air

$$\text{massa air} = 10528,1788 \text{ kg}$$

$$H_{c1} = \text{massa air} \cdot C_p \text{ air} \cdot \Delta T$$

$$H_{c1} = 10528,1788 \text{ kg} \cdot 4,2141 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323) \text{ K}$$

$$= 2218339,914 \text{ kJ}$$

2. Karbohidrat

$$\text{massa karbohidrat} = 4,7951 \text{ kg}$$

$$H_{c2} = \text{massa karbohidrat} \cdot C_p \text{ karbohidrat} \cdot \Delta T$$

$$H_{c2} = 4,7951 \text{ kg} \cdot 1,586 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323) \text{ K}$$

$$= 380,2514 \text{ kJ}$$

3. Pektin

$$\text{massa pektin} = 1384,7122 \text{ kg}$$

$$H_{c3} = \text{massa pektin} \cdot C_p \text{ pektin} \cdot \Delta T$$

$$H_{c3} = 1384,7122 \text{ kg} \cdot 1,5119 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323)\text{K}$$

$$= 104677,3188 \text{ kJ}$$

4. Protein

$$\text{massa protein} = 4,4123 \text{ kg}$$

$$H_{c4} = \text{massa protein} \cdot C_p \text{ protein} \cdot \Delta T$$

$$H_{c4} = 4,4123 \text{ kg} \cdot 1,765 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323)\text{K}$$

$$= 389,3855 \text{ kJ}$$

5. Lemak

$$\text{massa lemak} = 4,3143 \text{ kg}$$

$$H_{c5} = \text{massa lemak} \cdot C_p \text{ lemak} \cdot \Delta T$$

$$H_{c5} = 4,3143 \text{ kg} \cdot 1,953 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323)\text{K}$$

$$= 421,2914 \text{ kJ}$$

6. Serat

$$\text{massa serat} = 14,3866 \text{ kg}$$

$$H_{c6} = \text{massa serat} \cdot C_p \text{ serat} \cdot \Delta T$$

$$H_{c6} = 14,3866 \text{ kg} \cdot 0,765 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323)\text{K}$$

$$= 550,2875 \text{ kJ}$$

7. Sukrosa

$$\text{massa sukrosa} = 7761,5195 \text{ kg}$$

$$H_{c7} = \text{massa sukrosa} \cdot C_p \text{ sukrosa} \cdot \Delta T$$

$$H_{c7} = 7761,5195 \text{ kg} \cdot 1,2593 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323)\text{K}$$

$$= 488704,0753 \text{ kJ}$$

8. Asam sitrat

$$\text{massa asam sitrat} = 298,5199 \text{ kg}$$

$$H_{c8} = \text{massa asam sitrat} \cdot C_p \text{ asam sitrat} \cdot \Delta T$$

$$H_{c8} = 298,5199 \text{ kg} \cdot 1,2472 \text{ kJ/kg K} \cdot (373 - 323)\text{K}$$

$$= 18615,7001 \text{ kJ}$$

$$\Delta H m_c = H_{c1} + H_{c2} + H_{c3} + H_{c4} + H_{c5} + H_{c6} + H_{c7} + H_{c8}$$

$$\Delta H m_c = (2218339,914 + 380,2514 + 104677,3188 + 389,3855 + 421,2914$$

$$+ 550,2875 + 488704,0753 + 18615,7001) \text{ kJ}$$

$$= 2832078,224 \text{ kJ}$$

$$H_2 = \Delta H m_a + \Delta H m_b + \Delta H m_c$$

$$H_2 = (161512,6324 + 36456754,53 + 2832078,224) \text{ kJ}$$

$$H_2 = 39450345,39 \text{ kJ}$$

Neraca Panas:

$$Q = H_2 - H_1$$

$$Q = (39450345,39 - 39892084,86) \text{ kJ}$$

$$Q = - 441739,47 \text{ kJ}$$

$$\text{Panas yang dilepas} = 441739,47 \text{ kJ}$$

Panas masuk (kJ)	Panas keluar (kJ)
Dari tangki pemasakan (F-260) Entalpi air : 26960955,0800 Entalpi karbohidrat : 1751,1705 Entalpi pektin : 469919,3940 Entalpi protein : 1183,6656 Entalpi lemak : 1897,7958 Entalpi serat : 2299,5109 Entalpi sukrosa : 13053226,4700 Entalpi asam sitrat : 84352,7682 	Ke tangki penampung produk (F-263) Entalpi air : 26081209,9300 Entalpi karbohidrat : 1599,0699 Entalpi pektin : 428048,4665 Entalpi protein : 1027,9114 Entalpi lemak : 1729,2779 Entalpi serat : 2079,3960 Entalpi sukrosa : 12857744,8400 Entalpi asam sitrat : 76906,4869 Panas yang dilepas : 441739,4700 (Q)
Total : 39892084,8600	Total : 39892084,8600

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

1. Ware House Pisang (F-110)

Fungsi : Tempat menyimpan pisang selama 6 hari

Bentuk : Bangunan berupa gudang

Kondisi operasi : T : 30 ° C ; P : 1 atm

Perhitungan :

Waktu tinggal : 6 hari proses

Dari Appendix A. Perhitungan Neraca Massa, untuk bahan baku 5973.

kg/hari pisang menghasilkan hasilkan jelly sebesar 20000 kg.

Kebutuhan pisang selama 6 hari = 6 hari x 5973 kg/hari

$$= 35838 \text{ kg} = 79008,4548 \text{ lb}$$

$$\rho \text{ pisang} = 933,3333 \text{ kg/m}^3 = 58,2399 \text{ lb/ft}^3 \text{ (dari percobaan)}$$

Diasumsikan ϵ pisang = 0,3

$$\rho \text{ bulk} = \rho \times (1 - \epsilon)$$

$$= 933,3333 \text{ kg/m}^3 \times (1 - 0,3) = 653,3331 \text{ kg/m}^3 = 40,7679 \text{ lb/ft}^3$$

Dari Ulrich hal 246, persamaan yang diperoleh:

$$V = \frac{\pi \cdot L \cdot D^2}{12}$$

Keterangan:

L = tinggi tumpukkan bahan

D = diameter tumpukkan bahan

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\rho_{\text{bulk}}} = \frac{79008,4548 \text{ lb}}{40,7679 \text{ lb / ft}^3} = 1938,0065 \text{ ft}^3$$

$$V = 0,11 \times D^3$$

$$1938,0065 \text{ ft}^3 = 0,11 \times D^3 \longrightarrow D = 26,0208 \text{ ft}$$

$$R = 13,0104 \text{ ft}$$

$$\text{Luas alas} = \pi \cdot R^2$$

$$= \pi \cdot (13,0104 \text{ ft})^2 = 531,5099 \text{ ft}^2$$

Untuk jalan transportasi dan allowance sebesar 25%, maka:

$$\text{Luas yang diperlukan} = 1,25 \times \text{luas alas} = 1,25 \times 531,5099 \text{ ft}^2 = 664,3874 \text{ ft}^2$$

$$\text{Ditetapkan panjang} = \text{lebar} = \sqrt{664,3874 \text{ ft}^2} = 25,7757 \text{ ft}$$

Tinggi minimal bangunan = tinggi maximal bahan:

$$\begin{aligned} L &= 0,4 \times D = 0,4 \times 26,0208 \text{ ft} \\ &= 10,4083 \text{ ft} \end{aligned}$$

Allowance tinggi sebesar 25%, maka:

$$\text{Tinggi bangunan} = 1,25 \times 10,4083 \text{ ft} = 13,0104 \text{ ft}$$

Dasar lantai bangunan dari lantai semen cor besi bertulang dengan tinggi 30 cm diatas permukaan tanah.

Sudut atap adalah 20° , maka:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi atap} &= R \times \text{tg } 20^\circ \\ &= 13,0104 \text{ ft} \times 0,3639 = 4,7345 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gudang} &= \text{tinggi bangunan} + \text{tinggi atap} \\ &= 13,0104 \text{ ft} + 4,7345 \text{ ft} = 17,7449 \text{ ft} \end{aligned}$$

Spesifikasi ware house pisang:

Fungsi	: menyimpan pisang selama 6 hari
Kondisi operasi	: T : 30° C ; P : 1 atm
Kapasitas	: 35838 kg
Panjang bangunan	: 25,7757 ft
Lebar bangunan	: 25,7757 ft
Tinggi max. bangunan	: 17,7449 ft
Tinggi gudang	: 13,0104 ft
Bahan lantai	: Semen cor dan besi bertulang
Bahan rangka atas	: Besi profil
Bahan rangka pilar	: Besi profil
Jumlah	: 1 buah

2. Belt Conveyor (J-211)

Fungsi	: Untuk mengangkut pisang dari tempat penyimpanan ke tangki pencucian
Tipe	: Flat belt
Operasi	: Batch
Dasar pemilihan	: Umum digunakan dan harganya relatif murah
Kondisi operasi	: T = 30°C P = 1 atm

$$\text{Kapasitas pisang} = 5973 \text{ kg/hari} = 248,875 \text{ kg/jam}$$

$$\rho \text{ bulk} = 653,3333 \text{ kg/m}^3 = 40,7679 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{rate volumetrik} = \frac{248,875 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{653,3333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,3809 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

Panjang belt conveyor antara 10-50 m (tabel 4.4 Ulrich)

Panjang belt conveyor diambil = 20 m = 65,616 ft

Sudut elefasi = 20° (Perry, ed 7, tabel 21.8)

Lebar belt = 14 in

Belt plies = 3-5

Belt speed = 100 ft/min

Kapasitas = 32 ton/jam

Bahan konstruksi : Rubber dan steel

Spesifikasi di atas berlaku untuk material dengan bulk density 100 lb/ft³.

Untuk material dengan ρ bulk 40,7679 lb/ft³ dengan kapasitas 0,2489 ton/jam mendapat :

$$\begin{aligned} \text{Speed belt} &= \frac{0,2489 \text{ ton/jam}}{32 \text{ ton/jam}} \times \frac{1/40,7679 \text{ lb/ft}^3}{1/100 \text{ lb/ft}^3} \times 100 \text{ ft/min} \\ &= 1,9079 \text{ ft/min} \end{aligned}$$

Tenaga untuk menggerakkan belt:

Untuk sudut elevasi = 20°, maka :

$$\text{Motor HP} = \text{TPH} \times ((H \times 0,002) + (V \times 0,001)) C$$

Dimana : TPH = Kapasitas belt, ton/jam

H = panjang belt = 65,616 ft

C = faktor formula = 2

V = ketinggian belt conveyor, ft

$$\text{Untuk } \alpha = 20^\circ, \text{ maka } \tan \alpha = \frac{V}{H} = 0,364 \longrightarrow V = 23,8842 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}\text{Motor HP} &= 0,2489 \text{ ton/jam} \times ((65,616 \text{ ft} \times 0,002) + (23,8842 \text{ ft} \times 0,001)) \times 2 \\ &= 0,0772 \text{ HP}\end{aligned}$$

Efisiensi = 80 % (fig. 14-38, peters)

$$\begin{aligned}\text{Power} &= \frac{0,0772 \text{ HP}}{80\%} \\ &= 0,0965 \text{ HP} = 0,1 \text{ HP}\end{aligned}$$

Spesifikasi Belt Conveyor :

Fungsi : Untuk mengangkut pisang dari tempat penyimpanan ke tangki pencucian

Tipe : Flat belt

Bahan konstruksi : Rubber dan steel

Panjang belt : 65,616 ft

Lebar belt : 14 in

Belt plies : 3-5

Belt speed : 100 ft/min

Power : 0,1 HP

Jumlah : 1 buah

3. Tangki Pencucian (F-210)

Fungsi : untuk mencuci pisang kotor dari tempat penyimpanan

Tipe : Silinder tegak terbuka dengan dasar tangki berbentuk konis

Operasi : Batch

Dasar pemilihan : Harga murah dan tidak mudah berkarat sehingga usia alat lebih lama

Kondisi operasi : $T = 30^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{ atm}$

Bahan masuk:

• Pisang	= 5973	= 1318,0758	= 0,2
• Air	= 23892	= 52672,3032	= 0,8

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 29865 \text{ kg/hari} = 65840,379 \text{ lb/hari} \\ &= 2743,3491 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi tangki:

$$\rho \text{ pisang } (\rho_a) = 933,3333 \text{ kg/m}^3 = 58,2399 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho \text{ air } (\rho_b) = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1581 \text{ lb/ft}^3 \text{ (pada } T=30^\circ\text{C)}$$

$$\rho \text{ campuran} = \frac{1}{\frac{x_A}{\rho_A} + \frac{x_B}{\rho_B}} = \frac{1}{\frac{0,2}{58,2399 \text{ lb/ft}^3} + \frac{0,8}{62,1581 \text{ lb/ft}^3}} = 61,3328 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume campuran} = \frac{2743,3491 \text{ lb/jam}}{61,3328 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ jam} = 44,7289 \text{ ft}^3$$

