

APPENDIX A
NERACA MASSA

APPENDIX A

NERACA MASSA

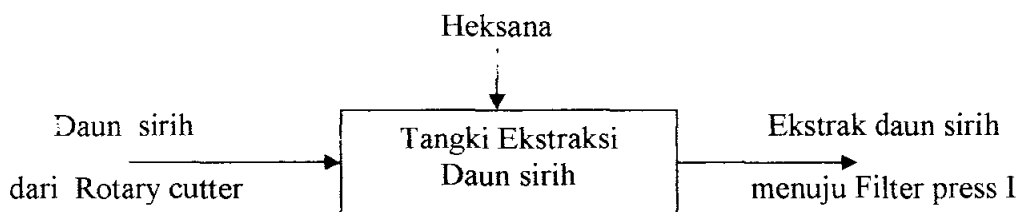
Kapasitas : 3600 L/hari
 Sistem Operasi : 4 batch/hari
 Basis perhitungan : 1 batch = 900 L

1. Persiapan Bahan Aktif

Prarencana pabrik anti pruritus spray dengan kapasitas produksi sebesar 3600 L per hari (36.000 kemasan) dibagi menjadi 4 batch. Neraca massa ini dibuat dengan basis 1 batch proses dengan produksi tiap batch sebesar 900 L dengan waktu operasi 6 jam per batch.

1.1. Persiapan Daun Sirih

1.1.1. Tangki Ekstraksi Daun Sirih (M-210)



Perhitungan :

Komponen masuk :

Daun sirih yang digunakan = 278,85kg
 • Massa solid daun sirih = 56% x 278,85 kg
 = 156,16 kg

-
- Massa ekstrak sirih = 44% x 278,85 kg
= 122,69 kg
 - (Tannin + flavonoid + Triterpene) = 15% x 278,85 kg
= 41,83 kg
 - Air = 24% x 278,85 kg
= 66,92 kg
 - *Essential oil* = 5% x 278,85 kg
= 13,94 kg
 - Chavicol = 16% x 13,94 kg
= 2,23 kg
 - Chavibetol = 6% x 13,94 kg
= 0,84 kg
 - Carvacrol = 10% x 13,94 kg
= 1,39 kg
 - Methyl eugenol = 15% x 13,94 kg
= 2,09 kg
 - Cadinen = 9% x 13,94 kg
= 1,25kg
 - Eugenol = 40% x 13,94 kg
= 5,58 kg
 - Cineol = 4% x 13,94 kg
= 0,56 kg
- Heksana yang digunakan = 10 L/kg x massa daun x ρ heksana

$$= 10 \text{ L/kg} \times 278,85 \text{ kg} \times 0,675 \text{ kg/L}$$

$$= 1882,24 \text{ kg}$$

Komponen keluar :

Hasil ekstraksi = 2161,09 kg

- Massa solid daun sirih = 156,16 kg

- Massa ekstrak sirih = 122,69 kg

- (Tannin + flavonoid + Triterpene) = 41,83 kg

- Air = 66,92 kg

- *Essential oil* = 13,94 kg

- Chavicol = 2,23 kg

- Chavibetol = 0,84 kg

- Carvacrol = 1,39 kg

- Methyl eugenol = 2,09 kg

- Cadinen = 1,25 kg

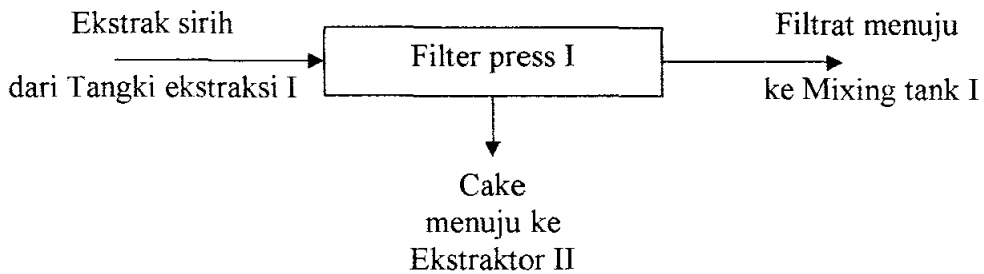
- Eugenol = 5,58 kg

- Cineol = 0,56 kg

- Heksana = 1882,24 kg

Masuk				Keluar			
Komponen		Jumlah (kg)		Komponen		Jumlah (kg)	
Daun sirih		278,85		Hasil ekstraksi		2161,09	
Solid daun sirih		156,16		Solid daun sirih		156,16	
Ekstrak sirih		122,69		Ekstrak sirih		122,69	
Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,83			Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,83		
Air	66,92			Air	66,92		
<i>Essential oil</i>	13,94			<i>Essential oil</i>	13,94		
-Chavicol	2,23			-Chavicol	2,23		
-Chavibetol	0,84			-Chavibetol	0,84		
-Carvacrol	1,39			-Carvacrol	1,39		
-Methyl eugenol	2,09			-Methyl eugenol	2,09		
-Cadinen	1,25			-Cadinen	1,25		
-Eugenol	5,58			-Eugenol	5,58		
-Cineol	0,56			-Cineol	0,56		
Heksana		1882,24		Heksana		1882,24	
Total		2161,09		Total		2161,09	

1.1.2. Filter Press I (H-220)



Data :

- 20 % ekstrak sirih yang bersifat polar masih tertahan pada cake dan akan diekstrak pada ekstraksi tahap ke dua dengan menggunakan pelarut ethanol.

Asumsi :

- Semua solid daun sirih tertahan pada filter sebagai cake.
- Kandungan heksana yang tertahan pada cake adalah sebesar 10 % dari masa solid daun sirih.

Perhitungan:

Komponen masuk:

Komponen yang masuk ke Filter press 1 sama dengan komponen keluar dari tangki ekstraksi 1, yakni :

- Massa solid daun sirih = 156,16 kg
- Massa ekstrak sirih = 122,69 kg
 - (Tannin + flavonoid + Triterpene) = 41,83 kg
 - Air = 66,92 kg
 - *Essential oil* = 13,94 kg
 - Chavicol = 2,23 kg
 - Chavibetol = 0,84 kg
 - Carvacrol = 1,39 kg
 - Methyl eugenol = 2,09 kg
 - Cadinen = 1,25 kg
 - Eugenol = 5,58 kg
 - Cineol = 0,56 kg
- Heksana = 1882,24 kg

Komponen keluar:

a. Cake

- Massa solid daun sirih = 156,16 kg
- Heksana = 10 % × 156,16 kg
= 15,62 kg
- Massa ekstrak sirih = 20 % × 122,69 kg

-
- = 24,54 kg
 - (Tannin + flavonoid + Triterpene) = $20 \% \times 41,83 \text{ kg}$
= 8,37 kg
 - Air = $20 \% \times 66,92 \text{ kg}$
= 13,38 kg
 - *Essential oil* = $20 \% \times 13,94 \text{ kg}$
= 2,79 kg
 - Chavicol = $20 \% \times 2,23 \text{ kg}$
= 0,45 kg
 - Chavibetol = $20 \% \times 0,84 \text{ kg}$
= 0,17 kg
 - Carvacrol = $20 \% \times 1,39 \text{ kg}$
= 0,27 kg
 - Methyl eugenol = $20 \% \times 2,09 \text{ kg}$
= 0,42 kg
 - Cadinen = $20 \% \times 1,25 \text{ kg}$
= 0,25 kg
 - Eugenol = $20 \% \times 5,58 \text{ kg}$
= 1,12 kg
 - Cineol = $20 \% \times 0,56 \text{ kg}$
= 0,11 kg

b. Filtrat

Filtrat yang dialirkan menuju tangki mixing 1 sama dengan jumlah bahan masuk dikurangi dengan jumlah bahan yang tertahan pada cake.

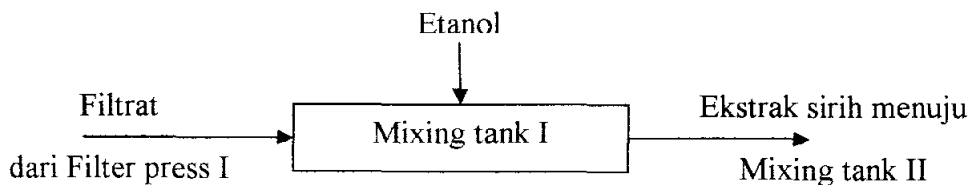
- Heksana = Heksana masuk – heksana dalam cake
= 1882,24 kg – 15,62 kg
= 1866,62 kg

Dengan cara yang sama, maka diperoleh :

- Ekstrak sirih = 98,15 kg
 - (Tannin+Flavonoid+Triterpene) = 33,46 kg
 - Air = 53,54 kg
 - *Essential oil* = 11,15 kg
 - Chavicol = 1,78 kg
 - Chavibetol = 0,67 kg
 - Carvacrol = 1,12 kg
 - Methyl eugenol = 1,67 kg
 - Cadinen = 1,00 kg
 - Eugenol = 4,46 kg
 - Cineol = 0,45 kg

Masuk		Keluar		
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen		Jumlah (kg)
Heksana	1882,24	Filtrat		1964,78
Solid daun sirih	156,16	Ekstrak sirih	98,15	
Ekstrak sirih	122,69	Flavonoid + Tannins + Triterpene	33,46	
Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,83	Air	53,54	
Air	66,92	Essential oil	11,15	
		-Chavicol	1,78	
		-Chavibetol	0,67	
		-Carvacrol	1,12	
		-Methyl eugenol	1,67	
		-Cadinen	1,00	
		-Eugenol	4,46	
		-Cineol	0,45	
Essential oil	13,94	Heksana	1866,62	
-Chavicol	2,23	Cake		196,31
-Chavibetol	0,84	Ekstrak sirih	24,54	
-Carvacrol	1,39	Flavonoid + Tannins + Triterpene	8,37	
-Methyl eugenol	2,09	Air	13,38	
-Cadinen	1,25	Essential oil	2,79	
-Eugenol	5,58	-Chavicol	0,45	
-Cineol	0,56	-Chavibetol	0,17	
		-Carvacrol	0,27	
		-Methyl eugenol	0,42	
		-Cadinen	0,25	
		-Eugenol	1,12	
		-Cineol	0,11	
		Solid daun sirih	156,16	
		Heksana	15,62	
Total	2161,09	Total		2161,09

1.1.3. Mixing Tank I (M-230)



Data :

- Filtrat dari Filter press I ditambah dengan ethanol sebanyak 3 L/kg massa daun sirih yang digunakan.

Perhitungan :

Komponen masuk :

Perhitungan komponen masuk sama dengan perhitungan komponen lolos dari filter press 1 ditambah dengan ethanol dari tangki ethanol.

- Heksana = 1866,62 kg
- Ethanol yang digunakan = 3 L/kg x massa daun sirih x massa jenis ethanol
= 3 L/kg x 278,85 kg x 0,79 kg/L
= 660,87 kg
- Ekstrak sirih = 98,15 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 33,46 kg
 - Air = 53,54 kg
 - *Essential oil* = 11,15 kg
 - Chavicol = 1,78 kg
 - Chavibetol = 0,67 kg
 - Carvacrol = 1,12 kg
 - Methyl eugenol = 1,67 kg
 - Cadinen = 1,00 kg
 - Eugenol = 4,46 kg
 - Cineol = 0,45 kg

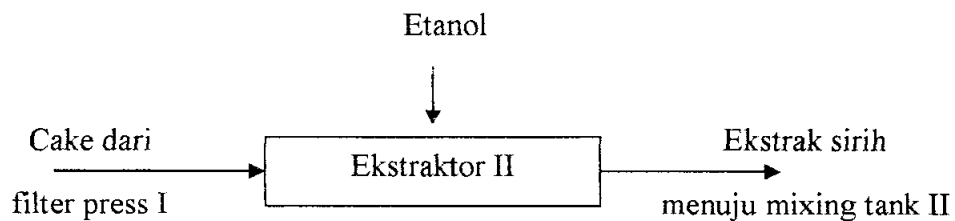
Komponen keluar :

- Heksana = 1866,62 kg
- Ethanol = 660,87 kg
- Ekstrak sirih = 98,15 kg

- (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 33,46 kg
- Air = 53,54 kg
- *Essential oil* = 11,15 kg
 - Chavicol = 1,78 kg
 - Chavibetol = 0,67 kg
 - Carvacrol = 1,12 kg
 - Methyl eugenol = 1,67 kg
 - Cadinen = 1,00 kg
 - Eugenol = 4,46 kg
 - Cineol = 0,45 kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Heksana	1866,62	Heksana	1866,62
Ethanol	660,87	Ethanol	660,87
Ekstrak sirih	98,15	Ekstrak sirih	98,15
Flavonoid + Tannins + Triterpene	33,46	Flavonoid + Tannins + Triterpene	33,46
Air	53,54	Air	53,54
<i>Essential oil</i>	11,15	<i>Essential oil</i>	11,15
- Chavicol 1,78		- Chavicol 1,78	
- Chavibetol 0,67		- Chavibetol 0,67	
- Carvacrol 1,12		- Carvacrol 1,12	
- Methyl eugenol 1,67		- Methyl eugenol 1,67	
- Cadinen 1,00		- Cadinen 1,00	
- Eugenol 4,46		- Eugenol 4,46	
- Cineol 0,45		- Cineol 0,45	
Total	2625,64	Total	2625,64

1.1.4. Ekstraktor II (M-240)



Data :

- Cake dari Filter press I diekstrak menggunakan ethanol sebanyak 5 L/kg massa daun sirih yang digunakan.

Perhitungan :

Komponen masuk :

Perhitungan komponen masuk sama dengan perhitungan cake dari filter press 1 ditambah dengan ethanol dari tangki ethanol.

- Solid daun sirih = 156,16 kg
- Heksana = 15,62 kg
- Ethanol yang digunakan = 5 L/kg x berat daun sirih x massa jenis ethanol
 $= 5 \text{ L/kg} \times 278,85 \text{ kg} \times 0,79 \text{ kg/L}$
 $= 1101,46 \text{ kg}$
- Ekstrak sirih = 24,54 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 8,37 kg
 - Air = 13,38 kg
 - *Essential oil* = 2,79 kg

-
- Chavicol = 0,45 kg
 - Chavibetol = 0,17 kg
 - Carvacrol = 0,27 kg
 - Methyl eugenol = 0,42 kg
 - Cadinen = 0,25 kg
 - Eugenol = 1,12 kg
 - Cineol = 0,11 kg

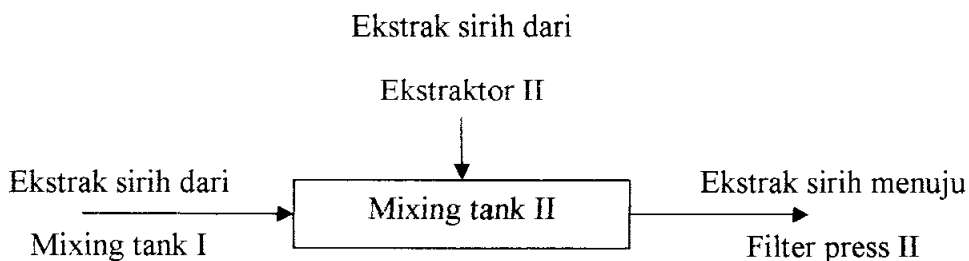
Komponen keluar :

Perhitungan komponen keluar sama dengan komponen masuk

- Solid daun sirih = 156,16 kg
- Heksana = 15,62 kg
- Ethanol = 1101,46 kg
- Ekstrak sirih = 24,54 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 8,37 kg
 - Air = 13,38 kg
 - *Essential oil* = 2,79 kg
 - Chavicol = 0,45 kg
 - Chavibetol = 0,17 kg
 - Carvacrol = 0,27 kg
 - Methyl eugenol = 0,42 kg
 - Cadinen = 0,25 kg
 - Eugenol = 1,12 kg
 - Cineol = 0,11 kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Heksana	15,62	Heksana	15,62
Ethanol	1101,46	Ethanol	1101,46
Solid daun sirih	156,16	Solid daun sirih	156,16
Ekstrak sirih	24,54	Ekstrak sirih	24,54
Flavonoid + Tannins + Triterpene	8,37	Flavonoid + Tannins + Triterpene	8,37
Air	13,38	Air	13,38
<i>Essential oil</i>	2,79	<i>Essential oil</i>	2,79
- Chavicol 0,45		- Chavicol 0,45	
- Chavibetol 0,17		- Chavibetol 0,17	
- Carvacrol 0,27		- Carvacrol 0,27	
- Methyl eugenol 0,42		- Methyl eugenol 0,42	
- Cadinen 0,25		- Cadinen 0,25	
- Eugenol 1,12		- Eugenol 1,12	
- Cineol 0,11		- Cineol 0,11	
Total	1297,78	Total	1297,78

1.1.5. Mixing Tank II (M-250)



Perhitungan :

Komponen masuk :

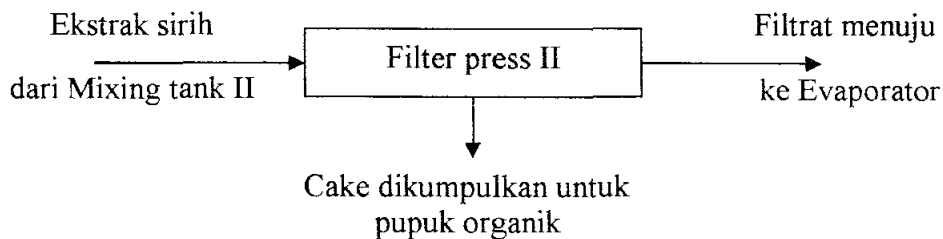
Komponen masuk mixing tank II terdiri dari aliran bahan keluar dari mixing tank I dan hasil ekstraksi di ekstraktor II.

- Solid daun sirih = 156,16 kg
- Ekstrak sirih = 98,15 kg + 24,54 kg
= 122,69 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 33,46 kg + 8,37 kg

-
- = 41,83 kg
 - Air = 53,54 kg + 13,38 kg
= 66,92 kg
 - *Essential oil* = 11,15 kg + 2,79 kg
= 13,94 kg
 - Chavicol = 1,78 kg + 0,45 kg
= 2,23 kg
 - Chavibetol = 0,67 kg + 0,17 kg
= 0,84 kg
 - Carvacrol = 1,12 kg + 0,27 kg
= 1,39 kg
 - Methyl eugenol = 1,67 kg + 0,42 kg
= 2,09 kg
 - Cadinen = 1,00 kg + 0,25 kg
= 1,25 kg
 - Eugenol = 4,46 kg + 1,12 kg
= 5,58 kg
 - Cineol = 0,45 kg + 0,11 kg
= 0,56 kg
 - Heksana = 1866,62 kg + 15,62 kg
= 1882,24 kg
 - Ethanol = 660,87 kg + 1101,46 kg
= 1762,33 kg
-

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Heksana	1882,24	Heksana	1882,24
Ethanol	1762,33	Ethanol	1762,33
Solid daun sirih	156,16	Solid daun sirih	156,16
Ekstrak sirih	122,69	Ekstrak sirih	122,69
Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,83	Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,83
Air	66,92	Air	66,92
<i>Essential oil</i>	13,69	<i>Essential oil</i>	13,69
- Chavicol 2,23		- Chavicol 2,23	
- Chavibetol 0,84		- Chavibetol 0,84	
- Carvacrol 1,39		- Carvacrol 1,39	
- Methyl eugenol 2,09		- Methyl eugenol 2,09	
- Cadinen 1,25		- Cadinen 1,25	
- Eugenol 5,58		- Eugenol 5,58	
- Cineol 0,56		- Cineol 0,56	
Total	3923,42	Total	3923,42

1.16. Filter Press II (H-310)



Asumsi:

- Semua solid daun sirih tertahan pada filter sebagai cake.
- Kandungan heksana yang tertahan pada cake adalah sebesar 10 % dari massa solid daun sirih.
- Kandungan ethanol yang tertahan pada cake adalah sebesar 10 % dari massa solid daun sirih.
- Kandungan ekstrak sirih yang tertinggal pada cake sebanding dengan kandungan ethanol yang tertahan pada cake.

Perhitungan:

Komponen masuk :

Komponen yang masuk ke Filter press 2 sama dengan komponen keluar dari mixing tank 2.

Komponen keluar :

a. Cake

- Solid daun sirih = 156,16 kg
- Heksana = 15,62 kg
- Ethanol = 10% × 156,16 kg
= 15,62 kg
- Ekstrak sirih = $\frac{15,62}{1762,33} \times 122,69$ kg
= 1,10 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = $\frac{15,62}{1762,33} \times 41,83$ kg
= 0,37 kg
 - Air = $\frac{15,62}{1762,33} \times 66,92$ kg
= 0,60 kg
 - *Essential oil* = $\frac{15,62}{1762,33} \times 13,94$ kg
= 0,12 kg
 - Chavicol = $\frac{15,62}{1762,33} \times 2,23$ kg
= 0,02 kg
 - Chavibetol = $\frac{15,62}{1762,33} \times 0,84$ kg

$$= 0,01 \text{ kg}$$

$$- \text{ Carvacrol} = \frac{15,62}{1762,33} \times 1,39 \text{ kg}$$

$$= 0,01 \text{ kg}$$

$$- \text{ Methyl eugenol} = \frac{15,62}{1762,33} \times 2,09 \text{ kg}$$

$$= 0,02 \text{ kg}$$

$$- \text{ Cadinen} = \frac{15,62}{1762,33} \times 1,25 \text{ kg}$$

$$= 0,01 \text{ kg}$$

$$- \text{ Eugenol} = \frac{15,62}{1762,33} \times 5,58 \text{ kg}$$

$$= 0,05 \text{ kg}$$

$$- \text{ Cineol} = \frac{15,62}{1762,33} \times 0,56 \text{ kg}$$

$$= 0,005 \text{ kg}$$

b. Filtrat

Filtrat yang dialirkan menuju evaporator 1 sama dengan jumlah bahan masuk dikurangi dengan jumlah bahan yang tertahan pada cake.

- Heksana = Heksana masuk – heksana dalam cake
 $= 1882,24 \text{ kg} - 15,62 \text{ kg}$
 $= 1866,62 \text{ kg}$
- Ethanol = Ethanol masuk – ethanol dalam cake
 $= 1762,33 \text{ kg} - 15,62 \text{ kg}$
 $= 1746,72 \text{ kg}$

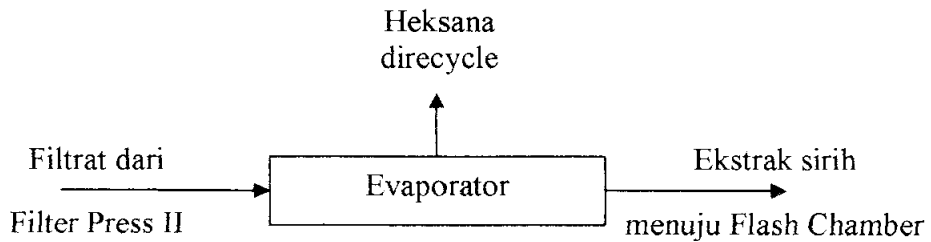
Dengan cara yang sama, maka diperoleh :

- Ekstrak sirih = 121,59 kg

-
- (Tannin+Flavonoid+Triterpene) = 41,45 kg
 - Air = 66,32 kg
 - *Essential oil* = 13,82 kg
 - Chavicol = 2,21 kg
 - Chavibetol = 0,83 kg
 - Carvacrol = 1,38 kg
 - Methyl eugenol = 2,07 kg
 - Cadinen = 1,24 kg
 - Eugenol = 5,53 kg
 - Cineol = 0,555 kg

Masuk		Keluar			
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen		Jumlah (kg)	
Heksana	1882,24	Filtrat		3734,93	
Solid daun sirih	156,16	Ekstrak sirih		121,59	
Ekstrak sirih	122,69	Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,45		
Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,83	Air	66,32		
Air	66,92	Essential oil	13,82		
		- Chavicol	2,21		
		- Chavibetol	0,83		
		- Carvacrol	1,38		
		- Methyl eugenol	2,07		
		- Cadinen	1,24		
		- Eugenol	5,53		
		- Cineol	0,555		
Essential oil	13,94	Heksana		1866,62	
- Chavicol	2,23	Ethanol		1746,72	
- Chavibetol	0,84	Cake		188,49	
- Carvacrol	1,39	Ekstrak sirih		1,10	
- Methyl eugenol	2,09	Flavonoid + Tannins + Triterpene	0,37		
- Cadinen	1,25	Air	0,60		
- Eugenol	5,58	Essential oil	0,12		
- Cineol	0,56	- Chavicol	0,02		
		- Chavibetol	0,01		
		- Carvacrol	0,01		
		- Methyl eugenol	0,02		
		- Cadinen	0,01		
		- Eugenol	0,05		
		- Cineol	0,005		
		Solid daun sirih		156,16	
		Heksana		15,62	
Ethanol	1762,33	Ethanol		15,62	
Total	3923,42	Total		3923,42	

1.16.1. Evaporator (V-320)



Data :

- Pada tahap ini seluruh heksana teruapkan sempurna.
- Tidak ada komponen lain yang ikut teruapkan.

Perhitungan :

Komponen masuk :

Komponen masuk merupakan filtrat dari filter press 2.

Komponen keluar :

a. Ke Kondenser

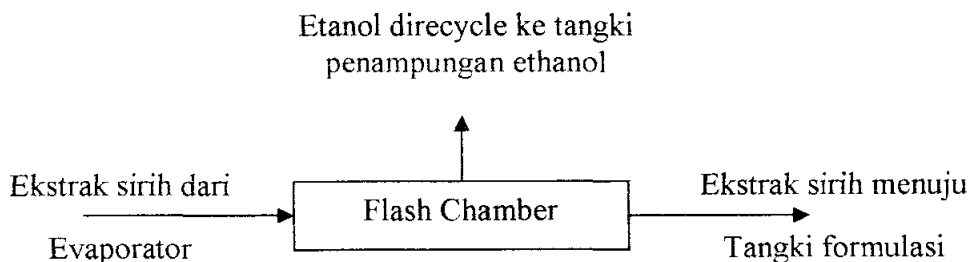
Heksana = 1866,62 kg

b. Ke Flash chamber

- Ethanol = 1746,72 kg
- Ekstrak sirih = 121,59 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 41,45 kg
 - Air = 66,32 kg
 - *Essential oil* = 13,82 kg
 - Chavicol = 2,21 kg
 - Chavibetol = 0,83 kg
 - Carvacrol = 1,38 kg
 - Methyl eugenol = 2,07 kg
 - Cadinen = 1,24 kg
 - Eugenol = 5,53 kg
 - Cineol = 0,555 kg

Masuk		Keluar		
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)	
Heksana	1866,62	Ke flash chamber		
Ethanol	1746,72	Ethanol	1746,72	
Ekstrak sirih	121,59	Ekstrak sirih	121,59	
Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,45	Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,45	
Air	66,32	Air	66,32	
<i>Essential oil</i>	13,82	<i>Essential oil</i>	13,82	
- Chavicol 2,21		- Chavicol 2,21		
- Chavibetol 0,83		- Chavibetol 0,83		
- Carvacrol 1,38		- Carvacrol 1,38		
- Methyl eugenol 2,07		- Methyl eugenol 2,07		
- Cadinen 1,24		- Cadinen 1,24		
- Eugenol 5,53		- Eugenol 5,53		
- Cineol 0,555		- Cineol 0,555		
		Ke kondenser		
		Heksana	1866,62	
Total	3734,93	Total	3734,93	

1.16.2. Flash Chamber (V-330)



Data :

- Komponen yang diuapkan dalam tahap ini adalah ethanol, dan tidak ada komponen ekstrak sirih yang ikut teruapkan.
- Pada tahap ini tidak keseluruhan ethanol diuapkan. Ethanol yang diinginkan dalam produk adalah 30% dari massa produk, yaitu :

$$30\% \times 810,63 \text{ kg} = 243,19 \text{ kg}$$

Perhitungan :

Komponen masuk :

- Ethanol = 1746,72 kg
- Ekstrak sirih = 121,59 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 41,45 kg
 - Air = 66,32 kg
 - *Essential oil* = 13,82 kg
 - Chavicol = 2,21 kg
 - Chavibetol = 0,83 kg
 - Carvacrol = 1,38 kg
 - Methyl eugenol = 2,07 kg
 - Cadinen = 1,24 kg
 - Eugenol = 5,53 kg
 - Cineol = 0,555 kg

Komponen keluar :

a. Ke Kondenser

$$\begin{aligned} \text{Ethanol yang diuapkan} &= \text{Ethanol masuk} - \text{Ethanol yang diinginkan} \\ &= 1746,72 \text{ kg} - 243,19 \text{ kg} \\ &= 1503,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Ke Holding Tank

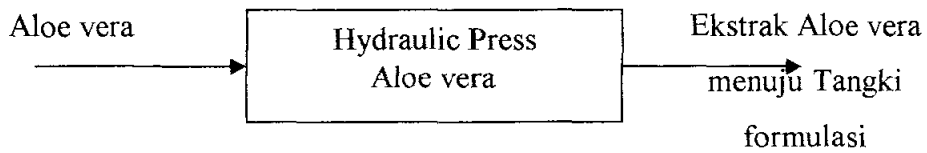
- Ethanol = 243,19 kg
- Ekstrak sirih = 121,59 kg
 - (Tannins + flavonoid + Triterpene) = 41,45 kg

- Air = 66,32 kg
- *Essential oil* = 13,82 kg
 - Chavicol = 2,21 kg
 - Chavibetol = 0,83 kg
 - Carvacrol = 1,38 kg
 - Methyl eugenol = 2,07 kg
 - Cadinen = 1,24 kg
 - Eugenol = 5,53 kg
 - Cineol = 0,555 kg

Masuk		Keluar	
Komponen	Jumlah (kg)	Komponen	Jumlah (kg)
Ethanol	1746,72	Ke Holding tank	
		Ethanol	243,19
Ekstrak sirih	121,59	Ekstrak sirih	121,59
Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,45	Flavonoid + Tannins + Triterpene	41,45
Air	66,32	Air	66,32
<i>Essential oil</i>	13,82	<i>Essential oil</i>	13,82
-Chavicol 2,21		-Chavicol 2,21	
-Chavibetol 0,83		-Chavibetol 0,83	
-Carvacrol 1,38		-Carvacrol 1,38	
-Methyl eugenol 2,07		-Methyl eugenol 2,07	
-Cadinen 1,24		-Cadinen 1,24	
-Eugenol 5,53		-Eugenol 5,53	
-Cineol 0,555		-Cineol 0,555	
		Ke kondenser	
		Ethanol	1503,53
Total	1868,31	Total	1868,31

1.2. Persiapan Aloe vera

1.2.1. Hydraulic Press Aloe vera (H-150)



Perhitungan :

Komponen masuk :

Aloe vera yang digunakan = 450 kg

Persen recovery ekstrak aloe vera = 72 %

Komponen keluar :

• Massa Ekstrak aloe vera = 72% x 450 kg

= 324 kg

• Massa Cake aloe vera = 450 kg- 324 kg

= 126 kg

APPENDIX B
NERACA PANAS

APPENDIX B
NERACA PANAS

Kapasitas : 3600 L/hari
Sistem Operasi : 4 batch/hari
Basis perhitungan : 1 batch = 900 L

Suhu referensi = 25°C = 298 K

Daftar harga Cp untuk tiap komponen :

- Cp heksana = $78,848 + 8,8729 \cdot 10^{-1} T - 2,1286 \cdot 10^{-3} T^2 + 4,1999 \cdot 10^{-6} T^3$ J/mol K (mc grhill)

$$\int_{T_1}^{T_2} Cp \, dT \text{ heksana} = \left[\begin{array}{l} 78,848 (T_2 - T_1) + \frac{8,8729 \cdot 10^{-1}}{2} (T_2^2 - T_1^2) \\ - \frac{2,1286 \cdot 10^{-3}}{3} (T_2^3 - T_1^3) + \frac{4,1999 \cdot 10^{-6}}{4} (T_2^4 - T_1^4) \end{array} \right] \text{ J/mol}$$

- Cp ethanol = $59,342 + 3,6358 \cdot 10^{-1} T - 1,2164 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,8030 \cdot 10^{-6} T^3$ J/mol K (mc grhill)

$$\int_{T_1}^{T_2} Cp \, dT \text{ ethanol} = \left[\begin{array}{l} 59,342 (T_2 - T_1) + \frac{3,6358 \cdot 10^{-1}}{2} (T_2^2 - T_1^2) \\ - \frac{1,2164 \cdot 10^{-3}}{3} (T_2^3 - T_1^3) + \frac{1,8030 \cdot 10^{-6}}{4} (T_2^4 - T_1^4) \end{array} \right] \text{ J/mol}$$

- $C_p \text{ air} = 18,2964 + 0,47211 T - 13,3878 \cdot 10^{-4} T^2 + 13,1424 \cdot 10^{-7} T^3 \text{ J/mol K}$

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dT \text{ air} = \left[\begin{aligned} &18,2964(T_2 - T_1) + \frac{4,7211 \cdot 10^{-1}}{2}(T_2^2 - T_1^2) \\ &- \frac{13,3878 \cdot 10^{-3}}{3}(T_2^3 - T_1^3) + \frac{13,1424 \cdot 10^{-6}}{4}(T_2^4 - T_1^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol}$$

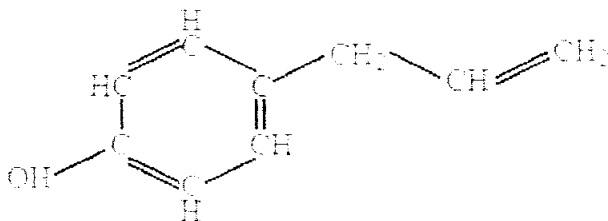
- $C_p \text{ steam} = 33,933 - 8,4 \cdot 10^{-3} T + 29,9061 \cdot 10^{-6} T^2 - 17,84 \cdot 10^{-9} T^3$
 $+ 29,5472 \cdot 10^{-13} T^4 \text{ kJ/mol K}$

$$\int_{T_1}^{T_2} C_p dT \text{ steam} = \left[\begin{aligned} &33,933(T_2 - T_1) - \frac{8,4 \cdot 10^{-3}}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{29,9061 \cdot 10^{-6}}{3}(T_2^3 - T_1^3) \\ &- \frac{17,84 \cdot 10^{-9}}{4}(T_2^4 - T_1^4) + \frac{29,5472 \cdot 10^{-13}}{5}(T_2^5 - T_1^5) \end{aligned} \right] \text{ kJ/mol}$$

- $C_p \text{ padatan tak larut pada daun sirih didekati dengan } C_p \text{ padatan tak larut pada}$
 $\text{daun teh} = 0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$

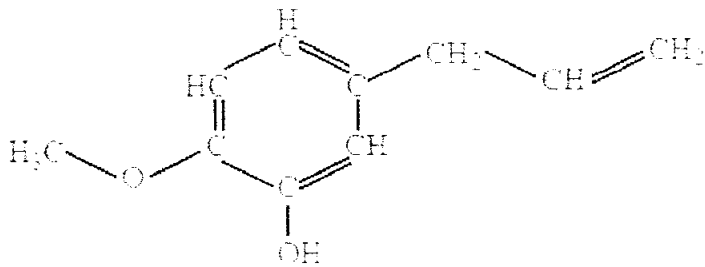
Daftar harga C_p untuk tiap komponen dihitung dengan metode Missenard :

C_p Chavicol



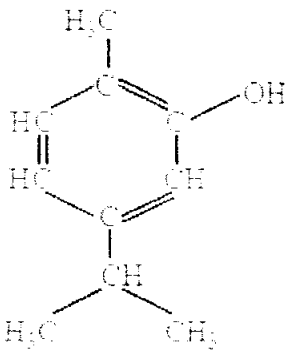
$$\begin{aligned} C_p &= (=CH_2) + (-CH_2-) + 5(-CH=) + 2(=C<) + (-OH) \\ &= (21,8) + (28,38) + 5(22) + 2(15,9) + (45,58) \\ &= 237,56 \text{ J/mol}^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Cp Chavibetol



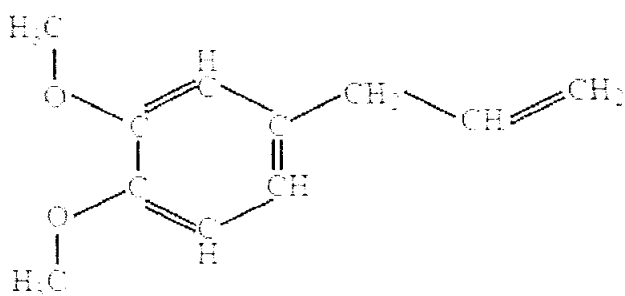
$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= (=CH_2) + (-CH_2-) + 4(-CH=) + 3(=C<) + (-CH_3) + (-OH) + (-O-) \\
 &= (21,8) + (28,38) + 4(22) + 3(15,9) + (41,98) + (45,58) + (29,78) \\
 &= 303,22 \text{ J/mol}^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Cp Carvacrol



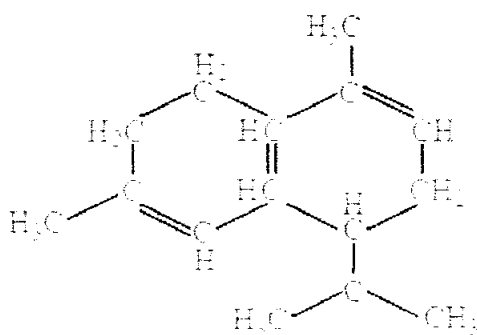
$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= (-CH<) + 3(-CH=) + 3(=C<) + 3(-CH_3) + (-OH) \\
 &= (25,06) + 3(22) + 3(15,9) + 3(41,98) + (45,58) \\
 &= 310,28 \text{ J/mol}^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Cp Methyl eugenol



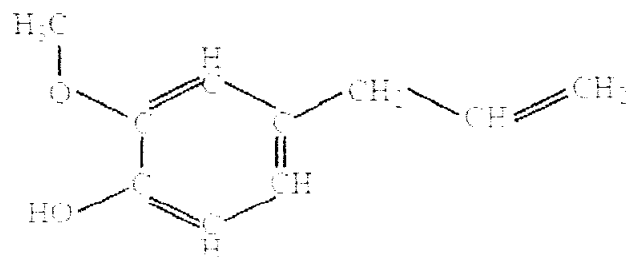
$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= (=CH_2) + (-CH_2-) + 4(-CH=) + 3(=C<) + 2(-CH_3) + 2(-O-) \\
 &= (21,8) + (28,38) + 4(22) + 3(15,9) + 2(41,98) + 2(29,78) \\
 &= 329,4 \text{ J/mol}^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Cp Cadinen



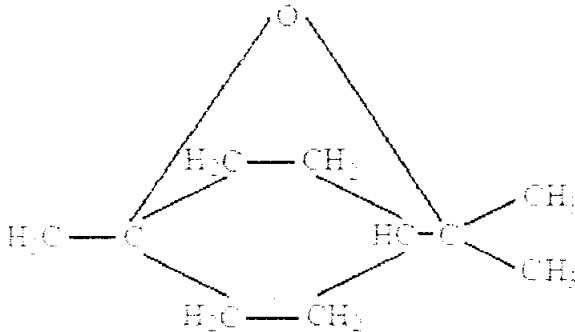
$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= 3(-CH_2-) + 4(-CH<) + 2(-CH=) + 2(=C<) + 4(-CH_3) \\
 &= 3(28,38) + 4(25,06) + 2(22) + 2(15,9) + 4(41,98) \\
 &= 429,1 \text{ J/mol}^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Cp Eugenol



