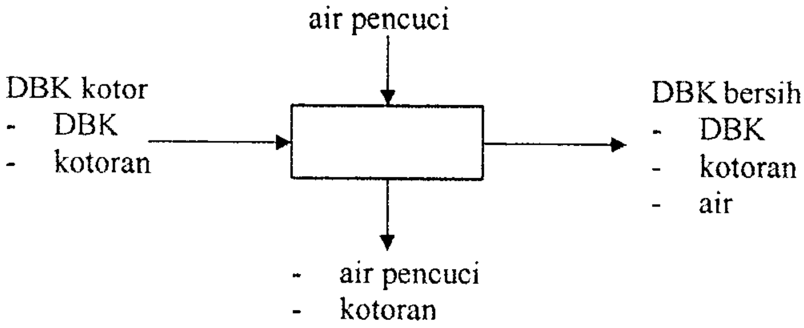
APPENDIX A

NERACA MASSA

1. *Belt Conveyor* (C-120)



Basis: Daging Buah Kelapa (DBK) kotor masuk *belt conveyor* = 10.262,82 kg/hari.

Proses dilakukan dalam 4 *batch*/hari.

Daging buah kelapa kotor masuk *belt conveyor* = 2.565,71 kg/*batch*.

Rate air pencuci masuk *belt conveyor* = rate DBK kotor masuk *belt conveyor* = 2.565,71 kg/*batch*.

Dari percobaan: Kotoran pada DBK kotor = 1% dari DBK kotor.

Kotoran yang terambil dari pencucian = 75% dari kotoran masuk.

Air pencuci yang terikut pada DBK = 0,75% dari air pencuci masuk.

Masuk: Kotoran pada DBK kotor = 0,01 × 2.565,71 = 25,66 kg/*batch*.

DBK masuk *belt conveyor* = DBK kotor – kotoran
= 2.565,71 – 25,66 = 2.540,05 kg/*batch*.

Air pencuci masuk = 2.565,71 kg/*batch*.

Keluar: Kotoran yang terikut air pencuci = 0,75 × 25,66 = 19,25 kg/*batch*.

Kotoran yang terikut DBK = kotoran – kotoran yang terikut air pencuci
= 25,66 – 19,25 = 6,41 kg/*batch*.

DBK keluar *belt conveyor* = DBK masuk *belt conveyor*
= 2.540,05 kg/*batch*.

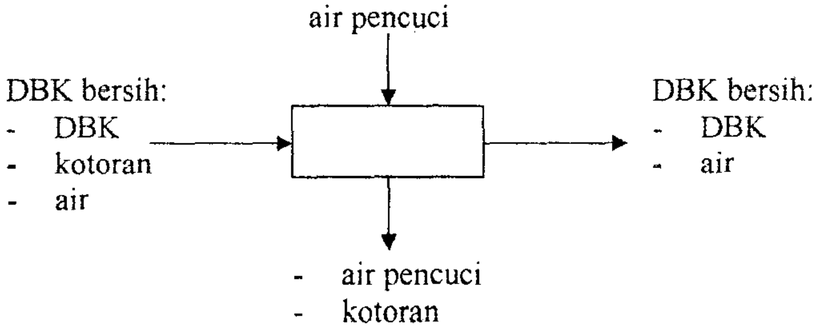
Air pencuci yang terikut DBK = 0,0075 × 2.540,05 = 19,25 kg/*batch*.

Air pencuci keluar *belt conveyor* = air pencuci masuk – air pencuci yang terikut DBK = 2.565,71 – 19,25 = 2546,46 kg/*batch*.

DBK bersih = DBK keluar *belt conveyor* + kotoran terikut DBK + air pencuci terikut DBK = 2.540,05 + 6,41 + 19,25 = 2.565,71 kg/*batch*.

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
DBK kotor	=	2.565,71	DBK bersih	=	2.565,71
- Kotoran	=	25,66	- DBK	=	2.540,05
- DBK	=	2.540,05	- Kotoran	=	6,41
			- Air	=	19,25
Air pencuci	=	2.565,71	Air pencuci	=	2.565,71
			- Air pencuci	=	2.546,46
			- Kotoran	=	19,25
Total:		5.131,42	Total:		5.131,42

2. Bak Pencuci (L-130)



Basis: *Rate* air pencuci masuk bak pencuci = 2 × *rate* DBK bersih masuk bak pencuci.

Dari percobaan: Semua kotoran dalam DBK masuk terambil oleh air pencuci.

Air pencuci yang terikut pada DBK = 1% dari air pencuci masuk.

Masuk: Air pencuci masuk = 2 × 2.565,71 = 5.131,41 kg/*batch*.

Keluar: Kotoran keluar bak pencuci = kotoran masuk bak pencuci = 6,41 kg/*batch*.

Air pencuci yang terikut DBK keluar bak pencuci = 0,01 × 5.131,41
= 51,31 kg/*batch*.

Total air pencuci yang terikut DBK keluar bak pencuci = air pencuci pada DBK bersih masuk + air pencuci yang terikut DBK keluar bak pencuci
= 19,25 + 51,31 = 70,56 kg/*batch*.

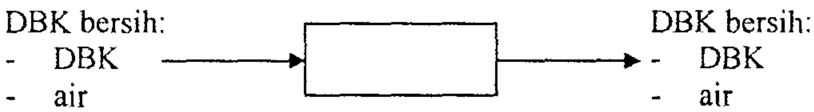
Air pencuci keluar bak pencuci = air pencuci masuk – air pencuci yang terikut DBK keluar bak pencuci = 5.131,41 – 51,31 = 5.080,10 kg/*batch*.

DBK keluar bak pencuci = DBK masuk bak pencuci = 2.540,05 kg/*batch*.

DBK bersih keluar bak pencuci = DBK keluar bak pencuci + air pencuci yang terikut DBK keluar bak pencuci = 2.540,05 + 70,56
= 2.610,61 kg/*batch*.

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
DBK bersih	=	2.565,71	DBK bersih	=	2.610,61
- DBK	=	2.540,05	- DBK	=	2.540,05
- Kotoran	=	6,41	- Air	=	70,56
- Air	=	19,25			
Air pencuci	=	5.131,41	Air pencuci	=	5.086,51
			- Kotoran	=	6,41
			- Air pencuci	=	5.080,10
Total:		7.697,12	Total:		7.697,12

3. *Bucket Elevator* (C-211)

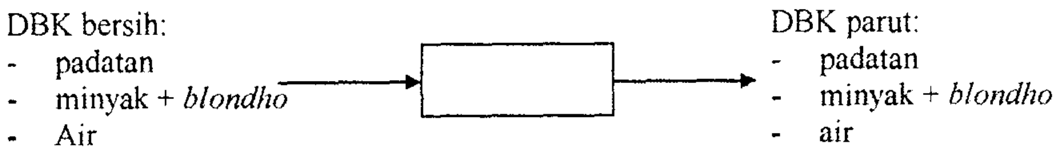


Asumsi: Tidak ada DBK tertinggal dalam *bucket elevator*.

Jumlah DBK masuk *bucket elevator* = jumlah DBK keluar *bucket elevator*.

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
DBK bersih	=	2.610,61	DBK bersih	=	2.610,61
- DBK	=	2.540,05	- DBK	=	2.540,05
- Air	=	70,56	- Air	=	70,56
Total:		2.610,61	Total:		2.610,61

4. *Grater Machine* (SR-210)



Asumsi: Tidak ada DBK tertinggal dalam mesin pemarut karena jumlah DBK parut yang tertinggal sangat sedikit.

Jumlah dan komposisi DBK parut = jumlah dan komposisi DBK bersih masuk *grater machine*.

Komposisi padatan dalam DBK = 4% dari DBK [9].

Padatan dalam DBK = 0,04 × 2.540,05 = 101,60 kg/*batch*.

Kandungan air dalam DBK = 35,37% dari DBK [9].

Air dalam DBK = 0,3537 × 2.540,05 = 898,42 kg/*batch*.

Masuk: Total air dalam DBK bersih = kandungan air dalam DBK + air pencuci terikut DBK = 898,42 + 70,56 = 968,98 kg/*batch*.

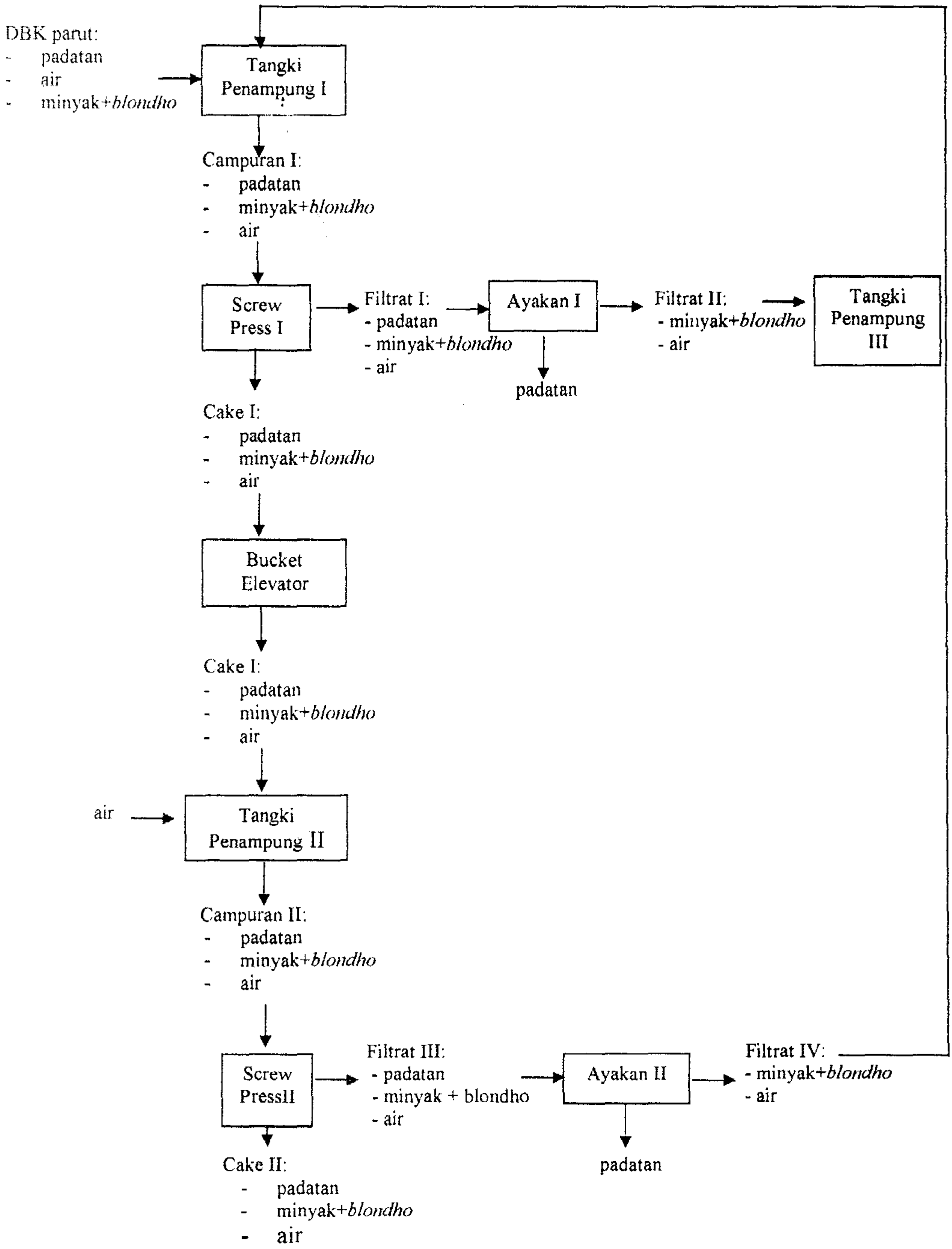
Minyak + *blondho* dalam DBK bersih = DBK bersih – padatan – total air dalam DBK = 2.610,61 – 101,60 – 968,98 = 1.540,03 kg/*batch*.

Keluar: Total air dalam DBK parut = total air dalam DBK bersih = 968,98 kg/*batch*.

Minyak + *blondho* dalam DBK parut = minyak + *blondho* dalam DBK bersih
= 1.540,03 kg/*batch.*

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
DBK bersih	=	2.610,61	DBK parut	=	2.610,61
- Padatan	=	101,60	- Padatan	=	101,60
- Minyak + *blondho*	=	1.540,03	- Minyak + *blondho*	=	1.540,03
- Air	=	968,98	- Air	=	968,98
Total:		2.610,61	Total:		2.610,61

5. Tangki Penampung I, II, III dan Ekstraktor (Screw Press I dan II)



Basis: *Rate* filtrat IV masuk tangki penampung I = 3 × *rate* DBK parut masuk tangki penampung I.

Rate air masuk tangki penampung II = 3 × *rate* DBK parut masuk tangki penampung I.

Dari percobaan: *Cake* I = 60% dari DBK parut.

Cake II = 75% dari cake I.

Dari penelitian: $K_1 = K_2 = 0{,}6245$ [1].

Cake I = 0,6 × 2.610,61 = 1.566,35 kg/*batch*.

Cake II = 0,75 × 1.566,35 = 1.174,77 kg/*batch*.

Air masuk tangki penampung II = 3 × 2.610,61= 7.831,83 kg/*batch*.

Neraca massa tangki penampung I:

DBK parut + filtrat IV = campuran I .... (1)

Neraca massa *screw press* I:

Campuran I = filtrat I + *cake* I .... (2)

Neraca massa *bucket elevator*:

Cake I masuk *bucket elevator* = *cake I* keluar *bucket elevator*

Neraca massa tangki penampung II:

Cake I + air = campuran II .... (3)

Neraca massa *screw press* II:

Campuran II = filtrat III + *cake* II .... (4)

Dari persamaan (3) dan (4):

Cake I + air = filtrat III + *cake* II

Filtrat III = *cake* I + air – *cake* II

= 1.566,35 + 7.831,83 – 1.174,77= 8.223,41 kg/*batch*

Asumsi: Padatan yang terikut filtrat = 1% × padatan yang masuk

Padatan dalam filtrat I = 1% × padatan dalam DBK parut masuk

= 0,01× 101,60 = 1,02 kg/*batch*.

Padatan yang tertahan di ayakan I = padatan dalam filtrat I = 1,02 kg/*batch*.

Padatan dalam *cake* I = 101,60 – 1,02 = 100,58 kg/*batch*.

Padatan dalam campuran II = padatan pada *cake* I = 100,58 kg/*batch*.

Padatan dalam filtrat III = 1% × padatan pada campuran II

= 1% × 100,58 = 1,01 kg/*batch*.

Padatan yang tertahan di ayakan II = padatan dalam filtrat III = 1,01 kg/*batch*.

Padatan dalam *cake* II = padatan dalam *cake* I – padatan yang tertahan pada ayakan II

= 100,58 – 1,01 = 99,57 kg/*batch*.

Filtrat IV = filtrat III – padatan yang tertahan di ayakan II

= 8.223,41 – 1,01 = 8.222,40 kg/*batch*.

Dari persamaan (1) dan (2):

DBK parut + filtrat IV = filtrat I + *cake* I

Filtrat I = DBK parut + filtrat IV – *cake* I

= 2.610,61 + 8.222,40 – 1.566,35 = 9.266,66 kg/*batch*.

Filtrat II = filtrat I – padatan yang tertahan di ayakan I

= 9.266,66 – 1,02 = 9.265,64 kg/*batch*

Misal: Minyak + *blondho* dalam filtrat III = a kg/*batch*

Minyak + *blondho* dalam filtrat I = b kg/*batch*

Minyak + *blondho* dalam cake I = c kg/*batch*

Minyak + *blondho* dalam cake II = d kg/*batch*

$$K_1 = \frac{\text{Fraksi massa minyak + } blondho \text{ dalam filtrat I}}{\text{Fraksi massa minyak + } blondho \text{ dalam cake I}}$$

$$0{,}6245 = \frac{\dfrac{b}{9.266{,}66}}{\dfrac{c}{1.566{,}35}}$$

b = 3,695 × c ....(5)

$$K_2 = K_1 = \frac{\text{Fraksi massa minyak + } blondho \text{ dalam filtrat III}}{\text{Fraksi massa minyak + } blondho \text{ dalam cake II}}$$

$$0{,}6245 = \frac{\dfrac{a}{8.223{,}41}}{\dfrac{d}{1.174{,}77}}$$

a = 4,3715 × d ....(6)

Neraca massa komponen minyak + *blondho* dalam tangki penampung I:

1.540,03 + a = minyak + *blondho* dalam campuran I ....(7)

Neraca massa komponen minyak + *blondho* dalam *screw press* I:

minyak + *blondho* dalam campuran I = b + c ....(8)

Neraca massa komponen minyak + *blondho* dalam tangki penampung II:

c = minyak + *blondho* dalam campuran II ....(9)

Neraca massa komponen minyak + *blondho* dalam *screw press* II:

Minyak + *blondho* dalam campuran II = a + d .... (10)

Dari persamaan (7) dan (8):

1.540,03 + a = b + c .... (11)

Dari persamaan (9) dan (10):

c = a + d .... (12)

Dari persamaan (5), (6), (11), dan (12) diperoleh:

a = 322,93 kg/*batch*

b = 1.466,12 kg/*batch*

c = 396,79 kg/*batch*

d = 73,87 kg/*batch*

Air dalam filtrat III = 8.223,41 – 322,93 – 1,01 = 7.899,47 kg/*batch*.

Air dalam filtrat I = 9.266,66 – 1.466,12 – 1,02 = 7.799,52 kg/*batch*.

Air dalam *cake* I = 1.566,35 – 396,79 – 100,59 = 1.068,98 kg/*batch*.

Air dalam *cake* II = 1.174,77 – 73,87 – 99,57 = 1.001,33 kg/*batch*.