Menetapkan :

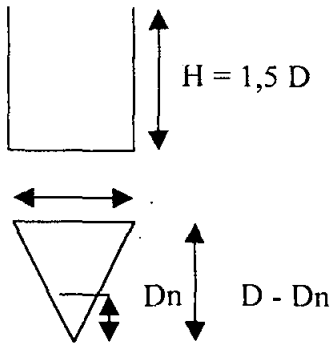
$$H \text{ shell} = 1,5 D \text{ tangki}$$

$$\text{Volume campuran} = 80 \% \text{ dari volume tangki}$$

$$D \text{ konis} = D_n = 1 \text{ ft}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{100 \%}{80 \%} \times 44,7289 \text{ ft}^3 \\ &= 55,9111 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$



Volume total = Volume shell + Volume konis

$$\begin{aligned}
 55,9111 \text{ ft}^3 &= \left(\frac{1}{4} \pi D^2 H \right) + \left(\frac{\pi}{24 \lg 30^\circ} (D^3 - D^2 D_n - D_n^3) \right) \\
 &= \frac{1}{4} \pi D^2 (1,5 D) + \frac{\pi}{24 \lg 30^\circ} (D^3 - D^2 (1) - 1^3) \\
 &= 1,1775 D^3 + (0,2266 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266) \\
 &= 1,4041 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan trial D mendapatkan :

$$D = 2,4353 \text{ ft} = 29,2238 \text{ in}$$

$$H = 3,6529 \text{ ft} = 43,8358 \text{ in}$$

Tinggi Konis (H_k):

$$\begin{aligned}
 H_k &= \frac{D - D_n}{2 \lg 30^\circ} = \frac{(2,4353 - 1) \text{ ft}}{1,1547} \\
 &= 2,1090 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Tinggi tangki (H_{tot}) = $H + H_k$

$$= (3,6529 + 2,1090) \text{ ft}$$

$$= 5,7619 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho_{\text{campuran}} \times H_{\text{tot}}}{144} \\
 &= \frac{61,3328 \times 5,7619}{144} \\
 &= 2,4541 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= P_{\text{udara luar}} + P_{\text{hidrostatik}} \\
 &= (14,696 + 2,4541) \text{ psia} \\
 &= 17,1501 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{design}} &= 1,5 \times P \\
 &= 1,5 \times 17,1501 \text{ psia} \\
 &= 25,7252 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

Bahan plate: Stainless steel

Dari Brownel & Young Tabel 13.1, mendapat:

$$F = 18.684 \text{ psia}$$

$$E = 0,8$$

$$C = 1/8$$

Perhitungan tebal shell:

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal shell} &= \frac{P \times D}{2 \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C \\
 &= \frac{25,7252 \text{ psia} \times 29,2238 \text{ in}}{2 \times ((18684 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 25,7252 \text{ psia}))} + \frac{1}{8} \\
 &= 0,1502 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

memilih tebal standard = 3/16 in

Perhitungan tebal konis:

$$\text{Tebal konis} = \frac{P \times D}{2 \times \cos \alpha ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C$$

$$= \frac{25,7252 \text{ psia} \times 29,2238 \text{ in}}{2 \times \cos 30^\circ \times ((18684 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 25,7252 \text{ psia}))} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,1734 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

memilih tebal standart = 3/16 in

Pengaduk:

Type impeller: six flat blade turbine

D_a = diameter impeller

D_t = diameter tangki

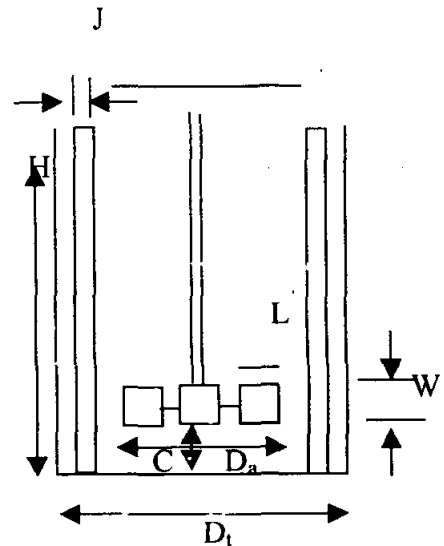
H = tinggi campuran dalam shell

L = panjang blade

W = lebar blade

C = jarak dari dasar tangki ke center impeller

J = lebar baffle



$$D_a = 0,3 \times D_t$$

$$= 0,3 \times 2,4353 \text{ ft}$$

$$= 0,7306 \text{ ft}$$

$$H = D_a = 0,7306 \text{ ft}$$

$$J = \frac{1}{12} \times D_t$$

$$= \frac{1}{12} \times 2,4353 \text{ ft}$$

$$= 0,2029 \text{ ft}$$

$$C = \frac{1}{3} \times D_t = \frac{1}{3} \times 2,4353 \text{ ft}$$

$$= 0,8118 \text{ ft}$$

$$W = \frac{1}{5} \times D_a = \frac{1}{5} \times 0,7306 \text{ ft}$$

$$= 0,1461 \text{ ft}$$

$$L = \frac{1}{4} \times D_a = \frac{1}{4} \times 0,7306 \text{ ft}$$

$$= 0,1827 \text{ ft (Geankoplis, tabel 3.4-1, hal 144)}$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,324 \times \rho_{\text{campuran}}^{0,5} \text{ (Perry, ed.5, p. 3-246)}$$

$$= 0,324 \times (61,3328)^{0,5}$$

$$= 2,5374 \times 2,42 \text{ lb/ft.h} = \frac{6,1405}{3600} = 0,0017 \text{ lb/ft.s}$$

$$N = k \times D_t^{-\frac{2}{3}} \times \left(\frac{\rho_{\text{larutan}} - \rho_{\text{padatan}}}{\rho_{\text{larutan}}} \right)^{0,26} \times \left(\frac{\mu_{\text{larutan}}}{\rho_{\text{larutan}}} \right)^{1,9}$$

$$N = 750 \times (2,4353)^{-\frac{2}{3}} \times \left(\frac{(62,1581 - 58,2399)}{62,1581} \right)^{0,26} \times \left(\frac{0,0017}{62,1581} \right)^{\frac{1}{9}}$$

$$N = 10,9747 \text{ rpm} \approx 0,1833 \text{ rps}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D_a^2 \times N \times \rho_{\text{camp}}}{\mu_{\text{camp}}}$$

$$= \frac{(0,7306 \text{ ft})^2 \times 0,1833 \times 61,3328 \text{ lb/ft}^3}{0,0017 \text{ lb/ft.s}} = 4831,5447 \text{ (turbulen)}$$

Dari gambar 3.4-4 Geankoplis, 3rd edition, p. 145, memperoleh $N_p = 5$

$$\text{Jumlah impeller} = \frac{sg \times H}{D_t} = \frac{\frac{\rho_{\text{pisang}}}{\rho_{\text{air}}} \times H}{D_t}$$

$$= \frac{\frac{933,3333 \text{ kg} / \text{m}^3}{995,68 \text{ kg} / \text{m}^3} \times 0,7306 \text{ ft}}{2,4353 \text{ ft}}$$

$$= 0,2812 \approx 1 \text{ buah}$$

$$\text{Power untuk pengaduk} = \frac{N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_a^5}{g_c}$$

$$= \frac{5 \times 61,3328 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times (0,1833)^3 \cdot (0,7306 \text{ ft})^5}{32,174 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{lbf} \cdot \text{s}^2}}$$

$$= 0,0122 \frac{\text{ft} \cdot \text{lbf}}{\text{s}}$$

$$= \frac{0,0122 \text{ ft} \cdot \text{lbf} / \text{s}}{550 \text{ Hp} / (\text{ft} \cdot \text{lbf} / \text{s})} = 0,00002 \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Tangki Pencucian:

Fungsi : untuk mencuci pisang kotor dari tempat penyimpanan

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : P = 1 atm ; T = 30 ° C

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i) : 2,4353 ft

Tinggi shell (H_s) : 3,6529 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi konis : 2,1090 ft

Tebal konis : 3/16 in

Tinggi tangki keseluruhan : 5,7619 ft

Pengaduk :

Type impeller : Six flate blade turbine

Kecepatan agitator : 10,9747 rpm rpm

Jumlah impeller : 1 buah

Total power : 0,1 Hp

4. Belt Conveyor (J-213)

Fungsi : Untuk mengangkut pisang bersih dari tangki pencucian ke rotary cutter

Tipe : Flat belt

Operasi : Batch

Dasar pemilihan : Umum digunakan dan harganya relatif murah

Kondisi operasi : $T = 30^{\circ}\text{C}$

$P = 1 \text{ atm}$

• Pisang = 5913,27 = 0,9709

• Air = 177,3981 = 0,0291

Total = 6090,6681 $\frac{\text{kg}}{\text{hari}}$ = 6,0907 ton/hari
= 0,2538 ton/jam

Dengan cara seperti pada Belt conveyor (J-211) memperoleh:

Bahan konstruksi : Rubber dan steel

Panjang belt : 65,616 ft

Lebar belt : 14 in

Belt plies : 3-5

Belt speed : 100 ft/min

Power : 0,1 HP

Jumlah : 1 buah

5. Rotary Cutter (C-220)

Fungsi : Memotong pisang menjadi potongan kecil-kecil

Tipe : Rotary Cutter

Operasi : Batch

Dasar pemilihan : Harganya murah dan umum digunakan

Perhitungan:

Pisang yang dibutuhkan untuk proses = 6090,6681 kg/hari = 253,7778 kg/jam

= 13427,4869 lb/hari = 559,4786 lb/jam

Berdasarkan data dari Perry edisi 6, hal 8 – 29 untuk jenis rotary knife cutter diperoleh:

Untuk feed rate = 10000 lb/jam ; screen opening = 1,5 in

Power mesin = 11 HP

Jadi banyaknya mesin yang dibutuhkan
$$= \frac{559,4786 \text{ lb / jam}}{10000 \text{ lb / jam}}$$

$$= 0,0559 \approx 1$$

Spesifikasi Rotary Cutter:

Nama alat : Rotary Cutter

Screen opening : 1,5 in

Tekanan : 1 atm

Power : 11 HP

Floor space : 54 x 34 in²

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 buah

6. Tangki Leaching I (F-230)

Fungsi : Mengambil sari pisang dari pisang yang telah dihancurkan
di rotary knife cutter

Tipe : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan
tutup atas berbentuk dished head

Operasi : Kontinyu

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri
makanan

Bahan konstruksi : Stainless steel

Kondisi operasi : $T_{\text{operasi}} = 30^{\circ}\text{C}$

Bahan masuk :

- Pisang = 6090,6681 = 13427,4869 = 0,3333
- Filtrat II = 12181,3356 = 26854,9725 = 0,6667

$$\begin{aligned}\text{Total} &= 18272,0037 \text{ kg/hari} = 4197,1479 \text{ lb/hari} \\ &= 1678,4358 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

Menentukan dimensi tangki:

$$\rho \text{ bulk pisang } (\rho_a) = 653,3333 \text{ kg/m}^3 = 40,7679 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho \text{ filtrat II } (\rho_b) = 1080,9 \text{ kg/m}^3 = 67,4482 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned}\rho \text{ campuran} &= \frac{\frac{1}{x_A} + \frac{1}{x_B}}{\frac{1}{\rho_A} + \frac{1}{\rho_B}} = \frac{\frac{1}{0,3333} + \frac{1}{0,6667}}{\frac{1}{40,7679} + \frac{1}{67,4482}} = 55,3705 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 887,3478 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Volume larutan} = \frac{1678,4358 \text{ lb}}{55,3705 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ jam} = 30,3128 \text{ ft}^3$$

Menetapkan :

$$H \text{ shell} = 1,5D \text{ tangki}$$

$$\text{Volume larutan} = 80 \% \text{ dari volume tangki}$$

$$D \text{ konis} = D_n = 1 \text{ ft}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{100 \%}{80 \%} \times \text{volume larutan}$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{100 \%}{80 \%} \times 30,3128 \text{ ft}^3$$

$$= 37,8910 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume total} = \text{Volume shell} + \text{Volume konis}$$

$$37,8910 \text{ ft}^3 = \left(\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H \right) + \left(\frac{\pi}{24 \times \text{tg } 30^\circ} (D^3 - D^2 D_n - D_n^3) \right)$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times (1,5D) + \frac{\pi}{24 \times \text{tg } 30^\circ} (D^3 - D^2(1) - 1^3)$$

$$= 1,1775 D^3 + (0,2266 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266)$$

$$= 1,4041 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266$$

Dengan menggunakan trial D mendapatkan :

$$D = 3,0452 \text{ ft} = 36,5429 \text{ in}$$

$$H = 4,5679 \text{ ft} = 54,8144 \text{ in}$$

Tinggi Konis (Hk)

$$H_k = \frac{D - D_n}{2 \times \text{tg } 30^\circ} = \frac{(3,0452 - 1) \text{ ft}}{2 \times \text{tg } 30^\circ}$$

$$= 1,7712 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki (H}_{\text{tot}}) &= H + H_k \\ &= (4,5679 + 1,7712) \text{ ft} \\ &= 6,3391 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho_{\text{campuran}} H_{\text{tot}}}{144} \\ &= \frac{55,3705 \text{ lb/ft}^3 \times 6,3391 \text{ ft}}{144} \\ &= 2,4375 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$P = P_{\text{udara luar}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= (14,696 + 2,4375) \text{ psia}$$

$$= 17,1335 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= 1,5 \times P \\ &= 1,5 \times 17,1335 \text{ psia} \\ &= 25,7002 \text{ psia} \end{aligned}$$