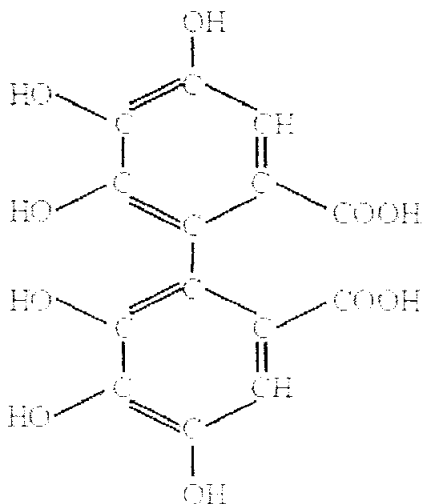
$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= (=CH_2) + (-CH_2-) + 4(-CH=) + 3(=C<) + (-CH_3) + (-OH) + (-O-) \\
 &= (21,8) + (28,38) + 4(22) + 3(15,9) + (41,98) + (45,58) + (29,78) \\
 &= 303,22 \text{ J/mol}^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

Cp Cineol



$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= 4(-CH_2-) + (-CH<) + 3(-CH_3) + 2(>C<) + (-O-) \\
 &= 4(28,38) + (25,06) + 3(41,98) + 2(17,84) + (29,78) \\
 &= 329,98 \text{ J/mol}^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

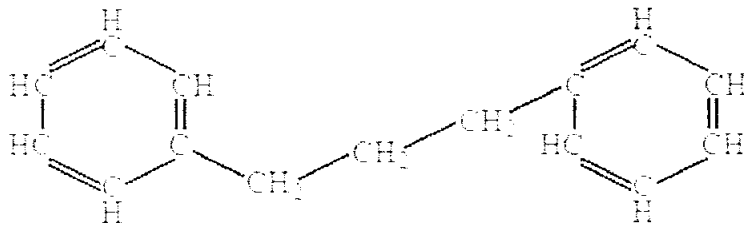
Cp Tannins



$$\begin{aligned}
 \text{Cp} &= 2(-CH=) + 10(=C<) + 6(-OH) + 2(-COOH) \\
 &= 2(22) + 10(15,9) + 6(45,58) + 2(79,7)
 \end{aligned}$$

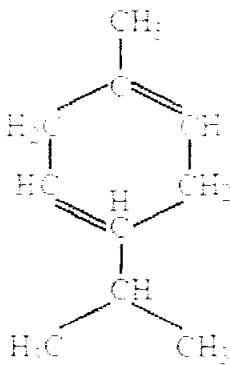
$$= 635,88 \text{ J/mol}^\circ\text{K}$$

Cp Flavonoid



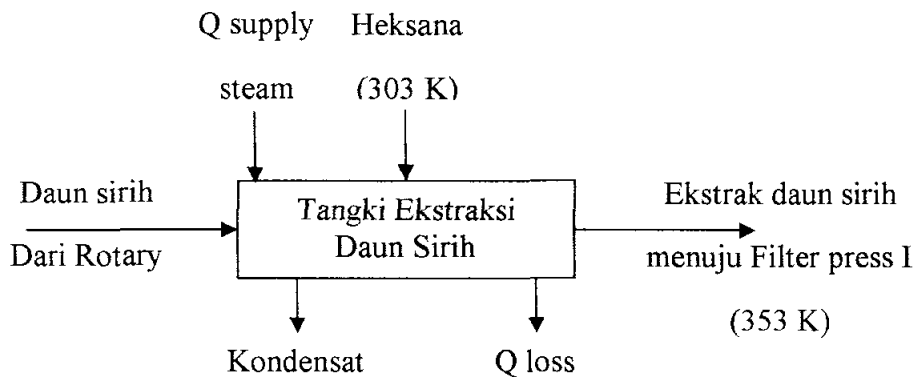
$$\begin{aligned} \text{Cp} &= 3(-\text{CH}_2-) + 10(-\text{CH}=\text{)} + 2(=\text{C}<) \\ &= 3(28,38) + 10(22) + 2(15,9) \\ &= 336,94 \text{ J/mol}^\circ\text{K} \end{aligned}$$

Cp Triterpene



$$\begin{aligned} \text{Cp} &= 2(-\text{CH}_2-) + 2(-\text{CH}=\text{)} + 2(=\text{C}<) + 3(-\text{CH}_3) + (-\text{CH}<) \\ &= 2(28,38) + 2(22) + 2(15,9) + 3(41,98) + (25,06) \\ &= 283,56 \text{ J/mol}^\circ\text{K} \end{aligned}$$

1. Tangki Ekstraksi daun sirih (M-210)



Komponen masuk:

$$T_{\text{ref}} = T_1 = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$$

Heksana

$$\int_{298}^{303} C_p dT \text{ heksana} = \left[\begin{aligned} &78,848(303 - 298) + \frac{8,8729 \cdot 10^{-1}}{2}(303^2 - 298^2) \\ &-\frac{2,1286 \cdot 10^{-3}}{3}(303^3 - 298^3) + \frac{4,1999 \cdot 10^{-6}}{4}(303^4 - 298^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol}$$

$$= 1.336,17 \text{ J/mol}$$

$$Q \text{ heksana} = \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^{303} C_p dT \text{ heksana}$$

$$= \frac{1.882,24 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times 1.336,17 \text{ J/mol}$$

$$= 29.244,09 \text{ kJ}$$

Daun sirih

- Solid daun sirih :

$$Q \text{ solid} = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= 156,16 \text{ kg} \times 0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (30 - 25)^\circ\text{C} \times 4,184 \text{ kJ/kkal}$$

$$= 1.045,37 \text{ kJ}$$

- Ekstrak sirih

- Tannin :

$$\begin{aligned} Q_{\text{tannin}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{16,73 \text{ kg}}{338 \text{ g/mol}} \times 635,88 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\ &= 157,38 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Flavonoid :

$$\begin{aligned} Q_{\text{flavonoid}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{11,15 \text{ kg}}{196 \text{ g/mol}} \times 336,94 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\ &= 95,87 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Triterpene :

$$\begin{aligned} Q_{\text{triterpene}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{13,94 \text{ kg}}{136 \text{ g/mol}} \times 283,56 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\ &= 145,35 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Air :

$$\int_{298}^{303} C_p dT_{\text{air}} = \left[18,2964(303 - 298) + \frac{4,7211 \cdot 10^{-1}}{2}(303^2 - 298^2) - \frac{13,3878 \cdot 10^{-4}}{3}(303^3 - 298^3) + \frac{13,1424 \cdot 10^{-7}}{4}(303^4 - 298^4) \right] \text{ J/mol}$$

$$= 374,68 \text{ J/mol}$$

Berdasarkan perhitungan dari neraca massa, massa air yang berasal dari daun sirih adalah sebesar 66,99 kg.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^{303} C_p dT_{\text{air}} \\
 &= \frac{66,92 \text{ kg}}{18 \text{ g/mol}} \times 374,68 \text{ J/mol} \\
 &= 1.393,04 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

○ Essential oil

- Chavicol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chavicol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{2,23 \text{ kg}}{134 \text{ g/mol}} \times 237,56 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\
 &= 19,77 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Chavibetol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chavibetol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{0,84 \text{ kg}}{165 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\
 &= 7,69 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Carvacrol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{carvacrol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{1,39 \text{ kg}}{150 \text{ g/mol}} \times 310,28 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\
 &= 14,42 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Methyl eugenol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{methyl eugenol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{2,09 \text{ kg}}{178 \text{ g/mol}} \times 329,4 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\
 &= 19,35 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Cadinen:

$$\begin{aligned} Q_{\text{cadinen}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{1,25 \text{ kg}}{204 \text{ g/mol}} \times 429,1 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\ &= 13,20 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Eugenol :

$$\begin{aligned} Q_{\text{eugenol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{5,58 \text{ kg}}{164 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\ &= 51,56 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Cineol :

$$\begin{aligned} Q_{\text{cineol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,56 \text{ kg}}{154 \text{ g/mol}} \times 329,98 \text{ J/mol K} \times (303 - 298) \text{ K} \\ &= 5,97 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Komponen keluar:

$$T_{\text{ref}} = 25^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$$

$$T_2 = 80^\circ\text{C} = 353 \text{ K}$$

Dengan cara yang sama dengan perhitungan komponen masuk, maka diperoleh hasil perhitungan untuk komponen keluar sebagai berikut :

Heksana :

$$\begin{aligned} Q_{\text{heksana}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^{353} C_p \, dT_{\text{heksana}} \\ &= \frac{1882,24 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times 15.811,05 \text{ J/mol} \\ &= 346.048,22 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Daun sirih

- Solid daun sirih :

$$\begin{aligned} Q_{\text{solid}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 156,16 \text{ kg} \times 0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (80 - 25)^\circ\text{C} \times 4,184 \text{ kJ/kkal} \\ &= 11.499,08 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Ekstrak sirih :

- Tannin :

$$\begin{aligned} Q_{\text{tannin}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{16,73 \text{ kg}}{338 \text{ g/mol}} \times 635,88 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\ &= 1731,18 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Flavonoid :

$$\begin{aligned} Q_{\text{flavonoid}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{11,15 \text{ kg}}{196 \text{ g/mol}} \times 336,94 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\ &= 1054,61 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Triterpene :

$$\begin{aligned} Q_{\text{triterpene}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{13,94 \text{ kg}}{136 \text{ g/mol}} \times 283,56 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\ &= 1598,86 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Air :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^{353} C_p \cdot dT \\
 &= \frac{66,92 \text{ kg}}{18 \text{ g/mol}} \times 4148,88 \text{ J/mol} \\
 &= 15.425,52 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Essential oil :

- Chavicol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chavicol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{2,23 \text{ kg}}{134 \text{ g/mol}} \times 237,56 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 217,52 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Chavibetol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chavibetol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{0,84 \text{ kg}}{165 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 84,55 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Carvacrol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{carvacrol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{1,39 \text{ kg}}{150 \text{ g/mol}} \times 310,28 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 158,62 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Methyl eugenol :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ methyl eugenol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{2,09 \text{ kg}}{178 \text{ g/mol}} \times 329,4 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 212,86 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Cadinen :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ cadinen} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{1,25 \text{ kg}}{204 \text{ g/mol}} \times 429,1 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 145,17 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Eugenol :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ eugenol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{5,58 \text{ kg}}{164 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 567,12 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

- Cineol :

$$\begin{aligned}
 Q \text{ cineol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{0,56 \text{ kg}}{154 \text{ g/mol}} \times 329,98 \text{ J/mol K} \times (353 - 298) \text{ K} \\
 &= 65,72 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Total Q bahan masuk = 32.213,06 kJ

Total Q bahan keluar = 378.809,03 kJ

Perhitungan Q supply dari steam :

Asumsi : Q loss sebesar 5 % Q steam karena tangki ekstraksi dilengkapi dengan isolator

$$Q \text{ bahan masuk} + Q \text{ steam} = Q \text{ bahan keluar} + Q \text{ loss}$$

$$Q \text{ steam} = (Q \text{ bahan keluar} + 0,05 \cdot Q \text{ steam}) - Q \text{ bahan masuk}$$

$$0,95 Q \text{ steam} = Q \text{ bahan keluar} - Q \text{ bahan masuk}$$

$$0,95 Q \text{ steam} = (378.809,03 - 32.213,06) \text{ kJ}$$

$$0,95 Q \text{ steam} = 346.595,97 \text{ kJ}$$

$$Q \text{ steam} = 364.837,86 \text{ kJ}$$

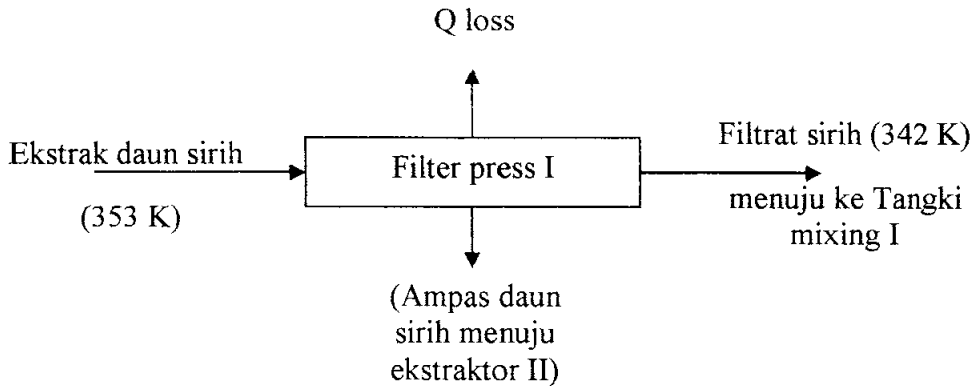
$$Q \text{ loss} = 5\% \cdot Q \text{ steam}$$

$$= 5\% \cdot 364.837,86 \text{ kJ}$$

$$= 18.241,89 \text{ kJ}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	29.244,09	Heksana	346.048,22
Solid daun sirih	1.045,37	Solid daun sirih	11.499,08
Ekstrak sirih	1.923,60	Ekstrak sirih	21.261,73
Tannin	157,38	Tannin	1731,18
Flavonoid	95,87	Flavonoid	1054,61
Triterpen	145,35	Triterpen	1598,86
Air	1.393,04	Air	15.425,52
Essential oil	131,96	Essential oil	1.451,56
Chavicol	19,77	Chavicol	217,52
Chavibetol	7,69	Chavibetol	84,55
Carvacrol	14,42	Carvacrol	158,62
Methyl eugenol	19,35	Methyl eugenol	212,86
Cadinen	13,20	Cadinen	145,17
Eugenol	51,56	Eugenol	567,12
Cineol	5,97	Cineol	65,72
Q supply	364.837,86	Q loss	18.241,89
Total	397.050,92	Total	397.050,92

2. Filter Press I (H-220)



Komponen masuk :

Perhitungan Q komponen masuk Filter press sama dengan perhitungan Q komponen keluar Tangki ekstraksi sirih dengan suhu bahan 353 K.

Komponen keluar :

Dengan menggunakan asumsi bahwa Q_{loss} sebesar 20% Q masuk, karena massa keluar dan massa komponen masuk sama, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

$$Q \text{ bahan masuk} = Q \text{ bahan keluar} + Q_{\text{loss}}$$

Asumsi : Q_{loss} sebesar 20% Q bahan masuk

$$Q \text{ bahan masuk} = Q_{\text{bahan keluar}} + 0,2 Q_{\text{bahan masuk}}$$

$$0,8 Q \text{ bahan masuk} = Q \text{ bahan keluar}$$

$$Q \text{ bahan keluar} = 0,8 \times 378.809,03 \text{ kJ}$$

$$Q \text{ bahan keluar} = 303.047,22 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{loss}} = 75.761,81 \text{ kJ}$$

Dimana, Q keluar terdiri dari:

a. Cake

- Solid daun sirih :

$$Q_{\text{solid}} = m \times C_p \times \Delta T$$

$$= 156,16 \text{ kg} \times 0,32 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C} \times (T - 298)^\circ\text{C} \times 4,184 \text{ kJ/kkal}$$

- Ekstrak sirih

- Tannin :

$$Q_{\text{tannin}} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{3,35 \text{ kg}}{338 \text{ g/mol}} \times 635,88 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Flavonoid :

$$Q_{\text{flavonoid}} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{2,23 \text{ kg}}{196 \text{ g/mol}} \times 336,94 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Triterpene :

$$Q_{\text{triterpene}} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{2,79 \text{ kg}}{136 \text{ g/mol}} \times 283,56 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Air :

$$Q_{\text{air}} = \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^T C_p \, dT_{\text{air}}$$

$$= \frac{13,38 \text{ kg}}{18 \text{ g/mol}} \times \left[\begin{aligned} &18,2964 (T - 298) + \frac{4,7211 \cdot 10^{-1}}{2} (T^2 - 298^2) \\ &- \frac{13,3878 \cdot 10^{-4}}{3} (T^3 - 298^3) + \frac{13,1424 \cdot 10^{-7}}{4} (T^4 - 298^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol}$$

○ Essential oil :

- Chavicol :

$$\begin{aligned} Q \text{ chavicol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,45 \text{ kg}}{134 \text{ g/mol}} \times 237,56 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Chavibetol :

$$\begin{aligned} Q \text{ chavibetol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,17 \text{ kg}}{165 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Carvacrol :

$$\begin{aligned} Q \text{ carvacrol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,28 \text{ kg}}{150 \text{ g/mol}} \times 310,28 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Methyl eugenol :

$$\begin{aligned} Q \text{ methyl eugenol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,42 \text{ kg}}{178 \text{ g/mol}} \times 329,4 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Cadinen :

$$\begin{aligned} Q \text{ cadinen} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,25 \text{ kg}}{204 \text{ g/mol}} \times 429,1 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Eugenol :

$$\begin{aligned} Q_{\text{eugenol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{1,12 \text{ kg}}{164 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Cineol :

$$\begin{aligned} Q_{\text{cineol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,11 \text{ kg}}{154 \text{ g/mol}} \times 329,98 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

• Heksana :

$$\begin{aligned} Q_{\text{heksana}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^T C_p dT_{\text{heksana}} \\ &= \frac{15,62 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times \left[\begin{aligned} &78,848 (T - 298) + \frac{8,8729 \cdot 10^{-1}}{2} (T^2 - 298^2) \\ &- \frac{2,1286 \cdot 10^{-3}}{3} (T^3 - 298^3) + \frac{4,1999 \cdot 10^{-6}}{4} (T^4 - 298^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol} \end{aligned}$$

b. Filtrat

• Ekstrak sirih

○ Tannin :

$$\begin{aligned} Q_{\text{tannin}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{13,38 \text{ kg}}{338 \text{ g/mol}} \times 635,88 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

○ Flavonoid :

$$\begin{aligned} Q_{\text{flavonoid}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{8,92 \text{ kg}}{196 \text{ g/mol}} \times 336,94 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Triterpene :

$$Q \text{ triterpene} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{11,15 \text{ kg}}{136 \text{ g/mol}} \times 283,56 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Air :

$$Q \text{ air} = \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^T C_p \, dT \text{ air}$$

$$= \frac{53,54 \text{ kg}}{18 \text{ g/mol}} \times \left[\begin{aligned} &18,2964 (T - 298) + \frac{4,7211 \cdot 10^{-1}}{2} (T^2 - 298^2) \\ &- \frac{13,3878 \cdot 10^{-4}}{3} (T^3 - 298^3) + \frac{13,1424 \cdot 10^{-7}}{4} (T^4 - 298^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol}$$

- Essential oil :

- Chavicol :

$$Q \text{ chavicol} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{1,78 \text{ kg}}{134 \text{ g/mol}} \times 237,56 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Chavibetol :

$$Q \text{ chavibetol} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{0,67 \text{ kg}}{165 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Carvacrol :

$$Q \text{ carvacrol} = \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T$$

$$= \frac{1,12 \text{ kg}}{150 \text{ g/mol}} \times 310,28 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K}$$

- Methyl eugenol :

$$\begin{aligned} Q \text{ methyl eugenol} &= \frac{m}{Mr} \times Cp \times \Delta T \\ &= \frac{1,67 \text{ kg}}{178 \text{ g/mol}} \times 329,4 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Cadinen :

$$\begin{aligned} Q \text{ cadinen} &= \frac{m}{Mr} \times Cp \times \Delta T \\ &= \frac{1,00 \text{ kg}}{204 \text{ g/mol}} \times 429,1 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Eugenol :

$$\begin{aligned} Q \text{ eugenol} &= \frac{m}{Mr} \times Cp \times \Delta T \\ &= \frac{4,46 \text{ kg}}{164 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

- Cineol :

$$\begin{aligned} Q \text{ cineol} &= \frac{m}{Mr} \times Cp \times \Delta T \\ &= \frac{0,45 \text{ kg}}{154 \text{ g/mol}} \times 329,98 \text{ J/mol K} \times (T - 298) \text{ K} \end{aligned}$$

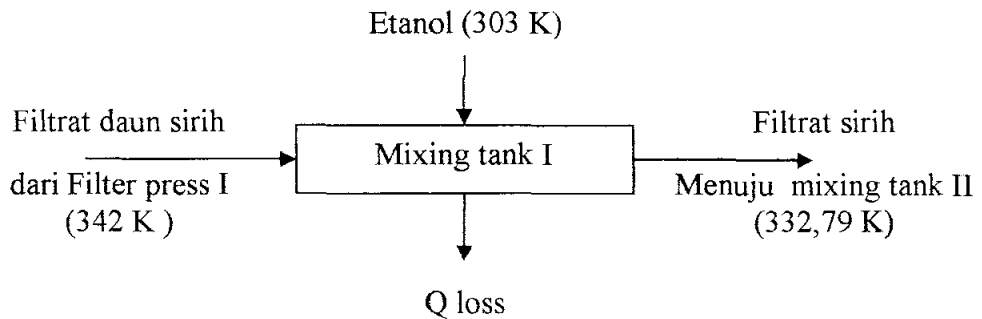
- Heksana :

$$\begin{aligned} Q \text{ heksana} &= \frac{m}{Mr} \times \int_{298}^T Cp \, dT \text{ heksana} \\ &= \frac{15,62 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times \left[\begin{aligned} &78,848 (T - 298) + \frac{8,8729 \cdot 10^{-1}}{2} (T^2 - 298^2) \\ &-\frac{2,1286 \cdot 10^{-3}}{3} (T^3 - 298^3) + \frac{4,1999 \cdot 10^{-6}}{4} (T^4 - 298^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari trial and error diperoleh suhu bahan keluar filter press adalah 342 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
		Cake	
Heksana	346.048,22	Heksana	2.296,73
Solid daun sirih	11.499,08	Solid daun sirih	9.199,26
Ekstrak sirih	21.261,73	Ekstrak sirih	3.401,88
Tannin	1.731,18	Tannin	276,99
Flavonoid	1.054,61	Flavonoid	168,74
Triterpen	1.598,86	Triterpen	255,82
Air	15.425,52	Air	2.468,08
Essential oil	1.451,56	Essential oil	232,25
Chavicol	217,52	Chavicol	34,80
Chavibetol	84,55	Chavibetol	13,53
Carvacrol	158,62	Carvacrol	25,38
Methyl eugenol	212,86	Methyl eugenol	34,06
Cadinen	145,17	Cadinen	23,23
Eugenol	567,12	Eugenol	90,74
Cineol	65,72	Cineol	10,51
		Filtrat	
		Heksana	274.541,84
		Ekstrak sirih	13.607,51
		Tannin	1.107,96
		Flavonoid	674,95
		Triterpen	1.023,27
		Air	9.872,33
		Essential oil	929,00
		Chavicol	139,21
		Chavibetol	54,11
		Carvacrol	101,52
		Methyl eugenol	136,23
		Cadinen	92,91
		Eugenol	362,96
		Cineol	42,06
		Q loss	75.761,81
Total	378.809,03	Total	378.809,03

3. Mixing tank I (M-230)



Komponen masuk :

Komponen masuk terdiri atas filtrat dari filter press I dengan suhu 342 K dan ethanol dari tangki penampungan ethanol dengan suhu 303 K.

T ethanol masuk = 30°C = 303 K

T ref = 25°C = 298 K

Ethanol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ethanol}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^{303} C_p dT_{\text{ethanol}} \\
 &= \frac{660,87 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times 538,41 \text{ J/mol} \\
 &= 7735,26 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Suhu filtrat dari filter press = 342 K dan suhu ethanol masuk = 303 K sehingga terjadi pertukaran panas antara filtrat dan ethanol hingga campuran mencapai suhu tertentu (T). Harga suhu T diperoleh melalui trial and error.

Panas yang diserap ethanol sama dengan panas yang dilepas oleh filtrat. Panas yang diserap oleh ethanol digunakan untuk mengubah suhu ethanol dari suhu 303 K ke suhu T, sehingga panas yang diserap oleh ethanol adalah :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{ethanol}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{303}^T C_p dT_{\text{ethanol}} \\
 &= \frac{660,87 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times \left[\begin{aligned} &59,342 (T_2 - 303) + \frac{3,6358 \cdot 10^{-1}}{2} (T_2^2 - 303^2) \\ &-\frac{1,2164 \cdot 10^{-3}}{3} (T_2^3 - 303^3) + \frac{1,8030 \cdot 10^{-6}}{4} (T_2^4 - 303^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

Panas yang dilepas oleh filtrat mengakibatkan penurunan suhu filtrat dari 342 K ke suhu T. Panas yang dilepas oleh filtrat adalah :

- Ekstrak sirih

- Tannin :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{tannin}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{13,38 \text{ kg}}{338 \text{ g/mol}} \times 635,88 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Flavonoid :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{flavonoid}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{8,92 \text{ kg}}{196 \text{ g/mol}} \times 336,94 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Triterpene :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{triterpene}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{11,15 \text{ kg}}{136 \text{ g/mol}} \times 283,56 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Air :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air}} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^T C_p dT_{\text{air}} \\
 &= \frac{53,54 \text{ kg}}{18 \text{ g/mol}} \times \left[18,2964 (342 - T) + \frac{4,7211 \cdot 10^{-1}}{2} (342^2 - T^2) \right. \\
 &\quad \left. - \frac{13,3878 \cdot 10^{-4}}{3} (342^3 - T^3) + \frac{13,1424 \cdot 10^{-7}}{4} (342^4 - T^4) \right] \text{ J/mol}
 \end{aligned}$$

o Essential oil :

- Chavicol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chavicol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{1,78 \text{ kg}}{134 \text{ g/mol}} \times 237,56 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Chavibetol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{chavibetol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{0,67 \text{ kg}}{165 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Carvacrol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{carvacrol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{1,12 \text{ kg}}{150 \text{ g/mol}} \times 310,28 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Methyl eugenol :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{methyl eugenol}} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\
 &= \frac{1,67 \text{ kg}}{178 \text{ g/mol}} \times 329,4 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K}
 \end{aligned}$$

- Cadinen :

$$\begin{aligned} Q \text{ cadinen} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{1,00 \text{ kg}}{204 \text{ g/mol}} \times 429,1 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K} \end{aligned}$$

- Eugenol :

$$\begin{aligned} Q \text{ eugenol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{4,46 \text{ kg}}{164 \text{ g/mol}} \times 303,22 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K} \end{aligned}$$

- Cineol :

$$\begin{aligned} Q \text{ cineol} &= \frac{m}{M_r} \times C_p \times \Delta T \\ &= \frac{0,45 \text{ kg}}{154 \text{ g/mol}} \times 329,98 \text{ J/mol K} \times (342 - T) \text{ K} \end{aligned}$$

• Heksana :

$$\begin{aligned} Q \text{ heksana} &= \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^T C_p \, dT \text{ heksana} \\ &= \frac{15,62 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times \left[\begin{aligned} &78,848 (342 - T) + \frac{8,8729 \cdot 10^{-1}}{2} (342^2 - T^2) \\ &-\frac{2,1286 \cdot 10^{-3}}{3} (342^3 - T^3) + \frac{4,1999 \cdot 10^{-6}}{4} (342^4 - T^4) \end{aligned} \right] \text{ J/mol} \end{aligned}$$

Dari trial and error diperoleh suhu bahan setelah pencampuran adalah 334,62 K.

Komponen		Q setelah pencampuran (kJ)
Heksana		226.815,40
Ethanol		57.748,72
Ekstrak sirih		11.320,51
Tannin	922,18	
Flavonoid	561,77	
Triterpen	851,69	
Air	8.211,63	
Essential oil	773,24	
Chavicol	115,87	
Chavibetol	45,04	
Carvacrol	84,50	
Methyl eugenol	113,39	
Cadinen	77,33	
Eugenol	302,10	
Cineol	35,01	
Total		295.884,61

Komponen keluar :

Dalam mixing tank dilakukan pengadukan bahan selama tiga jam sehingga terjadi kehilangan panas (Q loss).

Asumsi : Q loss sebesar 5 % Q setelah pencampuran karena tank dilengkapi dengan isolator.

$$\begin{aligned}
 \text{Total Q setelah pencampuran} &= \text{Total Q bahan masuk} = \text{Q filtrat} + \text{Q ethanol} \\
 &= 288.149,35 \text{ kJ} + 7.735,26 \text{ kJ} \\
 &= 295.884,61 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

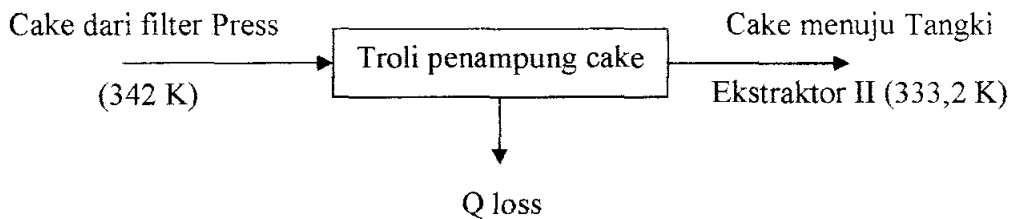
$$\begin{aligned}
 \text{Q loss} &= 5\% \cdot 295.884,61 \text{ kJ} \\
 &= 14.794,23 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Q bahan keluar} &= \text{Q setelah pencampuran} - \text{Q loss} \\
 &= 295.884,61 \text{ kJ} - 14.794,23 \text{ kJ} \\
 &= 281.090,38 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error seperti perhitungan pada Filter Press I, maka diperoleh suhu bahan keluar Mixing tank I yaitu 332,79 K.

Masuk			Keluar		
Komponen		Q (kJ)	Komponen		Q (kJ)
Heksana		274.541,84	Heksana		215.474,63
Ethanol		7.735,26	Ethanol		54.861,28
Ekstrak sirih		13.607,51	Ekstrak sirih		10.754,47
Tannin	1.107,96		Tannin	876,07	
Flavonoid	674,95		Flavonoid	533,68	
Triterpen	1.023,27		Triterpen	809,10	
Air	9.872,33		Air	7.801,05	
Essential oil	929,00		Essential oil	734,57	
Chavicol	139,21		Chavicol	110,08	
Chavibetol	54,11		Chavibetol	42,79	
Carvacrol	101,52		Carvacrol	80,27	
Methyl eugenol	136,23		Methyl eugenol	107,72	
Cadinen	92,91		Cadinen	73,46	
Eugenol	362,96		Eugenol	286,99	
Cineol	42,06		Cineol	33,26	
			Q loss		14.794,23
Total		295.884,61	Total		295.884,61

4. Troli Penampung Cake



Cake dari filter press I diangkut menuju ekstraktor II dengan menggunakan troli.

Asumsi : Terjadi kehilangan panas (Q loss) sebesar 20 % dari Q awal.

$$\text{Total Q awal} = 14.897,87 \text{ kJ}$$

$$\text{Q loss} = 20\% \cdot 14.897,87 \text{ kJ}$$

$$= 2.979,57 \text{ kJ}$$

$$\text{Q akhir} = \text{Q awal} - \text{Q loss}$$

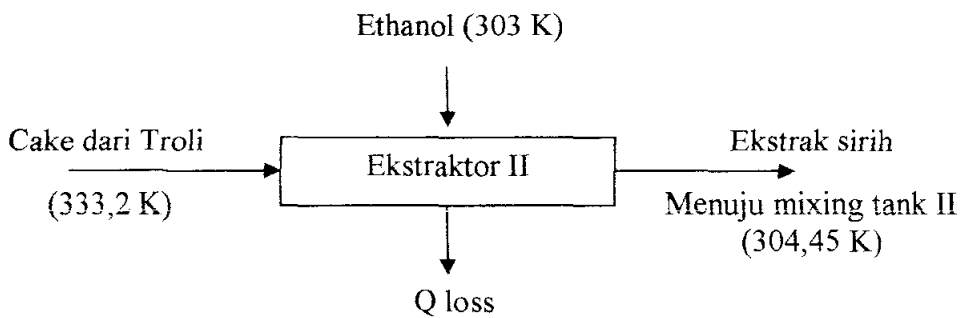
$$= 14.897,87 \text{ kJ} - 2.979,57 \text{ kJ}$$

= 11.918,30 kJ

Dengan metode trial and error seperti perhitungan pada Filter Press I, maka diperoleh suhu bahan setelah pengangkutan adalah 333,2 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	2.296,73	Heksana	1.837,39
Solid daun sirih	9.199,26	Solid daun sirih	7.359,41
Ekstrak sirih	3.401,88	Ekstrak sirih	2.721,50
Tannin	276,99	Tannin	221,59
Flavonoid	168,74	Flavonoid	134,99
Triterpen	255,82	Triterpen	204,65
Air	2.468,08	Air	1.974,47
Essential oil	232,25	Essential oil	185,80
Chavicol	34,80	Chavicol	27,84
Chavibetol	13,53	Chavibetol	10,83
Carvacrol	25,38	Carvacrol	20,30
Methyl eugenol	34,06	Methyl eugenol	27,25
Cadinen	23,23	Cadinen	18,58
Eugenol	90,74	Eugenol	72,59
Cineol	10,51	Cineol	8,41
		Q loss	2.979,57
Total	14.897,87	Total	14.897,87

5. Ekstraktor II (M-240)



Komponen masuk :

Komponen masuk terdiri atas cake dari filter press I dengan suhu 333,2 K dan ethanol dari tangki penampung ethanol dengan suhu 303 K.

T etanol masuk = 30°C = 303 K

T ref = 25°C = 298 K

Ethanol :

$$Q_{\text{ethanol}} = \frac{m}{M_r} \times \int_{298}^{303} C_p dT_{\text{ethanol}}$$

$$= \frac{1101,46 \text{ kg}}{86 \text{ g/mol}} \times 538,41 \text{ J/mol}$$

$$= 12.892,11 \text{ kJ}$$

Suhu cake masuk 333,2 K dan suhu etanol masuk = 303 K sehingga terjadi pertukaran panas antara cake dan etanol hingga campuran mencapai suhu tertentu (T).

Panas yang diserap etanol sama dengan panas yang dilepas oleh cake. Panas yang diserap oleh etanol digunakan untuk mengubah suhu etanol dari suhu 303 K ke suhu T. Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan setelah pencampuran adalah 306,48 K.

Komponen		Q setelah pencampuran (kJ)
Heksana		467,25
Ethanol		21.912,23
Solid daun sirih		1.773,26
Ekstrak sirih		657,66
Tannin	53,39	
Flavonoid	32,53	
Triterpen	49,31	
Air	477,66	
Essential oil	44,77	
Chavicol	6,71	
Chavibetol	2,61	
Carvacrol	4,89	
Methyl eugenol	6,57	
Cadinen	4,47	
Eugenol	17,49	
Cineol	2,03	
Total		24.810,41

Komponen keluar :

Selama ekstraksi selama tiga jam dalam ekstraktor II terjadi kehilangan panas (Q loss) sebesar 5 % dari Q setelah pencampuran.

Asumsi : Q loss sebesar 5 % Q setelah pencampuran karena tangki ekstraksi dilengkapi dengan isolator.

$$\begin{aligned} \text{Total Q setelah pencampuran} &= \text{Total Q bahan masuk} = \text{Q cake} + \text{Q ethanol} \\ &= 11.918,30 \text{ kJ} + 12.892,11 \text{ kJ} \\ &= 24.810,41 \text{ kJ} \end{aligned}$$

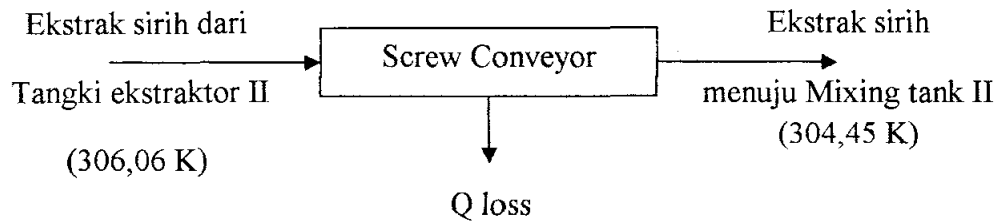
$$\begin{aligned} \text{Q loss} &= 5\% \cdot 24.810,41 \text{ kJ} \\ &= 1.240,52 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q bahan keluar} &= \text{Q setelah pencampuran} - \text{Q loss} \\ &= 24.810,41 \text{ kJ} - 1.240,52 \text{ kJ} \\ &= 23.569,89 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan keluar yaitu 306,06 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	1.837,39	Heksana	443,89
Ethanol	12.892,11	Ethanol	20.816,62
Solid daun sirih	7.359,41	Solid daun sirih	1684,60
Ekstrak sirih	2.721,50	Ekstrak sirih	680,88
Tannin	221,59	Tannin	50,72
Flavonoid	134,99	Flavonoid	30,90
Triterpen	204,65	Triterpen	46,85
Air	1.974,47	Air	509,82
Essential oil	185,80	Essential oil	42,59
Chavicol	27,84	Chavicol	6,37
Chavibetol	10,83	Chavibetol	2,48
Carvacrol	20,30	Carvacrol	4,65
Methyl eugenol	27,25	Methyl eugenol	6,24
Cadinen	18,58	Cadinen	4,25
Eugenol	72,59	Eugenol	16,62
Cineol	8,41	Cineol	1,98
		Q loss	1.240,52
Total	24.810,41	Total	24.810,41

6. Screw Conveyor (J-243)



Komponen masuk :

Komponen masuk merupakan campuran dari ekstraktor II dengan suhu 306,06 K yang akan dialirkan menuju mixing tank II.

Komponen keluar :

Selama bahan dialirkan dengan screw conveyor terjadi kehilangan panas (Q_{loss}) dari bahan ke lingkungan..

