

APPENDIX A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Asumsi :

- 1 tahun = 300 hari
- 1 hari = 10 jam kerja
- Produksi dalam 1 hari terbagi dalam 2 batch.

Kapastitas dalam 1 batch :

1 tahun = 11.000 ton *milk chocolate*

1 hari = 36,667 ton *milk chocolate*

Dari Appendix D didapatkan bahwa perbandingan biji cokelat dengan *milk chocolate* adalah 57,571 :100.

Sehingga :

$$1 \text{ hari} = 36,667 \times \frac{57,571}{100} = 21,1095 \text{ ton biji cokelat (2 batch).}$$

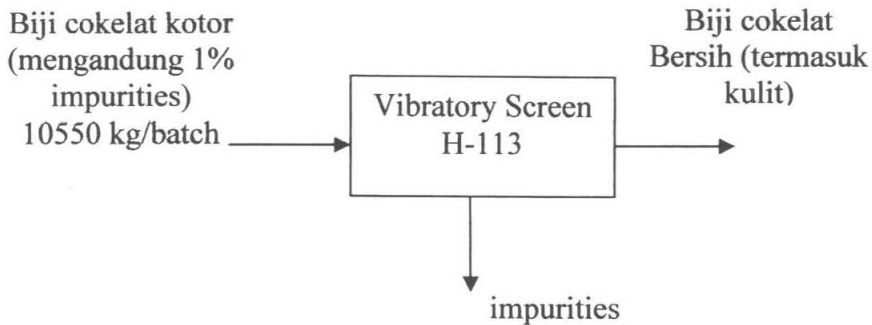
$$\approx 21,1 \text{ ton biji cokelat (2 batch).}$$

$$1 \text{ batch} = 10,550 \text{ ton biji cokelat.}$$

$$= 10.550 \text{ kg biji cokelat.}$$

$$\text{Basis penghitungan} = 10.550 \text{ kg biji cokelat / batch}$$

1. Cleaner(H-113)



Biji coklat kotor yang masuk = 10.550 kg/batch

Asumsi impurities (debu + logam + batu kecil) yang masuk = 1%, sehingga

Massa impurities yang masuk = $1\% \times 10.550 \text{ kg/batch}$
 = 105,50 kg/ batch

Massa impurities masuk = Massa impurities keluar

Massa biji coklat bersih keluar = $(10.550 - 105,50) \text{ kg/ batch}$
 = 10.444,50 kg/ batch

Kandungan biji coklat terdiri dari 85% biji dan 15% kulit [1]

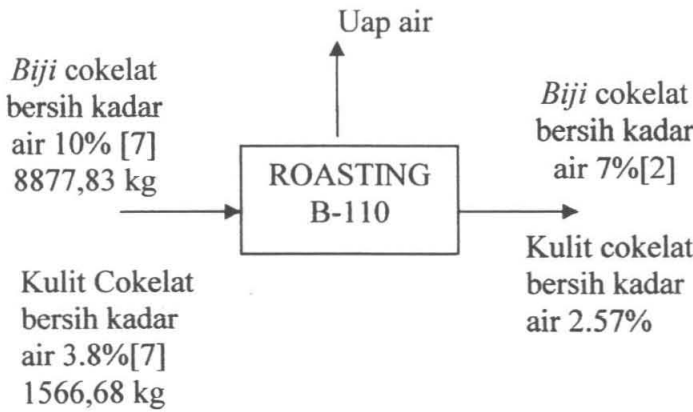
Biji coklat keluar = 85 % dari biji coklat bebas impurities
 = $85\% \times 10.444,50 \text{ kg/ batch}$
 = 8.877,83 kg/ batch

Kulit coklat keluar = 15% dari biji coklat bebas impurities
 = $15\% \times 10.444,50 \text{ kg/ batch}$
 = 1.566,68kg/batch

Tabel A.1. Komposisi coklat dalam proses *Cleaning* (H-113).[7]

Masuk Dari Warehouse (F-111)		Keluar Ke Roaster (B-110)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	8.877,83	Biji	8.877,83
Air	887,78	Air	887,78
Asam Asetat	8,88	Asam Asetat	8,88
Lemak	4.856,17	Lemak	4.856,17
Komponen lain	3.124,99	Komponen lain	3.124,99
Kulit	1.566,68	Kulit	1.566,68
Air	59,53	Air	59,53
Asam Asetat	1,57	Asam Asetat	1,57
Lemak	53,27	Lemak	53,27
Komponen lain	1.452,31	Komponen lain	1.452,31
Total biji + kulit	10.444,50	Total biji + kulit	10.444,50
Pengotor	105,50	Pengotor	105,50
Total biji + kulit + pengotor	10.550,00	Total biji + kulit + pengotor	10.550,00

2. Roasting(B-110)



Biji + kulit coklat masuk roasting sebanyak 10.444,50 kg/jam (kadar air 10%) terdiri dari 8877,83 kg biji coklat dan 1566,68 kg kulit coklat.

Biji coklat :

- Air masuk roasting $= 10\% \times 8.877,83 \text{ kg/ batch}$
 $= 887,78 \text{ kg/batch}$
- Massa biji (solid) tanpa air $= 8.877,8 - 887,78 \text{ kg/ batch}$
 $= 7990.02 \text{ kg/ batch}$

- Air keluar roasting $= \frac{\text{air}}{\text{air} + \text{solid}} = 7\%$
 $= \frac{\text{air}}{\text{air} + 7990.02} = 7\%$

Maka air keluar roasting $= 601,40 \text{ kg/ batch}$

- Air yang menguap $= (887,78 - 601,40) \text{ kg/ batch}$
 $= 286,38 \text{ kg/ batch}$

- % air yang menguap $= \frac{286,38 \text{ kg/batch}}{887,78 \text{ kg/batch}} \times 100\%$
 $= 32.26\%$

Karena pada *biji* coklat air yang menguap sebanyak 32,26%, maka diasumsikan pada *kulit* coklat air yang menguap juga sebanyak 32,26%

Kulit coklat :

- Air yang masuk roasting $= 3,8\% \times 1.566,68 \text{ kg/ batch [7]}$
 $= 59,53 \text{ kg/ batch}$
- Air yang menguap $= \frac{32,26}{100} \times 59,53 \text{ kg/ batch}$
 $= 19,20 \text{ kg/ batch}$
- Air yang keluar roasting $= (59,53 - 19,20) \text{ kg/ batch}$

$$= 40,33 \text{ kg/ batch}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Kadar air dalam kulit coklat} &= \frac{40,33}{1566,68} \times 100\% \\ &= 2,57\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total air yang menguap dari biji + kulit} &= (286,38 + 19,20) \text{ kg/ batch} \\ &= 305.59 \text{ kg/ batch} \end{aligned}$$

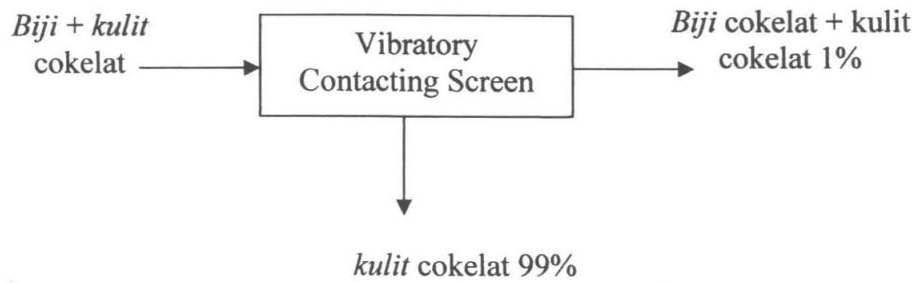
$$\begin{aligned} \text{Biji coklat keluar roasting} &= \text{biji coklat} - \text{air yang menguap pada biji} \\ &= (8.877,83 - 286,38) \text{ kg/ batch} \\ &= 8.591,45 \text{ kg/ batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{kulit coklat keluar roasting} &= \text{kulit coklat} - \text{air yang menguap pada kulit} \\ &= (1.566,68 - 19,20) \text{ kg/ batch} \\ &= 1.547,48 \text{ kg/ batch} \end{aligned}$$

Tabel A.2. Komposisi coklat dalam proses *Roasting* (B-110).

Masuk Dari Cleaning (H-113)		Keluar Ke Winnowing (H-121)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	8.877,83	Biji	8.591,44
Air	887,78	Air	601,40
Asam Asetat	8,88	Asam Asetat	8,88
Lemak	4.856,17	Lemak	4.856,17
Komponen lain	3.124,99	Komponen lain	3.124,99
Kulit	1.566,68	Kulit	1.547,47
Air	59,53	Air	40,33
Asam Asetat	1,57	Asam Asetat	1,57
Lemak	53,27	Lemak	53,27
Komponen lain	1.452,31	Komponen lain	1.452,31
Uap air	0	Uap air	305,59
Total	10.444,50		10.444,50

3. Winnowing(H-121)



Pada winnowing diasumsi 99% *kulit* coklat terpisah [1]. Sehingga kulit yang masih terikut adalah 1%

Biji coklat masuk winnowing = 8.591,44 kg/batch

Kulit coklat masuk winnowing = 1.547,47 kg/ batch

Biji + kulit coklat keluar winnowing = $[8.591,44 + (1\% \times 1.547,47)]$
 = 8.606,92 kg/ batch

Biji dan Kulit yang terikut :

- Air = $[601.40 + (1\% \times 40.33)]$ = 601.80 kg/ batch
- Asam Asetat = $[8.88 + (1\% \times 1.57)]$ = 8.89 kg/ batch
- Lemak = $[4856.17 + (1\% \times 53.27)]$ = 4856.70 kg/ batch
- Komponen lain= $[3124.99 + (1\% \times 1452.31)]$ = 3139.52 kg/ batch

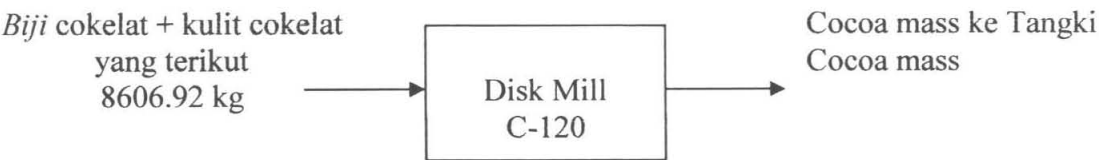
Kulit :

- Air = $[40.33 - (1\% \times 40.33)]$ = 39.93 kg/ batch
- Asam Asetat = $[1.57 - (1\% \times 1.57)]$ = 1.55 kg/ batch
- Lemak = $[53.27 - (1\% \times 53.27)]$ = 52.73 kg/ batch
- Komponen lain= $[1452.31 - (1\% \times 1452.31)]$ = 1437.78 kg/ batch

Tabel A.3. Komposisi cokelat dalam proses *Winnowing* (H-121).

Masuk Dari Roaster (B-110)		Keluar Biji → Ke Grinder (C-120) Kulit → Curah untuk pakan ternak	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	8.591,44	Biji + kulit yang terikut	8.606,92
Air	601,40	Air	601,81
Asam Asetat	8,88	Asam Asetat	8,89
Lemak	4.856,17	Lemak	4.856,70
Komponen lain	3.124,99	Komponen lain	3.139,52
Kulit	1.547,47	Kulit	1.531,99
Air	40,33	Air	39,93
Asam Asetat	1,57	Asam Asetat	1,55
Lemak	53,27	Lemak	52,73
Komponen lain	1.452,31	Komponen lain	1.437,78
Total biji + kulit	10.138,91		10.138,91

4. Grinding (C-120)



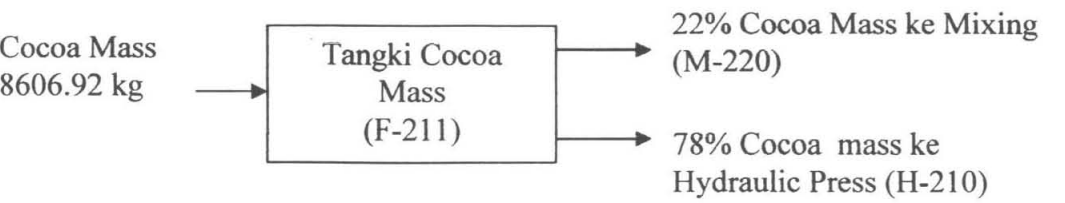
Biji cokelat + kulit yang terikut masuk grinding sebanyak 8606,92 kg/batch

Pada proses grinding biji cokelat dihaluskan menjadi *Cocoa mass*, dan pada proses ini diasumsikan tidak ada biji cokelat yang menempel pada alat.

Tabel A.4. Komposisi cokelat dalam proses *Grinding* (C-120).

Masuk Dari Winnowing (H-121)		Keluar Ke Tangki Cocoa Mass (F-211)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	8.606,92	Cocoa Mass	8.606,92
Air	601,81	Air	601,81
Asam Asetat	8,89	Asam Asetat	8,89
Lemak	4.856,70	Lemak	4.856,70
Komponen lain	3.139,52	Komponen lain	3.139,52
Total	8.606,92		8.606,92

5. Tangki Cocoa Mass (F-211)



Sebanyak 22% [1] *Cocoa Mass* yang dihasilkan akan menuju Mixing (M-220) sedangkan 78% lainnya masuk kedalam *Hydraulic press* (H-210)

Cocoa Mass menuju Mixing (M-220)

= 22% x 8.606,92 kg/batch

= 1893.52 kg/batch

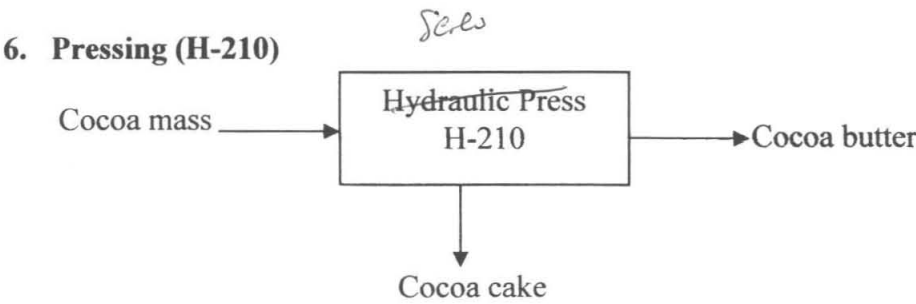
Cocoa Mass menuju Hydraulic Press (H-210)

= 78% x 8.606,92 kg/batch

= 6713.40 kg/batch

Tabel A.5. Komposisi coklat dalam tangki *Cocoa Mass* (F-211)

Masuk Dari Grinding (C-120)		Keluar	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass	8.606,92	Cocoa Mass → Pressing (H-210)	6.713,40
Air	601,81	Air	469,41
Asam Asetat	8,89	Asam Asetat	6,93
Lemak	4.856,70	Lemak	3.788,23
Komponen lain	3.139,52	Komponen lain	2.448,83
		Cocoa Mass → Mixing (M-220)	1.893,52
		Air	132,40
		Asam Asetat	1,96
		Lemak	1.068,47
		Komponen lain	690,69
Total	8.606,92		8.606,92



Diasumsikan bahwa *Cocoa butter* yang dihasilkan dari proses *pressing* hanya terdiri dari lemak.

Lemak yang masuk *pressing* = 3788,23 kg/batch

Cocoa butter yang dapat diambil pada proses *pressing* = 90% dari lemak yang masuk *pressing* [3]

Cocoa butter

= 90% x 3.788,23 kg/batch

= 3409.41 kg

Lemak yang masih terdapat dalam cake

= (3.788,23 - 3409.41) kg

= 378.82 Kg/batch

Tabel A.6. Komposisi cokelat dalam proses *Pressing* (H-210).

Masuk Dari Tangki Cocoa Mass (F-211)		Keluar Cocoa Butter → Ke Tangki Cocoa Butter (H-221) Cocoa Cake → Ke Pulverizer (C-240)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass	6.713,40	Cocoa Butter	3.409,41
Lemak	3.788,23	Lemak	3.409,41
		Cocoa Cake	3.303,99
		Air	469,41
		Asam Asetat	6,93
		Lemak	378,82
		Komponen lain	2.448,83
Total	6.713,40		6.713,40

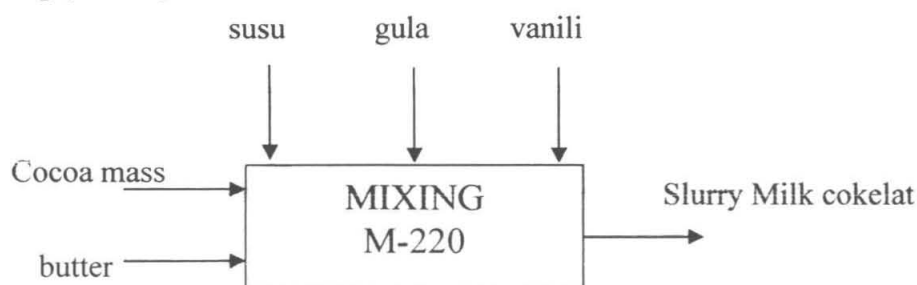
7. Tangki Cocoa Butter (F-221)

Tabel A.7. Komposisi cokelat dalam Tangki *Cocoa Butter* (F-221).

Masuk Dari Pressing (H-210):		Keluar Ke Mixer (M-220):	
Cocoa Butter	Kg/batch	Cocoa Butter	Kg/batch
Lemak	3.409,41	Lemak	3.409,41
Q total masuk	3.409,41	Q total keluar	3.409,41

A. Proses Pembuatan *Milk Chocolate*

8.1 Mixing (M-220)



Pada proses ini terdapat penambahan bahan-bahan untuk menghasilkan *milk chocolate* dengan komposisi sebagai berikut:

Tabel A.8. komposisi pembuatan *Milk Chocolate* dengan menggunakan gula biasa, *fat-milk*, dan *Lecithin* [1]

Komposisi	%
Cokelat mass	12
Susu	15
Sukrosa	51
Butter	21,6
Lecitin	0,3
Vanili	0,1

Sehingga diperoleh:

Cocoa Mass yang didapatkan dari proses *Grinding* = 1.893,52 kg/batch

Cocoa Butter yang didapatkan dari proses *Pressing* = 3.409,41 kg/batch

Fat milk yang digunakan

$$= \frac{15}{21.6} \times 3.409,41 \text{kg} / \text{batch}$$
$$= 2.367,65 \text{ kg/batch}$$

Gula (Sukrosa) yang digunakan

$$= \frac{51}{21.6} \times 3.409,41 \text{kg} / \text{batch}$$
$$= 8.049,10 \text{ kg/batch}$$

Vanillin yang digunakan

$$= \frac{0.1}{21.6} \times 3.409,41 \text{kg} / \text{batch}$$
$$= 15,78 \text{ kg/batch}$$

Lecithin yang digunakan

$$= \frac{0.3}{21.6} \times 3.409,41 \text{kg} / \text{batch}$$
$$= 47,35 \text{ kg/batch} \rightarrow \text{ditambahkan pada proses Conching}$$

Karena kualitas yang diinginkan adalah produk coklat rendah kalori, maka susu dan gula akan digantikan dengan non-fat milk dan gula rendah kalori.

Perbandingan *milk solid* antara *Fat Milk* : *Non-Fat Milk* adalah 1 : 2,43. [1]
Sedangkan *Relative Sweetness* [Bhandari(8)] dari gula dapat diperlihatkan dalam table dibawah ini.

* Tabel A.9. Dasar perbandingan adalah sucrose.

Substances	Relative Sweetness
Sukrosa	100
HFCS (High Fructose Corn Syrup Solids)	90

Sehingga non-fat milk yang dibutuhkan untuk dapat menggantikan fat milk :

Non-fat milk yang dibutuhkan

$$= 2.367,65 \text{ kg} / \text{batch} \times \frac{2.43}{1}$$
$$= 5.753,37 \text{ kg/batch}$$

Dan dengan dasar perbandingan yang diberikan pada tabel 7 diatas maka diperoleh Gula low calorie (High Fructose Corn Syrup Solids) yang dibutuhkan untuk dapat menggantikan gula biasa

$$= 8.049,10 \text{ kg / batch} \times \frac{90}{100}$$
$$= 7.244,99 \text{ kg/batch}$$

Tabel A.10. Komposisi cokelat dalam proses *Mixing* (M-220).

Masuk		Keluar	
Cocoa Mass→Dari Tangki Cocoa Mass(F-211)		Ke Refiner (M-231)	
Cocoa Butter→Dari Tangki Cocoa Butter (F-221)			
Non-fat milk→Dari Tangki (F-222)			
HFCS →Dari Tangki (F-223)			
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	132,40	Air	132,40
Asam Asetat	1,96	Asam Asetat	1,96
Lemak	1.068,47	Lemak	1.068,47
Pasta	690,69	Pasta	690,69
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	3.409,41	Lemak	3.409,41
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	5.753,37	Non-fat milk	5.753,37
HFCS	7.244,99	HFCS	7.244,99
Vanilin	15,78	Vanilin	15,78
Total	18.317,07		18.317,07

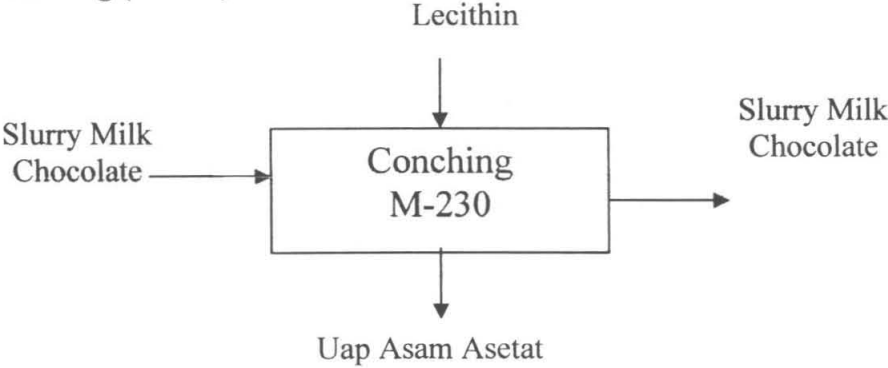
8.2 Refining (M-231)

Dalam proses refining ini tidak terjadi perubahan komponen.

Tabel A.11. Komposisi coklat dalam proses *Refining* (M-231).

Masuk Dari Mixer (M-220)		Keluar Ke Conching (M-230)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	132,40	Air	132,40
Asam Asetat	1,96	Asam Asetat	1,96
Lemak	1.068,47	Lemak	1.068,47
Pasta	690,69	Pasta	690,69
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	3.409,41	Lemak	3.409,41
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	5.753,37	Non-fat milk	5.753,37
HFCS	7.244,99	HFCS	7.244,99
Vanilin	15,78	Vanilin	15,78
Total	18.317,07		18.317,07

8.3 Conching (M-230)



Dalam proses Conching terbagi atas dua tahap, yaitu :

A. Penghilangan Asam Asetat

Dalam proses ini, Asam asetat yang terdapat dalam adonan diasumsikan dapat teruapkan sempurna karena adanya panas yang dihasilkan oleh gesekan, adanya pengadukan dan lamanya pengadukan (2hari).

B. Penambahan Emulsifier. Dalam proses ini menggunakan Lecithin.

Penambahan Lecithin ini dilakukan pada saat Asam Asetat sudah dianggap teruapkan dengan sempurna.

Tabel A.12. Komposisi coklat dalam proses *Conching* (M-230).

Masuk Dari Refiner (M-231)		Keluar Ke Tempering (P-310)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	132,40	Air	132,40
Asam Asetat	1,96	Uap Asam Asetat	1,96
Lemak	1.068,47	Lemak	1.068,47
Komponen lain	690,69	Komponen lain	690,69
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	3.409,41	Lemak	3.409,41
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	5.753,37	Non-fat milk	5.753,37
HFCS	7.244,99	HFCS	7.244,99
Vanilin	15,78	Vanilin	15,78
Lecithin	47,35	Lecithin	47,35
Total pasta + asam asetat	18.364,43	Total pasta + uap asam asetat	18.364,43
Total pasta	18.362,47	Total pasta	18.362,47

Lecithin yang ditambahkan dalam proses *conching* sesuai dengan jumlah lecithin yang didapatkan dalam tabel 8. Dengan persentase 0,3% (menggunakan *fat milk*, sukrosa) maka jumlah lecithin yang ditambahkan sebanyak 47,35 kg/batch.

Dengan adanya penggunaan *low calorie sugar* (HFCS) menggantikan sukrosa *non-fat milk* menggantikan *fat milk*, penambahan lecithin dan penghilangan asam asetat maka akan didapatkan persentase baru untuk komposisi penyusun *milk chocolate*.

Cokelat mass	$= \frac{1.891,56}{18.362,47} * 100\%$	$= 10,30\%$
Non-fat milk	$= \frac{5.753,37}{18.362,47} * 100\%$	$= 31,33\%$
HFCS	$= \frac{7.244,99}{18.362,47} * 100\%$	$= 39,46\%$
Cocoa Butter	$= \frac{3.409,41}{18.362,47} * 100\%$	$= 18,57\%$
Vanilli	$= \frac{15,78}{18.362,47} * 100\%$	$= 0,09\%$
Lecithin	$= \frac{47,35}{18.362,47} * 100\%$	$= 0,26\%$

Tabel A.13. Komposisi pembuatan *Milk Chocolate* dengan penambahan Lecithin.

Komposisi	%
Cokelat mass	10,30
Susu non-fat	31,33
Gula low calorie (HFCS)	39,46
Butter	18,57
Vanili	0,09
Lecithin	0,26

8.4 Tempering (P-310)

Dalam proses tempering ini, asam asetat sudah menguap dengan sempurna.

Tabel A.14. Komposisi coklat dalam proses *Tempering*.

Masuk Dari Standardizing (M-230)		Keluar Ke Molding (P-311)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	132,40	Air	132,40
Lemak	1.068,47	Lemak	1.068,47
Pasta	690,69	Pasta	690,69
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	3.409,41	Lemak	3.409,41
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	5.753,37	Non-fat milk	5.753,37
HFCS	7.244,99	HFCS	7.244,99
Vanilin	15,78	Vanilin	15,78
Lecithin	47,35	Lecithin	47,35
Total	18.362,47		18.362,47

8.5 Proses *Molding*(P-311)

Tabel A.15. Komposisi coklat dalam proses *Molding* (P-311).

Masuk Dari Tempering (P-310)		Keluar Ke Packaging	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	132,40	Air	132,40
Lemak	1.068,47	Lemak	1.068,47
Pasta	690,69	Pasta	690,69
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	3.409,41	Lemak	3.409,41
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	5.753,37	Non-fat milk	5.753,37
HFCS	7.244,99	HFCS	7.244,99
Vanilin	15,78	Vanilin	15,78
Lecithin	47,35	Lecithin	47,35
Total	18.362,47		18.362,47

8.6 Produk Akhir

Tabel A.16. Komposisi produk akhir milk chocolate.

Produk Akhir	
Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass	
Air	132,40
Lemak	1.068,47
Pasta	690,69
Cocoa Butter	
Lemak	3.409,41
Material lainnya	
Non-fat milk	5.753,37
HFCS	7.244,99
Vanilin	15,78
Lecithin	47,35
Total	18.362,47

B. Proses Pembuatan Cocoa Powder

9.1 Pulverize (C-240)

Dalam proses *Pulverize*, air yang terdapat dalam cake akan diuapkan sehingga dalam cake hanya mengandung 2% air.

Tabel A.17. Komposisi cokelat dalam proses *Pulverize* (C-240).

Masuk Dari Pressing (H-210)		Keluar Ke Sifting (H-260)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Air	469,41	Air	9,39
Asam Asetat	6,93	Asam Asetat	6,93
Lemak	378,82	Lemak	378,82
Pasta	2.448,83	Pasta	2.448,83
		Uap air	460,02
		Total cake + uap air	3.303,99
Total	3.303,99	Total cake	2.843,97

9.2 Sifting (H-260)

Tabel A.18. Komposisi coklat dalam proses *Sifting* (H-260).

Masuk Dari Pulverize (C-240)		Keluar Ke Packaging (Produk Akhir)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Air	9.39	Air	9.39
Asam Asetat	6.93	Asam Asetat	6.93
Lemak	378.82	Lemak	378.82
Komponen lain	2.448.83	Pasta	2.448.83
Total	2.843.97		2.843.97

9.3 Produk Akhir

Tabel A.19. Komposisi produk akhir Cocoa Powder.