Dari Brownel & Young Tabel 13.1, mendapat:

$$F = 18.684 \text{ psia}$$

$$E = 0,8 \text{ (double welded butt joint)}$$

$$C = 1/8$$

Perhitungan tebal shell

$$\begin{aligned} \text{Tebal shell} &= \frac{P \times D}{2 \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C \\ &= \frac{25,7002 \text{ psia} \times 36,5429 \text{ in}}{2 \times ((18.684 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 25,7002 \text{ psia}))} + \frac{1}{8} \\ &= 0,1564 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

Memilih tebal standard = 3/16 in

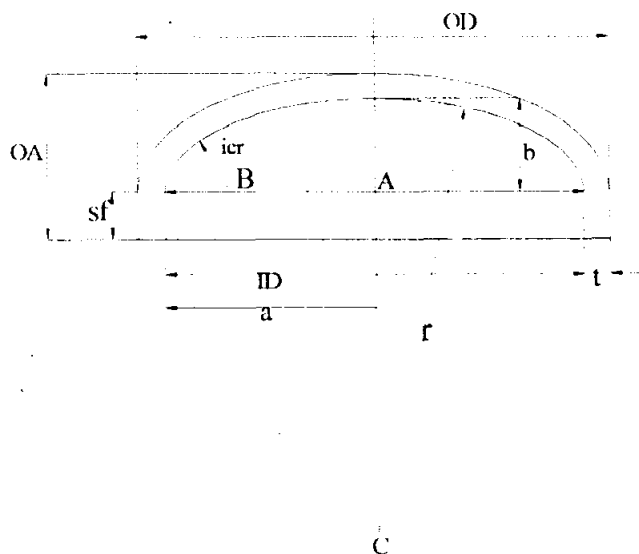
Perhitungan tebal konis:

$$\begin{aligned} \text{Tebal konis} &= \frac{P \times D}{2 \times \cos \alpha \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C \\ &= \frac{25,7002 \text{ psia} \times 36,5429 \text{ in}}{2 \times \cos 30^\circ \times ((18.684 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 25,7002 \text{ psia}))} + \frac{1}{8} \\ &= 0,1806 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

Memilih tebal standart = 3/16 in

Perhitungan dished head (Torispherical dished head)

Penentuan tinggi dished head



$$rc = D = 36,5429 \text{ in}$$

$$lcr = 6\% \cdot r = 6\% \times 36,5429 \text{ in}$$

$$= 2,1926 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 7.76:

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{lcr}} \right)$$

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{36,5429}{2,1926}} \right) = 1,4393$$

$$AB = D/2 - icr$$

$$= (36,5429/2) \text{ in} - 2,1926 \text{ in}$$

$$= 16,0789 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= (36,5429 - 2,1926) \text{ in}$$

$$= 34,3503 \text{ in}$$

$$b = r - (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 36,5429 - (34,3503^2 - 16,0789^2)^{1/2}$$

$$= 6,1881 \text{ in}$$

Penentuan tebal tutup atas:

$$t_d = \frac{P \times r_c \times W}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 7.77})$$

Menggunakan tipe sambungan double welded butt joint

Sehingga $E = 0,8$; $C = 1/8$ (Brownell & Young, Tabel 13.2)

$$t_d = \frac{25,7002 \text{ psia} \times 36,5429 \text{ in} \times 1,4393}{(2 \times 18.684 \times 0,8) - (0,2 \times 25,7002 \text{ psia})} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,1702 \approx 3/16$$

Mengambil tebal standard 3/16 in

Panjang straight flange (sf) dipilih = 2,25 in (Brownell & Young, Tabel 5.8)

$$\text{OA (tinggi dished head)} = t + b + sf$$

$$= (3/16 + 6,1881 + 2,25) \text{ in}$$

$$= 8,6256 \text{ in}$$

$$= 0,7188 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi tangki keseluruhan} &= \text{tinggi tangki} + \text{tinggi dished head} \\
 &= 6,3391 \text{ ft} + 0,7188 \text{ ft} \\
 &= 7,0579 \approx 7 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Pengaduk:

Type impeller: six flate blade turbine

D_a = diameter impeller

D_t = diameter tangki

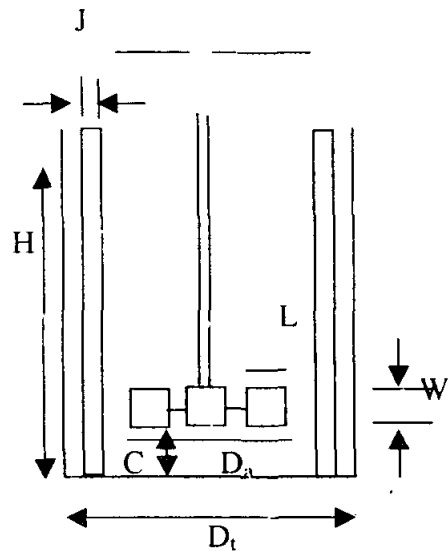
H = tinggi liquid dalam shell

L = panjang blade

W = lebar blade

C = jarak dari dasar tangki ke center impeller

J = lebar baffle



$$\begin{aligned}
 D_a &= 0,3 \times D_t \\
 &= 0,3 \times 3,0452 \text{ ft} = 0,9136 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$H = D_a = 0,9136 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{1}{12} \times D_t \\
 &= \frac{1}{12} \times 3,0452 \text{ ft} = 0,2538 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{1}{3} \times D_t = \frac{1}{3} \times 3,0452 \text{ ft} \\
 &= 1,0151 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{1}{5} \times D_a = \frac{1}{5} \times 0,9136 \text{ ft} \\
 &= 0,1827 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$L = \frac{1}{4} \times D_a = \frac{1}{4} \times 0,9136 \text{ ft}$$

$$= 0,2284 \text{ ft (Geankoplis, tabel 3.4-1, hal 144)}$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,324 \times \rho_{\text{campuran}}^{0,5} \quad (\text{Perry, ed.5, p. 3-246})$$

$$= 0,324 \times (887,3478 \text{ kg/m}^3)^{0,5}$$

$$= 9,6514 \times 2,42 \frac{\text{lb}}{\text{ft.h}} = \frac{23,3565}{3600} = 0,0065 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}$$

$$N = k \times D_i^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{\rho_{\text{larutan}} - \rho_{\text{padatan}}}{\rho_{\text{larutan}}} \right)^{0,26} \times \left(\frac{\mu_{\text{campuran}}}{\rho_{\text{larutan}}} \right)^{1,9} \quad (\text{Shinji Nagata})$$

$$N = 750 \times (3,0452)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{(67,4482 - 40,7679)}{67,4482} \right)^{0,26} \times \left(\frac{0,0065}{67,4482} \right)^{1,9}$$

$$N = 100,3921 \text{ rpm} \approx 1,6765 \text{ rps}$$

$$N_{\text{re}} = \frac{D_a^2 \times N \times \rho_{\text{camp}}}{\mu_{\text{camp}}}$$

$$= \frac{(0,9136 \text{ ft})^2 \times 1,6765 \times 55,3705 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{0,0065 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}} = 11920,4648 \text{ (turbulen)}$$

Dari gambar 3.4-4 Geankoplis, 3rd edition, p. 145, memperoleh $N_p = 5$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah impeller} &= \frac{sg \times H}{D_i} = \frac{\frac{\rho_{\text{campuran}}}{\rho_{\text{air}}} \times H}{D_i} \\ &= \frac{\frac{887,3478 \text{ kg/m}^3}{995,5795 \text{ kg/m}^3} \times 0,9136 \text{ ft}}{3,0452 \text{ ft}} \end{aligned}$$

$$= 0,2674 \approx 1 \text{ buah}$$

$$\text{Power untuk pengaduk} = \frac{N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5}{g_c}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 \times 55,3705 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times (1,6765 \text{ rps})^3 \times (0,9136 \text{ ft})^5}{32,174 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{lb} \cdot \text{s}^2}} \\
 &= 25,8086 \frac{\text{ft} \cdot \text{lb}}{\text{s}} \\
 &= \frac{25,8086 \text{ ft} \cdot \text{lb} / \text{s}}{550 \text{ Hp} / (\text{ft} \cdot \text{lb} / \text{s})} = 0,0469 \approx 0,1 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Tangki Leaching I:

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : P = 1 atm ; T = 30 ° C

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i) : 3,0452 ft

Tinggi shell (H_s) : 4,5679 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi konis : 1,7712 ft

Tebal konis : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 0,7188 ft

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tinggi tangki keseluruhan : 7 ft

Pengaduk :

Type impeller : Six flat blade turbine

Kecepatan agitator : 100,3921 rpm

Jumlah impeller : 1 buah

Total power : 0,1 Hp

7. Pompa (L-231)

Fungsi : Untuk memompa slurry pisang dari tangki leaching I ke filter press I

Tipe : Gear pump

Dasar pemilihan : Untuk viscositas $> 0,2 \text{ Pa.s}$

Operasi : Batch

Kondisi operasi : $T = 30^\circ\text{C}$; $P = 20 \text{ psia}$

Bahan masuk:

$$\text{Pisang} = 3406,7931 = 0,0869 = 0,1865$$

$$\text{Air} = 14865,2111 = 0,3793 = 0,8135$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 18272,0042 \text{ kg/hari} = 40282,4605 \text{ lb/hari} \\ &= 0,4662 \text{ lb/s} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air pada suhu } 30^\circ\text{C}} = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 62,1581 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{\text{pisang}} = 933,3333 \text{ kg/m}^3 = 58,2399 \text{ lb/ft}^3$$

(asumsi ρ pisang harganya tetap)

$$\begin{aligned} \rho_{\text{campuran}} &= \frac{\frac{I}{x_A} + \frac{I}{x_B}}{\frac{I}{\rho_A} + \frac{I}{\rho_B}} = \frac{0,1865}{58,2399} + \frac{0,8135}{62,1581} \\ &= 61,3879 \text{ lb/ft}^3 = 983,7773 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,324 \times \rho_{\text{campuran}}^{0,5} \quad (\text{Perry, ed.5, p. 3-246})$$

$$= 0,324 \times (983,7773 \text{ kg/m}^3)^{0,5}$$

$$= 10,1623 \times 2,42 \text{ lb/ft.h} = \frac{24,5928}{3600} = 0,0068 \text{ lb/ft.s}$$

$$\text{Laju volumetric (Q)} = \frac{0,4662 \frac{\text{lb}}{\text{s}}}{61,3879 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 0,0176 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$$

$$\begin{aligned} \text{ID optimum (in)} &= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13} \\ &= 3,9 \times (0,0176 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}})^{0,45} \times (61,3879 \text{ lb/ft}^3)^{0,13} \\ &= 1,0814 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari App. A.5-1 hal 892 Geankoplis memilih pipa dengan ukuran :

$$\text{Nominal size pipe} = 1,5 \text{ in sch 80}$$

$$\text{OD} = 1,9 \text{ in}$$

$$\text{ID} = 1,5 \text{ in} = 0,0381 \text{ m}$$

$$\text{Inside cross sectional area} = 0,01225 \text{ ft}^2 = 11,40 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,0176 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}}{0,01225 \text{ ft}^2} = 1,9367 \frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

Cek terhadap aliran:

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{\rho \times Di \times v}{\mu} = \frac{61,3879 \text{ lb/ft}^3 \times (1,5 \frac{1}{12}) \text{ ft} \times 1,9367 \frac{\text{ft}}{\text{s}}}{0,0068 \text{ lb/ft.s}} \\ &= 2185,4769 \text{ (turbulen)} \end{aligned}$$

Dari fig.2.10-3, Geankoplis, memilih :

Pipa : commercial steel

$$\varepsilon : 4,6 \cdot 10^{-5} \text{ m} = 1,5088 \cdot 10^{-4} \text{ ft}$$

$$\frac{\varepsilon}{Di} = \frac{4,6 \cdot 10^{-5} \text{ m}}{0,0381 \text{ m}} = 0,0012$$