Asumsi : Q_{loss} sebesar 20% Q_{awal} .

$$\text{Total } Q_{\text{awal}} = 23.569,89 \text{ kJ}$$

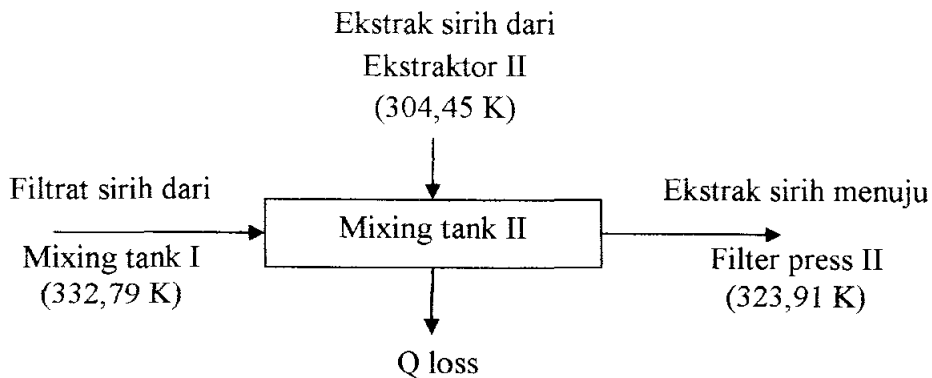
$$\begin{aligned} Q_{\text{loss}} &= 20\% \cdot 23.569,89 \text{ kJ} \\ &= 4.713,98 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{akhir}} &= Q_{\text{awal}} - Q_{\text{loss}} \\ &= 23.569,89 \text{ kJ} - 4.713,98 \text{ kJ} \\ &= 18.855,91 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error, maka diperoleh suhu bahan setelah pengangkutan adalah 304,45 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	443,89	Heksana	355,11
Ethanol	20.816,62	Ethanol	16.653,30
Solid daun sirih	1684,60	Solid daun sirih	1.347,68
Ekstrak sirih	680,88	Ekstrak sirih	499,82
Tannin	50,72	Tannin	40,58
Flavonoid	30,90	Flavonoid	24,72
Triterpen	46,85	Triterpen	37,48
Air	509,82	Air	363,02
Essential oil	42,59	Essential oil	34,02
Chavicol	6,37	Chavicol	5,10
Chavibetol	2,48	Chavibetol	1,98
Carvacrol	4,65	Carvacrol	3,72
Methyl eugenol	6,24	Methyl eugenol	4,99
Cadinen	4,25	Cadinen	3,40
Eugenol	16,62	Eugenol	13,29
Cineol	1,98	Cineol	1,54
		Q loss	4.713,98
Total	23.569,89	Total	23.569,89

7. Mixing tank II (M-250)



Komponen masuk :

Aliran masuk mixing tank II terdiri dari bahan keluar mixing tank I dan bahan keluar ekstraktor II. Aliran bahan keluar dari mixing tank I memiliki suhu 332,79 K, sedangkan bahan keluar dari ekstraktor II memiliki suhu 304,45 sehingga terjadi pertukaran suhu antara kedua aliran masuk hingga mencapai suhu tertentu (T).

Panas yang dilepas oleh bahan dari mixing tank sama dengan panas yang diserap oleh bahan dari ekstraktor II. Dengan metode trial and error, diperoleh suhu bahan setelah pencampuran adalah 325,28 K. Dengan menggunakan suhu 325,28 K dapat diperoleh Q setiap komponen setelah pencampuran.

Komponen keluar :

Dalam mixing tank II dilakukan pengadukan bahan selama 15 menit. Selama proses pengadukan terjadi kehilangan panas (Q loss).

Asumsi : Q loss sebesar 5 % Q setelah pencampuran karena tangki dilengkapi dengan isolator

Total Q setelah pencampuran = 294.940,31 kJ

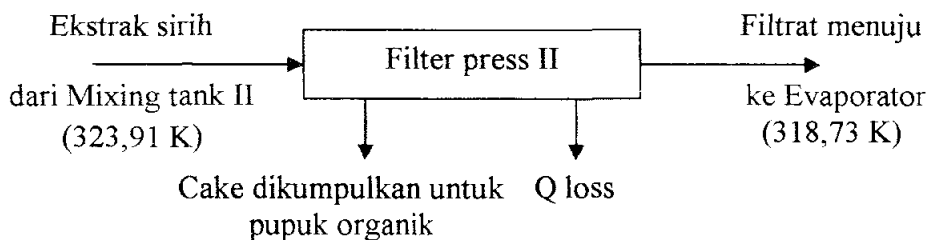
$$\begin{aligned} \text{Q loss} &= 5\% \cdot 294.940,31 \text{ kJ} \\ &= 14.747,02 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q bahan keluar} &= \text{Q setelah pencampuran} - \text{Q loss} \\ &= 294.940,31 \text{ kJ} - 14.747,02 \text{ kJ} \\ &= 280.193,29 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan keluar Mixing tank II yaitu 323,91 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	164.692,21	Heksana	156.457,59
Ethanol	114.026,55	Ethanol	108.325,23
Solid daun sirih	5.703,06	Solid daun sirih	5.417,90
Ekstrak sirih	10.518,49	Ekstrak sirih	9.992,57
Tannin	858,59	Tannin	815,66
Flavonoid	523,04	Flavonoid	496,89
Triterpen	792,97	Triterpen	753,32
Air	7.623,98	Air	7.242,78
Essential oil	719,91	Essential oil	683,92
Chavicol	107,88	Chavicol	102,48
Chavibetol	41,93	Chavibetol	39,84
Carvacrol	78,67	Carvacrol	74,74
Methyl eugenol	105,57	Methyl eugenol	100,29
Cadinen	71,99	Cadinen	68,40
Eugenol	281,27	Eugenol	267,20
Cineol	32,60	Cineol	30,97
		Q loss	14.747,02
Total	294.940,31	Total	294.940,31

8. Filter Press II (H-310)



Komponen masuk:

Perhitungan Q komponen masuk Filter press II sama dengan perhitungan Q komponen keluar mixing tank II dengan suhu bahan masuk adalah 323,91 K.

Komponen keluar:

Karena massa keluar dan massa komponen masuk sama, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

Asumsi : Q loss sebesar 20% Q bahan masuk

$$Q \text{ bahan masuk} = Q \text{ bahan keluar} + Q_{\text{loss}}$$

$$Q \text{ bahan masuk} = Q \text{ bahan keluar} + 0,2 Q \text{ bahan masuk}$$

$$0,8 Q \text{ bahan masuk} = Q \text{ bahan keluar}$$

$$Q \text{ bahan keluar} = 0,8 \times 280.193,29 \text{ kJ}$$

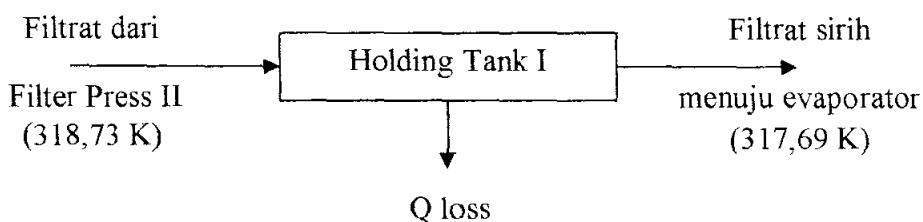
$$Q \text{ bahan keluar} = 224.154,63 \text{ kJ}$$

$$Q \text{ loss} = 56.038,66 \text{ kJ}$$

Bahan keluar dari filter press II terdiri atas cake dan filtrat. Filtrat akan ditampung dalam holding tank dan selanjutnya akan dialirkan menuju evaporator. Sedangkan cake akan dikumpulkan untuk dijadikan pupuk organik. Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan keluar filter press adalah 318,73 K.

Masuk			Keluar		
Komponen		Q (kJ)	Komponen		Q (kJ)
			Cake		
Heksana		156.457,59	Heksana		1.038,41
Ethanol		108.325,23	Ethanol		767,88
Solid daun sirih		5.417,90	Solid daun sirih		4.334,32
Ekstrak sirih		9.992,57	Ekstrak sirih		71,45
Tannin	815,66		Tannin	5,83	
Flavonoid	496,89		Flavonoid	3,55	
Triterpen	753,32		Triterpen	5,39	
Air	7.242,78		Air	51,80	
Essential oil	683,92		Essential oil	4,88	
Chavicol	102,48		Chavicol	0,73	
Chavibetol	39,84		Chavibetol	0,28	
Carvacrol	74,74		Carvacrol	0,53	
Methyl eugenol	100,29		Methyl eugenol	0,72	
Cadinen	68,40		Cadinen	0,49	
Eugenol	267,20		Eugenol	1,91	
Cineol	30,97		Cineol	0,22	
			Filtrat		
			Heksana		124.127,66
			Ethanol		85.892,31
			Ekstrak sirih		7922,60
			Tannin	646,70	
			Flavonoid	393,96	
			Triterpen	597,27	
			Air	5.742,42	
			Essential oil	542,25	
			Chavicol	81,26	
			Chavibetol	31,59	
			Carvacrol	59,25	
			Methyl eugenol	79,52	
			Cadinen	54,23	
			Eugenol	211,85	
			Cineol	24,55	
			Q loss		56.038,66
Total		280.193,29	Total		280.193,29

9. Holding Tank I (F-311)



Komponen masuk :

Komponen masuk merupakan filtrat dari Filter press II dengan suhu 318,73 K.

Komponen keluar :

Selama penampungan filtrat terjadi kehilangan panas (Q loss), karena massa keluar dan massa komponen masuk sama, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

Asumsi : Q loss sebesar 5% Q awal karena tangki dilengkapi dengan isolator.

$$\text{Total Q awal} = 217.942,56 \text{ kJ}$$

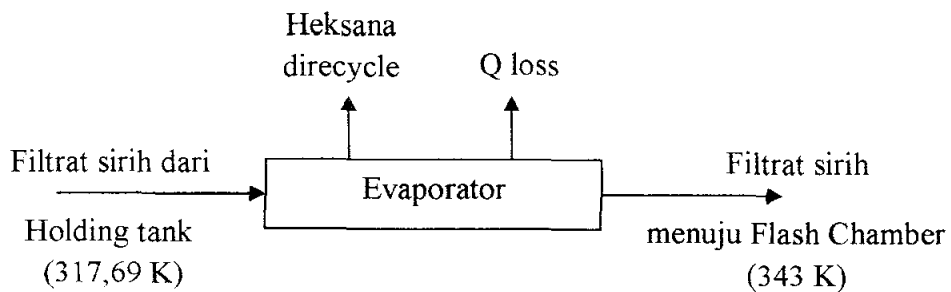
$$\begin{aligned} \text{Q loss} &= 5\% \cdot 217.942,56 \text{ kJ} \\ &= 10.897,13 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Q akhir} &= \text{Q awal} - \text{Q loss} \\ &= 217.942,56 \text{ kJ} - 10.897,13 \text{ kJ} \\ &= 207.045,43 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan keluar holding tank adalah 317,69 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	124.127,66	Heksana	117.921,28
Ethanol	85.892,31	Ethanol	81.597,69
Ekstrak sirih	7922,59	Ekstrak sirih	7.526,46
Tannin	646,70	Tannin	614,36
Flavonoid	393,96	Flavonoid	374,26
Triterpen	597,27	Triterpen	567,40
Air	5.742,42	Air	5.455,30
Essential oil	542,24	Essential oil	515,14
Chavicol	81,25	Chavicol	77,19
Chavibetol	31,59	Chavibetol	30,01
Carvacrol	59,25	Carvacrol	56,29
Methyl eugenol	79,52	Methyl eugenol	75,54
Cadinen	54,23	Cadinen	51,52
Eugenol	211,85	Eugenol	201,26
Cincol	24,55	Cineol	23,33
		Q loss	10.897,13
Total	217.942,56	Total	217.942,56

10. Evaporator (V-320)



Dalam evaporator terjadi proses penguapan heksana yang dilakukan pada suhu 70°C atau 343 K dan tekanan 0,8 atm. Modifikasi tekanan bertujuan agar keseluruhan heksana dapat teruapkan sempurna.

Data :

Komponen yang teruapkan dalam tahap ini hanya heksana.

Komponen masuk :

Komponen masuk merupakan campuran ekstrak sirih dari holding tank dengan suhu 317,69 K.

Komponen keluar :

Komponen keluar terdiri dari uap heksana yang akan dialirkan menuju kondenser untuk didinginkan dan dikembalikan menuju tangki penampungan heksana, dan campuran yang tidak teruapkan akan dialirkan menuju holding tank. Q bahan keluar diperoleh dengan perhitungan menggunakan suhu bahan 343 K dan suhu referensi 298 K. Total Q bahan keluar adalah 482.385,16 kJ.

Perhitungan Q supply dari steam :

Asumsi : Q loss sebesar 5 % Q steam

$$Q \text{ bahan masuk} + Q \text{ steam} = Q \text{ bahan keluar} + Q \text{ loss}$$

$$Q \text{ steam} = (Q \text{ bahan keluar} + 0,05 \cdot Q \text{ steam}) - Q \text{ bahan masuk}$$

$$0,95 Q \text{ steam} = Q \text{ bahan keluar} - Q \text{ bahan masuk}$$

$$0,95 Q \text{ steam} = (482.385,16 - 207.045,43) \text{ kJ}$$

$$0,95 Q \text{ steam} = 275.339,73 \text{ kJ}$$

$$Q \text{ steam} = 289.831,30 \text{ kJ}$$

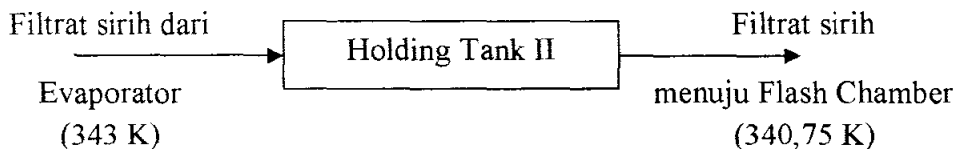
$$Q \text{ loss} = 5\% \cdot Q \text{ steam}$$

$$= 5\% \cdot 289.831,30 \text{ kJ}$$

$$= 14.491,56 \text{ kJ}$$

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Heksana	117.921,28	Ke holding tank	
Ethanol	81.597,69	Ethanol	188.586,98
Ekstrak sirih	7.526,46	Ekstrak sirih	17.225,22
Tannin	614,36	Tannin	1.403,76
Flavonoid	374,26	Flavonoid	855,14
Triterpen	567,40	Triterpen	1296,46
Air	5.455,30	Air	12.492,84
Essential oil	515,14	Essential oil	1.177,02
Chavicol	77,19	Chavicol	176,38
Chavibetol	30,01	Chavibetol	68,56
Carvacrol	56,29	Carvacrol	128,62
Methyl eugenol	75,54	Methyl eugenol	172,60
Cadinen	51,52	Cadinen	117,71
Eugenol	201,26	Eugenol	459,86
Cineol	23,33	Cineol	53,29
		Ke kondenser	
		Heksana	276.572,94
Q supply	289.831,30	Q loss	14.491,56
Total	496.876,72	Total	496.876,72

11. Holding Tank II (F-323)



Komponen masuk :

Komponen masuk merupakan aliran overflow dari evaporator dengan suhu 343K.

Komponen keluar :

Selama penampungan ekstrak sirih terjadi kehilangan panas (Q loss), karena massa keluar dan massa komponen masuk sama, maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut:

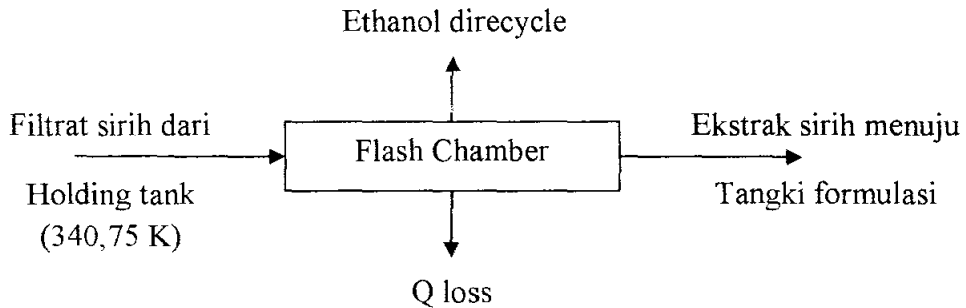
Asumsi : Q loss sebesar 5% Q awal karena tangki dilengkapi dengan isolator.

$$\begin{aligned} \text{Total Q awal} &= 205.812,22 \text{ kJ} \\ \text{Q loss} &= 5\% \cdot 205.812,22 \text{ kJ} \\ &= 10.290,61 \text{ kJ} \\ \text{Q akhir} &= \text{Q awal} - \text{Q loss} \\ &= 205.812,22 \text{ kJ} - 10.290,61 \text{ kJ} \\ &= 195.521,61 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan keluar holding tank adalah 340,75 K.

Masuk			Keluar		
Komponen		Q (kJ)	Komponen		Q (kJ)
Ethanol		188.586,99	Ethanol		179.157,64
Ekstrak sirih		17.225,22	Ekstrak sirih		16.363,97
Tannin	1.403,76		Tannin	1333,57	
Flavonoid	855,14		Flavonoid	812,39	
Triterpen	1296,46		Triterpen	1231,64	
Air	12.492,84		Air	11.868,2	
Essential oil	1.177,02		Essential oil	1118,18	
Chavicol	176,38		Chavicol	167,56	
Chavibetol	68,56		Chavibetol	65,13	
Carvacrol	128,62		Carvacrol	122,19	
Methyl eugenol	172,60		Methyl eugenol	163,97	
Cadinen	117,71		Cadinen	111,83	
Eugenol	459,86		Eugenol	436,87	
Cineol	53,29		Cineol	50,63	
			Q loss		10.290,61
Total		205.812,22	Total		205.812,22

12. Flash Chamber (V-330)



Evaporasi berlangsung pada suhu 340,75 K. Evaporasi dijalankan pada tekanan vakum.

Tekanan yang diinginkan dalam flash chamber = Tekanan uap ethanol pada suhu 340,75 K

$$P = \exp \left[C1 + \frac{C2}{T} + C3 \cdot \ln(T) + C4 \cdot (T)^{C5} \right]$$

(Perry ed 7 Tabel 2-6)

Dimana :

T = suhu uap ethanol (K) = 340,75 K

C1 = 74,475

C2 = -7164,3

C3 = -7,327

C4 = $3,134 \cdot 10^{-6}$

C5 = 2

$$P = \exp \left[74,475 + \frac{-7164,3}{340,75} + (-7,327) \cdot \ln(340,75) + 3,134 \cdot 10^{-6} \cdot (340,75)^2 \right]$$

P = 65.445,2735 Pa = 0,646 atm = 490 mmHg

Komponen masuk :

Komponen masuk Flash chamber sama dengan komponen keluar holding tank II dengan suhu bahan 340,75 K.

Komponen keluar :

Komponen keluar terdiri dari uap ethanol yang akan dialirkan menuju kondenser untuk didinginkan dan dikembalikan menuju tangki penampungan ethanol, dan campuran yang tidak teruapkan akan dialirkan menuju holding tank.

Asumsi :

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% Q \text{ bahan masuk} \\ &= 5\% \cdot 195.521,61 \text{ kJ} \\ &= 9.776,08 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ akhir} &= Q \text{ awal} - Q \text{ loss} \\ &= 195.521,61 \text{ kJ} - 9.776,08 \text{ kJ} \\ &= 185.745,5295 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Dengan metode trial and error diperoleh suhu bahan keluar holding tank adalah 338,61 K.

Masuk		Keluar	
Komponen	Q (kJ)	Komponen	Q (kJ)
Ethanol	179.157,64	Ethanol	170.199,75
Ekstrak sirih	16.363,97	Ekstrak sirih	15545,78
Tannin	1333,57	Tannin	1266,893
Flavonoid	812,39	Flavonoid	771,7681
Triterpen	1231,64	Triterpen	1170,055
Air	11.868,2	Air	11.274,79
Essential oil	1118,18	Essential oil	1062,28
Chavicol	167,56	Chavicol	159,18
Chavibetol	65,13	Chavibetol	61,88
Carvacrol	122,19	Carvacrol	116,08
Methyl eugenol	163,97	Methyl eugenol	155,77
Cadinen	111,83	Cadinen	106,24
Eugenol	436,87	Eugenol	415,03
Cineol	50,63	Cineol	48,1
		Q loss	9.776,08
Total	195.521,61	Total	195.521,61

PERPUSTAKAAN
Universitas Katolik Widyadarmas Mangala
SURABAYA

APPENDIX C
SPEKIFIKASI ALAT

APPENDIX C

SPESIFIKASI ALAT

1. Gudang bahan baku

Fungsi : tempat menyimpan bahan baku padat seperti daun sirih, aloe vera, dan untuk menyimpan bahan baku cair yang memiliki kapasitas kecil seperti vitamin E, aroma mint, dan menthol.

Tipe : bangunan berupa gedung dengan konstruksi beton

Dasar pemilihan : cocok sebagai tempat penyimpanan material bahan baku dalam jumlah besar, dan perawatan lebih mudah.

Kondisi operasi :

T = 30°C

P = 1 atm

Bahan baku padat

Massa bahan baku padat yang disimpan di *warehouse* :

Daun sirih = 1115,4 kg/hari = 7.807,80 kg/7 hari

Aloe vera = 450 kg/hari = 1.350 kg/3 hari

Daun sirih dan Aloe vera dikemas menggunakan karung yang berkapasitas 50 kg. Pengiriman bahan baku daun sirih dilakukan setiap 1 minggu sekali, dan Aloe vera setiap 3 hari sekali untuk menghindari pembusukan Aloe vera karena Aloe vera mengandung kadar air yang tinggi.

Perhitungan :

1. Daun sirih

Dimensi karung :

panjang = 1,20 m

lebar = 0,75 m

tinggi = 0,50 m

Kapasitas 1 karung = 50 kg daun sirih

Jumlah karung daun sirih:

$$= \frac{\text{massa total daun sirih}}{\text{massa daun sirih dalam 1 karung}}$$

$$= \frac{7.807,80 \text{ kg}}{50 \text{ kg/karung}}$$

$$= 156,156 \text{ karung} \approx 157 \text{ karung}$$

Dimensi tumpukan karung daun sirih :

$$\text{Panjang tumpukan} : 7 \text{ karung} = 7 \times 1,20 \text{ m} = 8,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tumpukan} : 6 \text{ karung} = 6 \times 0,75 \text{ m} = 4,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tumpukan} : 4 \text{ karung} = 4 \times 0,50 \text{ m} = 2,0 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah karung} : 7 \times 6 \times 4 = 168 \text{ karung}$$

2. Aloe vera

Dimensi karung :

$$\text{panjang} = 0,9 \text{ m}$$

$$\text{lebar} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{tinggi} = 0,3 \text{ m}$$

Kapasitas 1 karung = 50 kg Aloe vera

Jumlah karung aloe vera:

$$= \frac{\text{massa total Aloe vera}}{\text{massa aloe vera per 1 karung}}$$

$$= \frac{1.350 \text{ kg}}{50 \text{ kg/karung}}$$

$$= 27 \text{ karung}$$

Dimensi tumpukan karung Aloe vera :

$$\text{Panjang tumpukan} : 6 \text{ karung} = 2 \times 0,9 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar tumpukan} : 3 \text{ karung} = 3 \times 0,5 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi tumpukan} : 18 \text{ karung} = 5 \times 0,3 \text{ m} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah karung} : 2 \times 3 \times 5 = 30 \text{ karung}$$

Bahan baku cair

Massa bahan baku cair yang disimpan di warehouse

$$\text{Menthol} = 32,425 \text{ kg/hari} = 972,75 \text{ kg/30 hari}$$

$$\text{Vitamin E} = 32,425 \text{ kg/hari} = 972,75 \text{ kg/30 hari}$$

$$\text{Aroma mint} = 32,425 \text{ kg/hari} = 972,75 \text{ kg/30 hari}$$

Menthol, vitamin E dan aroma mint disimpan menggunakan drum dengan kapasitas 200 L. Pengiriman bahan baku dilakukan setiap 30 hari sekali.

Rho menthol = 0,89 kg/L

Rho Vitamin E = 0,92 kg/L

Rho Aroma mint = 0,95 kg/L

Perhitungan :

1. Menthol

$$\frac{\text{massa menthol}}{\text{densitas menthol}} = \frac{972,75 \text{ kg}}{0,89 \text{ kg/L}} = 1.092,98 \text{ L} = 1,1 \text{ m}^3$$

Tangki penampung menthol :

diameter = 0,60 m

tinggi = 0,90 m

volume tangki = 0,25 m³

volume isian = 80% volume tangki

$$= 80\% \cdot 0,25 \text{ m}^3$$

$$= 0,2 \text{ m}^3$$

Jumlah tangki yang dibutuhkan :

$$= \frac{\text{volume menthol}}{\text{volume tangki}}$$

$$= \frac{1,1 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}^3}$$

$$= 5,5 \text{ tangki} \approx 6 \text{ tangki}$$

Susunan tangki :

Panjang : 2 tangki = 2 x 0,6 m = 1,2 m

Lebar : 3 tangki = 3 x 0,9 m = 1,8 m

Jumlah tangki : 2 x 3 = 6 tangki

2. Vitamin E

$$\frac{\text{massa vitamin E}}{\text{densitas vitamin E}} = \frac{972,75 \text{ kg}}{0,92 \text{ kg/L}} = 1.057,34 \text{ L} = 1,06 \text{ m}^3$$

Tangki penampung vitamin E :

diameter = 0,90 m

tinggi = 1,30 m

volume tangki = 0,2 m³

Jumlah tangki yang dibutuhkan :

$$= \frac{\text{volume vitamin E}}{\text{volume tangki}}$$

$$= \frac{1,06 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}^3}$$

$$= 5,3 \text{ tangki} \approx 6 \text{ tangki}$$

Susunan tangki :

$$\text{Panjang} \quad : \quad 2 \text{ tangki} \quad = 2 \times 0,6 \text{ m} \quad = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} \quad : \quad 3 \text{ tangki} \quad = 3 \times 0,9 \text{ m} \quad = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tangki} \quad : \quad 2 \times 3 \quad = 6 \text{ tangki}$$

3. Aroma mint

$$\frac{\text{massa aroma mint}}{\text{densitas aroma mint}} = \frac{972,75 \text{ kg}}{0,95 \text{ kg/L}} = 1.023,95 \text{ L} = 1,02 \text{ m}^3$$

Tangki penampung aroma mint :

$$\text{diameter} \quad = 0,90 \text{ m}$$

$$\text{tinggi} \quad = 1,30 \text{ m}$$

$$\text{volume tangki} = 0,2 \text{ m}^3$$

Jumlah tangki yang dibutuhkan :

$$= \frac{\text{volume aroma mint}}{\text{volume tangki}}$$

$$= \frac{1,02 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}^3}$$

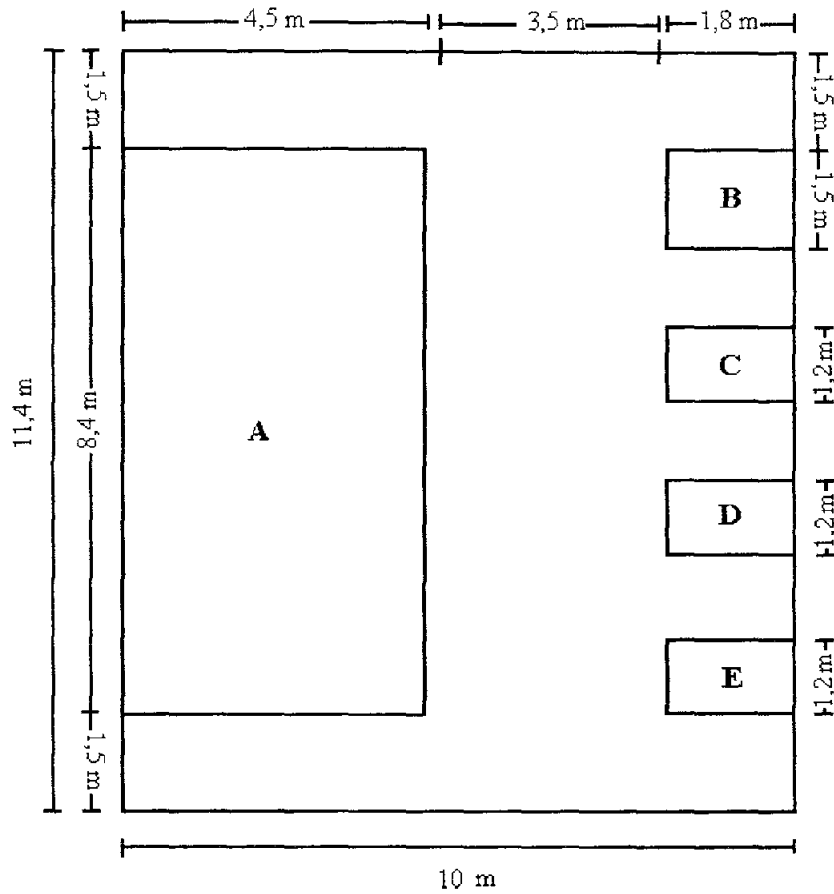
$$= 5,1 \text{ tangki} \approx 6 \text{ tangki}$$

Susunan tangki :

$$\text{Panjang} \quad : \quad 2 \text{ tangki} \quad = 2 \times 0,6 \text{ m} \quad = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} \quad : \quad 3 \text{ tangki} \quad = 3 \times 0,9 \text{ m} \quad = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tangki} \quad : \quad 2 \times 3 \quad = 6 \text{ tangki}$$



Gambar C.1. Denah Warehouse Bahan Baku

Keterangan :

- A : Daun sirih
- B : Aloe vera
- C : Menthol
- D : Vitamin E
- E : Aroma mint

Ukuran Warehouse :

- Panjang : 11,4 m
- Lebar : 10 m
- Tinggi : 4,0 m
- Bahan konstruksi : concrete beton
- Jumlah : 1 buah

2. Storage Tank Ethanol (F-241)

Fungsi : untuk menampung ethanol

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

T operasi = 30°C = 303K

Ethanol yang dibutuhkan = 972,75 kg/hari

Dilakukan pengiriman setiap 7 hari sekali, sehingga banyaknya ethanol yang dibutuhkan adalah 2.609,25 kg.

Rho ethanol = 0,79 kg/L (suhu ruang, kadar 96%)

$$\text{Volume ethanol} = \frac{2.609,25 \text{ kg}}{0,79 \text{ kg/L}} = 3302,85 \text{ L}$$

Diambil jumlah 3500 L ethanol setiap pengiriman.

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ethanol = 3500 L = 2765 kg

Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{\text{allow}} = 18.750 \text{ psi}$ (Brownell & Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$
- Efisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$ (Brownell & Young)
- Diameter *nozzle* (D_n) yang digunakan berkisar 4, 8, atau 10 inchi. (Brownell & Young hal 96). D_n yang digunakan adalah 8 inchi (0,2 m)

Volume bahan masuk = 3500 L = 3,5 m³

$$\text{Volume tangki} = \frac{\text{volume liquid}}{0,8}$$

$$= \frac{3,5 \text{ m}^3}{0,8}$$

$$= 4,375 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 \times H = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID}^3$$

$$4,375 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID}^3$$

$$4,375 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID}^3$$

$$\text{ID} = 1,5486 \text{ m} = 5,08 \text{ ft} = 60,99 \text{ in}$$

$$H = 1,5 \text{ ID} = 1,5 \times 1,5486 = 2,3229 \text{ m} = 7,62 \text{ ft}$$

Tinggi Bahan Dalam Tangki

$$H \text{ bahan dalam tangki} = \frac{\text{Volume ethanol}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$= \frac{3,5}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,5486)^2} = 1,86 \text{ m} = 6,09 \text{ ft}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ ethanol} \times H \text{ bahan}}{144}$$

$$= \frac{49,318 \text{ lbm/ft}^3 \times 6,09 \text{ ft}}{144} = 2,0857 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,696 \text{ psia} + 2,0857 \text{ psia} = 16,7817 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\ &= 1,2 \times 16,7817 \text{ psia} = 20,1381 \text{ psia} = 1,3703 \text{ atm} \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell, Tutup Atas dan Tutup Bawah

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{P \times \text{ID}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c$$

$$= \frac{20,1381 \text{ psia} \times 60,99 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,1381 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,166 \text{ in}$$

Dipilih tebal shell, tutup atas dan tutup bawah sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

- t_s = tebal *shell*, in
 P = *internal design pressure*, psia
 ID = *inside diameter*, in
 F allow = *allowable working stress*, psi
 E = efisiensi sambungan las (*joint efficiency*)
 c = *corrosion allowance*, in (0,125)

Spesifikasi Alat

- Nama : Storage tank ethanol
- Kapasitas : $3,5 \text{ m}^3/\text{batch}$
- ID : $1,5486 \text{ m}$
- H : $2,3229 \text{ m}$
- Tebal *shell* : $3/16 \text{ in}$
- Jumlah tangki : 1 buah

3. Storage Tank Aquades (F-170)

Fungsi : untuk menampung aquades

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat.

Kondisi operasi :

Proses : Batch (1 hari = 4 batch)

P operasi = 1 atm

T operasi = $30^\circ\text{C} = 303\text{K}$

Aquades yang dibutuhkan = $1.361,85 \text{ kg/hari}$

$\rho \text{ air} = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 0,99568 \text{ kg/L} = 62,4278 \text{ lbm/ft}^3$

Volume Aquades = $\frac{1.361,85 \text{ kg}}{0,99568 \text{ kg/L}} = 1367,76 \text{ L} = 1,4 \text{ m}^3$

Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{allow} = 18.750$ psi (Brownell & Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi}$
- Effisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$ (Brownell & Young)
- Diameter *nozzle* (D_n) yang digunakan berkisar 4, 8, atau 10 inchi. (Brownell & Young hal 96). D_n yang digunakan adalah 8 inchi (0,2 m)

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volume liquid}}{0,8} \\ &= \frac{1,4 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 1,71 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \times H = \frac{1,5\pi}{4} \times ID^3$$

$$1,71 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times ID^3$$

$$1,71 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID}^3$$

$$ID = 1,1322 \text{ m} = 3,715 \text{ ft} = 44,575 \text{ in}$$

$$H = 1,5 \text{ ID} = 1,5 \times 1,1322 = 1,6983 \text{ m} = 5,572 \text{ ft}$$

Tinggi Bahan Dalam Tangki

$$H \text{ bahan dalam tangki} = \frac{\text{Volume aquades}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$= \frac{1,4}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,1322)^2} = 1,39 \text{ m} = 4,56 \text{ ft}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ aquades} \times H \text{ bahan}}{144}$$

$$= \frac{62,4278 \text{ lbm/ft}^3 \times 4,56 \text{ ft}}{144} = 1,98 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,696 \text{ psia} + 1,98 \text{ psia} = 16,676 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\ &= 1,2 \times 16,676 \text{ psia} = 20,0112 \text{ psia} \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell, Tutup Atas dan Tutup Bawah

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \times ID}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c \\ &= \frac{20,0112 \text{ psia} \times 44,575 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,0112 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,1545 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell, tutup atas dan tutup bawah sebesar 3/16 in dimana :

$$t_s = \text{tebal shell, in}$$

$$P = \text{internal design pressure, psia}$$

$$ID = \text{inside diameter, in}$$

$$F \text{ allow} = \text{allowable working stress, psi}$$

$$E = \text{efisiensi sambungan las (joint efficiency)}$$

$$c = \text{corrosion allowance, in (0,125)}$$

Spesifikasi Alat

- Nama : Storage tank aquades
- Kapasitas : 10 m³/batch
- ID : 1,1322 m
- H : 1,6983 m
- Tebal shell : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah

4. Belt Conveyor Pencuci Daun Sirih (J-111)

Fungsi : untuk mengangkut daun sirih dari gudang penyimpanan menuju ke rotary cutter sekaligus untuk membersihkan daun sirih.

Tipe : Belt conveyor dengan konstruksi belt dari wire

Dasar pemilihan :

1. Cocok digunakan untuk mendistribusikan komponen solid.
2. Biaya operasi yang murah dan cocok untuk kapasitas besar

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

Waktu operasi : 10 menit

Perhitungan

Daun sirih kotor masuk : $278,85 \text{ kg/batch} = 1673,1 \text{ kg/jam} = 1,6731 \text{ ton/jam}$

Ditetapkan :

1. Panjang *belt* = 10 m
2. Tebal *belt* = 2 mm
3. Sudut elevasi = 0°

Dari Perry, 7th ed., p. 21-11, tabel 21.7 diperoleh data untuk lebar belt 35 cm

Kecepatan belt = 30,5 m/menit

Kapasitas = 32000 kg/jam

$$\text{Kecepatan belt} = \frac{1673,1 \text{ kg/jam}}{32000 \text{ kg/jam}} \cdot 30,5 \text{ m/mnt} = 1,6 \text{ m/mnt}$$

Untuk sudut elevasi $< 25^{\circ}$, maka :

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

(Perry, 3th ed., pp. 1355)

dimana

TPH = kapasitas belt, ton/jam

H = panjang belt, m

C = faktor formula = 2

V = ketinggian belt conveyor, m

Untuk sudut elevasi = 0° , maka $\tan \alpha = V/H$, sehingga $V = 0$

$V = 0$

$$\text{Power (HP)} = 1,6731 \text{ ton/jam} \times (10 \text{ m} \times 0,002) \times 2 = 0,067 \text{ Hp}$$

Dari perry , table 24-1,p.24-4, 6th ed, didapatkan :

Efisiensi motor = 80 %

$$\text{Power motor} = \frac{0,067}{0,8} = 0,084 \text{ hp}$$

Spesifikasi Alat

Nama	: Belt Pencuci Daun Sirih
Fungsi	: untuk mengangkut daun sirih dari gudang penyimpanan menuju ke rotary cutter sekaligus untuk membersihkan daun sirih.
Kapasitas	: 5,577 ton/jam
Lebar <i>belt</i>	: 0,35 m
Panjang <i>belt</i>	: 10 m
Tebal <i>belt</i>	: 2 mm
Kecepatan <i>belt</i>	: 30,5 m/s
Sudut elevasi	: 0°
Power	: 0,084 hp
Bahan konstruksi	: wire dan stainless steel
Jumlah	: 1 buah

5. Spray Pencuci Daun Sirih

Fungsi : untuk menyemprotkan air pencuci ke daun sirih

Tipe : Enam buah pipa dengan lubang-lubang kecil di sepanjang pipa

Dasar pemilihan : dapat menyemprotkan air dengan mudah

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

Waktu tinggal : 8 menit

Asumsi : Untuk 1 kg daun sirih dibutuhkan 3 kg air pencuci

Perhitungan :

278,85 kg daun sirih = 836,55 kg air pencuci

$\rho_{\text{air}} = 995,68 \text{ kg/m}^3 = 0,99568 \text{ kg/L}$

Kebutuhan air pencuci = $\frac{836,55 \text{ kg}}{0,99568 \text{ kg/L}} = 840,25 \text{ L}$

Air pencuci yang masuk ke dalam sebuah pipa : $840,25 \text{ L} / 6 = 140,04 \text{ L}$

Debit air pencuci yang masuk ke dalam sebuah pipa :

$\frac{140,04 \text{ L}}{8 \text{ menit}} = 17,5 \text{ L/menit}$

Direncanakan :

Panjang sebuah pipa : 8 m

Jumlah lubang pada sebuah pipa : 200 buah

Jarak antar lubang : 4 cm = 0,04 m

Waktu yang dibutuhkan air pencuci untuk mengalir dari lubang ke lubang :

$$\frac{0,04 \text{ m}}{8 \text{ m}} \times 8 \text{ menit} = 0,04 \text{ menit} = 2,4 \text{ s}$$

Kecepatan (v) air pencuci untuk mengalir dari lubang ke lubang (v) :

$$\frac{0,04 \text{ m}}{2,4 \text{ s}} = 0,0167 \text{ m/s}$$

Debit (Q) air pencuci masuk ke dalam sebuah lubang :

$$\frac{17,5 \text{ L/mnt}}{200 \text{ lubang}} = 0,0875 \text{ L/mnt} = 1,4583 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Luas lubang pada pipa :

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{1,4583 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{0,0167 \text{ m/s}} = 8,73 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Diameter lubang (D) = 0,01 m = 1 cm

Spesifikasi Alat

Jumlah pipa : 6 buah

Panjang pipa : 8 m

Jumlah lubang pada pipa : 200 buah

Jarak antar lubang : 4 cm

Diameter lubang : 1 cm

Bahan konstruksi : *commercial steel pipe*

6. Rotary Knife Cutter Daun Sirih (C-120)

Fungsi : untuk memotong daun sirih sebelum dimasukkan ke dalam tangki ekstraktor.