Produk Akhir	
Komponen	Kg/batch
Air	9.39
Asam Asetat	6.93
Lemak	378.82
Komponen lain	2.448.83
Total	2.843.97

APPENDIX B
NERACA PANAS

APPENDIX B

NERACA PANAS

Basis : 10.550 kg biji coklat / batch

T_{referensi} : 25°C

Data – data Fisik Komponen Biji Cokelat

Tabel B.1 Persamaan Kapasitas Panas [77]

Komponen	A	B	C	D	E	Satuan
Air[6]	92.053	-3,9953 10 ⁻²	-2,1103 10 ⁻⁴	5,3469 10 ⁻⁷	-	Kj/mol.K
Uap air [6]	33,933	-8,4186 10 ⁻³	2,9906 10 ⁻⁵	-1,7825 10 ⁻⁸	3,6934 10 ⁻¹²	Kj/mol K
Asam asetat Liquid [6]	-18,944	1,0971	-2,8921 10 ⁻³	2,9275 10 ⁻⁶	-	Kj/mol K
Asam asetat Gas[6]	34,850	3,7626 10 ⁻²	2,8311 10 ⁻⁴	-3,0767 10 ⁻⁷	9,2646 10 ⁻¹¹	Kj/mol.K
Vanilli[6]	-8,950	1,7876	-3,6684 10 ⁻³	2,9525 10 ⁻⁶	-	J/mol K

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 \text{ (Kj/Kg)}$$

Tabel B.2 Harga Kapasitas Panas Pada suhu tertentu [21]

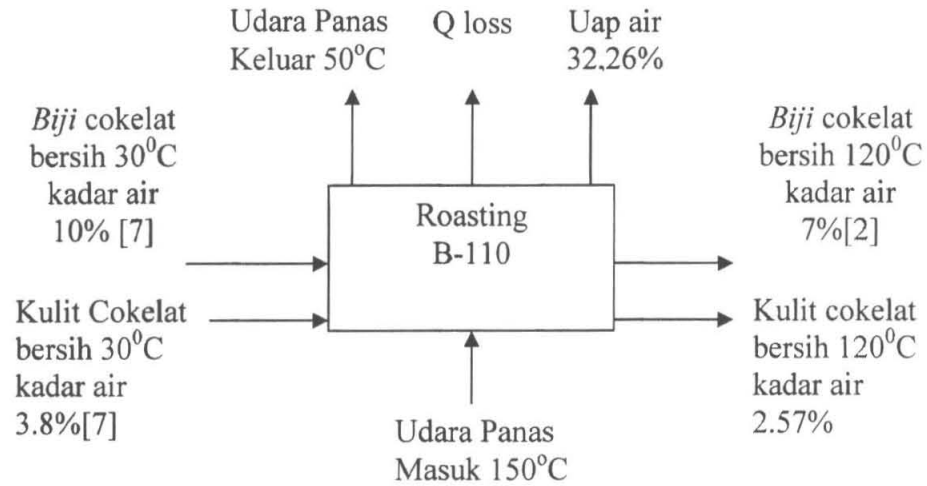
Komponen	Kapasitas Panas	Satuan
Skim Milk [7]	3,94	Kj/Kg K
Lemak Cocoa Cair (> 30°C)[8]	0,53	Kj/Kg K
Lemak Cocoa Padat (<30°C)[8]	0,494	Kj/Kg.K
Biji atau Kulit Cokelat Cair (> 30°C)[8]	0,53	Kj/Kg K
Biji atau Kulit Cokelat Padat (<30°C)[8]	0,494	Kj/Kg.K

Tabel B.3 Harga Kapasitas Panas Berdasarkan Kopp's rule [9]

Komponen	C = 10.89	H = 7.56	O = 13.42	Komponen Lain - lain = 26.63	Harga Cp J/mol K	Harga Cp Kj/Kg K
Lecithin C ₄₂ H ₄₈ O ₉ PN	457,38	362,88	120,78	53,26	994,3	1,2778
Fructose (corn syrup) CH ₂ OH(CHOH) ₃ COCH ₂ OH	65,34	90,72	80,52	-	236,58	1,3143

Perhitungan Neraca Panas

A. Proses Roasting (B-110)



A.1 Panas Biji Cokelat Masuk Roasting

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	20,9724	887,7825	18.618,9099
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	10,7513	8,8778	95,4477
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	4.856,1703	11.994,7406
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	3.124,9944	7.718,7362

Perhitungan :

- Air**

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ air} &: \int_{298}^{303} 92,0530 - 3,9953 \cdot 10^{-2} T - 2,1103 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} T^3 dT \\
 &= 92,0530 (303-298) - \frac{3,9953 \cdot 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{2,1103 \cdot 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{5,3469 \cdot 10^{-7}}{4} (303^4 - 298^4) \\
 &= 377,5028 \text{ Kj/Kmol} \\
 &= 20,9724 \text{ Kj/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= M \int_{298}^{303} C_p dT \\
 &= 887,7825 \text{ Kg} \cdot 20,9724 \text{ Kj/Kg} \\
 &= 18.618,9099 \text{ Kj}
 \end{aligned}$$

- Asam Asetat**

$$C_p \text{ Asam Asetat} : \int_{298}^{303} -18,944 + 1,0971 T - 2,8921 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,9275 \cdot 10^{-6} T^3 dT$$

$$= -18,944 (303-298) + \frac{1,0971}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{2,8921 \cdot 10^{-3}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{2,9275 \cdot 10^{-7}}{4} (303^4 - 298^4)$$

$$= 645,0752 \text{ Kj/Kmol}$$

$$= 10,7513 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = M \int_{298}^{303} C_p dT$$

$$= 8,8778 \text{ Kg} \cdot 10,7513 \text{ Kj/Kg}$$

$$= 95,4477 \text{ Kj}$$

- **Lemak**

$$C_p \text{ Lemak} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 4.856,1703 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (303-298) \text{ K}$$

$$= 11.994,7406 \text{ Kj}$$

- **Komponen lain**

$$C_p \text{ Biji} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 3.124,9944 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (303-298) \text{ K}$$

$$= 7.718,7362 \text{ Kj}$$

A.2 Panas Biji Cokelat Keluar Roasting

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	397,7784	601,4010	239.224,3565
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	214,8861	8,8778	1907,7210
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	4.856,1703	227.900,0710
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	3.124,9944	146.655,9872
Uap air	33,9330	$-8,4186 \cdot 10^{-3}$	$2,9906 \cdot 10^{-5}$	$-1,7825 \cdot 10^{-8}$	$3,6934 \cdot 10^{-12}$	Lihat perhitungan	286,3815	657.254,3446

Perhitungan :

• Air

$$C_p \text{ air} : \int_{298}^{393} 92,0530 - 3,9953 \cdot 10^{-2} T - 2,1103 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} T^3 dT$$

$$= 92,0530 (393-298) - \frac{3,9953 \cdot 10^{-2}}{2} (393^2 - 298^2) - \frac{2,1103 \cdot 10^{-4}}{3} (393^3 - 298^3) + \frac{5,3469 \cdot 10^{-7}}{4} (393^4 - 298^4)$$

$$= 7.160,0115 \text{ Kj/Kmol}$$

$$= 397,7784 \text{ Kj/Kg}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= M \int_{298}^{393} C_p dT \\
 &= 887,7825 \text{ Kg} \cdot 397,7784 \text{ Kj/Kg} \\
 &= 239.224,3565 \text{ Kj}
 \end{aligned}$$

- **Asam Asetat**

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Asam Asetat : } &\int_{298}^{393} -18.944 + 1.0971T - 2.8921 \cdot 10^{-3} T^2 + 2.9275 \cdot 10^{-6} T^3 dT \\
 &= -18,944 (393-298) + \frac{1,0971}{2} (393^2 - 298^2) - \frac{2,8921 \cdot 10^{-3}}{3} (393^3 - 298^3) + \frac{2,9275 \cdot 10^{-7}}{4} (393^4 - 298^4) \\
 &= 12.893,1649 \text{ Kj/Kmol} \\
 &= 214,8861 \text{ Kj/Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= M \int_{298}^{393} C_p dT \\
 &= 8,8778 \text{ Kg} \cdot 214,8861 \text{ Kj/Kg} \\
 &= 1.907,7210 \text{ Kj}
 \end{aligned}$$

- **Lemak**

$$C_p \text{ Lemak} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$\begin{aligned} Q &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 4.856,1703 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (393-298) \text{ K} \\ &= 227.900,0710 \text{ Kj} \end{aligned}$$

- **Komponen lain**

$$C_p \text{ Biji} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$\begin{aligned} Q &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 3.124,9944 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (393-298) \text{ K} \\ &= 146.655,9872 \text{ Kj} \end{aligned}$$

- **Uap air**

Cp uap air pada suhu 373 K-393 K:

$$\int_{373}^{393} 33,9330 - 8,4186 \cdot 10^{-3} T + 2,9906 \cdot 10^{-5} T^2 - 1,7825 \cdot 10^{-8} T^3 + 3,6934 \cdot 10^{-12} dT$$

= 33,9330 (393-373) - $\frac{8,4186.10^{-3}}{2} (393^2 - 373^2) + \frac{2,9906.10^{-5}}{3} (393^3 - 373^3) - \frac{1,7825.10^{-8}}{4} (393^4 - 373^4)$
+ $\frac{3,6934.10^{-12}}{5} (393^5 - 373^5)$

= 683,4802 Kj/Kmol

= 37,9711 Kj/Kg

λ air pada 100 C = 2.257,0600 Kj/Kg

Q = (M . λ) + M $\int_{373}^{393} Cp_{uap} dT$
= (286,3815 Kg . 2.257,0600 Kj/Kg) + (286,3815 Kg . 37,9711 Kj/Kg)
= 657.254,3446 Kj

A.3 Panas Kulit Cokelat Masuk Roasting

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	3,9953.10 ⁻²	-2,1103.10 ⁻⁴	5,3469.10 ⁻⁷	-	20,9724	59,5337	1.248,5622
Asam Asetat	-18,944	1,0971	-2,8921.10 ⁻³	2,9275.10 ⁻⁶	-	10,7513	1,5667	16,8437
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	53,2670	131,5694
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	1.452,3077	3.587,2001
Uap air	33,9330	-8,4186.10 ⁻³	2,9906.10 ⁻⁵	-1,7825.10 ⁻⁸	3,6934.10 ⁻¹²	141,0634	0,0000	0,0000

Perhitungan :

- Air**

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ air} &: \int_{298}^{303} 92,0530 - 3,9953 \cdot 10^{-2} T - 2,1103 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} T^3 dT \\
 &= 92,0530 (303-298) - \frac{3,9953 \cdot 10^{-2}}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{2,1103 \cdot 10^{-4}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{5,3469 \cdot 10^{-7}}{4} (303^4 - 298^4) \\
 &= 377,5028 \text{ Kj/Kmol} \\
 &= 20,9724 \text{ Kj/Kg} \\
 Q &= M \int_{298}^{303} C_p dT \\
 &= 59,5337 \text{ Kg} \cdot 20,9724 \text{ Kj/Kg} \\
 &= 1.248,5622 \text{ Kj}
 \end{aligned}$$

- Asam Asetat**

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ Asam Asetat} &: \int_{298}^{303} -18,944 + 1,0971 T - 2,8921 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,9275 \cdot 10^{-6} T^3 dT \\
 &= -18,944 (303-298) + \frac{1,0971}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{2,8921 \cdot 10^{-3}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{2,9275 \cdot 10^{-6}}{4} (303^4 - 298^4)
 \end{aligned}$$

$$= 645,0752 \text{ Kj/Kmol}$$

$$= 10,7513 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = M \int_{298}^{303} C_p dT$$

$$= 1,5667 \text{ Kg} \cdot 10,7513 \text{ Kj/Kg}$$

$$= 16,8437 \text{ Kj}$$

- **Lemak**

$$C_p \text{ Lemak} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$\begin{aligned} Q &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 53,2670 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (303-298) \text{ K} \\ &= 131,5694 \text{ Kj} \end{aligned}$$

- **Komponen lain**

$$C_p \text{ Biji} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$\begin{aligned} Q &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 1.452,3077 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (303-298) \text{ K} \\ &= 3.587,2001 \text{ Kj} \end{aligned}$$

A.4 Panas Kulit Cokelat Keluar Roasting

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	397,7784	40,3292	16.042,1039
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	214,8861	1,5667	336,6567
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	53,2670	2.499,8180
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	1.452,3077	68.156,8015
Uap air	33,9330	$-8,4186 \cdot 10^{-3}$	$2,9906 \cdot 10^{-5}$	$-1,7825 \cdot 10^{-8}$	$3,6934 \cdot 10^{-12}$	Lihat di perhitungan	19,2044	44.074,7031

Perhitungan :

- Air

$$C_p \text{ air} : \int_{298}^{393} 92,0530 - 3,9953 \cdot 10^{-2} T - 2,1103 \cdot 10^{-4} T^2 + 5,3469 \cdot 10^{-7} T^3 dT$$

$$= 92,0530 (393-298) - \frac{3,9953 \cdot 10^{-2}}{2} (393^2 - 298^2) - \frac{2,1103 \cdot 10^{-4}}{3} (393^3 - 298^3) + \frac{5,3469 \cdot 10^{-7}}{4} (393^4 - 298^4)$$

$$= 7.160,0115 \text{ Kj/Kmol}$$

$$= 397,7784 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = M \int_{298}^{393} C_p dT$$

$$= 40,3292 \text{ Kg} \cdot 397,7784 \text{ Kj/Kg}$$

$$= 16.042,1039 \text{ Kj}$$

- **Asam Asetat**

$$C_p \text{ Asam Asetat : } \int_{298}^{393} -18,944 + 1,0971T - 2,8921 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,9275 \cdot 10^{-6} T^3 dT$$

$$= -18,944 (393-298) + \frac{1,0971}{2} (393^2 - 298^2) - \frac{2,8921 \cdot 10^{-3}}{3} (393^3 - 298^3) + \frac{2,9275 \cdot 10^{-6}}{4} (393^4 - 298^4)$$

$$= 12.893,1649 \text{ Kj/Kmol}$$

$$= 214,8861 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = M \int_{298}^{393} C_p dT$$

$$= 1,5667 \text{ Kg} \cdot 214,8861 \text{ Kj/Kg}$$

$$= 336,6567 \text{ Kj}$$

- **Lemak**

$$C_p \text{ Lemak} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$Q = M \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 53,2670 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (393-298) \text{ K}$$

$$= 2.499,8180 \text{ Kj}$$

- **Komponen lain**

$$C_p \text{ Biji} = 0,4940 \text{ Kj/Kg K}$$

$$\begin{aligned} Q &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 1.452,3077 \text{ Kg} \cdot 0,4940 \text{ Kj/Kg K} \cdot (393-298) \text{ K} \\ &= 68.156,8015 \text{ Kj} \end{aligned}$$

- **Uap air**

Cp uap air pada suhu 373 K-393 K:

$$\int_{373}^{393} 33,9330 - 8,4186 \cdot 10^{-3} T + 2,9906 \cdot 10^{-5} T^2 - 1,7825 \cdot 10^{-8} T^3 + 3,6934 \cdot 10^{-12} dT$$

$$\begin{aligned} &= 33,9330 (393-373) - \frac{8,4186 \cdot 10^{-3}}{2} (393^2 - 373^2) + \frac{2,9906 \cdot 10^{-5}}{3} (393^3 - 373^3) - \frac{1,7825 \cdot 10^{-8}}{4} (393^4 - 373^4) \\ &\quad + \frac{3,6934 \cdot 10^{-12}}{5} (393^5 - 373^5) \end{aligned}$$

$$= 683,4802 \text{ Kj/Kmol}$$

$$= 37,9711 \text{ Kj/Kg}$$

$$\lambda \text{ air pada } 100 \text{ C} = 2.257,0600 \text{ Kj/Kg}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= (M \cdot \lambda) + M \int_{373}^{393} C_p dT \\
 &= (19,2044 \text{ Kg} \cdot 2.257,0600 \text{ Kj/Kg}) + (19,2044 \text{ Kg} \cdot 37,9711 \text{ Kj/Kg}) \\
 &= 4.4074,7031 \text{ Kj}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ total biji masuk} &= 38.427,8344 \text{ Kj} \\
 Q \text{ total biji keluar} &= 1.272.942,4804 \text{ Kj} \\
 Q \text{ total kulit masuk} &= 4.984,1754 \text{ Kj} \\
 Q \text{ total kulit keluar} &= 131.110,0832 \text{ Kj} \\
 Q \text{ total masuk} &= 43.412,0098 \text{ Kj} \\
 Q \text{ total keluar} &= 1.404.052,5636 \text{ Kj}
 \end{aligned}$$

Karena menggunakan udara panas maka : Asumsi $Q_{\text{loss}} = 5\%$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{udara panas}} &= \left(\frac{100}{95} \right) \times (1.404.052,5636 - 43.412,0098) \\
 &= 1.432.253,2145 \text{ Kj} \\
 Q_{\text{loss}} &= Q_{\text{udara panas}} - (Q_{\text{total keluar}} - Q_{\text{total masuk}})
 \end{aligned}$$

$$= 1.403.747,536 \text{ Kj} - (1.404.052,5636 - 43.412,0098) \text{ Kj}$$

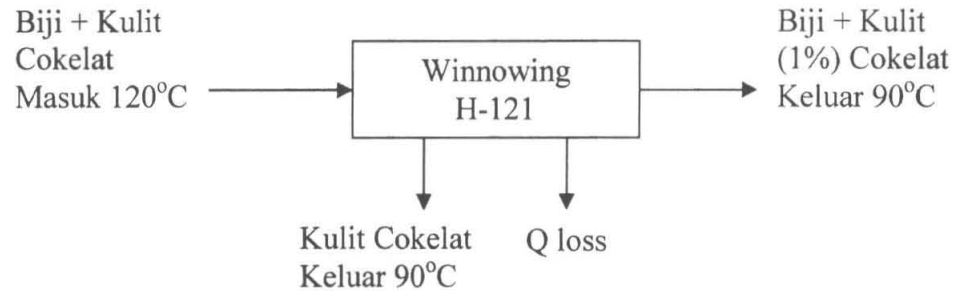
$$= 71.612,6607 \text{ Kj}$$

Tabel B.4. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Roasting* (B-110)

Panas Masuk Dari Cleaning (H-113):		Panas Keluar Ke Winnowing (H-121):	
Biji	Q (Kj)	Biji	Q (Kj)
Air	18.618,9099	Air	239.224,3565
Asam Asetat	95,4477	Asam Asetat	1.907,7210
Lemak	11.994,7406	Lemak	227.900,0710
Komponen lain	7.718,7362	Komponen lain	146.655,9872
Uap air	0,0000	Uap air	657.254,3446
Kulit		Kulit	
Air	1.248,5622	Air	16.042,1039
Asam Asetat	16,8437	Asam Asetat	336,6567
Lemak	131,5694	Lemak	2.499,8180
Komponen lain	3.587,2001	Komponen lain	68.156,8015
Uap air	0,0000	Uap air	44.074,7031
Q udara panas	1.403.747,5360	Q loss	71.612,6607
Q total masuk	1.475.665,2243	Q total keluar	1.475.665,2243

Dengan cara yang sama maka dapat diperoleh harga Kapasitas Panas (C_p) dan Q pada masing-masing proses.

B. Proses Winnowing (H-121)



Pada proses *Winnowing* ini, temperatur akan turun selama proses. Hal ini disebabkan karena dalam proses ini menggunakan udara yang dihembuskan. Udara ini bertujuan untuk mengangkat dan menghembuskan kulit agar dapat terpisah dari bijinya. Karena menggunakan udara maka temperatur akan turun selama proses.

B.1 Panas Biji Cokelat Masuk Winnowing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	397,7784	601,4010	239.224,3565
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	214,8861	8,8778	1.907,7210
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	4.856,1703	227.900,0710
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	3.124,9944	146.655,9872

B.2 Panas Biji Cokelat Keluar Wincrowing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	271,6013	601,8043	163.450,8192
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	144,5502	8,8935	1.285,5559
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	4.856,7029	155.948,7315
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	3139,52	100.809,9062

B.3 Panas Kulit Cokelat Masuk Wincrowing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	397,7784	40,3292	16.042,1039
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	214,8861	1,5667	336,6567
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	53,2670	2.499,8180
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	1.452,3077	68.156,8015

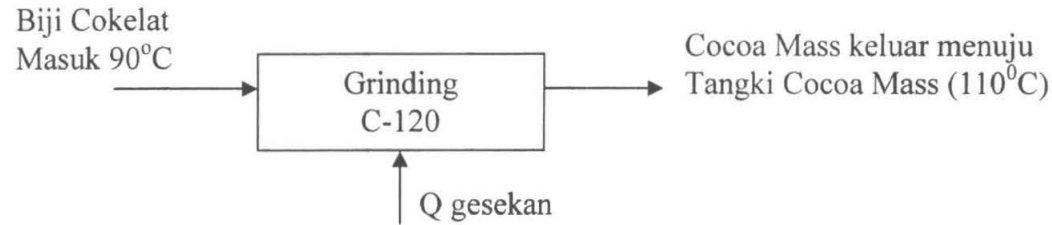
B.4 Panas Kulit Cokelat Keluar Wincrowing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	271,6013	39,9260	10.843,9396
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	144,5502	1,5510	224,1985
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	52,7343	1.693,2977
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	1.437,7846	46.167,2650

Tabel B.5 Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Winnowing* (H-121)

Panas Masuk Dari Roasting (B-110):		Panas Keluar Ke Grinder (C-120):	
Biji	Q (Kj)	Biji	Q (Kj)
Air	239.224,3565	Air	163.450,8192
Asam Asetat	1.907,7210	Asam Asetat	1.285,5559
Lemak	227.900,0710	Lemak	155.948,7315
Komponen lain	146.655,9872	Komponen lain	100.809,9062
Kulit		Kulit	
Air	16.042,1039	Air	10.843,9396
Asam Asetat	336,6567	Asam Asetat	224,1985
Lemak	2.499,8180	Lemak	1.693,2977
Komponen lain	68.156,8015	Komponen lain	46.167,2650
		Q loss	222.299,8020
Q total masuk	702.723,5158	Q total keluar	702.723,5158

C. Proses Grinding (C-120)



Pada proses *Grinding* ini, temperatur akan naik selama proses. Hal ini disebabkan karena dalam proses ini terjadi gesekan antara disk penghancur biji dengan biji selama beberapa waktu. Karena terjadi gesekan secara terus menerus maka temperatur akan naik selama proses.

C.1 Panas Biji Cokelat Masuk Grinding

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	271,6013	601,8043	163.450,8192
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	144,5502	8,8935	1.285,5559
Lemak	-	-	-	-	-	0,4940	4.856,7029	155.948,7315
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,4940	3139,52	100.809,9062

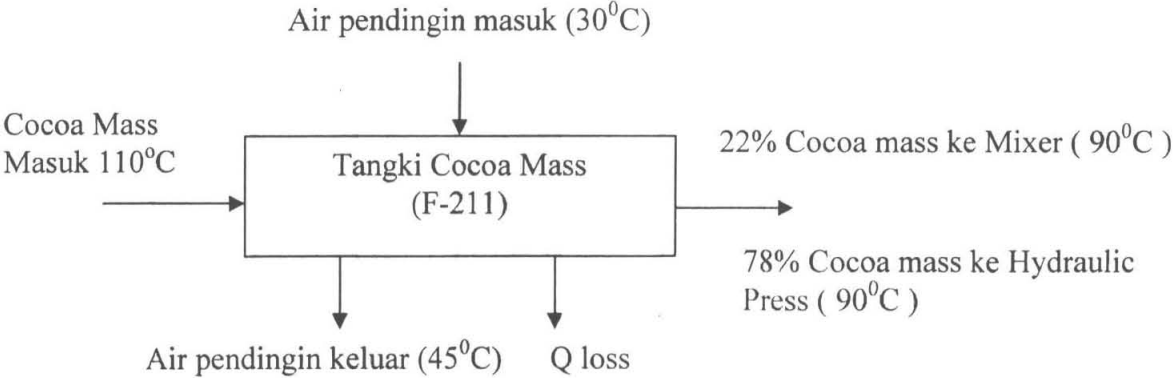
C.2 Panas Cocoa Mass Keluar Grinding

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	355,5466	601,8043	213.969,5172
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	191,1619	8,8935	1.700,0966
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	4.856,7029	218.794,4676
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	3139,52	141.435,2624

Tabel B.6. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Grinding* (C-120).

Panas Masuk Dari Winnowing (H-121):		Panas Keluar Ke Tangki Cocoa Mass (F-211):	
Biji	Q (Kj)	Cocoa Mass	Q (Kj)
Air	163.450,8192	Air	213.969,5172
Asam Asetat	1.285,5559	Asam Asetat	1.700,0966
Lemak	155.948,7315	Lemak	218.794,4676
Komponen lain	100.809,9062	Pasta	141.435,2624
Q gesekan	154.404,3309		
Q total masuk	575.899,3438	Q total keluar	575.899,3438

D. Tangki Cocoa Mass (F-211)



Dalam tangki *cocoa mass*, temperatur akan turun selama penyimpanan. Hal ini dikarenakan *Cocoa Mass* disimpan dalam tangki dan dialiri dengan air pendingin, sehingga panas yang masuk kedalam tangki akan terikut oleh air pendingin (Q loss).

D.1 Panas Cocoa Mass Masuk Tangki Cocoa Mass

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953.10^{-2}$	$-2,1103.10^{-4}$	$5,3469.10^{-7}$	-	355.5466	601.8043	213.969,5172
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921.10^{-3}$	$2,9275.10^{-6}$	-	191.1619	8.8935	1.700,0966
Lemak	-	-	-	-	-	0.5300	4.856.7029	218.794,4676
Komponen lain	-	-	-	-	-	0.5300	3.139.52	141.435,2624

D.2 Panas Cocoa Mass Keluar Tangki Cocoa Mass menuju Proses Pressing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953.10^{-2}$	$-2,1103.10^{-4}$	$5,3469.10^{-7}$	-	271.6013	469.4074	127.491,6390
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921.10^{-3}$	$2,9275.10^{-6}$	-	144.5502	6.9369	1.002,7336
Lemak	-	-	-	-	-	0.5300	3.788.2283	130.504,4648
Komponen lain	-	-	-	-	-	0.5300	2.448.8236	84.361,9741

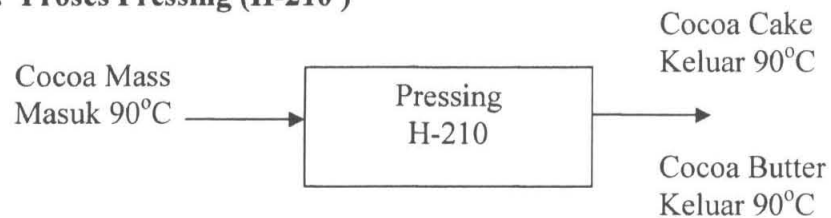
D.3 Panas Cocoa Mass Keluar Tangki Cocoa Mass menuju Proses Mixing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953.10^{-2}$	$-2,1103.10^{-4}$	$5,3469.10^{-7}$	-	271.6013	132.3970	35.959,1802
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921.10^{-3}$	$2,9275.10^{-6}$	-	144.5502	1.9566	282,8223
Lemak	-	-	-	-	-	0.5300	1.068.4746	36.808,9516
Komponen lain	-	-	-	-	-	0.5300	690.69	23.794,4030

Tabel B.7. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam Tangki *Cocoa Mass* (F-211).

Panas Masuk Dari Grinder (C-120):		Panas Keluar	
Cocoa Mass	Q (Kj)	Cocoa Mass → Pressing (H-210)	Q (Kj)
Air	213.969,5172	Air	127.491,6390
Asam Asetat	1.700,0966	Asam Asetat	1.002,7336
Lemak	218.794,4676	Lemak	130.504,4648
Komponen lain	141.435,2624	Komponen lain	84.361,9741
		Cocoa Mass → Mixing (M-220)	Q (Kj)
		Air	35.959,1802
		Asam Asetat	282,8223
		Lemak	36.808,9516
		Pasta	23.794,4030
		Q loss	135.693,1751
Q total masuk	575.899,3438	Q total keluar	575.899,3438

E. Proses Pressing (H-210)



E.1 Panas Cocoa Mass Masuk Pressing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	271,6013	469,4074	127.491,6390
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	144,5502	6,9369	1.002,7336
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	3788,2283	130.504,4648
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	2448,82	84.361,9741

E.2 Panas Cocoa Cake Keluar Pressing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	271,6013	469,4074	127.491,6390
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	144,5502	6,9369	1.002,7336
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	378,8228	13.050,4465
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	2.448,82	84.361,9741

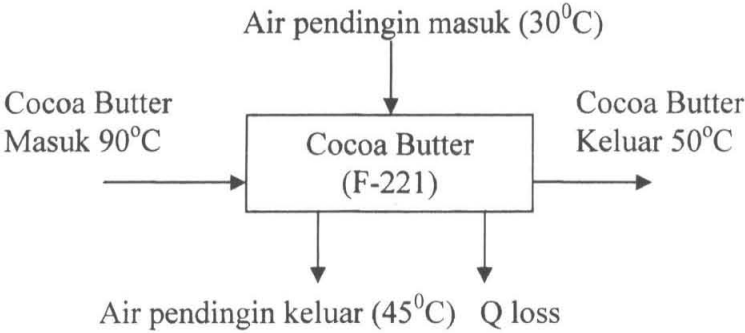
E.3 Panas Cocoa Butter Keluar Pressing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	271,6013	0,0000	0,0000
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	144,5502	0,0000	0,0000
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	34.09.4055	117.454,0183
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	0,0000	0,0000

Tabel B.8. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Pressing* (H-210).