Dari fig. 2.10-3, Geankoplis $\longrightarrow f = 0,0045$

Menghitung Friction losses pipa lurus

Perkiraan panjang pipa lurus total (ΔL) = 15 ft

$$\begin{aligned}
 F_f &= 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D_i} \times \frac{v^2}{2 \times gc} \\
 &= 4 \times 0,0045 \times \frac{15 \text{ ft}}{(1,5/12) \text{ ft}} \times \frac{1,9367^2 (\text{ft/s})^2}{2 \times 32,174 \text{ lb.ft/s}^2 \cdot \text{lb}_f} \\
 &= 0,1276 \text{ ft.lbf/lb}
 \end{aligned}$$

Menghitung Sudden contraction losses:

$$\begin{aligned}
 h_c &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 > A_2 \text{ sehingga } \frac{A_2}{A_1} = 0 \\
 &= 0,55 \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \longrightarrow \alpha = 1 \text{ (turbulen)} \\
 &= 0,55 \times \frac{1,9367^2 (\text{ft/s})^2}{2 \times 1 \times 32,174 \text{ lb.ft/s}^2 \cdot \text{lb}_f} = 0,0321 \text{ ft.lbf/lb}
 \end{aligned}$$

Menghitung sudden enlargement losses:

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_2 > A_1 \text{ maka } \frac{A_1}{A_2} = 0 \\
 &= \frac{1,9367^2 (\text{ft/s})^2}{2 \times 1 \times 32,174 \text{ lb.ft/s}^2 \cdot \text{lb}_f} = 0,0583 \text{ ft.lbf/lb}
 \end{aligned}$$

Menghitung friksi valve dan elbow:

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2 \times gc}$$

Menetapkan : 2 buah elbow 90° (Kf = 0,75) (Geankoplis, 1997, hal 93)

1 buah gate valve wide open (Kf = 0,17)

$$h_f = 2 \times \left(K_f \times \frac{v^2}{2 \times gc} \right)_{\text{elbow}} + \left(K_f \times \frac{v^2}{2 \times gc} \right)_{\text{valve}}$$

$$= 2 \times \left(0,75 \times \frac{1,9367^2 (ft/s)^2}{2 \times 32,174 lb \cdot ft/s^2 \cdot lb_f} \right) + \left(0,17 \times \frac{1,9367^2 (ft/s)^2}{2 \times 32,174 lb \cdot ft/s^2 \cdot lb_f} \right)$$

$$= 0,0973 \text{ ft} \cdot lb_f / lb$$

Total friksi = $F_t + h_c + h_{ex} + h_f$

$$= (0,1276 + 0,0321 + 0,0583 + 0,0973) \text{ ft} \cdot lb_f / lb$$

$$= 0,3153 \text{ ft} \cdot lb_f / lb$$

Neraca energi:

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times g_c} \times (v_2^2 - v_1^2) + \frac{g}{g_c} \times (Z_2 - Z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$v_1 = 0 ; P_1 = P_2 = 14,7 \text{ psia} ; Z_2 = Z_1$$

$$\frac{1}{2 \times 1 \times 32,174 lb \cdot ft/s^2 \cdot lb_f} \times (1,9367^2 (ft/s)^2) + (0) + (0) + 0,3153 \text{ ft} \cdot lb_f / lb = -W_s$$

$$W_s = -0,3736 \text{ ft} \cdot lb_f / lb$$

$$W_s = -\eta \times W_p \longrightarrow \eta = 18 \% \text{ (Petter \& Timmerhaus, fig. 14.37)}$$

$$-0,3736 \text{ ft} \cdot lb_f / lb = -0,18 \times W_p$$

$$W_p = 2,0756 \text{ ft} \cdot lb_f / lb$$

$$\text{BHP} = \frac{m \times W_p}{550}$$

$$= \frac{0,4662 \text{ lb/s} \times 2,0756 \text{ ft} \cdot lb_f / lb}{550}$$

$$= 0,0018 \approx 0,1 \text{ HP}$$

Spesifikasi Pompa:

Rate : $0,0176 \text{ ft}^3/\text{s}$

Power : 0,1 HP

Bahan : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

8. Filter Press I (H-235)

Fungsi : Untuk menyaring slurry pisang dari tangki leaching I
sehingga terpisah menjadi cake I dan filtrat I

Tipe : Plate and frame filter press

Bahan konstruksi : Cast iron (Hugot, 1986 hal 471)

Dasar Pemilihan : Perbedaan tekanan rendah (1-2 atm), pengoperasian
mudah dan harga murah

Sistem : Batch

Kapasitas = $18272,0042 \text{ kg/hari} = 2284,0005 \text{ kg/batch}$

Kondisi Operasi : Waktu pengoperasian = 90 menit

Waktu pemasangan = 50 menit

Waktu bongkar = 20 menit

Waktu pencucian = 20 menit +

Total = 180 menit

Jadi dalam 1 hari ada 8 kali operasi, 1 kali operasi menyaring 2284,0005 kg slurry.

Cake = $6331,2049 \text{ kg/hari} = 791,4006 \text{ kg/batch}$

$$\rho_{\text{cake}} = \rho_{\text{pisang}} = 933,3333 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 58,2399 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\text{Filtrat} = 11940,7993 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} = 1492,5999 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}$$

$$\rho_{\text{filtrat}} = 1,0809 \frac{\text{gr}}{\text{ml}} = 67,4782 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

$$\text{Laju alir cake} = 791,4006 \frac{\text{kg}}{\text{batch}} \times 2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} = 1744,7218 \frac{\text{lb}}{\text{batch}}$$

$$\text{Laju alir filtrat} = 1492,5999 \frac{\text{kg}}{\text{batch}} \times 2,2046 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} = 3290,5857 \frac{\text{lb}}{\text{batch}}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate volumetrik filtrat} &= \frac{\text{massa filtrat}}{\rho_{\text{filtrat}}} \\ &= \frac{3290,5857 \frac{\text{lb}}{\text{batch}}}{67,4782 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 48,7652 \frac{\text{ft}^3}{\text{batch}} \end{aligned}$$

Dari Perry, ed 5, Tabel 19-17 mendapat :

Ukuran plate and frame = 48 in × 48 in (metal)

$$\text{Luas filter satu frame} = 25 \text{ ft}^2 \rightarrow \text{luas penyaringan} = \frac{25 \text{ ft}^2}{2} = 12,5 \text{ ft}^2$$

$$\text{Total kapasitas} = 1,05 \text{ ft}^3/\text{in tebal}$$

$$\text{Volume cake} = \frac{\text{massa}}{\rho_{\text{cake}}} = \frac{1744,7218 \frac{\text{lb}}{\text{batch}}}{58,2399 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}} = 29,9575 \frac{\text{ft}^3}{\text{batch}}$$

Tebal frame berkisar antara 0,125-8 in (Perry 5th ed., p.19-66) sehingga tebal frame diambil 2 in

$$\text{Volume per frame} = \text{luas} \times \text{tebal}$$

$$\text{Volume cake dalam tiap frame} = \frac{25 \text{ ft}^2}{2} \times \frac{2 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} = 2,0833 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah frame} &= \frac{\text{Volume cake}}{\text{Volume tiap frame}} = \frac{29,9575 \text{ ft}^3}{2,0833 \text{ ft}^3} \\ &= 14,3798 \approx 14 \end{aligned}$$

Panjang alat berkisar antara 0,5-70 m (Ulrich, 1984, hal 223)

Jumlah plate and frame = $(14 \times 2) + 1 = 29$ buah

Total panjang plate dan frame = $29 \times \frac{2 \text{ in}}{12 \text{ in/ft}} = 4,8333 \text{ ft} = 1,4732 \approx 1,5 \text{ m}$

Spesifikasi Filter Press I:

Tebal frame : 2 in
 Ukuran : 48×48 in
 Jumlah plate dan frame : 29 buah
 Panjang plate dan frame : 1,5 m
 Jumlah : 1 unit

9. Pompa (L-232)

Fungsi : Untuk memompa filtrat I ke tangki penampung I
 Tipe : Centrifugal pump
 Dasar pemilihan : Konstruksinya sederhana dan biaya operasinya relatif lebih rendah dibandingkan pompa jenis lain
 Operasi : Batch
 Fasa : Liquid
 Kondisi operasi : $T = 30^\circ\text{C}$; $P = 20 \text{ psia}$
 Kapasitas masuk : $11940,7993 \text{ kg/hari} = 0,3047 \text{ lb/s}$

Dengan cara seperti pada pompa (L-231) memperoleh:

Spesifikasi Pompa:

Rate : $0,0171 \frac{ft^3}{s}$

Power : 0,1 HP

Bahan : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

10. Tangki Penampung Filtrat I (F-233)

Fungsi : Untuk menampung filtrat I dari filter press I

Tipe : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan tutup atas berbentuk dished head

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri makanan

Operasi : Batch

Kondisi operasi : $T_{operasi} = 30^{\circ}C$

Perhitungan:

$$\text{Massa filtrat masuk} = 11940,7993 \frac{kg}{hari} = 1096,8619 \frac{lb}{jam}$$

Menentukan dimensi tangki:

$$\rho \text{ filtrat} = 1080,9 \frac{kg}{m^3} = 67,4482 \frac{lb}{ft^3}$$

$$\text{Volume larutan} = \frac{1096,8619 \frac{lb}{jam}}{67,4482 \frac{lb}{ft^3}} \times 1 \text{ jam} = 16,2623 \text{ ft}^3$$

Menetapkan :

$$H \text{ shell} = 1,5D \text{ tangki}$$

$$\text{Volume larutan} = 80 \% \text{ dari volume tangki}$$

$$D \text{ konis} = D_n = 1 \text{ ft}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{100 \%}{80 \%} \times \text{volume larutan}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{100 \%}{80 \%} \times 16,2623 \text{ ft}^3 \\ &= 20,3279 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume total} = \text{Volume shell} + \text{Volume konis}$$

$$\begin{aligned} 20,3279 \text{ ft}^3 &= \left(\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H \right) + \left(\frac{\pi}{24 \times \text{tg } 30^\circ} (D^3 - D^2 D_n - D_n^3) \right) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times (1,5D) + \frac{\pi}{24 \times \text{tg } 30^\circ} (D^3 - D^2 (1) - 1^3) \\ &= 1,1775 D^3 + (0,2266 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266) \\ &= 1,4041 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan trial D mendapatkan :

$$D = 2,5123 \text{ ft} = 30,1476 \text{ in}$$

$$H = 3,7685 \text{ ft} = 45,2214 \text{ in}$$

Tinggi Konis (Hk):

$$\begin{aligned} H_k &= \frac{D - D_n}{2 \times \text{tg } 30^\circ} = \frac{(2,5123 - 1) \text{ ft}}{2 \times \text{tg } 30^\circ} \\ &= 1,3097 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki (H}_{\text{tot}}) &= H + H_k \\ &= (3,7685 + 1,3097) \text{ ft} \\ &= 5,0782 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho_{\text{filtrat}} H_{\text{tot}}}{144} \\
 &= \frac{67,4482 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 5,0782 \text{ ft}}{144} = 2,3786 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

$$P = P_{\text{udara luar}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= (14,696 + 2,3786) \text{ psia} = 17,0746 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{design}} &= 1,5 \times P \\
 &= 1,5 \times 17,0746 \text{ psia} = 25,6119 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

Dari Brownel & Young Tabel 13.1, mendapat:

$$F = 18.684 \text{ psia}$$

$$E = 0,8 \text{ (double welded butt joint)}$$

$$C = 1/8$$

Perhitungan tebal shell

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal shell} &= \frac{P \times D}{2 \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C \\
 &= \frac{25,6119 \text{ psia} \times 30,1476 \text{ in}}{2 \times ((18.684 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 25,6119 \text{ psia}))} + \frac{1}{8} \\
 &= 0,1509 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Memilih tebal standard = 3/16 in

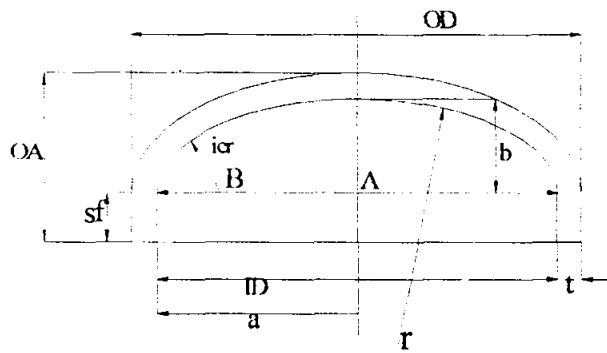
Perhitungan tebal konis:

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal konis} &= \frac{P \times D}{2 \times \cos \alpha \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C \\
 &= \frac{25,6119 \text{ psia} \times 30,1476 \text{ in}}{2 \times \cos 30^\circ \times ((18.684 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 25,6119 \text{ psia}))} + \frac{1}{8} \\
 &= 0,1742 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Memilih tebal standart = 3/16 in