Neraca Massa Tangki Penampung I (TT-221)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
DBK parut	=	2.610,61	Campuran I	=	10.833,01
- Padatan	=	101,60	- Padatan	=	101,60
- Minyak+*blondho*	=	1.540,03	- Minyak+*blondho*	=	1.862,96
- Air	=	968,97	- Air	=	8.868,44
Filtrat IV	=	8.222,40			
- Air	=	7.899,47			
- Minyak+*blondho*	=	322,93			
Total:		10.833,01	Total:		10.833,01

Neraca Massa *Screw Press* I (F-220)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Campuran I	=	10.833,01	*Cake* I	=	1.566,35
- Padatan	=	101,60	- Padatan	=	100,59
- Minyak+*blondho*	=	1.862,96	- Minyak+*blondho*	=	396,79
- Air	=	8.868,44	- Air	=	1.068,98
			Filtrat I	=	9.266,66
			- Padatan	=	1,02
			- Minyak+*blondho*	=	1.466,12
			- Air	=	7.799,52
Total:		10.833,01	Total:		10.833,01

Neraca Massa Ayakan I (S-222)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Filtrat I	=	9.266,66	Filtrat II	=	9.265,64
- Padatan	=	1,02	- Minyak+*blondho*	=	1.466,12
- Minyak+*blondho*	=	1.466,12	- Air	=	7.799,52
- Air	=	7.799,52			
			Padatan	=	1,02
Total:		9.266,66	Total:		9.266,66

Neraca Massa Tangki Penampung Filtrat II (TT-223)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Filtrat II	=	9.265,64	Filtrat II	=	9.265,64
- Minyak+*blondho*	=	1.466,12	- Minyak+*blondho*	=	1.466,12
- Air	=	7.799,52	- Air	=	7.799,52
Total:		9.265,64	Total:		9.265,64

Neraca Massa Tangki Penampung III (TT-312)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
			Menuju ke evaporator (FE-310)		
Filtrat II	=	9.265,64	Filtrat II	=	9.265,64
- Minyak+*blondho*	=	1.466,12	- Minyak+*blondho*	=	1.466,12
- Air	=	7.799,52	- Air	=	7.799,52
Total:		9.265,64	Total:		9.265,64

Neraca Massa *Bucket Elevator* (C-231)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Cake I	=	1.566,35	*Cake* I	=	1.566,35
- Padatan	=	100,59	- Padatan	=	100,59
- Minyak+*blondho*	=	396,79	- Minyak+*blondho*	=	396,79
- Air	=	1.068,98	- Air	=	1.068,98
Total:		1.566,35	Total:		1.566,35

Neraca Massa Tangki Penampung II (TT-232)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Cake I	=	1.566,35	Campuran II	=	9.398,18
- Padatan	=	100,59	- Padatan	=	100,59
- Minyak+*blondho*	=	396,79	- Minyak+*blondho*	=	396,79
- Air	=	1.068,98	- Air	=	8.900,81
Air	=	7.831,83			
Total:		9.398,18	Total:		9.398,18

Neraca Massa *Screw Press* II (F-230)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Campuran II	=	9.398,18	*Cake* II	=	1.174,77
- Padatan	=	100,59	- Padatan	=	99,57
- Minyak+*blondho*	=	396,79	- Minyak+*blondho*	=	73,87
- Air	=	8.900,81	- Air	=	1.001,33
			Filtrat III	=	8.223,41
			- Padatan	=	1,01
			- Minyak+*blondho*	=	322,93
			- Air	=	7.899,47
Total:		9.398,18	Total:		9.398,18

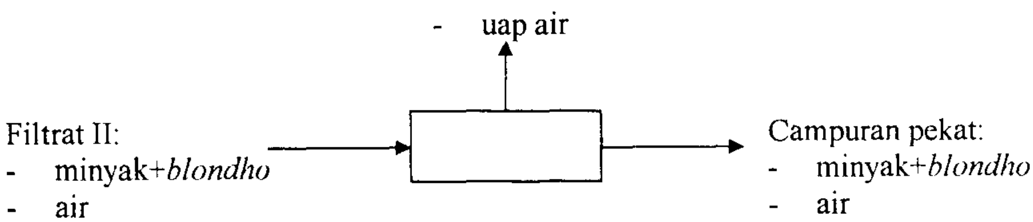
Neraca Massa Ayakan II (S-233)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Filtrat III	=	8.223,41	Filtrat IV	=	8.223,41
- Padatan	=	1,01	- Minyak+*blondho*	=	322,93
- Minyak+*blondho*	=	322,93	- Air	=	7.899,47
- Air	=	7.899,47			
			Padatan	=	1,01
Total:		8.223,41	Total:		8.223,41

Neraca Massa Tangki Penampung Filtrat IV (S-234)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Filtrat IV	=	8.223,41	Filtrat IV	=	8.223,41
- Minyak+*blondho*	=	322,93	- Minyak+*blondho*	=	322,93
- Air	=	7.899,47	- Air	=	7.899,47
Total:		8.223,41	Total:		8.223,41

6. Evaporator (FF-310)



Campuran masuk dipekatkan hingga komposisi larutan menjadi [19]:

Air = 54,1%.

Minyak = 32,2%.

Blondho = 13,7%.

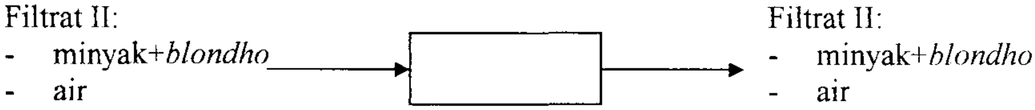
Minyak+*blondho* keluar = minyak+*blondho* masuk = 1.466,12 kg/*batch*.

Air dalam campuran yang telah dipekatkan = $\frac{54{,}1\%}{45{,}9\%} \times 1.466{,}12 = 1.728{,}04$ kg/*batch*.

Air yang menguap = Air masuk evaporator – air dalam campuran yang telah dipekatkan = 7.799,52 – 1.728,04 = 6.071,48 kg/*batch*.

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Filtrat II	=	9.265,64	Campuran pekat	=	3.194,16
- Minyak+*blondho*	=	1.466,12	- Minyak+*blondho*	=	1.466,12
- Air	=	7799,52	- Air	=	1.728,04
			Uap air	=	6.071,48
Total:		9.265,64	Total:		9.265,64

7. *Plate Heat Exchanger* (E-320)

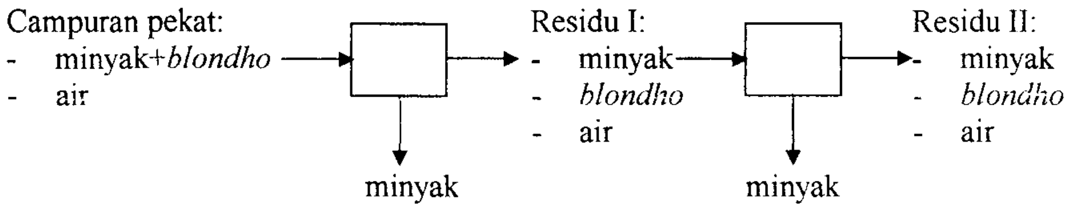


Asumsi: Tidak ada filtrat yang hilang karena proses berlangsung kontinu.

Laju alir filtrat II keluar *cooler* = laju alir filtrat II masuk *cooler* = campuran pekat keluar evaporator.

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Filtrat II	=	3.194,16	Filtrat II	=	3.194,16
- Minyak+*blondho*	=	1.466,12	- Minyak+*blondho*	=	1.466,12
- Air	=	1.728,04	- Air	=	1.728,04
Total:		3.194,16	Total:		3.194,16

8. *Centrifugal Separator* (*Centrifuge* I dan II)



Dari percobaan: minyak yang dapat didekantasi dalam satu *centrifuge* = 5/6 bagian.

Minyak masuk *centrifuge* I = 0,322 × 3.194,16 = 1.028,52 kg/*batch*.

Minyak keluar dari *centrifuge* I = $\frac{5}{6} \times 1.028{,}52 = 857{,}10$ kg/*batch*.

Minyak dalam residu I = 1.028,52 – 857,10 = 171,42 kg/*batch*.

Blondho dalam residu I = 0,137 × 3.194,16 = 437,60 kg/*batch*.

Air masuk *centrifuge* I = air keluar *centrifuge* I = 1.728,04 kg/*batch*.

Neraca Massa *Centrifuge* I (FF-410)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Campuran pekat	=	3.194,16	Residu I	=	2.337,06
- Minyak+*blondho*	=	1.466,12	- Minyak	=	171,42
- Air	=	1.728,04	- *Blondho*	=	437,60
			- Air	=	1.728,04
			Minyak	=	857,10
Total:		3.194,16	Total:		3.194,16

Minyak keluar dari *centrifuge* II = $\frac{5}{6} \times 171{,}42 = 142{,}85$ kg/*batch*.

Minyak dalam residu II = 171,42 – 142,85 = 28,57 kg/*batch*.

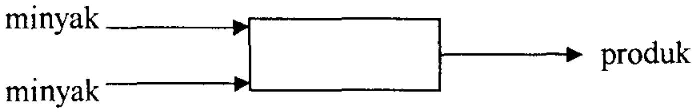
Blondho dalam residu I = *blondho* dalam residu II = 437,60 kg/*batch*.

Air masuk *centrifuge* II = air keluar *centrifuge* II = 1.728,04 kg/*batch*.

Neraca Massa *Centrifuge* II (FF-420)

Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Residu I	=	2.337,06	Residu II	=	2.194,21
- Minyak	=	171,42	- Minyak	=	28,57
- *Blondho*	=	437,60	- *Blondho*	=	437,60
- Air	=	1.728,04	- Air	=	1.728,04
			Minyak	=	142,85
Total:		2.337,06	Total:		2.337,06

9. Tangki Penampung Produk (TT-430)



Produk = minyak dari *centrifuge* I + minyak dari *centrifuge* II
= 857,10 + 142,90 = 4.000 kg/*batch*.

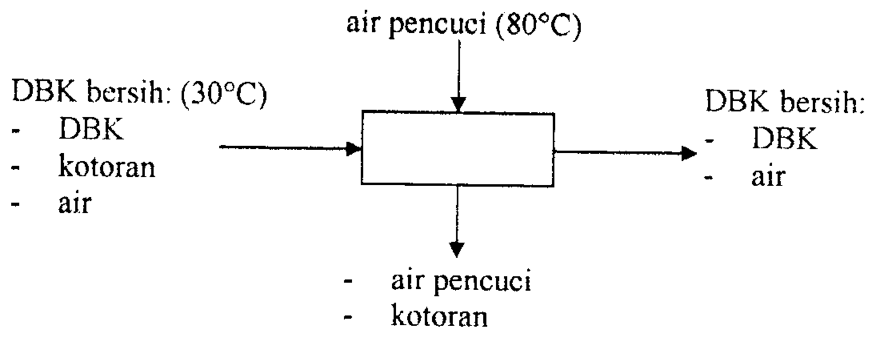
Laju alir masuk (kg/*batch*)			Laju alir keluar (kg/*batch*)		
Minyak (*centrifuge* I)	=	857,10	Produk	=	1.000,00
Minyak (*centrifuge* II)	=	142,90			
Total:		1.000,00	Total:		1.000,00

APPENDIX B
NERACA ENERGI

APPENDIX B

NERACA ENERGI

1. Bak Pencuci (L-130)



Basis: $T_{ref} = 30°C$

Asumsi: $Q_{hilang} = 10\%$ dari Q_{masuk}

Asumsi ini diperoleh karena operasi pada suhu yang rendah

Cp air = 4,181 kJ/kg.K [20]

Cp DBK = 2,85 kJ/kg.K [21]

$$\text{Cp DBK bersih masuk bak pencuci} = x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$$

$$= \frac{2.540,05}{2.565,71} \cdot 2,85 + \frac{19,24}{2.565,71} \cdot 4,181$$

$$= 2,8529 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\text{Cp DBK bersih keluar bak pencuci} = \frac{2.540,05}{2.610,61} \cdot 2,85 + \frac{70,56}{2.610,61} \cdot 4,181$$

$$= 2,8860 \text{ kJ/kg.K}$$

Masuk:

$$\Delta H_{DBK\ masuk} = m_{DBK\ masuk} \cdot Cp_{DBK\ masuk} \cdot (T_{DBK\ masuk} - T_{ref}) = 0$$

$$\Delta H_{air\ pencuci\ masuk} = m_{air\ pencuci\ masuk} \cdot Cp_{air} \cdot (T_{air\ pencuci\ masuk} - T_{ref})$$

$$= 5.131,41 \cdot 4,181 \cdot (80 - 30) = 1.072.721,26 \text{ kJ/}\textit{batch}$$

Keluar:

$$\Delta H_{DBK\ keluar} = m_{DBK\ keluar} \cdot Cp_{DBK\ keluar} \cdot (T_{DBK\ keluar} - T_{ref})$$

$$= 2.540,05 \cdot 2,8860 \cdot (T - 30) = 7.330,58\ (T - 30) \text{ kJ/}\textit{batch}$$

$$\Delta H_{air\ pencuci\ keluar} = m_{air\ pencuci\ keluar} \cdot Cp_{air} \cdot (T_{air\ pencuci\ keluar} - T_{ref})$$

$$= 5.080,10 \cdot 4,181 \cdot (T - 30) = 21.235,88 \cdot (T - 30) \text{ kJ/ }\textit{batch}$$

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

$0 + 1.072.721,26 = 7.330,58\ (T - 30) + 21.239,88\ (T - 30) + 0,1 \times 1.072.721,26$

$T = 63,8°C$

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	1.072.721,26	Q_{keluar}	=	965.449,96
- $\Delta H_{DBK\ masuk}$	=	0,00	- $\Delta H_{DBK\ keluar}$	=	247.714,14
- $\Delta H_{air\ pencuci\ masuk}$	=	1.072.721,26	- $\Delta H_{air\ pencuci\ keluar}$	=	717.735,82
			Q_{hilang}	=	10.727,13
Total:		1.072.721,26	Total:		1.072.721,26

2. *Bucket Elevator* (C-211)

Asumsi: Panas yang hilang 5%

Cp DBK bersih keluar *bucket elevator* = Cp DBK bersih masuk *bucket elevator* = Cp DBK bersih keluar bak pencuci = 2,8860 kJ/kg.K

Masuk:

ΔH_{DBK} masuk *bucket elevator* = ΔH_{DBK} keluar bak pencuci = 247.714,14 kJ/*batch*

Keluar:

$$\Delta H_{DBK\ keluar} = m_{DBK\ keluar} \cdot Cp_{DBK\ keluar} \cdot (T_{DBK\ keluar} - T_{ref})$$
$$= 2.540,05 \cdot 2,8860 \cdot (T - 30) = 7.330,58\ (T - 30)\ \text{kJ/}batch$$

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

$247.714,14 = 7.330,58\ (T - 30) + 0,05 \times 247.714,14$

$T = 62,1°C$

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	247.714,14	Q_{keluar}	=	235.328,40
- $\Delta H_{DBK\ masuk}$	=	247.714,14	- $\Delta H_{DBK\ keluar}$	=	235.328,40
			Q_{hilang}	=	12.385,74
Total:		247.714,14	Total:		247.714,14

3. *Grater Machine* (SR-210)

Asumsi: Panas yang timbul akibat friksi pemarutan = 15% dari Q_{masuk}

Cp DBK parut keluar *grater machine* = Cp DBK parut masuk *grater machine* = Cp DBK bersih keluar *bucket elevator* = 2,8860 kJ/kg.K

Masuk:

ΔH_{DBK} masuk *grater machine* = ΔH_{DBK} keluar *bucket elevator* = 990.856,57 kJ/*batch*

Keluar:

$$\Delta H_{DBK\ keluar} = m_{DBK\ keluar} \cdot Cp_{DBK\ keluar} \cdot (T_{DBK\ keluar} - T_{ref})$$
$$= 2.610,61 \cdot 2,8860 \cdot (T - 30) = 7.534,21\ (T - 30)\ \text{kJ/kg.K}$$

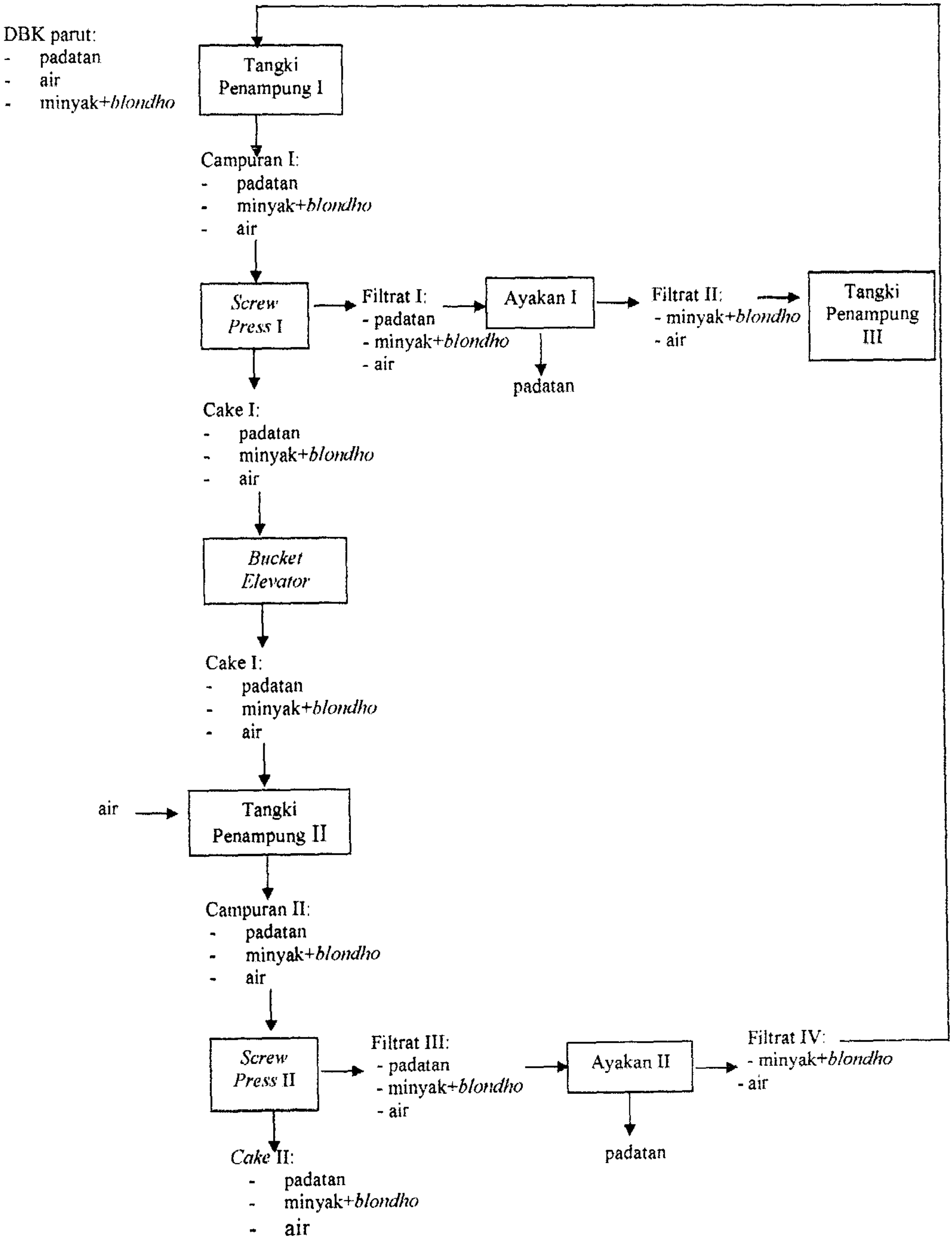
$Q_{masuk} + Q_{timbul} = Q_{keluar}$

$247.714,14 + 0,15 \times 247.714,14 = 7.534,21\ (T - 30)$

$T = 67,8°C$

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	247.714,14	Q_{keluar}	=	284.871,31
- $\Delta H_{DBK\ masuk}$	=	247.714,14	- $\Delta H_{DBK\ keluar}$	=	284.871,31
Q_{timbul}	=	37.157,16			
Total:		284.871,31	Total:		284.871,31

4. Tangki Penampung I, II, III dan Ekstraktor (*Screw Press* I dan II)



Cp minyak+*blondho* = 3,98 kJ/kg.K [21]

Cp filtrat IV = $x_{minyak+blondho} \cdot Cp_{minyak+blondho} + x_{air} \cdot Cp_{air}$

$$= \frac{322,93}{8.222,40} \cdot 3,98 + \frac{7.899,47}{8.222,40} \cdot 4,181 = 4,1731 \text{ kJ/kg.K}$$

Cp campuran I = $x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$

$$= \frac{1.964,56}{10.834,01} \cdot 2,85 + \frac{8.868,44}{10.834,01} \cdot 4,181 = 3,9393 \text{ kJ/kg.K}$$

Asumsi: Panas yang hilang dari masing-masing alat = 5% panas masuk

Neraca panas tangki penampung I:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH DBK parut + ΔH filtrat IV = ΔH campuran I + 0,05 Q masuk .... (1)

$284.871,31 + 8.222,40 \cdot 4,1731 \cdot (T_1 - 30) = 10.834,01 \cdot 3,9393 \cdot (T_2 - 30) + 0,05 \times$