Panas Masuk Dari Tangki Cocoa Mass(F-211):		Panas Keluar Cocoa Butter → Tangki <i>Cocoa Butter</i> (F-221) Cocoa Cake→Ke Pulverizer (C-240)	
Cocoa Mass	Q (Kj)	Cocoa Butter	Q (Kj)
Air	127.491,6390	Lemak	117.454,0183
Asam Asetat	1.002,7336	Cocoa Cake	
Lemak	130.504,4648	Air	127.491,6390
Komponen lain	84.361,9741	Asam Asetat	1.002,7336
		Lemak	13.050,4465
		Komponen lain	84.361,9741
Cocoa Mass	Q (Kj)	Cocoa Butter	Q (Kj)

F. Tangki Cocoa Butter (F-221)



Dalam tangki *Cocoa Butter*, temperatur akan turun selama penyimpanan. Hal ini dikarenakan *Cocoa Butter* disimpan dalam tangki dan dialiri dengan air pendingin, sehingga panas yang masuk kedalam tangki akan terikut oleh air pendingin (Q loss).

F.1 Panas Cocoa Butter Masuk Tangki Cocoa Butter

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	117.454,0183

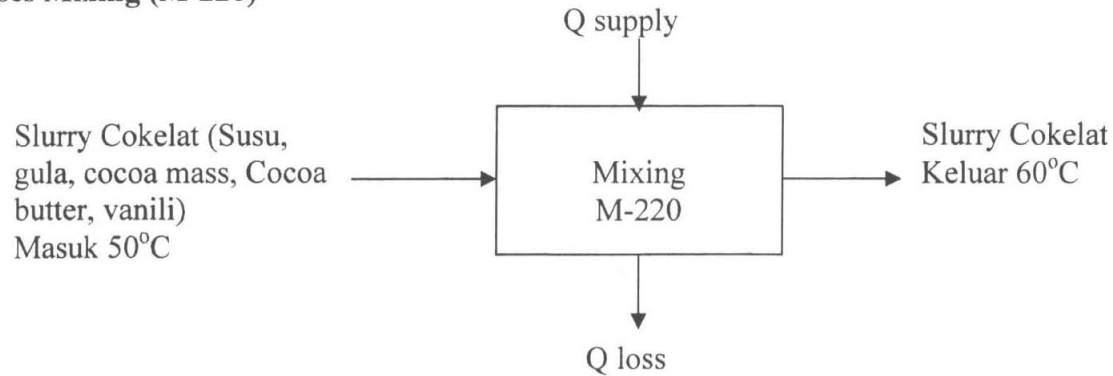
F.2 Panas Cocoa Butter Keluar Tangki Cocoa Butter

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	45.174,6224

Tabel B.9. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam Tangki *Cocoa Butter* (F-221).

Panas Masuk Dari Pressing (H-210):		Panas Keluar Ke Mixer (M-220):	
Cocoa Butter	Q (Kj)	Cocoa Butter	Q (Kj)
Lemak	117.454,0183	Lemak	45.174,6224
		Q loss	72.279,3959
Q total masuk	117.454,0183	Q total keluar	117.454,0183

G. Proses Mixing (M-220)



Pada proses *Mixing* ini, temperatur akan naik selama proses. Hal ini disebabkan karena pada tangki mixing diberikan jaket pemanas, sehingga temperatur akan naik, namun temperatur akan dijaga pada suhu 60°C.

G.1 Panas Slurry Masuk Mixing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	104,6156	132,3970	13.850,7880
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921 \cdot 10^{-3}$	$2,9275 \cdot 10^{-6}$	-	54,3770	1,9566	106,3922
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	14.157,2891
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,69	9.151,6934
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	45.174,6224
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	566.707,1150
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	238.052,1478
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684 \cdot 10^{-3}$	$2,9525 \cdot 10^{-6}$	-	46,1784	15,7843	728,8934

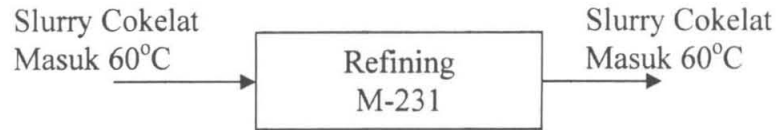
G,2 Panas Slurry Keluar Mixing

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	125,4851	132,3970	19.375,8226
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921,10^{-3}$	$2,9275,10^{-6}$	-	65,4356	1,9566	149,7841
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	19.820,2047
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,69	12.812,3708
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	63.244,4714
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	793.389,9610
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	333.273,0069
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	55,5885	15,7843	1.026,8237

Tabel B.10. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Mixing*, (M-220)

Masuk		Panas Keluar	
Cocoa Mass→Dari Tangki Cocoa Mass(F-211)		Ke Refining (M-231):	
Cocoa Butter→Dari Tangki Cocoa Butter (H-221)			
Non-fat milk →Dari Tangki (F-222) HFCS →Dari Tangki (F-223)			
Slurry	Q (Kj)	Slurry	Q (Kj)
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	13.850,7880	Air	19.375,8226
Asam Asetat	106,3922	Asam Asetat	149,7841
Lemak	14.157,2891	Lemak	19.820,2047
Komponen lain	9.151,6934	Komponen lain	12.812,3708
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Cocoa butter	45.174,6224	Cocoa butter	63.244,4714
Material lainnya		Material lainnya	
Susu non fat	566.707,1150	Susu non fat	793.389,9610
HFCS	238.052,1478	HFCS	333.273,0069
Vanilin	728,8934	Vanilin	1.026,8237
Q supply	355.163,5039	Q loss	18.692,8160
Q total masuk	1.261.785,2612	Q total keluar	1.261.785,2612

H. Proses Refining (M-231)



H.1 Panas Slurry Cokelat Masuk Refining

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	125,4851	132,3970	19.375,8226
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921,10^{-3}$	$2,9275,10^{-6}$	-	65,4356	1,9566	149,7841
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	19.820,2047
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,69	12.812,3708
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	63.244,4714
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	793.389,9610
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	333.273,0069
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	55,5885	15,7843	1.026,8237

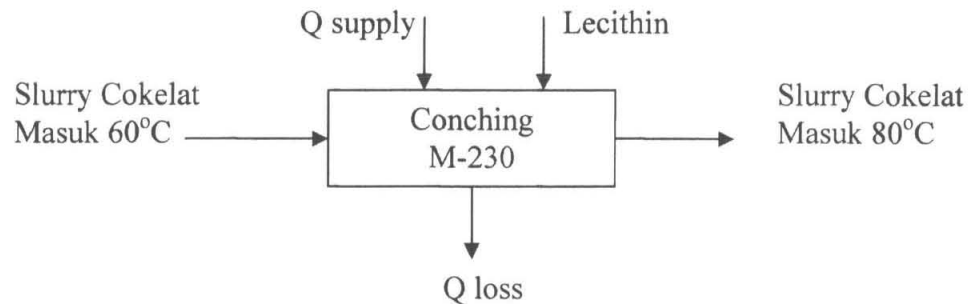
H.2 Panas Slurry Cokelat Keluar Refining

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	125,4851	132,3970	19.375,8226
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921,10^{-3}$	$2,9275,10^{-6}$	-	65,4356	1,9566	149,7841
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	19.820,2047
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,69	12.812,3708
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	63.244,4714
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	793.389,9610
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	333.273,0069
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	55,5885	15,7843	1.026,8237

Tabel B.11. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Refining*, (M-231)

Panas Masuk Dari Mixer (M-220):		Panas Keluar Ke Conching (M-230):	
Slurry	Q (Kj)	Slurry	Q (Kj)
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	19.375,8226	Air	19.375,8226
Asam Asetat	149,7841	Asam Asetat	149,7841
Lemak	19.820,2047	Lemak	19.820,2047
Komponen lain	12.812,3708	Komponen lain	12.812,3708
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Cocoa butter	63.244,4714	Cocoa butter	63.244,4714
Material lainnya		Material lainnya	
Susu non fat	793.389,9610	Susu non fat	793.389,9610
HFCS	333.273,0069	HFCS	333.273,0069
Vanilin	1.026,8237	Vanilin	1.026,8237
Q total masuk	1.243.092,4452	Q total keluar	1.243.092,4452

I. Proses Conching (M-230)



Pada proses *Conching* ini, temperatur akan naik selama proses, Hal ini disebabkan karena pada tangki *Conching* diberikan jaket pemanas, sehingga temperatur akan naik, namun temperatur akan dijaga agar temperatur keluaran slurry dari *Conching* berada pada suhu 80⁰C,

I.1 Panas Slurry Cokelat Masuk Conching

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	125,4851	132,3970	19.375,8226
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921,10^{-3}$	$2,9275,10^{-6}$	-	65,4356	1,9566	149,7841
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	19.820,2047
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,69	12.812,3708
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	63.244,4714
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	793.389,9610
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	333.273,0069
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	55,5885	15,7843	1.026,8237
Lecithin	-	-	-	-	-	1,2778	47,3529	3.327,9112
Asam Asetat (Uap)	34,8500	$3,7626,10^{-2}$	$2,8311,10^{-4}$	$-3,0767,10^{-7}$	$9,2646,10^{-11}$	32,9107	0,0000	0,0000

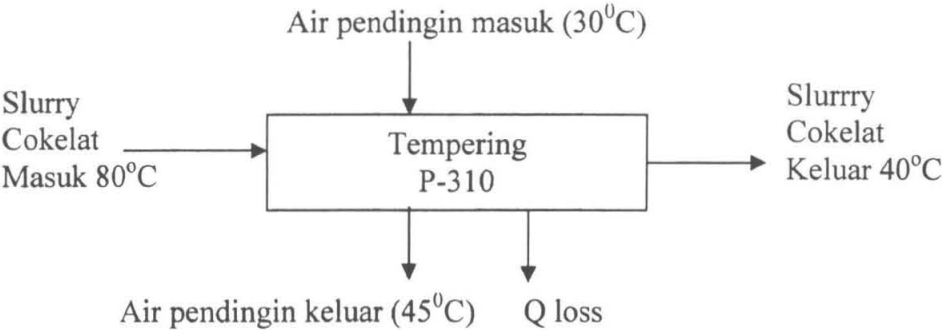
I.2 Panas Slurry Cokelat Keluar Conching

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	167,2042	132,3970	30.425,0293
Asam Asetat	-18,944	1,0971	$-2,8921,10^{-3}$	$2,9275,10^{-6}$	-	87,7338	0,0000	0,0000
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	31.146,0360
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,69	20.133,7256
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	99.384,1694
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	1.246.755,6529
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	523.714,7251
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	74,5723	15,7843	1.632,7247
Lecithin	-	-	-	-	-	1,2778	47,3529	3.327,9112
Asam Asetat (Uap)	34,8500	$3,7626,10^{-2}$	$2,8311,10^{-4}$	$-3,0767,10^{-7}$	$9,2646,10^{-11}$	44,3359	1,9566	121,1214

Tabel B.12. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Conching*, (M-230)

Panas Masuk Dari Refining (M-231):		Panas Keluar Ke Tempering (P-310):	
Slurry	Q (Kj)	Slurry	Q (Kj)
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	19.375,8226	Air	30.425,0293
Asam Asetat	149,7841	Asam Asetat	0,0000
Lemak	19.820,2047	Lemak	31.146,0360
Komponen lain	12.812,3708	Komponen lain	20.133,7256
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Cocoa butter	63.244,4714	Cocoa butter	99.384,1694
Material lainnya		Material lainnya	
Susu non fat	793.389,9610	Susu non fat	1.246.755,6529
HFCS	333.273,0069	HFCS	523.714,7251
Vanilin	1.026,8237	Vanilin	1.632,7247
Lecithin	3.327,9112	Lecithin	3.327,9112
Uap Asam Asetat	0,0000	Uap Asam Asetat	121,1214
Q supply	713.246,1100	Q loss	37.380,0389
Q total masuk	1.994.021,1345	Q total keluar	1.994.021,1345

J. Proses Tempering (P-310)



Pada proses *Tempering* ini, temperatur akan turun selama proses, Hal ini disebabkan karena dalam proses ini slurry cokelat didinginkan dengan menggunakan air pendingin yang dialirkan secara tidak langsung , Tempering ini berfungsi untuk memperingan kerja dari proses *Molding*.

J.1 Panas Slurry Cokelat Masuk Tempering

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	167,2042	132,3970	30.425,0293
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	31.146,0360
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,6938	20.133,7256
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	99.384,1694
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	1.246.755,6529
Gula low	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	523.714,7251

calorie								
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	74,5723	15,7843	1.632,7247
Lecithin	-	-	-	-	-	1,2778	47,3529	3.327,9112

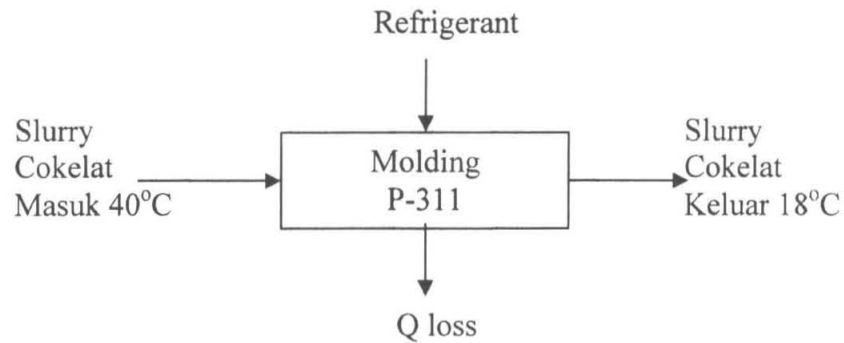
J.2 Panas Slurry Cokelat Keluar Tempering

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	62,8353	132,3970	8.319,2066
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	8.494,3734
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,6938	5.491,0161
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	27.104,7735
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	340.024,2690
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	142.831,2887
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	27,5283	15,7843	434,5152
Lecithin	-	-	-	-	-	1,2778	47,3529	907,6121

Tabel B.13. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Tempering* (P-310)

Panas Masuk Dari Conching (M-230):		Panas Keluar Ke Molding (P-311):	
Slurry	Q (Kj)	Slurry	Q (Kj)
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	30.425,0293	Air	8.319,2066
Lemak	31.146,0360	Lemak	8.494,3734
Komponen lain	20.133,7256	Komponen lain	5.491,0161
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Cocoa butter	99.384,1694	Cocoa butter	27.104,7735
Material lainnya		Material lainnya	
Susu non fat	1.246.755,6529	Susu non fat	340.024,2690
HFCS	523.714,7251	HFCS	142.831,2887
Vanilin	1.632,7247	Vanilin	434,5152
Lecithin	3.327,9112	Lecithin	907,6121
		Q loss	1.422.912,9196
Q total masuk	1.956.519,9742	Q total keluar	1.956.519,9742

K. Proses Molding (P-311)



Pada proses *Molding* ini, temperatur akan turun selama proses, Hal ini disebabkan karena dalam proses ini slurry cokelat akan dibekukan dengan menggunakan Freon sehingga slurry cokelat akan menjadi *Milk Chocolate*,

K.1 Panas Slurry Cokelat Masuk Molding

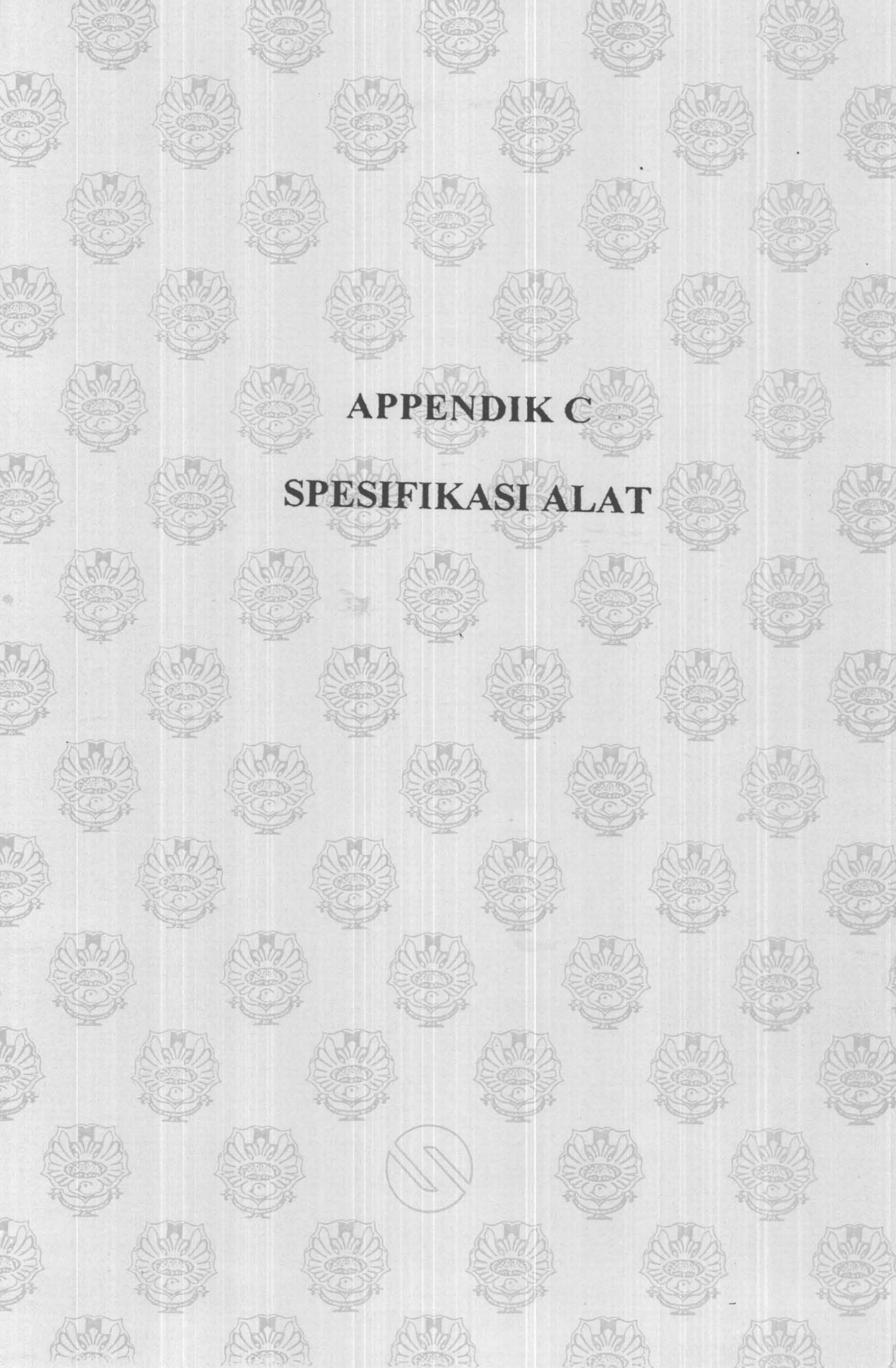
Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	62,8353	132,3970	8.319,2066
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	8.494,3734
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,6938	5.491,0161
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	27.104,7735
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	340.024,2690
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	142.831,2887
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	27,5283	15,7843	434,5152
Lecithin	-	-	-	-	-	1,2778	47,3529	907,6121

K.2 Panas Slurry Cokelat Keluar Molding

Komponen	A	B	C	D	E	Cp	Massa	Q
Air	92,0530	$3,9953,10^{-2}$	$-2,1103,10^{-4}$	$5,3469,10^{-7}$	-	-29,4165	132,3970	-3.894,6488
Lemak	-	-	-	-	-	0,5300	1.068,4746	-3.964,0409
Komponen lain	-	-	-	-	-	0,5300	690,6938	-2.562,4742
Cocoa butter (Lemak)	-	-	-	-	-	0,5300	3.409,4055	-12.648,8943
Susu non fat	-	-	-	-	-	3,9400	5.753,3717	-158.677,9922
Gula low calorie	-	-	-	-	-	1,3143	7.244,9866	-66.654,6014
Vanilin	-8,9500	1,7876	$-3,6684,10^{-3}$	$2,9525,10^{-6}$	-	-12,6528	15,7843	-199,7147
Lecithin	-	-	-	-	-	1,2778	47,3529	-423,5523

Tabel B.14. Neraca Panas Komposisi Cokelat dalam proses *Molding* (P-311)

Panas Masuk Dari Tempering (P-310):		Panas Keluar Ke Packaging:	
Slurry	Q (Kj)	Milk Chocolate	Q (Kj)
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	8.319,2066	Air	-3.894,6488
Lemak	8.494,3734	Lemak	-3.964,0409
Komponen lain	5.491,0161	Komponen lain	-2.562,4742
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Cocoa butter	27.104,7735	Cocoa butter	-12.648,8943
Material lainnya		Material lainnya	
Susu non fat	340.024,2690	Susu non fat	-158.677,9922
HFCS	142.831,2887	HFCS	-66.654,6014
Vanilin	434,5152	Vanilin	-199,7147
Lecithin	907,6121	Lecithin	-423,5523
		Q refrigerant	782.632,9734
Q total masuk	533.607,0546	Q total keluar	533.607,0546

The background of the page is a repeating pattern of a circular logo. Each logo features a central emblem with a crescent and star, surrounded by a wreath and topped with a crown-like element. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

APPENDIK C

SPESIFIKASI ALAT



APPENDIK C

SPESIFIKASI ALAT

1. WAREHOUSE BIJI COKELAT(F-111)

Fungsi : Untuk menampung biji cokelat

Tipe : Gedung dengan konstruksi beton

Dasar Pemilihan : Cocok untuk menampung material dalam bentuk kemasan, biaya *maintenance* murah, dapat dikombinasikan dengan pengontrol suhu dan kelembaban.

Kondisi Operasi

P_{operasi} : 1 atm

T_{operasi} : 30°C

Waktu Penyimpanan = 15 hari

Dari Literatur didapatkan [21]

S_g = 0,864

ρ_{bulk} = 0,864 $\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ = 864 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

$$\begin{aligned} \text{Volume biji cokelat} &= \frac{\text{Kapasitas}}{\text{Densitas}} \\ &= \frac{316.500 \text{ kg}}{864 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 366.319 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Asumsi : Volume storage = 1,5 . volume biji cokelat

Volume storage = 1,5 . 366,319 m³

$$= 549,48 \text{ m}^3$$

Ditetapkan:

$$\text{Panjang} = 2 \cdot \text{Lebar}$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Volume storage} = P \cdot L \cdot T$$

$$549,48 \text{ m}^3 = 2 \cdot L \cdot L \cdot 5 \text{ m}$$

$$L (\text{Lebar}) = 7,41 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 2 \times L \\ &= 2 \times 7,41 \\ &= 14,82 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= P \cdot L \\ &= 14,82 \times 7,41 = 109,85 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = Warehouse biji cokelat
- Kapasitas = 316,5 ton
- Tipe = gedung dengan konstruksi beton
- Panjang = 14,82 m
- Lebar = 7,41 m
- Tinggi = 5 m
- Jumlah = 1 buah

2. BELT CONVEYOR (J-112)

Fungsi : Mengangkut biji menuju ke *vibratory contacting screen* dan memisahkan material logam

Tipe : *belt* terbuat dari karet dan diatasnya terdapat magnet

Dasar Pemilihan : cocok untuk mengangkut material kering berbentuk granular, *maintenance* murah dan mudah, dapat digunakan untuk kapasitas besar [5]

Ditetapkan :

- Panjang belt (L) = 3 m = 9,8424 ft
- Waktu operasi = 20 menit

Perhitungan:

- Sudut elevasi = 0°
- Kapasitas per jam (T) = 10.550kg/batch
$$= \frac{10.550kg}{0,33 jam} = 31.650kg / jam$$

Dari [8] table 21.7 untuk mengangkut bahan dengan diameter 15 mm [3] dan kapasitas 31,650 ton/jam didapatkan :

- Lebar belt = 35 cm = 1,14828 ft
- Kecepatan (S) = 30,5 m/menit = 100,06 fpm
- Kapasitas = 32 ton/jam

Power yang dibutuhkan oleh belt conveyer: [4]

Harga W didapatkan dari

$$\rho_{rubber} = \frac{W_{rubber}}{v_{rubber}}$$

Dimana :

$$\rho_{rubber} = 74,8 \frac{lb}{ft^3} \quad [8]$$

Dengan mengasumsi tebal belt 2 mm maka :

$$\begin{aligned} v_{rubber} &= p \times l \times t \\ &= (2 \times 9,8424 \text{ ft}) \times 1,14828 \text{ ft} \times 6,5616 \cdot 10^{-3} \text{ ft} \\ &= 0,148 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

Maka harga W didapatkan sebagai berikut

$$\rho_{rubber} = \frac{W_{rubber}}{v_{rubber}}$$

$$\begin{aligned} W_{rubber} &= \rho_{rubber} \times v_{rubber} \\ &= 74,8 \frac{lb}{ft^3} \times 0,148 \text{ ft}^3 \\ &= 11,0687 \text{ lb} \end{aligned}$$

Power motor untuk belt

$$\begin{aligned} hp &= \frac{F(L + L_0)(T + 0,03W.S) + T.\Delta z}{990} \\ &= \frac{0,05(9,8424 + 100)(31,650 + 0,03.11,0687.100,06) + 31,650.0}{990} \\ &= 0,3599 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi = 80%

[22]

$$\text{Power motor} = \frac{0,3599}{0,8} = 0,4498hp = 0,45 \text{ hp}$$

Keterangan

F = faktor friksi, 0,05 untuk plain bearing

L = Panjang belt (ft)

Lo = 100 untuk plain bearing

S = kecepatan belt (fpm)

T = material (ton/jam)

Δz = tinggi elevasi belt(ft)

W = massa keseluruhan belt (lb)

SPESIFIKASI:

- Nama = *Belt Conveyor*
- Kapasitas = 31,650 kg/batch
- Panjang *belt* = 3 m
- Lebar *belt* = 35 cm
- Kecepatan *belt* = 30,5 m/menit
- Sudut elevasi = 0°
- Power = 0,45 hp
- Bahan konstruksi = *rubber*
- Jumlah alat = 1 buah

3. *VIBRATORY SCREEN BERTINGKAT (H-113)*

Fungsi : Memisahkan material padat non logam

Tipe : *Vibratory screen* bertingkat

Dasar pemilihan : Cocok untuk pemisahan material padatan yang tidak bersifat lengket, bukaan dapat diatur sesuai keinginan [5]

Ditetapkan:

Waktu operasi : 30 menit

Kapasitas : $\frac{10.550 \text{ kg}}{0,5 \text{ jam}} = 21.100 \text{ kg / jam} = 5,8611 \text{ kg/s}$

3.1 *SCREEN I*

Fungsi : memisahkan material yang lebih besar dari biji cokelat

Tipe : *vibrating screen* dengan *rectangular sieve opening*

Data

Kapasitas : 21.100 kg/jam

Panjang biji cokelat : 20 mm

Lebar biji cokelat : 15 mm

Diameter pengotor : > 20 mm (ranting, tali, batu besar)

Dari [8] untuk memisahkan material > 20 mm didapatkan data:

- Bukaan *screen* = 22,5 mm
- Diameter *wire* = 3,5 mm

Dari [5] diambil data

- Lebar = 0,5 m

- Panjang = 5 m
- Luas screen = 2,5 m²

Dari [5] didapatkan

$$\text{Power} = \frac{16.000 \times m}{Dp} = \frac{16.000 \times 5,8611 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{22500 \mu\text{m}} = 4,16 \text{ hp} = 4,25 \text{ hp}$$

3.2 SCREEN II

Fungsi : memisahkan material padatan yng lebih kecil dari biji cokelat

Tipe : *Vibrating screen* dengan *square opening*

Data

- Kapasitas : 21.100 kg/jam
- Panjang biji cokelat : 20 mm
- Lebar biji cokelat : 15 mm
- Diameter pengotor : < 20mm (pasir, debu)

Dari [8] untuk memisahkan material > 20 mm didapatkan data

- Bukaan screen = 12,7 mm
- Diameter wire = 2,67mm

Dari [5] diambil data

- Lebar = 0,5m
- Panjang = 5 m
- Luas screen = 2,5m²

Dari [5] didapatkan

$$\text{Power} = \frac{16.000 \times m}{Dp} = \frac{16.000 \times 5,8611 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{12700 \mu\text{m}} = 7,3840 \text{ hp} = 7,45 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI:

SCREEN I

- Buka screen = 22,5mm
- Diameter wire = 3,5mm
- Lebar = 0,5m
- Panjang = 5 m
- Luas screen = 2,5m²
- Power = 4,25 hp
- Bahan = stainless steel

SCREEN II

- Buka screen = 12,7mm
- Diameter wire = 2,67mm
- Lebar = 0,5m
- Panjang = 5 m
- Luas screen = 2,5 m²
- Power = 7,45 hp
- Bahan = stainless steel

4. ROTARY DRUM ROASTER (B-110)

Fungsi : Mengurangi kadar air biji cokelat

Tipe : Drum silinder

Dasar pemilihan : Cocok untuk pengeringan biji-bijian (granular) hingga kadar air yang diinginkan dengan luas perpindahan panas yang cukup besar.