Tipe : rotary knife cutter

Dasar pemilihan : cocok untuk memotong bahan padat

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

Waktu tinggal : 1 jam

Perhitungan :

Daun sirih = 278,85 kg/batch
= 614,75 lb/ jam

Dari Perry, table 8-16, p.8-29, 6th ed, didapatkan :

Untuk feed rate = 150 lb/jam, screen opening = 40 mesh, power = 15 hp

Jumlah mesin yang dibutuhkan = 614,75 lb/jam / 150 lb/jam = 4 mesin

Spesifikasi alat :

Tipe : rotary knife cutter

Feed rate : 150 lb/jam

Opening : 40 mesh

Power : 15 hp

Ukuran alat : 1,4 x 0,9 m

7. Tangki Ekstraktor Daun Sirih (M-210)

Fungsi : untuk mengekstrak komponen polar dari daun sirih dengan pelarut heksana

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk, koil pemanas dan isolator.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 6 jam

T masuk = 30°C = 303 K

T keluar = 80°C = 353 K

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Padatan	= 624,64 kg/4	= 156,16 kg
Ekstrak sirih	= 490,76 kg/4	= 122,69 kg
Heksana	= 7528,96 kg/4	= 1882,24 kg

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)
Padatan	156,16	543
Ekstrak sirih	122,69	958
Heksana	1882,24	675
Total	2161,09	

Komponen Liquid	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Ekstrak sirih	122,69	958	0,0612	6,4.10 ⁻⁵
Heksana	1882,24	675	0,9388	0,0014
Total	2004,93		1	0,001455

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho_{campuran\ cair} = 687,285 \text{ kg/m}^3$$

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi
Padatan	156,16	543	0,0723
Liquid	2004,93	687,285	0,9277
Total	2161,09		1

$$\rho_{padatan} = 543 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{campuran\ cair} = 687,285 \text{ kg/m}^3$$

$$\varepsilon = \frac{X_{cairan} / \rho_{cairan}}{X_{cairan} / \rho_{cairan} + X_{padatan} / \rho_{padatan}}$$

(Geankoplis ed 4 hal 924)

$$\varepsilon = 0,9102$$

$$\rho_{camp} = \varepsilon \cdot \rho_c + (1-\varepsilon) \cdot \rho_p \quad (\text{Geankoplis ed 4 hal 924, pers 14.3-14})$$

$$\begin{aligned} \rho_{camp} &= 0,9102 \times 687,285 + (1-0,9102) \times 543 \\ &= 674,3282 \text{ kg/m}^3 = 42,078 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Dimana: ρ_{camp} = massa jenis campuran (kg/m³)

ε = fraksi volume cairan

ρ = massa jenis cairan (kg/m³)

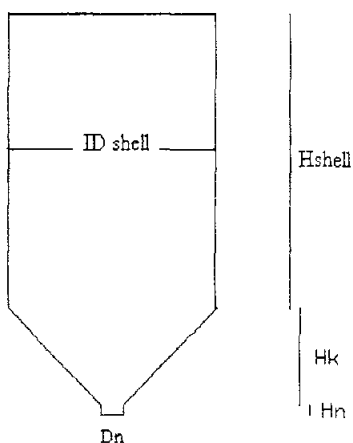
ρ_p = massa jenis padatan (kg/m³)

Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- Sudut konis yang digunakan sebesar 60° sehingga $\alpha = \frac{60}{2} = 30^\circ$ (Brownell & Young hal 96)
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{allow} = 18.750$ psi (Brownell & Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi}$
- Efisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan masuk} &= \frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho \text{ bahan masuk}} \\ &= \frac{2.161,09 \text{ kg}}{674,3282 \text{ kg/m}^3} \\ &= 3,205 \text{ m}^3 = 113,178 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki ekstraktor} &= \frac{\text{volume liquid}}{0,8} \\ &= \frac{3,205 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 4,00625 \text{ m}^3 = 141,473 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$



Keterangan:

ID_{shell} = diameter shell

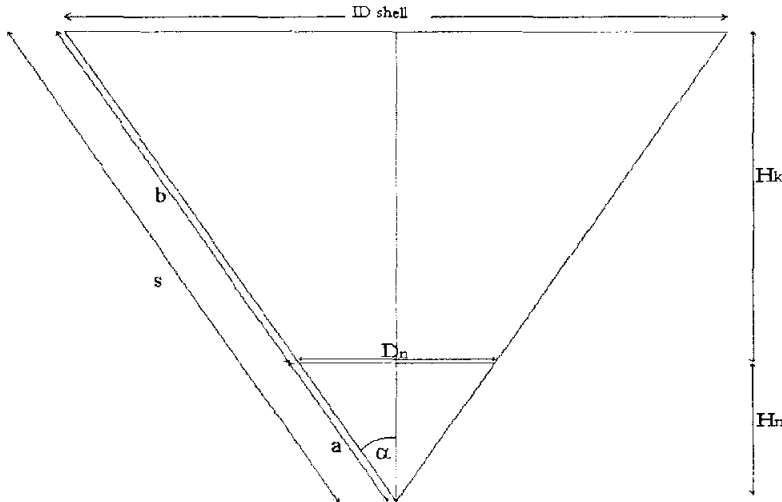
H_{shell} = tinggi shell

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi nozzle

D_n = diameter nozzle

Menghitung dimensi tangki



Dari gambar dapat dicari persamaan untuk menghitung H_n dan H_k

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$\text{tg } \alpha = \frac{ID_{shell}/2}{H_k + H_n}$$

$$H_k = \frac{ID_{shell}}{2 \cdot \text{tg } \alpha} - H_n = \frac{ID_{shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} \times ID_{shell}^2 \times H_{shell} = \frac{1,5\pi}{4} \times ID_{shell}^3$$

Diameter *nozzle* (D_n) yang digunakan berkisar 4, 8, atau 10 inci. (Brownell & Young hal 96)

D_n yang digunakan adalah 8 inci (0,2 m)

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times ID_{shell}^2 \times (H_k + H_n) - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times ID_{shell}^2 \times \left(\frac{ID_{shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} + \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} \right) - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} \end{aligned}$$

$$= \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (\text{ID shell}^3 - \text{Dn}^3)$$

Volume tangki = volume *shell* + volume konis

$$4,00625 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID shell}^3 + \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (\text{ID shell}^3 - \text{Dn}^3)$$

$$4,00625 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID shell}^3 + 0,23 \text{ ID shell}^3 - (1,9 \times 10^{-3})$$

$$4,00625 \text{ m}^3 = 1,408 \text{ ID shell}^3$$

$$\text{ID shell} = 1,417 \text{ m} = 4,6489 \text{ ft} = 55,787 \text{ in}$$

$$\text{H shell} = 1,5 \text{ ID shell} = 1,5 \times 1,417 = 2,1255 \text{ m} = 6,973 \text{ ft}$$

$$\text{Hn} = \frac{\text{Dn}}{2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{0,2}{2 \cdot \text{tg } 30} = 0,173 \text{ m}$$

$$\text{Hk} = \frac{\text{ID shell} - \text{Dn}}{2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{1,417 - 0,2}{2 \cdot \text{tg } 30} = 1,054 \text{ m}$$

$$\text{H total} = \text{H}_{shell} + \text{H}_k = 2,1255 \text{ m} + 1,054 \text{ m} = 3,1795 \text{ m} = 10,4313 \text{ ft}$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{\text{Dn}}{2}\right)^2 + \text{Hn}^2} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{2}\right)^2 + 0,173^2} = 0,2 \text{ m} = 0,6562 \text{ ft}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{\text{ID shell}}{2}\right)^2 + (\text{Hk} + \text{Hn})^2} = \sqrt{\left(\frac{1,417}{2}\right)^2 + (1,054 + 0,173)^2} = 1,4195 \text{ m} = 4,6571 \text{ ft}$$

$$b = s - a = (1,419 - 0,2) \text{ m} = 1,219 \text{ m} = 4 \text{ ft}$$

Tinggi Campuran Bahan Dalam Tangki

Volume bahan dalam shell = volume bahan total - volume bahan dalam konis

$$\frac{\pi}{4} \cdot \text{ID shell}^2 \cdot \text{H camp shell} = \text{volume bahan total} - \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (\text{ID shell}^3 - \text{Dn}^3)$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot 1,417^2 \cdot \text{H camp shell} = 3,205 \text{ m}^3 - \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (1,417^3 - 0,2^3)$$

$$\text{H camp shell} = 1,625 \text{ m} = 5,3314 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{H campuran dalam tangki} &= \text{H camp shell} + \text{H}_k \\ &= 1,625 \text{ m} + 1,054 \text{ m} \\ &= 2,679 \text{ m} = 8,79 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ camp} \times \text{H camp tangki}}{144}$$

$$= \frac{42,078 \text{ lbm/ft}^3 \times 8,79 \text{ ft}}{144} = 2,568 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,696 \text{ psia} + 2,568 \text{ psia} = 17,264 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\ &= 1,2 \times 17,264 \text{ psia} = 20,7168 \text{ psia} = 1,4097 \text{ atm} \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell dan Tutup Atas

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \times ID \text{ shell}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c \\ &= \frac{20,7168 \text{ psia} \times 55,787 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,7168 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,1613 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

$$t_s = \text{tebal shell, in}$$

$$P = \text{internal design pressure, psia}$$

$$ID \text{ shell} = \text{inside diameter, in}$$

$$F \text{ allow} = \text{allowable working stress, psi}$$

$$E = \text{efisiensi sambungan las (joint efficiency)}$$

$$c = \text{corrosion allowance, in (0,125)}$$

Perhitungan tebal tutup bawah (konis) :

Diketahui :

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{P \times ID \text{ shell}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P) \times \cos \alpha} + c \\ &= \frac{20,7168 \text{ psia} \times 55,787 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,7168 \text{ psia}) \times \cos 30} + 0,125 \text{ in} \end{aligned}$$

= 0,1669 in

Dipilih tebal tutup bawah 3/16 in = $4,7625 \cdot 10^{-3}$ m = 0,015625 ft.

Perhitungan Pengaduk :

Dipilih jenis pengaduk: flat-six blade turbine with disk

Dari tabel 3.4-1 hal 158 Geankoplis diperoleh:

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,4; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}; \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$$

Dimana:

D_a = diameter pengaduk

D_t = diameter tangki

W = lebar *blade*

H = tinggi cairan dalam tangki

L = panjang *blade*

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

J = lebar *baffle*

Sehingga didapatkan :

1. Diameter pengaduk (D_a)

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,4 \rightarrow D_a = 0,4 D_t \rightarrow D_a = 0,4 \cdot 1,417 \text{ m} = 0,5668 \text{ m}$$

2. Lebar *blade* (W)

$$\frac{W}{D_a} = 0,2 \rightarrow W = 0,2 D_a \rightarrow W = 0,2 \cdot 0,5668 \text{ m} = 0,1134 \text{ m}$$

3. Panjang *blade* (L)

$$\frac{L}{D_a} = 0,25 \rightarrow L = 0,25 D_a \rightarrow L = 0,25 \cdot 0,5668 \text{ m} = 0,1417 \text{ m}$$

4. Jarak pengaduk dari dasar tangki (C)

$$\frac{C}{D_t} = 0,33 \rightarrow C = 0,33 D_t \rightarrow C = 0,33 \cdot 1,417 \text{ m} = 0,4723 \text{ m}$$

5. Lebar *baffle* (J)

$$\frac{J}{Dt} = 0,083 \rightarrow J = 0,083 Dt \rightarrow J = 0,083 \cdot 1,417 \text{ m} = 0,1181 \text{ m}$$

Perhitungan kecepatan pengadukan

Diketahui :

- Kecepatan agitator (N) antara 20 – 150 rpm

Dipilih kecepatan pengadukan :

$$N = 60 \text{ rpm} \quad = 1 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan periperal} &= \pi \times D_a \times N \\ &= \pi \times 0,5668 \text{ m} \times 60 \text{ rpm} \\ &= 106,785 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan :

$$NRe = \frac{\rho \times N \times D_a^2}{\mu}$$

(Geankoplis ed 4 hal 158, pers 3.4-1)

Dimana:

D_a = diameter pengaduk (m)

N = kecepatan putaran pengaduk (rps)

ρ = densitas (kg/m^3)

μ = viskositas ($\text{kg}/\text{m.s}$)

$$\rho_{\text{camp}} = 674,3282 \text{ kg}/\text{m}^3$$

μ_{campuran} dihitung dengan persamaan :

$$\mu_{\text{m}} = \frac{\mu}{\Psi_p}$$

(Geankoplis ed 4 hal 923, pers 14.3-12)

Dimana :

μ_{m} = viskositas campuran ($\text{kg}/\text{m.s}$)

μ = viskositas cairan

Ψ_p = faktor koreksi empiris

$$\Psi_p = \frac{1}{10^{1,82(1-\epsilon)}} \quad (\text{Geankoplis, pers 14.3-13})$$

dan $\mu = 0,324 \cdot \rho^{0,5}$ (Perry ed 5, hal 3-246 Pers. 3-118)

$$\Psi_p = \frac{1}{10^{1,82 \cdot (1-0,9102)}} = 0,686$$

$$\rho \text{ camp cair} = 687,285 \text{ kg/m}^3 = 42,88 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,324 \cdot \rho^{0,5} = (0,324 \cdot (42,88 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam} \\ &= 0,00143 \text{ lb/ft.s} \end{aligned}$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\Psi_p}$$

$$\mu_m = \frac{0,00143 \text{ lb/ft.s}}{0,686} = 0,00208 \text{ lb/ft.s} = 0,0031 \text{ kg/m.s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu} = \frac{674,3282 \times 1 \text{ rps} \times (0,5668 \text{ m})^2}{0,0031 \text{ kg/m.s}} = 69882,64$$

Dari gambar 3.4-5, Geankoplis 4rd ed, hal 159, untuk flat six-blade turbine with disk diperoleh $N_p = 5$

$$N_p = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot Da^5}$$

(Geankoplis ed 4 hal 158, pers 3.4-2)

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5 = 5 \times 674,3282 \times 1^3 \times (0,5668)^5 = 196,72 \text{ J/s}$$

Effisiensi pengaduk = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{\text{power pengaduk}}{\text{efisiensi}} = \frac{196,72 \text{ J/s}}{0,8} = 245,9 \text{ J/s} = 0,329 \text{ hp}$$

Menghitung jumlah pengaduk

$$Sg \text{ bahan masuk} = \frac{\rho \text{ camp}}{\rho \text{ air}} = \frac{674,3282 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,677$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{Sg \times H \text{ shell}}{ID \text{ shell}}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{0,677 \times 2,1255 \text{ m}}{1,417 \text{ m}} = 1,0155 = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak pengaduk (R)} = (\text{Tinggi campuran dalam tangki} - C)/3$$

$$= (2,679 - 0,4723)/3$$

$$= 0,73556 \text{ m}$$

Perhitungan koil pemanas

Dipilih :

Ukuran pipa = 1,5 in IPS sch.80

(Kern, hal 844)

$$d_o = 1,9000 \text{ in}$$

$$d_i = 1,5000 \text{ in}$$

$$a' = 1,7600 \text{ in}^2$$

$$a'' = 0,4980 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

Diketahui :

$$\text{ID shell} = 4,64895 \text{ ft}$$

$$N = 3600 \text{ rpj}$$

$$\rho \text{ camp} = 42,078 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ camp} = 3,1 \text{ cps} = 7,502 \text{ btu/ft.jam}$$

Cp campuran dihitung dengan persamaan :

$$Cp \text{ camp} = \sum_j X_m^i \cdot Cp_i$$

(Ibraaz, et. al hal 312-313)

dimana:

 X_m^i = fraksi mol dari tiap komponen Cp_i = kapasitas panas tiap komponen, btu/lb°F

Komponen	Massa (kg)	Xi	Cpi (btu/lb°F)	Xi.Cpi
Padatan	156,16	0,072	0,32	0,0231
Liquid				
• Ekstrak sirih				
○ Tannin	16,73	0,0077	0,4493	0,0035
○ Flavonoid	11,15	0,0052	0,4106	0,0021
○ Triterpen	13,94	0,0065	0,498	0,0032
○ Air	66,92	0,031	1,0032	0,0311
○ Essential oil				
- Chavicol	2,23	0,001	0,4234	0,0004
- Chavibetol	0,84	0,0004	0,4389	0,0002
- Carvacrol	1,39	0,0006	0,4941	0,0003
- M.eugenol	2,09	0,001	0,442	0,0004
- Cadinen	1,25	0,0006	0,5024	0,0003
- Eugenol	5,58	0,0026	0,4416	0,0011
- Cineol	0,56	0,0003	0,5118	0,0001
• Heksana	1882,24	0,871	0,80	0,6968
Total	2161,09	1		0,7627

C_p campuran = 0,7627 Btu/lb.°F

k campuran dihitung dengan persamaan :

$$k_{\text{camp}} = \sum_i X_v^i \cdot k_i$$

(Ibraaz, et. al hal 312-313)

dimana :

X_v^i = fraksi volume dari tiap komponen

k_i = konduktivitas termal tiap komponen, Btu/jam.ft.°F

ρ_i = densitas tiap komponen, Btu/ft³

Komponen	volume (m ³)	Xi	ki (btu/jam.ft.°F)	Xi.ki
Padatan	4,6067	0,0898	0,12	0,011
Liquid				
• Ekstrak sirih	2,0515	0,04	0,226	0,009
• Heksana	44,6676	0,8702	0,0797	0,0694
Total	51,3258	1		0,0894

k campuran = 0,0263 Btu/jam.ft.°F

Ditetapkan :

$R_d = 0,005$

Perhitungan :

Bagian pipa (steam)		Bagian bejana (bahan)	
hio (Btu/j.ft ² °F)	1500	ID shell (ft)	4,64895
		Da = 0,4 x IDshell (ft)	1,8596
		$NRe = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$	69.882,64
		jc = (Kern, fig. 20.2, p.718)	1000
		$hc = jc \times \frac{k}{D} \times \left(\frac{C_p \times \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$ (Btu/jam.ft ² °F)	76,9213

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_c}{h_{io} + h_c} \quad (\text{Kern p 723})$$

$$U_c = \frac{1500 \times 76,9213}{1500 + 76,9213} = 73,1691 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{°F}$$

$$R_d = 0,005$$

$$h_d = \frac{1}{0,005} = 200$$

$$U_d = \frac{U_c \cdot h_d}{U_c + h_d}$$

$$U_d = 53,5706 \text{ Btu/jam.ft}^2\text{°F}$$

LMTD

$$T_1 = 284^\circ\text{F}$$

$$t_1 = 86^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 284^\circ\text{F}$$

$$t_2 = 176^\circ\text{F}$$

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \left[\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1} \right]} = 148,4816^\circ\text{F}$$

Dimana :

T1 = Suhu steam masuk

T2 = Suhu steam (condensate) keluar

t1 = Suhu bahan masuk

t2 = Suhu bahan keluar

Dari perhitungan neraca panas :

$$Q = 345.798,2059 \text{ Btu/batch} = 57.633,0343 \text{ Btu/jam}$$

$$A = \frac{Q}{U_D \times LMTD} = \frac{57.633,0343}{53,5706 \times 148,4816} = 7,2456 \text{ ft}^2$$

$$\text{Panjang pipa, } L = \frac{A}{a''} = \frac{7,2456 \text{ ft}^2}{0,4980 \text{ ft}^2/\text{ft}} = 14,55 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil } D_c = (ID \text{ shell} + D_a)/2 = 3,2543 \text{ ft}$$

$$\text{Jumlah lilitan, } N_c = \frac{L}{\pi \times D_c} + 1 = 2,4231 \text{ lilitan} = 3 \text{ lilitan}$$

$$h_c = \text{jarak 3 koil} = 3 \times d_o = 3 \times 1,9 \text{ in} = 5,7 \text{ in}$$

$$L_c = [(N_c - 1)(h_c + d_o)] + d_o = 17,1 \text{ in} = 1,425 \text{ ft}$$

$$I_{L_s} = \frac{V \text{ bahan dalam shell}}{\frac{\pi}{4} \times ID \text{ shell}^2} = \frac{113,178 \text{ ft}^3}{\frac{\pi}{4} \times (4,64895 \text{ ft})^2} = 6,6675 \text{ ft}$$

dimana

L_c = tinggi koil

I_{L_s} = tinggi campuran bahan dalam shell

$l_c < I_{L_s} \rightarrow$ sesuai dan memenuhi syarat

Perhitungan kebutuhan steam

Dari neraca panas Q_{steam} yang dibutuhkan untuk proses ekstraksi ialah 364.837,86 kJ/batch. Steam yang digunakan adalah saturated steam dengan suhu 140°C dan kualitas steam 90%, maka panas yang dihasilkan adalah :

$$\text{Panas} = 0,9 \times (2733,9 - 589,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1930,293 \text{ kJ/kg}$$

Maka steam yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{364.837,86 \text{ kJ/batch}}{1930,293 \text{ kJ/kg}} = 189 \text{ kg}$$

Perhitungan isolator

$$Q_{\text{steam}} = 345.798,2059 \text{ Btu/batch} = 57.633,0343 \text{ Btu/jam}$$

$$Q_{\text{loss}} = 17.289,9103 \text{ Btu/batch} = 2.881,6517 \text{ Btu/jam}$$

Isolator yang dipakai dari kapuk (Kern, 1965, pp.796) :

Data :

$$k \text{ isolator} = 0,0200 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$$

(Kern, 1965, tab.2)

$$\text{Densitas isolator} = 0,8800 \text{ lb/ft}^3 = 0,0733 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{Suhu tangki, } T_1 = 176^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu lingkungan, } T_o = 86^\circ\text{F}$$

Perhitungan :

$$OD \text{ shell} = 4,6646 \text{ ft}$$

$$\text{Jari-jari luar shell, } r_1 = 2,3323 \text{ ft} = 27,9876 \text{ in}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{ID_{shell}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2} = \sqrt{\left(\frac{1,417}{2}\right)^2 + (1,054 + 0,173)^2} = 1,4195 \text{ m} = 4,6571 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang isolator, } L &= H_{camp \text{ shell}} + s \\ &= 5,3314 \text{ ft} + 4,6571 \text{ ft} = 9,9885 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{2\pi L(T_1 - T_0)}{\frac{\ln r_2 / r_1}{k}}$$

(Geankoplis, pers 4.3-33)

$$2.881,6517 \text{ Btu/jam} = \frac{2\pi \times 9,9885 \text{ ft} \times (176 - 86)^\circ\text{F}}{\frac{\ln(r_2/2,3323 \text{ ft})}{0,02 \text{ Btu/jam.ft}^\circ\text{F}}}$$

$$r_2 = 2,4256 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{tebal isolator} &= r_2 - r_1 \\ &= 2,4256 \text{ ft} - 2,3323 \text{ ft} \\ &= 0,0932 \text{ ft} = 0,0284 \text{ m} = 1,119 \text{ in} = 1\frac{1}{4} \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

- Nama : Tangki ekstraktor daun sirih
- Kapasitas : 3,205 m³/batch
- ID_{shell} : 1,417 m
- H_k : 1,054 m
- H_{shell} : 2,1255 m
- H total : 3,1795 m
- Tebal *shell* : 3/16 in
- Tebal *head* : 3/16 in
- Tebal konis : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah
- Jenis pengaduk : flat-six blade turbine with disk

Diameter pengaduk (Da) : 0,5668 m

Jarak dasar tangki ke pengaduk (C) : 0,4723 m

Lebar blade (W) : 0,1134 m

Panjang blade (L) : 0,1417 m

Lebar baffle (J) : 0,1181 m

Jumlah pengaduk : 1 buah

Power : 0,329 hp

- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*
- Jenis isolator : kapuk
- Tebal isolator : 1 ¼ in

8. Filter Press I (H-220)

Fungsi : untuk menyaring solid (ampas daun sirih)

Tipe : Plate and frame filter press

Dasar perancangan :

Waktu pembersihan = waktu pembongkaran + pengambilan cake + pencucian plate and frame + pemasangan

= (15 + 15 + 15 + 15) menit = 60 menit = 1 jam

Waktu siklus operasi = 2 jam (terdiri 1 jam bongkar pasang dan 1 jam operasi)

Komposisi filtrat

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Ekstrak sirih	98,15	958	0,05	5,219 x 10 ⁻⁵
Heksana	1866,62	675	0,95	1,4074 x 10 ⁻³
Total =	1964,77		1	1,4596 x 10 ⁻³

Perhitungan :

$$\frac{1}{\rho_{\text{filtrat}}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2}$$

dimana : x_1 : fraksi massa ekstrak sirih

x_2 : fraksi massa heksana

ρ_1 : densitas ekstrak sirih

ρ_2 : densitas heksana

$$\frac{1}{\rho_{\text{filtrat}}} = \frac{0,05}{958,12 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,95}{675 \text{ kg/m}^3}$$

$$\rho_{\text{filtrat}} = 685,12 \text{ kg/m}^3 = 42,77 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 0,324 \cdot \rho^{0,5} = (0,324 \cdot (42,77 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam}$$

$$= 0,00142 \text{ lb/ft.s} = 0,00212 \text{ Pa.s}$$

Komposisi cake

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Padatan	156,16	543	0,795	1,464 x 10 ⁻³
Ekstrak sirih	24,54	958	0,125	1,3048 x 10 ⁻⁴
Heksana	15,62	675	0,08	1,185 x 10 ⁻⁴
Total =	196,32		1	1,71298 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3}$$

dimana : x_1 : fraksi massa padatan
 x_2 : fraksi massa ekstrak sirih
 x_3 : fraksi massa heksana
 ρ_1 : densitas padatan
 ρ_2 : densitas ekstrak sirih
 ρ_3 : densitas heksana

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{0,795}{543 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,125}{958 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,08}{675 \text{ kg/m}^3}$$

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{0,795}{543 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,125}{958 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,08}{675 \text{ kg/m}^3}$$

$$\rho_{cake} = 583,78 \text{ kg/m}^3$$

Cake :

$$\text{Massa cake} = 196,32 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Density} = 583,78 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = 0,336 \text{ m}^3/\text{batch}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cake} &= 0,336 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 0,336 \text{ m}^3 = 88,761 \text{ gal} \end{aligned}$$

Filtrat :

$$\text{Massa filtrat} = 1964,77 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Density filtrat} = 685,12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = 2,867 \text{ m}^3/\text{batch}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume filtrat} &= 2,867 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 2,867 \text{ m}^3 = 757,38 \text{ gal} \end{aligned}$$

Rate filtrasi 5-20 gal / ft². jam (Perry's ed 5, tabel 19-18)

Diambil 20 gal / ft². jam

$$\text{Luas frame total} = \frac{757,38}{20 \times 1} = 37,869 \text{ ft}^2$$

Digunakan : Ukuran plate & frame = 18 x 18 in

Dari Perry edisi 5, tabel 19-17, diperoleh :

$$\text{Luas efektif} = 3,9 \text{ ft}^2$$

Total kapasitas = 0,16 ft²/ in tebal

$$\text{Jumlah frame, } N = \frac{\text{Luas total}}{\text{Luas efektif}} = \frac{37,869}{3,9} = 9,71 \text{ buah}$$

Dipakai 10 buah plate → 9 frame

Plate and frame yang dipakai = (2 x N) - 1 = (2 x 10) - 1 = 19 buah

Diketahui tebal frame = 0,125-8 in (Perry, ed 6, hal 19-75)

$$\text{Volume cake tiap frame} = \frac{Q_{\text{cake}}}{\text{jumlah frame}}$$

$$\text{Volume cake tiap frame} = \frac{88,761 \text{ gal}}{9}$$

$$\text{Volume cake tiap frame} = 9,86 \text{ gal} = 1,32 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tebal frame} = \frac{\text{Volume cake tiap frame}}{\text{luas efektif}}$$

$$\text{Tebal frame} = \frac{1,32 \text{ ft}^3}{3,9 \text{ ft}^2}$$

$$\text{Tebal frame} = 0,34 \text{ ft} = 4,05 \text{ in}$$

Diambil tebal frame = 4,5 in

Panjang total plate and frame filter press = 19 x 4,5 in = 85,5 in = 2,17 m

Pressure Drop

Diasumsi :

- Tahanan cake, α didekati dengan tahanan sludge agar-agar (Laporan penelitian dosen Ir Nani)
- Tahanan filter medium, R_m didekati dengan tahanan nylon cloth (Geankoplis, hal 913)

$$\alpha = 4,9 \cdot 10^{10} \text{ m/kg}$$

$$R_m = 10,63 \cdot 10^{10} \text{ m}^{-1}$$

$$v = \frac{-\Delta p}{\mu \left(\frac{\alpha \cdot C_s \cdot V}{A} + R_m \right)}$$

Dimana :

V = total volume filtrat (m^3)

t = waktu filtrasi (s)

Δp = pressure drop (N/m^2)

μ = viscositas filtrat (Pa.s)

α = tahanan spesifik cake (m/kg)

C_s = konsentrasi slurry (kg/m^3)

A = Luas area filtrasi (m^2)

R_m = tahanan filter medium (m^{-1})

v = rate filtrasi (m/s)

$$v = 20 \text{ gal/ft}^2\text{jam} = 4,0102 \text{ ft/jam} = 1,2223 \text{ m/jam} = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$A = 10 \times 39 \text{ ft}^2 = 390 \text{ ft}^2 = 36,23 \text{ m}^2$$

$$C_s = \frac{\text{massa cake}}{\text{volume filtrat}} = \frac{196,32 \text{ kg}}{2,867 \text{ m}^3} = 68,48 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 2,867 \text{ m}^3$$

$$-\Delta p = v \cdot \mu \left(\frac{\alpha \cdot C_s \cdot V}{A} + R_m \right)$$

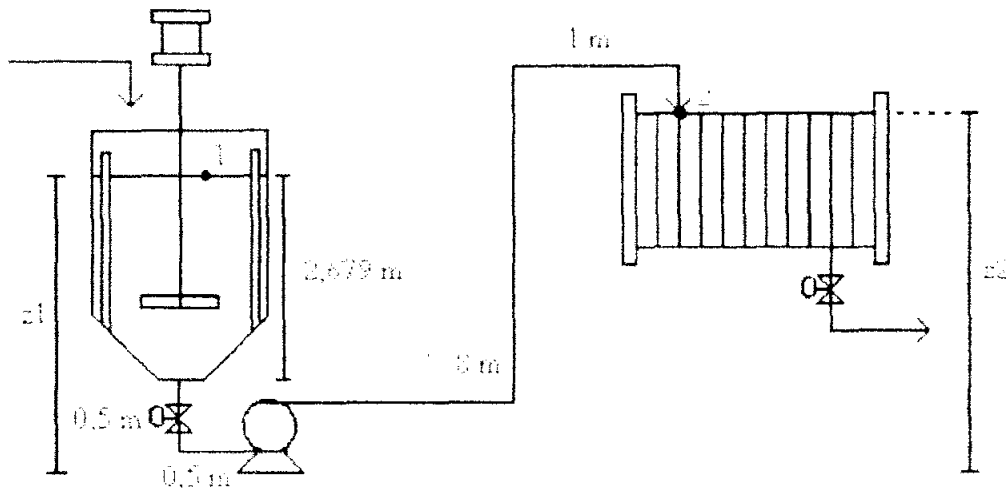
$$-\Delta p = 3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,00212 \left(\frac{4,9 \cdot 10^{10} \cdot 68,48 \cdot 2,867}{36,23} + 10,63 \cdot 10^{10} \right)$$

$$-\Delta p = 268.017,5298 \text{ N/m}^2 = 2,6 \text{ atm}$$

Spesifikasi Alat

Tipe	: Plate and Frame Filter Press
Jumlah alat	: 1 buah
Tebal tiap frame/plate	: 4,5 in
Jumlah plate and frame	: 19 buah
Panjang alat	: 2,17 m
Pressure drop	: 2,6 atm
Bahan konstruksi	: stainless steel

9. Pompa Filter Press I (L-213)



Fungsi : Mengalirkan *slurry* hasil ekstraksi daun sirih dari tangki ekstraksi ke filter press

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

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

$\rho_{\text{camp}} = 674,3282 \text{ kg/m}^3 = 42,078 \text{ lb/ft}^3$

$\mu_{\text{camp}} = 0,00208 \text{ lb/ft}\cdot\text{s} = 0,0031 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

Massa *slurry* masuk = 2.161,09 kg

Volume *slurry* = $\frac{2.161,09 \text{ kg}}{674,3282 \text{ kg/m}^3} = 3,2048 \text{ m}^3$

Ditentukan waktu operasi : 10 menit

Debit *slurry* masuk (Q) = $19,2288 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0053 \text{ m}^3/\text{s} = 0,1886 \text{ ft}^3/\text{s}$

Laju *slurry* masuk (m) = $0,0053 \text{ m}^3/\text{s} \times 674,3282 \text{ kg/m}^3 = 3,574 \text{ kg/s}$

Diameter Pompa

Asumsi aliran turbulen, dari Timmerhaus hal 496 didapat :

$$ID_{\text{opt}} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13}$$

Dimana :

ID opt = *inside* diameter (in)

Q = debit *slurry* (ft^3/s)

ρ = densitas *slurry* (lb/ft³)

$$ID_{opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13} = 3,9 (0,1886)^{0,45} (42,078)^{0,13} = 2,9935 \text{ in}$$

Dipilih *Steel Pipe* (IPS) berukuran 3 in schedule 40 (Kern p 844)

Tabel 11 diperoleh :

$$ID = 3,068 \text{ in} = 0,0779272 \text{ m}$$

$$OD = 3,5 \text{ in} = 0,0889 \text{ m}$$

$$A = 7,38 \text{ in}^2 = 0,05125 \text{ ft}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1886 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,05125 \text{ ft}^2} = 3,68 \text{ ft/s} = 1,1217 \text{ m/s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = \frac{674,3282 \text{ kg/m}^3 \times 1,1217 \text{ m/s} \times 0,0779272 \text{ m}}{0,0031 \text{ kg/m.s}}$$

$$Nre = 20.629,53 \rightarrow \text{aliran turbulen} \rightarrow \alpha = 1$$

Friksi

1. *Sudden contraction*

Apipa \lll Atangki

$$Kc = 0,55 (1 - (A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}})) \quad (\text{Geankoplis 4}^{\text{th}} \text{ ed., Eq.2.10-16})$$

$A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}} = 0$, karena A_{tangki} jauh lebih besar dibanding A_{pipa}

Sehingga : $Kc = 0,55$

$$hc = Kc \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$hc = 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,1217 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,346 \text{ J/kg}$$

2. *Sudden enlargement*

$$hex = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$hc = (1-0) \times \frac{(1,1217 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,6291 \text{ J/kg}$$

3. Friksi pada pipa lurus

Digunakan pipa *Commercial Steel*, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3})$$

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4,6 \times 10^{-5}}{0,0779272} = 5,9 \times 10^{-4} \rightarrow f = 0,007$$

$$\Delta L = (0,5 + 0,5 + 8 + 1) \text{ m} = 10 \text{ m}$$

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

$$F_f = 4(0,007) \times \frac{10}{0,0779272} \times \frac{(1,1217)^2}{2} = 2,2604 \text{ J/kg}$$

4. Friksi pada *elbow*

Jumlah *elbow* $90^\circ = 4$ buah

K_f *elbow* $90^\circ = 0,75$ (Geankoplis, Tbl. 2.10-1)

$$h_f = 4 \times K_f \times \frac{v^2}{2}$$

$$h_f = 4 \times 0,75 \times \frac{(1,1217)^2}{2} = 1,8873 \text{ J/kg}$$

5. Friksi pada *gate valve*

Jumlah *gate valve* = 1 buah

K_f *gate valve wide open* = 0,17 (Geankoplis, Tbl. 2.10-1)

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

$$h_f = 0,17 \times \frac{(1,1217)^2}{2} = 0,1069 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{friksi} &= (0,346 + 0,6291 + 2,2604 + 1,8873 + 0,1069) \text{ J/kg} \\ &= 5,2297 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Power Pompa

$$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

v_2 = kecepatan aliran pada titik 2 = v pada pipa = 1,1217 m/s

v_1 = kecepatan aliran pada titik 1 ≈ 0

$z_2 - z_1 = 1$ m

g = percepatan gravitasi = 9,806 m/s²

$P_1 = 1 \text{ atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

$\Delta p = -\Delta p$ filter press = 268.017,5298 N/m²

$$-W_s = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$$-W_s = \frac{(1,1217^2 - 0^2)}{2 \cdot 1} + 1 \cdot 9,806 + \frac{268.017,5298}{674,3282} + 5,2297 = 271,2 \text{ J/kg}$$

$$W_s = -413,1234 \text{ J/kg}$$

Dengan $Q = 19,2288 \text{ m}^3/\text{jam}$, didapat efisiensi pompa = 62 %
(Timmerhaus, Fig. 13-37)

$$\text{Brake Hp} = \frac{W_s \times m}{\eta \times 550} = \frac{-413,1234 \text{ J/kg} \times 3,574 \text{ kg/s}}{0,62 \times 550} = 4,33 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{4,33 \text{ Hp}}{0,8} = 5,4124 \text{ Hp}$$

Diambil power 5,5 Hp

Spesifikasi Alat

- Fungsi : Mengalirkan *slurry* hasil ekstraksi daun sirih dari tangki ekstraksi ke filter press
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : $0,1886 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 3 in schedule 40
 - ID pipa : 3,068 in
 - OD pipa : 3,5 in
 - Power pompa : 5,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

10. Mixing Tank I (M-230)

Fungsi : Mencampurkan filtrat dari filter press dengan ethanol dari tangki penampungan ethanol untuk proses defatted.