$[284.871,31 + 8.222,40 \cdot 4,1731 \cdot (T_1 - 30)]$

$270.627,74 + 32.597,25 \cdot (T_1 - 30) = 42.678,40 \cdot (T_2 - 30)$

Cp filtrat I = $x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$

$$= \frac{1.467,14}{9.266,66} \cdot 2,85 + \frac{7.799,52}{9.266,66} \cdot 4,181 = 3,9703 \text{ kJ/kg.K}$$

Cp *cake* I = $x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$

$$= \frac{497,37}{1.566,35} \cdot 2,85 + \frac{1.068,98}{1.566,35} \cdot 4,181 = 3,7584 \text{ kJ/kg.K}$$

Neraca panas *screw press* I:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH Campuran I = ΔH filtrat I + ΔH *cake* I + 0,05 Q masuk .... (2)

$42.678,40 \cdot (T_2 - 30) = 9.266,66 \cdot 3,9703 \cdot (T_3 - 30) + 1.566,35 \cdot 3,7584 \cdot (T_3 - 30) +$

$0,05 \times [42.678,40 \cdot (T_2 - 30)]$

$40.544,48 \cdot (T_2 - 30) = 36.791,41 \cdot (T_3 - 30) + 5.886,96 \cdot (T_3 - 30)$

$40.544,48 \cdot (T_2 - 30) = 42.678,37 \cdot (T_3 - 30)$

Cp filtrat II = $x_{minyak+blondho} \cdot Cp_{minyak+blondho} + x_{air} \cdot Cp_{air}$

$$= \frac{1.466,12}{9.265,64} \cdot 3,98 + \frac{7.799,52}{9.265,64} \cdot 4,181 = 4,1492 \text{ kJ/kg.K}$$

Cp padatan = Cp DBK = 2,85 kJ/kg.K

Neraca panas ayakan I:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH filtrat I = ΔH filtrat II + ΔH padatan + 0,05 Q masuk .... (3)

$36.791{,}41(T_3 - 30) = 9.265{,}64 \cdot 4{,}1492 \cdot (T_4 - 30) + 1{,}02 \cdot 2{,}85 \cdot (T_4 - 30) + 0{,}05 \times$

$[36.791{,}41 \cdot (T_3 - 30)]$

$34.951{,}84 \cdot (T_3 - 30) = 38.447{,}90 \cdot (T_4 - 30)$

Neraca panas tangki penampung III:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH filtrat II masuk = ΔH filtrat II keluar + 0,05 Q masuk .... (4)

$9.265{,}64 \cdot 4{,}1492 \cdot (T_4 - 30) = 9.265{,}64 \cdot 4{,}1492 \cdot (T_5 - 30) + 0{,}05 \times$

$9.265{,}64 \cdot 4{,}1492 \cdot (T_4 - 30)$

$36.522{,}75 \cdot (T_4 - 30) = 38.445{,}01 \cdot (T_5 - 30)$

Neraca panas *bucket elevator*:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH *cake* I masuk = ΔH *cake* I keluar + 0,05 Q masuk .... (5)

$1.566{,}35 \cdot 3{,}7584 \cdot (T_3 - 30) = 1.566{,}35 \cdot 3{,}7584 \cdot (T_6 - 30) + 0{,}05 \times$

$1.566{,}35 \cdot 3{,}7584 \cdot (T_3 - 30)$

$5.592{,}61 \cdot (T_3 - 30) = 5.886{,}96 \cdot (T_6 - 30)$

$$Cp\ campuran\ II = x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$$

$$= \frac{497{,}37}{9.398{,}18} \cdot 2{,}85 + \frac{8900{,}81}{9.398{,}18} \cdot 4{,}181 = 4{,}1106 \text{ kJ/kg.K}$$

Neraca panas tangki penampung II:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH *cake* I + ΔH air = ΔH campuran II + 0,05 Q masuk .... (6)

$5.886{,}96 \cdot (T_6 - 30) + 0 = 9.398{,}18 \cdot 4{,}1106 \cdot (T_7 - 30) + 0{,}05 \times 5.886{,}96 \cdot (T_6 - 30)$

$5.592{,}61 \cdot (T_6 - 30) = 38.632{,}15 \cdot (T_7 - 30)$

$$Cp\ cake\ II = x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$$

$$= \frac{173{,}44}{1.174{,}77} \cdot 2{,}85 + \frac{1.001{,}33}{1.174{,}77} \cdot 4{,}181 = 3{,}9845 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\text{Cp filtrat III} = x_{DBK} \cdot Cp_{DBK} + x_{air} \cdot Cp_{air}$$

$$= \frac{323{,}94}{8.223{,}41} \cdot 2{,}85 + \frac{7.899{,}47}{8.223{,}41} \cdot 4{,}181 = 4{,}1286 \text{ kJ/kg.K}$$

Neraca panas *screw press* II:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH Campuran II = ΔH filtrat III + ΔH *cake* II + 0,05 Q masuk..........................(7)

$$38.632{,}15 \cdot (T_7 - 30) = 8.223{,}41 \cdot 4{,}1286 \cdot (T_8 - 30) + 1.174{,}77 \cdot 3{,}9845 \cdot (T_8 - 30) +$$

$$0{,}05 \times 38.632{,}15 \cdot (T_7 - 30)$$

$$36.700{,}54 \cdot (T_7 - 30) = 38.632{,}03 \cdot (T_8 - 30)$$

$$\text{Cp filtrat IV} = x_{minyak + blondo} \cdot Cp_{minyak + blondo} + x_{air} \cdot Cp_{air}$$

$$= \frac{322{,}93}{8.222{,}40} \cdot 3{,}98 + \frac{7.899{,}47}{8.222{,}40} \cdot 4{,}181 = 4{,}1731 \text{ kJ/kg.K}$$

Neraca massa ayakan II:

$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

ΔH filtrat III = ΔH filtrat IV + ΔH padatan + 0,05 Q masuk ....(8)

$$8.223{,}41 \cdot 4{,}1286 \cdot (T_8 - 30) = 8.222{,}40 \cdot 4{,}1731 \cdot (T_1 - 30) + 1{,}01 \cdot 2{,}85 \cdot (T_1 - 30) + 0{,}05$$

$$\times\ 8.223{,}41 \cdot 4{,}1286 \cdot (T_8 - 30)$$

$$32.253{,}59 \cdot (T_8 - 30) = 34.315{,}76 \cdot (T_1 - 30)$$

Dari persamaan-persamaan di atas, maka dapat diperoleh:

T_1 = 30,8°C

T_2 = 36,9°C

T_3 = 36,6°C

T_4 = 36,0°C

T_5 = 35,7°C

T_6 = 36,3°C

T_7 = 30,9°C

T_8 = 30,8°C

Neraca Panas Tangki Penampung I (TT-221)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	312.740,24	Q_{keluar}	=	297.101,39
- $\Delta H_{DBK\ parut}$	=	284.871,31	- $\Delta H_{campuran\ I}$	=	297.101,39
- $\Delta H_{filtrat\ II}$	=	27.868,94			
			Q_{hilang}	=	15.638,85
Total:		312.740,24	Total:		312.740,24

Neraca Panas *Screw Press* I (F-220)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}		= 297.101,39	Q_{keluar}		= 282.274,75
-	$\Delta H_{campuran\ I}$	= 297.101,39	-	$\Delta H_{filtrat\ I}$	= 243.338,39
			-	$\Delta H_{cake\ I}$	= 38.936,36
			Q_{hilang}		= 14.826,64
Total:		297.101,39	Total:		297.101,39

Neraca Panas Ayakan I (S-222)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}		= 243.338,39	Q_{keluar}		= 231.171,82
-	$\Delta H_{filtrat\ I}$	= 243.338,39	-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	= 231.154,43
			-	$\Delta H_{padatan}$	= 17,39
			Q_{hilang}		= 12.166,57
Total:		243.338,39	Total:		243.338,39

Neraca Panas Tangki Penampung Filtrat II (TT-223)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}		= 231.154,43	Q_{keluar}		= 231.154,43
-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	= 231.154,43	-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	= 231.154,43
Total:		231.154,43	Total:		231.154,43

Neraca Panas Tangki Penampung III (TT-312)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
			Menuju ke evaporator (FE-310)		
Q_{masuk}		= 231.154,43	Q_{keluar}		= 219.597,86
-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	= 231.154,43	-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	= 219.597,86
			Q_{hilang}		= 11.556,57
Total:		231.154,43	Total:		231.154,43

Neraca Panas *Bucket Elevator* (C-231)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}		= 38.936,36	Q_{keluar}		= 36.989,54
-	$\Delta H_{cake\ I}$	= 38.936,36	-	$\Delta H_{cake\ I}$	= 36.989,54
			Q_{hilang}		= 1.946,82
Total:		38.936,36	Total:		38.936,36

Neraca Panas Tangki Penampung II (TT-232)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}		= 36.989,54	Q_{keluar}		= 35.139,80
-	$\Delta H_{cake\ I}$	= 36.989,54	-	$\Delta H_{campuran\ II}$	= 35.139,80
-	ΔH_{air}	= 0,00			
			Q_{hilang}		= 1.849,74
Total:		36.989,54	Total:		36.989,54

Neraca Panas *Screw Press* II (F-230)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	35.139,80	Q_{keluar}	=	33.381,94
- $\Delta H_{campuran\ II}$	=	35.139,80	- $\Delta H_{filtrat\ III}$	=	29.337,19
			- $\Delta H_{cake\ II}$	=	4.044,75
			Q_{hilang}	=	1.757,86
Total:		35.139,80	Total:		35.139,80

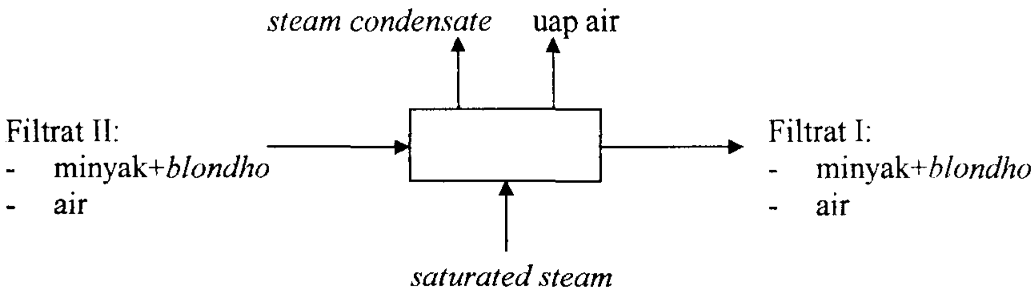
Neraca Panas Ayakan II (S-233)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	29.337,19	Q_{keluar}	=	27.871,26
- $\Delta H_{filtrat\ III}$	=	29.337,19	- $\Delta H_{filtrat\ IV}$	=	27.868,94
			- $\Delta H_{padatan}$	=	2,33
			Q_{hilang}	=	1.465,93
Total:		29.337,19	Total:		29.337,19

Neraca Panas Tangki Penampung Filtrat IV (TT-234)

Laju alir masuk (kJ/*batch*)			Laju alir keluar (kJ/*batch*)		
Q_{masuk}	=	27.868,94	Q_{keluar}	=	27.868,94
- $\Delta H_{filtrat\ IV}$	=	27.868,94	- $\Delta H_{filtrat\ IV}$	=	27.868,94
Total:		27.868,94	Total:		27.868,94

5. Evaporator (FE-310)



Basis: T_{ref} = 30°C.

Asumsi: Campuran masuk evaporator = T_5 = 35,7120°C.

Steam masuk evaporator pada 148°C dan 4,5 bara (450 kPa) (Ulrich, 1984)

Steam condensate keluar evaporator = 148°C.

Air menguap pada suhu 80°C.

Q_{hilang} = 10% dari Q_{masuk}.

Hv saturated steam pada 80°C = 2.643,7 kJ/kg (Geankoplis, 1993)

λ pada 148°C dan 450 kPa = 2.744,02 – 623,572 = 2.120,448 kJ/kg (Geankoplis, 1993)

ΔH filtrat II masuk evaporator = 219.597,86 kJ/*batch*.

ΔH steam masuk = massa steam $\cdot \lambda = (m \cdot 2.120{,}448)$ kJ/ *batch*

Cp filtrat II keluar evaporator = $x_{minyak + blondho} \cdot Cp_{minyak + blondho} + x_{air} \cdot Cp_{air}$

$$= \frac{1.466,12}{3.194,16} \cdot 3,98 + \frac{1.728,04}{3.194,16} \cdot 4,181 = 4,0887 \text{ kJ/kg.K}$$

ΔH filtrat II keluar evaporator $= 3.194,16 \cdot 4,0887 \cdot (80 - 30) = 652.998,61$ kJ/hari.

ΔH uap air keluar evaporator = massa air yang menguap $\cdot$ Hv *saturated steam* pada 80°C

$$= 6.071,48 \cdot 2.643,7 = 16.051.171,68 \text{ kJ/}batch$$

h_L *steam condensate* pada 148°C = 623,572 kJ/kg (Geankoplis, 1993)

ΔH *steam condensate* keluar evaporator =

massa *steam condensate* $\cdot h_L$ *steam condensate* pada 148°C $= (m \cdot 623,572)$ kJ/kg

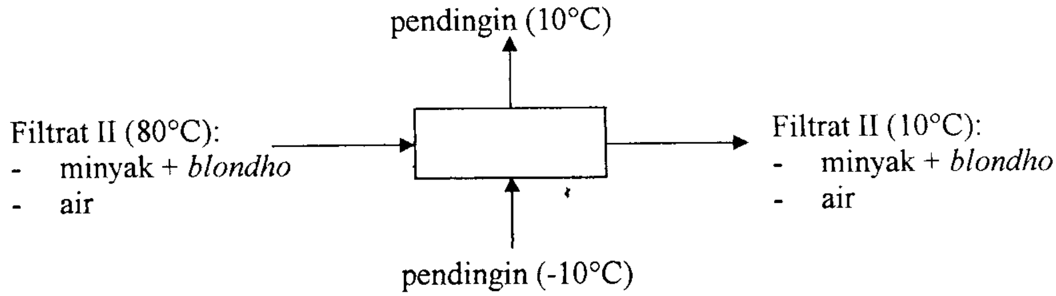
$Q_{masuk} = Q_{keluar} + Q_{hilang}$

$219.597,86 + (m \cdot 2.120,448) = 652.998,61 + 16.051.171,68 + (m.623,572) + 0,1.Q_{masuk}$

$$m = 12.847,24 \text{ kg/}batch$$

Laju alir masuk (kJ/*batch*)				Laju alir keluar (kJ/*batch*)			
Q_{masuk}		=	27.461.496,93	Q_{keluar}		=	24.715.347,87
-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	=	219.597,86	-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	=	652.998,61
-	ΔH_{steam}	=	27.241.899,05	-	ΔH_{steam}	=	8.011.177,58
				-	$\Delta H_{uap\ air}$	=	16.051.171,68
				Q_{hilang}		=	2.746.149,06
Total:			27.461.496,93	Total:			27.461.496,93

6. *Plate Heat Exchanger* (E-320)



Pendingin yang digunakan adalah campuran 60% etilen glikol dan 40% air

Cp pendingin masuk = 0,71225 Btu/lb.°F = 2,9820 kJ/kg.K [16]

Cp pendingin keluar = 0,72925 Btu/lb.°F = 3,0532 kJ/kg.K [16]

Cp filtrat II keluar *cooler* = cp filtrat II keluar evaporator = 4,0887 kJ/kg.K

$Q_{masuk} = Q_{keluar}$

$\Delta H_{filtrat\ II} + \Delta H_{pendingin} = \Delta H_{filtrat\ II} + \Delta H_{pendingin}$

$652.998,61 + (m.2,9820.((-10) - 30)) = 3.194,16.4,0887.(10 - 30) + (m.3,0532.(10 - 30)$

$652.998,61 - 119,28.m = -261.199,24 - 61,06.m$

m = 15.702,47 kg/*batch*

Laju alir masuk (kJ/*batch*)				Laju alir keluar (kJ/*batch*)			
Q_{masuk}		=	-1.219.992,01	Q_{keluar}		=	-1.219.992,01
-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	=	652.998,61	-	$\Delta H_{filtrat\ II}$	=	-261.199,21
-	$\Delta H_{pendingin}$	=	-1.872.990,62	-	$\Delta H_{pendingin}$	=	-958.792,80
Total:			-1.219.992,01	Total:			-1.219.992,01

APPENDIX C
SPESIFIKASI PERALATAN

APPENDIX C
SPESIFIKASI PERALATAN

1. *Warehouse* Buah Kelapa

Fungsi : Menyimpan buah kelapa yang masih bersabut

Tipe : Gedung dengan konstruksi beton

Dasar pemilihan : Karena bahan baku harus kering maka harus disimpan di bawah atap dan berdinding

Kondisi operasi : T = 30° C

P = 1 atm

Kapasitas : 12.828,53 kg/hari

Massa 1 buah kelapa = 2,5 kg

Volume 1 buah kelapa = 2 liter

Bulk density $= \dfrac{\text{massa 1 buah kelapa}}{\text{volume wadah}} = \dfrac{2,5}{2} = 1,25 \text{ kg/L}$

$= 1250 \text{ kg/m}^3$

Kapasitas *warehouse* $= \dfrac{\text{kapasitas buah kelapa per hari}}{\text{bulk density}}$

$= \dfrac{12.828,53}{1250} = 10,26 \text{ m}^3\text{/hari}$

Panjang *warehouse* = lebar *warehouse*

Volume *warehouse* = panjang × lebar × tinggi

10,26 $= p^2 \times t$

Panjang *warehouse* = lebar *warehouse* = 3 meter

Tinggi *warehouse* = 1,14 meter ~ 2,5 m

Luas *warehouse* = panjang × lebar

= 3 × 3 = 9 meter

Untuk jalan, transportasi, dan lain-lain maka panjang dari *warehouse* ditambah 2 m dan lebar *warehouse* ditambah 6 m.

p = 3 m + 2 m = 5 m

l = 3 m + 6 m = 9 m

t = 2,5 m

Luas tanah = 5 m × 9 m = 45 m^2

Luas bangunan $= 2 \times ((p \times l) + (p \times t) + (l \times t))$

$= 2 \times ((5 \times 9) + (5 \times 2,5) + (9 \times 2,5))$

$= 160 \text{ m}^2$

Spesifikasi Alat:

Kapasitas	: 12.828,53 kg/hari
Tinggi *warehouse* (t)	: 2,5 m
Lebar *warehouse* (l)	: 9 m
Panjang *warehouse* (p)	: 5 m
Luas tanah	: 45 m^2
Luas bangunan	: 160 m^2
Bahan kontruksi	: *concrete* beton
Jumlah	: 1 buah

2. *Storage Bin* Kelapa (TT-110)

Fungsi	: Menampung sementara buah kelapa dengan maksud menjaga kontinuitas untuk proses selanjutnya
Tipe	: Silinder tegak dengan bejana bawah berbentuk konis, bagian atas terbuka
Dasar pemilihan	: Bentuk sesuai untuk menampung padatan
Data	:

Kapasitas = 2565,71 kg/*batch*

1 *batch* = 3,5 jam

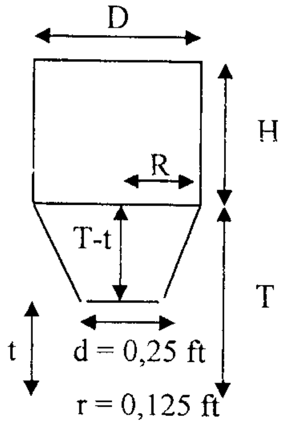
Waktu tinggal = 10 menit

Kapasitas = 733,06 kg/jam

Kondisi operasi = P = 1 atm, T = 30° C

Bulk density kelapa = 65 lb/ft^3 = 1.041,84 kg/m^3

Perhitungan :