Data

Kapasitas : 21.1100 Kg/hari (10.550 kg tiap batch)

Bahan : Stainless steel

Ditetapkan :

Waktu proses = 1,5 jam [1]

Perhitungan:

Dimensi Rotary Roaster

Dari neraca massa diketahui:

Massa biji cokelat = 10.440,50 kg

Densitas = 864 kg/m³

Flowrate = 6.960,33 kg/jam ($2,2377 \cdot 10^{-3}$ m³/s)

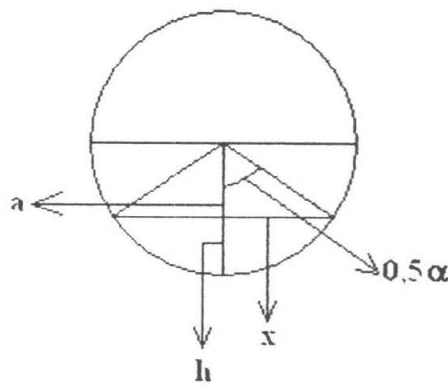
Solid mengisi roaster = 0,15 luasan tangki [22]

Average material velocity = 0,02 m/s [22]

$$\text{Luasan yang dilewati padatan} = \frac{\text{flowrate}}{\text{avg velocity}} = \frac{2,2377 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}}{0,02 \text{ m} / \text{s}} = 0,111 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan roaster} &= \frac{\text{Luasan yang dilewati padatan}}{0,15} = \frac{0,111 \text{ m}^2}{0,15} \\ &= 0,7406 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter roaster (D)} = \sqrt{\frac{4 \times \text{luas}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,7406 \text{ m}^2}{\pi}} = 0,950 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$



Gambar C.1 Dimensi Roaster

$$\text{Luas segitiga} = \frac{1}{2} r^2 \sin \alpha$$

$$\text{Luas tembereng} = \text{luas juring} - \text{luas segitiga}$$

$$0,111 = \frac{\alpha}{360} \pi r^2 - \frac{1}{2} r^2 \sin \alpha$$

$$\alpha = 106^\circ$$

$$a = r \cos(0,5 \alpha)$$

$$= 0,3009 \text{ m}$$

$$h = r - a$$

$$= 0,1999 \text{ m}$$

$$x = \text{tg}(0,5\alpha) \cdot a$$

$$= 0,339 \text{ m}$$

$$Q = U \times A \times \Delta T_{\text{LMTD}}$$

$$Q = 1.477.628,9852 \text{ kJ/batch (dari neraca panas)}$$

$$= 985.085,99 \text{ kJ/hr}$$

$$U = 10.500 \text{ kJ/hr.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

[23]

ΔT_{LMTD} untuk counter Current adalah

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

$$|\Delta T_1| = |T_1 - T_1'| = |120 - 150| = 30^\circ\text{C}$$

$$|\Delta T_2| = |T_2 - T_2'| = |30 - 70| = 40^\circ\text{C}$$

$T_{1/2}$ = Suhu bahan keluar/masuk($^\circ\text{C}$)

$T_{1/2}'$ = Suhu pemanas masuk/keluar ($^\circ\text{C}$)

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{40 - 30}{\ln\left(\frac{40}{30}\right)} = 34,7605^\circ\text{C}$$

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_{\text{LMTD}}} = \frac{985.085,99 \text{ kJ/hr}}{10.500 \text{ kJ/hr.m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 34,7605^\circ\text{C}} = 2,698 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang dryer (L)} = \frac{A}{2 \cdot x} = \frac{2,698 \text{ m}^2}{2 \times 0,339 \text{ m}} = 3,98 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

Karakteristik Roaster

$$\begin{aligned}\text{Tekanan oleh solid} &= \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot g \cdot A \cdot h}{A} = \rho \cdot g \cdot h \\ &= 17.040,78 \text{ gr/cm.s}^2 = 0,24 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\text{Tekanan udara} = 14,7 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned}\text{Tekanan total} &= \text{tekanan udara} + \text{tekanan solid} \\ &= 14,9471 \text{ psi} = 14,9471 \text{ lb/in}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P \text{ design} &= 1,2 \times P \text{ total} \\ &= 1,2 \times 14,9471 \text{ lb/in}^2 \\ &= 17,936 \text{ lb/in}^2\end{aligned}$$

Ditetapkan:

- Bahan konstruksi *stainless steel* dengan *allowable stress* (f) 18.750 lb/in² [12 tabel 13.1 p 251]
- tipe sambungan *double-welded butt joint*, dengan *efficiency* = 0,8 [12 tabel 13.2 hal 254]
- $c = \text{corrosion allowance} = \frac{1}{8} \text{ in} = 0,125 \text{ in}$

$$\begin{aligned}\text{Tebal Roaster} &= \frac{PD}{2fE} + c \quad [12] \\ &= \frac{17,936 \text{ lb/in}^2 \times 39,37 \text{ in}}{2 \times 18.750 \text{ lb/in}^2 \times 0,8 \text{ in}} + 0,125 \text{ in} \\ &= 0,1485 \text{ in} \approx 3/16 \text{ in}\end{aligned}$$

Putaran Roaster

Roaster bekerja pada kecepatan peripheral $V = 30\text{-}150$ ft/menit [9]. Diambil data :

$$V = 80 \text{ ft/menit}$$

$$D = 1 \text{ m} = 3,2808 \text{ ft}$$

$$N = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{80 \text{ ft/menit}}{\pi \cdot 3,2808 \text{ ft}} = 7,76 \text{ rpm}$$

$$\text{Dari [9], } N \cdot D = 25\text{-}35$$

$$\begin{aligned} N \times D &= 7,76 \times 3,2808 \\ &= 25,4777 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Slope kemiringan Roaster

Dari [9], *slope shell roaster* antara 0 - 0,08 ft/ft, ditetapkan 0,05 ft/ft

$$\text{tg } \alpha = 0,05$$

$$\alpha = 2,8624^\circ$$

Perencanaan power Roaster

$$\text{Power roaster} = 0,5 D^2 - 1 D^2 \text{ hp} \quad [24]$$

$$\text{Effisiensi roaster antara } 55 - 75 \% \quad [25]$$

Dimana

D = diameter (ft)

Diambil data :

$$\text{Power dryer} = 0,75 D^2 \text{ dan effisiensi } 65 \%$$

$$\text{Power dryer} = 0,75 \cdot 3,2808^2 = 8,072 \text{ hp}$$

$$\text{Power motor} = \frac{\text{power dryer}}{\text{efisiensi}} = \frac{8,072 \text{ hp}}{0,65} = 12,41 \text{ hp} = 12,45 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Tipe : *Rotary Drum Roaster*
- Fungsi : Mengurangi kandungan air dari biji cokelat
- Diameter : 1 m
- Panjang : 4 m
- Putaran : 7,76 rpm
- Slope : 2,8624°
- Waktu transportasi : 1,5 jam
- Power : 12,45 hp
- Tebal : 3/16 in
- Bahan : *Stainless steel*
- Jumlah : 1 buah

5. **VIBRATORY CONTACTING SCREEN (H-121)**

5.1 SCREEN

- Fungsi : Memisahkan biji cokelat dan kulit arinya
- Tipe : *Vibratory contacting screen* dengan tutup dan dilengkapi dengan blower
- Dasar pemilihan : Cocok untuk pemisahan solid - solid berdasarkan berat jenis dan sekaligus berfungsi sebagai *conveyor* [5]

Data

Kapasitas = 10.138,91 kg/batch

Dari [8] didapatkan data

- Bukaan screen : 12,7 mm
- Diameter wire : 2,67 mm

Dari [5] diperoleh data sebagai berikut :

- Lebar = 0,15 - 3 m
- Panjang = 5 - 30 m
- Kapasitas maks = 0,06 m³/s

Diambil data :

- Lebar = 1 m (mengikuti diameter *roaster*)
- Panjang = 5 m
- Luas = 5m²
- Kapasitas = 0,013 m³/s (11,232 kg/s)

$$\text{Waktu proses} = \frac{10.138,91 \text{ kg}}{11,232 \text{ kg/s}} = 902,868 \text{ s} = 15,04 \text{ menit}$$

Dari [5] untuk power didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Power} &= (0,02 \cdot \text{kapasitas})^{0,72} \times \text{panjang} \\ &= (0,02 \cdot 11,232)^{0,72} \times 5 \\ &= 2,06 \text{ kW} = 2,76 \text{ hp} = 2,8 \text{ hp} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = *Vibratory Contacting Screen*
- Lebar = 1 m
- Panjang = 5 m
- Kapasitas = 11,232 kg/s
- Waktu proses = 15 menit
- Power = 2,8 Hp
- Tipe = *Vibratory conveyor tertutup*
- Bahan = Carbon steel
- Jumlah = 1 buah

5.2 BLOWER

Fungsi : Menghisap kulit ari yang telah terpisah

Tipe : *Centrifugal*

Dasar pemilihan : Dapat menghisap dan memisahkan kulir ari dari bijinya dengan kapasitas kecil, biaya *maintenance* murah, tidak menanggapi gas yang bersifat korosif dan dengan temperatur tinggi [5]

Perhitungan :

Blower menghisap 100 ft³/menit (2,8317 m³/menit) udara dengan tekanan 1 atm suhu 30°C.

Tekanan udara keluar blower adalah 1,1 atm

[5]

$$W_s = \frac{2,3026RT_1}{M} \log \frac{P_2}{P_1} \quad [10]$$

$$= \frac{2,3026 \times 8,314 \text{ J/mol} \cdot ^\circ\text{K} \times 303 \text{ K}}{28,97 \text{ gr/mol}} \log \frac{1,1 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 8,288 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho \text{ udara } 1 \text{ atm} = \frac{P \times BM}{R \times T} = \frac{1 \text{ atm} \times 28,97 \text{ gr/mol}}{0,082 \text{ L.atm/mol} \cdot ^\circ\text{K} \times 303 \text{ K}} = 1,1652 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ udara } 1,1 \text{ atm} = 1,1652 \text{ kg/m}^3 \times \frac{1,1 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 1,2817 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{average}} = \frac{1,1652 + 1,2817}{2} \text{ kg/m}^3 = 1,2234 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa udara masuk} &= 1,2234 \text{ kg/m}^3 \times 2,8317 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,0577 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Power blower} &= 8,288 \text{ kJ/kg} \times 0,0577 \text{ kg/s} \\ &= 0,478 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi blower} = 75\% \quad [5]$$

$$\text{BHP} = \frac{0,478 \text{ kW}}{0,75} = 0,638 \text{ kW}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\% \quad [22]$$

$$\text{Power aktual} = \frac{0,607 \text{ kW}}{0,8} = 0,797 \text{ kW} = 1,069 \text{ hp} = 1,1 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI BLOWER :

- Kapasitas = 2,8317 m³/menit
- Power = 1,1 hp
- Tipe = Centrifugal
- Bahan = Carbon steel
- Jumlah = 1 buah

6. DISK MILL (C-120)

Fungsi : Menghancurkan biji coklat

Tipe : *single runner*

Dasar Pemilihan : cocok untuk menghancurkan biji coklat hingga ukuran
0,25 mm dan dapat menangani material yang *sticky*

[5]

Dari [5] didapatkan

- Diameter maksimal = 0,5 m
- Kapasitas maks = 5 kg/s

Dari [26] diambil

- Kecepatan putar = 400 rpm
- Jarak antar disk = 0,001 in

Perhitungan

Kapasitas = 8.606,92 kg/batch

$$\text{Waktu proses} = \frac{8.606,92 \text{ kg}}{5 \text{ kg/s}} = 1.721,384 \text{ s} = 28,68 \text{ menit} = 0,478 \text{ jam}$$

Power motor yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{hp} &= 10 \cdot W_i \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{d_i}} \right) \\ &= 10 \cdot 13,81 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{250}} - \frac{1}{\sqrt{15.000}} \right) \\ &= 7,606 \text{ kWh/ton. jam} \end{aligned} \quad [14]$$

Nilai W_i diambil dari

[14]

Power motor yang dibutuhkan dengan kapasitas 1 batch adalah

$$\begin{aligned} \text{hp} &= 7,606 \text{ kWh/ton.jam} \times 0,478 \text{ jam} \times 8,6069 \text{ ton/batch} \\ &= 31,29 \text{ kWh /batch} \end{aligned}$$

Efisiensi power 80%

[14]

Power motor aktual

$$\text{Hp} = \frac{31,2 \text{ kWh}}{0,8} = 39,114 \text{ kWh} = 52,45 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI

- Nama = *Disk Mill*
- Kapasitas = 8,6069 ton/batch
- Waktu operasi = 28,68menit
- Power = 52,45 hp

- Bahan konstruksi disk = Stainless steel
- Kecepatan putar = 400 rpm
- Jarak antar disk = 0,25 mm
- Jumlah alat = 1

7. SCREW CONVEYOR (J-122)

Fungsi : Mengangkut *cocoa mass* menuju ke tangki penampungan

Tipe : *Screw conveyor* yang dilengkapi dengan *hooper*

Dasar Pemilihan : cocok untuk mengangkut material yang bersifat *stick*,
sudut inklinasi tidak terbatas [5]

Data :

Kebutuhan per batch : 8.606,92 kg

Ditetapkan:

Waktu transportasi : 30 menit

Panjang *screw* (L) : 5 meter = 16,404 ft

Tinggi elevasi (T) : 13,07 ft (mengikuti tinggi tangki *cocoa mass*)

Asumsi

Densitas *cocoa mass* = 53,9395 lb/ft³

Perhitungan :

$$\text{Kapasitas} = \frac{8,606 \text{ ton}}{0,5 \text{ jam}} = 17,212 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Rate volumerik } (\bar{v}) = \frac{17,212 \text{ ton/jam} \cdot 2000}{53,9395 \text{ lb/ft}^3} = 638,1964 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Dari [8] tabel 21-6 didapatkan sebagai berikut

- Kapasitas = 20 ton/jam
- Diameter pipa *screw* = 3,5 in
- *Shaft* diameter = 3 in
- Kecepatan (ω) = 60 rpm
- *Feed section* diameter = 10 in

Power motor yang dibutuhkan:

$$\dot{P} = \frac{[s \cdot (\omega) + F(\bar{v}) \cdot (\rho)] \cdot L + 0,51(T)(30.000)}{10^6} \quad [14]$$

Harga F = 1 didapatkan dari [14] tabel 5.4(b) dan harga s = 114 didapatkan dari tabel 5.4(c)

$$\begin{aligned} \dot{P} &= \frac{[114 \cdot (60) + 1(638,196) \cdot (53,9395)] \cdot 16,404 + 0,51(13,07)(30.000)}{10^6} \\ &= 0,922 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi motor 80 % [22]

$$\text{Power motor} = \frac{0,922 \text{ hp}}{0,8} = 1,153 \text{ hp} = 1,2 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI

- Nama = *Screw Conveyor*
- Waktu transportasi = 30 menit
- Panjang *screw* (L) = 16,404 ft
- Tinggi elevasi (T) = 13,07 ft
- Kapasitas = 20 ton/jam
- Diameter pipa *screw* = 3,5 in
- *Shaft* diameter = 3 in
- Kecepatan (ω) = 60 rpm
- *Feed section* diameter = 10 in
- Power motor = 1,2 hp

8. TANGKI *COCOA MASS* (F-211)

Fungsi : untuk menampung *cocoa mass*

Tipe : silinder vertikal berpengaduk dengan tutup bawah konis.

Dasar pemilihan : cocok untuk menampung *cocoa mass*

8.1 Perhitungan Dimensi Tangki

Suhu masuk = 110°C

Suhu keluar = 90°C

1. Volume Tangki

- Cokelat mass = 8606,92 kg $\rightarrow \rho = 864 \text{ kg/m}^3$

Volume cokelat mass :

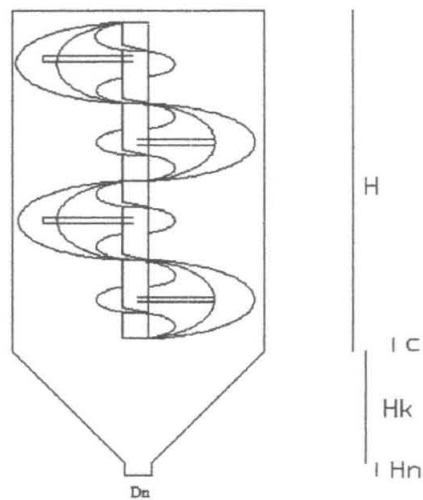
$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 8606,92 \text{ kg} \times \frac{m^3}{864 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 351,79 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 351,79 \text{ ft}^3 \\ &= 439,74 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *mixer* adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- *Allowable stress value* (f) dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [12]
- *Corrosion allowance* (c) adalah 3 mm
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [5]
- sudut konis = 90°
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (D_n) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [12]

Gambar C.2 Dimensi tangki *cocoa mass*

Keterangan:

D_{shell} = diameter shell

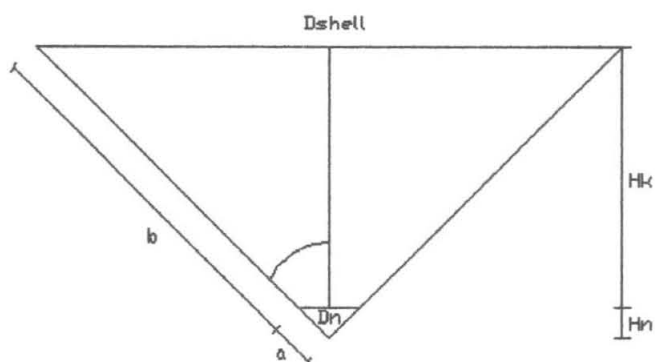
H = tinggi shell

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi nozzle

Hliq = tinggi liquid

Dn = diameter nozzle



Gambar C.3 Dimensi konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$\begin{aligned} H_k &= \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n = \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \\ &= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times 1,5 D_{\text{shell}} \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times \frac{D_{\text{shell}}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45} \\ &= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$\begin{aligned} 439,74 \text{ ft}^3 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,8333^3) \end{aligned}$$

$$D_{\text{shell}} = 6,74 \text{ ft} \approx 2,06 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 6,74 \text{ ft} = 10,12 \text{ ft} \approx 3,08 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{konis}} &= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \\ &= \frac{6,74 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45} \\ &= 2,96 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{nozzle}} &= \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \\ &= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45} \\ &= 0,42 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{tangki total}} &= H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}} \\ &= 10,12 \text{ ft} + 2,96 \text{ ft} \\ &= 13,07 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 \\ &= 1,1775 \times (6,74 \text{ ft})^3 \\ &= 361,16 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 0,1308 \times ((6,74 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3) \\ &= 40,04 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \sqrt{\left(\frac{Dn}{2}\right)^2 + Hn^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2} \\
 &= 0,18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\left(\frac{D_{shell}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{2,06}{2}\right)^2 + (0,90 + 0,13)^2} \\
 &= 1,45 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= s - a \\
 &= (1,45 - 0,18) \text{ m} \\
 &= 1,27 \text{ m}
 \end{aligned}$$

H liquid dalam *shell* dicari dengan persamaan :

Volume *liquid* = volume *shell* + volume *konis*

$$351,79 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume konis}$$

$$351,79 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (6,74 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 40,04 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 8,73 \text{ ft}$$

$$H_{liquid \text{ total}} = H_{liquid \text{ dlm shell}} + H_{konis}$$

$$= (8,73 + 2,96) \text{ ft}$$

$$= 11,69 \text{ ft}$$

3. Tebal Shell dan Konis

➤ Shell

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [12]$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{53,9395 \times 8,73}{144} \right) = 3,27 \frac{lb}{in^2} \approx 3,27 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (3,27 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 17,97 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 17,97 \text{ Psia}$$

$$= 21,57 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{21,57 \text{ psi} \times 6,7438 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 21,57 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,19 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

➤ **Konis**

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2}$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{53,9395 \times 11,69}{144} \right) = 4,38 \frac{lb}{in^2} \approx 4,38 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (4,38 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 19,08 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 19,08 \text{ Psia}$$

$$= 22,89 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{22,89 \text{ psi} \times 6,7438 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 22,89 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,22 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

8.2 Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *double Helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah

- Kecepatan agitator (N) adalah 40 rpm
- Rasio geometri pengaduk : [79 , 10]

$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95$	$W = \frac{Da}{6}$	$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05$	$Di = \frac{Da}{3}$
-------------------------------	--------------------	------------------------------	---------------------

Dimana : D_{shell} = Diameter tangki

Da = Diameter impeller luar

Di = Diameter impeller dalam

W = Lebar impeller

C = Jarak impeller dari dasar tangki

h = Tinggi impeller

H = Tinggi liquid

$$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95 \rightarrow Da = 0,95 \times 2,06 \text{ m}$$

$$Da = 1,95 \text{ m}$$

$$W = \frac{Da}{6} \rightarrow W = \frac{1,95 \text{ m}}{6}$$

$$W = 0,33 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \rightarrow C = 0,05 \times 2,06 \text{ m}$$

$$C = 0,10 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \rightarrow Di = \frac{1,95 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,65 \text{ m}$$

$$\rho = 864 \frac{kg}{m^3}$$

$$\mu = 50000 \text{ cP} = 50 \frac{kg}{m.s} \quad [80]$$

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

$$N_{Re} = \frac{(1,95 \text{ m})^2 \times \left[\frac{40}{60} \right] \text{ rps} \times 864 \frac{kg}{m^3}}{50 \frac{kg}{m.s}}$$

$$= 43,93$$

Harga N_p dapat dicari dari figure 9.14 [26] dengan cara :

$N_{Re} = 43,93$ Vs Helical ribbon, sehingga didapatkan nilai $N_p = 1,3$

Power untuk pengaduk :

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

$$= 1,3 \times 864 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{40}{60} \right)^3 \text{ rps} \times (1,95 \text{ m})^5$$

$$= 9450,10 \frac{kg.m^2}{s^3} \approx 9450,10 \text{ W}$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\text{Power sesungguhnya} = \frac{100}{80} \times 9450,1 \text{ W}$$

$$= 11812,62 \text{ W} \approx 11,81 \text{ KW} \approx 15,84 \text{ Hp}$$

8.3 Perhitungan Jacket Pendingin :

Ditetapkan :

- air yang digunakan untuk pendingin pada suhu 30°C
- Nilai R_d ditetapkan 0,001 [11]
- Tinggi jaket pendingin $\approx$ tinggi liquid

Data bahan yang masuk mixer :

$$C_p \text{ Cokelat mass} = 8,5988 \frac{Kj}{Kg.^{\circ}K} \quad [21]$$

$$\text{Data } k \text{ untuk cokelat mass} = 0,47 \frac{W}{m.^{\circ}K} \quad [81]$$

Properties fluida panas (pasta) menggunakan pengaduk :

Nilai h dapat dihitung menggunakan :

$$\frac{h \cdot D_{shell}}{k} = a \left(\frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^b \times \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad [10]$$

dimana : h = koefisien perpindahan panas konveksi, $\frac{W}{m^2.^{\circ}K}$

k = konduktivitas thermal, $\frac{W}{m.^{\circ}K}$

c_p = kapasitas panas, $\frac{Kj}{kg.^{\circ}K}$

μ = viskositas fluida, $\frac{kg}{m.s}$

$$\mu_w = \text{viskositas fluida pada suhu } T_w, \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$$

$$D_{\text{shell}} = \text{diameter tangki, m}$$

Untuk pengaduk helical-ribbon dengan Nre 8 s/d 10^5 , koefisien transfer panas :

[10]

a	b	m
0,633	1/2	0,18

$$\frac{h \cdot 2,1 \text{ m}}{0,47 \frac{W}{m^{\circ}K}} = 0,633 \left(\frac{(1,95 \text{ m})^2 \cdot 0,6667 \text{ rps} \cdot 864 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{50 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}} \right)^{1/2} \times \left(\frac{8,5988 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}K} \cdot 50 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \cdot 1000 \frac{\text{J}}{\text{Kj}}}{0,47 \frac{W}{m^{\circ}K}} \right)^{1/3} x (1)^{0,18}$$

Asumsi $\rightarrow \mu_w \approx \mu$ coklat pada suhu $60^{\circ}\text{C} = 50 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$

$$h = 93,12 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K}$$

Properties fluida dingin (air) menggunakan pengaduk :

$$h_{oi(\text{air})} = 1155 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F} \approx 6558,44 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K} \quad [11]$$

$$U_c = \frac{h x h_{oi}}{h + h_{oi}}$$

$$= \frac{93,1225 \times 6558,44}{93,1225 + 6558,44}$$

$$= 91,82 \frac{W}{m^2 \cdot ^{\circ}K}$$

$$R_d = 0,001 \quad [11]$$

$$\begin{aligned} h_d &= \frac{1}{R_d} \\ &= \frac{1}{0,001} \\ &= 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \\ &= \frac{91,82 \times 1000}{91,82 + 1000} \\ &= 84,10 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \end{aligned}$$

Luas permukaan jaket sebagai berikut :

$$\ln \left(\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1} \right) = \frac{U_D \times A \times \theta}{M \times C_p} \quad [11]$$

dimana : T_1 = suhu masuk bahan, $^\circ K$

T_2 = suhu keluar bahan, $^\circ K$

U_D = overall heat transfer coefficient, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$

A = luas permukaan jaket, m^2

θ = waktu tinggal, detik

M = massa bahan selama waktu θ , kg

$$C_p = \text{kapasitas panas bahan, } \frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K}$$

$$\ln \left(\frac{383^\circ K - 303^\circ K}{363^\circ K - 303^\circ K} \right) = \frac{84,1 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \times A \times 3600 s}{8606,92 kg \times 8,5988 \frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K} \times \frac{1000 j}{Kj}}$$

$$A = 1,40 m^2$$

Jaket spacing (Js) dihitung dengan cara:

$$A = \pi D_s H_{liq \text{ dlm shell}} + \pi D_s b$$

$$1,40 m^2 = 3,14 \times D_s \times 2,66 m + 3,14 \times D_s \times 1,27$$

$$D_s = 0,11 m \text{ (dimana } D_s = D_{jaket} - OD_{shell})$$

$$D_{jaket} = 0,11 m + 2,07 m$$

$$= 2,18 m$$

$$D_{jaket} = OD_{shell} + 2 Js$$

$$2,18 m = 2,07 m + 2 Js$$

$$Js = 0,06 m$$

SPESIFIKASI:

- Nama = Tangki *cocoa mass*
- Fungsi = untuk menampung *cocoa mass*
- Bahan konstruksi = *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Diameter = 6,74 ft
- Tinggi *shell* = 10,12 ft

- Tinggi konis = 2,96 ft
- Tinggi tangki total = 13,07 ft
- Tebal *shell* = $\frac{1}{4}$ in
- Tebal *bottom* = $\frac{1}{4}$ in
- Pengaduk = Jenis : Helical-Ribbon
Diameter : 1,95 m
Power : 15,84 hp
Jumlah pengaduk : 1 buah
- Jaket pemanas = Luas permukaan : 1,40 m²
Tinggi jaket pemanas : 3,56 m
Jaket spacing : 0,06 m
- Jumlah tangki = 1 buah

8.4 POMPA (L-212)

Fungsi = Memompa *cocoa mass* menuju ke tangki *mixing* dan *pressing*

Tipe = *Positive displacement pump (Rotary Pump)*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida
Berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [Geankoplis, 3rd, ed]

- Efisiensi motor = 80% [Timmerhaus, 5th ed]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 8.606,92 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 20 menit

$$\text{Laju alir media} = \frac{8.606,92 \text{ kg}}{1.200 \text{ detik}} = 7,1724 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$$

$$= \frac{7,1724 \text{ kg/s}}{864 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 8,301 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Diasumsi Aliran Laminer

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 0,363 \times (8,301 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (864)^{0,13} \\ &= 0,1012 \text{ m} = 3,9850 \text{ in} \end{aligned}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 4 in sch 40, dengan :

- ID = 102,3 mm
- OD = 114,3 mm
- A = 82,19 × 10⁻⁴ m²

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{8,301 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{82,19 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,01 \text{ m/s}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 4 in sch 40, dengan :