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk dan isolator.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 3 jam

T masuk = $61,62 \text{ }^\circ\text{C} = 334,62 \text{ K}$

T keluar = $59,79 \text{ }^\circ\text{C} = 332,79 \text{ K}$

=Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak sirih	= 98,15 kg/batch
Heksana	= 1866,62 kg/batch
Etanol	= 660,87 kg/batch

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/ρi
Ekstrak sirih	98,15	958	0,038	3,9666 x 10 ⁻⁵
Heksana	1866,62	675	0,711	1,0533 x 10 ⁻³
Etanol	660,87	790	0,251	3,1772 x 10 ⁻⁴
Total =	2625,64		1	1,4107 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho_{campuran} = 708,868 \text{ kg/m}^3 = 44,233 \text{ lb/ft}^3$$

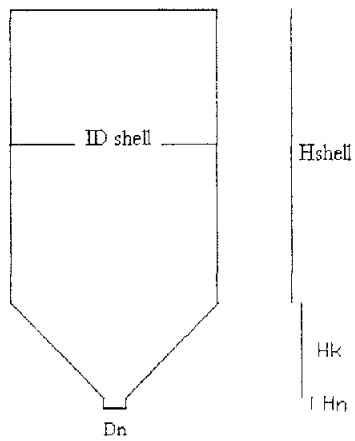
Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- Sudut konis yang digunakan sebesar 60° sehingga $\alpha = 60/2 = 30^\circ$ (Brownell&Young hal 96)
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{allow} = 18.750 \text{ psi}$ (Brownell&Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi}$
- Effisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan masuk} &= \frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho_{\text{bahan masuk}}} \\ &= \frac{2625,64 \text{ kg}}{708,868 \text{ kg/m}^3} \\ &= 3,7043 \text{ m}^3 = 130,81 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki ekstraktor} &= \frac{\text{volume liquid}}{0,8} \\ &= \frac{3,7043 \text{ m}^3}{0,8} \end{aligned}$$

$$= 4,6304 \text{ m}^3 = 163,513 \text{ ft}^3$$



Keterangan:

ID_{shell} = diameter shell

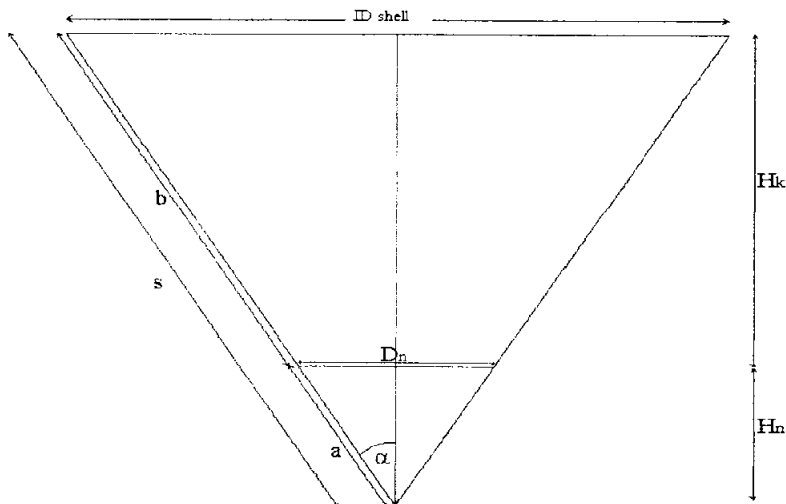
H_{shell} = tinggi shell

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi nozzle

D_n = diameter nozzle

Menghitung dimensi tangki



Dari gambar dapat dicari persamaan untuk menghitung H_n dan H_k

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$H_k = \frac{ID_{shell}}{2 \cdot \text{tg } \alpha} - H_n = \frac{ID_{shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} \times ID \text{ shell}^2 \times H \text{ shell} = \frac{1,5\pi}{4} \times ID \text{ shell}^3$$

Diameter *nozzle* (Dn) yang digunakan berkisar 4, 8, atau 10 inchi. (Brownell & Young hal 96)

Dn yang digunakan adalah 8 inchi (0,2 m)

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times ID \text{ shell}^2 \times (H_k + H_n) - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times ID \text{ shell}^2 \times \left(\frac{ID \text{ shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} + \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} \right) - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} \\ &= \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (ID \text{ shell}^3 - D_n^3) \end{aligned}$$

Volume tangki = volume *shell* + volume konis

$$4,6304 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times ID \text{ shell}^3 + \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (ID \text{ shell}^3 - D_n^3)$$

$$4,6304 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID shell}^3 + 0,23 \text{ ID shell}^3 - (1,9 \times 10^{-3})$$

$$4,6304 \text{ m}^3 = 1,408 \text{ ID shell}^3$$

$$ID \text{ shell} = 1,487 \text{ m} = 4,8788 \text{ ft} = 58,543 \text{ in}$$

$$H \text{ shell} = 1,5 \text{ ID shell} = 1,5 \times 1,487 = 2,2305 \text{ m} = 7,318 \text{ ft}$$

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{0,2}{2 \cdot \text{tg } 30} = 0,173 \text{ m}$$

$$H_k = \frac{ID \text{ shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{1,487 - 0,2}{2 \cdot \text{tg } 30} = 1,1146 \text{ m}$$

$$H \text{ total} = H_{\text{shell}} + H_k = 2,2305 \text{ m} + 1,1146 \text{ m} = 3,3451 \text{ m} = 10,975 \text{ ft}$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + H_n^2} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{2}\right)^2 + 0,173^2} = 0,2 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{ID \text{ shell}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2} = \sqrt{\left(\frac{1,487}{2}\right)^2 + (1,1146 + 0,173)^2} = 1,487 \text{ m}$$

$$b = s - a = (1,487 - 0,2) \text{ m} = 1,287 \text{ m}$$

Tinggi Campuran Bahan Dalam Tangki

Volume bahan dalam shell = volume bahan total - volume bahan dalam konis

$$\frac{\pi}{4} \cdot ID \text{ shell}^2 \cdot H \text{ camp shell} = \text{volume bahan total} - \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (ID \text{ shell}^3 - D_n^3)$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot 1,487^2 \cdot H \text{ camp shell} = 3,7043 \text{ m}^3 - \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (1,487^3 - 0,2^3)$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ camp shell} &= 1,706 \text{ m} \\
 H \text{ campuran dalam tangki} &= H \text{ camp shell} + H_k \\
 &= 1,706 \text{ m} + 1,1146 \text{ m} \\
 &= 2,8206 \text{ m} = 9,2538 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ camp} \times H \text{ camp tangki}}{144}$$

$$= \frac{42,233 \text{ lbm/ft}^3 \times 9,2538 \text{ ft}}{144} = 2,843 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\
 &= 14,696 \text{ psia} + 2,843 \text{ psia} = 17,539 \text{ psia}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\
 &= 1,2 \times 17,539 \text{ psia} = 21,0468 \text{ psia} = 1,432 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell dan Head atas

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{P \times ID \text{ shell}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c \\
 &= \frac{21,0468 \text{ psia} \times 58,543 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 21,0468 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in} \\
 &= 0,1637 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

$$t_s = \text{Tebal shell, in}$$

$$P = \text{Internal design pressure, psia}$$

$$ID \text{ shell} = \text{Inside diameter, in}$$

$$F \text{ allow} = \text{Allowable working stress, psi}$$

$$E = \text{Efisiensi sambungan las (joint efficiency)}$$

$$c = \text{Corrosion allowance, in (0,125)}$$

Perhitungan tebal tutup bawah (konis)

Diketahui :

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\begin{aligned}
 tk &= \frac{P \times ID \text{ shell}}{2 \times (F \text{ allow. E-0,6 P}) \times \cos \alpha} + c \\
 &= \frac{21,0468 \text{ psia} \times 58,543 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 21,0468 \text{ psia}) \times \cos 30} + 0,125 \text{ in} \\
 &= 0,1697 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih tebal tutup bawah sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

Perhitungan Pengaduk

Dipilih jenis pengaduk: flat-six blade turbine with disk

Dari tabel 3.4-1 hal 158 Geankoplis diperoleh:

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,4; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}; \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$$

Dimana:

D_a = diameter pengaduk

D_t = diameter tangki

W = lebar *blade*

H = tinggi cairan dalam tangki

L = panjang *blade*

C = jarak pengaduk dari dasar tangki

J = lebar *baffle*

Sehingga didapatkan :

1. Diameter pengaduk (D_a)

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,4 \rightarrow D_a = 0,4 D_t \rightarrow D_a = 0,4 \cdot 1,487 \text{ m} = 0,5948 \text{ m}$$

2. Lebar *blade* (W)

$$\frac{W}{D_a} = 0,2 \rightarrow W = 0,2 D_a \rightarrow W = 0,2 \cdot 0,5948 \text{ m} = 0,11896 \text{ m}$$

3. Panjang *blade* (L)

$$\frac{L}{D_a} = 0,25 \rightarrow L = 0,25 D_a \rightarrow L = 0,25 \cdot 0,5948 \text{ m} = 0,1487 \text{ m}$$

4. Jarak pengaduk dari dasar tangki (C)

$$\frac{C}{Dt} = 0,33 \rightarrow C = 0,33 \text{ Dt} \rightarrow C = 0,33 \cdot 1,487 \text{ m} = 0,4957 \text{ m}$$

5. Lebar *buffle* (J)

$$\frac{J}{Dt} = 0,083 \rightarrow J = 0,083 \text{ Dt} \rightarrow J = 0,083 \cdot 1,417 \text{ m} = 0,124 \text{ m}$$

Perhitungan kecepatan pengadukan

Diketahui :

- Kecepatan agitator (N) antara 20 – 150 rpm

Dipilih kecepatan pengadukan :

$$N = 60 \text{ rpm} = 1 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan periperal} &= \pi \times D_a \times N \\ &= \pi \times 0,5948 \text{ m} \times 60 \text{ rpm} \\ &= 112,06 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan :

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

Dimana:

Da = diameter pengaduk (m)

N = kecepatan putaran pengaduk (rps)

ρ = densitas (kg /m³)

μ = viskositas (kg/m.s)

$$\rho \text{ camp} = 708,868 \text{ kg/m}^3 = 44,233 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,324 \cdot \rho^{0,5} = (0,324 \cdot (44,233 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam} \\ &= 0,00145 \text{ lb/ft.s} = 0,00216 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

$$NRe = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu} = \frac{708,868 \times 1 \text{ rps} \times (0,5948 \text{ m})^2}{0,00216 \text{ kg/m.s}} = 115.105,70$$

(Geankoplis, pers 3.4-1)

Dari gambar 3.4-5, Geankoplis 4rd ed, hal 159, untuk flat six-blade turbine with disk diperoleh $N_p = 5$

$$N_p = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot Da^5}$$

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5 = 5 \times 708,868 \times 1^3 \times (0,5948)^5 = 263,87 \text{ J/s (Geankoplis, pers 3.4-2)}$$

Effisiensi pengaduk = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{\text{power pengaduk}}{\text{efisiensi}} = \frac{263,87 \text{ J/s}}{0,8} = 329,84 \text{ J/s} = 0,33 \text{ hp}$$

Menghitung jumlah pengaduk

$$\text{Sg bahan masuk} = \frac{\rho \text{ camp}}{\rho \text{ air}} = \frac{708,868 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,712$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{\text{Sg} \times \text{H shell}}{\text{ID shell}}$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{0,712 \times 2,2305 \text{ m}}{1,487 \text{ m}} = 1,068 = 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pengaduk (R)} &= (\text{Tinggi campuran dalam tangki} - C)/3 \\ &= (2,8206 - 0,4957)/3 \\ &= 0,775 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan isolator

$$Q \text{ loss} = 14.022,1999 \text{ Btu/batch} = 4.674,0566 \text{ Btu/jam}$$

Isolator yang dipakai dari kapuk (Kern, 1965, pp.796) :

Data :

$$k \text{ isolator} = 0,0200 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$$

(Kern, 1965, tab.2)

$$\text{Densitas isolator} = 0,8800 \text{ lb/ft}^3 = 0,0733 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{Suhu tangki, } T_1 = 142,92^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu lingkungan, } T_o = 86^\circ\text{F}$$

Perhitungan :

$$\text{OD shell} = 4,8944 \text{ ft}$$

$$\text{Jari-jari luar shell, } r_1 = 2,4472 \text{ ft} = 29,3664 \text{ in}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{\text{ID shell}}{2}\right)^2 + (\text{Hk} + \text{Hn})^2} = \sqrt{\left(\frac{1,487}{2}\right)^2 + (1,1146 + 0,173)^2} = 1,487 \text{ m} = 4,8781 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang isolator, } L &= \text{Hcamp shell} + s \\ &= 5,5971 \text{ ft} + 4,8781 \text{ ft} = 10,4752 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{2\pi L(T_1 - T_0)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k}}$$

(Geankoplis, pers 4.3-33)

$$4.674,0566 \text{ Btu/jam} = \frac{2\pi \times 10,4752 \text{ ft} \times (142,92-86)^\circ\text{F}}{\frac{\ln(r_2/2,4472\text{ft})}{0,02 \text{ Btu/jam}\cdot\text{ft}\cdot^\circ\text{F}}}$$

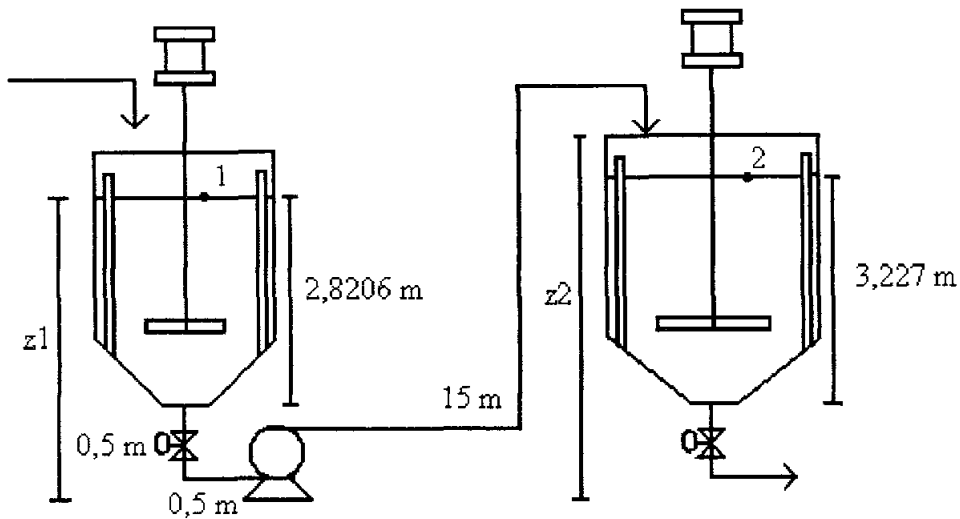
$$r_2 = 2,4868\text{ft}$$

$$\begin{aligned} \text{tebal isolator} &= r_2 - r_1 \\ &= 2,4868 \text{ ft} - 2,4472 \text{ ft} \\ &= 0.0396\text{ft} = 0,0121 \text{ m} = 0,4752 \text{ in} = \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

- Nama : Mixing tank I
- Kapasitas : 3,7043 m³/batch
- ID_{shell} : 1,487 m
- H_k : 1,1146 m
- H_{shell} : 2,2305 m
- H total : 3,3451 m
- Tebal *shell* : 3/16 in
- Tebal *head* : 3/16 in
- Tebal konis : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah
- Jenis pengaduk : flat-six blade turbine with disk
 - Diameter pengaduk (Da) : 0,5948 m
 - Jarak dasar tangki ke pengaduk (C) : 0,4957 m
 - Lebar blade (W) : 0,11896 m
 - Panjang blade (L) : 0,1487 m
 - Lebar baffle (J) : 0,124 m
 - Jumlah pengaduk : 1 buah
 - Power : 0,33 hp
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*
- Jenis isolator : kapuk
- Tebal isolator : ½ in

11. Pompa mixing tank II (L-231)



Fungsi : Mengalirkan campuran cair ekstrak sirih dari mixing tank I ke mixing tank II

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

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

$\rho_{\text{camp}} = 708,868 \text{ kg/m}^3 = 44,233 \text{ lb/ft}^3$

$\mu_{\text{camp}} = 0,00145 \text{ lb/ft}\cdot\text{s} = 0,00216 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$

Massa cairan masuk = 2625,64 kg

Ditentukan waktu operasi : 10 menit

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Fungsi : Mengalirkan campuran cair ekstrak sirih dari mixing tank I ke mixing tank II
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : $0,218 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 4 in schedule 40
 - ID pipa : 4,026 in
 - OD pipa : 4,5 in

Power pompa : 0,5 Hp

- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

12. Tangki Ekstraktor Berpengaduk II (M-240)

Fungsi : untuk mengekstrak senyawa polar pada daun sirih dengan pelarut etanol

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk dan isolator.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 3 jam

T masuk = 33,48 °C = 306,48 K

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Solid daun sirih = 156,16 kg

Ekstrak sirih = 24,54 kg

Heksana = 15,62 kg

Etanol = 1101,46 kg

Komponen Liquid	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Ekstrak sirih	24,54	958	0,0214	2,234 x 10 ⁻⁵
Heksana	15,62	675	0,0136	2,015 x 10 ⁻⁵
Etanol	1101,46	790	0,965	1,2215 x 10 ⁻³
Total =	1141,62		1	1,264 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho \text{ camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho \text{ campuran liquid} = 791,139 \text{ kg/m}^3$$

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi
Padatan	156,16	543	0,12
Liquid	1141,62	791,139	0,88
Total =	1297,78		1

$$\rho \text{ padat} = 543 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ campuran cair} = 791,139 \text{ kg/m}^3$$

$$\varepsilon = \frac{X \text{ cairan} / \rho \text{ cairan}}{X \text{ cairan} / \rho \text{ cairan} + X \text{ padatan} / \rho \text{ padatan}}$$

$$= 0,834$$

$$\rho \text{ camp} = \varepsilon \cdot \rho_c + (1-\varepsilon) \cdot \rho_p \quad (\text{Geankoplis ed 4 hal 924, pers 14.3-14})$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ camp} &= 0,834 \times 791,139 + (1-0,834) \times 543 \\ &= 749,948 \text{ kg/m}^3 = 46,7967 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

Dimana: $\rho \text{ camp}$ = massa jenis campuran (kg/m^3)

E = fraksi volume cairan

ρ = massa jenis cairan (kg/m^3)

ρ_p = massa jenis padatan (kg/m^3)

Ditetapkan :

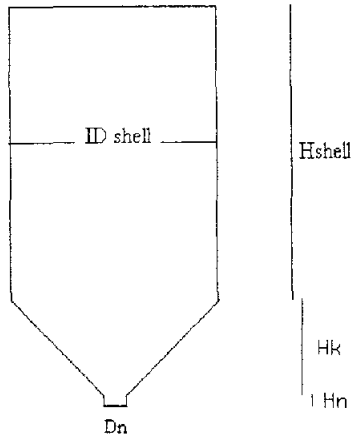
- Volume bahan = 80% volume tangki
- Sudut konis yang digunakan sebesar 60° sehingga $\alpha = 60/2 = 30^\circ$ (Brownell&Young hal 96)
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{\text{allow}} = 18.750 \text{ psi}$ (Brownell&Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P \text{ design} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$
- Effisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan masuk} &= \frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho \text{ bahan masuk}} \\ &= \frac{1297,78 \text{ kg}}{749,948 \text{ kg/m}^3} \\ &= 1,73 \text{ m}^3 = 61,09 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki ekstraktor} = \frac{\text{volume liquid}}{0,8}$$

$$= \frac{1,73 \text{ m}^3}{0,8}$$

$$= 2,1625 \text{ m}^3 = 76,364 \text{ ft}^3$$



Keterangan:

ID_{shell} = diameter shell

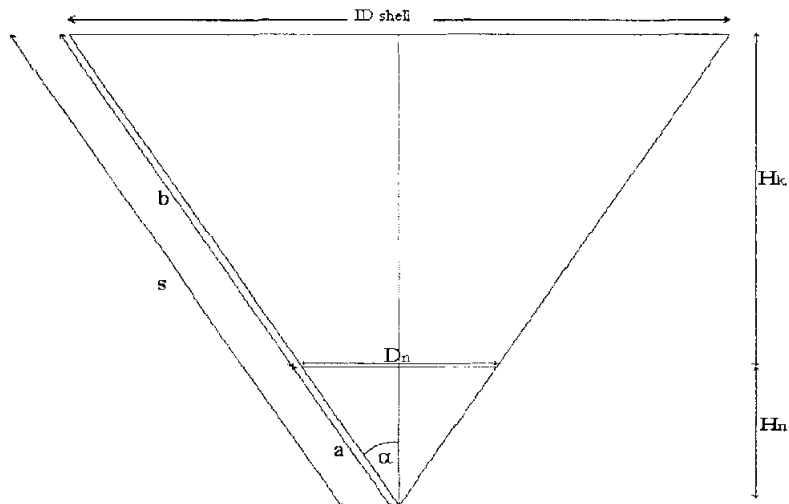
H_{shell} = tinggi shell

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi nozzle

D_n = diameter nozzle

Menghitung dimensi tangki



Dari gambar dapat dicari persamaan untuk menghitung H_n dan H_k

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$H_k = \frac{ID\ shell}{2 \cdot \text{tg } \alpha} - H_n = \frac{ID\ shell - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} \times ID\ shell^2 \times H\ shell = \frac{1,5\pi}{4} \times ID\ shell^3$$

Diameter *nozzle* (D_n) yang digunakan berkisar 4, 8, atau 10 inchi. (Brownell & Young hal 96)

D_n yang digunakan adalah 8 inchi (0,2 m)

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times ID\ shell^2 \times (H_k + H_n) - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times ID\ shell^2 \times \left(\frac{ID\ shell - D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} + \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} \right) - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } 30} \\ &= \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (ID\ shell^3 - D_n^3) \end{aligned}$$

Volume tangki = volume *shell* + volume konis

$$2,1625\ m^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times ID\ shell^3 + \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (ID\ shell^3 - D_n^3)$$

$$2,1625\ m^3 = 1,178\ ID\ shell^3 + 0,23\ ID\ shell^3 - (1,9 \times 10^{-3})$$

$$2,1625\ m^3 = 1,408\ ID\ shell^3$$

$$ID\ shell = 1,1537\ m = 3,785\ ft = 45,421\ in$$

$$H\ shell = 1,5\ ID\ shell = 1,5 \times 1,1537 = 1,731\ m = 5,679\ ft$$

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{0,2}{2 \cdot \text{tg } 30} = 0,173\ m$$

$$H_k = \frac{ID\ shell - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{1,1537 - 0,2}{2 \cdot \text{tg } 30} = 0,826\ m$$

$$H\ total = H_{shell} + H_k = 1,731\ m + 0,826\ m = 2,557\ m = 8,389\ ft$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + H_n^2} = \sqrt{\left(\frac{0,2}{2}\right)^2 + 0,173^2} = 0,2\ m$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{ID\ shell}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2} = \sqrt{\left(\frac{1,1537}{2}\right)^2 + (0,826 + 0,173)^2} = 1,1537\ m$$

$$b = s - a = (1,1537 - 0,2)\ m = 0,9537\ m$$

Tinggi Campuran Bahan Dalam Tangki

Volume bahan dalam shell = volume bahan total - volume bahan dalam konis

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{4} \cdot \text{ID shell}^2 \cdot H \text{ camp shell} &= \text{volume bahan total} - \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (\text{ID shell}^3 - D_n^3) \\ \frac{\pi}{4} \cdot 1,1537^2 \cdot H \text{ camp shell} &= 1,73 \text{ m}^3 - \frac{\pi}{24 \cdot \text{tg } 30} (1,1537^3 - 0,2^3) \\ H \text{ camp shell} &= 1,3244 \text{ m} \\ H \text{ campuran dalam tangki} &= H \text{ camp shell} + H_k \\ &= 1,3244 \text{ m} + 0,826 \text{ m} \\ &= 2,1504 \text{ m} = 7,055 \text{ ft} \end{aligned}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik} &= \frac{\rho \text{ camp} \times H \text{ camp tangki}}{144} \\ &= \frac{46,7967 \text{ lbm/ft}^3 \times 7,055 \text{ ft}}{144} = 2,2927 \text{ psia} \end{aligned}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,696 \text{ psia} + 2,2927 \text{ psia} = 16,9887 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\ &= 1,2 \times 16,9887 \text{ psia} = 20,386 \text{ psia} = 1,3872 \text{ atm} \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell dan Head atas

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \times \text{ID shell}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c \\ &= \frac{20,386 \text{ psia} \times 45,421 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,386 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,154 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

$$t_s = \text{Tebal shell, in}$$

$$P = \text{Internal design pressure, psia}$$

ID shell	= <i>Inside</i> diameter, in
F allow	= <i>Allowable</i> working stress, psi
E	= Efisiensi sambungan las (<i>joint efficiency</i>)
c	= <i>Corrosion allowance</i> , in (0,125)

Perhitungan tebal tutup bawah (konis)

Diketahui :

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{P \times \text{ID shell}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P) \times \cos \alpha} + c \\
 &= \frac{20,386 \text{ psia} \times 45,421 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,386 \text{ psia}) \times \cos 30} + 0,125 \text{ in} \\
 &= 0,1586 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dipilih tebal tutup bawah sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

Perhitungan Pengaduk

Dipilih jenis pengaduk: flat-six blade turbine with disk

Dari tabel 3.4-1 hal 158 Geankoplis diperoleh:

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,4; \frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}; \frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}; \frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}; \frac{C}{D_t} = \frac{1}{3}$$

Dimana:

D_a	= diameter pengaduk
D_t	= diameter tangki
W	= lebar <i>blade</i>
H	= tinggi cairan dalam tangki
L	= panjang <i>blade</i>
C	= jarak pengaduk dari dasar tangki
J	= lebar <i>baffle</i>

Sehingga didapatkan :

1. Diameter pengaduk (D_a)

$$\frac{D_a}{D_t} = 0,4 \rightarrow D_a = 0,4 D_t \rightarrow D_a = 0,4 \cdot 1,1537 \text{ m} = 0,4615 \text{ m}$$

2. Lebar *blade* (W)

$$\frac{W}{D_a} = 0,2 \rightarrow W = 0,2 D_a \rightarrow W = 0,2 \cdot 0,4615 \text{ m} = 0,0923 \text{ m}$$

3. Panjang *blade* (L)

$$\frac{L}{D_a} = 0,25 \rightarrow L = 0,25 D_a \rightarrow L = 0,25 \cdot 0,4615 \text{ m} = 0,1154 \text{ m}$$

4. Jarak pengaduk dari dasar tangki (C)

$$\frac{C}{D_t} = 0,33 \rightarrow C = 0,33 D_t \rightarrow C = 0,33 \cdot 1,1537 \text{ m} = 0,3845 \text{ m}$$

5. Lebar *buffle* (J)

$$\frac{J}{D_t} = 0,083 \rightarrow J = 0,083 D_t \rightarrow J = 0,083 \cdot 1,1537 \text{ m} = 0,096 \text{ m}$$

Perhitungan kecepatan pengadukan

Diketahui :

- Kecepatan agitator (N) antara 20 – 150 rpm

Dipilih kecepatan pengadukan :

$$N = 60 \text{ rpm} \quad = 1 \text{ rps}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan periperal} &= \pi \times D_a \times N \\ &= \pi \times 0,4615 \text{ m} \times 60 \text{ rpm} \\ &= 86,9466 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

Power yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan :

$$NRe = \frac{\rho \times N \times D_a^2}{\mu}$$

Dimana:

D_a = diameter pengaduk (m)

N = kecepatan putaran pengaduk (rps)

ρ = densitas (kg/m^3)

μ = viskositas ($\text{kg}/\text{m.s}$)

$$\rho_{\text{camp}} = 749,948 \text{ kg/m}^3$$

μ campuran dihitung dengan persamaan :

$$\mu_m = \frac{\mu}{\Psi_p}$$

Dimana :

μ_m = viskositas campuran (kg/m.s)

μ = viskositas cairan

Ψ_p = faktor koreksi empiris

$$\Psi_p = \frac{1}{10^{1,82 \cdot (1-\epsilon)}} \text{ (Geankoplis, pers 14.3-13)}$$

$$\text{dan } \mu = 0,324 \cdot \rho^{0,5}$$

$$\Psi_p = \frac{1}{10^{1,82 \cdot (1-0,834)}} = 0,5$$

$$\rho_{\text{camp cair}} = 791,139 \text{ kg/m}^3 = 49,36 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,324 \cdot \rho^{0,5} = (0,324 \cdot (49,36 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam} \\ &= 0,00153 \text{ lb/ft.s} \end{aligned}$$

$$\mu_m = \frac{\mu}{\Psi_p}$$

$$\mu_m = \frac{0,00153 \text{ lb/ft.s}}{0,5} = 0,00306 \text{ lb/ft.s} = 0,00455 \text{ kg/m.s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu} = \frac{749,948 \times 1 \text{ rps} \times (0,4615 \text{ m})^2}{0,00455 \text{ kg/m.s}} = 35.104,53 \text{ (Geankoplis, pers 3.4-1)}$$

Dari gambar 3.4-4, Geankoplis 3rd ed, hal 169, untuk flat six-blade turbine with disk diperoleh $N_p = 5$

$$N_p = \frac{P}{\rho \cdot N^3 \cdot Da^5}$$

$$P = N_p \cdot \rho \cdot N^3 \cdot Da^5 = 5 \times 749,948 \times 1^3 \times (0,4615)^5 = 78,498 \text{ J/s (Geankoplis, pers 3.4-2)}$$

Effisiensi pengaduk = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{\text{power pengaduk}}{\text{efisiensi}} = \frac{78,498 \text{ J/s}}{0,8} = 98,1225 \text{ J/s} = 0,131 \text{ hp}$$

Menghitung jumlah pengaduk

$$Sg \text{ bahan masuk} = \frac{\rho \text{ camp}}{\rho \text{ air}} = \frac{749,948 \text{ kg/m}^3}{995,68 \text{ kg/m}^3} = 0,753$$

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{Sg \times H \text{ shell}}{ID \text{ shell}} = \frac{0,753 \times 1,731 \text{ m}}{1,1537 \text{ m}} = 1,1298 = 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pengaduk (R)} &= (\text{Tinggi campuran dalam tangki} - C)/3 \\ &= (2,1504 - 0,3845)/3 \\ &= 0,5886 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan isolator

$$Q \text{ loss} = 1175,7814 \text{ Btu/batch} = 391,9271 \text{ Btu/jam}$$

Isolator yang dipakai dari kapuk (Kern, 1965, pp.796) :

Data :

$$k \text{ isolator} = 0,0200 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$$

(Kern, 1965, tab.2)

$$\text{Densitas isolator} = 0,8800 \text{ lb/ft}^3 = 0,0733 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{Suhu tangki, } T_1 = 92,264^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu lingkungan, } T_0 = 86^\circ\text{F}$$

Perhitungan :

$$\text{OD shell} = 3,8 \text{ ft}$$

$$\text{Jari-jari luar shell, } r_1 = 1,9 \text{ ft} = 22,8 \text{ in}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{ID \text{ shell}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2} = \sqrt{\left(\frac{1,1537}{2}\right)^2 + (0,826 + 0,173)^2} = 1,1537 \text{ m} = 3,785$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang isolator, } L &= H_{\text{camp shell}} + s \\ &= 4,345 \text{ ft} + 3,785 \text{ ft} = 8,13 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$Q = \frac{2\pi L(T_1 - T_0)}{\frac{\ln r_2 / r_1}{k}}$$

(Geankoplis, pers 4.3-33)

$$391,9271 \text{ Btu/jam} = \frac{2\pi \times 8,13 \text{ ft} \times (92,264 - 86)^\circ\text{F}}{\frac{\ln(r_2/1,9\text{ft})}{0,02 \text{ Btu/jam.ft}^\circ\text{F}}}$$

$$r_2 = 1,9313 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{tebal isolator} &= r_2 - r_1 \\ &= 1,9313 \text{ ft} - 1,9 \text{ ft} \\ &= 0,0313 \text{ ft} = 0,0096 \text{ m} = 0,3779 \text{ in} = \frac{1}{2} \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

- Nama : Tangki ekstraktor II
- Kapasitas : $1,73 \text{ m}^3/\text{batch}$
- ID_{shell} : 1,1537 m
- H_k : 0,826 m
- H_{shell} : 1,731 m
- H total : 2,557 m
- Tebal *shell* : 3/16 in
- Tebal *head* : 3/16 in
- Tebal konis : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah
- Jenis pengaduk : flat-six blade turbine with disk
 - Diameter pengaduk (D_a) : 0,4615 m
 - Jarak dasar tangki ke pengaduk (C) : 0,3845 m
 - Lebar blade (W) : 0,0923 m
 - Panjang blade (L) : 0,1154 m
 - Lebar baffle (J) : 0,096 m
 - Jumlah pengaduk : 1 buah
 - Power : 0,131 hp
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*
- Jenis isolator : kapuk
- Tebal isolator : $\frac{1}{2}$ in

13. Screw Conveyor (J-243)

Fungsi : mengalirkan hasil ekstraksi dari tangki ekstraktor II ke mixing tank II

Kondisi operasi :

Waktu operasi = 25 menit

T masuk = $33,06\text{ }^{\circ}\text{C} = 306,06\text{ K}$

T keluar = $31,45\text{ }^{\circ}\text{C} = 304,45\text{ K}$

Perhitungan :

Kapasitas bahan yang dialirkan : $1297,77\text{ kg/batch} = 3.114,648\text{ kg/jam} = 3,2\text{ ton/jam}$

Dipilih screw conveyor untuk kapasitas 5 ton/jam dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter screw = 9 in

Diameter poros screw = 2 in

Kecepatan screw = 40 rpm

Diameter lubang feed = 6 in

Panjang screw = 30 ft

HP motor = 0,85 HP

Jumlah = 1 buah

(Tabel 21.8, Perry 7th ed.)

14. Mixing Tank II (M-250)

Fungsi : mencampurkan ekstrak sirih dari mixing tank I dan ekstraktor II sebelum dialirkan ke filter press II.

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk dan isolator.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 15 menit

T masuk = $52,28\text{ }^{\circ}\text{C} = 325,28\text{ K}$

T keluar = $50,91\text{ }^{\circ}\text{C} = 323,91\text{ K}$

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Solid daun sirih = 156,16 kg

Ekstrak sirih = 122,69 kg

Heksana = 1882,24 kg

Etanol = 1762,33 kg

Komponen Liquid	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Ekstrak sirih	122,69	958	0,032	3,34 x 10 ⁻⁵
Heksana	1882,24	675	0,5	7,407 x 10 ⁻⁴
Etanol	1762,33	790	0,468	5,924 x 10 ⁻⁴
Total =	3767,26		1	1,3665 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$\rho_{campuran\ liquid} = 731,796\text{ kg/m}^3$

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi
Padatan	156,16	543	0,04
Liquid	3767,26	731,796	0,96
Total =	3923,42		1

$\rho_{padat} = 543\text{ kg/m}^3$

$\rho_{campuran\ cair} = 731,796\text{ kg/m}^3$

$$\varepsilon = \frac{X_{cairan} / \rho_{cairan}}{X_{cairan} / \rho_{cairan} + X_{padatan} / \rho_{padatan}}$$

= 0,947

$\rho_{camp} = \varepsilon \cdot \rho_c + (1-\varepsilon) \cdot \rho_p$ (Geankoplis ed 4 hal 924, pers 14.3-14)

$\rho_{camp} = 0,947 \times 731,796 + (1-0,947) \times 543$
 $= 721,79\text{ kg/m}^3 = 45,0397\text{ lb/ft}^3$

Dimana: $\rho_{camp} = \text{massa jenis campuran (kg/m}^3)$

E = fraksi volume cairan

$\rho = \text{massa jenis cairan (kg/m}^3)$

$\rho_p = \text{massa jenis padatan (kg/m}^3)$

Dengan cara perhitungan yang sama dengan mixing tank I maka diperoleh spesifikasi alat sebagai berikut :

Spesifikasi Alat

- Nama : mixing tank II
- Kapasitas : 5,4357m³/batch
- ID_{shell} : 1,69 m

-
- H_k : 1,29 m
 - H_{shell} : 2,535 m
 - H total : 3,822 m
 - Tebal *shell* : 3/16 in
 - Tebal *head* : 3/16 in
 - Tebal konis : 3/16 in
 - Jumlah tangki : 1 buah
 - Jenis pengaduk : flat-six blade turbine with disk
 - Diameter pengaduk (Da) : 0,676 m
 - Jarak dasar tangki ke pengaduk (C) : 0,563 m
 - Lebar blade (W) : 0,1352 m
 - Panjang blade (L) : 0,169 m
 - Lebar baffle (J) : 0,1408 m
 - Jumlah pengaduk : 1 buah
 - Power : 0,85 hp
 - Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*
 - Jenis isolator : kapuk
 - Tebal isolator : 1/4 in

15. Filter press II (H-310)

Fungsi : untuk menyaring solid (ampas daun sirih)

Tipe : Plate and frame filter press

Dasar perancangan :

Waktu pembersihan = waktu pembongkaran + pengambilan cake + pencucian plate and frame + pemasangan

= (15 + 15 + 15 + 15) menit = 60 menit = 1 jam

Waktu siklus operasi = 2 jam (terdiri 1 jam jam bongkar pasang dan 1 jam operasi)

Komposisi filtrat

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Ekstrak sirih	121,59	958	0,033	3,44 x 10 ⁻⁵
Heksana	1866,62	675	0,5	7,407 x 10 ⁻⁴
Etanol	1746,72	790	0,467	5,91 x 10 ⁻⁴
Total =	3734,93		1	1,3661 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho \text{ filtrat}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3}$$

dimana : x₁ : fraksi massa ekstrak sirih

x₂ : fraksi massa heksana

x₃ : fraksi massa etanol

ρ₁ : densitas ekstrak sirih

ρ₂ : densitas heksana

ρ₃ : densitas etanol

$$\frac{1}{\rho \text{ filtrat}} = \frac{0,033}{958 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,5}{675 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,467}{790 \text{ kg/m}^3}$$

$$\rho \text{ filtrat} = 732,01 \text{ kg/m}^3 = 45,6978 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ filtrat} = 0,324 \cdot \rho^{0,5} \cdot 2,42 \text{ lb.ft/jam}$$

$$= 0,324 \cdot (45,6978)^{0,5} \cdot 2,42 \text{ lb.ft/jam}$$

$$= 0,00147 \text{ lbft/s} = 0,00219 \text{ kg.m/s}$$

Komposisi cake

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Padatan	156,16	543	0,828	1,525 x 10 ⁻³
Ekstrak sirih	1,1	958	6 x 10 ⁻³	6,263 x 10 ⁻⁶

Heksana	15,62	675	0,083	$1,23 \times 10^{-4}$
Etanol	15,62	790	0,083	$1,05 \times 10^{-4}$
Total =	188,5		1	$1,76 \times 10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{X_1}{\rho_1} + \frac{X_2}{\rho_2} + \frac{X_3}{\rho_3} + \frac{X_4}{\rho_4}$$

dimana : x_1 : fraksi massa padatan
 x_2 : fraksi massa ekstrak sirih
 x_3 : fraksi massa heksana
 x_4 : fraksi massa etanol
 ρ_1 : densitas padatan
 ρ_2 : densitas ekstrak sirih
 ρ_3 : densitas heksana
 ρ_4 : densitas etanol

$$\frac{1}{\rho_{cake}} = \frac{0,828}{543 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,006}{958 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,083}{675 \text{ kg/m}^3} + \frac{0,083}{790 \text{ kg/m}^3}$$

$$\rho_{cake} = 568,18 \text{ kg/m}^3$$

Cake :

$$\text{Massa cake} = 188,5 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Density} = 568,18 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = 0,332 \text{ m}^3/\text{batch}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume cake} &= 0,332 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 0,332 \text{ m}^3 = 87,704 \text{ gal} \end{aligned}$$

Filtrat :

$$\text{Massa filtrat} = 3734,93 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Density filtrat} = 732,01 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = 5,1 \text{ m}^3/\text{batch}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume filtrat} &= 5,1 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ jam} \\ &= 5,1 \text{ m}^3 = 1347,267 \text{ gal} \end{aligned}$$