Diameter lubang pengeluaran (d) = 10 in = 0,25 m [13, halaman 1347]

Sudut konis = α = 45°

Dari Ulrich [18], tabel 4 – 27, diperoleh : H/D = 2 – 5

Diambil H/D = 2

t = r / tan 45° = r

T = R / tan 45° = R

Volume kelapa = 733,06 kg/jam × 1/1.041,84 kg/m^3 = 0,70 m^3/jam

Bila bin terisi 75%, maka volume total bin = $\frac{1}{0,75}$ x 0,70 = 0,93 m^3/jam

Volume bin = volume konis + volume silinder

$= (1/3 \times \pi \times R^2 \times T - 1/3 \times \pi \times r^2 \times t) + \pi \times R^2 \times H$

$= (1/3 \times \pi \times R^2 \times R - 1/3 \times \pi \times r^2 \times r) + \pi \times R^2 \times 4R$

$= 1/3 \times \pi \times R^3 + 4 \times \pi \times R^3 - 1/3 \times \pi \times r^3$

0,93 m^3 $= 13,61 \times R^3 - 2,04 \times 10^{-3}$ m^3

0,93 m^3 $= 13,61 \times R^3$

R = 0,41 m

D = 2 × R = 2 × 0,41 = 0,82 m

H = 2 × D = 2 × 0,82 = 1,64 m

Tinggi bahan dalam konis = T – t = R – r

= 0,41 – 0,125 = 0,29 m

Tinggi total tangki = H + (T – t)

= 1,64 + 0,29

= 2,22 m

Tekanan vertikal :

$$P_B = \frac{R \times \rho}{2 \times \mu' \times k'} \times (1 - e^{-2 \times \mu' \times k' \times ZT/R})$$ [22, persamaan 5-13, halaman 248]

Keterangan :

P_B = tekanan vertikal pada dasar bejana (lb/in^2)

ρ = *bulk density* bahan (lb/ft^3)

μ' = koefisien friksi = 0,35 – 0,55 → diambil 0,45 [22, halaman 248]

k' = *ratio pressure* = 0,35 – 0,60 → diambil 0,50 [22, halaman 248]

ZT = tinggi total material (ft)

R = jari-jari (ft)

Volume tabung = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$

= $\frac{1}{4} \times \pi \times 0{,}82^2 \times 1{,}64 = 0{,}87\ m^3$

Volume konis = volume bin – volume tabung

= $0{,}93\ m^3 - 0{,}87\ m^3 = 0{,}06\ m^3$

Massa di konis = $0{,}06\ m^3$ x $1.041{,}84\ kg/m^3 = 62{,}51$ kg

Massa di tabung = 733,06 kg - 62,51 kg = 670,55 kg

Tinggi bahan di konis = 0,29 m

Tinggi bahan di silinder = $(4 \times \text{massa di silinder}) / (\rho \times \pi \times D^2)$

$$= \frac{4 \times 733{,}06}{1.041{,}84 \times \pi \times 0{,}82^2} = 1{,}33\ m$$

Tinggi total bahan = 0,29 + 1,33 = 1,62 m

$$P_B = \frac{0{,}41 \times 65}{2 \times 0{,}45 \times 0{,}50} \times (1 - e^{-2 \times 0{,}45 \times 0{,}50 \times 1{,}62 / 0{,}41})$$

$= 15{,}30\ lb/ft^2 = 0{,}11\ lb/in^2 = 0{,}11$ psia

Tekanan lateral:

$P_L = k' \times P_B = 0{,}50 \times 0{,}11$ psia = 0,06 psia

$P_{total} = P_B + P_L = 0{,}11 + 0{,}06 = 0{,}17$ psia

$P_{desain} = 1{,}2 \times P_{total}$

$= 1{,}2 \times 0{,}17 = 0{,}2$ psia

Tebal silinder:

$$ts = \frac{P \times R}{f \times E - 0{,}6 \times P} + C$$ [15, halaman 254]

Keterangan :

P = tekanan desain (psia)

R = jari-jari (in)

f = *allowable stress* = 18.750 psia (Stainless steel SA-240, grade C)

E = 0,8

C = *corrosion factor* = 1/8 in

$$ts = \frac{0{,}2 \times 16{,}14}{18.750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}2} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{in}$$

Tebal konis:

$$tk = \frac{P \times D}{2 \times \cos\alpha \times (f \times E - 0{,}6 \times P)} + C \quad [15, \text{halaman } 118]$$

$$= \frac{0{,}2 \times 32{,}28}{2 \times \cos 45^0 \times (18.750 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 0{,}2)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{in}$$

Spesifikasi Alat:

Jenis	: Bin
Kapasitas	: 733,06 kg/jam
Diameter	: 0,82 m
Tinggi	: 2,22 m
Tebal shell	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal konis	: $\frac{3}{16}$ in
Jumlah	: 1 buah

3. *Belt Conveyor* (C-120)

Fungsi	: Memisahkan air pencuci dengan daging buah kelapa dan mengangkut daging buah kelapa menuju ke bak pencuci
Tipe	: *Troughed belt on 45 idlers with rolls of equal length*
Dasar pemilihan	: Ekonomis dan cocok untuk mengangkut buah kelapa

Data :

Kapasitas = 2565,71 kg/*batch*

Waktu tinggal = 5 menit

Kapasitas = 733,06 kg/jam = 0,73 ton/jam

Panjang belt = 25 ft

Sudut elevasi = 30°

Dari Perry edisi 5 [23], tabel 7-7 didapatkan:

Jenis : *Belt conveyor*

Lebar *belt* : 14 in

Belt plies : 3 – 5

Kecepatan : 2,5 fpm

Tenaga untuk menggerakkan *belt*:

Dari Perry edisi 3 [13], halaman 1355 :

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

Dimana : Hp = Horse power, Hp

TPH = kapasitas, ton/jam

H = jarak horizontal, ft

V = jarak vertikal, ft

C = faktor bahan yang diangkut, diambil 2,5 [13, halaman 1356]

$H = 25 \times \sin 30° = 12{,}5$ ft

$V = 25 \times \cos 30° = 21{,}65$ ft

$Hp = 0{,}73 \times (12{,}5 \times 0{,}002 + 0{,}001 \times 21{,}65) \times 2{,}5$

$= 0{,}09$ Hp

Efisiensi = 80% [17, figure 14-38, halaman 521]

Tenaga motor penggerak *belt* $= \dfrac{0{,}09}{0{,}8} = 0{,}11$ Hp

Digunakan tenaga penggerak belt = 1 Hp

Spesifikasi Alat:

Jenis : *Belt conveyor*

Kapasitas : 0,73 ton/jam

Lebar *belt* : 14 in

Belt plies : 3 – 5

Panjang *belt conveyor* : 25 ft

Tenaga motor : 1 Hp

Bahan : *Rubber* dan *steel*

Jumlah : 1 buah

4. Bak Pencuci (L-130)

Fungsi : Mencuci buah kelapa dari kotoran yang masih tersisa

Tipe : Bak berbentuk persegi panjang dengan alat pengangkut silinder bersirip

Dasar pemilihan : Ekonomis dan cocok untuk mencuci daging buah kelapa

Kapasitas : 2.565,71 kg/*batch*

Waktu tinggal : 15 menit

Kapasitas masuk : 733,06 kg/jam

Dimensi : 1m × 1 m × 10 m

5. *Bucket Elevator* (C-211)

Fungsi : Mengangkut daging buah kelapa dari bak pencuci ke *grater machine*

Tipe : *Spaced bucket positive-discharge elevator*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan cocok untuk mengangkut daging buah kelapa

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

Kapasitas = 2610,61 kg/*batch*

Waktu tinggal = 1 menit

Kapasitas *bucket elevator* = 745,89 kg/jam = 0,75 ton/jam

Untuk kapasitas 14 ton/jam [24, table 7-8]:

- Kecepatan *bucket elevator* = 225 ft/menit
- Putaran head shaft = 43 rpm

Maka:

Kecepatan *bucket elevator* = $\dfrac{0{,}75 \text{ ton/jam}}{14 \text{ ton/jam}} \times 225 \text{ ft/menit} = 12{,}05 \text{ ft/menit}$

Putaran *head shaft* = $\dfrac{0{,}75 \text{ ton/jam}}{14 \text{ ton/jam}} \times 43 \text{ rpm} = 2{,}30 \text{ rpm}$

Ditetapkan tinggi elevator = 63 ft

Power yang dibutuhkan = $\dfrac{\text{TPH} \times 2 \times \text{L}}{1000}$ [13, halaman 1349] di mana: TPH = kapasitas *bucket* = 0,73 ton/jam

L = tinggi elevasi *bucket* = 63 ft

$$\text{Power} = \frac{0{,}73 \times 2 \times 63}{1000} = 0{,}05 \text{ Hp}$$

Efisiensi = 80% [17, figure 14-38, halaman 521]

$$\text{Power yang dibutuhkan} = \frac{0{,}05}{0{,}8} = 0{,}06 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Alat:

Kapasitas : 0,73 ton/jam

Tinggi *bucket* : 63 ft

Kecepatan *bucket* : 12,05 ft/menit

Putaran *head shaft* : 2,3 rpm

Ukuran *bucket* : 6 × 4 × 4

Power : 1 Hp

6. *Grater Machine* (SR-210)

Fungsi : Memarut kelapa

Waktu tinggal = 5 menit

Kapasitas *grater machine* = 0,73 ton/jam

Speed = 1200 rpm

Dimensi bin = 1.500 mm × 1.500 mm × 6.000 mm

Dimensi silinder = - Diameter = 750 mm

- Tinggi = 1.500 mm

Power = 40 kW/ton.jam

= 40 × 0,73 = 29,2 kW = 39,16 Hp

7. Tangki Penampung I (TT-221)

Fungsi : Untuk menampung hasil parutan daging kelapa dan santan

Tipe : *Cylindrical vessel with formed end* (silinder tegak dengan tutup atas dan bejana bawah berbentuk *dish)*

Laju alir masuk = 10.833,01 kg/*batch*

Waktu tinggal = 1 jam

Kapasitas = 3095,15 kg/jam

Parutan masuk = 2983,55 kg/jam = 6577,64 lb/jam

Santan yang ditambahkan = 9397,29 kg/jam = 20.717,59 lb/jam

Total bahan masuk = 6577,64 + 20.717,59

= 27.295,23 lb/jam

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} = \frac{0,24}{1,01} + \frac{0,76}{1}$$

$\rho_{campuran}$ = 1,0024 kg/L = 62,58 lb/ft^3

Volume liquid $= \frac{27.295,23 \text{ lb/jam}}{62,58 \text{ lb/ft}^3} \times 1 \text{ jam} = 436,17 \text{ ft}^3$

Volume tangki penampung = 1,2 × volume larutan

$$1,2 \times 436,17 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times 1,5 \times ID^3 \times \left(\frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}}\right)^3 + 2 \times 0,000049 \times D^3$$

$$523,40 \text{ ft}^3 = 6,81 \times 10^{-4} \times ID^3 + 9,8 \times 10^{-5} \times D^3$$

$$523,40 \text{ ft}^3 = 7,79 \times 10^{-4} \times ID^3$$

$$ID = 87,59 \text{ in} = 7,30 \text{ ft}$$

Hs = 1,5 × ID

= 1,5 × 7,30

= 10,95 ft

Volume liquid dalam *dish* = 0,000049 × ID^3

= 0,000049 × 7,30^3

= 0,02 ft^3

$$\text{Tinggi cairan dalam } shell = \frac{\text{volume liquid} - \text{volume } dish}{\frac{\pi}{4}.ID^2}$$

$$= \frac{436,17 - 0,02}{\frac{\pi}{4}.7,30^2}$$

= 10,42 ft

$$P_{operasi} = P_{hidrostatis} = \frac{\rho \times H}{144}$$

$$= \frac{62,58 \times 10,42}{144}$$

= 4,53 psig

P_{design} = 1,3 × $P_{operasi}$

= 1,3 × 4,53

= 5,89 psig

Bahan konstruksi *Steel* SA-240, *Grade* A

f = 16.250 psi [15, App. D halaman 342]

E = 0,8 [15, tabel 13.2]

C = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

Tebal *shell*:

$$ts = \frac{P \times ID}{2 \times (f \times E - 0{,}6 \times P)} + C$$

$$= \frac{5{,}89 \times 87{,}6}{2 \times (16.250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 5{,}89)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}14 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal *dish (dished head)*:

$$ts = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$= 87{,}6 + 2 \times \frac{3}{16}$$

$$= 87{,}98 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young [15] Tabel 5.7 diperoleh:

OD standar = 84 in

icr = $5\frac{1}{8}$ in

rc = 84 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right)$$ [15, persamaan 7.76, halaman 138]

$$= \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{84}{5\frac{1}{8}}}\right)$$

$$= 1{,}76 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{87{,}59}{2} = 43{,}80 \text{ in}$$

$AB = \dfrac{ID}{2} - icr$

$= \dfrac{87,59}{2} - 5\dfrac{1}{8}$

$= 38,67$ in

$BC = r - icr$

$= 84 - 5^1/_8$

$= 78,88$ in

$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$

$= 84 - \sqrt{(78,88)^2 - (38,67)^2}$

$= 15,25$

$td = \dfrac{P \times rc - W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$ [15, persamaan 7.77]

$= \dfrac{5,89 \times 84 - 1,76}{2 \times 16.250 \times 0,8 - 0,2 \times 5,89} + \dfrac{1}{8}$

$= 0,14 \approx \dfrac{3}{16}$ in

Tebal *dish* standar = $\dfrac{3}{16}$ in [15, tabel 5.7]

Dipilih panjang *straight-flange* (sf) = 2 in [15, tabel 5.8]

$OA = t + b + sf$

$= \dfrac{3}{16} + 15,25 + 2$

$= 17,44$ in $= 1,45$ ft

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi *shell* + (2 × tinggi *dish*)

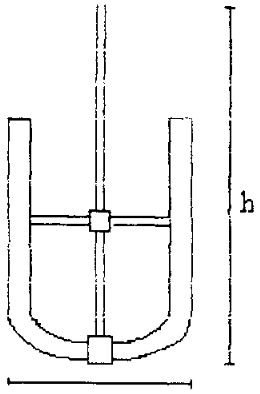
= 10,42 + (2 × 1,45)

= 13,32 ft

<u>Pengaduk</u>

Jenis pengaduk : *Anchor paddle*

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengaduk *slurry* dengan viskositas yang tinggi (50.000 - 500.000 cp)



Gambar *Anchor Paddle*

Panjang impeller = Da = 60 - 80% diameter tangki

Panjang impeller diambil 80% → 80% x 7,3 ft = 5,84 ft

Lebar blade = W = $\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{10}$ panjang impeller

Lebar blade diambil $\frac{1}{6}$ → $\frac{1}{6}$ x 5,84 = 0,97 ft

Dari Geankoplis 3rd [20], tabel 3.4-1, halaman 144 :

$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$

$C = \frac{1}{3} \times 7,3$

$= 2,43$ ft

H = 13,32 ft

h = 75% H = 9,99 ft

Dimana : Da = diameter pengaduk

Dt = diameter tangki

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

h = tinggi impeller

Kecepatan agitator antara 20 – 200 rpm, diambil 50 rpm untuk *slurry* dengan viskositas yang tinggi. [20, halaman 141]

μ = 0,11 lb/ft.s [25]

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

$$= \frac{5{,}84^2 \times \frac{20}{60} \times 62{,}58}{0{,}11}$$

$= 16.169{,}15$

Dari Harnby [26], halaman 192 persamaan 11.9, untuk *Anchor paddle*:

$$Np = 85.\ Nre^{-1}.(\frac{C}{Dt})^{-0,31}(\frac{h}{Da})^{0,48}$$

$= 0{,}1$

$$P = \frac{Np \times \rho \times N^3 \times Da^5}{gc}$$

$$= \frac{0{,}1 \times 62{,}58 \times \left(\frac{50}{60}\right)^3 \times 5{,}84^5}{32{,}17}$$

$$= \frac{764{,}72}{550}$$

$= 1{,}39$ Hp

Efisiensi motor = 80% [17, figure 14-38, halaman 521]

$$Hp = \frac{1{,}39}{0{,}8}$$

$= 1{,}74$ Hp

<u>Spesifikasi Alat:</u>

Kapasitas	: 436,17 ft^3
Diameter	: 7,30 ft
Tinggi tangki total	: 13,32 ft
Tebal shell	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup atas	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: *Stainless Steel* SA-240, *grade* A
Jumlah tangki	: 1 buah

Pengaduk

- Jenis : *Anchor paddle*
- Diameter : 5,84 ft
- Kecepatan pengadukan : 50 rpm
- Power : 2 Hp
- Jumlah pengaduk : 1 buah

8. *Screw Press* I (F-220)

Fungsi : Untuk menekan *cake* kelapa parut yang mengandung santan hingga santan terpisah

Tipe : *Screw extender* [18, halaman 242]

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengepres sekaligus menekan kelapa parut

Laju alir masuk = 10.833,01 kg/*batch*

Waktu tinggal = 10 menit

Jumlah bahan masuk = 3095,15 kg/jam = 3,10 ton /jam

Range tekanan = 500 – 20.000 lb/in^2 [24, tabel 8-56, halaman 8-64]

Untuk kelapa parut digunakan tekanan 500 lb/in^2

Power alat = 2 – 4 Kwh/ton

Power yang dibutuhkan = 2 x 3,10 ton/jam

= 6,2 Kwh = 8,34 Hp

Spesifikasi Alat:

Kapasitas : 3,10 ton /jam

Tekanan : 500 lb/in^2

Power : 8,5 Hp

Dimensi : 11,5 ft x 1,64 ft x 2,62 ft

Bahan : *Stainless steel*

9. *Bucket Elevator* (C-231)

Fungsi : Mengangkut *cake* dari *screw press* I ke tangki penampung II

Tipe : *Continuous-discharge bucket elevators*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan cocok untuk mengangkut *cake*

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

Laju alir masuk = 1566,35 kg/*batch*

Waktu tinggal = 5 menit

Kapasitas = 447,53 kg/jam = 0,45 ton/jam

Untuk kapasitas 35 ton/jam [24, tabel 7-8]:

- Kecepatan *bucket elevator* = 150 ft/menit
- Putaran head shaft = 28 rpm

Maka:

Kecepatan *bucket elevator* = $\frac{0,45 \text{ ton/jam}}{35 \text{ ton/jam}} \times 150 \text{ ft/menit} = 1,93 \text{ ft/menit}$

Putaran *head shaft* = $\frac{0,45 \text{ ton/jam}}{35 \text{ ton/jam}} \times 28 \text{ rpm} = 0,36 \text{ rpm}$

Tinggi *bucket elevator* = Kecepatan *bucket elevator* × waktu tinggal

= 1,93 ft/menit × 5 menit

= 9,65 ft

Power yang dibutuhkan = $\frac{\text{TPH} \times 2 \times \text{L}}{1000}$ [13, halaman 1349]

di mana : TPH = kapasitas *bucket* = 0,45 ton/jam

L = tinggi elevasi *bucket* = 9,65 ft

Power = $\frac{0,45 \times 2 \times 9,65}{1000} = 8,69 \times 10^{-3}$ Hp

Efisiensi = 80% [17, figure 14-38, halaman 521]

Power yang dibutuhkan = $\frac{8,69 \times 10^{-3}}{0,8}$ = 0,01 Hp

Spesifikasi Alat:

Kapasitas	: 0,45 ton/jam
Tinggi *bucket*	: 9,65 ft
Kecepatan *bucket*	: 1,93 ft/menit
Putaran head shaft	: 0,36 rpm
Ukuran *bucket*	: 8 in × $5^1/_2$ in × $7^3/_4$ in
Power	: 1 Hp
Bahan	: *Steel*