Perhitungan dished head (Torispherical dished head)

Penentuan tinggi dished head



C

$$rc = D = 30,1476 \text{ in}$$

$$Icr = 6\% \cdot r = 6\% \times 30,1476 \text{ in}$$

$$= 1,8089 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 7.76:

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{30,1476}{1,8089}} \right) = 1,5088$$

$$AB = D/2 - icr$$

$$= (30,1476/2) \text{ in} - 1,8089 \text{ in} = 13,2649 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= (30,1476 - 1,8089) \text{ in} = 28,3387 \text{ in}$$

$$b = r - (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 30,1476 - (28,3387^2 - 13,2649^2)^{1/2} = 5,1051 \text{ in}$$

Penentuan tebal tutup atas:

$$t_d = \frac{P \times r_c \times W}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 7.77})$$

Menggunakan tipe sambungan double welded butt joint

Sehingga $E = 0,8$; $C = 1/8$ (Brownell & Young, Tabel 13.2)

$$t_d = \frac{25,6119 \text{ psia} \times 30,1476 \text{ in} \times 1,5088}{(2 \times 18.684 \times 0,8) - (0,2 \times 25,6119 \text{ psia})} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,1639 \approx 3/16$$

Mengambil tebal standard 3/16 in

Panjang straight flange (sf) dipilih = 2,25 in (Brownell & Young, Tabel 5.8)

$$\begin{aligned} \text{OA (tinggi dished head)} &= t + b + sf \\ &= (3/16 + 5,1051 + 2,25) \text{ in} \\ &= 7,5426 \text{ in} = 0,6286 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi tangki keseluruhan} &= \text{tinggi tangki} + \text{tinggi dished head} \\ &= 5,0782 \text{ ft} + 0,6286 \text{ ft} \\ &= 5,7068 \approx 6 \text{ ft} \end{aligned}$$

Spesifikasi Tangki Penampung Filtrat I:

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i) : 2,5123 ft

Tinggi shell (H_s) : 3,7685 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi konis	: 1,3097 ft
Tebal konis	: 3/16 in
Tinggi tutup atas	: 0,6286 ft
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tinggi tangki keseluruhan	: 6 ft

11. Pompa (L-234)

Fungsi	: Untuk memompa filtrat I ke tangki pemasakan
Tipe	: Centrifugal pump
Dasar pemilihan	: Konstruksinya sederhana dan biaya operasinya relatif lebih rendah dibandingkan pompa jenis lain
Operasi	: Batch
Fasa	: Liquid
Kondisi operasi	: $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 20 \text{ psia}$
Kapasitas masuk	: 0,1382 kg/s

Dengan cara yang sama dengan pompa (L-231) memperoleh:

Spesifikasi Pompa:

Rate	: $0,0145 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$
Power	: 0,1 HP
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: Stainless steel

12. Tangki Leaching II (F-240)

Fungsi	: Mengambil sari yang masih terdapat pada cake I
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan tutup atas berbentuk dished head

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri makanan

Operasi : Kontinyu

Bahan masuk :

$$\bullet \text{ Cake I} = 6331,2049 = 1453,8739 = 0,3419$$

$$\bullet \text{ Filtrat III} = 12181,3356 = 2797,2756 = 0,6581$$

$$\begin{aligned} \text{Total} &= 18512,5405 \text{ kg/hari} = 40812,7468 \text{ lb/hari} \\ &= 1700,5311 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama pada tangki leaching I (F-230) memperoleh:

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : $P = 1 \text{ atm}$; $T = 30^\circ \text{ C}$

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i) : 3,2414 ft

Tinggi shell (H_s) : 4,8621 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi konis : 1,7787 ft

Tebal konis : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 0,7254 ft

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tinggi tangki keseluruhan : 7 ft

Pengaduk :

Type impeller : Six flate blade turbine

Kecepatan agitator : 100,4123 rpm

Jumlah impeller : 1 buah

Total power : 0,1 Hp

13. Pompa (L-241)

Fungsi : Memompa slurry dari tangki leaching II ke filter press II

Tipe : Gear pump

Dasar pemilihan : Untuk viscositas > 0,2 Pa.s

Operasi : Batch

Kondisi operasi : $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 20$ psia

Kapasitas masuk : $18512,5405 \text{ kg/hari} = 0,4724 \text{ lb/s}$

Dengan cara yang sama pada pompa L-231 memperoleh:

Rate : $0,0194 \text{ ft}^3/\text{det}$

Power : 0,1 HP

Jumlah : 1 unit

Bahan : Stainless steel

14. Filter Press II (H-245)

Fungsi : Untuk menyaring slurry pisang dari tangki leaching II
sehingga terpisah menjadi cake II dan filtrat II

Tipe : Plate and frame filter press

Bahan konstruksi : Cast iron (Hugot, 1986 hal 471)

Dasar Pemilihan : Perbedaan tekanan rendah (1-2 atm), pengoperasian
mudah dan harga murah

Sistem : Batch

Kapasitas : $18512,5405 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} = 2314,0676 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}$

Dengan cara yang sama pada filter press H-235 memperoleh:

Tebal frame	: 2 in
Ukuran	: 48 × 48 in
Jumlah plate dan frame	: 31 buah
Panjang plate dan frame	: 1,5 m
Jumlah	: 1 unit

15. Pompa (L-242)

Fungsi	: Untuk memompa filtrat II ke tangki penampung II
Tipe	: Centrifugal pump
Dasar pemilihan	: Konstruksinya sederhana dan biaya operasinya relatif lebih rendah dibandingkan pompa jenis lain
Operasi	: Batch
Fasa	: Liquid
Kondisi operasi	: T = 30°C ; P = 20 psia
Kapasitas masuk	: 0,3108 lb/s

Dengan cara yang sama pada pompa L-231 memperoleh:

Rate	: <u>0,0158 ft³/det</u>
Power	: 0,1 HP
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: Stainless steel

16. Tangki Penampung Filtrat II (F-243)

Fungsi	: Untuk menampung filtrat II dari filter press II
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan tutup atas berbentuk dished head

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri makanan

Operasi : Batch

Kondisi operasi : $T_{\text{operasi}} = 30^{\circ}\text{C}$

Kapasitas masuk : 1118,9572 lb/jam

Dengan cara yang sama pada tangki penampung filtrat I (F-233) memperoleh:

Bahan konstruksi : SS

Jumlah : 1 unit

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i) : 2,5245 ft

Tinggi shell (H_s) : 3,7868 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi konis : 1,3126 ft

Tebal konis : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 0,6297 ft

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tinggi tangki keseluruhan : 6 ft

17. Pompa (L-244)

Fungsi : Untuk memompa filtrat II dari tangki penampung II ke tangki leaching I

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : Konstruksinya sederhana dan biaya operasinya relatif lebih rendah dibandingkan pompa jenis lain

Operasi : Batch

Fasa : Liquid

Kondisi operasi : $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 20$ psia

Kapasitas masuk : $1118,9572 \text{ lb/jam} = 0,3108 \text{ lb/s}$

Dengan cara yang sama pada pompa L-231 memperoleh:

Rate : $0,0158 \text{ ft}^3/\text{det}$

Power : $0,1 \text{ HP}$

Jumlah : 1 unit

Bahan : Stainless steel

18. Tangki Leaching III (F-250)

Fungsi : Mengambil sari yang masih terdapat pada cake II

Tipe : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan
tutup atas berbentuk dished head

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri
makanan

Operasi : Kontinyu

Bahan masuk :

• Cake II = $6331,2049 \text{ kg} = 13957,7743 \text{ lb} = 0,3419$

• Air = $12181,3362 \text{ kg} = 26854,9738 \text{ lb} = 0,6581$

Total = $18512,5411 \text{ kg/hari} = 40812,7415 \text{ lb/hari}$

= $1700,5309 \text{ lb/jam}$

Dengan cara yang sama pada tangki leaching I (F-230) memperoleh:

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Kondisi operasi : $P = 1 \text{ atm}$; $T = 30^{\circ}\text{C}$

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i)	: 3,2414 ft
Tinggi shell (H_s)	: 4,8621 ft
Tebal shell	: 3/16 in
Tinggi konis	: 1,7787 ft
Tebal konis	: 3/16 in
Tinggi tutup atas	: 0,7254 ft
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tinggi tangki keseluruhan	: 7 ft

Pengaduk :

Tipe impeller	: Six flate blade turbine
Kecepatan agitator	: 100,4123 rpm
Jumlah impeller	: 1 buah
Total power	: 0,1 Hp

19. Pompa (L-251) —————

Fungsi	: Memompa slurry dari tangki leaching III ke filter press III
Tipe	: Gear pump
Dasar pemilihan	: Untuk viscositas > 0,2 Pa.s
Operasi	: Batch
Kondisi operasi	: $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 20$ psia
Kapasitas masuk	: 18512,5411 kg/hari = 0,4724 lb/s
Dengan cara yang sama pada pompa L-231 memperoleh:	
Rate	: 0,0219 ft^3/det
Power	: 0,1 HP

Jumlah : 1 unit
Bahan : Stainless steel

20. Filter Press III (H-255)

Fungsi : Untuk menyaring slurry dari tangki leaching III
sehingga terpisah menjadi cake III dan filtrat III
Tipe : Plate and frame filter press
Bahan konstruksi : Cast iron (Hugot, 1986 hal 471)
Dasar Pemilihan : Perbedaan tekanan rendah (1-2 atm), pengoperasian
mudah dan harga murah
Sistem : Batch
Kapasitas : $2314,0676 \text{ kg/batch}$

Dengan cara yang sama pada filter press H-235 memperoleh:

Ukuran plate dan frame : 48 in × 48 in
Tebal frame : 2 in
Bahan plate dan frame : metal
Jumlah plate dan frame : 31 buah
Panjang plate dan frame : 1,5 m
Jumlah : 1 buah

21. Pompa (L-252)

Fungsi : Untuk memompa filtrat III dari filter press III ke tangki
penampung III
Tipe : Centrifugal pump
Dasar pemilihan : Konstruksinya sederhana dan biaya operasinya relatif
lebih rendah dibandingkan pompa jenis lain

Operasi : Batch

Fasa : Liquid

Kondisi operasi : $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 20$ psia

Kapasitas masuk : $12181,3326$ kg/hari = $0,3108$ lb/s

Dengan cara yang sama pada pompa L-231 memperoleh:

Rate : $0,0157$ ft³/det

Power : $0,1$ HP

Jumlah : 1 unit

Bahan : Stainless steel

22. Tangki Penampung Filtrat III (F-253)

Fungsi : Untuk menampung filtrat III dari filter press III

Tipe : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan
tutup atas berbentuk dished head

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri
makanan

Operasi : Batch

Kondisi operasi : $T_{\text{operasi}} = 30^{\circ}\text{C}$

Kapasitas masuk : $1118,9572$ lb/jam

Dengan cara yang sama pada tangki penampung filtrat I (F-233) memperoleh:

Bahan konstruksi : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_s) : $2,5245$ ft

Tinggi shell (H_s) : $3,7868$ ft

Tebal shell	: 3/16 in
Tinggi konis	: 1,3126 ft
Tebal konis	: 3/16 in
Tinggi tutup atas	: 0,6297 ft
Tebal tutup atas	: 3/16 in
Tinggi tangki keseluruhan	: 6 ft

23. Pompa (L-254)

Fungsi	: Untuk memompa filtrat III dari tangki penampung filtrat III ke tangki leaching II
Tipe	: Centrifugal pump
Dasar pemilihan	: Konstruksinya sederhana dan biaya operasinya relatif lebih rendah dibandingkan pompa jenis lain
Operasi	: Batch
Fasa	: Liquid
Kondisi operasi	: $T = 30^{\circ}\text{C}$; $P = 20$ psia
Kapasitas masuk	: 0,3108 lb/s
Dengan cara yang sama pada pompa L-231 memperoleh:	
Rate	: 0,0157 ft^3/det
Power	: 0,1 HP
Jumlah	: 1 unit
Bahan	: Stainless steel