Rate filtrasi 5-20 gal / ft². jam (Perry's ed 5, tabel 19-18)

Diambil 20 gal / ft². jam

$$\text{Luas frame total} = \frac{1347,267}{20 \times 1} = 67,363 \text{ ft}^2$$

Digunakan : Ukuran plate & frame = 18 x 18 in

Dari Perry edisi 5, tabel 19-17, diperoleh :

$$\text{Luas efektif} = 3,9 \text{ ft}^2$$

Total kapasitas = 0,16 ft²/ in tebal

$$\text{Jumlah frame, } N = \frac{\text{Luas total}}{\text{Luas efektif}} = \frac{67,363}{3,9} = 17,27 \text{ buah}$$

Dipakai 18 buah plate → 17 frame

Plate and frame yang dipakai = (2 x N) - 1 = (2 x 18) - 1 = 35 buah

Diketahui tebal frame = 0,125-8 in (Perry, ed 6, hal 19-75)

$$\text{Volume cake tiap frame} = \frac{Q_{\text{cake}}}{\text{jumlah frame}}$$

$$\text{Volume cake tiap frame} = \frac{87,704 \text{ gal}}{17}$$

$$\text{Volume cake tiap frame} = 5,16 \text{ gal} = 0,7 \text{ ft}^3$$

$$\text{Tebal frame} = \frac{\text{Volume cake tiap frame}}{\text{luas efektif}}$$

$$\text{Tebal frame} = \frac{0,7 \text{ ft}^3}{3,9 \text{ ft}^2}$$

$$\text{Tebal frame} = 0,18 \text{ ft} = 2,15 \text{ in}$$

Diambil tebal frame = 2,5 in

Panjang total plate and frame filter press = 37 x 2,5 in = 92,5 in = 2,35 m

Pressure Drop

Diasumsi :

- Tahanan cake, α didekati dengan tahanan sludge agar-agar
- Tahanan filter medium, R_m didekati dengan tahanan nylon cloth (Geankoplis, hal 913)

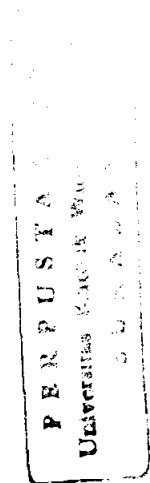
$$\alpha = 4,9 \cdot 10^{10} \text{ m/kg}$$

$$R_m = 10,63 \cdot 10^{10} \text{ m}^{-1}$$

$$v = \frac{-\Delta p}{\mu \left(\frac{\alpha \cdot C_s \cdot V}{A} + R_m \right)}$$

Dimana :

V = total volume filtrat (m³)



t = waktu filtrasi (s)

Δp = pressure drop (N/m^2)

μ = viscositas filtrat (Pa.s)

α = tahanan spesifik cake (m/kg)

C_s = konsentrasi slurry (kg/m^3)

A = Luas area filtrasi (m^2)

R_m = tahanan filter medium (m^{-1})

v = rate filtrasi (m/s)

$v = 20 \text{ gal/ft}^2\text{:jam} = 4,0102 \text{ ft/jam} = 1,2223 \text{ m/jam} = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

$A = 18 \times 39 \text{ ft}^2 = 702 \text{ ft}^2 = 65,22 \text{ m}^2$

$C_s = \frac{\text{massa cake}}{\text{volume filtrat}} = \frac{188,5 \text{ kg}}{5,1 \text{ m}^3} = 36,96 \text{ kg/m}^3$

$V = 2,867 \text{ m}^3$

$-\Delta p = v \cdot \mu \left(\frac{\alpha \cdot C_s \cdot V}{A} + R_m \right)$

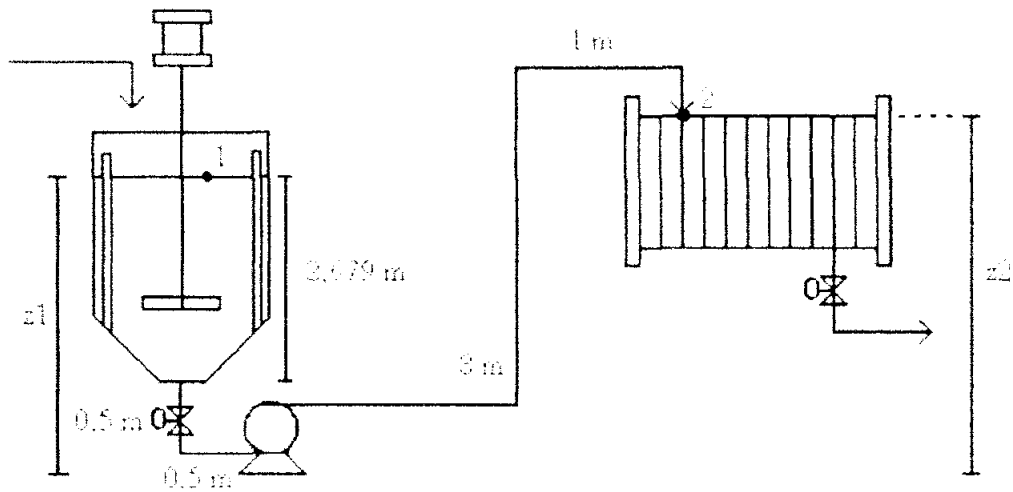
$-\Delta p = 3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,00219 \left(\frac{4,9 \cdot 10^{10} \cdot 36,96 \cdot 5,1}{65,22} + 10,63 \cdot 10^{10} \right)$

$-\Delta p = 184.599,4921 \text{ N/m}^2 = 1,8 \text{ atm}$

Spesifikasi Alat

Tipe	: Plate and Frame Filter Press
Jumlah alat	: 1 buah
Tebal tiap frame/plate	: 2,5 in
Jumlah plate and frame	: 37 buah
Panjang alat	: 2,35 m
Pressure drop	: 1,8 atm
Bahan	: stainless steel

16. Pompa Filter Press II (L-251)



Fungsi : Mengalirkan *slurry* ekstrak sirih dari mixing tank II ke filter press II

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

$$\rho \text{ camp} = 721,79 \text{ kg/m}^3 = 45,0598 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ camp} = 0,00274 \text{ lb/ft}\cdot\text{s} = 0,0041 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$$

Massa *slurry* masuk = 3.913,42 kg

Ditentukan waktu operasi : 10 menit

$$\text{Volume } slurry = \frac{3.913,42 \text{ kg}}{721,79 \text{ kg/m}^3} = 5,42 \text{ m}^3$$

Ditentukan waktu operasi : 10 menit

$$\text{Debit } slurry \text{ masuk (Q)} = 32,531 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,009 \text{ m}^3/\text{s} = 0,3191 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\text{Laju } slurry \text{ masuk (m)} = 0,009 \text{ m}^3/\text{s} \times 721,79 \text{ kg/m}^3 = 6,496 \text{ kg/s}$$

Diameter Pompa

Asumsi aliran turbulen, dari (Timmerhaus, p.496) didapat :

$$ID \text{ opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13}$$

Dimana :

ID opt = *inside* diameter (in)

Q = debit *slurry* (ft^3/s)

ρ = densitas *slurry* (lb/ft^3)

$$ID \text{ opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13} = 3,9 \cdot (0,3191)^{0,45} \cdot (45,0598)^{0,13} = 3,8267 \text{ in}$$

Dipilih *Steel Pipe* (IPS) berukuran 4 in schedule 40 (Kern p 844)

Tabel 11 diperoleh :

$$ID = 4,026 \text{ in} = 0,1029 \text{ m}$$

$$OD = 4,5 \text{ in} = 0,1143 \text{ m}$$

$$A = 12,7 \text{ in}^2 = 0,0895 \text{ ft}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,3191 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,0895 \text{ ft}^2} = 3,5654 \text{ ft/s} = 1,0867 \text{ m/s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = \frac{721,79 \text{ kg/m}^3 \times 1,0867 \text{ m/s} \times 0,1029 \text{ m}}{0,0041 \text{ kg/m.s}}$$

$$Nre = 19.685,75 \rightarrow \text{aliran turbulen} \rightarrow \alpha = 1$$

Friksi

1. *Sudden contraction*

Apipa \lll Atangki

$$Kc = 0,55 (1 - (A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}})) \quad (\text{Geankoplis 4}^{\text{th}} \text{ ed., Eq.2.10-16})$$

$A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}} = 0$, karena A_{tangki} jauh lebih besar dibanding A_{pipa}

Sehingga : $Kc = 0,55$

$$hc = Kc \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$hc = 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,0867 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,3248 \text{ J/kg}$$

2. *Sudden enlargement*

$$hex = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$hc = (1-0) \times \frac{(1,0867 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,5905 \text{ J/kg}$$

3. Friksi pada pipa lurus

Digunakan pipa *Commercial Steel*, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3})$$

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4,6 \times 10^{-5}}{0,1029} = 4,47 \times 10^{-4} \rightarrow f = 0,007$$

$$\Delta L = (0,5 + 0,5 + 8 + 1) \text{ m} = 10 \text{ m}$$

$$F_f = 4f_x \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2}$$

$$F_f = 4(0,007) \times \frac{10}{0,1029} \times \frac{(1,0867)^2}{2} = 1,6067 \text{ J/kg}$$

4. Friksi pada *elbow*

Jumlah *elbow* $90^\circ = 4$ buah

K_f *elbow* $90^\circ = 0,75$ (Geankoplis, Tbl. 2.10-1)

$$h_f = 4 \times K_f \times \frac{v^2}{2}$$

$$h_f = 4 \times 0,75 \times \frac{(1,0867)^2}{2} = 1,7714 \text{ J/kg}$$

5. Friksi pada *gate valve*

Jumlah *gate valve* = 1 buah

K_f *gate valve wide open* = 0,17 (Geankoplis, Tbl. 2.10-1)

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

$$h_f = 0,17 \times \frac{(1,0867)^2}{2} = 0,1004 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{friksi} &= (0,3248 + 0,5905 + 1,6067 + 1,7714 + 0,1004) \text{ J/kg} \\ &= 4,2948 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Power Pompa

$$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

v_2 = kecepatan aliran pada titik 2 = v pada pipa = 1,1217 m/s

v_1 = kecepatan aliran pada titik 1 ≈ 0

$z_2 - z_1 = 1$ m

g = percepatan gravitasi = 9,806 m/s²

$P_1 = 1$ atm = 1,01325 . 10⁵ N/m²

$\Delta p = -\Delta p$ filter press = 184599,4921 N/m²

$$-W_s = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$$-W_s = \frac{(1,0867^2 - 0^2)}{2 \cdot 1} + 1 \cdot 9,806 + \frac{184599,4921}{721,79} + 4,2948 = 270,44 \text{ J/kg}$$

$$W_s = -270,44 \text{ J/kg}$$

Dengan $Q = 32,531 \text{ m}^3/\text{jam}$, didapat efisiensi pompa = 70 %
(Timmerhaus, Fig. 13-37)

$$\text{Brake Hp} = \frac{W_s \times m}{\eta \times 550} = \frac{-270,44 \text{ J/kg} \times 6,496 \text{ kg/s}}{0,7 \times 550} = 4,563 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{4,563 \text{ Hp}}{0,8} = 5,704 \text{ Hp}$$

Diambil power pompa 6 Hp

Spesifikasi Alat

- Fungsi : Mengalirkan *slurry* hasil ekstraksi daun sirih Mixing tank II ke filter press II
- Tipe : *Centrifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : $0,3191 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 4 in schedule 40
 - ID pipa : 4,026 in
 - OD pipa : 4,5 in
 - Power pompa : 6 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

17. Holding Tank I (F-311)

Fungsi : Menampung filtrat ekstrak sirih dari filter press II sebelum dialirkan ke evaporator

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 1 jam

T masuk = $45,73 \text{ }^\circ\text{C} = 318,73 \text{ K}$

T keluar = $44,69 \text{ }^\circ\text{C} = 317,69 \text{ K}$

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak sirih = 121,6 kg/batch

Heksana = 1866,62 kg/batch
 Etanol = 1746,72 kg/batch

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/ρi
Ekstrak sirih	121,6	958	0,0326	3,4029 x 10 ⁻⁵
Heksana	1866,62	675	0,4998	7,4044 x 10 ⁻⁴
Etanol	1746,72	790	0,4676	5,919 x 10 ⁻⁴
Total	3734,94		1	1,3664 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho_{campuran} = 731,87 \text{ kg/m}^3 = 45,69 \text{ lb/ft}^3$$

Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{allow} = 18.750 \text{ psi}$
(Brownell&Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi}$
- Effisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan masuk} &= \frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho \text{ bahan masuk}} \\ &= \frac{3734,94 \text{ kg}}{731,87 \text{ kg/m}^3} \\ &= 5,1033 \text{ m}^3 = 180,22 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volume liquid}}{0,8} \\ &= \frac{5,1033 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 6,38 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times ID^2 \times H = \frac{1,5\pi}{4} \times ID^3$$

$$6,38 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times ID^3$$

$$6,38 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID}^3$$

$$ID = 1,756 \text{ m} = 5,76 \text{ ft} = 69,134 \text{ in}$$

$$H = 1,5 ID = 1,5 \times 1,756 = 2,634 \text{ m} = 8,64 \text{ ft}$$

Tinggi Bahan Dalam Tangki

$$H \text{ bahan dalam tangki} = \frac{\text{Volume bahan}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$= \frac{5,1033}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,756)^2} = 2,1073 \text{ m} = 6,91 \text{ ft}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ bahan} \times H \text{ bahan}}{144}$$

$$= \frac{45,69 \text{ lbm/ft}^3 \times 6,91 \text{ ft}}{144} = 2,19 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,696 \text{ psia} + 2,19 \text{ psia} = 16,8885 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\ &= 1,2 \times 16,8885 \text{ psia} = 20,2662 \text{ psia} \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell, Tutup Atas dan Tutup Bawah

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c$$

$$= \frac{20,2662 \text{ psia} \times 69,134 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,2662 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,1717 \text{ in}$$

Dipilih tebal shell, tutup atas dan tutup bawah sebesar 3/16 in dimana :

$$t_s = \text{tebal shell, in}$$

$$P = \text{internal design pressure, psia}$$

- ID = *inside* diameter, in
 F allow = *allowable* working stress, psi
 E = efisiensi sambungan las (*joint efficiency*)
 c = *corrosion allowance*, in (0,125)

Perhitungan isolator

$$Q \text{ loss} = 10.328,45 \text{ Btu/batch} = 10.328,45 \text{ Btu/jam}$$

Isolator yang dipakai dari kapuk (Kern, 1965, pp.796) :

Data :

$$k \text{ isolator} = 0,0200 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$$

(Kern, 1965, tab.2)

$$\text{Densitas isolator} = 0,8800 \text{ lb/ft}^3 = 0,0733 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{Suhu tangki, } T_1 = 114,314^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu lingkungan, } T_0 = 86^\circ\text{F}$$

Perhitungan :

$$\text{OD shell} = 6,1362 \text{ ft}$$

$$\text{Jari-jari luar shell, } r_1 = 3,068 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang isolator, } L = H \text{ bahan} = 6,91 \text{ ft}$$

$$Q = \frac{2\pi L(T_1 - T_0)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k}}$$

(Geankoplis, pers 4.3-33)

$$10.328,45 \text{ Btu/jam} = \frac{2\pi \times 6,91 \text{ ft} \times (114,314 - 86)^\circ\text{F}}{\frac{\ln(r_2/3,068 \text{ ft})}{0,02 \text{ Btu/jam.ft}^\circ\text{F}}}$$

$$r_2 = 3,0753 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{tebal isolator} &= r_2 - r_1 \\ &= 3,0753 \text{ ft} - 3,068 \text{ ft} \\ &= 0,0073 \text{ ft} = 0,0022 \text{ m} = 0,09 \text{ in} = \frac{1}{4} \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

- Nama : Holding Tank I
- Kapasitas : 5,1033 m³/batch
- ID : 1,756 m
- H : 2,634 m

- Tebal *shell* : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*
- Jenis isolator : kapuk
- Tebal isolator : 1/4 in

18. Evaporator (V-320)

Fungsi : menguapkan heksana

Tipe : Evaporator Single Efek, Short Tube Vertical

Kondisi operasi :

$P_{op} = 11,7568 \text{ psia}$

$T_{op} = 158^{\circ}\text{F} = 70^{\circ}\text{C}$

Waktu operasi = 30 menit

Steam : yang dipakai adalah saturated steam

Suhu steam masuk = $140^{\circ}\text{C} = 284^{\circ}\text{F}$

$P_{steam} = 476 \text{ Kpa} = 69,0379 \text{ psia}$

Diketahui :

Feed masuk :

Suhu = $70^{\circ}\text{C} = 158^{\circ}\text{F}$

Untuk tipe ini , koefisien heat transfer (U) = 200-500 Btu/jam.ft².°F (Geankoplis, p.534)

Batasan Short Tube Evaporator : (Hugot, hal 160)

- Tinggi tube = 3-6 ft
- Diameter tube ≥ 3 in
- Kecepatan uap = 4 ft/det

Dipilih :

Ud = 300 Btu/jam.ft².°F

Tinggi tube = 6 ft = 1,2192 m

Dipilih *Steel Pipe* (IPS) dengan panjang 3 ft berukuran 3 in schedule 40 (Kern p 844)

Dari Tabel 11 diperoleh :

ID = 3,068 in = 0,0779272 m

$$\text{OD} = 3,5 \text{ in} = 0,0889 \text{ m}$$

$$A = 7,38 \text{ in}^2 = 0,05125 \text{ ft}^2$$

$$\text{Untuk panjang pipa} = 3 \text{ ft}$$

$$\text{Didapat } a'' = 0,917 \text{ ft}^2/\text{det} \text{ (Hugot, hal 360)}$$

Dari neraca panas Q_{steam} yang dibutuhkan untuk proses evaporasi ialah
 $289.831,30 \text{ kJ/batch} = 274.705,9883 \text{ Btu/batch} = 549.411,9766 \text{ Btu/jam}$.

$$\text{Massa uap heksana} = 1866,62 \text{ kg/batch} = 3773,24 \text{ kg/jam}$$

$$A = \frac{Q}{Ud \times \Delta T} = \frac{549.411,9766}{300 \times (284-140)} = 12,7179 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tube} &= A/(a'' \times 4) \\ &= 12,7179/(0,917 \times 4) \\ &= 3,4672 = 4 \text{ tube} \end{aligned}$$

Pada 140°F :

Spesifik volume untuk heksana, $V_s = 131,6 \text{ L/mol}$ (walas)

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{m}{M_r} \times V_s$$

$$= \frac{3773,24 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{86 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 131,6 \text{ L/mol}$$

$$= 5.773.934,698 \text{ L/jam} = 203.903,4749 \text{ ft}^3/\text{jam} = 3398,3913 \text{ ft}^3/\text{mnt}$$

$$\text{Ditetapkan kecepatan uap} = 2 \text{ ft/s} = 7200 \text{ ft/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang evaporator} &= \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{Kecepatan uap}} \\ &= 28,3199 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas penampang evaporator} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$\text{Diameter penampang, } D = \sqrt{\left(\frac{28,3199 \text{ ft}^2}{\frac{1}{4} \times \pi} \right)}$$

$$= 6.005 \text{ ft} = 1,83 \text{ m} = 72,06 \text{ in}$$

Penentuan tinggi evaporator

$$\text{Tinggi cairan diatas tube ditetapkan} = 1 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi cairan dalam silinder (} t_1 \text{ liq)} &= \text{tinggi tube} + \text{tinggi cairan di atas tube} \\ &= (6 + 1) \text{ ft} \end{aligned}$$

$$= 7 \text{ ft}$$

$$t_1 \text{ liq} = 80\% \times \text{tinggi evaporator}$$

$$\text{Tinggi evaporator} = 7 \text{ ft}/80\%$$

$$= 8,75 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil tinggi evaporator} = 9 \text{ ft}$$

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ camp} \times H \text{ camp tangki}}{144}$$

$$= \frac{45,69 \text{ lbm/ft}^3 \times 7 \text{ ft}}{144} = 2,221 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\text{Tekanan operasi alat} = \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik}$$

$$= 14,696 \text{ psia} + 2,221 \text{ psia} = 16,917 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan desain} = 1,2 \times \text{tekanan operasi alat}$$

$$= 1,2 \times 16,917 \text{ psia} = 20,3 \text{ psia} = 1,38 \text{ atm}$$

Perhitungan Tebal Shell

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$f = 18750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{P \times ID \text{ shell}}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c$$

$$= \frac{20,3 \text{ psia} \times 72,06 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,3 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,1709 \text{ in}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

t_s = Tebal *shell*, in

P = *Internal design pressure*, psia

ID shell = *Inside diameter*, in

$F \text{ allow}$ = *Allowable working stress*, psi

E = Efisiensi sambungan las (*joint efficiency*)

c = Corrosion allowance, in (0,125)

Perhitungan tebal tutup bawah (konis)

Diketahui :

$$\alpha = 30^\circ$$

$$t_k = \frac{P \times ID \text{ shell}}{2 \times (F \text{ allow.} - 0,6 P) \times \cos \alpha} + c$$

$$= \frac{20,3 \text{ psia} \times 72,06 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,3 \text{ psia}) \times \cos 30} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,178 \text{ in}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

Perhitungan tutup atas standard dished head

Diketahui :

$$\text{Crown radius, } R_c = ID = 72,06 \text{ in}$$

$$\text{Knuckle radius, } iCr = 6\% R_c = 4,3236 \text{ in}$$

$$t_h = \frac{0,885 \times P \times ID \text{ shell}}{(F \text{ allow.} - 0,6 P)}$$

$$= \frac{0,885 \times 20,3 \text{ psia} \times 72,06 \text{ in}}{(18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,3 \text{ psia})}$$

$$= 0,0813 \text{ in}$$

Dari Brownell & Young fig 5.8 hal 87 :

$$AB = ID/2 - iCr = 31,7064 \text{ in}$$

$$BC = R_c - iCr = 67,7364 \text{ in}$$

$$b = R_c - (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 12,2025 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell, untuk $iCr = 4,3236 \text{ in}$, didapat :

$$S_f = 4,5 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head atas} = t_h + b + S_f$$

$$= 16,7838 \text{ in}$$

Perhitungan kebutuhan steam

Dari neraca panas Q_{steam} yang dibutuhkan untuk proses evaporasi ialah 289.831,30 kJ/batch. Steam yang digunakan adalah saturated steam dengan suhu 140°C dan kualitas steam 90%, maka panas yang dihasilkan adalah :

$$\text{Panas} = 0,9 \times (2733,9 - 589,13) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1930,293 \text{ kJ/kg}$$

Maka steam yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{289.831,30 \text{ kJ/batch}}{1930,293 \text{ kJ/kg}} = 150,15 \text{ kg/batch}$$

Pompa Vakum

Digunakan reciprocating vacuum pump

Alasan pemilihan : umum digunakan untuk memvakumkan evaporator.

$$P = \frac{0,148 \cdot T1 \cdot q0}{520 \cdot \eta} \cdot \log \left(\frac{P2}{P1} \right)$$

(Mc Cabe ed 4, pers. 8-30)

Dimana :

P = brake horsepower (hp)

q0 = volume uap (ft³/menit)

T1 = temperatur uap dalam evaporator (R) = 617,67 R

P1 = tekanan dalam evaporator (lbf/in²)

P2 = tekanan udara luar (lbf/in²)

η = efisiensi pompa, berkisar antara 0,8-0,85, diambil 0,8

P2 = 0,8 atm = 11,7668 lbf/in²

P1 = 1 atm = 14,696 lbf/in²

$$P = \frac{0,148 \cdot 617,67 \cdot 3398,3913}{520 \cdot 0,8} \cdot \log \left(\frac{14,696}{11,7668} \right)$$

P = 72,3714 hp = 53,967 kW

Dipilih pompa vakum sebesar 75 hp.

Spesifikasi Alat

Tipe : Evaporator Single Efek, Short Tube Vertical

Fungsi : Menguapkan heksana

Ukuran : Diameter = 6,005 ft

Tinggi = 9 ft

Tebal shell dan tutup atas : 3/16 in

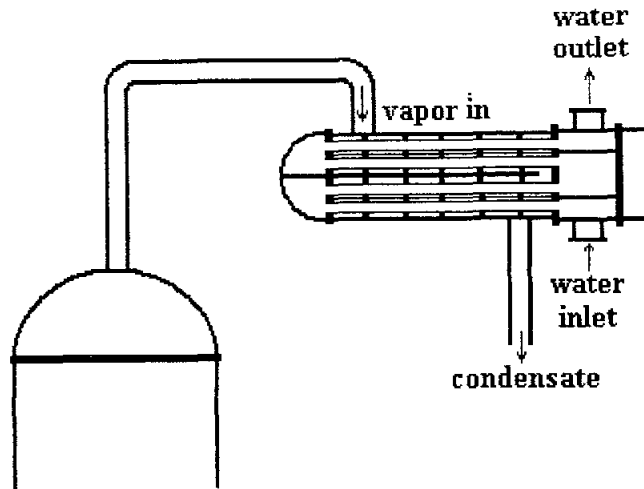
Tebal tutup bawah : 3/16 in

Tinggi head : 16,7838 in

Power pompa vacuum : 75 hp

Jenis pompa : Reciprocating pump

19. Condenser (E-321)



Fungsi : Mengembunkan uap heksana

Tipe : Horizontal 1-4 condenser

Dasar pemilihan : pengoperasian mudah

Diketahui :

Rate uap = 3773,24 kg/jam = 8318,43 lb/jam

P uap = 0,8 atm = 11,7568 psig

T uap heksana masuk (T1) = 70°C = 158°F

Latent heat of vaporization heksana = 138 Btu/lb (Kern fig 12 hal 815)

T air pendingin masuk (t1) = 30°C = 86°F

Cp air pada 86 F = 1 Btu/lb°F (Geankoplis App.A.2-11 hal 967)

Ditentukan :

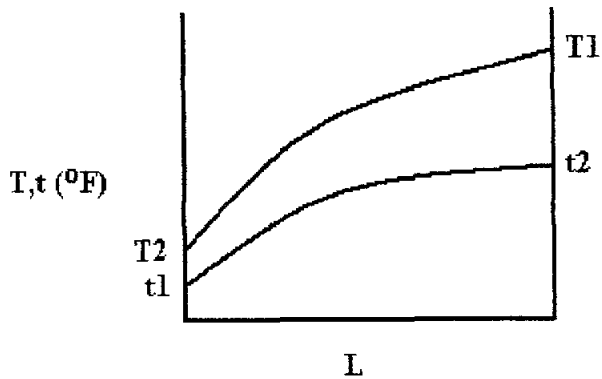
Rd = 0,003

Ukuran tube = ¾ in 16 BWG 15/16 in triangular pitch

Panjang alat = 5 ft = 1,524 m

T air pendingin keluar (t2) = 120°F = 48,89°C

Perhitungan :



T1 : suhu uap heksana masuk

T2 : suhu kondensat heksana

t1 : suhu air dingin masuk

t2 : suhu air panas keluar

Heat balance

$$\begin{aligned} Q \text{ Heksana} &= (m \times \text{latent heat}) \\ &= 8318,43 \text{ lb/jam} \times 138 \text{ Btu/lb} \\ &= 1.147.943,386 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

$$Q \text{ Heksana} = Q \text{ Air}$$

$$Q \text{ Air} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$1.147.943,386 \text{ Btu/jam} = m \cdot 1 \text{ Btu/lb} \cdot ^\circ\text{F} (120-86) \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$m = 33.763,04 \text{ lb}$$

LMTD

Hot fluid		Cold fluid	
158	Higher temp	120	38 → Δt2
158	Lower temp	86	72 → Δt1
0		34	

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} = \frac{38 - 72}{\ln 38 / 72} = 53,2^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{120 + 86}{2} = 103^\circ\text{F}$$

$$T_c = 158^\circ\text{F}$$

$$R_d = 0,003$$

Dari Kern Tabel 8 hal 840 untuk light organic :

$$U_D = 75-150$$

$$\text{Trial} = 150$$

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot \text{LMTD}} = \frac{1.147.943,386 \text{ Btu/jam}}{150 \text{ Btu.jam/ft}^2 \cdot \text{F} \cdot 53,2^\circ \text{F}} = 143,8526 \text{ ft}^2$$

Dari Kern Tabel 10 hal 843 untuk tube OD $\frac{3}{4}$ in, 16 BWG :

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$a' = 0,302 \text{ in}^2$$

$$\text{ID} = 0,62 \text{ in} = 0,052 \text{ ft}$$

$$L = 5 \text{ ft}$$

$$N_t = \frac{A}{a'' \cdot L} = \frac{143,8526 \text{ ft}^2}{0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft} \cdot 5 \text{ ft}} = 146,56 \approx 147$$

Dari Kern Tabel 9 hal 842 untuk OD $\frac{3}{4}$ in, 15/16 in triangular pitch, 4 tube passes, diperoleh ID = 17,25 in = 1,4375 ft

$$N_t \text{ std} = 194, n = 4$$

$$U_{D \text{ cor}} = \frac{N_t}{N_t \text{ std}} \times U_D = \frac{147}{194} \times 150 = 113,6598 \text{ Btu.jam/ft}^2 \cdot \text{F}$$

Tube side (air pendingin)	Shell side (heksana)
$a_t = \frac{N_t \text{ std} \cdot a'}{144 \cdot n} = \frac{194 \cdot 0,302}{144 \cdot 4} = 0,1017 \text{ ft}^2$	$C' = \text{Pt} - \text{OD}$ $= 15/16 - \frac{3}{4} = 0,1875 \text{ in}$
$G_t = \frac{m}{a_t} = \frac{33.763,04 \text{ lb/jam}}{0,1017 \text{ ft}^2} = 331936,7625 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$	$B = 6$
$V = \frac{G_t}{3600 \cdot \rho} = \frac{331936,7625 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}}{3600 \cdot 62,5 \text{ lb/ft}^3} = 1,4753 \text{ fps}$	$a_s = \frac{\text{ID} \cdot C' \cdot B}{144 \cdot \text{Pt}} = \frac{17,25 \text{ in} \cdot 0,1875 \text{ in} \cdot 6}{144 \cdot (15/16)} = 0,1434 \text{ ft}^2$
<p>Pada $t_c = 103^\circ \text{F}$</p> $\mu_{\text{air}} = 0,458 \cdot 10^{-3} \text{ lb/ft.s}$ $\text{ID} = 0,62 \text{ in} = 0,052 \text{ ft}$ $N_{re} = \text{ID} \cdot G_t / \mu$ $N_{Re} = \frac{0,052 \text{ ft} \cdot 331936,7625 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}}{3600 \cdot 0,458 \cdot 10^{-3} \text{ lb/ft.s}} = 10.468,65$	$G_s = \frac{M}{a_s} = \frac{8318,43 \text{ lb/jam}}{0,1 \text{ ft}^2} = 58.008,58 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}$ <p>Dari Kern Fig.28 hal 838 diperoleh $d_e = 0,55 \text{ ft}$</p> $D_e = d_e/12 = 0,046$ <p>Pada $T_c = 158^\circ \text{F}$</p> $\mu_{\text{heksana}} = 0,017 \text{ lb/ft.jam (Kern Fig.15 hal 825)}$ $c_{\text{heksana}} = 0,565 \text{ btu/lb}^\circ \text{F (Kern Fig.2 hal 804)}$ $k_{\text{heksana}} = 0,078 \text{ btu/jam.ft}^2$ $N_{re} = D_e \cdot G_s / \mu$ $N_{Re} = \frac{0,046 \text{ ft} \cdot 58.008,58 \text{ lb/ft}^2 \cdot \text{jam}}{0,017 \text{ lb/ft.s}} = 156.964,3859$
<p>Dari Kern Fig.25 hal 835 :</p> <p>Pada $t_c = 103^\circ \text{F}$,</p> $h_i = 460 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$ $h_{io} = h_i (\text{ID}/\text{OD})$ $h_{io} = 460 (0,62/0,75) = 380,27 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$	<p>Dari Kern Fig 28 hal 838 :</p> $j_H = 250$

$$h_o = \frac{jH.k}{De \left(\frac{c.\mu}{k} \right)^{1/3}} = \frac{250 \cdot 0,078}{0,046 \left(\frac{0,565 \cdot 0,017}{0,078} \right)^{1/3}}$$

$$h_o = 852,01 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Koefisien overall bersih, U_c :

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{380,27 \cdot 852,01}{380,27 + 852,01} = 262,92 \text{ Btu.jam/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \cdot U_D} = \frac{262,92 - 113,6598}{262,92 \cdot 113,6598} = 0,005 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu.jam}$$

Trial cocok karena $R_d > 0,003$

Pressure Drop

Tube side (air pendingin)	Shell side (heksana)
$NRe = 10.468,65$	$NRe = 156.964,3859$
Dari Kern Fig.26 hal 836 :	Dari Kern Fig 29 hal 839 :
$f = 0,00029 \text{ ft}^2/\text{in}^2$	$f = 0,0013 \text{ ft}^2/\text{in}^2$
$\Delta P_t = \frac{f \cdot G^2 \cdot L \cdot n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot J.D.s}$	No of crosses = $N + 1 = \frac{12 \cdot L}{B}$ (Pers 7-43)
$= \frac{0,00029 \cdot (331936,7625)^2 \cdot 5.4}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot 0,052 \cdot 1} = 0,2354 \text{ psi}$	$N + 1 = \frac{12,5}{6} = 10$
Dari Kern Pers.7-46 hal 148	$s = \frac{8318,43 \text{ lb/jam}}{203.903,4749 \text{ ft}^3/\text{jam} \cdot 62,5 \text{ lb/ft}^3}$
$\Delta P_r = \frac{4 \cdot n \cdot V^2}{s \cdot 2g} = \frac{4 \cdot 4 \cdot (1,4753 \text{ fps})^2}{1 \cdot 2 \cdot (32,2 \text{ ft/s}^2)} = 0,5407 \text{ psi}$	$s = 0,000653$
$\Delta P_T = \Delta P_t + \Delta P_r$	$\Delta P_s = \frac{1}{2} \times \frac{f \cdot G^2 \cdot D_s \cdot (N+1)}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_e \cdot s}$
$= 0,2354 \text{ psi} + 0,5407 \text{ psi} = 0,7761 \text{ psi}$	$= \frac{1}{2} \times \frac{0,0013 \cdot (58.008,58)^2 \cdot 1,4375 \cdot 10}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot 0,046 \cdot 0,000653} = 20,05 \text{ psi}$

Spesifikasi Alat :

Nama : Condenser heksana

Tipe : Horizontal 1-4 In shell condenser (Shell and tube heat exchanger)

Fungsi : Mengembunkan uap heksana

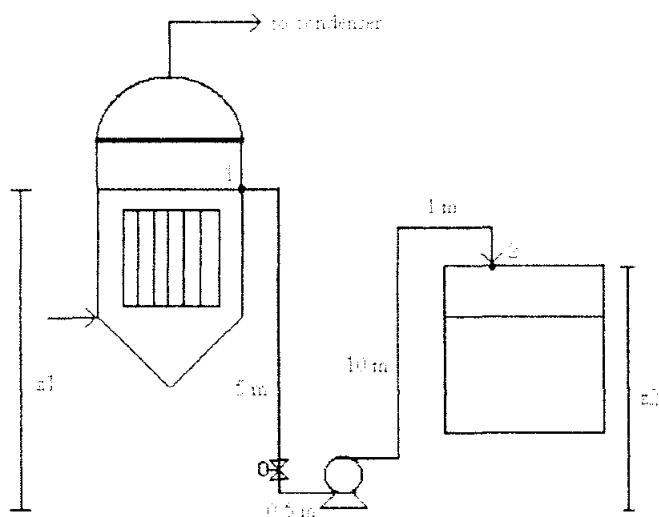
Ukuran tube : $\frac{3}{4}$ in 16 BWG 15/16 in triangular pitch

Jumlah tube : 194 tube

Panjang alat : 5 ft = 1,524 m

ID shell : 17,25 in = 1,4375 ft

20. Pompa holding tank II (L-322)



Fungsi : Mengalirkan ekstrak sirih dari evaporator ke holding tank II

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak sirih = 121,6 kg/batch

Etanol = 1746,72 kg/batch

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m^3)	X_i	X_i/ρ_i
Ekstrak sirih	121,6	958	0,0651	$6,7954 \times 10^{-5}$
Etanol	1746,72	790	0,9349	$1,1834 \times 10^{-3}$
Total	1868,32		1	$1,2514 \times 10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho_{campuran} = 799,13 \text{ kg}/\text{m}^3 = 49,89 \text{ lb}/\text{ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,324 \cdot \rho^{0,5} = (0,324 \cdot (49,89 \text{ lb}/\text{ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb}/\text{ft}\cdot\text{jam} \\ &= 0,00154 \text{ lb}/\text{ft}\cdot\text{s} = 0,0023 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s} \end{aligned}$$

Massa cairan masuk = 1868,32 kg

$$\text{Volume cairan} = \frac{1868,32 \text{ kg}}{799,13 \text{ kg}/\text{m}^3} = 2,3379 \text{ m}^3$$

Ditentukan waktu operasi : 10 menit

Debit cairan masuk (Q) = $14,0277 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0039 \text{ m}^3/\text{s} = 0,1376 \text{ ft}^3/\text{s}$

Laju cairan masuk (m) = $0,0039 \text{ m}^3/\text{s} \times 799,13 \text{ kg}/\text{m}^3 = 3,1166 \text{ kg}/\text{s}$

Diameter Pompa

Asumsi aliran turbulen, dari Timmerhaus hal 496 didapat :

$$ID_{opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13}$$

Dimana :

ID opt = *inside* diameter (in)

Q = debit cairan (ft^3/s)

ρ = densitas cairan (lb/ft^3)

$$ID_{opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13} = 3,9 \cdot (0,1376)^{0,45} \cdot (49,89)^{0,13} = 2,6557 \text{ in}$$

Dipilih *Steel Pipe* (IPS) berukuran 3 in schedule 40 (Kern p 844)

Tabel 11 diperoleh :

$$ID = 3,068 \text{ in} = 0,0779272 \text{ m}$$

$$OD = 3,5 \text{ in} = 0,0889 \text{ m}$$

$$A = 7,38 \text{ in}^2 = 0,05125 \text{ ft}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1376 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,05125 \text{ ft}^2} = 2,685 \text{ ft}/\text{s} = 0,8184 \text{ m}/\text{s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = \frac{799,13 \text{ kg}/\text{m}^3 \times 0,8184 \text{ m}/\text{s} \times 0,0779272 \text{ m}}{0,0023 \text{ kg}/\text{m}\cdot\text{s}}$$

$$Nre = 22.158,7 \rightarrow \text{aliran turbulen} \rightarrow \alpha = 1$$

Friksi

1. *Sudden contraction*

$A_{\text{pipa}} \lll A_{\text{tangki}}$

$$K_c = 0,55 (1 - (A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}})) \quad (\text{Geankoplis 4}^{\text{th}} \text{ ed., Eq.2.10-16})$$

$A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}} = 0$, karena A_{tangki} jauh lebih besar dibanding A_{pipa}