10. Tangki Penampung II (TT-232)

Kapasitas = 9398,18 kg/*batch*

Waktu tinggal = 1 jam

Kapasitas tangki = 2685,19 kg/jam

Parutan masuk = 447,53 kg/jam = 986,64 lb/jam

Air yang ditambahkan = 2237,67 kg/jam = 4933,24 lb/jam

Total bahan masuk = 986,64 + 4933,24

= 5919,88 lb/jam

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} = \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,83}{0,995}$$

$\rho_{campuran}$ = 0,9975 kg/L = 62,27 lb/ft^3

$$\text{Volume liquid} = \frac{5919,88\ lb/jam}{62,27\ lb/ft^3} \times 1 \text{ jam} = 95,07 \text{ ft}^3$$

Hs = 1,5 × ID

Volume tangki penampung = 1,2 × volume larutan

$$1,2 \times 95,07 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times 1,5 \times ID^3 \times \left(\frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}}\right)^3 + 2 \times 0,000049 \times D^3$$

$$114,08 \text{ ft}^3 = 6,81 \times 10^{-4} \times ID^3 + 9,8 \times 10^{-5} \times D^3$$

$$114,08 \text{ ft}^3 = 7,79 \times 10^{-4} \times ID^3$$

$$ID = 52,71 \text{ in} = 4,39 \text{ ft}$$

Hs = 1,5 × ID

= 1,5 × 4,39

= 6,59 ft

Volume liquid dalam *dish*= 0,000049 × ID^3

= 0,000049 × 4,39^3

= 4,15 × 10^{-3} ft^3

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = \frac{volume\ liquid - volume\ dish}{\frac{\pi}{4}.ID^2}$$

$$= \frac{95,07 - 4,15 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4}.4,39^2}$$

= 6,28 ft

$$P_{operasi} = P_{hidrostatis} = \frac{\rho \times H}{144}$$

$$= \frac{62,27 \times 6,28}{144}$$

= 2,72 psig

P_{design} = $1{,}3 \times P_{operasi}$

= $1{,}3 \times 2{,}72$

= 3,53 psig

Bahan konstruksi Steel SA-240, Grade A

f = 16.250 psi [15, App. D halaman 342]

E = 0,8 [15, tabel 13.2]

C = corrosion allowance = $\frac{1}{8}$ in

Tebal *shell*:

$$ts = \frac{P \times ID}{2 \times (f \times E - 0{,}6 \times P)} + C$$

$$= \frac{3{,}53 \times 52{,}71}{2 \times (16.250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 3{,}53)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal *dish (dished head)*:

$$ts = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$= 52{,}71 + 2 \times \frac{3}{16}$$

$$= 53{,}09 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young [15] Tabel 5.7 diperoleh:

OD standar = 54 in

icr = $3\frac{1}{4}$ in

rc = 54 in

$$W = \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right)$$ [15, persamaan 7.76, halaman 138]

$$= \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{54}{3\frac{1}{4}}} \right)$$

$$= 1{,}77 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{52,71}{2}$$

$$= 26,36 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$

$$= \frac{52,71}{2} - 3\frac{1}{4}$$

$$= 23,11 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 54 - 3^{1}/_{4}$$

$$= 50,75 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 54 - \sqrt{(50,75)^2 - (23,11)^2}$$

$$= 8,82$$

$$td = \frac{P \times rc - W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$$ [15, persamaan 7.77]

$$= \frac{3,53 \times 54 - 1,77}{2 \times 16.250 \times 0,8 - 0,2 \times 3,53} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal dish standar = $\frac{3}{16}$ in [15, tabel 5.7]

Dipilih panjang *straight-flange* (sf) = 2 in [15, tabel 5.8]

$$OA = t + b + sf$$

$$= \frac{3}{16} + 8,82 + 2$$

$$= 11,01 \text{ in} = 0,92 \text{ ft}$$

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi *shell* + (2 x tinggi *dish*)

= 6,59 + (2 × 0,92)

= 8,43 ft

Pengaduk

Jenis pengaduk : *Anchor paddle*

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengaduk *slurry* dengan viskositas yang tinggi 50 - 500 Pa.s (50.000 - 500.000 cp)

Panjang *impeller* = 60 - 80% diameter tangki

Panjang *impeller* diambil 80% → 80% × 2,42 ft = 1,94 ft

Lebar *blade* = $\frac{1}{6}$ - $\frac{1}{10}$ panjang *impeller*

Lebar *blade* diambil $\frac{1}{6}$ → $\frac{1}{6} \times 1{,}94 = 0{,}32$ ft

Dari Geankoplis 3rd [20], tabel 3.4-1, halaman 144 :

$$\frac{Da}{Dt} = 0{,}3 - 0{,}5$$

$$Da = 0{,}4 \times 4{,}39$$

$$= 1{,}76 \text{ ft} = 21{,}07 \text{ in}$$

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$J = \frac{1}{12} \times 4{,}39$$

$$= 0{,}37 \text{ ft}$$

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$C = \frac{1}{3} \times 4{,}39$$

$$= 1{,}46 \text{ ft}$$

di mana : Da = diameter pengaduk

Dt = diameter tangki

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

J = lebar *baffle*

Kecepatan agitator antara 20 – 200 rpm, diambil 20 rpm [20, halaman 141]

Viskositas ditentukan dengan persamaan:

$\mu = 0{,}324 \times \rho^{0{,}5}$ [24, halaman 3-246]

$= 0{,}324 \times 0{,}9975^{0{,}5}$

$= 0{,}32 \text{ cp} = 2{,}18 \times 10^{-4}$ lb/ft.s

$$\text{Nre} = \frac{\text{Da}^2 \times \text{N} \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{2{,}67^2 \times \frac{20}{60} \times 62{,}27}{2{,}18 \times 10^{-4}}$$

$$= 678.771{,}56$$

Dari Geankoplis [20] halaman 147, persamaan 3.4-3 :

$\text{Np} = 215\ (\text{Nre})^{-0{,}955}$

$\text{Np} = 5{,}80 \times 10^{-4}$

Power untuk 1 buah pengaduk:

$$\text{P} = \frac{\text{Np} \times \rho \times \text{N}^3 \times \text{Da}^5}{\text{gc}}$$

$$= \frac{5{,}8 \times 10^{-4} \times 62{,}27 \times \left(\frac{20}{60}\right)^3 \times 2{,}67^5}{32{,}17}$$

$$= \frac{1.057{,}99}{550}$$

$$= 1{,}92 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80% [17, figure 14-38, halaman 521]

$$\text{Hp} = \frac{1{,}92}{0{,}8}$$

$$= 2{,}35 \text{ Hp}$$

Spesifikasi Alat:

Kapasitas	: 381,64 ft^3
Diameter	: 6,98 ft
Tinggi tangki total	: 13,21 ft
Tebal *shell*	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup atas	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: SA-240 grade A
Jumlah tangki	: 1 buah

Pengaduk

- Jenis : *Anchor paddle*
- Diameter : 2,79 ft
- Kecepatan pengadukan : 20 rpm
- Power : 3 Hp
- Jumlah pengaduk : 1 buah

11. Ayakan I (S-222)

Tipe : *Vibratory screen*

Dasar pemilihan : Cocok dan efisien untuk memisahkan padatan dalam liquid

Panjang = 2 m

Diameter atau lebar = 0,5 m

Nominal area (A) = 1 m^2

Laju alir masuk = 9266,66 kg/*batch*

Waktu tinggal = 5 menit

Kapasitas = 2647,62 kg/jam

Mencari densitas campuran minyak dan *blondho*:

x_1 = fraksi massa minyak dalam campuran

ρ_1 = densitas minyak

x_2 = fraksi massa *blondho* dalam campuran

ρ_2 = densitas *blondho*

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2}$$

$$= \frac{0,70}{0,8} + \frac{0,3}{1}$$

ρ_c = 0,85 kg/L

Mencari densitas campuran padatan, minyak dan *blondho*, serta air :

x_1 = fraksi massa padatan dalam campuran

ρ_1 = densitas padatan

x_2 = fraksi massa minyak dan blondho dalam campuran

ρ_2 = densitas minyak dan blondho

x_3 = fraksi massa air dalam campuran

ρ_3 = densitas air

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3}$$

$$= \frac{1{,}10 \times 10^{-4}}{1{,}01} + \frac{0{,}16}{0{,}85} + \frac{0{,}84}{0{,}995}$$

ρ_c = 0,97 kg/L

$$\text{Tinggi slurry pada } \textit{screen} \text{ per detik} = \frac{\text{volume campuran}}{A}$$

$$= \frac{\dfrac{0{,}74}{0{,}97 \times 10^3}\ \text{m}^3/\text{s}}{1\ \text{m}^2}$$

$$= 7{,}58 \times 10^{-4}\ \text{m/s}$$

Power *screen* → $P = 16.000 \times \frac{ms}{Dp}$ [18, halaman 315]

* ms = *solids feed rate* (kg/s) = 0,74 kg/s

Dp = *mesh size* (μm) = 150 mesh = $0{,}105 \times 10^3$ μm

$$P = 16.000 \times \frac{0{,}74}{0{,}105 \times 10^3}$$

$$= 112{,}76\ \text{kW}$$

<u>Spesifikasi Alat:</u>

Kapasitas	: 2647,62 kg/jam
Panjang	: 2 m
Diameter atau lebar	: 0,5 m
Sieve opening	: 170 mesh
Nominal wire diameter	: 0,064 mm
Power	: 112,76 kW

12. Tangki Penampung Filtrat II (TT-223)

Fungsi	: Untuk menampung filtrat II dari ayakan I
Kapasitas	= 9265,64 kg/*batch*
Waktu tinggal	= 10 menit
Kapasitas tangki	= 2647,33 kg/jam

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} = \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,83}{0,995}$$

$\rho_{campuran}$ = 0,9975 kg/L = 62,27 lb/ft^3

Volume liquid $= \dfrac{5836,28\ lb/jam}{62,27\ lb/ft^3} \times 1\ \text{jam} = 93,73\ ft^3$

Hs = 1,5 × ID

Volume tangki penampung = 1,2 × volume larutan

$1,2 \times 93,73\ ft^3 = \dfrac{\pi}{4} \times 1,5 \times ID^3 \times \left(\dfrac{1\ ft}{12\ in}\right)^3 + 2 \times 0,000049 \times D^3$

$112,48\ ft^3 = 6,81 \times 10^{-4} \times ID^3 + 9,8 \times 10^{-5} \times D^3$

$112,48\ ft^3 = 7,79 \times 10^{-4} \times ID^3$

ID = 52,46 in = 4,37 ft

Hs = 1,5 × ID

= 1,5 × 4,37

= 6,56 ft

Volume liquid dalam *dish* = $0,000049 \times ID^3$

= $0,000049 \times 4,37^3$

= $4,09 \times 10^{-3}\ ft^3$

Tinggi cairan dalam shell = $\dfrac{volume\ liquid - volume\ dish}{\frac{\pi}{4}.ID^2}$

$= \dfrac{93,73 - 4,09 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4}.4,37^2}$

= 6,25 ft

$P_{operasi} = P_{hidrostatis} = \dfrac{\rho \times H}{144}$

$= \dfrac{62,27 \times 6,25}{144}$

= 2,70 psig

P_{design} = 1,3 × $P_{operasi}$

= 1,3 × 2,70

= 3,51 psig

Bahan konstruksi Steel SA-240, Grade A

f = 16.250 psi [15, App. D halaman 342]

E = 0,8 [15, tabel 13.2]

C = corrosion allowance = $\frac{1}{8}$ in

Tebal *shell*:

$$ts = \frac{P \times ID}{2 \times (f \times E - 0{,}6 \times P)} + C$$

$$= \frac{3{,}51 \times 52{,}46}{2 \times (16.250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 3{,}51)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal *dish (dished head)*:

$$ts = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$= 52{,}46 + 2 \times \frac{3}{16}$$

$$= 52{,}84 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young [15] Tabel 5.7 diperoleh:

OD standar = 54 in

icr = $3^{1}/_{4}$ in

rc = 54 in

$$W = \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right)$$ [15, persamaan 7.76, halaman 138]

$$= \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{54}{3\frac{1}{4}}}\right)$$

$$= 1{,}77 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{52{,}46}{2}$$

$$= 26{,}23 \text{ in}$$

$AB = \frac{ID}{2} - icr$

$= \frac{52,46}{2} - 3\frac{1}{4}$

$= 22,98$ in

$BC = r - icr$

$= 54 - 3^1/_4$

$= 50,75$ in

$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$

$= 54 - \sqrt{(50,75)^2 - (22,98)^2}$

$= 8,75$

$td = \frac{P \times rc - W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$ [15, persamaan 7.77]

$= \frac{3,51 \times 54 - 1,77}{2 \times 16.250 \times 0,8 - 0,2 \times 3,51} + \frac{1}{8}$

$= 0,13 \approx \frac{3}{16}$ in

Tebal dish standar $= \frac{3}{16}$ in [15, tabel 5.7]

Dipilih panjang *straight-flange* (sf) = 2 in [15, tabel 5.8]

$OA = t + b + sf$

$= \frac{3}{16} + 8,75 + 2$

$= 10,94$ in $= 0,91$ ft

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi *shell* + (2 x tinggi *dish*)

= 6,56 + (2 × 0,91)

= 8,38 ft

13. Pompa II (J-311)

Fungsi : memompa filtrat II dari ayakan I menuju ke tangki penampung III

Tipe : *centrifugal pump*

Dasar pemilihan : cocok untuk memompa larutan encer

Perhitungan :

Kapasitas = 9265,64 kg/*batch*

ρ filtrat II = 0,97 kg/L = 970 kg/m^3 = 60,55 lb/ft^3

Laju volumetrik larutan $= \dfrac{9265{,}64 \text{ kg}/batch}{970 \text{ kg/m}^3}$

$= 9{,}55 \text{ m}^3/batch$

$= 337{,}24 \text{ ft}^3/batch$

Untuk faktor keamanan 20%:

$q_f = 1{,}2 \times 337{,}24 \text{ ft}^3/batch$

$= 404{,}69 \text{ ft}^3/batch$ (waktu operasi 10 menit)

$= 0{,}67 \text{ ft}^3/\text{s}$

$\mu = 0{,}324 \times \rho^{0,5}$ [24, halaman 3-246]

$= 0{,}32$ cp

$= 2{,}15 \cdot 10^{-4}$ lbm/ft.s

Asumsi: aliran turbulen

Di optimum $= 3{,}9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$ [17, halaman 496]

$= 3{,}9 \times 0{,}67^{0,45} \times 60{,}55^{0,13}$

$= 5{,}55$ in

Dipilih *steel pipe* (IPS) berukuran 6 in sch. 40 [20, App. A.5-1]:

OD = 6,625 in = 0,55 ft

ID = 6,065 in = 0,51 ft

A = 0,2006 ft^2

Kecepatan linear (v) $= \dfrac{q_f}{A}$

$= \dfrac{0{,}67}{0{,}2006}$

$= 3{,}34$ ft/s

$N_{Re} = \dfrac{\rho \times v \times ID}{\mu} = 479724{,}98 \rightarrow$ turbulen

Dengan persamaan Bernoulli [20, Pers. 2.7-28]

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + Ws = 0$$

Perhitungan ΣF:

1. *Sudden contraction losses* (h_c)

$$K_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

di mana: A_1 = luas penampang tangki

A_2 = luas penampang pipa

Karena A_1>>>A_2 maka (A_2/A_1) diabaikan.

K_c = 0,55 × (1-0) = 0,55

$$h_c = K_c \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

$$= 0{,}55 \times \left(\frac{3{,}34^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right)$$

= 0,09 ft.lb_f/lb_m

2. Friksi pada pipa lurus (F_t)

Digunakan pipa *commercial steel*, ε = 0,00015 ft

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}00015}{0{,}51} = 0{,}0003$$

Dari figure 2.10-3 Geankoplis ed. 3 [20], diperoleh f = 0,006

Diasumsikan: panjang pipa lurus (ΔL) = 15 ft

$$Ft = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 4 \times 0{,}006 \times \frac{15}{0{,}51} \times \frac{3{,}34^2}{2 \times 32{,}174}$$

= 0,12 ft.lb_f/lb_m

3. *Fitting* dan *valve* (h_f)

Digunakan: 3 buah elbow 90°

Dari Geankoplis [20], table 2.10-1: K_f = 3 × 0,75 = 2,25

$$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

$$= 2{,}25 \times \left(\frac{3{,}34^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right)$$

= 0,39 ft.lb_f/lb_m

$\Sigma F = 0{,}09 + 0{,}12 + 0{,}39 = 0{,}60$ ft.lb_f/lb_m

$\Delta Z = 5$ ft

$\Delta P = 0$

$v_1 = 0$ ft/s

$$-Ws = \frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F$$

$-Ws = 5{,}77$ ft.lb_f/lb_m

Power = 5,77 ft.$lb_f/lb_m \times 0{,}67$ $ft^3/s \times 60{,}55$ lb_m/ft^3

= 234,08 ft.lb_f/s

= 0,43 hp

Laju volumetrik larutan = 9,55 m^3/*batch* = 57,3 m^3/jam

Efisiensi pompa = 60% [17, fig 14-38]

$$\text{Power pompa} = \frac{0{,}43}{0{,}6} = 0{,}72 \text{ hp}$$

Efisiensi motor = 80% [17, fig 14-38]

$$\text{Power motor} = \frac{0{,}72}{0{,}8} = 0{,}9 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

Spesifikasi Alat:

Ukuran pipa	= 6 in sch. 40
Power motor	= 1 hp
Bahan konstruksi	= *stainless steel*
Jumlah	= 1 buah

14. Tangki Penampung III (TT-312)

Kapasitas	= 9265,64 kg/*batch*
Waktu tinggal	= 10 menit
Santan masuk	= 2647,33 kg/jam

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} = \frac{0{,}16}{0{,}85} + \frac{0{,}84}{0{,}995}$$

$\rho_{campuran}$ = 0,97 kg/L = 60,46 lb/ft^3

$$\text{Volume liquid} = \frac{5831{,}12\ lb/jam}{62{,}27\ lb/ft^3} \times 1 \text{ jam} = 93{,}64\ ft^3$$

Hs = 1,5 × ID

Volume tangki penampung = 1,2 × volume larutan

$1,2 \times 93,64\ ft^3 = \frac{\pi}{4} \times 1,5 \times ID^3 \times \left(\frac{1\ ft}{12\ in}\right)^3 + 2 \times 0,000049 \times D^3$

$112,37\ ft^3 = 6,81 \times 10^{-4} \times ID^3 + 9,8 \times 10^{-5} \times D^3$

$112,37\ ft^3 = 7,79 \times 10^{-4} \times ID^3$

ID = 52,45 in = 4,37 ft

Hs = 1,5 × ID

= 1,5 × 4,37

= 6,56 ft

Volume liquid dalam *dish* = $0,000049 \times ID^3$

= $0,000049 \times 4,37^3$

= $4,09 \times 10^{-3}\ ft^3$

Tinggi cairan dalam *shell* = $\dfrac{volume\ liquid - volume\ dish}{\frac{\pi}{4} \times ID^2}$

$= \dfrac{112,37 - 4,09x10^{-3}}{\frac{\pi}{4} \times 4,37^2}$

= 7,49 ft

$P_{operasi} = P_{hidrostatis} = \dfrac{\rho \times H}{144}$

$= \dfrac{62,27 \times 7,49}{144}$

= 3,24 psig

$P_{design} = 1,3 \times P_{operasi}$

= 1,3 × 3,24

= 4,21 psig

Bahan konstruksi *Steel* SA-240, *Grade* A

f = 16.250 psi [15, Appendix D halaman 342]