- ID = 102,3 mm
- OD = 114,3 mm
- $A = 82,19 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_2 \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{6,674 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{82,19 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,7877 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{864 \text{ kg/m}^3 \times 0,1023 \text{ m} \times 0,7877 \text{ m/s}}{50 \text{ kg/m.s}} \\ = 1,3924 \text{ (laminar)}$$

2. 22% menuju ke mixing

Debit yang dibutuhkan = $1,827 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{ID Opt} = 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \mu^{0,13} = 0,363 \times (1,827 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (998)^{0,13} \\ = 0,0512 \text{ m} = 2,0165 \text{ in}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 2 1/2 in sch 40, dengan :

- ID = 62,71 mm
- OD = 73,03 mm
- $A = 30,89 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_3 \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{1,827 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{30,89 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,5915 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{864 \text{ kg/m}^3 \times 0,0627 \text{ m} \times 0,5915 \text{ m/s}}{50 \text{ kg/m.s}} = 0,6409 \text{ (laminar)}$$

Energy Balance

$$\frac{P_1}{\rho} - \frac{V_1^2}{2\alpha} + g.z1 - \sum F_{(1-4)} - Ws = \frac{P_2}{\rho} + g.z2 + \sum F_{(5-2)} = \frac{P_3}{\rho} - \frac{V_3}{2\alpha} + g.z3 + \sum F_{(6-3)}$$

Perhitungan $\sum F$ (1-4)

- 1 Sudden contraction tangki cocoa mass dan pipa

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$\begin{aligned} hc &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v1^2}{2\alpha} \\ &= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,01 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.5} \\ &= 0,5610 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

- 2 Friksi pada pipa lurus 2 in

$$\begin{aligned} \Delta L &= (1 + 0,5) \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{1,7854} = 8,96$$

$$\begin{aligned} Ff &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v1^2}{2\alpha} \\ &= 4 \times 8,96 \times \frac{1,5 \text{ m}}{0,1023 \text{ m}} \times \frac{(1,01 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5} \\ &= 536,1517 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

3. Elbow 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,75 \times \frac{(1,01 \text{ m/s})^2}{2} \\ &= 0,3825 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

4. Friksi untuk Gate Valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,17 \times \frac{(1,01 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 2 \\ &= 0,1734 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F (1-4) &= (0,5610 + 536,1517 + 0,3825 + 0,1734) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 539,3495 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan ΣF (5-2)

1. Friksi pada pipa lurus 1,5 in

$$\Delta L = (2,7 + 0,5 + 1,8) \text{ m}$$

$$= 5 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{1,3924} = 11,49$$

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \\ &= 4 \times 11,49 \times \frac{5 \text{ m}}{0,1023 \text{ m}} \times \frac{(0,7877 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5} \\ &= 1393,8264 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

- 2 3 buah Elbow 90°

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= K_f \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,75 \times \frac{(0,7877 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 3 \\ &= 0,6980 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

- 3 Friksi untuk Gate Valve

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned}
 hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \\
 &= 0,17 \times \frac{(0,7877 \text{ m/s})^2}{2} \\
 &= 0,0527 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma F (5-2) &= (1393,8264 + 29,06650,6980 + 0,0527) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\
 &= 1394,5771 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

Energy Balance:

$$\frac{P_1}{\rho} - \frac{V_1^2}{2\alpha} + g.z_1 - \Sigma F_{(1-4)} - W_s = \frac{P_2}{\rho} + g.z_2 + \Sigma F_{(5-2)}$$

$$\frac{10.132 \text{ kg}/\text{m.s}^2}{864 \text{ kg}/\text{m}^3} - \frac{(1,01)^2}{2 \cdot 0.5} + (9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 5,05 \text{ m}) - 539,3495 \text{ m}^2/\text{s}^2 - W_{s1} =$$

$$\frac{10.132 \text{ kg}/\text{m.s}^2}{864 \text{ kg}/\text{m}^3} + (9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 1,3 \text{ m}) + 1394,5771 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Total } W_s \text{ pompa yang dibutuhkan} = -1898,1967 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{brake kW} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{1.898,1967 \frac{J}{kg} \times 8,301.10^{-3} \frac{m^3}{s} \times 864 \frac{kg}{m^3}}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 20,94 \text{ kW}$$

$$\approx 28,08 \text{ Hp}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{100}{80} \times 28,08 \text{ Hp}$$

$$= 35,1 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: Memompa cocoa mass menuju ke tangki mixing dan pressing
Tipe	: Rotary pump
Laju aliran pompa	: $8,301.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 4 in. sch.40 ; 4 in. Sch 40 ; 4 in.sch 40
Panjang pipa total	: 17,22 m
Fitting	: 7 buah <i>elbow</i> 90°, 3 buah <i>gate valve</i> dan 1 <i>tee</i>
ΔP	: 0 kPa
Power motor	: 35,1 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

9. SCREW PRESS (H-210)

9.1 SCREW PRESS

Fungsi = Untuk memisahkan *cocoa buter* dari biji coklat

Tipe = *horizontal shaft screw press*

Dasar pemilihan = Biaya *maintance* murah, prosesnya dilakukan secara kontinu dan memenuhi tekanan yang dibutuhkan

Dari [8] didapatkan data :

- Diameter screw = 0,3 m
- Panjang Screw = 3 m
- Kapasitas maximum = 180.000 kg/hr

Ditetapkan :

Waktu proses = 0,5 jam

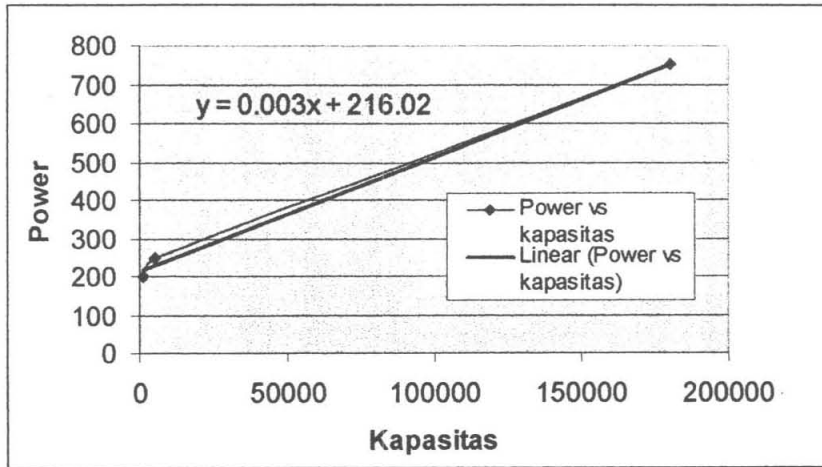
Kapasitas = 6.713,40 kg/batch
= 13,426 ton/jam

Perencanaan Power Screw Press

Dari [8] didapatkan hubungan power yang digunakan dengan kapasitas sebagai berikut :

Kapasitas(kg/jam)	Power (hp)
900	200
5000	250
180.000	750

Dengan mengasumsikan bahwa power vs kapasitas adalah linear maka didapatkan grafik sebagai berikut :



Tabel C.1 Kapasitas Vs Power *screw press*

Power yang dibutuhkan untuk kapasitas 13.426 kg/jam adalah

$$\begin{aligned}
 y &= 0,003x + 216 \\
 &= 0,003(13.426) + 216 \\
 &= 256,28 \text{ hp} = 257 \text{ hp}
 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI

- Tipe = *horizontal shaft screw press*
- Diameter screw = 0,3 m
- Panjang Screw = 5m
- Kapasitas = 13.426 kg/hr
- Power = 257 hp

9.2 POMPA (L-224)

Fungsi = Memompa *cocoa butter* dari *pressing* menuju ke tangki *cocoa butter*

Tipe = *Positive displacement pump (Rotary Pump)*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida Berupa pasta dengan viskositas tinggi [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [Geankoplis, 3rd, ed]

- Efisiensi motor = 80% [Timmerhaus, 5th ed]

T operasi = 30 °C

Massa bahan yang ditangani = 3.409,4055 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

Laju alir media = $\frac{3.409,4055 \text{ kg}}{1.800 \text{ det ik}} = 1,8941 \text{ kg / s}$

Debit = $\frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$

$$= \frac{1,8941 \text{ kg / s}}{998 \text{ kg / m}^3}$$

$$= 1,897 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 0,363 \times (1,897 \cdot 10^{-3})^{0,4} \times (998)^{0,13} \\ &= 0,07261 \text{ m} = 72,61 \text{ mm} \end{aligned}$$

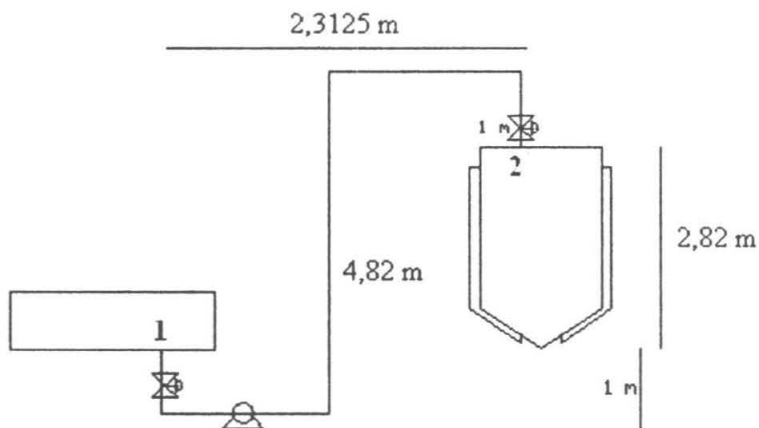
Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 3 in sch 40, dengan :

- ID = 77,92 mm
- OD = 88,99 mm
- $A = 47,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{1,897 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{47,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,3955 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{998 \text{ kg/m}^3 \times 77,92 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 0,3955 \text{ m/s}}{10 \text{ kg/m.s}} = 3,075 \text{ (laminar)}$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$



Gambar C.5 Pompa cocoa butter dari pressing menuju tangki cocoa butter

Perhitungan $\sum F$

1. Sudden contractrion :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha}$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,3955 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.5}$$

$$= 0,0860 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

2 Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (1 + 2,3125 + 4,82 + 1) \text{ m}$$

$$= 9,1325 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{3,075} = 5,203$$

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

$$= 4 \times 5,203 \times \frac{9,1325 \text{ m}}{77,92 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \times \frac{(0,3955 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5}$$

$$= 381,565 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

3 Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$h_{\text{ex}} = \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$= \frac{\left(0,3955 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 0.5}$$

$$= 0,1564 \frac{m^2}{s^2}$$

4 Friksi untuk 4 elbow 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2}$$

$$= 0,75 \times \frac{\left(0,3955 \frac{m}{s}\right)^2}{2}$$

$$= 0,0586 \frac{m^2}{s^2}$$

Digunakan 4 elbow 90°

$$hf = 4 \times 0,0586 \frac{m^2}{s^2}$$

$$= 0,2346 \frac{m^2}{s^2}$$

5. Friksi untuk 2 Gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \cdot 2$$

$$= 0,17 \times \frac{(0,3955 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 2$$

$$= 0,02659 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,0860 + 381,565 + 0,1564 + 0,2346 + 0,02659)$$

$$= 382,0685 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energy Balance :

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

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((0,3955 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (3,82 \text{ m} - 1 \text{ m}) +$$

$$\frac{101325 \text{ kg/m.s}^2 - 101325 \text{ kg/m.s}^2}{1176,35 \text{ kg/m}^3} + 382,0685 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = - 409,8609 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= - 409,8609 \text{ J/kg}$$

$$\text{brake kW} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{409,8609 \text{ J/kg} \times 1,8941 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 998 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 1,191 \text{ J/s}$$

$$\approx 1,59 \text{ Hp}$$

$$\text{Power actual} = \frac{1,59}{0,8} = 1,9980 = 2 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: mengalirkan <i>cocoa butter</i> dari <i>pressing</i> menuju ke tangki <i>cocoa butter</i>
Tipe	: Rotary pump
Laju aliran pompa	: $1,88941 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 3 in. Sch.80
Panjang pipa total	: 9,1325 m
<i>Fitting</i>	: 4 buah <i>elbow</i> 90° dan 2 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
<i>Power motor</i>	: 2 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

10. SCREW CONVEYOR (J-213)

Fungsi : Mengangkut *cocoa cake* menuju ke *pulverizing mill*
 Tipe : *Screw conveyor* yang dilengkapi dengan *hooper*
 Dasar Pemilihan : cocok untuk mengangkut material yang bersifat *stiky*

Data :

Kebutuhan per batch : 3.303,9 kg/ batch

Ditetapkan:

Waktu transportasi : 30 menit

Panjang *screw* (L) : 2 meter = 6,5616 ft

Tinggi elevasi (T) : 0 ft

Densitas *cocoa cake* = $825 \text{ kg/m}^3 = 51,503 \text{ lb/ft}^3$ [18]

Perhitungan

$$\text{Kapasitas} = \frac{3,3039 \text{ ton}}{0,5 \text{ jam}} = 6,6078 \text{ ton/jam}$$

$$\text{Rate volumerik } (\bar{v}) = \frac{6,6078 \text{ ton/jam} \cdot 2000}{51,503 \text{ lb/ft}^3} = 256,5986 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

Dari [8] tabel 21-6 didapatkan sebagai berikut

- Kapasitas = 10 ton/jam
- Diameter pipa *screw* = 2,5 in
- *Shaft* diameter = 2 in
- Kecepatan (ω) = 55 rpm

- *Feed section diameter* = 9 in

Power motor yang dibutuhkan:

$$\dot{P} = \frac{[s.(\omega) + F(\bar{v}).(\rho)].L + 0,51(T)(30.000)}{10^6} \quad [14]$$

Harga F = 1 didapatkan dari [14] tabel 5.4(b) dan harga s = 96 didapatkan dari tabel 5.4(c)

$$\begin{aligned} \dot{P} &= \frac{[96.(55) + 1(256,5986).(51,503)].6,5616 + 0,51(0)(30.000)}{10^6} \\ &= 0,121 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi motor 80 % [22]

$$\text{Power motor} = \frac{0,121 \text{ hp}}{0,8} = 0,1517 \text{ hp} = 0,25 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *Screw Conveyor*
- Waktu transportasi = 30 menit
- Panjang *screw* (L) = 6,5616 ft
- Tinggi elevasi (T) = 0 ft
- Kapasitas = 10 ton/jam
- Diameter pipa *screw* = 2,5 in
- *Shaft diameter* = 2 in
- Kecepatan (ω) = 55 rpm
- *Feed section diameter* = 9 in

- Power motor = 0,25 hp

11. TANGKI *COCOA BUTTER* (F-221)

Fungsi : untuk menampung *cocoa butter*

Tipe : silinder vertikal berpengaduk dengan tutup bawah konis.

Dasar pemilihan : cocok untuk menampung *cocoa butter*

11.1 Perhitungan Dimensi Tangki

Suhu masuk = 90°C

Suhu keluar = 50°C

1. Volume Tangki

$$\blacksquare \text{ Cocoa butter} = 3409,41 \text{ kg} \rightarrow \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \quad [10]$$

Volume *cocoa butter* :

$$\blacksquare \text{ Cocoa butter} = 3409,41 \text{ kg} \times \frac{m^3}{864 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 120,64 \text{ ft}^3$$

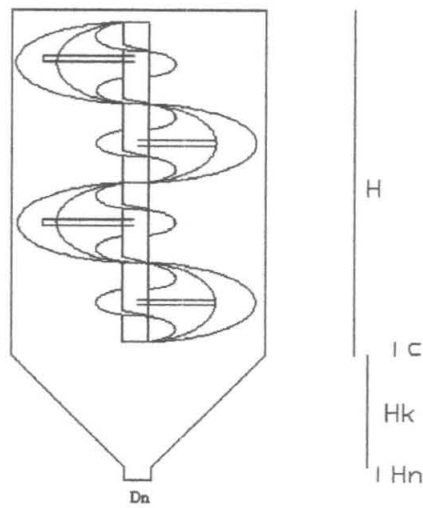
$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 120,64 \text{ ft}^3 \\ &= 150,80 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *mixer* adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- *Allowable stress value (f)* dari SA-240 adalah 17105 lb/in² ≈ Psia [12]
- *Corrosion allowance* © adalah 3 mm
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]

- $H_{shell} / D_{shell} = 1,5 / 1$ [5]
- sudut konis = 90°
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (D_n) = 10 inc $\approx 0,25$ m [12]

Gambar C.6 Dimensi tangki *cocoa butter*

Keterangan:

D_{shell} = diameter shell

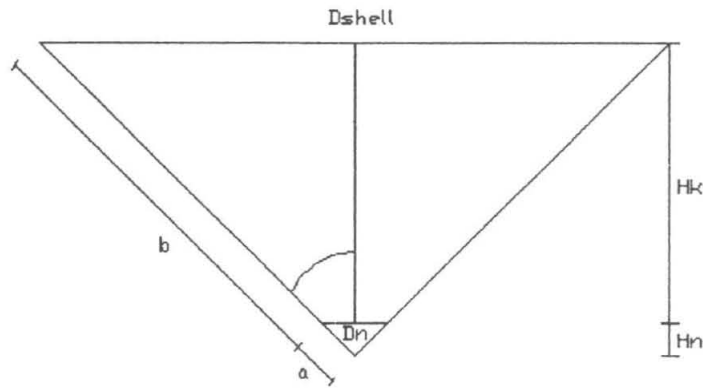
H = tinggi shell

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi nozzle

Hl = tinggi liquid

Dn = diameter nozzle



Gambar C.7 Dimensi konis

$$Hn = \frac{Dn}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$Hk = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - Hn = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - \frac{Dn}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$= \frac{D_{shell} - Dn}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times 1,5 D_{shell} \\ &= 1,1775 D_{shell}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times Hk - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times Dn^2 \times Hn \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times \frac{D_{shell} - Dn}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times Dn^2 \times \frac{Dn}{2 \tan 45} \\ &= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{shell}^3 - Dn^3) \\ &= 0,1308 (D_{shell}^3 - Dn^3) \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$\begin{aligned} 150,8 \text{ ft}^3 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,83^3) \end{aligned}$$

$$D_{\text{shell}} = 4,72 \text{ ft} \approx 1,44 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 4,72 \text{ ft} = 7,08 \text{ ft} \approx 2,16 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{konis}} &= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} \\ &= \frac{4,72 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45} \\ &= 1,94 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{nozzle}} &= \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} \\ &= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45} \\ &= 0,42 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{tangki total}} &= H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}} \\ &= 7,08 \text{ ft} + 1,94 \text{ ft} \\ &= 9,03 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 \\ &= 1,1775 \times (4,72 \text{ ft})^3 \\ &= 123,93 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume konis} &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - Dn^3) \\
 &= 0,1308 \times ((4,72 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3) \\
 &= 13,69 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \sqrt{\left(\frac{Dn}{2}\right)^2 + Hn^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2} \\
 &= 0,18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\left(\frac{D_{\text{shell}}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{1,44}{2}\right)^2 + (0,59 + 0,13)^2} \\
 &= 1,02 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= s - a \\
 &= (1,02 - 0,18) \text{ m} \\
 &= 0,84 \text{ m}
 \end{aligned}$$

H liquid dalam shell dicari dengan persamaan :

Volume liquid = volume shell + volume konis

$$120,64 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_{\text{liquid}} + \text{volume konis}$$

$$120,64 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (4,72 \text{ ft})^2 \times H_{\text{liquid}} + 13,69 \text{ ft}^3$$

$$H_{\text{liquid}} = 6,11 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{liquid total}} &= H_{\text{liquid dlm shell}} + H_{\text{konis}} \\ &= (6,11 + 1,94) \text{ ft} \\ &= 8,06 \text{ ft} \end{aligned}$$

3. Tebal Shell dan Konis

➤ Shell

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [12]$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{62,31 \times 6,11}{144} \right) = 2,64 \frac{lb}{in^2} \approx 2,64 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{operasi}} &= P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \\ &= (2,64 + 14,7) \text{ Psia} \\ &= 17,34 \text{ Psia} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= 1,2 \times P_{\text{operasi}} \\ &= 1,2 \times 17,34 \text{ Psia} \\ &= 20,81 \text{ Psia} \end{aligned}$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$\begin{aligned}
 t_{\text{shell}} &= \frac{20,81 \text{ psi} \times 4,72 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((17105 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,81 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right) \\
 &= 0,17 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ inc}
 \end{aligned} \tag{12}$$

➤ **Konis**

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{62,31 \times 8,06}{144} \right) = 3,49 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 3,49 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (3,49 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 18,19 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 18,19 \text{ Psia}$$

$$= 21,82 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \tag{12}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{21,82 \text{ psi} \times 4,72 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45((17105 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 21,82 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,18 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ inc} \tag{12}$$

11.2 Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *double Helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah
- Kecepatan agitator (N) adalah 40 rpm
- Rasio geometri pengaduk : [79 , 10]

$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95$	$W = \frac{Da}{6}$	$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05$	$Di = \frac{Da}{3}$
-------------------------------	--------------------	------------------------------	---------------------

Dimana : D_{shell} = Diameter tangki

Da = Diameter impeller luar

Di = Diameter impeller dalam

W = Lebar impeller

C = Jarak impeller dari dasar tangki

h = Tinggi impeller

H = Tinggi liquid

$$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95 \rightarrow Da = 0,95 \times 1,44 \text{ m}$$

$$Da = 1,37 \text{ m}$$

$$W = \frac{Da}{6} \rightarrow W = \frac{1,37 \text{ m}}{6}$$

$$W = 0,23 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \rightarrow C = 0,05 \times 1,44 \text{ m}$$

$$C = 0,07 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \rightarrow Di = \frac{1,37 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,46 \text{ m}$$

$$\rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 10000 \text{ cP} = 10 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad [80]$$

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

$$N_{Re} = \frac{(1,37 \text{ m})^2 \times \left[\frac{40}{60} \right] \text{ rps} \times 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{10 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}}$$

$$= 124,36$$

Harga N_p dapat dicari dari figure 9.14 [26] dengan cara :

$N_{Re} = 124,36$ Vs Helical ribbon, sehingga didapatkan nilai $N_p = 0,5$

Power untuk pengaduk :

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

$$= 0,5 \times 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{40}{60} \right)^3 \text{ rps} \times (1,37 \text{ m})^5$$

$$= 706,16 \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3} \approx 706,16 \text{ W}$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\begin{aligned}\text{Power sesungguhnya} &= \frac{100}{80} \times 706,16 \text{ W} \\ &= 882,70 \text{ W} \approx 0,88 \text{ KW} \approx 1,18 \text{ Hp}\end{aligned}$$

11.3 Perhitungan Jaket Pendingin :

Ditetapkan :

- air yang digunakan untuk pendingin pada suhu 30°C
- Nilai R_d ditetapkan 0,001 [11]
- Tinggi jaket pendingin $\approx$ tinggi liquid

Data bahan yang masuk mixer :

$$C_p \text{ Cocoa butter} = 0,53 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot ^\circ \text{K}} \quad [77]$$

$$\text{Data k untuk cocoa butter} = 0,197 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{K}} \quad [10]$$

Properties fluida panas (pasta) menggunakan pengaduk :

Nilai h dapat dihitung menggunakan :

$$\frac{h \cdot D_{shell}}{k} = a \left(\frac{Da^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^b \times \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad [10]$$

dimana : h = koefisien perpindahan panas konveksi, $\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ \text{K}}$

k = konduktivitas thermal, $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ \text{K}}$

$$c_p = \text{kapasitas panas, } \frac{Kj}{kg.^{\circ}K}$$

$$\mu = \text{viskositas fluida, } \frac{kg}{m.s}$$

$$\mu_w = \text{viskositas fluida pada suhu } T_w, \frac{kg}{m.s}$$

$$D_{\text{shell}} = \text{diameter tangki, m}$$

Untuk pengaduk helical-ribbon dengan Nre 8 s/d 10^5 , koefisien transfer panas :

[10]

a	b	m
0,633	$\frac{1}{2}$	0,18

$$\frac{h \cdot 1,44m}{0,197 \frac{W}{m.^{\circ}K}} = 0,633 \left(\frac{(1,37m)^2 \cdot 0,6667rps \cdot 998 \frac{kg}{m^3}}{10 \frac{kg}{m.s}} \right)^{1/2} \times \left(\frac{0,53 \frac{KJ}{Kg.^{\circ}K} \cdot 10 \frac{kg}{m.s} \cdot 1000 \frac{J}{Kj}}{0,197 \frac{W}{m.^{\circ}K}} \right)^{1/3} x (1)^{0,18}$$

$$\text{Asumsi} \rightarrow \mu_w \approx \mu \text{ cokelat pada suhu } 50^{\circ}C = 10 \frac{kg}{m.s}$$

$$h = 28,95 \frac{W}{m^2.^{\circ}K}$$

Properties fluida dingin (air) menggunakan pengaduk :

$$h_{oi(air)} = 1155 \text{ btu}/\text{batch.ft}^2.^{\circ}F \approx 6558,44 \frac{W}{m^2.^{\circ}K} \quad [11]$$

$$\begin{aligned}
 U_c &= \frac{h \times h_{oi}}{h + h_{oi}} \\
 &= \frac{28,95 \times 6558,44}{28,95 + 6558,44} \\
 &= 28,83 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}
 \end{aligned}$$

$$R_d = 0,001 \text{ (kern p.845)}$$

$$\begin{aligned}
 h_d &= \frac{1}{R_d} \\
 &= \frac{1}{0,001} \\
 &= 1000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_d &= \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \\
 &= \frac{28,83 \times 1000}{28,83 + 1000} \\
 &= 28,02 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}
 \end{aligned}$$

Luas permukaan jaket sebagai berikut :

$$\ln \left(\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1} \right) = \frac{U_D \times A \times \theta}{M \times C_p} \quad [11]$$

dimana : T_1 = suhu masuk bahan, $^\circ K$

T_2 = suhu keluar bahan, $^\circ K$

U_D = overall heat transfer coefficient, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$

A = luas permukaan jaket, m²

θ = waktu tinggal, detik

M = massa bahan selama waktu θ, kg

Cp = kapasitas panas bahan, $\frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K}$

$$\ln \left(\frac{363^\circ K - 303^\circ K}{323^\circ K - 303^\circ K} \right) = \frac{28,02 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \times A \times 1800 s}{3409,41 kg \times 0,53 \frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K} \times \frac{1000 j}{Kj}}$$

$$A = 3,93 m^2$$

Jaket spacing (Js) dihitung dengan cara:

$$A = \pi D_s H_{liq \text{ dlm shell}} + \pi D_s b$$

$$3,93 m^2 = 3,14 \times D_s \times 1,86 m + 3,14 \times D_s \times 0,84 m$$

$$D_s = 0,46 m \text{ (dimana } D_s = D_{jaket} - OD_{shell})$$

$$D_{jaket} = 0,46 m + 1,45 m$$

$$= 1,91 m$$

$$D_{jaket} = OD_{shell} + 2 J_s$$

$$1,91 m = 1,45 m + 2 J_s$$

$$J_s = 0,23 m$$

SPESIFIKASI :

- Nama = tangki *cocoa butter*
- Fungsi = untuk menampung *cocoa butter*
- Bahan konstruksi = *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Diameter = 4,72 ft
- Tinggi *shell* = 7,08 ft
- Tinggi konis = 1,94 ft
- Tinggi tangki total = 9,03 ft
- Tebal *shell* = $\frac{3}{16}$ in
- Tebal *bottom* = $\frac{3}{16}$ in
- Pengaduk = Jenis : Helical-Ribbon
Diameter : 1,37 m
Power : 1,18 Hp
Jumlah pengaduk : 1 buah
- Jaket pemanas = Luas permukaan : 3,93 m²
Tinggi jaket pemanas : 2,46 m
Jaket spacing : 0,23 m
- Jumlah tangki = 1 buah

11.4 POMPA (L-225)

Fungsi	= Memompa cocoa butter menuju ke tangki mixing
Tipe	= <i>Positive displacement pump (Rotary Pump)</i>
Dasar Pemilihan	= Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 3409,4055 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

$$\text{Laju alir media} = \frac{3.409,4055 \text{ kg}}{1800 \text{ detik}} = 1,8941 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$$

$$= \frac{1,8941 \text{ kg/s}}{998 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 1,897 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 0,363 \times (1,897 \cdot 10^{-3})^{0,4} \times (998)^{0,13} \\ &= 0,07261 \text{ m} = 72,61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 3 in *sch* 40, dengan :