24. Tangki Pemasakan (F-260)

Fungsi	: Untuk membentuk jaringan jelly
Tipe	: Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis dan

tutup atas berbentuk dished head yang dilengkapi dengan
jaket pemanas

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk industri
makanan

Operasi : Batch

Kondisi operasi : $T_{\text{operasi}} = 105^{\circ}\text{C}$

Bahan masuk :

$$\text{Filtrat I} = 11940,7993 = 1096,7885 = 0,5970$$

$$\text{Sukrosa} = 7761,5195 = 712,8602 = 0,3881$$

$$\text{Asam sitrat} = 298,5199 = 27,4215 = 0,0149$$

$$\text{Total} = 20000,8387 \text{ kg/hari} = 44093,849 \text{ lb/hari}$$

$$= 1837,1702 \text{ lb/jam}$$

Menentukan dimensi tangki:

$$\rho_{\text{filtrat}} (\rho_a) = 1080,9 \text{ kg/m}^3 = 67,4482 \text{ lb/ft}^3$$

$$\rho_{\text{sukrosa}} (\rho_b) = 1073 \text{ kg/m}^3 = 66,9552 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Geankoplis, 1997)}$$

$$\rho_{\text{asam sitrat}} (\rho_c) = 1078,5 \text{ kg/m}^3 = 67,2984 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Heldman, 1984)}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = \frac{\frac{I}{\rho_A} + \frac{I}{\rho_B} + \frac{I}{\rho_C}}{\frac{0,5970}{67,4482} + \frac{0,3881}{66,9552} + \frac{0,0149}{67,2984}}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 67,2538 \text{ lb/ft}^3 = 1077,7825 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Sukrosa} = 7761,5195 = 712,9602 = 0,9629$$

$$\text{Asam sitrat} = 298,5199 = 27,4215 = 0,0370$$

$$\text{Total} = 8060,0394 \text{ kg/hari} = 17835,3009 \text{ lb/hari}$$

$$\rho_{\text{padatan}} = \frac{\frac{1}{\rho_B} + \frac{x_B}{\rho_C}}{\frac{1}{\rho_B} + \frac{x_B}{\rho_C}} = \frac{\frac{1}{66,9552} + \frac{0,9629}{67,2984}}{\frac{1}{66,9552} + \frac{0,9629}{67,2984}} = 66,9745 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume larutan} = \frac{1837,1702 \text{ lb/jam}}{67,2538 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ jam} = 27,3169 \text{ ft}^3$$

Menetapkan :

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times D_{\text{tangki}}$$

$$\text{Volume larutan} = 80 \% \text{ dari volume tangki}$$

$$D_{\text{konis}} = D_n = 1 \text{ ft}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{100 \%}{80 \%} \times \text{volume larutan}$$

$$= \frac{100 \%}{80 \%} \times 27,3169 \text{ ft}^3 = 34,1462 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume total} = \text{Volume shell} + \text{Volume konis}$$

$$\begin{aligned} 34,1462 \text{ ft}^3 &= \left(\frac{1}{4} \pi \times D^2 \times H \right) + \left(\frac{\pi}{24 \times \lg 30^\circ} (D^3 - D^2 D_n - D_n^3) \right) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times (1,5 \times D) + \frac{\pi}{24 \times \lg 30^\circ} (D^3 - D^2 (1) - 1^3) \\ &= 1,4140 D^3 - 0,2266 D^2 - 0,2266 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan trial D mendapatkan :

$$D = 2,9454 \text{ ft} = 35,3448 \text{ in}$$

$$H = 4,4181 \text{ ft} = 53,0178 \text{ in}$$

Tinggi Konis (Hk):

$$Hk = \frac{D - Dn}{2 \times \operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{2,9454 - 1}{2 \times \operatorname{tg} 30^\circ}$$

$$= 1,6848 \text{ ft}$$

$$\text{Tinggi tangki (H}_{\text{tot}}) = H + Hk$$

$$= 4,4181 + 1,6848 \text{ ft} = 6,1029 \text{ ft}$$

$$P_{\text{hidrostatik}} = \frac{\rho_{\text{campuran}} \times H_{\text{tot}}}{144}$$

$$= \frac{67,2538 \times 6,1029}{144} = 2,8503 \text{ psia}$$

$$P = P_{\text{udara luar}} + P_{\text{hidrostatik}}$$

$$= 14,696 + 2,8503 \text{ psia} = 17,5463 \text{ psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,5 \times P$$

$$= 1,5 \times 17,5463 \text{ psia} = 26,3194 \text{ psia} = 181,4663 \text{ kPa}$$

Dari Brownel & Young Tabel 13.1, mendapat:

$$F = 18.684 \text{ psi}$$

$$E = 0,8 \text{ (double welded butt joint)}$$

$$C = 1/8$$

Perhitungan tebal shell:

$$\text{Tebal shell} = \frac{P \times D}{2 \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C$$

$$= \frac{26,3194 \times 35,3448}{2 \times ((18.684 \times 0,8) - (0,6 \times 26,3194))} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,1562 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}$$

Memilih tebal standard = 3/16 in

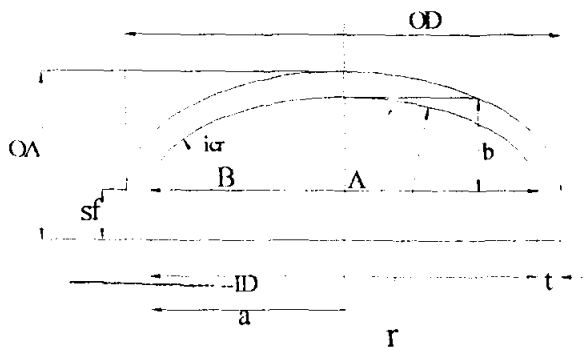
Perhitungan tebal konis:

$$\begin{aligned} \text{Tebal konis} &= \frac{P \times D}{2 \times \cos \alpha \times ((f \times E) - (0,6 \times P))} + C \\ &= \frac{26,3194 \times 35,3448}{2 \times \cos 30^\circ \times ((18,684 \times 0,8) - (0,6 \times 26,3194))} + \frac{1}{8} \\ &= 0,1803 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in} \end{aligned}$$

Memilih tebal standart = 3/16 in

Perhitungan dished head (Torispherical dished head):

Penentuan tinggi dished head



C

$$rc = D = 35,3448 \text{ in}$$

$$lcr = 6\% \times r = 6\% \times 35,3448 \text{ in}$$

$$= 2,1207 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young, persamaan 7.76:

$$W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{lcr}} \right)$$

$$W = \frac{I}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{35,3448}{2,1207}} \right) = 1,7706$$

$$AB = D/2 - icr$$

$$= (35,3448/2) \text{ in} - 2,1207 \text{ in} = 15,5517 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= (35,3448 - 2,1207) \text{ in} = 33,2241 \text{ in}$$

$$b = r - (BC^2 - AB^2)^{1/2}$$

$$= 35,3448 - (33,2241^2 - 15,5517^2)^{1/2}$$

$$= 5,9852 \text{ in}$$

Penentuan tebal tutup atas:

$$t_d = \frac{P \times r_c \times W}{(2 \times f \times E) - (0,2 \times P)} + C \quad (\text{Brownell \& Young, pers. 7.77})$$

Menggunakan tipe sambungan double welded butt joint

Sehingga $E = 0,8$; $C = 1/8$ (Brownell & Young, Tabel 13.2)

$$t_d = \frac{26,3194 \times 35,3448 \times 1,7706}{(2 \times 18.684 \times 0,8) - (0,2 \times 26,3194)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,1801 \approx 3/16 \text{ in}$$

Diambil tebal standard 3/16 in

Dipilih panjang straight flange (sf) = 2,25 in (Brownell & Young, Tabel 5.8)

OA (tinggi dished head) = $t + b + sf$

$$= 3/16 + 5,9852 + 2,25 = 8,4227 \text{ in} = 0,7019 \text{ ft}$$

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi tangki + tinggi dished head

$$= 6,1029 \text{ ft} + 0,7019 \text{ ft}$$

$$= 6,8048 \text{ ft} = 7 \text{ ft}$$

Pengaduk:

Type impeller : six flat blade turbine

D_a = diameter impeller

D_t = diameter tangki

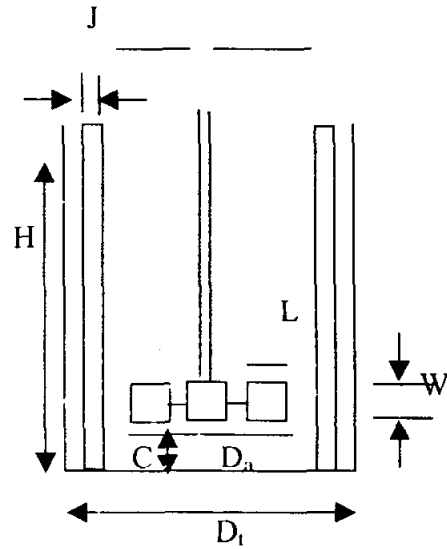
H = tinggi liquid dalam shell

L = panjang blade

W = lebar blade

C = jarak dari dasar tangki ke center impeller

J = lebar baffle



$$D_a = 0,3 \times D_t$$

$$D_a = 0,3 \times 2,9454 \text{ ft}$$

$$= 0,8836 \text{ ft}$$

$$H = D_a = 0,8836 \text{ ft}$$

$$J = \frac{1}{12} \times D_t$$

$$= \frac{1}{12} \times 2,9454 \text{ ft} = 0,2455 \text{ ft}$$

$$C = \frac{1}{3} \times D_t = \frac{1}{3} \times 2,9454 \text{ ft}$$

$$= 0,9818 \text{ ft}$$

$$W = \frac{1}{5} \times D_a = \frac{1}{5} \times 0,8836 \text{ ft}$$

$$= 0,1767 \text{ ft}$$

$$L = \frac{1}{4} \times D_a = \frac{1}{4} \times 0,8836 \text{ ft} = 0,2209 \text{ ft (Geankoplis, tabel 3.4-1)}$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 0,324 \times \rho_{\text{campuran}}^{0,5} \quad (\text{Perry, ed.5, p. 3-246})$$

$$= 0,324 \times (1077,7825)^{0,5}$$

$$= 10,6368 \times 2,42 \text{ lb/ft.h} = \frac{25,7410}{3600} = 0,0072 \text{ lb/ft.s}$$

$$N = k \times D_i^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{\rho_{\text{luru tan}} - \rho_{\text{padatan}}}{\rho_{\text{luru tan}}} \right)^{0,26} \times \left(\frac{\mu_{\text{campuran}}}{\rho_{\text{luru tan}}} \right)^{1,9} \quad (\text{Shinji Nagata})$$

$$N = 750 \times (2,9454)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{(67,4482 - 66,9745)}{67,4482} \right)^{0,26} \times \left(\frac{0,0072}{67,4482} \right)^{1,9}$$

$$N = 36,4002 \text{ rpm} = 0,6079 \text{ rps}$$

$$N_{\text{re}} = \frac{D_a^2 \times N \times \rho_{\text{camp}}}{\mu_{\text{camp}}}$$

$$= \frac{(0,8836 \text{ ft})^2 \times 0,6079 \times 67,2538 \text{ lb/ft}^3}{0,0072 \text{ lb/ft.s}} = 4433,1876 \text{ (turbulen)}$$

Dari gambar 3.4-3 Geankoplis, 3rd edition, p. 145, memperoleh $N_p = 5$,

$$\begin{aligned} \text{Jumlah impeller} &= \frac{sg \times H}{D_i} = \frac{\frac{\rho_{\text{campuran}}}{\rho_{\text{air}}} \times H}{D_i} \\ &= \frac{\frac{1077,7825 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3} \times 0,8836 \text{ ft}}{2,9454 \text{ ft}} \end{aligned}$$

$$= 0,3248 \approx 1 \text{ buah}$$

$$\text{Power untuk pengaduk} = \frac{N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5}{g_c}$$

$$= \frac{5 \times 67,2538 \text{ lb/ft}^3 \times (0,6079 \text{ rps})^3 \times (0,8836 \text{ ft})^5}{32,174 \text{ ft.lb/lbf.s}^2}$$

$$= 1,2646 \text{ ft.lb/s}$$

$$= \frac{1,2646 \text{ ft.lb/s}}{550 \text{ Hp/(ft.lb/s)}} = 0,0023 \approx 0,1 \text{ Hp}$$

Menghitung jaket pemanas:

$$\text{Mengambil tebal jaket} = \text{tebal konis} = 0,1875 \text{ m} = 0,0156 \text{ ft}$$

$$\text{Steam yang ditransfer} = Q_s = 41991668,27 \text{ kJ/hari} = 1749652,845 \text{ kJ/jam}$$

$$\text{Suhu steam masuk} = 155^\circ\text{C} \longrightarrow \lambda_{\text{steam}} = 2098,56 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Massa steam} = \frac{1749652,845 \text{ kJ/jam}}{2098,56 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 854,0891 \text{ kg/jam} = 31,3821 \text{ lb/min}$$

$$\rho_{\text{steam pada suhu } 155^\circ\text{C}} = 0,5179 \text{ kg/m}^3 = 0,0323 \text{ lb/ft}^3 \text{ (Geankoplis, 1997)}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume steam} &= \frac{31,3821 \text{ lb/min}}{0,0323 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 971,5815 \text{ ft}^3/\text{min} \text{ (rate volumetrik steam)} \end{aligned}$$

$$\text{Mengambil kecepatan alir steam (v)} = 2 \text{ ft/s} = 120 \text{ ft/min}$$

$$\text{Rate volumetrik steam} = A \times v$$

$$\begin{aligned} 971,5815 \text{ ft}^3/\text{min} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{i_{\text{jaket}}}^2 - D_{o_{\text{shell}}}^2) \times v \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D_{i_{\text{jaket}}}^2 - 2,9454^2) \times 120 \text{ ft/min} \end{aligned}$$

$$D_{i_{\text{jaket}}} = 2,7766 \text{ ft}$$

Spesifikasi Tangki Pemasakan:

Kapasitas : 1837,1702 lb/jam

Operasi : Batch

Bahan : Stainless steel

Jumlah : 1 unit

Dimensi tangki :

Diameter shell (Di) : 2,9454 ft

Tinggi shell : 4,4181 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tinggi konis : 1,6848 ft

Tebal konis : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 0,7019 ft

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tinggi tangki keseluruhan : 7 ft

Pengaduk :

Type impeller : Six flate blade turbine

Kecepatan agitator : 36,4002 rpm

Jumlah impeller : 1 buah

Total power : 0,1 Hp

Jaket Pemanas:

Tebal jaket : 0,0156 ft

Diameter jaket : 2,7766 ft

25. Heat Exchanger (E-261)

Nama	: Heat Exchanger
Fungsi	: Mendinginkan jelly yang dihasilkan dari tangki pemasakan dari suhu 105 °C sampai suhu 50 °C
Tipe	: Plate Heat Exchanger
Dasar pemilihan	: Lebih mudah membersihkan alat
Bahan konstruksi	: Stainless Steel SA – 240 grade A
Jumlah	: 1 buah

Dasar perhitungan dari neraca massa dan neraca panas:

$$\rho_{\text{jelly}} = 1,0809 \text{ gr/ml} = 1080,9 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{jelly}} = 25,7410 \text{ lb/ft.jam} = 38,3068 \text{ kg/m.jam} = 0,0106 \text{ kg/m.s}$$

$$k_{\text{jelly}} = 0,512 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$$

$$C_p_{\text{jelly}} = 1,4988 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{K} = 1498,8 \text{ J/kg } ^\circ\text{K} = 0,3579 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F (Heldman, 1992)}$$

$$\text{Suhu jelly masuk} = T_1 : 105 ^\circ\text{C} = 378 \text{ K} = 221 ^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu jelly keluar} = T_2 : 50 ^\circ\text{C} = 323 \text{ K} = 122 ^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air masuk} = t_1 : 30 ^\circ\text{C} = 303 \text{ K} = 86 ^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu air keluar} = t_2 : 45 ^\circ\text{C} = 318 \text{ K} = 113 ^\circ\text{F}$$

$$h_{\text{h air}} = 1472 \text{ btu/J.ft}^2.^{\circ}\text{K} = 8358,4576 \text{ W/m}^2.^{\circ}\text{K (Kern, hal 720)}$$

$$R_d = 0,004 ; \Delta P_{\text{max}} = 10 \text{ psia} = 68,92 \text{ kPa (Rule of Thumb, Perry, 7 ed.)}$$

$$k = 14,3 \text{ W/m } ^\circ\text{K (Geankoplis 1997, hal 883)}$$

$$\text{Tebal bahan plat} = \delta = 0,0005 \text{ m}$$

Data-data yang diperoleh dari pabrik:

HPCD = 0,26 m ; VPCD = 0,95 m

Post Nozzel, D = 0,075 m ; Compressed Pitch = 0,0032 m/plat

Perhitungan:

Rate jelly masuk = 20000,8387 kg/hari = 0,2315 kg/s

$$Q_{\text{jelly}} = m \times C_p \times \Delta T = 20000,8387 \text{ kg/hari} \times 1,4988 \text{ kJ/kg K} \times (378 - 323) \text{ K}$$

$$= 1648749,137 \text{ kJ/hari} = 19082,7446 \text{ J/s}$$

Perhitungan untuk mencari Cp air pada suhu (303 K) sampai (318 K):

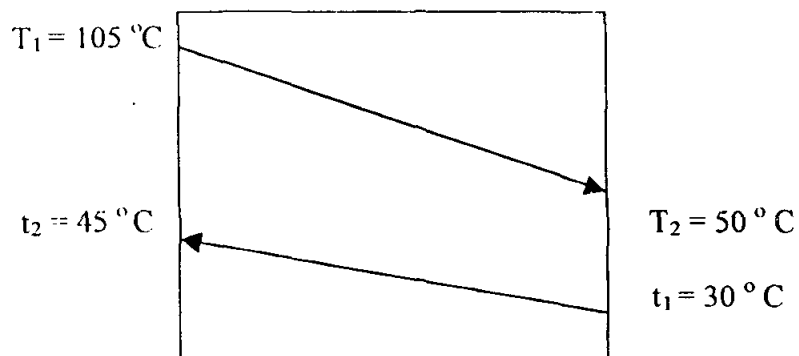
$$18,2964 + \frac{47,212 \cdot 10^{-2} \cdot (318 + 303)}{2} - \frac{133,88 \cdot 10^{-5} (318^2 + 318 \cdot 303 + 303^2)}{3} + \frac{1314,2 \cdot 10^{-9} (318^2 + 303^2) (318 + 303)}{4}$$

$$= 75,1545 \text{ J/mol K}$$

$$= \frac{75,1545 \text{ J/mol K}}{18 \text{ gr/mol}} = 4,1753 \text{ kJ/kg K} = 4175,3 \text{ J/kg K}$$

$$\text{Rate air} = \frac{Q_{\text{jelly}}}{C_{p\text{air}} \times \Delta T_{\text{air}}} = \frac{19082,7446 \text{ J/s}}{4175,3 \text{ J/kg K} \times (318^\circ \text{K} - 303^\circ \text{K})}$$

$$= 0,3047 \text{ kg/s}$$



$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}}$$

$$\Delta T_{LM} = \frac{(105 - 45)^{\circ}C - (50 - 30)^{\circ}C}{\ln \frac{(105 - 45)}{(50 - 30)}} = 36,4096^{\circ}C = 36,4096^{\circ}K$$

$$Rd \text{ total} = 2 \times 0,004 = 0,008$$

$$\text{Range } U_c = 5700 - 7400 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}K \text{ (Perry, 7 ed., p. 11 - 54)}$$

$$U_c \text{ diambil} = 7400 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}K$$

$$Rd \text{ total} = \frac{1}{U_d} + \frac{1}{U_c}$$

$$U_d = \frac{1}{Rd_{total} + \frac{1}{U_c}} = \frac{1}{0,008 + \frac{1}{7400}} = 122,9236 \text{ W / m}^2\text{ }^{\circ}K$$

$$A = \frac{Q}{U_d \Delta T_{LM}} = \frac{19082,7446}{122,9236 \times 36,4096} = 4,2637 \text{ m}^2$$

Berdasarkan Coulson & Richardson vol. 2, mengambil jenis plat HM dengan:

$$\text{Projected area : } A_p = 0,27 \text{ m}^2$$

$$\text{Development area : } A_d = 0,35 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_d}{A_p} = \Phi = 1,296$$

Jumlah plat untuk perpindahan panas :

$$n = \frac{A}{A_d} = \frac{4,2637}{0,35} = 12,182 \approx 12 \text{ plat}$$

$$n + 1 = n_{ch} + n_{cc}$$

$$12 + 1 = n_{ch} + n_{cc}$$

$$n_{ch} = n_{cc} = \frac{13}{2} = 6,5 \approx 7 \text{ plat}$$

dimana:

n_{ch} = jumlah plat untuk fluida panas

n_{cc} = jumlah plat untuk fluida dingin

$$U_d \text{ terkoreksi} = \frac{Q}{n \times A \times \Delta T_{LM}} = \frac{19082,7446}{12 \times 0,35 \times 36,4096} = 124,7888 \text{ W / m}^2 \text{ K}$$

Spesifikasi plat:

$$\begin{aligned} W &= HPCD + D + 0,015 \\ &= 0,26 + 0,075 + 0,015 = 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

$$A_p = L \times W$$

$$L = \frac{A_p}{W} = \frac{0,27}{0,35} = 0,7714 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b &= \text{pitch/plat} - \delta \\ &= 0,0032 - 0,0005 = 0,0027 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang aliran dalam channel} = S_c &= W \times b = 0,35 \text{ m} \times 0,0027 \text{ m} \\ &= 0,000945 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter efektif} = D_e = \frac{2 \cdot b}{\phi} = \frac{2 \times 0,0027 \text{ m}}{1,296} = 0,004167 \text{ m}$$

Evaluasi perpindahan panas:

Fluida dingin adalah air:

$$h_h = 8358,4576 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Fluida panas adalah jelly:

$$G = \frac{\text{Rate.Jelly}}{n_{cc} \times S_c} = \frac{0,2315}{7 \times 0,000945} = 34,9962 \text{ kg / m}^2 \text{ s}$$

$$Nre = \frac{GxDe}{\mu} = \frac{34,9962 \times 0,004167}{0,0106} = 13,7575$$

$$Npr = \frac{Cpx\mu}{k} = \frac{1498,8 \times 0,0106}{0,512} = 31,0298$$

$$\begin{aligned} hc &= 0,28 \times (Nre)^{0,65} \times (Npr)^{0,4} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \times \left(\frac{k}{De} \right) \\ &= 0,28 \times (13,7575)^{0,65} \times (31,0298)^{0,4} \times (1)^{0,14} \times \left(\frac{0,512}{0,004167} \right) \\ &= 747,0794 \frac{W}{m^{2o}K} \end{aligned}$$

$$Uc = \left(\frac{1}{hh} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{hc} \right)^{-1}$$

$$Uc = \left(\frac{1}{8358,4576} + \frac{0,0005}{14,3} + \frac{1}{747,0794} \right)^{-1} = 969,7250 \frac{W}{m^{2o}K}$$

Check Rd total:

$$\begin{aligned} Rd &= \frac{1}{Ud_{\text{erkoreksi}}} - \frac{1}{Uc} = \frac{1}{124,7888} - \frac{1}{969,7250} \\ &= 0,0084 > Rd \text{ total } (0,008) \end{aligned}$$

(Memenuhi syarat)

Evaluasi pressure drop:

$$Nre = 13,7575 \text{ (laminer)}$$

$$f = \frac{32}{Nre} = \frac{32}{13,7575} = 2,3260$$

$$\Delta P = \frac{2 \cdot f \cdot G^2 \cdot x L}{\rho \cdot x De} = \frac{2 \times 2,3260 \times 34,9962^2 \times 0,7714}{1080,9 \times 0,004167} = 975,7804 Pa$$

$$= 0,9757804 kPa < \Delta P_{max} = 68,92 kPa \text{ (memenuhi syarat)}$$

Spesifikasi Heat Exchanger:

Nama	: Heat Exchanger
Fungsi	: Mendinginkan jelly yang dihasilkan dari tangki pemasakan dari suhu 105 °C sampai suhu 50 °C
Jenis	: Plate Heat Exchanger
Dasar pemilihan	: Lebih mudah membersihkan alat
Kondisi operasi	: - Suhu jelly masuk = 105 °C - Suhu jelly keluar = 50 °C - Suhu air masuk = 30 °C - Suhu air keluar = 45 °C - Pressure = 975,7804 Pa
Dimensi	: Luas plat total = 4,2657 m ²
Jumlah plat	: 13
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA – 240 Grade A
Jumlah	: 1 buah

26. Tangki Penampung Produk (F-262)

Fungsi	: Untuk menampung jelly yang keluar dari tangki Pemasakan
--------	---

Tipe : Silinder tegak dengan tutup bawah berbentuk konis
dan tutup atas berbentuk dished head

Dasar Pemilihan : Harga murah dan bahan konstruksi cocok untuk
industri makanan

Kondisi operasi : $T_{\text{operasi}} = 50^{\circ}\text{C}$

Spesifikasi Tangki Penampung Produk:

Kapasitas : $1837,1702 \frac{\text{lb}}{\text{jam}}$

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Jumlah : 1 unit

Dimensi tangki :

Diameter shell (D_i) : 2,2522 ft

Tinggi shell (H_s) : 3,3783 ft

Tebal shell : 3/16 in

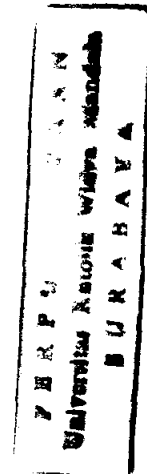
Tinggi konis : 1,0844 ft

Tebal konis : 3/16 in

Tinggi tutup atas : 0,5845 ft

Tebal tutup atas : 3/16 in

Tinggi tangki keseluruhan : 5 ft



LAMPIRAN D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

D.1. Perhitungan Harga Peralatan

D.1.1. Perhitungan Harga Peralatan Proses dan Peralatan Utilitas

Penaksiran harga setiap waktu akan berubah tergantung pada perubahan kondisi ekonomi. Karenanya dipakai suatu metode untuk mengkonversikan harga alat beberapa tahun yang lalu, sehingga harganya akan ekuivalen dengan harga pada saat pembelian alat. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan index harga seperti persamaan dibawah ini:

$$\text{Harga sekarang} = \frac{\text{Index Harga Sekarang}}{\text{Index Harga Tahun A}} \times \text{Harga Tahun A}$$

Harga peralatan dapat ditaksir dengan menggunakan "*Marshall & Swift Equipment Cost Index*" dimana harga index pada tahun 1999 dari majalah Chemical edisi Februari 2000 adalah 1068,3. Sedangkan harga index yang digunakan sebagai basis pada bulan Januari tahun 1990 yaitu 904. (Peter & Timmerhaus, tabel 3)

Kenaikkan index rata-rata pertahun dari tahun 1990 sampai 1999 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kenaikkan index rata-rata per tahun} &= \frac{(\text{Index Tahun 1999} - \text{Index Tahun 1990})}{9} \\ &= \frac{(1068,3 - 904)}{9} \\ &= 18,2556 \end{aligned}$$

Diasumsikan kenaikan harga index rata-rata per tahun tetap sampai tahun 2005, sehingga harga index pada tahun 2005 adalah 1177,8

Dengan menggunakan persamaan yang ada diatas maka harga masing-masing peralatan dapat dihitung.