E = 0,8 [15, tabel 13.2]

C = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

Tebal *shell*:

$$ts = \frac{P \times ID}{2 \times (f \times E - 0,6 \times P)} + C$$

$$= \frac{4{,}21 \times 52{,}45}{2 \times (16.250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 4{,}21)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{in}$$

Tebal *dish (dished head)*:

$$ts = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$= 52{,}45 + 2 \times \frac{3}{16}$$

$$= 52{,}80 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young [15] Tabel 5.7 diperoleh:

OD standar = 54 in

icr = $3^1/_4$ in

rc = 54 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right)$$ [15, persamaan 7.76, halaman 138]

$$= \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{54}{3\frac{1}{4}}}\right)$$

$$= 1{,}77 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{52{,}45}{2}$$

$$= 26{,}23 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$

$$= \frac{52{,}45}{2} - 3\frac{1}{4}$$

$$= 22{,}98 \text{ in}$$

$$BC = r - icr$$

$$= 54 - 3^1/_4$$

$$= 50{,}75 \text{ in}$$

$$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 54 - \sqrt{(50,75)^2 - (22,98)^2}$$

$$= 8,75$$

$$td = \frac{P \times rc - W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$$ [15, persamaan 7.77]

$$= \frac{4,21 \times 54 - 1,77}{2 \times 16.250 \times 0,8 - 0,2 \times 4,21} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal *dish* standar = $\frac{3}{16}$ in [15, tabel 5.7]

Dipilih panjang *straight-flange* (sf) = 2 in [15, tabel 5.8]

OA= t + b + sf

$$= \frac{3}{16} + 8,75 + 2$$

= 10,94 in = 0,91 ft

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi *shell* + (2 × tinggi *dish*)

= 6,56 + (2 × 0,91)

= 8,38 ft

<u>Pengaduk</u>

Jenis pengaduk : *Six flat blade turbine*

Dasar pemilihan : Cocok untuk mengaduk santan kelapa

Dari Geankoplis [20], tabel 3.4-1, halaman 154 :

$$\frac{Da}{Dt} = 0,3 - 0,5$$

Da = 0,4 × 4,37

= 1,75 ft = 20,98 in

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$J = \frac{1}{12} \times 4,37$$

= 0,36 ft

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$C = \frac{1}{3} \times 4{,}37$$

$$= 1{,}46 \text{ ft}$$

di mana : Da = diameter pengaduk

Dt = diameter tangki

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk

J = lebar *baffle*

Kecepatan agitator antara 20 – 150 rpm, diambil 70 rpm [22, halaman 238]

Viskositas ditentukan dengan persamaan:

$\mu = 0{,}324 \times \rho^{0,5}$ [23, halaman 3-246]

$$= 0{,}324 \times 0{,}97^{0,5}$$

$$= 0{,}32 \text{ cp} = 2{,}18 \times 10^{-4} \text{ lb/ft.s}$$

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

$$= \frac{1{,}75^2 \times \frac{70}{60} \times 60{,}46}{2{,}18 \times 10^{-4}}$$

$$= 566.234{,}71$$

Dari gambar 3.4-4, Geankoplis [20], hal 155, diperoleh Np = 5

Jumlah impeller = sg × H/Dt

$$= \frac{\frac{60{,}46}{62{,}4} \times 8{,}38}{4{,}37}$$

$$= 1{,}85 \approx 2$$

Power untuk 1 buah pengaduk:

$$P = \frac{Np \times \rho \times N^3 \times Da^5}{gc}$$

$$= \frac{5 \times 60{,}46 \times \left(\frac{70}{60}\right)^3 \times 1{,}75^5}{32{,}17}$$

$$= \frac{244{,}92 \text{ ft.lb/s}}{550 \text{ Hp/ft.lb/s}}$$

$$= 0{,}45 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80% [17, figure 14-38, halaman 521]

$$Hp = \frac{0,45}{0,8}$$

$= 0,56$ Hp

Spesifikasi Alat:

Kapasitas	: 112,37 ft^3
Diameter	: 4,37 ft
Tinggi tangki total	: 8,38 ft
Tebal *shell*	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup atas	: $\frac{3}{16}$ in
Tebal tutup bawah	: $\frac{3}{16}$ in
Bahan konstruksi	: SA-240 grade A
Jumlah tangki	: 1 buah

Pengaduk

- Jenis : *Six flat blade turbin*
- Diameter : 1,75 ft
- Kecepatan pengadukan : 70 rpm
- Power : 1 Hp
- Jumlah pengaduk : 1 buah

15. *Screw Press* II (F-230)

Fungsi	: Untuk menekan *cake* kelapa parut yang mengandung santan hingga santan terpisah
Tipe	: *Screw extender* [18, halaman 242]
Dasar pemilihan	: Cocok untuk mengepres sekaligus menekan kelapa parut

Kapasitas	= 9.398,18 kg/*batch*
Waktu tinggal	= 5 menit
Jumlah bahan masuk	= 2685,19 kg/jam = 2,69 ton /jam
Range tekanan	= 500 – 20.000 lb/in^2 [24, tabel 8-56, halaman 8-64]

Untuk kelapa parut digunakan tekanan 500 lb/in^2

Power alat = 2 – 4 Kwh/ton

Power yang dibutuhkan = 2 x 2,69 ton/jam

= 5,38 Kwh = 7,23 Hp

Spesifikasi Alat:

Kapasitas : 2,69 ton /jam

Tekanan : 500 lb/in^2

Power : 8 HP

16. Ayakan II (S-233)

Kapasitas = 8223,41 kg/*batch*

Waktu tinggal = 5 menit

Kapasitas masuk = 2349,55 kg/jam

Mencari densitas campuran padatan, minyak dan *blondho*, serta air :

x_1 = fraksi massa padatan dalam campuran

ρ_1 = densitas padatan

x_2 = fraksi massa minyak dan *blondho* dalam campuran

ρ_2 = densitas minyak dan *blondho*

x_3 = fraksi massa air dalam campuran

ρ_3 = densitas air

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3}$$

$$= \frac{1,22 \times 10^{-4}}{1,01} + \frac{0,04}{0,85} + \frac{0,96}{0,995}$$

ρ_c = 0,99 kg/L

$$\text{Tinggi ayakan} = \frac{\text{volume campuran}}{A}$$

$$= \frac{\dfrac{0,65}{0,99 \times 10^3}\ m^3/s}{1\ m^2}$$

$$= 6,59 \times 10^{-4}\ m/s$$

$$P = 16.000 \times \frac{ms}{Dp}$$

$$= 16.000 \times \frac{0,65}{0,105 \times 10^3}$$

$$= 94,48\ kW$$

Spesifikasi Alat:

Kapasitas : 2349,55 kg/jam

Panjang : 2 m

Diameter atau lebar : 0,5 m

Sieve opening : 170 mesh

Nominal wire diameter : 0,064 mm

Power : 94,48 kW

17. Tangki Penampung Filtrat IV (TT-234)

Fungsi : Untuk menampung filtrat IV dari ayakan II

Kapasitas = 8223,41 kg/*batch*

Waktu tinggal = 10 menit

Kapasitas tangki = 2349,55 kg/jam

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} = \frac{0,17}{1,01} + \frac{0,83}{0,995}$$

$\rho_{campuran}$ = 0,9975 kg/L = 62,27 lb/ft^3

$$\text{Volume liquid} = \frac{5179,79\ lb/jam}{62,27\ lb/ft^3} \times 1 \text{ jam} = 83,18 \text{ ft}^3$$

Hs = 1,5 × ID

Volume tangki penampung = 1,2 × volume larutan

$$1,2 \times 83,18 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times 1,5 \times ID^3 \times \left(\frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}}\right)^3 + 2 \times 0,000049 \times D^3$$

$$99,82 \text{ ft}^3 = 6,81 \times 10^{-4} \times ID^3 + 9,8 \times 10^{-5} \times D^3$$

$$99,82 \text{ ft}^3 = 7,79 \times 10^{-4} \times ID^3$$

$$ID = 50,42 \text{ in} = 4,20 \text{ ft}$$

Hs = 1,5 × ID

= 1,5 × 4,20

= 6,30 ft

Volume liquid dalam *dish* = 0,000049 × ID^3

= 0,000049 × 4,20^3

= 3,63 × 10^{-3} ft^3

$$\text{Tinggi cairan dalam shell} = \frac{volume\ liquid - volume\ dish}{\frac{\pi}{4}.ID^2}$$

$$= \frac{83{,}18 - 3{,}63 \times 10^{-3}}{\frac{\pi}{4}.4{,}20^2}$$

$$= 6{,}00 \text{ ft}$$

$$P_{operasi} = P_{hidrostatis} = \frac{\rho \times H}{144}$$

$$= \frac{62{,}27 \times 6{,}00}{144}$$

$$= 2{,}59 \text{ psig}$$

$$P_{design} = 1{,}3 \times P_{operasi}$$

$$= 1{,}3 \times 2{,}59$$

$$= 3{,}37 \text{ psig}$$

Bahan konstruksi Steel SA-240, Grade A

f = 16.250 psi [15, App. D halaman 342]

E = 0,8 [15, tabel 13.2]

C = corrosion allowance = $\frac{1}{8}$ in

Tebal *shell*:

$$ts = \frac{P \times ID}{2 \times (f \times E - 0{,}6 \times P)} + C$$

$$= \frac{3{,}37 \times 50{,}42}{2 \times (16.250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 3{,}37)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal *dish (dished head)*:

$$ts = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$= 50{,}42 + 2 \times \frac{3}{16}$$

$$= 50{,}80 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young [15] Tabel 5.7 diperoleh:

OD standar = 54 in

icr = $3^1/_4$ in

rc = 54 in

$$W = \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right)$$ [15, persamaan 7.76, halaman 138]

$$= \frac{1}{4} x \left(3 + \sqrt{\frac{54}{3\frac{1}{4}}}\right)$$

= 1,77 in

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{50,42}{2}$$

= 25,21 in

$$AB = \frac{ID}{2} - icr$$

$$= \frac{50,42}{2} - 3\frac{1}{4}$$

= 21,96 in

BC = r – icr

= $54 - 3^1/_4$

= 50,75 in

$$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$$

$$= 54 - \sqrt{(50,75)^2 - (21,96)^2}$$

= 8,25

$$td = \frac{P \times rc - W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + C$$ [15, persamaan 7.77]

$$= \frac{3,37 \times 54 - 1,77}{2 \times 16.250 \times 0,8 - 0,2 \times 3,37} + \frac{1}{8}$$

$$= 0,13 \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal dish standar = $\frac{3}{16}$ in [15, tabel 5.7]

Dipilih panjang *straight-flange* (sf) = 2 in [15, tabel 5.8]

OA = t + b + sf

$= \frac{3}{16} + 8{,}25 + 2$

= 10,44 in = 0,87 ft

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi *shell* + (2 x tinggi *dish*)

= 6,30 + (2 × 0,87)

= 8,04 ft

18. Pompa I (J-224)

Fungsi: memompa filtrat IV dari ayakan II menuju ke tangki penampung I

Tipe: *centrifugal pump*

Dasar pemilihan: cocok untuk memompa larutan encer

Perhitungan:

Kapasitas = 8223,41 kg/*batch*

ρ filtrat II = 0,99 kg/L = 990 kg/m^3 = 61,80 lb/ft^3

Laju volumetrik larutan $= \frac{8223{,}41 \text{ kg/batch}}{990 \text{ kg/m}^3}$

= 8,31 m^3/*batch*

= 293,45 ft^3/*batch*

Untuk faktor keamanan 20%:

q_f = 1,2 × 293,45 ft^3/*batch*

= 352,14 ft^3/*batch* (waktu operasi 10 menit)

= 0,59 ft^3/s

μ = 0,324 × $\rho^{0,5}$ [24, halaman 3-246]

= 0,32 cp

= 2,15·10^{-4} lbm/ft.s

Asumsi: aliran turbulen

Di optimum = 3,9 × $q_f^{0,45}$ × $\rho^{0,13}$ [17, halaman 496]

= 3,9 × 0,59^{0,45} × 61,80^{0,13}

= 5,26 in

Dipilih steel pipe (IPS) berukuran 6 in sch. 40 [20, App. A.5-1]:

OD = 6,625 in = 0,55 ft

ID = 6,065 in = 0,51 ft

$A = 0{,}2006\ ft^2$

Kecepatan linear (v)= $\dfrac{q_f}{A}$

$= \dfrac{0{,}59}{0{,}2006}$

$= 2{,}94$ ft/s

$N_{Re} = \dfrac{\rho \times v \times ID}{\mu} = 369174{,}98 \rightarrow$ turbulen

Dengan persamaan Bernoulli: (Pers. 2.7-28 Geankoplis ed.3, 1997)

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^{\,2} - v_1^{\,2}\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + Ws = 0$$

Perhitungan ΣF:

1. *Sudden contraction losses* (h_c)

   $K_c = 0{,}55 \times \left(1 - \dfrac{A_2}{A_1}\right)$

   di mana: A_1 = luas penampang tangki

   A_2 = luas penampang pipa

   Karena $A_1 >>> A_2$ maka (A_2/A_1) diabaikan.

   $K_c = 0{,}55 \times (1\text{-}0) = 0{,}55$

   $h_c = K_c \times \left(\dfrac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$

   $= 0{,}55 \times \left(\dfrac{2{,}94^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right)$

   $= 0{,}07\ ft.lb_f/lb_m$

2. Friksi pada pipa lurus (F_t)

   Digunakan pipa *commercial steel*, $\varepsilon = 0{,}00015$ ft

   $\dfrac{\varepsilon}{D} = \dfrac{0{,}00015}{0{,}51} = 0{,}0003$

   Dari figure 2.10-3 Geankoplis [20], diperoleh f = 0,006

   Diasumsikan: panjang pipa lurus (ΔL) = 15 ft

$$Ft = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 4 \times 0{,}006 \times \frac{15}{0{,}51} \times \frac{2{,}94^2}{2 \times 32{,}174}$$

$= 0{,}09$ ft.lb_f/lb_m

3. *Fitting* dan *valve* (h_f)

Digunakan: 3 buah elbow 90°

Dari Geankoplis [20], tabel 2.10-1: $K_f = 3 \times 0{,}75 = 2{,}25$

$$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \right)$$

$$= 2{,}25 \times \left(\frac{2{,}94^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} \right)$$

$= 0{,}30$ ft.lb_f/lb_m

$\Sigma F = 0{,}07 + 0{,}09 + 0{,}30 = 0{,}46$ ft.lb_f/lb_m

$\Delta z = 5$ ft

$\Delta P = 0$

$v_1 = 0$ ft/s

$$-Ws = \frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$-Ws = 5{,}59$ ft.lb_f/lb_m

Power $= 5{,}59$ ft.$lb_f/lb_m \times 0{,}59$ $ft^3/s \times 61{,}80$ lb_m/ft^3

$= 203{,}82$ ft.lb_f/s

$= 0{,}37$ hp

Laju volumetrik larutan = 8,31 m^3/*batch* = 49,86 m^3/jam

Efisiensi pompa = 60% [17, fig 14-38]

Power pompa $= \frac{0{,}37}{0{,}6} = 0{,}62$ hp

Efisiensi motor = 80% [17, fig 14-38]

Power motor $= \frac{0{,}62}{0{,}8} = 0{,}78$ hp ≈ 1 hp

Spesifikasi Alat:

Ukuran pipa = 6 in sch. 40

Power motor = 1 hp

Bahan konstruksi = *stainless steel*

Jumlah = 1 buah

19. Pompa III (J-313)

Fungsi : memompa filtrat II dari tangki penampungan III menuju ke evaporator

Tipe : *centrifugal pump*

Dasar pemilihan : cocok untuk memompa larutan encer

Perhitungan:

Kapasitas = 9265,64 kg/*batch*

ρ filtrat II = 0,97 kg/L = 970 kg/m^3 = 60,55 lb/ft^3

Laju volumetrik larutan $= \dfrac{9265{,}64 \text{ kg/batch}}{970 \text{ kg/m}^3}$

= 9,55 m^3/*batch*

= 337,24 ft^3/batch

Untuk faktor keamanan 20%:

q_f = 1,2 × 337,24 ft^3/batch

= 404,69 ft^3/batch (waktu operasi 10 menit)

= 0,67 ft^3/s

μ = 0,324 × $\rho^{0,5}$ [24, halaman 3-246]

= 0,32 cp

= 2,15·10^{-4} lbm/ft.s

Asumsi: aliran turbulen

Di optimum = 3,9 × $q_f^{0,45}$ × $\rho^{0,13}$ [17, halaman 496]

= 3,9 × 0,67^{0,45} × 60,55^{0,13}

= 5,55 in

Dipilih steel pipe (IPS) berukuran 6 in sch. 40 [20, App. A.5-1]:

OD = 6,625 in = 0,55 ft

ID = 6,065 in = 0,51 ft

A = 0,2006 ft^2

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

$= \frac{0,67}{0,2006}$

$= 3,34$ ft/s

$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = 479724,98$ → turbulen

Dengan persamaan Bernoulli: [20, Pers. 2.7-28]

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + Ws = 0$$

Perhitungan ΣF:

1. *Sudden contraction losses* (h_c)

   $K_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$

   di mana: A_1 = luas penampang tangki

   A_2 = luas penampang pipa

   Karena $A_1 >>> A_2$ maka (A_2/A_1) diabaikan.