Sehingga : $K_c = 0,55$

$$h_c = K_c \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$h_c = 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,8184 \text{ m}/\text{s})^2}{2 \cdot 1} = 0,1842 \text{ J}/\text{kg}$$

2. *Sudden enlargement*

$$h_{ex} = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$h_c = (1-0) \times \frac{(0,8184 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,3349 \text{ J/kg}$$

3. Friksi pada pipa lurus

Digunakan pipa *Commercial Steel*, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3})$$

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4,6 \times 10^{-5}}{0,0779272} = 5,9 \times 10^{-4} \rightarrow f = 0,007$$

$$\Delta L = (5 + 0,5 + 10 + 1) \text{ m} = 16,5 \text{ m}$$

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

$$F_f = 4(0,007) \times \frac{16,5}{0,0779272} \times \frac{(0,8184)^2}{2} = 1,9854 \text{ J/kg}$$

4. Friksi pada *elbow*

Jumlah *elbow* 90° = 5 buah

$$K_f \text{ elbow } 90^\circ = 0,75 \quad (\text{Geankoplis, Tbl. 2.10-1})$$

$$h_f = 5 \times K_f \times \frac{v^2}{2}$$

$$h_f = 5 \times 0,75 \times \frac{(0,8184)^2}{2} = 1,2558 \text{ J/kg}$$

5. Friksi pada *gate valve*

Jumlah *gate valve* = 1 buah

$$K_f \text{ gate valve wide open} = 0,17 \quad (\text{Geankoplis, Tbl. 2.10-1})$$

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

$$h_f = 0,17 \times \frac{(0,8184)^2}{2} = 0,0569 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{friksi} &= (0,1842 + 0,3349 + 1,9854 + 1,2558 + 0,0569) \text{ J/kg} \\ &= 3,8172 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Power Pompa

$$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

$v_2 =$ kecepatan aliran pada titik 2 = v pada pipa = 0,8184 m/s

$v_1 =$ kecepatan aliran pada titik 1 ≈ 0

$z_2 - z_1 = -1$ m

$g =$ percepatan gravitasi = 9,806 m/s²

$P_1 = 0,8$ atm = 0,8106 . 10⁵ N/m²

$P_2 = 1$ atm = 1,01325 . 10⁵ N/m²

$\Delta P = 0,2$ atm = 0,2027 . 10⁵ N/m²

$$-W_s = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F$$

$$-W_s = \frac{(0,8184^2 - 0^2)}{2 \cdot 1} + (-1) \cdot 9,806 + \frac{0,2027 \cdot 10^5}{799,13} + 3,8172 = 19,7112 \text{ J/kg}$$

$W_s = -19,7112$ J/kg

Dengan $Q = 14,0277$ m³/jam, didapat efisiensi pompa = 60 %

(Timmerhaus, Fig. 13-37)

$$\text{Brake Hp} = \frac{W_s \times m}{\eta \times 550} = \frac{-19,7112 \text{ J/kg} \times 3,1166 \text{ kg/s}}{0,60 \times 550} = 0,19 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{0,19 \text{ Hp}}{0,8} = 0,23 \text{ Hp}$$

Diambil power 0,5 Hp

Spesifikasi Alat

- Fungsi : Mengalirkan *liquid* hasil ekstraksi daun sirih dari evaporator ke holding tank II
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : 0,1376 ft³/s
- Ukuran pipa 3 in schedule 40
 - ID pipa : 3,068 in
 - OD pipa : 3,5 in
 - Power pompa : 0,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

21. Holding Tank II (F-323)

Fungsi : Menampung ekstrak sirih dari evaporator sebelum dialirkan ke flash chamber

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 30 menit

T masuk = 70 °C = 343 K

T keluar = 40 °C = 313 K

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak sirih = 121,6 kg/batch

Etanol = 1746,72 kg/batch

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/ρi
Ekstrak sirih	121,6	958	0,0651	6,7954 x 10 ⁻⁵
Etanol	1746,72	790	0,9349	1,1834 x 10 ⁻³
Total	1868,32		1	1,2514 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho_{campuran} = 799,13 \text{ kg/m}^3 = 49,89 \text{ lb/ft}^3$$

Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- H = 1,5 x D
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: F_{allow} = 18.750 psi (Brownell&Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- P design = 1,2 x P_{operasi}
- Effisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint E = 0,8

$$\begin{aligned} \text{Volume bahan masuk} &= \frac{\text{massa bahan masuk}}{\rho \text{ bahan masuk}} \\ &= \frac{1868,32 \text{ kg}}{797,13 \text{ kg/m}^3} \\ &= 2,3379 \text{ m}^3 = 82,5632 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volume liquid}}{0,8} \\ &= \frac{2,3379 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 2,9224 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 \times H = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID}^3$$

$$2,9224 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID}^3$$

$$2,9224 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID}^3$$

$$\text{ID} = 1,3537 \text{ m} = 4,44 \text{ ft} = 53,2953 \text{ in}$$

$$H = 1,5 \text{ ID} = 1,5 \times 1,3537 = 2,0306 \text{ m} = 6,662 \text{ ft}$$

Tinggi Bahan Dalam Tangki

$$H \text{ bahan dalam tangki} = \frac{\text{Volume bahan}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$= \frac{2,3379}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,3537)^2} = 1,6244 \text{ m} = 5,33 \text{ ft}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan hidrostatik} &= \frac{\rho \text{ aquades} \times H \text{ bahan}}{144} \\ &= \frac{49,89 \text{ lbf/ft}^3 \times 5,33 \text{ ft}}{144} = 1,85 \text{ psia} \end{aligned}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\begin{aligned} \text{Tekanan operasi alat} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik} \\ &= 14,696 \text{ psia} + 1,85 \text{ psia} = 16,546 \text{ psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan desain} &= 1,2 \times \text{tekanan operasi alat} \\ &= 1,2 \times 16,546 \text{ psia} = 19,8552 \text{ psia} \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Shell, Tutup Atas dan Tutup Bawah

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F_{allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (F_{allow} \cdot E - 0,6 P)} + c$$

$$= \frac{19,8552 \text{ psia} \times 53,2953 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 19,8552 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,1603 \text{ in}$$

Dipilih tebal shell, tutup atas dan tutup bawah sebesar 3/16 in
dimana :

t_s = tebal *shell*, in

P = *internal design pressure*, psia

ID = *inside diameter*, in

F_{allow} = *allowable working stress*, psi

E = efisiensi sambungan las (*joint efficiency*)

c = *corrosion allowance*, in (0,125)

Perhitungan isolator

$$Q_{loss} = 9.753,578 \text{ Btu/batch} = 9.753,578 \text{ Btu/jam}$$

Isolator yang dipakai dari kapuk (Kern, 1965, pp.796) :

Data :

$$k \text{ isolator} = 0,0200 \text{ Btu/(jam)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F/ft)}$$

(Kern, 1965, tab.2)

$$\text{Densitas isolator} = 0,8800 \text{ lb/ft}^3 = 0,0733 \text{ lb/in}^3$$

$$\text{Suhu tangki, } T_1 = 158 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu lingkungan, } T_0 = 86^\circ\text{F}$$

Perhitungan :

$$OD \text{ shell} = 4,4725 \text{ ft}$$

$$\text{Jari-jari luar shell, } r_1 = 2,23625 \text{ ft}$$

$$\text{Panjang isolator, } L = H \text{ bahan} = 5,33 \text{ ft}$$

$$Q = \frac{2\pi L(T_1 - T_0)}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{k}}$$

(Geankoplis, pers 4.3-33)

$$9.753,578 \text{ Btu/jam} = \frac{2\pi \times 5,33 \text{ ft} \times (158-86)^\circ\text{F}}{\frac{\ln(r_2/2,23625 \text{ ft})}{0,02 \text{ Btu/jam.ft}^\circ\text{F}}}$$

$$r_2 = 2,2473 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{tebal isolator} &= r_2 - r_1 \\ &= 2,2473 \text{ ft} - 2,23625 \text{ ft} \\ &= 0,011 \text{ ft} = 0,0034 \text{ m} = 0,133 \text{ in} = \frac{1}{4} \text{ in} \end{aligned}$$

Spesifikasi Alat

- Nama : Holding Tank II
- Kapasitas : 2,3379 m³/batch
- ID : 1,3537 m
- H : 2,0306 m
- Tebal *shell* : 3/16 in
- Jenis isolator : kapuk
- Tebal isolator : ¼ in
- Jumlah tangki : 1 buah

22. Flash Chamber (V-330)

Fungsi : menguapkan ethanol

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas standard dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Kondisi operasi :

$$P_{op} = 0,646 \text{ atm} = 9,4936 \text{ psia}$$

$$T_{op} = 153,95^\circ\text{F} = 67,75^\circ\text{C}$$

$$\text{Waktu operasi} = 1 \text{ jam}$$

Diketahui :

Feed masuk :

$$\text{Suhu} = 67,75^\circ\text{C} = 153,95^\circ\text{F}$$

$$\text{Massa ethanol yang diuapkan} = 1503,52 \text{ kg/batch} = 1503,52 \text{ kg/jam}$$

Pada 153,95°F :

$$\text{Spesifik volume untuk ethanol, } V_s = 237 \text{ L/mol (schaum)}$$

$$\text{Rate volumetrik} = \frac{m}{M_r} \times V_s$$

$$= \frac{1503,52 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \times 237 \text{ L/mol}$$

$$= 7.746.396,522 \text{ L/jam} = 273.559,93 \text{ ft}^3/\text{jam} = 4.559,33 \text{ ft}^3/\text{menit}$$

$$\text{Ditetapkan kecepatan uap} = 2 \text{ ft/s} = 7200 \text{ ft/jam}$$

$$\text{Luas penampang chamber} = \frac{\text{Rate volumetrik}}{\text{kecepatan uap}}$$

$$= 37,9944 \text{ ft}^2$$

$$\text{Luas penampang chamber} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$\text{Diameter penampang, } D = \sqrt{\left(\frac{37,9944 \text{ ft}^2}{\frac{1}{4} \times \pi} \right)}$$

$$= 6,96 \text{ ft} = 2,12 \text{ m} = 83,46 \text{ in}$$

Penentuan tinggi chamber

$$\text{Tinggi cairan dalam silinder (} t_1 \text{ liq) ditetapkan} = 7 \text{ ft}$$

$$t_1 \text{ liq} = 80\% \times \text{tinggi chamber}$$

$$\text{Tinggi chamber} = 7 \text{ ft}/80\%$$

$$= 8,75 \text{ ft}$$

$$\text{Diambil tinggi chamber} = 9 \text{ ft}$$

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ camp} \times H \text{ camp tangki}}{144}$$

$$= \frac{49,89 \text{ lbm/ft}^3 \times 7 \text{ ft}}{144} = 2,4252 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\text{Tekanan operasi alat} = \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik}$$

$$= 14,696 \text{ psia} + 2,4252 \text{ psia} = 17,1212 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan desain} = 1,2 \times \text{tekanan operasi alat}$$

$$= 1,2 \times 17,1212 \text{ psia} = 20,55 \text{ psia} = 1,4 \text{ atm}$$

Perhitungan Tebal Shell

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$f = 18750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{P \times \text{ID shell}}{2 \times (F \text{ allow.} \cdot E - 0,6 P)} + c \\ &= \frac{20,55 \text{ psia} \times 83,46 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,55 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,1788 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

t_s = Tebal *shell*, in

P = *Internal design pressure*, psia

ID shell = *Inside diameter*, in

$F \text{ allow}$ = *Allowable working stress*, psi

E = Efisiensi sambungan las (*joint efficiency*)

c = *Corrosion allowance*, in (0,125)

Perhitungan tebal tutup bawah (konis)

Diketahui :

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\begin{aligned} t_k &= \frac{P \times \text{ID shell}}{2 \times (F \text{ allow.} \cdot E - 0,6 P) \times \cos \alpha} + c \\ &= \frac{20,55 \text{ psia} \times 83,46 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,55 \text{ psia}) \times \cos 30} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,1872 \text{ in} \end{aligned}$$

Dipilih tebal shell dan tutup atas sebesar $3/16 \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

Perhitungan tutup atas standard dished head

Diketahui :

Crown radius, R_c = ID = 83,46 in

Knuckle radius, iCr = 6% R_c = 5,0076 in

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{0,885 \times P \times \text{ID shell}}{(F \text{ allow.} E - 0,6 P)} \\
 &= \frac{0,885 \times 20,55 \text{ psia} \times 83,46 \text{ in}}{(18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,55 \text{ psia})} \\
 &= 0,09531 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari Brownell & Young fig 5.8 hal 87 :

$$AB = \text{ID}/2 - i_{Cr} = 36,7224 \text{ in}$$

$$BC = R_c - i_{Cr} = 78,4524 \text{ in}$$

$$b = R_c - (BC^2 - AB^2)^{1/2} = 14,1329 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 Brownell, untuk $i_{Cr} = 5,0076 \text{ in}$, didapat :

$$S_f = 4,5 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi head atas} &= t_h + b + S_f \\
 &= 18,72821 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Pompa vakum

Tekanan yang diinginkan dalam flash chamber = Tekanan uap ethanol pada suhu $67,75^\circ\text{C} = 153,95^\circ\text{F}$

Dari perhitungan pada Appendix B diperoleh tekanan uap ethanol pada suhu $153,95^\circ\text{F}$ adalah $0,646 \text{ atm} = 9,4936 \text{ psia} = 490,96 \text{ mmHg}$

Digunakan reciprocating vacuum pump

Alasan pemilihan : umum digunakan untuk memvakumkan evaporator.

$$P = \frac{0,148 \cdot T_1 \cdot q_0}{520 \cdot \eta} \cdot \log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

(Mc Cabe ed 4, pers. 8-30)

Dimana :

P = brake horsepower (hp)

q_0 = volume uap (ft^3/menit)

T_1 = temperatur uap dalam evaporator (R) = $613,95 \text{ R}$

P_1 = tekanan dalam evaporator (lbf/in^2)

P_2 = tekanan udara luar (lbf/in^2)

η = efisiensi pompa, berkisar antara $0,8 - 0,85$, diambil $0,8$

P_2 = $0,646 \text{ atm} = 9,4936 \text{ lbf}/\text{in}^2$

P_1 = $1 \text{ atm} = 14,696 \text{ lbf}/\text{in}^2$

$$P = \frac{0,148 \cdot 613,95 \cdot 4.559,33}{520 \cdot 0,8} \cdot \log\left(\frac{14,696}{9,4936}\right)$$

$$P = 188,9844 \text{ hp} = 140,93 \text{ kW}$$

Dipilih pompa vakum sebesar 200 hp.

Spesifikasi Alat :

Nama : Flash Chamber

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas standard dished head dan tutup bawah berbentuk konis.

Ukuran : Diameter : 2,12 m

Tinggi chamber : 9 ft

Tebal shell : 3/16 in

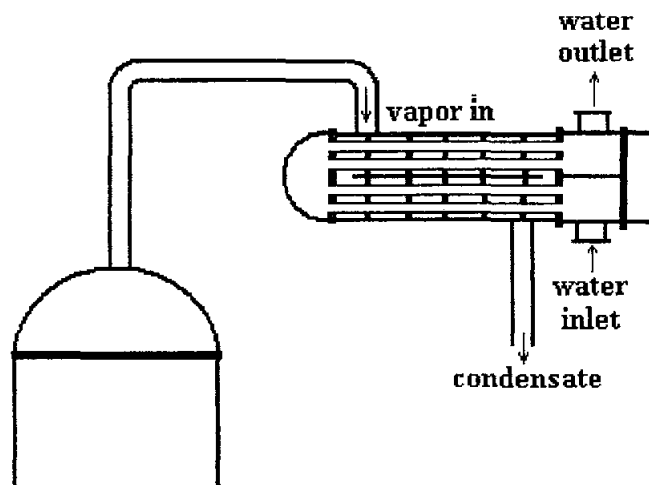
Tebal utup atas : 3/16 in

Tinggi head atas : 18,72821 in

Power pompa vakum : 200 hp

Pompa vakum : Reciprocating vacuum pump

23. Condenser (E-331)



Fungsi : Mengembunkan uap ethanol

Tipe : Horizontal 1-2 condenser

Dasar pemilihan : pengoperasian mudah

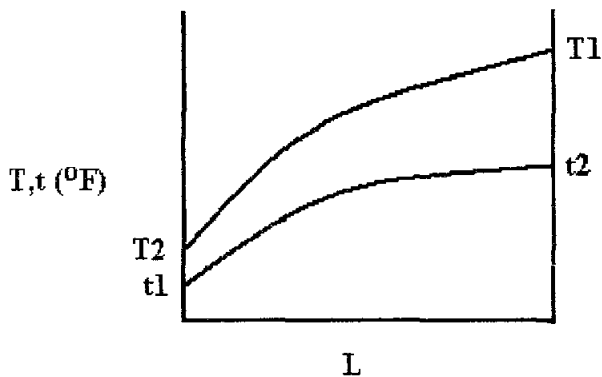
Diketahui :

$$\text{Rate uap} = 1503,52 \text{ kg/jam} = 3314,6384 \text{ lb/jam}$$

$$P \text{ uap} = 0,646 \text{ atm} = 9,4936 \text{ psig}$$

- T uap ethanol masuk (T_1) = $67,75^\circ\text{C} = 153,95^\circ\text{F}$
 Latent heat of vaporization ethanol = 385 Btu/lb (Kern fig 12 hal 815)
 T air pendingin masuk (t_1) = $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$
 C_p ethanol pd $153,95^\circ\text{F}$ = $0,795 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$
 C_p air pada 86 F = 1 Btu/lb (Geankoplis App.A.2-11 hal 967)
 Ditentukan :
 R_d = 0,005
 Ukuran tube = $\frac{3}{4}$ in 16 BWG $\frac{15}{16}$ in triangular pitch
 Panjang alat = 5 ft = 1,524 m
 T air pendingin keluar (t_2) = $120^\circ\text{F} = 48,89^\circ\text{C}$

Perhitungan :



- T_1 : suhu uap ethanol masuk
 T_2 : suhu kondensat ethanol
 t_1 : suhu air dingin masuk
 t_2 : suhu air panas keluar

Heat balance

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{Ethanol}} &= m \times \text{latent heat} \\
 &= 3314,6384 \text{ lb/jam} \times 385 \text{ Btu/lb} \\
 &= 1.276.135,802 \text{ Btu/jam}
 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{Ethanol}} = Q_{\text{Air}}$$

$$Q_{\text{Air}} = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$1.276.135,802 \text{ Btu/jam} = m \cdot 1 \text{ Btu/lb} \cdot ^\circ\text{F} (120-86) \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$m = 79.758,49 \text{ lb/jam}$$

LMTD

Hot fluid		Cold fluid	
153,95	Higher temp	120	33,95 → Δt2
153,95	Lower temp	86	67,95 → Δt1
0		34	

$$LMTD = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \Delta t_2 / \Delta t_1} = \frac{33,95 - 67,95}{\ln 33,95 / 67,95} = 48,9996 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t_c = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{120 + 86}{2} = 103 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_c = 153,95 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$R_d = 0,003$$

Dari Kern Tabel 8 hal 840 untuk light organic (include ethanol) :

$$U_D = 75-150$$

$$\text{Trial} = 120$$

$$A = \frac{Q}{U_D \cdot LMTD} = \frac{1.276.135,802 \text{ Btu/jam}}{120 \text{ Btu.jam/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot 48,9996 \text{ } ^\circ\text{F}} = 217,0317 \text{ ft}^2$$

Dari Kern Tabel 10 hal 843 untuk tube OD ¾ in, 16 BWG :

$$a'' = 0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft}$$

$$a' = 0,302 \text{ in}^2$$

$$ID = 0,62 \text{ in} = 0,052 \text{ ft}$$

$$L = 5 \text{ ft}$$

$$Nt = \frac{A}{a'' \cdot L} = \frac{217,0317 \text{ ft}^2}{0,1963 \text{ ft}^2/\text{ft} \cdot 5 \text{ ft}} = 221,12 \approx 222$$

Dari Kern Tabel 9 hal 842 untuk OD ¾ in, 15/16 in triangular pitch, 2 tube passes, diperoleh ID = 17,25 in = 1,4375 ft

$$Nt \text{ std} = 224, n = 2$$

$$U_{D \text{ cor}} = \frac{Nt}{Nt \text{ std}} \times U_D = \frac{222}{224} \times 120 = 118,93 \text{ Btu.jam/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

Tube side (air pendingin)	Shell side (ethanol)
$A = \frac{N_t \text{ std. } a'}{144 \cdot n} = \frac{224 \cdot 0,302}{144 \cdot 2} = 0,235 \text{ ft}^2$	$C' = Pt - OD$ $= 15/16 - 3/4 = 0,1875 \text{ in}$
$m = \frac{79.758,49 \text{ lb/jam}}{0,235 \text{ ft}^2} = 339.558,3775 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$	$B = 6$
$G_t = \frac{339.558,3775 \text{ lb/ft}^2\text{jam}}{3600 \cdot \rho} = \frac{339.558,3775 \text{ lb/ft}^2\text{jam}}{3600 \cdot 62,5 \text{ lb/ft}^3} = 1,5091 \text{ fps}$	$a_s = \frac{ID \cdot C' \cdot B}{144 \cdot Pt} = \frac{17,25 \text{ in} \cdot 0,1875 \text{ in} \cdot 6}{144 \cdot (15/16)} = 0,1434 \text{ ft}^2$
<p>Pada $t_c = 103 \text{ }^\circ\text{F}$</p>	$G_s = \frac{M}{a_s} = \frac{3314,6384 \text{ lb/jam}}{0,1 \text{ ft}^2} = 33.146,384 \text{ lb/ft}^2\text{jam}$
<p>air = $0,458 \cdot 10^{-3} \text{ lb/ft} \cdot \text{s}$</p>	<p>Dari Kern Fig.28 hal 838 diperoleh $d_e = 0,55 \text{ ft}$</p>
<p>$D = 0,62 \text{ in} = 0,052 \text{ ft}$</p>	<p>$D_e = d_e/12 = 0,046$</p>
<p>$\mu = ID \cdot G_t / \mu$</p>	<p>Pada $T_c = 153,95 \text{ }^\circ\text{F}$</p>
$Re = \frac{0,052 \text{ ft} \cdot 339.558,3775 \text{ lb/ft}^2\text{jam}}{3600 \cdot 0,458 \cdot 10^{-3} \text{ lb/ft} \cdot \text{s}} = 10.709,022$	<p>$\mu \text{ ethanol} = 0,0212 \text{ lb/ft} \cdot \text{jam}$ (Kern Fig.15 hal 825)</p>
<p>Dari Kern Fig.25 hal 835 :</p>	<p>$c \text{ ethanol} = 0,72 \text{ btu/lb} \cdot \text{ }^\circ\text{F}$ (Kern Fig.2 hal 804)</p>
<p>$f = 1$</p>	<p>$k \text{ ethanol} = 0,089 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2$ (Kern Tab 5 hal 801)</p>
<p>Pada $t_c = 103 \text{ }^\circ\text{F}$,</p>	<p>$N_{re} = D_e \cdot G_s / \mu$</p>
<p>$i = 465 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F}$</p>	$NR_{re} = \frac{0,046 \text{ ft} \cdot 33.146,384 \text{ lb/ft}^2\text{jam}}{0,0212 \text{ lb/ft} \cdot \text{s}} = 71.921,4$
<p>$h_o = h_i (ID/OD)$</p>	<p>Dari Kern Fig 28 hal 838 :</p>
<p>$h_o = 465 (0,62/0,75) = 384,4 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F}$</p>	<p>$j_H = 160$</p>
	$h_o = \frac{j_H \cdot k}{D_e \left(\frac{c \cdot \mu}{k} \right)^{1/3}} = \frac{160 \cdot 0,089}{0,046 \left(\frac{0,72 \cdot 0,0212}{0,089} \right)^{1/3}}$
	<p>$h_o = 557,1764 \text{ btu/jam} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F}$</p>

Koefisien overall bersih, U_c :

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{384,4 \cdot 557,1764}{384,4 + 557,1764} = 227,4681 \text{ Btu} \cdot \text{jam} / \text{ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F}$$

$$R_d = \frac{U_c - U_D}{U_c \cdot U_D} = \frac{227,4681 - 118,93}{227,4681 \cdot 118,93} = 0,004 \text{ ft}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{F} / \text{Btu} \cdot \text{jam}$$

Trial cocok karena $R_d > 0,003$

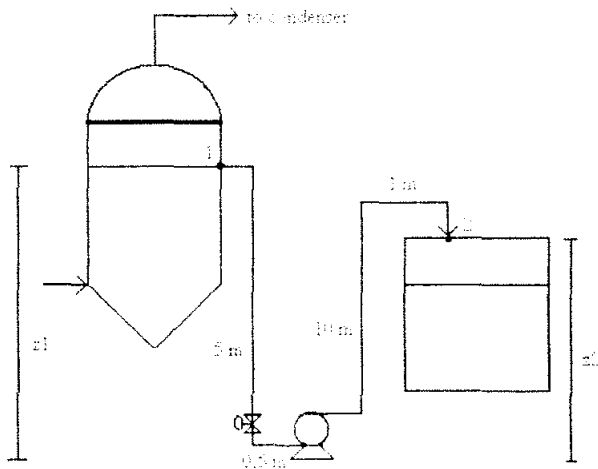
Pressure Drop

Tube side (air pendingin)	Shell side (ethanol)
$NRe = 10.709,022$ Dari Kern Fig.26 hal 836 : $f = 0,00029 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ $\Delta Pt = \frac{f.G^2.L.n}{5,22.10^{10}.ID.s}$ $= \frac{0,00029.(339.558,3775)^2.5.2}{5,22.10^{10}.0,052.1} = 0,1232 \text{ psi}$ Dari Kern Pers.7-46 hal 148 $\Delta Pr = \frac{4.n.V^2}{s.2g} = \frac{4.2.(1,5091 \text{ fps})^2}{1.2(32,2 \text{ ft/s}^2)} = 0,283 \text{ psi}$ $\Delta PT = \Delta Pt + \Delta Pr$ $= 0,1232 \text{ psi} + 0,283 \text{ psi} = 0,4062 \text{ psi}$	$NRe = 71.921,4$ Dari Kern Fig 29 hal 839 : $f = 0,0015 \text{ ft}^2/\text{in}^2$ No of crosses = $N + 1 = \frac{12.L}{B}$ (Pers 7-43) $N + 1 = \frac{12.5}{6} = 10$ $s = \frac{3314,6384 \text{ lb/jam}}{273.559,93 \text{ ft}^3/\text{jam} \cdot 62,5 \text{ lb/ft}^3}$ $s = 0,0002$ $\Delta Ps = \frac{1}{2} \times \frac{f.G^2.Ds.(N+1)}{5,22.10^{10}.De.s}$ $= \frac{1}{2} \times \frac{0,0015.(33.146,384)^2.1,4375.10}{5,22.10^{10}.0,046.0,0002} = 24,67 \text{ psi}$

Spesifikasi Alat

Nama	: Condenser ethanol
Tipe	: Horizontal 1-2 In shell condenser (Shell and tube heat exchanger)
Fungsi	: Mengembunkan uap ethanol
Ukuran tube	: 3/4 in 16 BWG 15/16 in triangular pitch
Jumlah tube	: 224 tube
Panjang alat	: 5 ft = 1,524 m
ID shell	: 17,25 in = 1,4375 ft

24. Pompa Holding tank III (L-332)



Fungsi : Mengalirkan ekstrak sirih dari flash chamber ke holding tank III

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa.s}$).

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak sirih = 121,6 kg/batch

Etanol = 243,19 kg/batch

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m^3)	X_i	X_i/ρ_i
Ekstrak sirih	121,6	958	0,3333	$3,4791 \times 10^{-4}$
Etanol	243,19	790	0,6667	$8,4392 \times 10^{-4}$
Total	364,79		1	$1,1918 \times 10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{\text{camp}}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho_{\text{campuran}} = 839,04 \text{ kg/m}^3 = 52,38 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,324 \cdot \rho^{0,5} = (0,324 \cdot (52,38 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam} \\ &= 0,0016 \text{ lb/ft.s} = 0,00235 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

Massa cairan masuk = 364,79 kg

Ditentukan waktu operasi : 1 menit

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Fungsi : Mengalirkan ekstrak sirih dari flash chamber ke holding tank III
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : 0,2559 ft³/s
- Ukuran pipa 4 in schedule 40
 - ID pipa : 4,026 in
 - OD pipa : 4,5 in
- Power pompa : 0,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

25. Holding tank III (F-333)

Fungsi : Menampung ekstrak sirih dari flash chamber sebelum dialirkan ke tangki formulasi

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

Waktu operasi = 5 menit

T masuk = 40°C = 313 K

T keluar = 37°C = 310 K

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak sirih = 121,6 kg/batch

Etanol = 243,19 kg/batch

Komponen	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/ρi
Ekstrak sirih	121,6	958	0,3332	3,4029 x 10 ⁻⁵
Etanol	243,19	790	0,6668	5,919 x 10 ⁻⁴
Total	364,79		1	1,3664 x 10 ⁻³

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum \frac{X_i}{\rho_i}$$

$$\rho \text{ campuran} = 839,04 \text{ kg/m}^3 = 52,38 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,324 \cdot \rho^{0,5} &= (0,324 \cdot (52,38 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam} \\ & &= 0,0016 \text{ lb/ft.s} = 0,00235 \text{ kg/m.s} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama dengan holding tank I diperoleh spesifikasi holding tank III sebagai berikut :

Spesifikasi Alat

- Nama : Holding tank III
- Kapasitas : 0,4348 m³/batch
- ID : 0,73 m
- H : 0,46 m
- Tebal *shell* : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*

26. Pompa Tangki Formulasi (L-334)

Fungsi : Mengalirkan ekstrak sirih dari holding tank III ke tangki formulasi

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah (<0,2 Pa.s).

Kondisi operasi : T = 30°C

$$\rho \text{ camp} = 839,04 \text{ kg/m}^3 = 52,38 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu \text{ camp} = 0,0016 \text{ lb/ft.s} = 0,00235 \text{ kg/m.s}$$

Massa cairan masuk = 364,79 kg

Ditentukan waktu operasi : 2 menit

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Fungsi : Mengalirkan ekstrak sirih dari holding tank III ke tangki formulasi
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : 0,4348 m³/s
- Ukuran pipa 2 in schedule 80
ID pipa : 1,939 in

- OD pipa : 2,375 in
 Power pompa : 0,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
 - Jumlah : 1 buah

27. Rotary Knife Cutter Aloe vera (C-140)

Fungsi : untuk memotong Aloe vera sebelum diproses dengan hydraulic press.

Tipe : rotary knife cutter

Dasar pemilihan : cocok untuk memotong bahan padat atau sticky material

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

Waktu tinggal : 1 jam

Perhitungan :

Aloe vera yang dibutuhkan adalah 450 kg per hari. Proses pengecilan ukuran dibagi menjadi 2 tahap, masing-masing 250 kg dengan waktu tinggal per tahapan adalah 1 jam.

Massa Aloe vera = 250 kg/batch
 = 547,885 lb/ jam

Dari Perry, table 8-16, p.8-29, 6th ed, didapatkan :

Untuk feed rate = 600 lb/jam, screen opening = $\frac{3}{4}$ in, power = 20 hp

Jumlah mesin yang dibutuhkan = 1 mesin

Floor space required = 68 x 42 in = 1,73 x 1,07 m

Spesifikasi alat

Tipe : rotary knife cutter

Feed rate : 600 lb/jam

Opening : $\frac{3}{4}$ in

Power : 20 hp

Ukuran alat : 1,73 x 1,07 m

28. Hydraulic Press Aloe vera (H-150)

Fungsi : menghasilkan ekstrak aloe vera dari daun aloe vera

Dasar pemilihan : harga murah dan mudah dibersihkan

Spesifikasi Alat

Tipe	: Hydraulic press
Tekanan Operasi	: $200 \text{ lb/in}^2 = 200 \text{ psia} = 13,61 \text{ atm}$
Ukuran alat	: panjang = 1,2 m lebar = 1 m tinggi = 1 m
Ukuran Chamber	: diameter : 0,9 m tinggi : 0,6 m
Kapasitas	: 1000 kg/batch
Power	: 20 hp

29. Holding Tank Aloe vera (F-160)

Fungsi : Menampung ekstrak Aloe vera dari hydraulic press sebelum dialirkan ke tangki formulasi

Tipe : Silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat

Kondisi operasi :

P operasi	= 1 atm
Waktu operasi	= 1 hari
T masuk	= $30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$
T keluar	= $30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

Ekstrak Aloe vera	= 81,0625 kg/batch	= 324,25 kg/hari
ρ ekstrak	= 1073 kg/m^3	= $66,99 \text{ lb/ft}^3$
$\mu = 0,324 \cdot \rho^{0,5}$	= $(0,324 \cdot (66,99 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam}$	
	= $0,0018 \text{ lb/ft.s} = 0,0027 \text{ kg/m.s}$	

Dengan perhitungan yang sama dengan holding tank I diperoleh spesifikasi holding tank aloe vera sebagai berikut :

Spesifikasi Alat

- Nama : Holding tank Aloe vera
- Kapasitas : $0,3022 \text{ m}^3/\text{hari}$
- ID : 0,65 m
- H total : 1,36 m

- Tebal *shell* : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*

30. Pompa Holding Tank Aloe vera (L-161)

Fungsi : Mengalirkan ekstrak Aloe vera dari tangki penampung Aloe vera ke tangki formulasi

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2$ Pa.s).

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

ρ ekstrak = 1073 kg/m^3 = $66,99 \text{ lb/ft}^3$

$\mu = 0,324 \cdot \rho^{0,5}$ = $(0,324 \cdot (66,99 \text{ lb/ft}^3)^{0,5} \cdot 2,42) \text{ lb/ft.jam}$
 = $0,0018 \text{ lb/ft.s} = 0,0027 \text{ kg/m.s}$

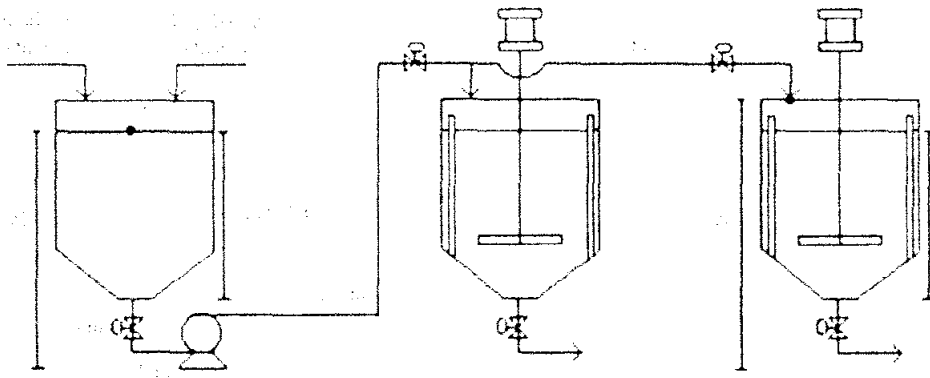
Ekstrak Aloe vera = $81,0625 \text{ kg/batch} = 1,35 \text{ kg/s}$

Ditentukan waktu operasi : 1 menit

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Fungsi : Mengalirkan ekstrak aloe vera dari tangki penampung aloe vera ke tangki formulasi
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : $0,0442 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 4 in schedule 40
 - ID pipa : 2,0670 in
 - OD pipa : 2,3750 in
 - Power pompa : 0,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel tipe SA-7*
- Jumlah : 1 buah

31. Pompa Ethanol (L-242)



Fungsi : Mengalirkan ethanol dari tangki penampung ethanol ke tangki ekstraktor II dan mixing tank I

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa.s}$).

Kondisi operasi diambil untuk proses pengaliran ethanol dari tangki penampungan ethanol ke tangki ekstraktor II dengan jumlah aliran ethanol yang paling banyak.

$T = 30^\circ\text{C}$

ρ ethanol = $790 \text{ kg/m}^3 = 49,32 \text{ lb/ft}^3$

μ ethanol = $0,0025 \text{ kg/m.s}$ (Geankoplis)

Massa ethanol = $1.101,46 \text{ kg}$

Volume ethanol = $\frac{1.101,46 \text{ kg}}{790 \text{ kg/m}^3} = 1,3943 \text{ m}^3$

Ditentukan waktu operasi : 5 menit

Debit ethanol masuk (Q) = $16,731 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0046 \text{ m}^3/\text{s} = 0,1641 \text{ ft}^3/\text{s}$

Laju *slurry* masuk (m) = $0,0046 \text{ m}^3/\text{s} \times 790 \text{ kg/m}^3 = 3,634 \text{ kg/s}$

Diameter Pompa

Asumsi aliran turbulen, dari Timmerhaus hal 496 didapat :

$$ID_{opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13}$$

Dimana :

ID_{opt} = *inside diameter* (in)

Q = debit *slurry* (ft^3/s)

ρ = densitas *slurry* (lb/ft³)

$$ID_{opt} = 3,9 Q_f^{0,45} \rho^{0,13} = 3,9 (0,1641)^{0,45} (49,32)^{0,13} = 2,8705 \text{ in}$$

Dipilih *Steel Pipe* (IPS) berukuran 3 in schedule 40 (Kern p 844)

Tabel 11 diperoleh :

$$ID = 3,068 \text{ in} = 0,0779272 \text{ m}$$

$$OD = 3,5 \text{ in} = 0,0889 \text{ m}$$

$$A = 7,38 \text{ in}^2 = 0,05125 \text{ ft}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1641 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,05125 \text{ ft}^2} = 3,202 \text{ ft/s} = 0,976 \text{ m/s}$$

$$NRe = \frac{\rho \times v \times ID}{\mu} = \frac{790 \text{ kg/m}^3 \times 0,976 \text{ m/s} \times 0,0779272 \text{ m}}{0,0025 \text{ kg/m.s}}$$

$$Nre = 24.033,99 \rightarrow \text{aliran turbulen} \rightarrow \alpha = 1$$

Friksi

1. *Sudden contraction*

Apipa \lll Atangki

$$Kc = 0,55 (1 - (A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}})) \quad (\text{Geankoplis 4}^{\text{th}} \text{ ed., Eq.2.10-16})$$

$A_{\text{pipa}}/A_{\text{tangki}} = 0$, karena A_{tangki} jauh lebih besar dibanding A_{pipa}

Sehingga : $Kc = 0,55$

$$hc = Kc \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$hc = 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,976 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,262 \text{ J/kg}$$

2. *Sudden enlargement*

$$hex = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$hc = (1-0) \times \frac{(0,976 \text{ m/s})^2}{2.1} = 0,4763 \text{ J/kg}$$

3. Friksi pada pipa lurus

Digunakan pipa *Commercial Steel*, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.

$$\varepsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m} \quad (\text{Geankoplis, Fig. 2.10-3})$$

$$\frac{\varepsilon}{ID} = \frac{4,6 \times 10^{-5}}{0,0779272} = 5,9 \times 10^{-4} \rightarrow f = 0,007$$

$$\Delta L = (0,5 + 0,5 + 20 + 8) \text{ m} = 29 \text{ m}$$

$$F_f = 4f_x \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2}$$

$$F_f = 4(0,007) \times \frac{29}{0,0779272} \times \frac{(0,976)^2}{2} = 4,9629 \text{ J/kg}$$

4. Friksi pada *elbow*

Jumlah *elbow* $90^\circ = 4$ buah

$$K_f \text{ elbow } 90^\circ = 0,75 \quad (\text{Geankoplis, Tbl. 2.10-1})$$

$$h_f = 4 \times K_f \times \frac{v^2}{2}$$

$$h_f = 4 \times 0,75 \times \frac{(0,976)^2}{2} = 1,4289 \text{ J/kg}$$

5. Friksi pada *gate valve*

Jumlah *gate valve* = 3 buah

$$K_f \text{ gate valve wide open} = 0,17 \quad (\text{Geankoplis, Tbl. 2.10-1})$$

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

$$h_f = 3 \times 0,17 \times \frac{(0,976)^2}{2} = 0,2429 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{friksi} &= (0,262 + 0,4763 + 4,9629 + 1,4289 + 0,2429) \text{ J/kg} \\ &= 7,373 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Power Pompa

$$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F + W_s = 0$$

v_2 = kecepatan aliran pada titik 2 = v pada pipa = 0,976 m/s

v_1 = kecepatan aliran pada titik 1 ≈ 0

$z_2 - z_1 = 1 \text{ m}$

g = percepatan gravitasi = 9,806 m/s²

$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm}$

$$-W_s = \frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2\alpha} + (z_2 - z_1)g + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Sigma F$$

$$-W_s = \frac{(0,976 - 0)^2}{2 \cdot 1} + 1 \text{ m} \cdot 9,806 \text{ m/s}^2 + 0 + 7,373 \text{ J/kg} = 17,6553 \text{ J/kg}$$

$$W_s = -17,6553 \text{ J/kg}$$

Dengan $Q = 16,731 \text{ m}^3/\text{jam}$, didapat efisiensi pompa = 59 % Timmerhaus, Fig. 14-37

$$\text{Brake Hp} = \frac{W_s \times m}{\eta \times 550} = \frac{-17,6553 \text{ J/kg} \times 3,634 \text{ kg/s}}{0,59 \times 550} = 0,1977 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor = 80%

$$\text{Power motor} = \frac{0,1977 \text{ Hp}}{0,8} = 0,2471 \text{ Hp}$$

Dipilih power motor 0,5 Hp.