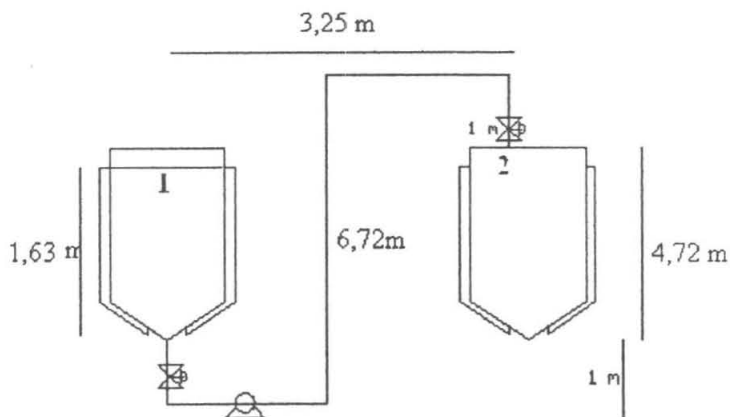
- ID = 77,92 mm

- OD = 88,99 mm
- $A = 47,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{1,897 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{47,96 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,3955 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{998 \text{ kg/m}^3 \times 77,92 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 0,3955 \text{ m/s}}{10 \text{ kg/m.s}} = 3,075 \text{ (laminar)}$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = \frac{1}{2}$



Gambar C.8 Pompa *Cocoa butter* menuju tangki *mixing*

Perhitungan $\sum F$

1 *Sudden contractrion* :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha}$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,3955 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.5}$$

$$= 0,0860 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

2 Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (1 + 6,72 + 3,25 + 1) \text{ m}$$

$$= 11,97 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{3,075} = 4,3184$$

$$Ff = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha}$$

$$= 4 \times 4,3184 \times \frac{11,97 \text{ m}}{77,92 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \times \frac{(0,3955 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5}$$

$$= 415,078 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

3 Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$h_{\text{ex}} = \frac{v^2}{2 \alpha}$$

$$= \frac{\left(0,3955 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 0.5}$$

$$= 46,1856 \frac{m^2}{s^2}$$

4 Friksi untuk 4 elbow 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2}$$

$$= 0,75 \times \frac{\left(0,3955 \frac{m}{s}\right)^2}{2}$$

$$= 0,05865 \frac{m^2}{s^2}$$

Digunakan 4 elbow 90°

$$hf = 4 \times 0,05865 \frac{m^2}{s^2}$$

$$= 0,2346 \frac{m^2}{s^2}$$

5. Friksi untuk 2 Gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} . 2$$

$$= 0,17 \times \frac{(0,3955 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 2$$

$$= 0,02659 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,0860 + 415,078 + 0,1564 + 0,2346 + 0,02659)$$

$$= 415,58 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energy Balance :

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

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((0,3955 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (5,72 \text{ m} - 2,63 \text{ m}) +$$

$$\frac{101.325 \text{ kg/m.s}^2 - 101.325 \text{ kg/m.s}^2}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} + 415,58 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = -446,018 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= -446,018 \text{ J/kg}$$

$$\text{brake hp} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{446,018 \text{ J/kg} \times 1,8941 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 998 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 1,29 \frac{J}{s}$$

$$\approx 1,7394 \text{ Hp}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{1,7394}{0,8} = 2,17 = 2,5 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI

Nama	: Pompa
Fungsi	: Memompa <i>cocoa butter</i> menuju ke tangki <i>mixing</i>
Tipe	: <i>Rotary pump</i>
Laju aliran pompa	: $1,88941 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 3 in. sch.40
Panjang pipa total	: 11,97 m
<i>Fitting</i>	: 4 buah <i>elbow</i> 90° dan 2 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
<i>Power motor</i>	: 2,5 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

12. STORAGE SUSU SKIM (F-212)

Fungsi : Tempat penyimpanan susu skim

Tipe : *box single deck*

Dasar pemilihan : Sesuai untuk penyimpanan susu skim dan untuk mengatur laju alir susu skim

Data : 5.753,37 kg/batch

Perhitungan

Waktu penyimpanan = 2 batch

Kebutuhan susu skim = $2 \text{ batch} \times 5.753,37 \text{ kg / batch}$

= 11.506,74 kg

Densitas susu skim powder = 1.035 kg/m^3 [3]

Volume susu skim yang disimpan = $\frac{11.506,74 \text{ kg}}{1.035 \text{ kg/m}^3}$

= $11,1176 \text{ m}^3$

Di pasaran tinggi tiap deck silo yang ada adalah 1,35 m dengan ketinggian material maksimum adalah 1,25 m. Untuk lebar silo adalah 2,1 m.

$$\begin{aligned} \text{Panjang silo} &= \frac{11,1176 \text{ m}^3}{(1,25 \times 2,1) \text{ m}^2} \\ &= 4,23 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada bagian dasar silo terdapat belt conveyor yang berguna untuk mengangkut material keluar

Direncanakan waktu *discharge* per batch = 15 menit

$$\text{Kapasitas} = \frac{5,75337 \text{ kg}}{0,25 \text{ jam}} = 23,0134 \text{ ton/jam}$$

$$\text{hp belt conveyer} = \text{kapasitas} \times H \times 0,002 \times C \quad [9]$$

$$= 23,013 \text{ ton/jam} \times 4,23 \text{ m} \times 0,002 \times 1 = 0,19 \text{ hp}$$

Dimana :

H = Panjang belt, m

C = Faktor material [9]

Efisiensi motor = 80% [22]

$$\text{Power motor} = \frac{0,19}{0,8} = 0,2433 \text{ hp} = 0,25 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *Storage* susu skim
- Panjang silo = 4,23 m
- Lebar silo = 2,1 m
- Tinggi silo = 1,35 m
- Power = 0,25 Hp
- Bahan = stainless steel
- Jumlah = 1 buah

13. SCREW CONVEYOR (J-224)

Fungsi : Mengangkut susu *non fat* menuju ke tangki *mixer*

Tipe : *Screw conveyor* yang dilengkapi dengan *hooper*

Dasar Pemilihan : cocok untuk mengangkut material yang bersifat *dusty solid*, sudut inklinasi tak terbatas [5]

Data :

Kebutuhan per batch : 5.753,37 kg

Ditetapkan:

Waktu transportasi : 15 menit

Jarak angkut (D) : 2 meter = 6,5616 ft

Tinggi elevasi (T) : 15,24 ft (mengikuti tinggi tangki *mixer*)

Panjang *screw* (L) : $\sqrt{D^2 + T^2}$
 : $\sqrt{(6,5616)^2 + (15,24)^2}$
 : 17,423 ft

Densitas cocoa mass = $1.035 \text{ kg/m}^3 = 64,612 \text{ lb/ft}^3$

Perhitungan

Kapasitas = $\frac{5,7533 \text{ ton}}{0,25 \text{ jam}} = 23,013 \text{ ton/jam}$

Rate volumerik ($\bar{v}$) = $\frac{23,013 \text{ ton/jam} \cdot 2.000}{64,612 \text{ lb/ft}^3} = 712,344 \text{ ft}^3/\text{jam}$

Dari [8] tabel 21-6 didapatkan sebagai berikut

- Kapasitas = 25 ton/jam
- Diameter pipa *screw* = 3,5 in
- *Shaft* diameter = 3 in
- Kecepatan (ω) = 75 rpm
- *Feed section* diameter = 10 in

Power motor yang dibutuhkan:

$$\dot{P} = \frac{[s.(\omega) + F(\bar{v}).(\rho)].L + 0,51(T)(30.000)}{10^6} \quad [14]$$

Harga $F = 1$ didapatkan dari [Wallas,1990] tabel 5.4(b) dan harga $s = 114$ didapatkan dari tabel 5.4(c)

$$\begin{aligned} \dot{P} &= \frac{[114.(75) + 1(712,344).(64,612)].17,423 + 0,51(16,1412)(30.000)}{10^6} \\ &= 1,19 \text{ hp} \end{aligned}$$

Efisiensi motor 80 % [22]

$$\text{Power motor} = \frac{0,19 \text{ hp}}{0,8} = 1,497 \text{ hp} = 1,5 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *Screw Conveyor*
- Waktu transportasi = 15 menit
- Panjang *screw* (L) = 17,423 ft

- Tinggi elevasi (T) = 15,24 ft
- Kapasitas = 25 ton/jam
- Diameter pipa *screw* = 3,5 in
- *Shaft* diameter = 3 in
- Kecepatan (ω) = 75 rpm
- *Feed section* diameter = 10 in
- Power motor = 1,5 hP

14. TANGKI HFCS (F-223)

Fungsi : untuk menampung HFCS

Tipe : silinder vertikal dengan tutup bawah konis.

Dasar pemilihan : cocok untuk pencampuran *solid - liquid*

14.1 Perhitungan Dimensi Tangki

1. Volume Tangki

$$\blacksquare \text{ HFCS} = 7.244,99 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1.650 \text{ kg/m}^3 \quad [10]$$

Volume HFCS :

$$\blacksquare \text{ HFCS} = 7.244,99 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1.650 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 155,06 \text{ ft}^3$$

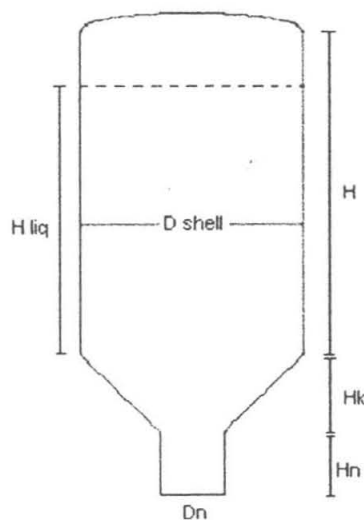
Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80% liquid)

$$= \frac{100}{80} \times 155,06 \text{ ft}^3 = 193,82 \text{ ft}^3$$

2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi tangki adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- *Allowable stress value* (f) dari SA-240 adalah $18750 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [12]
- *Corrosion allowance* (c) adalah 3 mm
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]
- $\frac{H_{\text{shell}}}{D_{\text{shell}}} = \frac{1,5}{1}$ [5]
- sudut konis = 90°
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (D_n) = 4 inc $\approx 0,1 \text{ m}$ [12]



Gambar C.9 Dimensi tangki HFCS

Keterangan:

D_{shell} = diameter shell

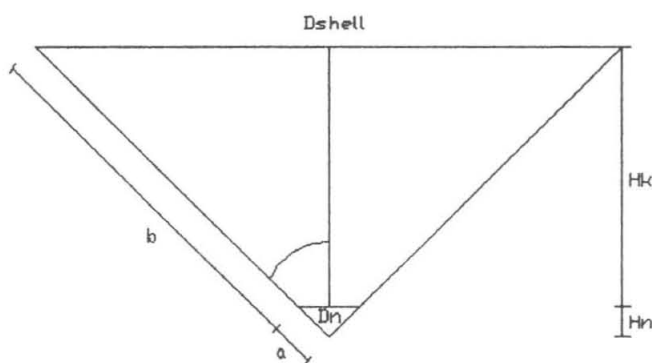
H = tinggi shell

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi nozzle

H_l = tinggi liquid

D_n = diameter nozzle



Gambar C.10 Dimensi konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$H_k = \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n = \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \tan \alpha}$$

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

$$= 1,1775 D_{\text{shell}}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \pi x D_{\text{shell}}^2 x H_k - \frac{1}{3} \pi x D_n^2 x H_n \\
 &= \frac{1}{3} \pi x D_{\text{shell}}^2 x \frac{D_{\text{shell}}}{2 \operatorname{tg} 45} - \frac{1}{3} \pi x D_n^2 x \frac{D_n}{2 \operatorname{tg} 45} \\
 &= \frac{\pi}{24 \operatorname{tg} 45} (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\
 &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$\begin{aligned}
 193,82 \text{ ft}^3 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\
 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,33^3)
 \end{aligned}$$

$$D_{\text{shell}} = 5,13 \text{ ft} \approx 1,56 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 5,13 \text{ ft} = 7,70 \text{ ft} \approx 2,35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{konis}} &= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \operatorname{tg} \alpha} \\
 &= \frac{5,13 \text{ ft} - 0,33 \text{ ft}}{2 \operatorname{tg} 45} \\
 &= 2,40 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{nozzle}} &= \frac{D_n}{2 \operatorname{tg} \alpha} \\
 &= \frac{0,33 \text{ ft}}{2 \operatorname{tg} 45} \\
 &= 0,17 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$b = s - a$$

$$= (1,11 - 0,07) \text{ m}$$

$$= 1,03 \text{ m}$$

H liquid dalam shell dicari dengan persamaan :

$$\text{Volume liquid} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$155,06 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_{\text{liquid}} + \text{volume konis}$$

$$155,06 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (4,72 \text{ ft})^2 \times H_{\text{liquid}} + 13,69 \text{ ft}^3$$

$$H_{\text{liquid}} = 6,65 \text{ ft}$$

$$H_{\text{liquid total}} = H_{\text{liquid dlm shell}} + H_{\text{koni}}$$

$$= (6,65 + 2,40) \text{ ft}$$

$$= 9,04 \text{ ft}$$

3. Tebal Shell dan Koni

➤ Shell

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [12]$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{103,01 \times 6,65}{144} \right) = 4,75 \frac{lb}{in^2} \approx 4,75 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (4,75 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 19,45 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 19,45 \text{ Psia}$$

$$= 23,34 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{20,81 \text{ psi} \times 4,7214 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((18.750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 20,81 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,17 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ inc} \quad [12]$$

➤ Konis

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{103,01 \times 9,04}{144} \right) = 6,47 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 6,47 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (6,47 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 21,17 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 21,17 \text{ Psia}$$

$$= 25,40 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{21,82 \text{ psi} \times 4,7214 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45((18.750 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 21,82 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,19 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ inc} \quad [12]$$

SPESIFIKASI :

- Nama = tangki HFCS
- Fungsi = untuk menampung gula HFCS
- Bahan konstruksi = *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Diameter = 5,13 ft
- Tinggi *shell* = 7,70 ft
- Tinggi konis = 2,40 ft
- Tinggi tangki total = 10,10 ft
- Tebal *shell* = $\frac{3}{16}$ in
- Tebal *bottom* = $\frac{3}{16}$ in

14.2 POMPA (L-226)

Fungsi = Memompa HFCS ke tangki mixing

Tipe = *Positive displacement pump (Rotary Pump)*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 7.244,99 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

Laju alir media = $\frac{7.244,99 \text{ kg}}{1.800 \text{ detik}} = 4,0249 \text{ kg / s}$

Debit = $\frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$
 $= \frac{4,0249 \text{ kg / s}}{1650 \text{ kg / m}^3}$
 $= 2,439.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

ID opt = $0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 0,363 \times (2,439.10^{-3})^{0,45} \times (1650)^{0,13}$
 $= 0,06344 \text{ m} = 63,44 \text{ mm}$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 3 in sch 40, dengan :

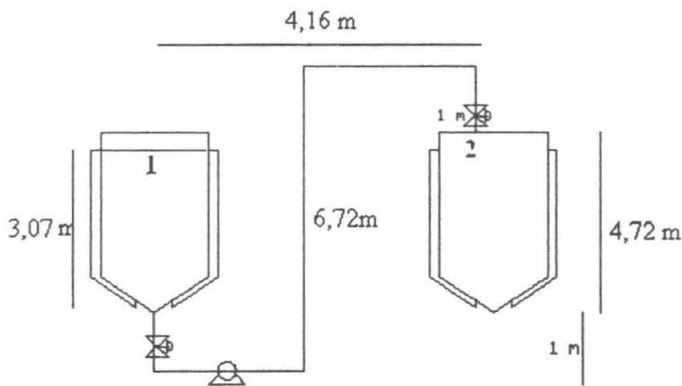
- ID = 77,92 mm

- OD = 88,90 mm
- $A = 47,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{2,439 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{47,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,5114 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,650 \text{ kg/m}^3 \times 77,92 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 0,5114 \text{ m/s}}{1,6 \text{ kg/m.s}} = 41,09 \text{ (laminar)}$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$



Gambar C.11 Pompa HFCS menuju tangki *mixing*

Perhitungan ΣF

1. *Sudden contractrion* :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha}$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,5114 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,1438 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

2 Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (1+6,72+4,16+1) \text{ m}$$

$$= 11,88 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{41,093} = 0,3893$$

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

$$= 4 \times 0,3893 \times \frac{11,88 \text{ m}}{77,92 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \times \frac{(0,5114 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5}$$

$$= 62,1395 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

3 Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$h_{\text{ex}} = \frac{v^2}{2\alpha}$$

$$= \frac{\left(0,5114 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,2615 \frac{m^2}{s^2}$$

4 Friksi untuk 4 elbow 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2}$$

$$= 0,75 \times \frac{\left(0,5114 \frac{m}{s}\right)^2}{2}$$

$$= 0,09807 \frac{m^2}{s^2}$$

Digunakan 4 elbow 90°

$$hf = 4 \times 0,04807 \frac{m^2}{s^2}$$

$$= 0,3922 \frac{m^2}{s^2}$$

5 Friksi untuk 2 Gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \cdot 3$$

$$= 0,17 \times \frac{(0,5114 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 2$$

$$= 0,0444 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,1438 + 62,1395 + 0,2615 + 0,3922 + 0,0444) \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= 62,9814 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energy Balance :

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

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((0,5514 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (4,07 \text{ m} - 5,72 \text{ m}) +$$

$$\frac{101.325 \text{ kg/m.s}^2 - 101.325 \text{ kg/m.s}^2}{1176,35 \text{ kg/m}^3} + 62,9814 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = -79,4129 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= -79,4129 \text{ J/kg}$$

$$\text{brake kW} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{79,4129 \text{ J/kg} \times 2,439 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 1650 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 0,4916 \text{ kW}$$

$$\approx 0,65 \text{ Hp}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{0,65}{0,8} = 0,82 \text{ Hp} = 1 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: Memompa HFCS ke tangki mixing
Tipe	: Rotary pump
Laju aliran pompa	: $2,439 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 3 in. sch.80
Panjang pipa total	: 11,88 m
Fitting	: 4 buah <i>elbow</i> 90° dan 2 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
Power motor	: 1 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

15. MIXING (M-220)

15.1 MIXER (lihat tugas khusus appendix G)

15.2 POMPA (L-227)

Fungsi = Memompa cokelat hasil mixing menuju ke refining

Tipe = *Positive displacement pump (Rotary Pump)*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 18.317,07 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

Laju alir media = $\frac{18.317,07 \text{ kg}}{1.800 \text{ det ik}} = 10,17615 \text{ kg / s}$

Debit = $\frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$

$$= \frac{10,1761 \text{ kg / s}}{1.176,35 \text{ kg / m}^3}$$

$$= 8,635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,2} = 0,363 \times (8,635 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (1175,35)^{0,13} \\ &= 0,1073 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 5 in *sch* 40, dengan :

- ID = 128,2 mm
- OD = 141.3 mm
- A = 129,1. 10⁻⁴ m²

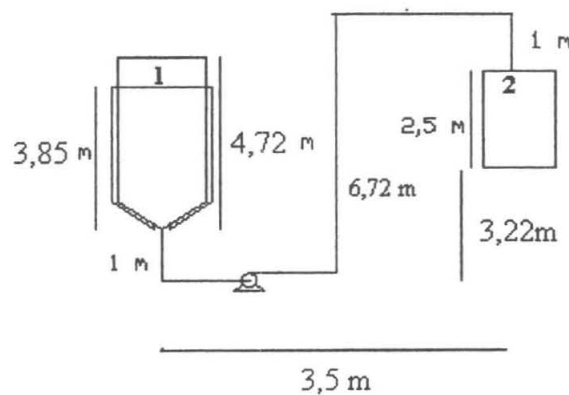
$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{8.635.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{129,1.10^{-4} \text{ m}^2} = 0,6688 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.176,3528 \text{ kg/m}^3 \times 128,2.10^{-3} \text{ m} \times 0,6688 \text{ m/s}}{45,75 \text{ kg/m.s}} = 2,11$$

(laminar)

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$

Jenis pipa yang digunakan : commercial steel, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.



Gambar C.12 Pompa coklat hasil *mixing* menuju *refining*

Perhitungan ΣF 1. *Sudden contraction* :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$\begin{aligned} h_c &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \\ &= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.5} \\ &= 0,2461 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned} \Delta L &= (1+3,5+6,72+1) \text{ m} \\ &= 12,22 \text{ m} \end{aligned}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{2,11} = 7,5829$$

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \\ &= 4 \times 7,5829 \times \frac{12,22 \text{ m}}{128,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5} \\ &= 1.293,22 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

3. *Sudden Enlargement*

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa
 A_2 = luas penampang tangki
 α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$\begin{aligned} h_{ex} &= \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= \frac{\left(0,6688 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 0,5} \\ &= 0,4472 \frac{m^2}{s^2} \end{aligned}$$

4. Friksi untuk elbow 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,75 \times \frac{\left(0,6688 \frac{m}{s}\right)^2}{2} \\ &= 0,1677 \frac{m^2}{s^2} \end{aligned}$$

Digunakan 4 elbow 90°

$$\begin{aligned} h_f &= 4 \times 0,1677 \frac{m^2}{s^2} \\ &= 0,6709 \frac{m^2}{s^2} \end{aligned}$$

5. Friksi untuk 2 Gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \cdot 2 \\ &= 0,17 \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 2 \\ &= 0,0760 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,2461 + 1293,22 + 0,4472 + 0,6709 + 0,0760) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 1294,6601 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Energy Balance :

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

$$\frac{1}{2 \times 0,5} \left((0,6688 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (5,72 \text{ m} - 4,85 \text{ m}) +$$

$$\frac{101.325 \text{ kg/m.s}^2 - 101.325 \text{ kg/m.s}^2}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} + 1.294,6601 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = - 1.303,63 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= - 1.303,63 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{brake kW} &= \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000} \\
 &= \frac{1.303,63 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 8,632.10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1176,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0,65 \times 1.000} \\
 &= 20,36 \text{ kW} \\
 &\approx 27,31 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{27,31}{0,8} = 34,13 \text{ Hp} = 34,5 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: mengalirkan cokelat menuju ke <i>refining</i>
Tipe	: <i>Rotary pump</i>
Laju aliran pompa	: $8,632.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 5 in. sch.40
Panjang pipa total	: 12,22 m
<i>Fitting</i>	: 4 buah <i>elbow</i> 90° dan 2 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
<i>Power motor</i>	: 34,5 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

16. REFINING (C-311)

16.1 REFINING

Fungsi : Melembutkan pasta coklat hasil *mixing*

Tipe : *Roll mill* yang disusun secara *vertical*

Dasar pemilihan : Cocok untuk melembutkan pasta coklat hingga 12 μ m

Data

Waktu proses : 30menit

Kapasitas : 36.630,22kg/jam

Power yang dibutuhkan :

Asumsi partikel keluaran dari mixer adalah 250 μ m

Power motor yang dibutuhkan antar roll 1&2 (gambar 2) adalah

$$\begin{aligned}
 \text{hp} &= 10 \cdot W_i \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{di}} \right) & [14] \\
 &= 10 \cdot 13,81 \left(\frac{1}{\sqrt{72}} - \frac{1}{\sqrt{250}} \right) \\
 &= 7,54 \text{ kWh/ton. Hr}
 \end{aligned}$$

Dari [2] didapatkan data

Diameter roll = 0,5 m

Panjang Roll = 1,5 m

16. REFINING (M-231)

16.1 REFINING

Fungsi : Melembutkan pasta coklat hasil *mixing*

Tipe : *Roll mill* yang disusun secara *vertical*

Dasar pemilihan : Cocok untuk melembutkan pasta coklat hingga 12 μ m

Data

Waktu proses : 30menit

Kapasitas : 36.630,22kg/jam

Power yang dibutuhkan :

Asumsi partikel keluaran dari mixer adalah 250 μ m

Power motor yang dibutuhkan antar roll 1&2 (gambar 2) adalah

$$\begin{aligned}
 \text{hp} &= 10 \cdot W_i \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{di}} \right) & [14] \\
 &= 10 \cdot 13,81 \left(\frac{1}{\sqrt{72}} - \frac{1}{\sqrt{250}} \right) \\
 &= 7,54 \text{ kWh/ton. Hr}
 \end{aligned}$$

Dari [2] didapatkan data

Diameter roll = 0,5 m

Panjang Roll = 1,5 m

Dengan cara yang sama maka untuk roll selanjutnya adalah

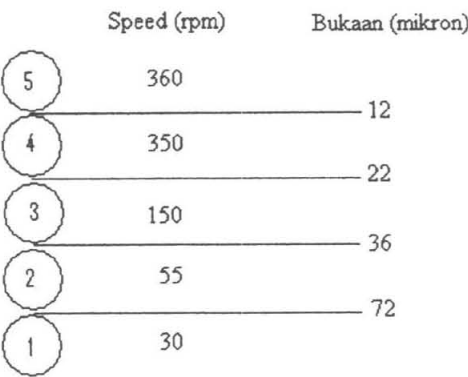
Roll	Power (kWh/ton Hr)
2&3	6,74
3&4	6,42
4&5	10,42

Power yang dibutuhkan adalah jumlah dari keseluruhan roll

Total power yang digunakan adalah = 31,12 kWh /ton.hr
 = 41,73 hp/ton.jam

Power motor yang dibutuhkan untuk tiap batch adalah

Hp = $41,73 \frac{hp}{ton.jam} \times 18,3151 ton \times 0,5 jam$
 = 382,142 hp



Gambar C.13 Five Roll Refining

Efisiensi motor = 80% [22]

$$\text{Power motor aktual} = \frac{382,142}{0,8} = 477,67 \text{ hp} = 478 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *refining*
- Tipe = 5 roll refining
- Diameter roll = 0,5m
- Panjang roll = 1,5 m
- Bahan = *stainless steel*
- Power = 478 hp

16.2 POMPA I (L-232)

Fungsi = Memompa cokelat hasil refining menuju ke tangki conching 1

Tipe = *Positive displacement pump (Rotary Pump)*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 18.317,07 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

$$\text{Laju alir media} = \frac{18.317,07 \text{ kg}}{1.800 \text{ detik}} = 10,17615 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}} \\ &= \frac{10,1761 \text{ kg/s}}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} \\ &= 8,635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,2} = 0,363 \times (8,635 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (1.175,35)^{0,13} \\ &= 0,1073 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 5 in sch 40, dengan :

- ID = 128,2 mm
- OD = 141.3 mm
- A = 129,1. 10⁻⁴ m²

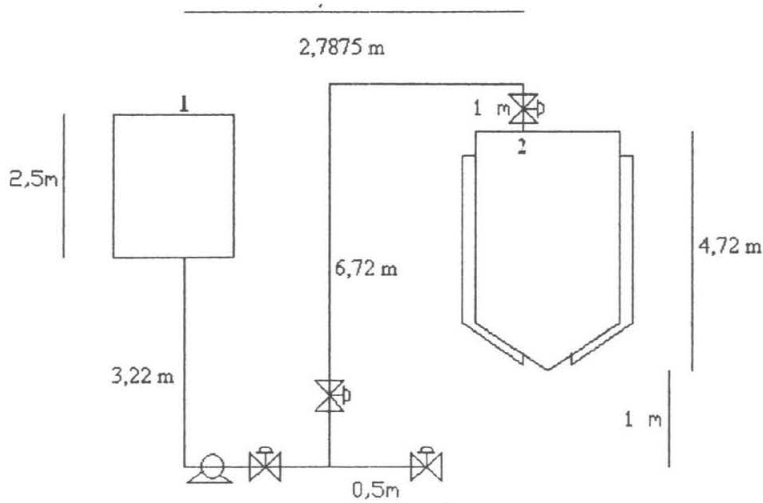
$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{8.635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{129,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,6688 \text{ m/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.176,3528 \text{ kg/m}^3 \times 128,2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 0,6688 \text{ m/s}}{45,75 \text{ kg/m.s}} = 2,11$$

(laminar)

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$

Jenis pipa yang digunakan : commercial steel, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.