   $K_c = 0,55 \times (1-0) = 0,55$

   $h_c = K_c \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$

   $= 0,55 \times \left(\frac{3,34^2}{2 \times 1 \times 32,174}\right)$

   $= 0,09$ ft.lb_f/lb_m

2. Friksi pada pipa lurus (F_t)

   Digunakan pipa *commercial steel*, ε = 0,00015 ft

   $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,00015}{0,51} = 0,0003$

   Dari figure 2.10-3 Geankoplis [20], diperoleh f = 0,006

   Diasumsikan: panjang pipa lurus (ΔL) = 30 ft

   $Ft = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c}$

   $= 4 \times 0,006 \times \frac{30}{0,51} \times \frac{3,34^2}{2 \times 32,174}$

$= 0{,}24\ ft.lb_f/lb_m$

3. Fitting dan valve (h_f)

   Digunakan: 3 buah elbow 90° dan 1 buah *gate valve wide open*

   Dari Geankoplis [20], table 2.10-1: $K_f = 3 \times 0{,}75 + 1 \times 0{,}17 = 2{,}42$

$$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \right)$$

$$= 2{,}42 \times \left(\frac{3{,}34^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} \right)$$

$$= 0{,}42\ ft.lb_f/lb_m$$

$\Sigma F = 0{,}09 + 0{,}24 + 0{,}42 = 0{,}75\ ft.lb_f/lb_m$

$\Delta Z = 27\ ft$

$\Delta P = 0$

$v_1 = 0\ ft/s$

$$-Ws = \frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$-Ws = 27{,}92\ ft.lb_f/lb_m$

Power $= 27{,}92\ ft.lb_f/lb_m \times 0{,}67\ ft^3/s \times 60{,}55\ lb_m/ft^3$

$= 1132{,}67\ ft.lb_f/s$

$= 2{,}06\ hp$

Laju volumetrik larutan $= 9{,}55\ m^3/batch = 57{,}3\ m^3/jam$

Efisiensi pompa = 60% (Peter & Timmerhaus, 4th ed, fig 14-38)

$$\text{Power pompa} = \frac{2{,}06}{0{,}6} = 3{,}43\ hp$$

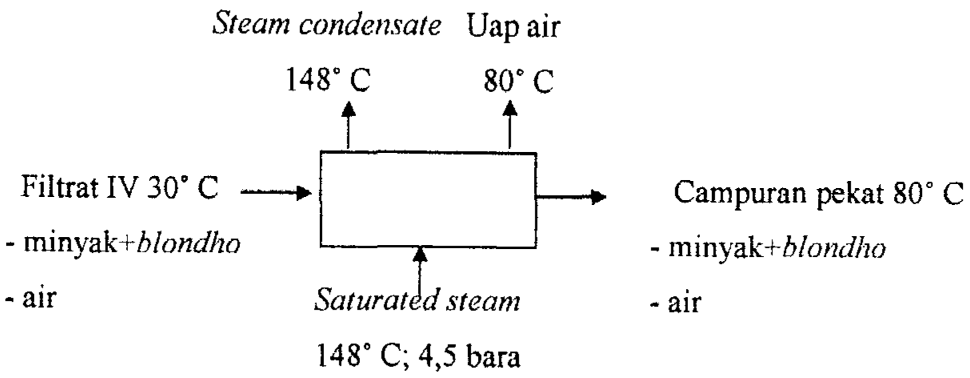
Efisiensi motor = 80% (Peter & Timmerhaus, 4th ed, fig 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{3{,}43}{0{,}8} = 4{,}3\ hp \approx 4{,}5\ hp$$

Spesifikasi alat:

Ukuran pipa	= 6 in sch. 40
Power motor	= 4,5 hp
Bahan konstruksi	= *stainless steel*
Jumlah	= 1 buah

20. Evaporator (FE-310)



Fungsi : Untuk menguapkan air dari filtrat hingga didapatkan campuran pekat pada 80°C

Tipe : *Vertical long tube evaporator*

Dasar pemilihan : Cocok untuk menguapkan kandungan air hingga 50%

Data dan perhitungan:

Kapasitas : 9265,64 kg/batch

Waktu tinggal : 10 menit

Kapasitas evaporator : 2647,33 kg/jam

<u>Steam pemanas</u>

Entalpi yang harus ditambahkan steam = $H_{steam\ in}$ - $H_{steam\ out}$

= 27.241.899,06 – 8.011.177,58

= 19.230.721,48 kj/*batch*

= 5.494.491,85 kj/jam

= 5.207.752,97 Btu/jam

Suhu bahan mula-mula = 30°C = 86°F

Suhu bahan keluar = 80°C = 176 °F

Suhu *steam* = 148°C = 298,4 °F

$$A = \frac{Q}{U(T_s - T)}$$ [22, halaman 470]

dengan:
- A : Luas perpindahan panas, ft^2
- Q : Panas yang ditransfer oleh *steam*, Btu/jam = 5.207.752,97 Btu/jam
- T_s : Temperatur *steam*, °F = 298,4°F
- T : Temperatur *feed*, °F = 86°F

- U : *Overall coefficient heat transfer* = 200 Btu/h.ft^2.^{o}F [17, halaman 601]

$$A = \frac{5.207.752,97}{200(298,4-86)}$$

$= 122,59$ ft^2

Dari Kern [27] halaman 404 didapatkan:

Diameter *tube* (OD) = $1^1/_4 - 2$ in

Panjang *tube* (L) = 12-24 ft

Diambil diameter *tube* = 1,32 in dan panjang *tube* = 12 ft.

Dari tabel 11 halaman 844, Kern [27] didapatkan:

Ukuran pipa nominal, IPS = 1 in, sch 40, ID = 1,049 in

$a_t = 0,344$ ft^2/ft

A = Nt.a_t.L

Nt = 29,69 ~ 30 buah

Dari tabel 4-7 halaman 94, Ulrich [18]:

Diameter evaporator = 4 m = 13,12 ft

Tinggi evaporator = 8 m = 26,25 ft

ρ_{camp} = 0,97 kg/L = 60,46 lb/ft^3

Tekanan hidrostatik maksimal $= \dfrac{\rho \times H}{144}$

$= \dfrac{60,46 \times 26,25}{144}$

= 11,02 lb/in^2

Tekanan desain (P) = 1,2 x 11,02 = 13,23 lb/in^2

Menghitung tebal *shell*

Untuk *shell*, tutup bagian bawah dan tutup bagian atas dipilih bahan konstruksi *carbon steel* SA-240 *grade* A [15, Appendix D item 4]

F = 13400 psia

E = 0,85 (*single welded but joint*)

C = 1/8 in = 0,125 in

ri = 6,5615 ft = 78,738 in

Tebal *shell*

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

$$ts = \frac{13{,}23.78{,}738}{13400.0{,}85 - 0{,}6.13{,}23} + \frac{1}{8} \text{ in}$$

ts $= 0{,}22 = 5/16$ in

Menghitung tebal *head (dished head)*

Tebal *dished* $= \frac{0{,}885.P.Rc}{f.E - 0{,}1P} + C$ [15, persamaan 13-12]

di mana Rc = ID = 13,123 ft = 157,476 in

$$t = \frac{0{,}885.13{,}23.157{,}476}{13400.0{,}85 - 0{,}1.13{,}23} + 0{,}125$$

$= 0{,}29$ in ~5/16 in

Dari tabel 5.6 Brownell [15], untuk tebal *dished* = 5/16 in, sf = 1,5 – 3 in, icr = $1^5/_{16}$ in = 21/16 in

Diambil sf = 2 ½ in = 0,0635 m

BC = r – icr [15, halaman 87]

= 78,738 – 21/16 in

= 77,4255 in = 6,4521 ft = 1,97 m

a = ID/2 = 157,476/2

= 78,738 in = 6,56 ft = 2,00 m

AB = a – icr = 2,00 – 1,3125 = 0,69 m

b $= r - \sqrt{BC^2 - AB^2}$

$= 2 - \sqrt{1{,}97^2 - 0{,}69^2}$

= 0,15 m

OA = t + b + sf = $7{,}37 \times 10^{-3} + 0{,}15 + 0{,}0635 = 0{,}22$ m

OD = ID + 2.t = $4 + 2.7{,}37 \times 10^{-3} = 4{,}02$ m

Spesifikasi Alat:

Fungsi	: Untuk menguapkan air dari filtrat hingga didapatkan campuran pekat pada 80°C
Tipe	: *Vertical long tube evaporator*
Kapasitas	: 2647,33 kg/jam
Tebal *shell*	: 5/16 in
Tebal *dish*	: 5/16 in
Tinggi total	: 8 m = 26,25 ft

Diameter : 4 m = 13,12 ft

Luas perpindahan panas : 122,59 ft^2

Jumlah *tube* : 30 buah

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Jumlah : 1 buah

21. *Barometic Condenser*

Fungsi : Mengembunkan uap dari evaporator

Tipe : *Counter Current Condenser*

Dasar pemilihan : Operasinya mudah

Perhitungan:

Laju massa uap masuk = 12.847,24 kg/*batch* = 8156,98 lb/jam

Suhu uap masuk = 64,4°C = 148°F

Suhu air pendingin = 30°C = 86°F

Catatan [24, hal 211]:

Noncondensable gas tidak melebihi 1% dari total uap air yang akan dikondensasi. Jadi laju uap yang akan dikondensasi = 0,99 × 8156,98 lb/jam = 8075,41 lb/jam.

Noncondensable gas = 8156,98 – 8075,41 = 81,57 lb/jam

Temperatur uap jenuh pada 4,5 bara = 148°C = 298,4°F

Terminal difference = 5 °F

Temperatur air keluar *barometric condenser* = 298,4 – 5 = 293,4 °F

Temperatur air masuk = 86 °F

Kenaikan suhu air = 293,4 – 86 = 207,4°F

Temperatur udara (*noncondensable gas*) meninggalkan *barometric condenser* = 86 + 5 = 91°F

Dari Perry [24] halaman 211, persamaan 6.8:

Gpm air pendingin yang dibutuhkan:

$$Gpm = \frac{Ws \, x \, L}{Tw \, x \, 500}$$

di mana : Ws = jumlah uap yang dikondensasi (lb)

L = panas laten penguapan pada T_{sat} = 148°C = 2.120,448 kJ/kg = 4466,20 Btu/lb

$$Gpm = \frac{8075{,}41 x 4466{,}20}{207{,}4 x 500} = 347{,}80$$

Tinggi *barometric condenser*

Pa = tekanan pada permukaan liquid dalam kaki barometer

Pb = tekanan pada permukaan liquid

Ph = tekanan hidrostatik

Pa = Pb

Ph + Pa = Pb

$\rho_{air}.h_{air}.g + 45 = 101,325$

$h_{air} = (101,325-45)/1.9,80665 = 5,74$ m

Pada keadaan ideal : Pa = 0

Spesifikasi Alat:

Kapasitas	: 8075,41 lb/jam
Laju air pendingin	: 347,80 Gpm
Tinggi *barometric*	: 5,74 m

22. *Hot Well*

Fungsi	: Untuk menampung kondensasi dari *barometric condenser*
Laju massa	: 8075,41 lb/jam = 3662,32 kg/jam
Waktu tinggal	: 10 menit
Kapasitas	: 510,39 kg
ρ_{air}	= 1000 kg/m^3
Volume air	= 510,39 kg / 1000 kg/m^3 = 0,51 m^3
Volume air	= 80% volume *hot well*
Volume *hot well*	= 0,51/0,8 = 0,64 $m^3 \approx 1$ m^3
Bentuk	: persegi
Ukuran	: panjang = 1 m ; lebar = 1 m ; tinggi = 1 m

Spesifikasi Alat:

Fungsi	: Untuk menampung kondensasi dari *barometric condensor*
Volume	: 1 m^3
Bentuk	: persegi
Ukuran	: panjang = 1 m ; lebar = 1 m ; tinggi = 1 m

23. *Steam Jet Ejector*

Fungsi : Untuk memvakumkan evaporator

Tipe : *Single stage steam ejector*

Dasar pemilihan : kondisi vakum cukup besar

Perhitungan:

Tekanan masuk *ejector* = P operasi = 4,5 bara

Uap yang masuk = *noncondensable gas* = 81,57 lb/jam

Kebutuhan steam = 1,5 lb/lb gas [24, halaman 2-215]

Jadi, kebutuhan steam = 1,5 x 81,57 = 122,36 lb/jam

Konsumsi air = 0,06.Ws = 0,06 × 8075,41 = 484,53 gpm [24, halaman 3-232]

Spesifikasi Alat:

Fungsi : Untuk memvakumkan evaporator

Tipe : *Single stage steam ejector*

Laju steam : 122,36 lb/jam

Air pendingin : 484,53gpm

24. Pompa IV (J-321)

Fungsi : memompa filtrat II dari evaporator menuju ke *plate heat exchanger*

Tipe : *centrifugal pump*

Dasar pemilihan : cocok untuk memompa larutan encer

Perhitungan:

Kapasitas = 3194,16 kg/*batch*

ρ filtrat II = 0,92 kg/L = 920 kg/m^3 = 57,43 lb/ft^3

Laju volumetrik larutan $= \dfrac{3194{,}16 \text{ kg/batch}}{920 \text{ kg/m}^3}$

= 3,47 m^3/*batch*

= 122,54 ft^3/*batch*

Untuk faktor keamanan 20%:

q_f = 1,2 × 122,54 ft^3/*batch*

= 147,05 ft^3/*batch* (waktu operasi 10 menit)

= 0,25 ft^3/s

μ = 0,324 × $\rho^{0,5}$ [24, halaman 3-246]

= 0,31 cp

= 2,08·10^{-4} lbm/ft.s

Asumsi: aliran turbulen

Di optimum = 3,9 × $q_f^{0,45}$ × $\rho^{0,13}$ [17, halaman 496)

= 3,9 × $0,25^{0,45}$ × $57,43^{0,13}$

= 3,54 in

Dipilih steel pipe (IPS) berukuran 4 in sch. 40 [20, App. A.5-1]:

OD = 4,5 in = 0,38 ft

ID = 4,026 in = 0,34 ft

A = 0,0884 ft^2

$$\text{Kecepatan linear (v)} = \frac{q_f}{A} = \frac{0,25}{0,0884} = 2,83 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = 265668,97 \rightarrow \text{turbulen}$$

Dengan persamaan Bernoulli [20, Pers. 2.7-28]:

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^{\,2} - v_1^{\,2}\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + Ws = 0$$

Perhitungan ΣF:

1. *Sudden contraction losses* (h_c)

$$K_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

di mana: A_1 = luas penampang tangki

A_2 = luas penampang pipa

Karena $A_1 >>> A_2$ maka (A_2/A_1) diabaikan.

K_c = 0,55 × (1-0) = 0,55

$$h_c = K_c \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

$$= 0,55 \times \left(\frac{2,83^2}{2 \times 1 \times 32,174}\right) = 0,07 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

2. Friksi pada pipa lurus (F_t)

Digunakan pipa *commercial steel*, ε = 0,00015 ft

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,00015}{0,34} = 0,0004$$

Dari figure 2.10-3 Geankoplis ed. 3 [20], diperoleh f = 0,0075

Diasumsikan: panjang pipa lurus (ΔL) = 8 ft

$$Ft = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 4 \times 0,0075 \times \frac{8}{0,34} \times \frac{2,83^2}{2 \times 32,174}$$

$= 0,09$ ft.lb_f/lb_m

3. *Fitting* dan *valve* (h_f)

Digunakan: 3 buah elbow 90°

Dari Geankoplis [20], table 2.10-1: $K_f = 3 \times 0,75 = 2,25$

$$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \right)$$

$$= 2,25 \times \left(\frac{2,83^2}{2 \times 1 \times 32,174} \right)$$

$= 0,28$ ft.lb_f/lb_m

4. *Sudden enlargement losses* (h_{ex})

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

di mana: A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

Karena A_2>>>A_1 maka (A_1/A_2) diabaikan.

$K_{ex} = 1$

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v_1^2}{2\alpha}$$

$$= 1 \times \frac{2,83^2}{2 \times 32,174}$$

$= 0,12$ ft.lb_f/lb_m

$\Sigma F = 0,07 + 0,09 + 0,28 + 0,12 = 0,56$ ft.lb_f/lb_m

$\Delta z = 1$ ft

$\Delta P = 0$

$v_1 = 0$ ft/s

$$-Ws = \frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F$$

$-Ws = 1{,}68$ ft.lb$_f$/lb$_m$

Power $= 1{,}68$ ft.lb$_f$/lb$_m$ $\times$ 0,25 ft^3/s $\times$ 57,43 lb$_m$/ft^3

= 24,12 ft.lb$_f$/s

= 0,04 hp

Laju volumetrik larutan = 3,47 m^3/*batch* = 20,82 m^3/jam

Efisiensi pompa = 50% [17, fig 14-38]

$$\text{Power pompa} = \frac{0{,}04}{0{,}5} = 0{,}62 \text{ hp}$$

Efisiensi motor = 80% [17, fig 14-38]

$$\text{Power motor} = \frac{0{,}62}{0{,}8} = 0{,}78 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

Spesifikasi Alat:

Ukuran pipa	= 6 in sch. 40
Power motor	= 1 hp
Bahan konstruksi	= *stainless steel*
Jumlah	= 1 buah

25. *Plate Heat Exchanger* (E-320)

Fungsi	: Mendinginkan campuran dari 80°C – 10°C
Tipe	: *Plate Heat Exchanger, countercurrent flow*
Waktu operasi	: 10 menit
Massa liquid (M)	: 3.194,16 kg/*batch* = 912,62 kg/jam = 0,25 kg/s
Cp liquid	: 4,0887 kJ/kg.K
Massa pendingin (m)	: 13.962,90 kg/*batch* = 3989,4 kg/jam = 1,11 kg/s
Cp pendingin	: (2,9820 + 3,0532)/2 = 3,0176 kJ/kg.K
Suhu liquid masuk (T_1)	: 80°C
Suhu liquid keluar (T_2)	: 10°C
Suhu pendingin masuk (t_1)	: -10°C

Suhu pendingin keluar (t_2) : 10°C

1. Neraca panas

$Qh = M . Cp. (T_2 - T_1) = 0{,}25$ kg/s. 4,0887 kJ/kg.K .(80-10) K

$= 71{,}55$ kJ = 71.550 J

$Qc = m . Cp. (t_2 - t_1) = 1{,}11$ kg/s. 3,0176 kJ/kg.K . (10-(-10))K

$= 66{,}99$ kJ = 66.990 J

2. $$\Delta t_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln((T_1 - t_2)/(T_2 - t_1))}$$

$$= \frac{(80 - 10) - (10 - (-10))}{\ln((80 - 10)/(10 - (-10)))} = 59{,}01 \text{ K}$$

3. $Rd_{total} = 0{,}00003 + 0{,}003 = 0{,}00303$

$Rd_{total} = 1/Ud - 1/Uc$

$$Ud = \frac{1}{Rd_{total} - 1/Uc}$$

trial Uc = 1.700 W/m²K [28, tabel 9.13, halaman 415]

$$Ud = \frac{1}{0{,}00303 - 1/1.700}$$

$= 409{,}54$ W/m²K

4. $$A = \frac{Q}{Ud . \Delta t_{LMTD}}$$

$$= \frac{69.270 \text{ J}}{409{,}54 \text{ W/m}^2\text{K} . 59{,}01 \text{ K}} = 2{,}87 \text{ m}^2$$

5. Berdasarkan Coulson & Richardson [28] dipilih plat jenis HF dengan *Projected Area* = Ap = 0,36 m2 dan *Developed Area* = Ad = 0,43 m²

HPCD = 0,18 m

VPCD = 0,72 m

$\varphi = Ad / Ap = 0{,}43 / 0{,}36 = 1{,}1944$

Jumlah plat untuk perpindahan panas (n):

n = A / Ad = 2,87 / 0,43 = 6,67 buah

Ud = 1.463.510_ / (85 . 0,43 . 68) = 588,84 W/m²K

$n = n_{ch} + n_{cc} - 1$

dengan n_{ch} = jumlah *channel* untuk fluida panas

n_{cc} = jumlah *channel* untuk fluida dingin

$n_{ch} + n_{cc} = n + 1 = 141 + 1 = 142 \rightarrow n_{ch} = n_{cc} = 71$ buah

6. Spesifikasi dari plat

   W = HPCD + D + 0,015 = 0,18 + 0,075 + 0,015 = 0,27 m

   Ap = 0,36 m^2 = L . W

   L = 0,36 / 0,27 = 1,33 m

   Pitch/plat = 0,0032

   b = PT - δ = 0,0032 – 0,0005 = 0,0027 m

   Luas penampang aliran fluida dalam *channel* = Sc = W . b

   = 0,27 . 0,0027

   = 0,000729 m^2

   De = 2.b / φ = 2 . 0,0027 / 1,1944 = 0,0045 m

Liquid	Pendingin
7. G = M / Nc . Sc = 5,32 / (71 . 0,000729) = 102,78 kg/m^2s Nre = De. G / μ = 0,0045 . 102,78 / 3,2 .10^{-4} = 1.445,34	7. G = m / Nc . Sc = 23,27 / (71 . 0,000729) = 449,58 kg/m^2s Nre = De. G / μ = 0,0045 . 449,58 / 2,59 . 10^{-4} = 7.811,24
8. Npr = Cp . μ / k = 4088,7 . 3,2 .10^{-4} / 0,538 = 2,43	8. Npr = Cp . μ / k = 3.017,6 . 2,59 .10^{-4} / 0,265 = 2,95
9. hh = 0,2 . $Nre^{0,4}$. $Npr^{0,4}$. $(\mu/\mu w)^{0,1}$. k/de = 0,2 . $1.445,34^{0,4}$. $2,43^{0,4}$ $1^{0,1}$. 0,538/0,0045 = 626,37	9. hc = 0,2 . $Nre^{0,4}$. $Npr^{0,4}$.$(\mu/\mu w)^{0,1}$. k/de = 0,2 . $7.811,24^{0,4}$. $2,95^{0,4}$ $1^{0,1}$. 0,265/0,0045 = 654,76