Contoh perhitungan untuk belt conveyor I:

Kapasitas belt conveyor I = 248,875 kg/jam

Harga pada awal tahun 1990 = 2800 US \$ (Peter & Timmerhaus, Fig.14-56)

Harga belt conveyor I tahun 2005 = $\frac{1177,8}{904} \times 2800 \text{ US \$}$

= 3648 US \$

Dengan cara yang sama diperoleh harga peralatan yang ditampilkan pada tabel D.1.

dan D.2. dibawah ini:

Tabel D.1. Harga Peralatan Proses

No.	Nama Peralatan	Kode	Jumlah	Harga/unit (US \$)	Total US \$
1	Belt Conveyor I	J-111	1	3648	3648
2	Tangki Pencucian	F-210	1	26789	26789
3	Pompa I	L-212	1	1952	1952
4	Belt Conveyor II	J-213	1	3669	3669
5	Rotary Knife Cutter	C-220	1	5603	5603
6	Tangki Leaching I	F-230	1	29266	29266
7	Pompa II	L-231	1	1492	1492
8	Filter Press I	H-235	1	18978	18978
9	Pompa III	L-232	1	976	976
10	Tangki Penampung Filtrat I	F-233	1	17492	17492
11	Pompa IV	L-234	1	976	976
12	Tangki Leaching II	F-240	1	29651	29651
13	Pompa V	L-241	1	1513	1513
14	Filter Press II	H-245	1	19227	19227
15	Pompa VI	L-242	1	995	995

No.	Nama Peralatan	Kode	Jumlah	Harga/unit (US \$)	Total US \$
16	Tangki Penampung Filtrat II	F-243	1	17844	17844
17	Pompa VII	L-244	1	995	995
18	Tangki Leaching III	F-250	1	29651	29651
19	Pompa VIII	L-251	1	1513	1513
20	Filter Press III	H-255	1	19227	19227
21	Pompa IX	L-252	1	995	995
22	Tangki Penampung Filtrat III	F-253	1	17844	17844
23	Pompa X	L-254	1	995	995
24	Tangki Pemasakan	F-260	1	32033	32033
25	Heat Exchanger	E-261	1	9878	9878
26	Tangki Penampung Produk	F-262	1	29298	29298
Total					322500

Tabel D.2. Harga Peralatan Utilitas

No.	Nama Peralatan	Kode	Jumlah	Harga/unit (US \$)	Total US \$
1	Bak Penampung Air Sungai	F-510	1	976	976
2	Pompa I	L-511	1	935	935
3	Clarifier	F-520	1	1301	1301
4	Bak Penampung Air Clarifier	F-530	1	1301	1301
5	Pompa II	L-531	1	935	935
6	Sand Filter	H-540	1	7897	7897
7	Bak Penampung Air Filtrat	F-550	1	725	725
8	Pompa III	L-551	1	935	935
9	Tangki Demineralisasi	F-560	1	16253	16253
10	Pompa IV	L-561	1	935	935
11	Bak Penampung Air Demineralisasi	F-570	1	950	950
12	Pompa V	L-571	1	1246	1246
13	Bak Penampung Air Proses dan Air Umpan Boiler	F-580	1	1150	1150

No.	Nama Peralatan	Kode	Jumlah	Harga/unit (US \$)	Total US \$
14	Bak Penampung Air Pendingin	F-590	1	846	846
15	Generator		1	97546	97546
16	Tangki Bahan Bakar		1	27599	27599
17	Boiler		1	13566	13566
Total					175096

Total harga peralatan:

= Total harga peralatan proses + total harga peralatan utilitas

= (322500 + 175096) US \$

= 497596 US \$

Diasumsikan pada tahun 2005, 1 US \$ = Rp. 8000

Jadi total harga peralatan = 8000 x 497596 = Rp. 3.980.768.000

D.1.2. Perhitungan Harga Bahan Baku

1. Pisang Raja

Harga per kg = Rp. 3750

Kebutuhan per hari = 5973 kg

Harga per hari = Rp. 3750 x 5973 = Rp. 22.398.750

Harga per tahun = Rp. 22.398.750 x 330 = Rp. 7.391.587.500

2. Gula

Harga per kg = Rp. 4000

Kebutuhan per hari = 7761,5184 kg

Harga per hari = Rp. 4000 x 7761,5184 = Rp. 31.046.073,6

Harga per tahun = Rp. 31.046.073,6 x 330 = Rp. 10.245.204.290

3. Asam sitrat

Harga per kg = Rp. 10000

Kebutuhan per hari = 298,5192 kg

Harga per hari = Rp. 10000 x 298,5192 = Rp. 2.985.192

Harga per tahun = Rp. 2.985.192 x 330 = Rp. 985.113.360

Jadi total harga bahan baku = Rp. 18.621.905.150

D.1.3. Perhitungan Harga Jual Produk

1. Jelly pisang

Harga jual produk per kg = Rp. 5500

Penjualan produk per hari = Rp. 5500 x 20000 = Rp. 110.000.000

Penjualan produk per tahun = Rp. 110.000.000 x 330 = 36.300.000.000

D.1.4. Perhitungan Biaya Utilitas

1. Air sanitasi

Kebutuhan air per hari = 50 m³/hari

Harga air PDAM per hari:

a. 10 m³ pertama = Rp. 1000 x 10 = Rp. 10000

b. 10 m³ kedua = Rp. 1750 x 10 = Rp. 17500

c. 20 m³ keatas = Rp. 2550 x 30 = Rp. 76500

Total = Rp. 104000

Biaya sewa meter per hari = $\frac{2600}{30} = Rp. 86,6667$

Biaya restribusi sampah per hari = $\frac{12500}{30} = Rp. 416,6667$

Maka biaya air PDAM per hari = Rp. 104503,3334

Biaya air PDAM per tahun = Rp. 104503,3334 x 330
= Rp. 34.486.100

2. Air proses, air umpan boiler dan air pendingin

Kebutuhan air per hari = 86,6792 m³/hari

Biaya pengolahan air = Rp. 2200 / m³

Biaya pengolahan air per tahun = 86,6792 x 2200 x 330 = Rp. 62.929.099

3. Bahan bakar solar

Kebutuhan solar per hari = 17,3 lt / hari

Harga solar per lt = Rp. 1650 / lt

Biaya bahan bakar solar per tahun = 17,3 x 1650 x 330
= Rp. 9.419.850

4. Batubara

Kebutuhan batubara per hari = 1933,2666 kg/hari

Harga batubara per kg = Rp. 350

Biaya batubara per tahun = 1933,2666 x 350 x 330 = Rp. 223.292.295

5. Daya listrik

Pemakaian listrik terpasang = 52,8179 kW

Sedangkan listrik terpakai = 42,2543 kW

Biaya beban per KVA = Rp. 32500 / bulan

Biaya pemakaian per KWH = Rp. 440

Biaya pemakaian per KWH = Rp. 440 x 1,4 = Rp. 616 (pada waktu beban puncak / WBP)

Diasumsikan dalam 1 hari terdapat 12 jam beban puncak

Maka:

$$\text{Biaya beban per tahun} = \text{Rp. } 32500 \times 52,8179 \times 12 = \text{Rp. } 20.598.981$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian per hari} &= \{(\text{Rp. } 440 \times 12) + (\text{Rp. } 616 \times 12)\} \times 42,2543 \\ &= \text{Rp. } 535446,4896 \end{aligned}$$

Biaya pemakaian untuk penerangan pada hari libur selama 1 tahun

$$= \text{Rp. } 616 / \text{KWH} \times 12 \text{ jam/hari} \times 29,130 \text{ kW} \times 35 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 7.536.514$$

Biaya listrik padam selama 1 tahun

$$= \frac{\text{Rp. } 535446,4896}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hr}}{24 \text{ jam}} \times \frac{18 \text{ jam}}{\text{bulan}} \times \frac{12 \text{ bulan}}{1 \text{ thn}} = \text{Rp. } 4.819.018$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya pemakaian per tahun} &= (535446,4896 \times 330) + 7.536.514 - 4.819.018 \\ &= \text{Rp. } 179.414.838 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi biaya total utilitas per tahun} = \text{Rp. } 509.542.182$$

D.1.5. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

1. Perhitungan harga tanah

$$\text{Luas tanah} = 13.410 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga tanah per m}^2 = \text{Rp. } 250.000$$

$$\text{Harga total tanah} = 13.410 \times 250.000 = \text{Rp. } 3.352.500.000$$

2. Perhitungan harga bangunan

$$\text{Luas Bangunan} = 4.296,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Harga bangunan per m}^2 = \text{Rp. } 500.000$$

$$\text{Harga total bangunan} = 4.296,5 \times 500.000 = \text{Rp. } 2.148.250.000$$

$$\text{Jadi total harga tanah dan bangunan} = \text{Rp. } 5.500.750.000$$

D.1.6. Perhitungan Gaji Karyawan

Tabel D.3. Perhitungan Gaji Karyawan tiap bulan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp/orang)	Total (Rp)
1	Direktur Utama	1	6.000.000	6.000.000
2	Direktur Teknik & Produksi	1	5.000.000	5.000.000
3	Direktur Adm & Keuangan	1	5.000.000	5.000.000
4	Kabag Produksi	1	3.500.000	3.500.000
5	Kabag Pemasaran & Keuangan	1	3.500.000	3.500.000
6	Kabag Teknik	1	3.500.000	3.500.000
7	Kabag Adm & Personalia	1	3.500.000	3.500.000
8	Sekretaris	3	1.250.000	3.750.000
9	Kasi Pembelian Alat & Bahan	1	1.600.000	1.600.000
10	Kasi Laboratorium	1	1.600.000	1.600.000
11	Kasi Proses	4	1.600.000	6.400.000
12	Kasi Utilitas	1	1.600.000	1.600.000
13	Kasi Personalia	1	1.600.000	1.600.000
14	Kasi Keamanan	1	1.600.000	1.600.000
15	Karyawan Proses	60	900.000	54.000.000
16	Karyawan Pemasaran	10	900.000	9.000.000
17	Karyawan Pembelian Bahan	3	900.000	2.700.000
18	Karyawan Perbaikan	4	900.000	3.600.000
19	Karyawan Laboratorium	8	900.000	7.200.000
20	Karyawan Utilitas	20	900.000	18.000.000
21	Karyawan Personalia	2	900.000	1.800.000
22	Karyawan Keamanan	8	900.000	7.200.000
23	Karyawan Administrasi	3	900.000	2.700.000
24	Karyawan Keuangan	2	900.000	1.800.000
25	Karyawan Kebersihan	6	400.000	2.400.000
26	Karyawan Poliklinik	2	350.000	700.000
Total		147		158.850.000

Gaji karyawan per bulan = Rp. 158.850.000

Gaji karyawan per tahun = Rp. 158.850.000 x 12 = Rp. 1.906.200.000

Tunjangan akhir tahun = 1 x gaji karyawan tiap bulan

= 1 x 158.850.000 = Rp. 158.850.000

Gaji total karyawan per tahun = 1.906.200.000 + 158.850.000 = Rp. 2.065.050.000

D.1.7. Jam Kerja Karyawan

A. Karyawan shift, jam kerja

Shift I : 07.00 – 15.00

Shift II : 15.00 – 23.00

Shift III : 23.00 – 07.00

B. Karyawan non shift, jam kerja

Senin – Kamis : 08.00 – 12.00

13.00 – 16.00

Jum’at : 08.00 – 11.00

13.00 – 16.00

Sabtu : 08.00 – 13.00

Tabel D.4. Jadwal kerja masing-masing shift

Hari Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
II	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	S
III	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
IV	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Keterangan:

P = pagi (shift I)

S = siang (shift II)

M = malam (shift III)

L = libur