Spesifikasi Alat

- Fungsi : Mengalirkan ethanol dari tangki penampung ethanol ke tangki ekstraktor II dan mixing tank I
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : $0,1641 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 3 in schedule 40
 - ID pipa : 3,068 in
 - OD pipa : 3,5 in
 - Power pompa : 0,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

32. Storage Tank Heksana (F-211)

Fungsi : untuk menampung heksana

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk flat.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

P operasi = 1 atm

T operasi = $30^\circ\text{C} = 303\text{K}$

Heksana yang dibutuhkan = 1882,24 kg/batch

ρ heksana = 675 kg/m^3 = $42,14 \text{ lb/ft}^3$

Ditentukan banyaknya heksana yang ditampung dalam tangki sebanyak 2 kali volume heksana yang dibutuhkan tiap batch. Alasan ini diambil untuk menunjang kelancaran proses. Heksana digunakan dalam tangki ekstraktor daun sirih dan baru akan diuapkan dan dikondensasikan pada tahap evaporasi (± 9 jam

berikutnya). Sedangkan proses ekstraksi pada tangki ekstraksi daun sirih akan tetap dilakukan setiap 6 jam.

Sehingga banyaknya heksana yang ditampung adalah 3764,48 kg.

$$\text{Volume heksana} = \frac{3764,48 \text{ kg}}{0,675 \text{ kg/L}} = 5577,0074 \text{ L}$$

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

$$\text{Heksana} = 5577,0074 \text{ L} = 5,577 \text{ m}^3$$

Ditetapkan :

- Volume bahan = 80% volume tangki
- $H = 1,5 \times D$
- Stainless steel SA-240 grade C dengan: $F_{\text{allow}} = 18.750 \text{ psi}$ (Brownell & Young hal 342)
- Faktor korosi (c) = 0,125 in
- $P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$
- Efisiensi pengelasan diambil untuk double welded butt joint $E = 0,8$ (Brownell & Young)
- Diameter *nozzle* (D_n) yang digunakan berkisar 4, 8, atau 10 inchi. (Brownell & Young hal 96). D_n yang digunakan adalah 8 inchi (0,2 m)

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki} &= \frac{\text{volume liquid}}{0,8} \\ &= \frac{5,577 \text{ m}^3}{0,8} \\ &= 6,9713 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \frac{\pi}{4} \times \text{ID}^2 \times H = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID}^3$$

$$6,9713 \text{ m}^3 = \frac{1,5\pi}{4} \times \text{ID}^3$$

$$6,9713 \text{ m}^3 = 1,178 \text{ ID}^3$$

$$\text{ID} = 1,8088 \text{ m} = 5,9344 \text{ ft} = 71,2126 \text{ in}$$

$$H = 1,5 \text{ ID} = 1,5 \times 1,8088 \text{ m} = 2,7132 \text{ m} = 8,902 \text{ ft}$$

Tinggi Bahan Dalam Tangki

$$H \text{ bahan dalam tangki} = \frac{\text{Volume heksana}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2}$$

$$= \frac{5,577}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (1,8088)^2} = 2,1626 \text{ m} = 7,095 \text{ ft}$$

Tekanan Operasi Tangki

$$\text{Tekanan udara} = 1 \text{ atm} = 14,6960 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan hidrostatik} = \frac{\rho \text{ heksana} \times H \text{ bahan}}{144}$$

$$= \frac{42,14 \text{ lbm/ft}^3 \times 7,095 \text{ ft}}{144} = 2,0763 \text{ psia}$$

(Brownell & Young, p.46, eq. 3.17)

$$\text{Tekanan operasi alat} = \text{tekanan udara} + \text{tekanan hidrostatik}$$

$$= 14,696 \text{ psia} + 2,0763 \text{ psia} = 16,7723 \text{ psia}$$

$$\text{Tekanan desain} = 1,2 \times \text{tekanan operasi alat}$$

$$= 1,2 \times 16,7723 \text{ psia} = 20,1267 \text{ psia} = 1,3695 \text{ atm}$$

Perhitungan Tebal Shell, Tutup Atas dan Tutup Bawah

Digunakan double welded *butt joint* :

$$E = 0,8$$

$$F \text{ allow} = 18.750 \text{ lb/in}^2$$

$$c = 0,125 \text{ in}$$

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (F \text{ allow} \cdot E - 0,6 P)} + c$$

$$= \frac{20,1267 \text{ psia} \times 71,2126 \text{ in}}{2 \times (18.750 \cdot 0,8 - 0,6 \cdot 20,1267 \text{ psia})} + 0,125 \text{ in}$$

$$= 0,1728 \text{ in}$$

Dipilih tebal shell, tutup atas dan tutup bawah sebesar $\frac{3}{16} \text{ in} = 4,7625 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,015625 \text{ ft}$.

dimana :

t_s = tebal *shell*, in

P = *internal design pressure*, psia

ID = *inside diameter*, in

$F \text{ allow}$ = *allowable working stress*, psi

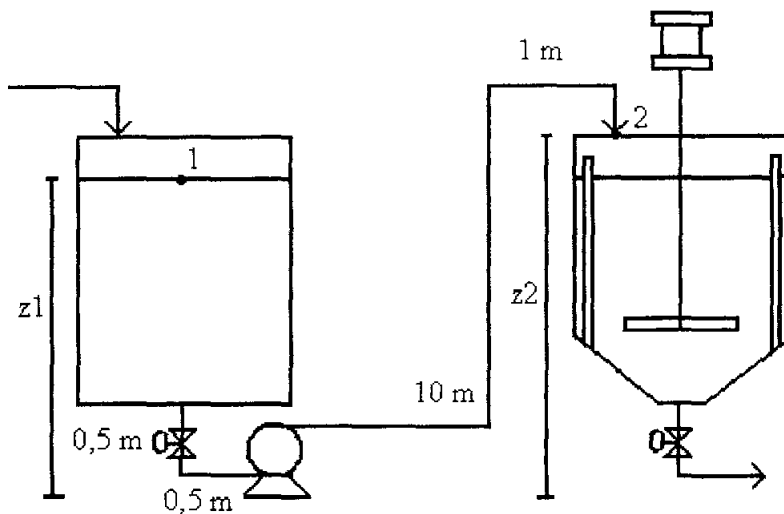
E = efisiensi sambungan las (*joint efficiency*)

c = *corrosion allowance*, in (0,125)

Spesifikasi Alat

- Nama : Storage tank heksana
- Kapasitas : 5,577 m³/batch
- ID : 1,8088 m
- H : 2,7132 m
- Tebal *shell* : 3/16 in
- Jumlah tangki : 1 buah

33. Pompa Heksana (L-212)



Fungsi : Mengalirkan heksana dari tangki penampung heksana ke tangki ekstraktor I

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2 \text{ Pa}\cdot\text{s}$).

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

ρ heksana = 675 kg/m^3 = $42,14 \text{ lb/ft}^3$

μ heksana = $0,0038 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ (Geankoplis)

Massa heksana = $1.882,24 \text{ kg}$

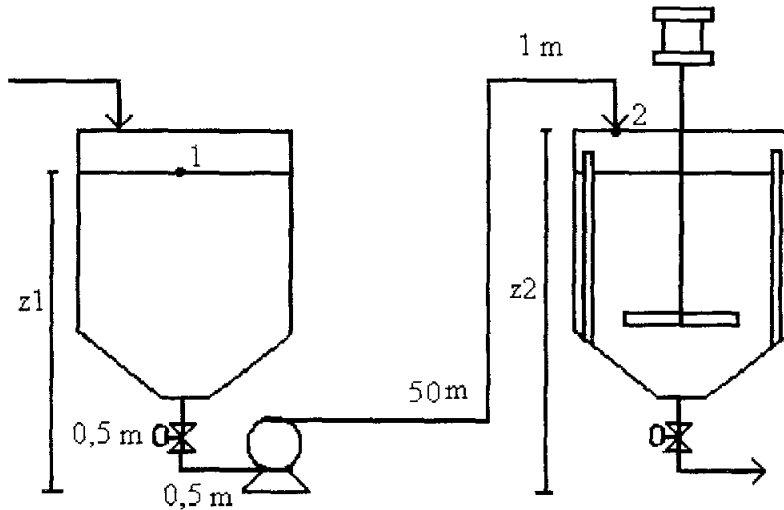
Ditentukan waktu operasi : 5 menit

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Fungsi : Mengalirkan heksana dari tangki penampung heksana ke tangki ekstraktor I
- Tipe : *Centifugal Pump*
- *Rate* volumetrik : $0,3282 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 4 in schedule 40
 - ID pipa : 4,026 in
 - OD pipa : 4,5 in
 - Power pompa : 0,5 Hp

- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
- Jumlah : 1 buah

34. Pompa Aquades (L-171)



Fungsi : Mengalirkan aquades dari tangki penampung aquades ke tangki formulasi

Tipe : *Centrifugal Pump*

Dasar pemilihan : Ekonomis dan efektif untuk mengalirkan liquid berviskositas rendah ($<0,2$ Pa.s).

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

ρ aquades = $995,68 \text{ kg/m}^3$ = $62,16 \text{ lb/ft}^3$

μ camp = $0,0008 \text{ kg/m.s}$ (Geankoplis)

Massa aquades = $340,46 \text{ kg/batch}$

Ditentukan waktu operasi : 5 menit

Dengan cara perhitungan yang sama maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Fungsi : Mengalirkan aquades dari tangki penampung aquades ke tangki formulasi
- Tipe : *Centifugal Pump*
- Rate volumetrik : $0,2013 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Ukuran pipa 3 in schedule 40
ID pipa : $3,068 \text{ in}$

- OD pipa : 3,5 in
 Power pompa : 0,5 Hp
- Bahan konstruksi : *Carbon Steel* tipe SA-7
 - Jumlah : 1 buah

35. Tangki Formulasi (M-340)

Fungsi : mencampurkan seluruh komponen penyusun produk sebelum akhirnya dikemas

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas berbentuk flat dan tutup bawah berbentuk konis dilengkapi dengan pengaduk dan isolator.

Proses : Batch. (1 hari = 4 batch)

Kondisi operasi :

- P operasi = 1 atm
 Waktu operasi = 15 menit
 T masuk = 30 °C = 303 K
 T keluar = 30 °C = 303 K

Diketahui :

Massa bahan (feed) masuk:

- Ekstrak sirih = 121,6 kg
 Etanol = 243,19 kg
 Aquades = 340,46 kg
 Ekstrak aloe vera = 81,06 kg
 Menthol = 8,11 kg
 Vitamin E = 8,11 kg
 Aroma mint = 8,11 kg

Komponen Liquid	Massa (kg)	Densitas (kg/m ³)	Xi	Xi/pi
Ekstrak sirih	121,6	958	0,15	$1,5658 \times 10^{-4}$
Etanol	243,19	790	0,30	$3,7975 \times 10^{-4}$
Aquades	340,46	995,68	0,42	$4,2182 \times 10^{-4}$
Ekstrak Aloe vera	81,06	1073	0,1	$9,3197 \times 10^{-5}$
Menthol	8,11	890	0,01	$1,1236 \times 10^{-5}$
Vitamin E	8,11	920	0,01	$1,087 \times 10^{-5}$
Aroma mint	8,11	950	0,01	$1,0526 \times 10^{-5}$
Total =	810,64		1	$1,084 \times 10^{-3}$

$$\frac{1}{\rho_{camp}} = \sum_i \frac{X_i}{\rho_i}$$

ρ campuran liquid = 922,53 kg/m³

Dengan cara perhitungan yang sama dengan mixing tank 1 maka diperoleh spesifikasi alat sebagai berikut :

Spesifikasi Alat

- Nama : tangki formulasi
- Kapasitas : 0,8787 m³/batch
- ID_{shell} : 0,9206 m
- H_k : 0,6241 m
- H_{shell} : 1,3809 m
- H total : 2,005 m
- Tebal shell : 3/16 in
- Tebal head : 3/16 in
- Tebal konis : 3/16 in
- Jenis pengaduk : flat-six blade turbine with disk
- Diameter pengaduk (Da) : 0,3682 m
- Jarak dasar tangki ke pengaduk (C) : 0,3038 m
- Lebar blade (W) : 0,0737 m
- Panjang blade (L) : 0,0921 m
- Lebar baffle (J) : 0,0764 m
- Jumlah pengaduk : 1 buah
- Power : 0,05 hp
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade C*

APPENDIX D

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

APPENDIX D

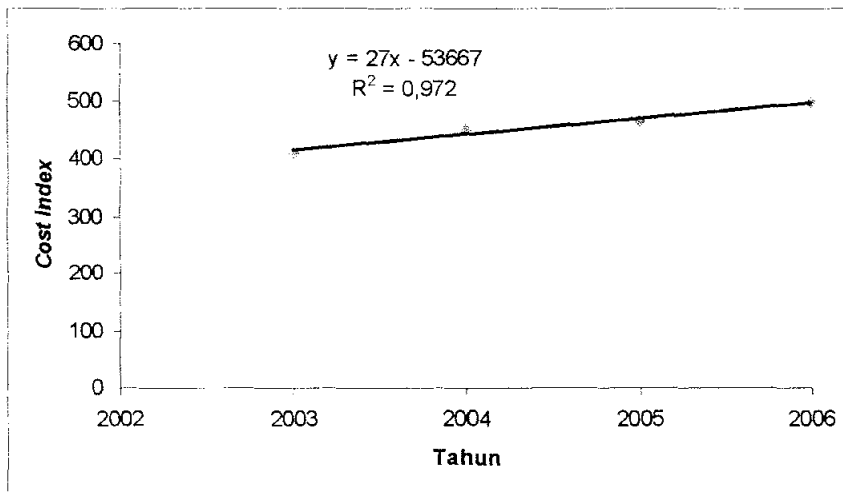
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

D.1. Perhitungan Harga Alat

Harga peralatan dari tahun ke tahun selalu berubah mengikuti kondisi ekonomi. Oleh karena itu untuk mengetahui harga alat untuk tahun yang akan datang diperlukan suatu indeks yang dapat mengkonversikan harga peralatan sekarang ke harga peralatan tahun yang akan datang. Untuk menghitung harga tahun yang akan datang digunakan rumus:

$$\text{Harga alat tahun yang akan datang} = \frac{\text{Cost index tahun yg akan datang}}{\text{Cost index tahun ini}} \times \text{harga alat tahun ini}$$

Pabrik anti-pruritus spray alami ini direncanakan berdiri pada tahun 2011. Pada perencanaan pabrik Anti pruritus spray, harga alat diperoleh dari situs di internet untuk alat-alat impor, sedangkan untuk peralatan lokal harga alat didasarkan pada harga jual alat yang terdapat di pasaran. *Cost index* yang digunakan adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* [28]. Diperkirakan pabrik Anti pruritus spray akan didirikan pada tahun 2011.



Gambar D.1. Cost index Chemical Engineering Plant

Dengan menggunakan regresi linear didapat persamaan $y = 9,3x - 18153$ ($y = \text{cost index}$, $x = \text{tahun}$), kemudian diperoleh:

- *Cost index* pada tahun 2009 = 576
- *Cost index* pada tahun 2011 = 630

Sehingga perhitungan untuk harga alat:

$$\text{Harga tahun 2011} = \frac{630}{576} \times \text{harga tahun 2009}$$

USD 1 = IDR 11.000,

Contoh Perhitungan :

Nama alat : Belt Pencuci Daun Sirih

Kapasitas : 5,577 ton/jam

Bahan konstruksi : Stainless steel dan wire

Harga tahun 2009 : \$ 4375

Harga tahun 2011 : $\frac{630}{576} \times \$ 4375 = \$ 4785,15625 = \text{Rp. } 52.636.718,-$

Tabel D.1 Harga Alat Proses

No.	Kode alat	Nama Alat	Jumlah	Harga Total 2011 (Rp)
1	J-111	Belt Pencuci Daun Sirih	1	32.636.718
2	C-120	Rotary cutter Daun Sirih	4	82.562.500
3	M-210	Tangki Ekstraksi Daun Sirih	1	113.243.750
4	H-220	Filter Press 1	1	22.484.375
5	M-230	Mixing Tank 1	1	104.190.335
6	M-240	Tangki Ekstraktor 2	1	79.879.256
7	J-243	Screw conveyor	1	28.875.000
8	M-250	Mixing Tank 2	1	138.082.380
9	H-310	Filter Press 2	1	28.634.138
10	F-311	Holding Tank 1	1	115.303.970
11	V-320	Evaporator	1	164.148.418
13		Shell and tube HE	1	97.453.125
14	F-323	Holding Tank 2	1	86.401.858
15	V-330	Flash chamber	1	124.118.418
16		Shell and tube HE	1	97.453.125
17	F-333	Holding Tank 3	1	45.143.145
18	C-140	Rotary Cutter Aloe vera	1	37.070.313
19	H-150	Hydraulic Press Aloe vera	1	10.937.500
20	F-160	Holding Tank Ekstrak Aloe vera	1	40.201.294
21	F-170	Storage Tank Aquades	1	101.025.658
22	F-211	Storage Tank Heksana	1	83.494.995
23	F-241	Storage Tank Ethanol	1	90.218.275
24	M-340	Tangki Formulasi	1	65.460.223
25		Centrifugal pump 5,5 Hp	1	7.250.000
26		Centrifugal pump 6 Hp	1	8.000.000
27		Centrifugal pump 0,5 Hp	8	6.000.000
28		Reciprocating vacuum pump I 75 hp	1	10.000.000
29		Reciprocating vacuum pump II 200 hp	1	25.000.000
30		Filling machine	1	50.904.976
31		Labelling machine	1	31.211.064
Total				1.941.384.809

Tabel D.2. Harga Alat Utilitas

No	Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga total 2011 (Rp)
1	F-410	Bak PDAM	1	4.765.022
2	H-420	Tangki Demineralisasi	1	24.492.188
3	F-430	Tangki penampung air demin		116.237.498
3	F-440	Penampung air umpan boiler dan kondensat	1	9.443.578
4	F-460	Penampung air pendingin	1	82.069.312
5	F-470	Penampung bekas air pendingin	1	91.564.625
6	H-480	Cooling tower	1	144.568.521
7	E-450	Boiler	1	95.845.597
8	L-411	Pompa air PDAM	1	9.250.000
9	L-431	Pompa air demin	1	425.000
10	L-441	Pompa boiler	1	425.000
11	L-461	Pompa air pendingin	1	1.125.000
12	L-471	Pompa cooling tower	1	5.000.000
13	L-491	Pompa bahan bakar	1	625.000
Total				585.836.341

Total Harga Alat = Rp. 2.527.221.150

D.2. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

Harga tanah dan bangunan di Kota Mojokerto dapat dilihat pada Tabel D.3.

Tabel D.3. Harga Tanah dan Bangunan Kota Mojokerto

Jenis	Harga/m ² (Rp)	Luas (m ²)	Harga Total (Rp)
Tanah	100.000	3584	358.400.000
Bangunan	800.000	3416	2.732.800.000
Total			3.091.200.000

D.3. Perhitungan Harga Bahan Baku

Tabel D.4 Harga Bahan Baku

Bahan baku	Satuan	Kebutuhan per tahun	Harga/satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Daun Sirih	kg	334.620	4.600	1.539.252.000
Aloe vera	kg	135.000	1.700	229.500.000
Vitamin E	L	10.572	112.400	1.188.292.800
Menthol	L	10.929	79.700	871.041.300
Aroma mint	L	10.239	42.000	433.818.000
Ethanol	L	369.399	35.000	12.928.965.000
Total				17.190.868.000

D.4. Perhitungan Harga Kemasan

Dari neraca massa diperoleh bahwa kapasitas produksi antipruritus spray ialah 3600 L/hari yang akan dikemas dalam botol berkapasitas 100 ml sehingga dihasilkan 36.000 botol/hari. Harga tiap botolnya ialah Rp.300,00. Kemasan yang digunakan ialah botol plastik yang berbahan dasar *Polyethylene Terephthalate* karena umum digunakan untuk produk kesehatan atau perawatan tubuh. Sebelum produk didistribusikan, botol akan dikemas lebih lanjut ke dalam kardus kecil yang terbuat dari kertas, kemudian tiap 100 kardus kecil ini dimasukkan dalam kardus besar. Harga kardus kecil diperkirakan Rp.50,00. Kardus besar yang dibutuhkan setiap hari ialah 360 kardus di mana harga tiap kardus besar diperkirakan Rp.1000,00.

Tabel D.5. Harga kemasan

Tipe Kemasan	Harga satuan (Rp)	Kebutuhan	Total/hari (Rp)	Total/tahun (Rp)
Botol	250	36000	9.000.000	2.700.000.000
Kardus kecil	50	36000	1.800.000	540.000.000
Kardus besar	1000	360	360.000	108.000.000
Total			11.160.000	3.348.000.000

Total biaya bahan baku dan pengemasan = Rp. 20.538.868.000 / tahun

D.5. Perhitungan Harga Utilitas

D.5.1. Listrik

Perhitungan harga utilitas meliputi harga listrik, harga air, harga bahan bakar, dan harga pemurnian air. Berdasarkan keputusan Presiden Republik Indonesia nomor 76 tahun 2003, biaya listrik luar beban puncak (LWBP) untuk industri adalah Rp 439/kWh. Sedangkan, biaya listrik beban puncak (WBP) pada Pk. 17.00-22.00 adalah $1,4 \times$ LWBP. Distribusi kebutuhan listrik pabrik antipruritus spray adalah sebagai berikut :

- Waktu beban puncak (17.00-22.00) = 5 jam
- Luar waktu beban puncak I (22.00-05.00) = 7 jam
- Luar waktu beban puncak II (05.00-17.00) = 12 jam

Contoh perhitungan biaya listrik :

Lampu di area parkir menyala selama 12 jam/hari, Maka biaya listrik dihitung sebagai berikut :

$$\text{Power} = \frac{25025,483 \text{ lumen}}{40 \text{ lumen/watt}} = 0,625 \text{ kW}$$

$$\text{WBP} = 5 \text{ jam} \times 0,625 \text{ kW} = 3,1282 \text{ kWh}$$

$$\text{Harga listrik WBP} = 1,4 \times \text{Rp } 439/\text{kWh} \times 3,1282 \text{ kWh} = \text{Rp. } 1.923 \text{ /hari}$$

$$\text{LWBP} = 7 \text{ jam} \times 0,625 \text{ kW} = 4.3795 \text{ kWh}$$

$$\text{Harga listrik LWBP} = \text{Rp } 439/\text{kWh} \times 4.3795 \text{ kWh} = \text{Rp. } 1.923 \text{ /hari}$$

Dengan cara yang sama, biaya listrik dihitung sebagai berikut :

Tabel D.6. Biaya Listrik dari Lampu

No	Nama bangunan	Lumen output	Eficacy	Waktu	WBP		LBWP	
					kWH	Biaya	kWH	Biaya
Lampu merkuri								
1	Gudang	18406,8891	40	12	2,3009	1414,1093	3,2212	1414,1093
2	Area Proses	258342,3036	40	12	32,2928	19847,1475	45,2099	19847,1475
3	Area Perluasan	96872,8378	40	12	12,1091	7442,2558	16,9528	7442,2558
4	Area Utilitas	96872,8378	40	12	12,1091	7442,2558	16,9528	7442,2558
5	Area Parkir	25025,4831	40	12	3,1282	1922,5827	4,3795	1922,5827
6	Gardu listrik	861,0919	40	12	0,1076	66,1534	0,1507	66,1534
7	Taman dan jalan	385778,549	40	12	48,2223	29637,437	67,5113	29637,437
Lampu fluorescent 20 W								
8	Pos satpam	1453,0926	85	12	0,0855	52,5336	0,1197	52,5336
9	Toilet	6350,7071	85	12	0,3736	229,5967	0,523	229,5967
Lampu fluorescent 40 W								
10	Bengkel	8072,7365	85	12	0,4749	291,8532	0,6648	291,8532
11	Ruang kontroler	9687,2838	85	12	0,5698	350,2238	0,7978	350,2238
12	Mess	10763,6486	85	12	0,6332	389,1376	0,8864	389,1376
13	Kantin	1722,1838	85	12	0,1013	62,2620	0,1418	62,2620
14	Laboratorium	23249,4811	85	12	1,3676	840,5371	1,9147	840,5371
15	Kantor	32290,9459	85	12	1,8995	1167,4128	2,6593	1167,4128
Sub Total					115,7753	71155,498	162,0854	71155,498
Total : Rp. 142.310,996								

Tabel D.7. Biaya Listrik Dari Alat Proses dan Utilitas

No	Kebutuhan listrik	Total hp	kW	WBP		LWBP	
				kWH	Biaya	kWH	Biaya
1.	Proses	391,774	292,1459	1460,7295	897.764,3507	5550,7721	2.436.788,952
2.	Utilitas	16,75	12,4905	62,4525	38.383,3065	237,3195	104.183,2605
Sub Total				1523,182	936.147,6572	5788,0916	2.540.972,213
Total : Rp. 3.477.119,87							

Total biaya listrik = Biaya Listrik dari Lampu + biaya listrik alat proses dan utilitas

$$= \text{Rp. } 142.310,996 + \text{Rp. } 3.477.119,87$$

$$= \text{Rp. } 3.619.430,87 / \text{hari} = \text{Rp. } 1.085.829.260 / \text{tahun}$$

Biaya beban listrik = Rp 29.500/kW bulan

Dari hitungan listrik utilitas (Bab VI.), diperoleh :

No	Kebutuhan listrik	Power (hp)	Power (kW)
1	Kebutuhan listrik untuk proses	392,274	292,1459
2	Kebutuhan listrik untuk utilitas	16,75	12,4905
3	Kebutuhan listrik untuk penerangan	32	23,8624
		441,024	328,4988

Kebutuhan listrik total = 328,4988 kW

Total biaya beban dalam setahun :

= 328,4988 kW x 29.500/kW bulan x 12 bulan/tahun

= Rp. 116.288.575 / tahun

Total biaya listrik = Total biaya beban + biaya listrik lampu dan alat

= Rp. 116.288.575 + Rp. 1.085.829.260

= Rp. 1.202.117.835/ tahun

D.5.2 Air

Biaya kebutuhan air dihitung dengan rumus

Biaya kebutuhan air = Biaya pemakaian + biaya administrasi + biaya pemeliharaan + biaya pelayanan air kotor

Kebutuhan air total = 142,2355 m³/hari

Berdasarkan keterangan dari PDAM kota Mojokerto, diperoleh harga untuk pemakaian air untuk industri Rp. 4.270 / m³

Total biaya pemakaian = 142,2355 m³/hari x Rp.4.270 /m³

= Rp. 607.345,585 /hari = Rp. 182.203.675,5 /tahun

Biaya administrasi (biaya cetak rekening) = Rp. 7.500 /bulan = Rp. 90.000 /tahun

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya pelayanan air kotor} &= \text{Rp. } 120.000 / \text{bulan} = \text{Rp. } 1.440.000 / \text{tahun} \\
 \text{Biaya pemeliharaan} &= \text{Rp. } 150.000 / \text{bulan} = \text{Rp. } 1.800.000 / \text{tahun} \\
 \text{Biaya kebutuhan air} &= \text{Rp. } 182.203.675,5 + \text{Rp. } 90.000 + \text{Rp. } 1.440.000 + \text{Rp.} \\
 &\quad 1.800.000 \\
 &= \text{Rp. } 185.533.675,5 / \text{tahun} \approx \text{Rp. } 185.533.676 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

D.5.3. Bahan bakar

Dari perhitungan boiler dan Generator pada Bab VI didapatkan data :

Kebutuhan Residual oil :

$$\text{Boiler} = 0,5 \text{ m}^3 / \text{hari} = 149,81 \text{ m}^3 / \text{tahun} = 149.810 \text{ L} / \text{tahun}$$

$$\text{Generator} = 0,05 \text{ m}^3 / \text{bulan} = 0,5 \text{ m}^3 / \text{tahun} = 500 \text{ L} / \text{tahun}$$

$$\text{Total kebutuhan} = 150.310 \text{ L} / \text{tahun}$$

$$\text{Harga 1 liter residual oil} = \text{Rp. } 2.500$$

$$\text{Biaya bahan bakar / tahun} = 150.310 \text{ L} / \text{tahun} \times \text{Rp. } 2500 / \text{L} = \text{Rp. } 375.775.000$$

D.5.4 Pemurnian air

Biaya pemurnian air meliputi biaya zeolit dan NaCl. Dari perhitungan pada Bab VI didapatkan data :

No	Bahan	Harga/kg	Kebutuhan (kg/tahun)	Harga (Rp/tahun)
1	Zeolit	20000	4660,8	93.216.000
2	NaCl	4500	951,4	4.281.300

$$\text{Total harga pemurnian air} = \text{Rp. } 97.497.300$$

Harga total utilitas per tahun dapat dilihat pada Tabel D.7.

Tabel D.8. Biaya Utilitas per Tahun

No.	Jenis	Biaya (Rp.)
1	Biaya Listrik	1.202.117.835
2	Biaya Air	185.533.676
3	Biaya Bahan Bakar	375.775.000
4	Biaya Pemurnian Air	97.497.300
TOTAL		1.860.923.811

D.6. Perhitungan Gaji Pegawai

Pabrik antipruritus spray ini mempekerjakan pegawai sebanyak 160 orang dengan gaji pegawai ditetapkan selama 12 bulan dengan 1 bulan tunjangan.

Karyawan terbagi atas :

1. Karyawan non shift

Karyawan yang bekerja non shift adalah karyawan di bidang RD, akuntansi dan keuangan, personalia dan administrasi, promosi dan marketing, pegawai kebersihan, serta sopir dengan jam kerja Senin-Jumat pukul 08.00-16.00, dan Sabtu pukul 08.00-14.00.

2. Karyawan shift

Karyawan yang bekerja shift terdiri dari supervisor proses, karyawan di bidang proses, *maintenance*, utilitas, petugas *Quality Control*, pekerja gudang, pekerja keamanan, pekerja kantin dan koperasi, serta pekerja poliklinik. Karyawan shift dibagi menjadi 4 kelompok. Jam kerja karyawan shift kecuali pekerja kantin dan koperasi serta pekerja poliklinik adalah dari hari Senin-Minggu dengan jadwal :

Shift A : pk. 07.00-15.00

Shift B : pk. 15.00-23.00

Shift C : pk. 23.00-07.00

Pergantian shift dilakukan setiap dua hari sekali.

Tabel D.9. Jadwal Pergantian Shift

Shift	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
A	I	I	II	II	III	III	IV
B	IV	IV	I	I	II	II	III
C	III	III	IV	IV	I	I	II
Libur	II	II	III	III	IV	IV	I

Pergantian shift untuk pekerja kantin dan koperasi serta pekerja poliklinik sebanyak 2 kali dengan jam kerja yaitu hari Senin-Minggu dengan jadwal :

Shift A : pk. 07.00- 15.00

Shift B : pk. 15.00 –23.00

Pergantian shift dilakukan setiap seminggu sekali.

Perhitungan gaji pegawai dapat dilihat pada Tabel D.9.

Tabel D.9. Perincian Gaji Karyawan Tiap Bulan

No	Jabatan	Jumlah	Gaji (Rp.)	Total (Rp.)
1	Direktur Utama	1	10.000.000	10.000.000
2	General Manager	1	7.500.000	7.500.000
3	Manager Produksi	1	3.800.000	3.800.000
4	Manager Keuangan	1	3.800.000	3.800.000
5	Manager Pemasaran	1	3.800.000	3.800.000
6	Manager Personalia dan Umum	1	3.800.000	3.800.000
7	Kepala Bagian Research and Development	1	3.000.000	3.000.000
8	Kepala Bagian Akutansi dan Keuangan	1	3.000.000	3.000.000
9	Kepala Bagian Promosi dan Marketing	1	3.000.000	3.000.000
10	Kepala Bagian Proses dan Utilitas	1	3.000.000	3.000.000
11	Kepala Bagian Maintenance	1	3.000.000	3.000.000
12	Kepala Bagian Laboratorium dan QC	1	3.000.000	3.000.000
13	Kepala Bagian Pembelian dan Penjualan	1	3.000.000	3.000.000
14	Sekretaris	2	1.500.000	3.000.000
15	Supervisor Proses	4	2.200.000	8.800.000
16	Pekerja Proses	32	1.000.000	32.000.000
17	Pekerja Maintenance	8	1.000.000	8.000.000
18	Pekerja Utilitas	8	1.000.000	8.000.000
19	Pekerja Laboratorium dan QC	8	1.400.000	11.200.000
20	Pekerja Akutansi dan Keuangan	2	1.400.000	2.800.000
21	Pekerja Personalia dan Umum	2	1.400.000	2.800.000
22	Pekerja Pembelian dan Penjualan	2	1.400.000	2.800.000
23	Pekerja Pemasaran dan Marketing	4	1.400.000	5.600.000
24	Pekerja Research and Development	3	1.400.000	4.200.000
25	Pekerja Gudang	6	1.000.000	6.000.000
26	Pekerja Kebersihan	10	800.000	8.000.000
27	Keamanan	8	800.000	6.400.000
28	Sopir	4	800.000	3.200.000
29	Koperasi dan Kantin	8	700.000	5.600.000
30	Poliklinik	4	700.000	2.800.000
	TOTAL	128		174.900.000

Total gaji pegawai = Rp. 174.900.000/bulan x 13 bulan/tahun

= Rp. 2.273.700.000 /tahun

D.7. Perhitungan Harga Jual Produk

Penjualan produk antipruritus dilakukan melalui distributor karena pabrik tidak menjual produk tersebut ke konsumen secara langsung. Harga yang

ditetapkan adalah Rp. 4.250/kemasan. Dalam sehari memproduksi 36.000 kemasan.

$$\begin{aligned}\text{Hasil penjualan produk per hari} &= \text{Rp. } 4.250/ \text{ kemasan} \times 36.000 \text{ kemasan/} \\ &\text{hari} \\ &= \text{Rp. } 153.000.000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hasil penjualan produk per tahun} &= \text{Rp. } 153.000.000 \times 300 \\ &= \text{Rp. } 45.900.000.000\end{aligned}$$

Harga jual limbah padat adalah Rp. 750/kg

$$\begin{aligned}\text{Total limbah padat} &= \text{cake daun sirih} + \text{cake aloe vera} \\ &= 4.\text{cake daun sirih per batch} + 126 \text{ kg} \\ &= 4(188,49 \text{ kg}) + 126 \text{ kg} = 879,96 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total penjualan limbah per hari} &= \text{Rp. } 750/\text{kg} \times 879,96 \text{ kg/hari} \\ &= \text{Rp. } 659.970\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total penjualan limbah per tahun} &= \text{Rp. } 659.970 \times 300 \\ &= \text{Rp. } 197.991.000\end{aligned}$$

$$\text{Total penjualan per tahun} = \text{Rp. } 46.097.991.000$$

APPENDIX E

FORMAT DAN HASIL POLLING

1. Seberapa rutin anda menggunakan produk anti-gatal untuk mengobati gatal?
 - a) Tidak pernah
 - b) Satu kali seminggu
 - c) 2-3 kali seminggu
 - d) Lebih dari tiga kali seminggu
2. Apakah selama ini produk anti gatal di pasaran sudah cukup baik untuk mengobati masalah pada kulit?
 - a) Ya, alasan :
 - b) Tidak, alasan :
3. Bagaimana tanggapan anda tentang obat anti gatal yang terbuat dari bahan alami?
 - a) Menarik
 - b) Tidak menarik
4. Bagaimana tanggapan anda terhadap obat anti gatal yang dikemas dalam bentuk spray?
 - a) Menarik
 - b) Tidak menarik
5. Jika ada produk anti gatal yang terbuat dari bahan alami dan dikemas dalam bentuk spray, maukah anda mencobanya?

- a) Ya
- b) Tidak

Kelompok Umur	Jenis Kelamin		1			
	L	P	Tidak pernah	1X seminggu	2-3X seminggu	>3X seminggu
15-19	4	11	6	6	3	0
20-24	12	24	19	15	2	0
25-29	7	11	9	9	0	0
30-34	2	5	4	2	1	0
35-39	2	3	3	2	0	0
40-44	3	2	3	2	0	0
45-49	3	3	3	2	1	0
50-54	1	2	3	0	0	0
54-59	2	1	2	1	0	0
60-64	1	1	2	0	0	0
Jumlah	37	63	54	39	7	0

Kelompok Umur	2		3		4		5	
	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
15-19	4	5	63	37	62	38	64	36
20-24	6	12						
25-29	6	4						
30-34	2	2						
35-39	1	2						
40-44	0	2						
45-49	1	3						
50-54	1	1						
54-59	1	0						
60-64	1	0						
Jumlah	23	31						
								63%

Asal responden :

Surabaya	58
Malang	11
Semarang	9
Kediri	5
Kudus	7
Kupang	3
Lumajang	2
Probolinggo	5