10. Uc = $(1/hh + \delta/k + 1/hc)^{-1}$

    = $(1/626,37 + 0,0005/16,3 + 1/654,76)^{-1}$ = 626,35 W/m^2K

11. Ud = 588,84 W/m^2K

12. Rd_{total} = 1/Ud – 1/Uc

    = 1/588,84 – 1/626,35

    = 0,0001

Evaluasi ΔP

Liquid	Pendingin
1. Nre = 1.445,34	1. Nre = 7.811,24
2. $f = 2{,}5/Nre^{0,3}$ $= 2{,}5/1.445{,}34^{0,3}$ = 0,28	2. $f = 2{,}5/Nre^{0,3}$ $= 2{,}5/7.811{,}24^{0,3}$ = 0,17
3. $\Delta Pc = 2 . f. G^2 . L / \rho . De$ $= 2.0{,}28.102{,}78^2.1{,}33 / 850.0{,}0045$ = 2 ,06 psi	3. $\Delta Pc = 2 . f. G^2 . L / \rho . De$ $=2.0{,}17. 449{,}58^2.1{,}33 / 1100.0{,}0045$ = 3,75 psi
4. $G' = M / (\Pi/4) . Dp^2$ $= 5{,}32 / (\Pi/4) . 0{,}075^2$ $= 1.204{,}2\ kg/m^2s$	4. $G' = M / (\Pi/4) . Dp^2$ $= 23{,}27 / (\Pi/4) . 0{,}075^2$ $= 5.267{,}25\ kg/m^2s$
5. $Nre = Dp . G' / \mu$ $= 0{,}075 . 1.204{,}2 / 3{,}2 .10^{-4}$ = 282.234,38	5. $Nre = Dp . G' / \mu$ $= 0{,}075 . 5.267{,}25 / 2{,}59.10^{-4}$ = 1.525.265,44
6. $f = 2{,}5/Nre^{0,3}$ $= 2{,}5/282.234{,}38^{0,3}$ = 0,06	6. $f = 2{,}5/Nre^{0,3}$ $= 2{,}5/1.525.265{,}44^{0,3}$ = 0,04
7. $\Delta Pp = 2.f.G'^2.PT / \rho.De$ $= 2.0{,}06. 1.204{,}2^2 . 0{,}0032 / 850.0{,}0045$ = 5,67 psi	7. $\Delta Pp = 2.f.G'^2.PT / \rho.De$ $= 2.0{,}04. 5.267{,}25^2 . 0{,}0032 / 1100.0{,}0045$ = 6,23 psi
8. $\Delta Pt = \Delta Pc + \Delta Pp$ = 7,73 psi	8. $\Delta Pt = \Delta Pc + \Delta Pp$ = 9,98 psi

<u>Spesifikasi Alat:</u>

Tipe : *Plate Heat Exchanger*

Dimensi plat

Jumlah : 142 buah

Tebal plat : 0,0027 m

Lebar plat : 0,27 m

Tipe plat : HF

Tinggi plat : 1,33 m

ΔP liquid : 7,73 psi

ΔP pendingin : 9,98 psi

26. Pompa V (J-411)

Fungsi : memompa filtrat II dari *plate heat exchanger* menuju ke *centrifuge* I

Tipe : *centrifugal pump*

Dasar pemilihan : cocok untuk memompa larutan encer

Perhitungan:

Kapasitas = 3194,16 kg/batch

ρ filtrat II = 0,92 kg/L = 920 kg/m^3 = 57,43 lb/ft^3

$$\text{Laju volumetrik larutan} = \frac{3194{,}16 \text{ kg/batch}}{920 \text{ kg/m}^3}$$

= 3,47 m^3/*batch*

= 122,54 ft^3/*batch*

Untuk faktor keamanan 20%:

q_f = 1,2 × 122,54 ft^3/*batch*

= 147,05 ft^3/*batch* (waktu operasi 10 menit)

= 0,25 ft^3/s

$\mu = 0{,}324 \times \rho^{0,5}$ [24, halaman 3-246]

= 0,31 cp

= $2{,}08 \cdot 10^{-4}$ lbm/ft.s

Asumsi: aliran turbulen

Di optimum = $3{,}9 \times q_f^{0,45} \times \rho^{0,13}$ [17, halaman 496]

= $3{,}9 \times 0{,}25^{0,45} \times 57{,}43^{0,13}$

= 3,54 in

Dipilih steel pipe (IPS) berukuran 4 in sch. 40 [20, App. A.5-1]:

OD = 4,5 in = 0,38 ft

ID = 4,026 in = 0,34 ft

A = 0,0884 ft^2

$$\text{Kecepatan linear (v)} = \frac{q_f}{A} = \frac{0{,}25}{0{,}0884} = 2{,}83 \text{ ft/s}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = 265668{,}97 \rightarrow \text{turbulen}$$

Dengan persamaan Bernoulli [20, Pers. 2.7-28]:

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + Ws = 0$$

Perhitungan ΣF:

1. *Sudden contraction losses* (h_c)

$$K_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

di mana: A_1 = luas penampang tangki

A_2 = luas penampang pipa

Karena $A_1 >>> A_2$ maka (A_2/A_1) diabaikan.

$$K_c = 0{,}55 \times (1-0) = 0{,}55$$

$$h_c = K_c \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right) = 0{,}55 \times \left(\frac{2{,}83^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right) = 0{,}07 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

2. Friksi pada pipa lurus (F_t)

Digunakan pipa *commercial steel*, ε = 0,00015 ft

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}00015}{0{,}34} = 0{,}0004$$

Dari figure 2.10-3 Geankoplis ed. 3 [20], diperoleh f = 0,0075

Diasumsikan: panjang pipa lurus (ΔL) = 8 ft

$$Ft = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c} = 4 \times 0{,}0075 \times \frac{8}{0{,}34} \times \frac{2{,}83^2}{2 \times 32{,}174} = 0{,}09 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

3. *Fitting* dan *valve* (h_f)

   Digunakan: 3 buah elbow 90°

   Dari Geankoplis [20], tabel 2.10-1: $K_f = 3 \times 0{,}75 = 2{,}25$

   $$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

   $$= 2{,}25 \times \left(\frac{2{,}83^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right)$$

   $$= 0{,}28 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

4. *Sudden enlargement losses* (h_{ex})

   $$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

   di mana: A_1 = luas penampang pipa

   A_2 = luas penampang tangki

   Karena $A_2 >>> A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan.

   $K_{ex} = 1$

   $$h_{ex} = K_{ex} \frac{v_1^2}{2\alpha}$$

   $$= 1 \times \frac{2{,}83^2}{2 \times 32{,}174}$$

   $$= 0{,}12 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

$\Sigma F = 0{,}07 + 0{,}09 + 0{,}28 + 0{,}12 = 0{,}56$ ft.lb$_f$/lb$_m$

$\Delta z = 1$ ft

$\Delta P = 0$

$v_1 = 0$ ft/s

$$-Ws = \frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^2 - v_1^2\right) + \frac{g}{gc} \times (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$-Ws = 1{,}68$ ft.lb$_f$/lb$_m$

Power $= 1{,}68 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m \times 0{,}25 \text{ ft}^3/\text{s} \times 57{,}43 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$

$= 24{,}12$ ft.lb$_f$/s

$= 0{,}04$ hp

Laju volumetrik larutan $= 3{,}47$ m^3/*batch* $= 20{,}82$ m^3/jam

Efisiensi pompa = 50% [17, fig 14-38]

$$\text{Power pompa} = \frac{0{,}04}{0{,}5} = 0{,}62 \text{ hp}$$

Efisiensi motor = 80% [17, fig 14-38]

$$\text{Power motor} = \frac{0{,}62}{0{,}8} = 0{,}78 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp}$$

Spesifikasi Alat:

Ukuran pipa = 4 in sch. 40

Power motor = 1 hp

Bahan konstruksi = *stainless steel*

Jumlah = 1 buah

27. *Centrifugal Separator* I (FF-410)

Tipe : Tubular

Kapasitas : 912,62 kg/jam

ρ campuran masuk → $\frac{1}{\rho_c} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3}$

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{0{,}32}{0{,}8} + \frac{0{,}14}{1} + \frac{0{,}54}{0{,}995}$$

ρ_c = 0,91 kg/L

1 tubular *centrifuge* = 1 gal/menit

Larutan yang masuk $= \frac{912{,}62}{0{,}91}$

= 1002,88 L/hari

= 0,18 gal/menit

Jumlah *centrifuge* = 1 buah

Diameter = $4^1/_4$ in

Kecepatan = 15.000 r/min

Typical motor size = 3 HP

Maximum centrifugal force = 13.600/gravitasi

Spesifikasi Alat:

Kapasitas : 0,18 gal/menit

Tipe : tubular

Kecepatan : 15.000 r/min

Power : 3 Hp

Jumlah : 1

28. Pompa VI (J-421)

Fungsi : memompa filtrat II dari centrifuge I menuju ke centrifuge II

Tipe : *centrifugal pump*

Dasar pemilihan : cocok untuk memompa larutan encer

Perhitungan:

Kapasitas = 2337,06 kg/*batch*

ρ filtrat II = 0,98 kg/L = 980 kg/m^3 = 61,18 lb/ft^3

$$\text{Laju volumetrik larutan} = \frac{2337{,}06 \text{ kg/batch}}{980 \text{ kg/m}^3}$$

= 2,38 m^3/*batch*

= 84,04 ft^3/*batch*

Untuk faktor keamanan 20%:

q_f = 1,2 × 84,04 ft^3/*batch*

= 100,85 ft^3/batch (waktu operasi 10 menit)

= 0,17 ft^3/s

μ = 0,324 × $\rho^{0,5}$ [24, halaman 3-246]

= 0,32 cp

= 2,51·10^{-4} lbm/ft.s

Asumsi: aliran turbulen

Di optimum = 3,9 × $q_f^{0,45}$ × $\rho^{0,13}$ [17, halaman 496]

= 3,9 × 0,17^{0,45} × 61,18^{0,13}

= 3 in

Dipilih *steel pipe* (IPS) berukuran 3 in sch. 40 [20, App. A.5-1]:

OD = 3,5 in = 0,29 ft

ID = 3,008 in = 0,25 ft

A = 0,0513 ft^2

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

$$= \frac{0{,}17}{0{,}0513}$$

= 3,31 ft/s

$$N_{Re} = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = 201699{,}00 \rightarrow \text{turbulen}$$

Dengan persamaan Bernoulli [20, persamaan 2.7-28]:

$$\frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^{\,2} - v_1^{\,2}\right) + \frac{g}{gc} \times \left(z_2 - z_1\right) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + Ws = 0$$

Perhitungan ΣF:

1. Sudden contraction losses (h_c)

$$K_c = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$$

di mana: A_1 = luas penampang tangki

A_2 = luas penampang pipa

Karena $A_1 >>> A_2$ maka (A_2/A_1) diabaikan.

$K_c = 0{,}55 \times (1\text{-}0) = 0{,}55$

$$h_c = K_c \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

$$= 0{,}55 \times \left(\frac{3{,}31^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right)$$

$= 0{,}09$ ft.lb_f/lb_m

2. Friksi pada pipa lurus (F_t)

Digunakan pipa *commercial steel*, ε = 0,00015 ft

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}00015}{0{,}25} = 0{,}0006$$

Dari figure 2.10-3 Geankoplis ed. 3 [20], diperoleh f = 0,008

Diasumsikan: panjang pipa lurus (ΔL) = 8 ft

$$Ft = 4 \times f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g_c}$$

$$= 4 \times 0{,}008 \times \frac{8}{0{,}25} \times \frac{3{,}31^2}{2 \times 32{,}174}$$

$= 0{,}17$ ft.lb_f/lb_m

3. *Fitting* dan *valve* (h_f)

Digunakan: 3 buah elbow 90°

Dari Geankoplis [20], tabel 2.10-1: $K_f = 3 \times 0{,}75 = 2{,}25$

$$h_f = K_f \times \left(\frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc}\right)$$

$$= 2{,}25 \times \left(\frac{3{,}31^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}\right)$$

$$= 0{,}38 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

4. *Sudden enlargement losses* (h_{ex})

$$K_{ex} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$$

di mana: A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

Karena A_2>>>A_1 maka (A_1/A_2) diabaikan.

$K_{ex} = 1$

$$h_{ex} = K_{ex} \frac{v_1^2}{2\alpha}$$

$$= 1 \times \frac{3{,}31^2}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}17 \text{ ft.lb}_f/\text{lb}_m$$

$\Sigma F = 0{,}09 + 0{,}17 + 0{,}38 + 0{,}17 = 0{,}81$ ft.lb$_f$/lb$_m$

$\Delta z = 1$ ft

$\Delta P = 0$

$v_1 = 0$ ft/s

$$-Ws = \frac{1}{2 \times \alpha \times gc} \times \left(v_2^{\,2} - v_1^{\,2}\right) + \frac{g}{gc} \times (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$-Ws = 1{,}98$ ft.lb$_f$/lb$_m$

Power $= 1{,}98$ ft.lb$_f$/lb$_m$ $\times$ 0,17 ft^3/s $\times$ 61,18 lb$_m$/ft^3

$= 20{,}59$ ft.lb$_f$/s

$= 0{,}04$ hp

Laju volumetrik larutan = 2,38 m^3/batch = 16,98 m^3/jam

Efisiensi pompa = 50% (Peter & Timmerhaus, 4th ed, fig 14-38)

$$\text{Power pompa} = \frac{0{,}04}{0{,}5} = 0{,}08 \text{ hp}$$

Efisiensi motor = 80% (Peter & Timmerhaus, 4th ed, fig 14-38)

$$\text{Power motor} = \frac{0{,}08}{0{,}8} = 0{,}1 \text{ hp} \approx 0{,}125 \text{ hp}$$

Spesifikasi Alat:

Ukuran pipa = 3 in sch. 40

Power motor = 0,125 hp

Bahan konstruksi = *stainless steel*

Jumlah = 1 buah

29. *Centrifugal Separator* II (FF-420)

Tipe : Tubular

Kapasitas : 667,73 kg/hari

ρ campuran masuk → $\frac{1}{\rho_c} = \frac{x_1}{\rho_1} + \frac{x_2}{\rho_2} + \frac{x_3}{\rho_3}$

$$\frac{1}{\rho_c} = \frac{0{,}07}{0{,}8} + \frac{0{,}19}{1} + \frac{0{,}574}{0{,}995}$$

ρ_c = 0,98 kg/L

1 tubular *centrifuge* = 1 gal/menit

Larutan yang masuk = $\frac{667{,}73}{0{,}98}$

= 681,36 L/hari

= 0,12 gal/menit

Jumlah *centrifuge* = 1 buah

Diameter = $4^1/_4$ in

Kecepatan = 15.000 r/min

Typical motor size = 3 HP

Maximum centrifugal force = 13.600/gravitasi

Spesifikasi Alat:

Kapasitas : 0,12 gal/menit

Tipe : tubular

Kecepatan : 15.000 r/min

Power : 3 HP

Jumlah : 1

30. Tangki Penampung Produk (TT-430)

Fungsi : Untuk menampung produk yang berupa minyak kelapa murni

Kapasitas = 1000 kg/*batch* = 285,71 kg/jam

Waktu tinggal = 10 menit

ρ_{minyak} = 0,8 kg/L = 49,86 lb/ft^3

Volume liquid = $\dfrac{285{,}71\ lb/jam}{49{,}86\ lb/ft^3} \times 1$ jam = 5,73 ft^3

Hs = 1,5 × ID

Volume tangki penampung = 1,2 × volume larutan

$1{,}2 \times 5{,}73\ ft^3 = \dfrac{\pi}{4} \times 1{,}5 \times ID^3 \times \left(\dfrac{1\ ft}{12\ in}\right)^3 + 2 \times 0{,}000049 \times D^3$

$6{,}88\ ft^3 = 6{,}81 \times 10^{-4} \times ID^3 + 9{,}8 \times 10^{-5} \times D^3$

$6{,}88\ ft^3 = 7{,}79 \times 10^{-4} \times ID^3$

ID = 20,67 in = 1,72 ft

Hs = 1,5 × ID

= 1,5 × 1,72

= 2,58 ft

Volume liquid dalam *dish* = 0,000049 × ID^3

= 0,000049 × 1,72^3

= 2,49 × 10^{-4} ft^3

Tinggi cairan dalam *shell* = $\dfrac{volume\ liquid - volume\ dish}{\frac{\pi}{4} \times ID^2}$

$= \dfrac{6{,}88 - 2{,}49 \times 10^{-4}}{\frac{\pi}{4} \times 1{,}72^2}$

= 2,96 ft

$P_{operasi} = P_{hidrostatis} = \dfrac{\rho \times H}{144}$

$= \dfrac{49{,}86 \times 2{,}96}{144}$

= 1,03 psig

P_{design} = 1,3 × $P_{operasi}$

= 1,3 x 1,03

= 1,33 psig

Bahan konstruksi *Steel* SA-240, *Grade* A

f = 16.250 psi [15, App. D halaman 342]

E = 0,8 [15, tabel 13.2]

C = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

Tebal *shell*:

$$ts = \frac{P \times ID}{2 \times (f \times E - 0{,}6 \times P)} + C$$

$$= \frac{1{,}33 \times 20{,}67}{2 \times (16.250 \times 0{,}8 - 0{,}6 \times 1{,}33)} + \frac{1}{8}$$

$$= 0{,}13 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$$

Tebal *dish (dished head)*:

$$ts = \frac{3}{16} \text{ in}$$

$$OD = ID + 2 \times ts$$

$$= 20{,}67 + 2 \times \frac{3}{16}$$

$$= 21{,}05 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young [15] Tabel 5.7 diperoleh:

OD standar = 22 in

icr = $1^1/_4$ in

rc = 20 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right)$$ [15, persamaan 7.76, halaman 138]

$$= \frac{1}{4} \times \left(3 + \sqrt{\frac{20}{1\frac{1}{4}}}\right)$$

$$= 1{,}75 \text{ in}$$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$= \frac{20{,}67}{2}$$

$= 10{,}34 \text{ in}$

$AB = \dfrac{ID}{2} - icr$

$= \dfrac{20{,}67}{2} - 1\dfrac{1}{4}$

$= 9{,}09 \text{ in}$

$BC = r - icr$

$= 20 - 1^1/_4$

$= 18{,}75 \text{ in}$

$b = r - \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2}$

$= 20 - \sqrt{(18{,}75)^2 - (9{,}09)^2}$

$= 3{,}6$

$td = \dfrac{P \times rc - W}{2 \times f \times E - 0{,}2 \times P} + C$ [15, persamaan 7.77]

$= \dfrac{1{,}33 \times 20 - 1{,}75}{2 \times 16.250 \times 0{,}8 - 0{,}2 \times 1{,}33} + \dfrac{1}{8}$

$= 0{,}13 \approx \dfrac{3}{16} \text{ in}$

Tebal *dish* standar = $\dfrac{3}{16}$ in [15, tabel 5.7]

Dipilih panjang *straight-flange* (sf) = 2 in [15, tabel 5.8]

$OA = t + b + sf$

$= \dfrac{3}{16} + 3{,}6 + 2$

$= 5{,}79 \text{ in} = 0{,}48 \text{ ft}$

Tinggi tangki keseluruhan = tinggi shell + (2 x tinggi dish)

= 2,58 + (2 x 0,48)

= 3,55 ft