Gambar C.14 Pompa coklat hasil *refining* menuju tangki *conching*1

Perhitungan ΣF

1. *Sudden contractrion* :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha}$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.5}$$

$$= 0,2461 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (3,22 + 2,7875 + 6,72 + 0,5 + 1) \text{ m}$$

$$= 14,2275 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{2,11} = 7,5829$$

$$\begin{aligned} Ff &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= 4 \times 7,5829 \times \frac{14,2275 \text{ m}}{128,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5} \\ &= 1504,87 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

3. Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$\begin{aligned} h_{\text{ex}} &= \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= \frac{\left(0,6688 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 0,5} \\ &= 0,4472 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

4. Friksi untuk 3 elbow 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,75 \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2} \\ &= 0,1677 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} hf &= 3 \times 0,1677 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,5032 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

5. Friksi untuk 3 Gate valve dan 1 gate valve(close)

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \cdot 3 \\ &= 0,17 \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 3 \\ &= 0,1140 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

6. Friksi untuk Tee

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 1 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2}$$

$$= 1 \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$= 0,2236 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,2460 + 1.504,87 + 0,4472 + 0,5032 +$$

$$0,1140 + 0,2236) \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= 1.506,40 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energy Balance :

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

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((0,6688 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (5,72 \text{ m} - 5,72 \text{ m}) +$$

$$\frac{101.325 \text{ kg/m.s}^2 - 101.325 \text{ kg/m.s}^2}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} + 1.506,40 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = -1.506,85 \frac{m^2}{s^2}$$

$$= -1.506,85 \frac{J}{kg}$$

$$\text{brake kW} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{1.506,85 \frac{J}{kg} \times 8,632.10^{-3} \frac{m^3}{s} \times 1.176,35 \frac{kg}{m^3}}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 23,53 \text{ kW}$$

$$\approx 31,56 \text{ Hp}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{31,56}{0,8} = 39,45 \text{ Hp} = 40 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama : Pompa

Fungsi : Memompa cokelat hasil *refining* menuju ke tangki
conching 1

Tipe : *Rotary pump*

Laju aliran pompa : $8,632.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Ukuran pipa : 5 in. sch. 80

Panjang pipa total : 14,2275 m

Fitting : 3 buah *elbow* 90° dan 3 buah *gate valve*

ΔP : 0 kPa

Power motor	: 40 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

16.3 POMPA II (L-314)

Fungsi	= Memompa cokelat hasil refining menuju ke tangki conching 2
Tipe	= <i>Positive displacement pump (Rotary Pump)</i>
Dasar Pemilihan	= Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 18.317,07 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

Laju alir media $= \frac{18.317,07 \text{ kg}}{1.800 \text{ detik}} = 10,17615 \text{ kg/s}$

Debit $= \frac{\text{laju alir media}}{P_{\text{slurry}}}$

$$= \frac{10,1761 \text{ kg/s}}{1.176,35 \text{ kg/m}^3}$$

$$= 8,635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \, m_v^{0,45} \cdot \rho^{0,2} = 0,363 \times (8,635 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (1.175,35)^{0,13} \\ &= 0,1073 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 5 in sch 40, dengan :

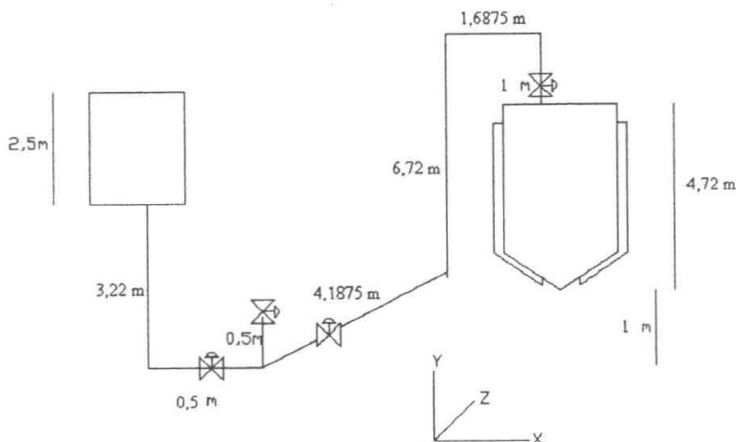
- ID = 128,2 mm
- OD = 141.3 mm
- A = 129,1. 10⁻⁴ m²

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{8.635 \cdot 10^{-3} \, \text{m}^3/\text{s}}{129,1 \cdot 10^{-4} \, \text{m}^2} = 0,6688 \, \text{m/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.176,3528 \, \text{kg/m}^3 \times 128,2 \cdot 10^{-3} \, \text{m} \times 0,6688 \, \text{m/s}}{45,75 \, \text{kg/m.s}} = 2,11 \, (\text{laminar})$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$

Jenis pipa yang digunakan : commercial steel, karena pipa yang paling sering dipakai di industri.



Gambar C.15 Pompa coklat hasil *refining* menuju tangki *conching* 2

Perhitungan ΣF

1 Sudden contraction :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$\begin{aligned} h_c &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2 \times 0.5} \\ &= 0,2461 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

2 Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned} \Delta L &= (3,22+0,5+0,5+4,1875+6,72+1,6875+1) \\ &= 17,815\text{m} \end{aligned}$$

$$f = \frac{16}{N_{Re}} = \frac{16}{2,11} = 7,5829$$

$$\begin{aligned} F_f &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= 4 \times 7,5829 \times \frac{17,815 \text{ m}}{128,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5} \\ &= 1888,26 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

3 Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$\begin{aligned} h_{ex} &= \frac{v^2}{2\alpha} \\ &= \frac{\left(0,6688 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \times 0,5} \\ &= 0,4472 \frac{m^2}{s^2} \end{aligned}$$

4 Friksi untuk 3 elbow 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} h_f &= K_f \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,75 \times \frac{\left(0,6688 \frac{m}{s}\right)^2}{2} \\ &= 0,1677 \frac{m^2}{s^2} \end{aligned}$$

Digunakan 3 elbow 90°

$$\begin{aligned} h_f &= 3 \times 0,1677 \frac{m^2}{s^2} \\ &= 0,5032 \frac{m^2}{s^2} \end{aligned}$$

5 Friksi untuk 3 Gate valve dan 1 gate valve(close)

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} .3$$

$$= 0,17 \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2} .3$$

$$= 0,1140 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

6 Friksi untuk Tee

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 1 \text{ (konstanta)}$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} .$$

$$= 1 \times \frac{(0,6688 \text{ m/s})^2}{2} .$$

$$= 0,2236 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,2460 + 1,888,26 + 0,4472 + 0,5032 +$$

$$0,1140 + 0,2236) \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

$$= 1,889,80 \text{ m}^2 / \text{s}^2$$

Energy Balance :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((3,9888 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (5,72 \text{ m} - 5,72 \text{ m}) +$$

$$\frac{101.325 \text{ kg/m.s}^2 - 101.325 \text{ kg/m.s}^2}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} + 1.889,80 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = - 1.890,24 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= - 1.890,24 \text{ J/kg}$$

$$\text{brake hp} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{1.890,24 \text{ J/kg} \times 8,632.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 1176,35 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 29,52 \text{ J/s}$$

$$\approx 39,59 \text{ Hp}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{39,59}{0,8} = 49,49 \text{ Hp} = 49,5 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: Memompa cokelat hasil <i>refining</i> menuju ke tangki <i>conching</i> 2
Tipe	: <i>Rotary pump</i>
Laju aliran pompa	: $8,632 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 5 in. sch.80
Panjang pipa total	: 17,815 m
<i>Fitting</i>	: 3 buah <i>elbow</i> 90° dan 3 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
<i>Power</i> motor	: 49,5 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

17. CONCHING (M-230)

Fungsi	: untuk membentuk tekstur cokelat susu rendah kalori
Tipe	: silinder vertikal berpengaduk dengan tutup bawah konis
Dasar pemilihan	: cocok untuk pencampuran <i>solid - liquid</i>

17.1 Perhitungan Dimensi Tangki

Suhu masuk *conching* = 60°C

Suhu keluar *conching* = 80°C

1. Volume Tangki

$$\blacksquare \text{ Cocoa Butter} = 3409,41 \text{ kg} \rightarrow \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \quad [10]$$

$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 1893,52 \text{ kg} \rightarrow \rho = 864 \text{ kg/m}^3$$

$$\blacksquare \text{ Susu skim} = 5753,37 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1035 \text{ kg/m}^3 \quad [76]$$

$$\blacksquare \text{ Sirup jagung} = 7244,99 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1650 \text{ kg/m}^3 \quad [76]$$

$$\blacksquare \text{ Vanila} = 15,78 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1165,7 \text{ kg/m}^3 \quad [77]$$

$$\blacksquare \text{ Lecitin} = 47,35 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1030 \text{ kg/m}^3 \quad [82]$$

Volume bahan yang masuk conching :

$$\blacksquare \text{ Cocoa Butter} = 3409,41 \text{ kg} \times \frac{m^3}{998 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 120,64 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 1893,52 \text{ kg} \times \frac{m^3}{864 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 77,39 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Susu skim} = 5753,37 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1035 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 196,30 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Sirup jagung} = 7244,99 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1650 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 155,06 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Vanila} = 15,78 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1165,7 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 0,48 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Lecitin} = 47,35 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1030 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 1,62 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume total} = (120,64 + 77,39 + 196,30 + 155,06 + 0,48 + 1,62) \text{ ft}^3$$

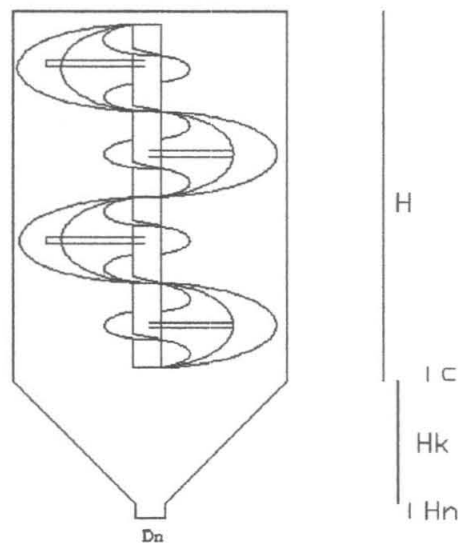
$$= 551,48 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 551,48 \text{ ft}^3 \\ &= 689,36 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *mixer* adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- *Allowable stress value* (f) dari SA-240 adalah $17420 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [12]
- *Corrosion allowance* (c) adalah 3 mm
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [5]
- sudut konis = 90°
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (D_n) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [12]



Gambar C.16 Dimensi tangki *conching*

Keterangan:

D = diameter shell

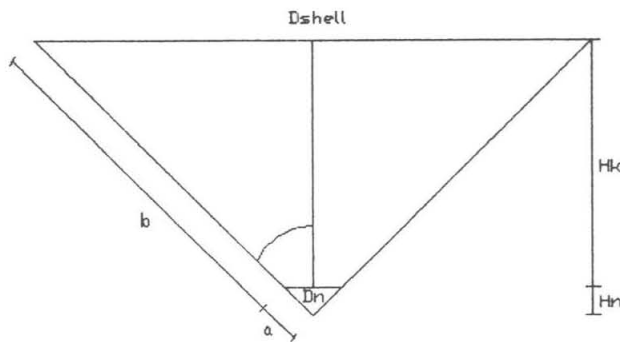
H = tinggi shell

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi nozzle

Hl = tinggi liquid

Dn = diameter nozzle



Gambar C.17 Dimensi konis

$$Hn = \frac{Dn}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$\begin{aligned} Hk &= \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - Hn = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - \frac{Dn}{2 \cdot \tan \alpha} \\ &= \frac{D_{shell} - Dn}{2 \cdot \tan \alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times 1,5 D_{shell} \\ &= 1,1775 D_{shell}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\
 &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times \frac{D_{\text{shell}}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45} \\
 &= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\
 &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$\begin{aligned}
 689,36 \text{ ft}^3 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\
 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,83^3)
 \end{aligned}$$

$$D_{\text{shell}} = 7,83 \text{ ft} \approx 2,39 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 7,83 \text{ ft} = 11,75 \text{ ft} \approx 3,58 \text{ m}$$

$$H_n = \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft} \approx 0,13 \text{ m}$$

$$H_k = \frac{7,83 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 3,50 \text{ ft} \approx 1,07 \text{ m}$$

$$H_{\text{tangki total}} = H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}}$$

$$= 11,75 \text{ ft} + 3,50 \text{ ft}$$

$$=15,25 \text{ ft}$$

$$\text{Volume shell} = 1,1775 D_{\text{shell}}^3$$

$$= 1,1775 \times (7,83 \text{ ft})^3$$

$$= 566,12 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume konis} = 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)$$

$$= 0,1308 \times ((7,83 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 62,81 \text{ ft}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + Hn^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{0,83}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{\text{shell}}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{2,39}{2}\right)^2 + (1,07 + 0,13)^2}$$

$$= 1,69 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

$$= (1,69 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 1,51 \text{ m}$$

H_{liquid} dalam *shell* dicari dengan persamaan :

$$\text{Volume liquid} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$551,48 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume konis}$$

$$551,48 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (7,83 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 62,81 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 10,14 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} H_{liquid} \text{ total} &= H_{liquid} \text{ dlm shell} + H_{konis} \\ &= (10,14 + 3,50) \text{ ft} \\ &= 13,64 \text{ ft} \end{aligned}$$

3. Tebal Shell dan Konis

- Massa bahan *padat* yang masuk mixer :

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m^3
Cokelat mass	1893,52	0,25	864
Susu skim	5753,37	0,75	1035
TOTAL	7646,89	1	

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i}$$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{0,25}{864} + \frac{0,755}{1035}$$

$$\rho_{campuran \text{ padat}} = 986,6464 \text{ kg/m}^3$$

- Massa bahan *cair* yang masuk mixer :

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m ³
Cocoa butter	3409,41	0,318	998
Sirup jagung	7244,99	0,676	1650
Vanilin	15,78	0,001	1165,7
Lecitin	47,35	0,004	1030
TOTAL	10717,53	1	

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i}$$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{0,318}{998} + \frac{0,676}{1650} + \frac{0,001}{1165,7} + \frac{0,004}{1030}$$

$$\rho_{campuran\ cair} = 1362,4001\text{ kg/m}^3$$

- Massa bahan *total* yang masuk mixer :

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m ³
Padat	7646,89	0,42	986,6464
Cair	10717,53	0,58	1362,4001
TOTAL	18364,42	1	

$$\epsilon = \frac{x_{cair} / \rho_{campuran\ cair}}{x_{cair} / \rho_{campuran\ cair} + x_{padat} / \rho_{campuran\ padat}} \tag{10}$$

$$= \frac{0,58 / 1362,4001}{0,58 / 1362,4001 + 0,42 / 986,6464}$$

$$= 0,50$$

$$\rho_{\text{slurry}} = \epsilon \cdot \rho_{\text{campuran cair}} + (1 - \epsilon) \cdot \rho_{\text{campuran padat}} \quad [10]$$

$$= 0,50 \times 1362,4001 + (1 - 0,50) \times 986,6464$$

$$\rho_{\text{slurry}} = 1175,92 \text{ kg/m}^3 \approx 73,41 \text{ lb/ft}^3$$

➤ Shell

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \quad [12]$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{73,41 \times 10,14}{144} \right) = 5,17 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 5,17 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (5,17 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 19,87 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 19,87 \text{ Psia}$$

$$= 23,85 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{23,85 \text{ psi} \times 7,83 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((17420 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 23,85 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,21 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

➤ **Konis**

$$P \text{ internal} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2}$$

$$P \text{ internal} = \left(\frac{73,41 \times 13,64}{144} \right) = 6,96 \frac{lb}{in^2} \approx 6,96 \text{ Psia}$$

$$P \text{ udara luar} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ internal} + P \text{ udara luar}$$

$$= (6,96 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 21,66 \text{ Psia}$$

$$P \text{ design} = 1,2 \times P \text{ operasi}$$

$$= 1,2 \times 21,66 \text{ Psia}$$

$$= 25,99 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{25,99 \text{ psi} \times 7,83 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((17420 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 25,99 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,24 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

17.2 Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *double Helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 2 buah
- Kecepatan agitator (N) adalah 40 rpm
- Rasio geometri pengaduk :

[79 , 10]

$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95$	$W = \frac{Da}{6}$	$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05$	$Di = \frac{Da}{3}$
-------------------------------	--------------------	------------------------------	---------------------

$$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,75 \rightarrow Da = 0,75 \times 2,39 \text{ m}$$

$$Da = 1,79 \text{ m}$$

$$W = \frac{Da}{6} \rightarrow W = \frac{1,79 \text{ m}}{6}$$

$$W = 0,30 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \rightarrow C = 0,05 \times 2,39 \text{ m}$$

$$C = 0,12 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \rightarrow Di = \frac{1,79 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,60 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{slurry}} = 1175,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu_{\text{campuran}} = 45000 \text{ cP} = 45 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad [80]$$

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

$$N_{Re} = \frac{(1,79 \text{ m})^2 \times \left[\frac{40}{60} \right] \text{ rps} \times 1175,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{45 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}}$$

$$= 55,87$$

Harga N_p dapat dicari dari figure 9.14 [26] dengan cara :

$N_{Re} = 55,87$ Vs Helical ribbon, sehingga didapatkan nilai $N_p = 0,90$

Power untuk 1 buah pengaduk :

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

$$= 0,90 \times 1175,92 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{40}{60} \right)^3 \text{ rps} \times (1,79 \text{ m})^5$$

$$= 5776,19 \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3} \approx 5776,19 \text{ W}$$

Power untuk 2 buah pengaduk = $2 \times 5776,19 \text{ W}$

$$= 11552,38 \text{ W}$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\text{Power sesungguhnya} = \frac{100}{80} \times 11552,38 \text{ W}$$

$$= 14440,47 \text{ W} \approx 14,44 \text{ KW}$$

$$\approx 19,36 \text{ Hp}$$

17.3 Perhitungan Jaket Pemanas :

Ditetapkan :

- Steam yang digunakan adalah *saturated steam* 4,5 bar dengan suhu 148°C.
- Nilai R_d ditetapkan 0,0005 [25]
- Tinggi jaket pemanas $\approx$ tinggi liquid

Data bahan yang masuk conching :

Komponen	Massa (kg)	x_i	C_p (KJ/Kg °K)
Cocoa butter	3409,41	0,186	0,53
Cokelat mass	1893,52	0,103	8,5988
Susu skim	5753,37	0,313	3,94
Sirup jagung	7244,99	0,395	1,3143
Vanilin	15,78	0,001	50,8765
Lecitin	47,3529	0,0026	1,2778
TOTAL	18364,42	1	

$$C_p \text{ Campuran} = \sum x_i \cdot C_{pi}$$

$$C_p \text{ Campuran} = (0,186 \times 0,53) + (0,103 \times 8,5988) + (0,313 \times 3,94) + (0,39 \times 1,31) \\ + (0,001 \times 50,88) + (0,003 \times 1,28)$$

$$= 2,7849 \frac{Kj}{Kg \cdot ^\circ K}$$

$$\text{Data } k \text{ untuk cokelat susu rendah kalori} = 0,6685 \frac{W}{m \cdot ^\circ K}$$

Properties fluida dingin (pasta) menggunakan pengaduk :

Nilai h dapat dihitung menggunakan :

$$\frac{h \cdot D_{shell}}{k} = a \left(\frac{Da2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^b \times \left(\frac{Cp \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad [10]$$

Untuk pengaduk helical-ribbon dengan Nre 8 s/d 10^5 , koefisien transfer panas :

[10]

a	b	m
0,633	1/2	0,18

$$\frac{h \cdot 2,39m}{0,6685 \frac{W}{m^{\circ}K}} = 0,633 \left(\frac{(1,79m)^2 \cdot 0,67rps \cdot 1175,92 \frac{kg}{m^3}}{45 \frac{kg}{m.s}} \right)^{1/2} \times \left(\frac{2,78 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K} \cdot 45 \frac{kg}{m.s} \cdot 1000 \frac{J}{Kj}}{0,6685 \frac{W}{m^{\circ}K}} \right)^{1/3} \times (1)^{0,18}$$

$$\text{Asumsi} \rightarrow \mu_w \approx \mu \text{ coklat pada suhu } 80^{\circ}C = 45 \frac{kg}{m.s}$$

$$h = 75,81 \frac{W}{m^2 oK}$$

Properties fluida panas (steam) menggunakan pengaduk :

$$h_{oi (steam)} = 1500 \text{ btu/jam.ft}^2.^{\circ}F \approx 8517,45 \frac{W}{m^2.^{\circ}K} \quad [11]$$

$$U_c = \frac{h \cdot x \cdot h_{oi}}{h + h_{oi}}$$

$$= \frac{75,81 \times 8517,45}{75,81 + 8517,45}$$

$$= 75,14 \frac{W}{m^2.^{\circ}K}$$

$$R_d = 0,0005$$

$$\begin{aligned} h_d &= \frac{1}{R_d} \\ &= \frac{1}{0,0005} \\ &= 2000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \\ &= \frac{75,14 \times 2000}{75,14 + 2000} \\ &= 72,42 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \end{aligned}$$

Luas permukaan jaket sebagai berikut :

$$\ln \left(\frac{T_{\text{steam}} - t_1}{T_{\text{steam}} - t_2} \right) = \frac{U_D \times A \times \theta}{M \times C_p} \quad [11]$$

$$\ln \left(\frac{413^\circ K - 333^\circ K}{413^\circ K - 353^\circ K} \right) = \frac{72,42 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \times A \times 172800 \text{ s}}{18364,4230 \text{ kg} \times 2,7849 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ K} \times \frac{1000 \text{ J}}{\text{kJ}}}$$

$$A = 1,05 \text{ m}^2$$

Jaket spacing (Js) dihitung dengan cara:

$$A = \pi D_s H_{\text{liq dlm shell}} + \pi D_s b$$

$$1,05 \text{ m}^2 = 3,14 \times D_s \times 3,09 \text{ m} + 3,14 \times D_s \times 1,51$$

$$D_s = 0,07 \text{ m (dimana } D_s = D_{\text{jaket}} - OD_{\text{shell}})$$

$$D_{\text{jaket}} = 0,07 \text{ m} + 2,40 \text{ m}$$

$$= 2,47 \text{ m}$$

$$D_{\text{jaket}} = OD_{\text{shell}} + 2 J_s$$

$$2,47 \text{ m} = 2,40 \text{ m} + 2 J_s$$

$$J_s = 0,04 \text{ m}$$

Debit steam dan waktu tinggal steam dihitung sebagai berikut:

1 hari dalam proses conching cokelat susu rendah kalori dilakukan sebanyak 2 batch, dimana untuk tiap batch membutuhkan waktu 24 jam. Maka steam yang dibutuhkan selama 1 batch akan dialirkan selama 24 jam.

$$Q \text{ yang disuplai steam} = 713246,11 \frac{\text{kJ}}{\text{batch}}$$

$$\lambda_{4,5 \text{ bar}} = h_g - h_f$$

$$= 2.744,02 - 623,57 \quad [10]$$

$$= 2.120,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_{gw} = h_f + \lambda \cdot x, \text{ dimana } x = \text{kualitas steam (90\%)}$$

$$= 623,57 + 2.120,45 \cdot 0,9$$

$$= 2531,97 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\lambda_w = h_{gw} - h_f$$

$$= 2531,97 - 623,57$$

$$= 1908,403 \frac{kJ}{kg}$$

$$\rho_{steam} \text{ 1 bar; } 148^{\circ}\text{C} = 0,5263 \frac{kg}{m^3} \quad [10]$$

$$\rho_{steam} \text{ 4,5 bar} = \frac{4,5 \text{ bar}}{1,01325 \text{ bar}} \times 0,5263 \frac{kg}{m^3}$$

$$= 1,6430 \frac{kg}{m^3}$$

$$\text{massa steam} = \frac{Q}{\lambda}$$

$$= \frac{713246,11 \frac{kJ}{batch}}{1.908,403 \frac{kJ}{kg}}$$

$$= 373,74 \frac{kg}{batch}$$

$$\text{Debit steam} = \frac{373,74 \frac{kg}{batch}}{1,6430 \frac{kg}{m^3}}$$

$$= 9,48 \frac{m^3}{batch}$$

$$\text{Debit steam} = 9,48 \frac{m^3}{batch} \times \frac{1 batch}{1 jam}$$

$$= 9,48 \frac{m^3}{jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{volume jaket} &= \frac{\pi}{4} (D_j^2 - OD_{shell}^2) H_{liq dlm shell} + \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} (D_j^2 - OD_{shell}^2) J_s \\
 &= \frac{\pi}{4} x (2,47^2 - 2,40^2) x 3,09 + \frac{1}{3} x \frac{\pi}{4} x (2,47^2 - 2,40^2) x 0,04 \\
 &= 0,87 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{waktu tinggal steam di dalam jaket pemanas} &= \frac{0,87 \text{ m}^3}{9,48 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\
 &= 0,09 \text{ jam} = 5,48 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *Conching*
- Fungsi = untuk membentuk tekstur coklat susu rendah kalori
- Bahan konstruksi = *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Diameter = 7,83 ft
- Tinggi *shell* = 11,75 ft
- Tinggi konis = 3,50 ft
- Tinggi tangki total = 15,25 ft
- Tebal *shell* = $\frac{1}{4}$ in
- Tebal *bottom* = $\frac{1}{4}$ in
- Pengaduk = Jenis : Helical-Ribbon
Diameter : 1,79 m

- Power : 19,36 hp
- Jumlah pengaduk : 2 buah
- Jacket pemanas = Luas permukaan : 1,05 m²
Tinggi jaket pemanas : 4,16 m
Jaket spacing : 0,04 m
- Jumlah tangki = 1 buah

17.4 POMPA I (L-312)

Fungsi = Memompa coklat hasil conching 1 menuju ke tangki tempering

Tipe = *Positive displacement pump (Rotary Pump)*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 18.317,07 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

Laju alir media = $\frac{18.317,07kg}{1.800\det ik} = 10,17615kg / s$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit} &= \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}} \\
 &= \frac{10,1761 \text{ kg/s}}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 8,635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Diasumsi Aliran Laminer

$$\begin{aligned}
 \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 0,363 \times (8,635 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (1.176,35)^{0,13} \\
 &= 0,1072 \text{ m} = 4,2224 \text{ in}
 \end{aligned}$$

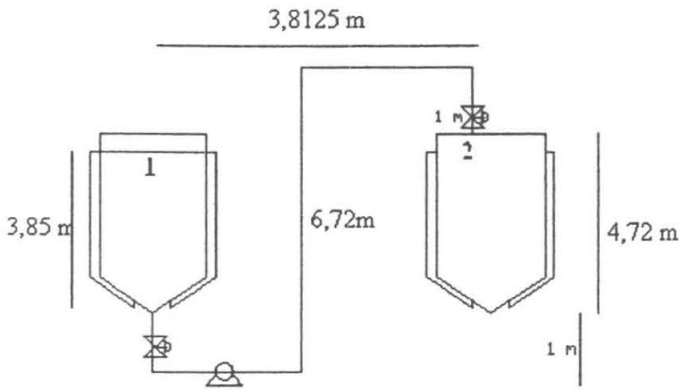
Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 5 in *sch* 40, dengan :

- ID = 128,2 mm
- OD = 141,3 mm
- A = $129,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{8,635 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{129,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,6689 \text{ m/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.176,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,1282 \text{ m} \times 0,6689 \text{ m/s}}{45,75 \text{ kg/m.s}} = 2,2048 \text{ (laminar)}$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$

Gambar C.18 Pompa coklat hasil *conching* 1 menuju tangki *tempering*Perhitungan ΣF 1 *Sudden contraction* :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$\begin{aligned} h_c &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \\ &= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5} \\ &= 0,2461 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

2 Friksi pada pipa lurus

$$\begin{aligned} \Delta L &= (1 + 6,72 + 3,8125 + 1) \text{ m} \\ &= 12,5325 \text{ m} \end{aligned}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{2,2048} = 7,26$$

$$\begin{aligned}
 F_f &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \\
 &= 4 \times 7,26 \times \frac{12,5325 \text{ m}}{0,1282 \text{ m}} \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5} \\
 &= 1269,4988 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

3 Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $1/2$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$\begin{aligned}
 h_{ex} &= \frac{v^2}{2\alpha} \\
 &= \frac{\left(0,6689 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 0.5} \\
 &= 0,4474 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

4 Friksi untuk 4 elbow 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned}
 hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \\
 &= 0,75 \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2} \\
 &= 0,1678 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan 4 elbow 90°

$$\begin{aligned}
 hf &= 4 \times 0,1678 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\
 &= 0,6711 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

5. Friksi untuk 2 Gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned}
 hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \cdot 2 \\
 &= 0,17 \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2} \cdot 2 \\
 &= 0,0760 \text{ m}^2/\text{s}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (1269,4988 + 0,2461 + 0,4474 + 0,6711 +$$

$$0,0760) \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= 1270,9013 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energy Balance :

$$\frac{1}{2\alpha} (v_2^2 - v_1^2) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F + W_s = 0$$

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((0,6689 \text{ m/s})^2 - (0 \text{ m/s})^2 \right) + 9,8 \text{ m/s}^2 (5,72 \text{ m} - 4,85 \text{ m}) +$$

$$\frac{101.325 \text{ kg/m.s}^2 - 101.325 \text{ kg/m.s}^2}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} + 1.270,9013 \text{ m}^2/\text{s}^2 + W_s = 0$$

$$W_s = -1.279,8746 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= -1.279,8746 \text{ J/kg}$$

$$\text{brake kW} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{1.279,8746 \text{ J/kg} \times 8,632.10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \times 1.176,35 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 20,0011 \text{ kW}$$

$$\approx 26,82 \text{ Hp}$$

$$\text{Power actual} = \frac{100}{80} \times 26,82 \text{ Hp}$$

$$= 33,53 \text{ Hp}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: mengalirkan cokelat dari tangki <i>conching</i> 1 menuju ke tangki <i>tempering</i>
Tipe	: <i>Rotary pump</i>
Laju aliran pompa	: $8,632 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 5 in. Sch.40
Panjang pipa total	: 12,5325 m
<i>Fitting</i>	: 4 buah <i>elbow</i> 90° dan 2 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
<i>Power</i> motor	: 33,53 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

17.5 POMPA II (L-312)

Fungsi	= Memompa cokelat hasil <i>conching</i> 2 menuju ke tangki <i>tempering</i>
Tipe	= <i>Positive displacement pump</i> (<i>Rotary Pump</i>)
Dasar Pemilihan	= Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta kasar [19]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [10]

- Efisiensi motor = 80% [22]

T operasi = 50 °C

Massa bahan yang ditangani = 18.317,07 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 30 menit

$$\text{Laju alir media} = \frac{18.317,07 \text{ kg}}{1.800 \text{ detik}} = 10,17615 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}} \\ &= \frac{10,1761 \text{ kg/s}}{1.176,35 \text{ kg/m}^3} \\ &= 8,635 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Diasumsi Aliran Laminer

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= 0,363 \text{ m}_v^{0,45} \cdot \rho^{0,13} = 0,363 \times (8,635 \cdot 10^{-3})^{0,45} \times (1.176,35)^{0,13} \\ &= 0,1072 \text{ m} = 4,2224 \text{ in} \end{aligned}$$

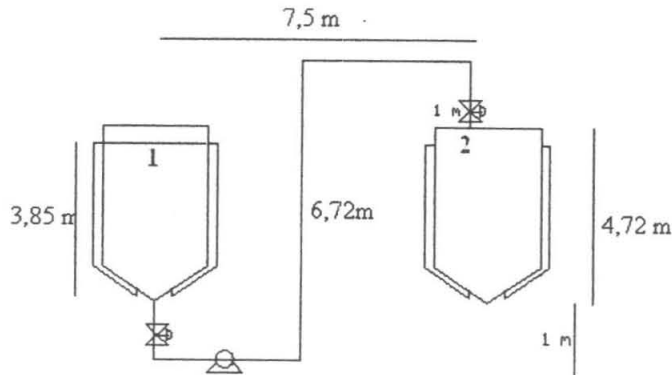
Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 5 in sch 40, dengan :

- ID = 128,2 mm
- OD = 141,3 mm
- A = 129,1 × 10⁻⁴ m²

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{8,635 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{129,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,6689 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{1.176,35 \text{ kg/m}^3 \times 0,1282 \text{ m} \times 0,6689 \text{ m/s}}{45,75 \text{ kg/m.s}} = 2,2048 \text{ (laminar)}$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 1/2$



Gambar C.19 Pompa cokelat hasil *conching* 2 menuju tangki *tempering*

Perhitungan ΣF

1 *Sudden contractrion* :

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$\begin{aligned} h_c &= 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \\ &= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5} \\ &= 0,2461 \text{ m}^2 / \text{s}^2 \end{aligned}$$

2 Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (1 + 6,72 + 7,5 + 1) \text{ m}$$

$$= 16,22 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = \frac{16}{2,2048} = 7,26$$

$$Ff = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha}$$

$$= 4 \times 7,26 \times \frac{16,22 \text{ m}}{0,1282 \text{ m}} \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0.5}$$

$$= 1643,0297 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3 Sudden Enlargement

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

Dimana : A_1 = luas penampang pipa

A_2 = luas penampang tangki

α = konstanta (Laminer = $\frac{1}{2}$)

Karena $A_2 \gg A_1$ maka (A_1/A_2) diabaikan

$$h_{\text{ex}} = \frac{v^2}{2 \alpha}$$

$$= \frac{\left(0,6689 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \times 0.5}$$

$$= 0,4474 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4 Friksi untuk 4 elbow 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} \\ &= 0,75 \times \frac{(3,988 \text{ m/s})^2}{2} \\ &= 0,1678 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Digunakan 4 elbow 90°

$$\begin{aligned} hf &= 4 \times 0,1678 \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 0,6711 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

5. Friksi untuk 2 Gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)}$$

$$\begin{aligned} hf &= Kf \times \frac{v^2}{2} . 2 \\ &= 0,17 \times \frac{(0,6689 \text{ m/s})^2}{2} . 2 \\ &= 0,0760 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,2461 + 1643,0297 + 0,4474 + 0,6711 +$$

$$0,0760) \frac{m^2}{s^2}$$

$$= 1644,4322 \frac{m^2}{s^2}$$

Energy Balance :

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

$$\frac{1}{2 \times 0.5} \left((3,9888 \frac{m}{s})^2 - (0 \frac{m}{s})^2 \right) + 9,8 \frac{m}{s^2} (5,72 m - 4,85 m) +$$

$$\frac{101.325 \frac{kg}{m.s^2} - 101.325 \frac{kg}{m.s^2}}{1.176,35 \frac{kg}{m^3}} + 1.644,4322 \frac{m^2}{s^2} + W_s = 0$$

$$W_s = -1.653,4056 \frac{m^2}{s^2}$$

$$= -1.653,4056 \frac{J}{kg}$$

$$\text{brake kW} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{1.653,4056 \frac{J}{kg} \times 8,632.10^{-3} \frac{m^3}{s} \times 1.176,35 \frac{kg}{m^3}}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 25,84 \text{ kW}$$

$$\approx 34,65 \text{ Hp}$$

$$\begin{aligned}\text{Power aktual} &= \frac{100}{80} \times 34,65 \text{ Hp} \\ &= 43,31 \text{ Hp}\end{aligned}$$

SPESIFIKASI :

Nama	: Pompa
Fungsi	: mengalirkan coklat dari tangki <i>conching</i> 2 menuju ke tangki <i>tempering</i>
Tipe	: <i>Rotary pump</i>
Laju aliran pompa	: $8,632 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
Ukuran pipa	: 5 in. sch.40
Panjang pipa total	: 16,22 m
<i>Fitting</i>	: 4 buah <i>elbow</i> 90° dan 2 buah <i>gate valve</i>
ΔP	: 0 kPa
<i>Power motor</i>	: 43,31 Hp
Bahan konstruksi	: <i>carbon steel</i>
Jumlah	: 1 buah

18. TEMPERING (P-310)

Fungsi : untuk menurunkan suhu coklat susu rendah kalori

Tipe : silinder vertikal berpengaduk dengan tutup bawah konis

Dasar pemilihan : cocok untuk pencampuran *solid - liquid*

18.1 Perhitungan Dimensi Tangki

Suhu masuk tempering = 80°C

Suhu keluar tempering = 40°C

1. Volume Tangki

$$\blacksquare \text{ Cocoa Butter} = 3409,41 \text{ kg} \rightarrow \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \quad [10]$$

$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 1891,57 \text{ kg} \rightarrow \rho = 864 \text{ kg/m}^3$$

$$\blacksquare \text{ Susu skim} = 5753,37 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1035 \text{ kg/m}^3 \quad [76]$$

$$\blacksquare \text{ Sirup jagung} = 7244,99 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1650 \text{ kg/m}^3 \quad [76]$$

$$\blacksquare \text{ Vanila} = 15,78 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1165,7 \text{ kg/m}^3 \quad [77]$$

$$\blacksquare \text{ Lecitin} = 47,35 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1030 \text{ kg/m}^3 \quad [82]$$

Volume bahan yang masuk tangki :

$$\blacksquare \text{ Cocoa Butter} = 3409,41 \text{ kg} \times \frac{m^3}{998 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 120,64 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 1891,57 \text{ kg} \times \frac{m^3}{864 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 77,31 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Susu skim} = 5753,37 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1035 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 196,30 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Sirup jagung} = 7244,99 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1650 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 155,06 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Vanila} = 15,78 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1165,7 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 0,48 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Lecitin} = 47,35 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1030 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 1,62 \text{ ft}^3$$

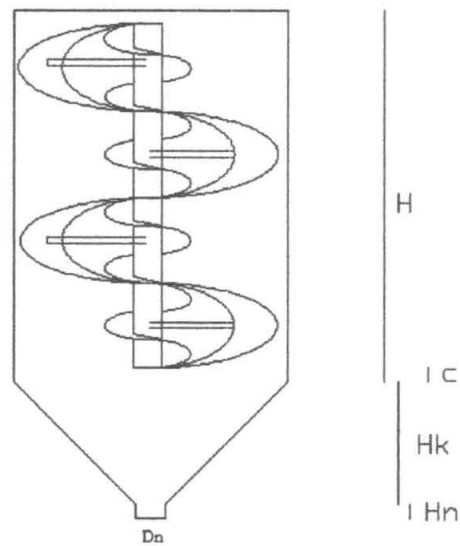
$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= (120,64 + 77,31 + 196,30 + 155,06 + 0,48 + 1,62) \text{ ft}^3 \\ &= 551,40 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 551,40 \text{ ft}^3 \\ &= 689,26 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *mixer* adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- *Allowable stress value* (*f*) dari SA-240 adalah $18680 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [12]
- *Corrosion allowance* (*c*) adalah 3 mm
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]
- $\frac{H \text{ shell}}{D \text{ shell}} = \frac{1,5}{1}$ [5]
- sudut konis = 90°
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (*Dn*) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [12]

Gambar C.20 Dimensi tangki *tempering*

Keterangan:

D_{shell} = diameter shell

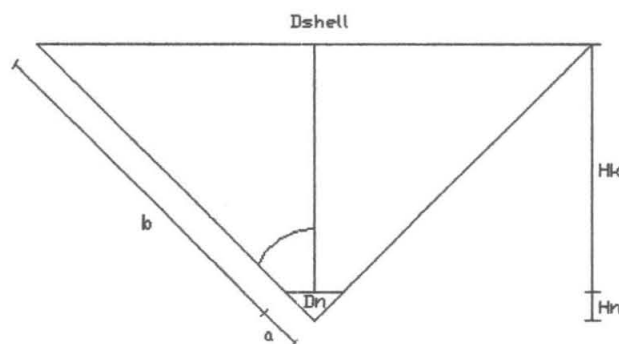
H = tinggi shell

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi nozzle

H liq = tinggi liquid

Dn = diameter nozzle



Gambar C.21 Dimensi konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$\begin{aligned} H_k &= \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n = \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \\ &= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times 1,5 D_{\text{shell}} \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45} \\ &= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \end{aligned}$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis}$$

$$\begin{aligned} 689,26 \text{ ft}^3 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,83^3) \end{aligned}$$

$$D_{\text{shell}} = 7,83 \text{ ft} \approx 2,39 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 7,83 \text{ ft} = 11,75 \text{ ft} \approx 3,58 \text{ m}$$

$$H_n = \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft} \approx 0,13 \text{ m}$$

$$H_k = \frac{7,83 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 3,50 \text{ ft} \approx 1,07 \text{ m}$$

$$H \text{ tangki total} = H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}}$$

$$= 11,75 \text{ ft} + 3,50 \text{ ft}$$

$$= 15,25 \text{ ft}$$

$$\text{Volume shell} = 1,1775 D_{\text{shell}}^3$$

$$= 1,1775 \times (7,83 \text{ ft})^3$$

$$= 566,04 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume konis} = 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)$$

$$= 0,1308 \times ((7,83 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 62,80 \text{ ft}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + H_n^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\left(\frac{D_{shell}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{2,39}{2}\right)^2 + (1,07 + 0,13)^2} \\
 &= 1,69 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b &= s - a \\
 &= (1,69 - 0,18) \text{ m} \\
 &= 1,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

H liquid dalam *shell* dicari dengan persamaan :

Volume *liquid* = volume *shell* + volume *konis*

$$551,40 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume konis}$$

$$551,40 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (7,83 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 62,80 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 10,14 \text{ ft}$$

$$H_{liquid} \text{ total} = H_{liquid \text{ dlm shell}} + H_{konis}$$

$$= (10,14 + 3,50) \text{ ft}$$

$$= 13,64 \text{ ft}$$

3. Tebal Shell dan Konis

- Massa bahan *padat* yang masuk mixer :

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m ³
Cokelat mass	1893,57	0,25	864
Susu skim	5753,37	0,75	1035
TOTAL	7646,94	1	

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i}$$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{0,25}{864} + \frac{0,75}{1035}$$

$$\rho_{campuran\ padat} = 986,68\text{ kg/m}^3$$

- Massa bahan *cair* yang masuk mixer :

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m ³
Cocoa butter	3409,41	0,318	998
Sirup jagung	7244,99	0,676	1650
Vanilin	15,78	0,001	1165,7
Lecitin	47,35	0,004	1030
TOTAL	10717,53	1	

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i}$$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{0,318}{998} + \frac{0,676}{1650} + \frac{0,001}{1165,7} + \frac{0,004}{1030}$$

$$\rho_{campuran\ cair} = 1362,40\text{ kg/m}^3$$

- Massa bahan *total* yang masuk mixer :

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m ³
Padat	7646,94	0,42	986,6464
Cair	10717,53	0,58	1362,4001
TOTAL	18364,42	1	

$$\epsilon = \frac{x_{cair} / \rho_{campuran\,cair}}{x_{cair} / \rho_{campuran\,cair} + x_{padat} / \rho_{campuran\,padat}} \tag{10}$$

$$= \frac{0,58 / 1362,40}{0,58 / 1362,40 + 0,42 / 986,68}$$

$$= 0,50$$

$$\rho_{slurry} = \epsilon \cdot \rho_{campuran\,cair} + (1 - \epsilon) \cdot \rho_{campuran\,padat} \tag{10}$$

$$= 0,50 \times 1362,40 + (1 - 0,50) \times 986,68$$

$$\rho_{slurry} = 1175,97 \text{ kg/m}^3 \approx 73,42 \text{ lb/ft}^3$$

➤ Shell

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{campuran} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \tag{12}$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{73,42 \times 10,14}{144} \right) = 5,17 \frac{lb}{in^2} \approx 5,17 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (5,17 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 19,87 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 19,87 \text{ Psia}$$

$$= 23,85 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{23,85 \text{ psi} \times 7,83 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((18680 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 23,85 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,20 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

➤ **Konis**

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{73,42 \times 13,64}{144} \right) = 6,96 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 6,96 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (6,96 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 21,66 \text{ Psia}$$

$P_{design} = 1,2 \times P_{operasi}$

$= 1,2 \times 21,66 \text{ Psia}$

$= 25,99 \text{ Psia}$

$$t_{konis} = \frac{P_{design} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{design})} + C \tag{12}$$

$$t_{konis} = \frac{25,99 \text{ psi} \times 7,83 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((18680 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 25,99 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,23 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \tag{12}$$

18.2 Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *double Helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah
- Kecepatan agitator (N) adalah 40 rpm
- Rasio geometri pengaduk : [79 , 10]

$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95$	$W = \frac{Da}{6}$	$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05$	$Di = \frac{Da}{3}$
-------------------------------	--------------------	------------------------------	---------------------

$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,75 \quad \rightarrow Da = 0,75 \times 2,39 \text{ m}$

$Da = 1,79 \text{ m}$

$W = \frac{Da}{6} \quad \rightarrow W = \frac{1,79 \text{ m}}{6}$

$$W = 0,30 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \rightarrow C = 0,05 \times 2,39 \text{ m}$$

$$C = 0,12 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \rightarrow Di = \frac{1,79 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,60 \text{ m}$$

$$\rho_{slurry} = 1175,97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu \text{ campuran} = 45000 \text{ cP} = 45 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad [80]$$

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

$$N_{Re} = \frac{(1,79 \text{ m})^2 \times \left[\frac{40}{60} \right] \text{ rps} \times 1175,97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{45 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}}$$

$$= 55,86$$

Harga N_p dapat dicari dari figure 9.14 [26] dengan cara :

$N_{Re} = 55,86$ Vs Helical ribbon, sehingga didapatkan nilai $N_p = 0,9$

Power untuk 1 buah pengaduk :

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

$$= 0,9 \times 1175,97 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{40}{60} \right)^3 \text{ rps} \times (1,79 \text{ m})^5$$

$$= 5775,01 \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^3} \approx 5775,01 \text{ W}$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\text{Power sesungguhnya} = \frac{100}{80} \times 5774,01 \text{ W}$$

$$= 7218,77 \text{ W} \approx 7,22 \text{ KW} \approx 9,68 \text{ Hp}$$

18.3 Perhitungan Jaket Pendingin :

Ditetapkan :

- Steam yang digunakan adalah *saturated steam* 4,5 bar dengan suhu 148°C.
- Nilai Rd ditetapkan 0,001 [11]
- Tinggi jaket pendingin $\approx$ tinggi liquid

Data bahan yang masuk tempering :

Komponen	Massa (kg)	xi	Cp (KJ/Kg °K)
Cocoa butter	3409,41	0,186	0,53 ^[Yaws]
Cokelat mass	1891,57	0,103	8,5988 ^[Bailey's]
Susu skim	5753,37	0,313	3,94 ^[Kirk othmer]
Sirup jagung	7244,99	0,395	1,31 ^[Kirk othmer]
Vanilin	15,78	0,001	50,88 ^[Yaws]
Lecitin	47,35	0,003	1,28 ^[Kirk othmer]
TOTAL	18362,47	1	

$$C_p \text{ Campuran} = \sum x_i.C_{pi}$$

$$\begin{aligned} C_p \text{ Campuran} &= (0,186 \times 0,53) + (0,103 \times 8,5988) + (0,313 \times 3,94) + (0,395 \times \\ &1,31) + (0,001 \times 50,88) + (0,003 \times 1,28) \\ &= 2,78 \frac{Kj}{Kg.^{\circ}K} \end{aligned}$$

$$\text{Data k untuk coklat susu rendah kalori} = 0,6685 \frac{W}{m.^{\circ}K} \quad [81]$$

Properties fluida panas (pasta) menggunakan pengaduk :

Nilai h dapat dihitung menggunakan :

$$\frac{h.D_{shell}}{k} = a \left(\frac{Da2.N.\rho}{\mu} \right)^b \times \left(\frac{C_p.\mu}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad [10]$$

Untuk pengaduk helical-ribbon dengan Nre 8 s/d 10^5 , koefisien transfer panas :

[10]

a	b	m
0,633	1/2	0,18

$$\frac{h.2,39m}{0,6685 \frac{W}{m.^{\circ}K}} = 0,633 \left(\frac{(1,79m)^2 . 0,67 rps . 1175,97 \frac{kg}{m^3}}{45 \frac{kg}{m.s}} \right)^{1/2} \times \left(\frac{2,78 \frac{KJ}{Kg.^{\circ}K} . 45 \frac{kg}{m.s} . 1000 \frac{J}{Kj}}{0,6685 \frac{W}{m.^{\circ}K}} \right)^{1/3} \times (1)^{0,18}$$

$$\text{Asumsi} \rightarrow \mu_w \approx \mu \text{ coklat pada suhu } 40^{\circ}C = 45 \frac{kg}{m.s}$$

$$h = 75,81 \frac{W}{m^2.oK}$$

Properties fluida dingin (air) menggunakan pengaduk :

$$h_{oi(air)} = 1155 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \approx 6558,44 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \quad [11]$$

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{h x h_{oi}}{h + h_{oi}} \\ &= \frac{75,81 \times 6558,44}{75,81 + 6558,44} \\ &= 74,94 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \end{aligned}$$

$$R_d = 0,001$$

$$\begin{aligned} h_d &= \frac{1}{R_d} \\ &= \frac{1}{0,001} \\ &= 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_d &= \frac{U_c x h_d}{U_c + h_d} \\ &= \frac{74,94 \times 1000}{74,94 + 1000} \\ &= 69,72 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \end{aligned}$$

Luas permukaan jaket sebagai berikut :

$$\ln \left(\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1} \right) = \frac{U_D \times A \times \theta}{M \times C_p} \quad [11]$$

dimana : T_1 = suhu masuk bahan, $^\circ\text{K}$

T_2 = suhu keluar bahan, $^\circ\text{K}$

$$U_D = \text{overall heat transfer coefficient, } \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

$$A = \text{luas permukaan jaket, } m^2$$

$$\theta = \text{waktu tinggal, detik}$$

$$M = \text{massa bahan selama waktu } \theta, \text{ kg}$$

$$C_p = \text{kapasitas panas bahan, } \frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K}$$

$$\ln \left(\frac{353^\circ K - 303^\circ K}{313^\circ K - 303^\circ K} \right) = \frac{69,72 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \times A \times 1800 \text{ s}}{18364,42 \text{ kg} \times 2,7849 \frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K} \times \frac{1000 \text{ J}}{Kj}}$$

$$A = 6,55 \text{ m}^2$$

Jaket spacing (Js) dihitung dengan cara:

$$A = \pi D_s H_{liq} \text{ dlm shell} + \pi D_s b$$

$$6,55 \text{ m}^2 = 3,14 \times D_s \times 3,09 \text{ m} + 3,14 \times D_s \times 1,51$$

$$D_s = 0,45 \text{ m (dimana } D_s = D_{jaket} - OD_{shell})$$

$$D_{jaket} = 0,45 \text{ m} + 2,40 \text{ m}$$

$$= 2,85 \text{ m}$$

$$D_{jaket} = OD_{shell} + 2 J_s$$

$$2,85 \text{ m} = 2,40 \text{ m} + 2 J_s$$

$$J_s = 0,23 \text{ m}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *Tempering*
- Fungsi = untuk membentuk tekstur cokelat susu rendah kalori
- Bahan konstruksi = *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Diameter = 7,83 ft
- Tinggi *shell* = 11,75 ft
- Tinggi konis = 3,50 ft
- Tinggi tangki total = 15,25 ft
- Tebal *shell* = $\frac{1}{4}$ in
- Tebal *bottom* = $\frac{1}{4}$ in
- Pengaduk = Jenis : Helical-Ribbon
Diameter : 1,79 m
Power : 9,68 hp
Jumlah pengaduk : 1 buah
- Jaket pemanas = Luas permukaan : 6,55 m²
Tinggi jaket pemanas : 4,16 m
Jaket spacing : 0,23 m
- Jumlah tangki = 1 buah

19. MIKRO JET PULVERIZER(C-240)

Fungsi = untuk menghaluskan *cake* hingga berupa bubuk

Tipe = *Mikro jet pulverizer* yang dilengkapi blower

Dasar Pemilihan = Cocok untuk menghaluskan *cake*,

19.1 PULVERIZING ZONE

Tipe = high speed hammer mill

Dasar Pemilihan = mampu menghaluskan material hingga ukuran 150 mesh

Dari walas halaman 343 & 350 didapatkan

- Diameter feed maksimum = 10 mm
- Kapasitas = 2 ton/jam
- Diameter mill = 16 in
- Kecepatan putar mill = 3.600 rpm

Perhitungan:

Kapasitas = 3.303,9 kg/ batch

Waktu proses = $\frac{3.303,9 \text{ kg}}{2.000 \text{ kg / jam}} = 1,65 \text{ jam}$

Power motor yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{hp} &= 10 \cdot W_i \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{di}} \right) & [14] \\ &= 10 \cdot 13,81 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{105}} - \frac{1}{\sqrt{250}} \right) \end{aligned}$$

$$= 4,74 \text{ kWh/ton. Hr}$$

$$= 6,35 \text{ hp/ton jam}$$

Power motor yang dibutuhkan tiap batch adalah

$$\text{hp} = 6,35 \frac{\text{hp}}{\text{ton.jam}} \times 3,3039 \text{ ton} \times 1,65 \text{ jam}$$

$$= 34,61 \text{ hp}$$

Efisiensi power 80%

[14]

Power motor aktual

$$\text{hp} = \frac{34,61}{0,8} = 43,27 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI

- Tipe = high speed hammer mill
- Diameter feed maksimum = 10 mm
- Kapasitas = 2 ton/jam
- Diameter mill = 16 in
- Kecepatan putar mill = 3600 rpm
- Power = 43,27 hp
- Bahan = *Stainless Steel*

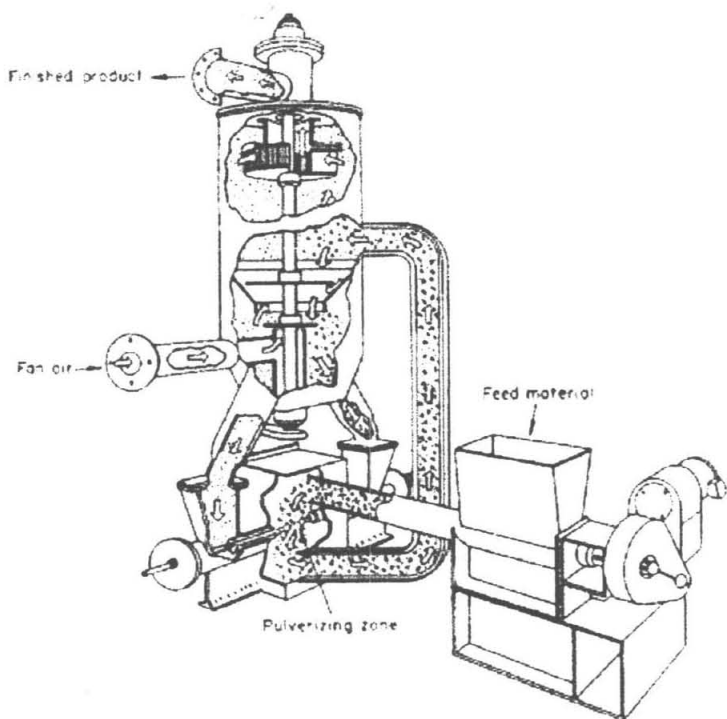
19.2 BLOWER (B-321)

- Tipe = *centrifugal*
- Dasar pemilihan = cocok untuk membawa material berupa *powder*

Perhitungan :

Blower pada *jet mikro pulverizer* menyuplai 30ft³/menit 0,8491 m³/min udara dengan tekanan 1 atm, 30°C. Tekanan udara keluar *blower* adalah 2,2 atm (ΔP = 1,2 atm). [5]

$$W_s = \frac{2,3026RT_1}{M} \log \frac{p_2}{p_1} \quad [10]$$
$$= \frac{2,3026 \times 8,314 \text{ J/mol.}^\circ \text{K} \times 303 \text{ K}}{28,97 \text{ gr/mol}} \log \frac{2,2 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 68,5623 \text{ kJ/kg}$$



Gambar C.22 Micro Jet Pulverizer

$$\rho \text{ udara } 1 \text{ atm} = \frac{P \times BM}{R \times T} = \frac{1 \text{ atm} \times 28,97 \text{ gr/mol}}{0,082 \text{ L.atm/mol.}^{\circ} \text{K} \times 303 \text{ K}} = 1,1652 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho \text{ udara } 1,2 \text{ atm} = 1,1652 \text{ kg/m}^3 \times \frac{1,2 \text{ atm}}{1 \text{ atm}} = 1,3982 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{average}} = \frac{1,1652 + 1,3982}{2} \text{ kg/m}^3 = 1,2816 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Massa udara} = 1,2816 \text{ kg/m}^3 \times 0,8491 \text{ m}^3/\text{min} = 1,813.10^{-2} \text{ kg/s}$$

$$\text{Power blower} = 68,5623 \text{ kJ/kg} \times 1,813.10^{-2} \text{ kg/s} = 1,243 \text{ kW}$$

$$\text{Efisiensi blower} = 75\% \quad [5]$$

$$\begin{aligned} \text{BHP} &= \frac{0,243 \text{ kW}}{0,75} \\ &= 1,658 \text{ kW} = 1,236 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 80\% \quad [22]$$

$$\text{Power aktual} = \frac{1,658 \text{ kW}}{0,8} = 2,0725 \text{ kW} = 2,779 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Nama = *Blower*
- Kapasitas = $0,8491 \text{ m}^3/\text{menit}$
- Power = $2,779 \text{ hp}$
- Tipe = Centrifugal
- Bahan = Carbon steel
- Jumlah = 1 buah

20. VIBRATORY SCREENING (H-241)

Fungsi : Untuk menyeragamkan ukuran *cocoa powder*

Tipe : *Vibrating screen* dengan *rectangular sieve opening*

Dasar pemilihan : Cocok untuk menyeragamkan ukuran

Waktu proses 1 batch = 30 menit

Kapasitas = $\frac{3.303,99 \text{ kg}}{0,5 \text{ jam}} = 6.607,98 \text{ kg / jam}$

Diameter yang diinginkan = 150 mesh

Dari table 21.7 [8] didapatkan data

Bukaan *screen* : 0,105mm

Diameter *wire* : 0,076mm

Dari Ulrich hal 223 diambil data

Lebar : 0,5m

Panjang : 5 m

Luas *screen* : 2,5 m²

Dari [5] didapatkan :

$$\text{Power} = \frac{16.000 \times m}{Dp} = \frac{16.000 \times 1,8355 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{105 \mu\text{m}} = 279,69 \text{ hp}$$

SPESIFIKASI :

- Nama : *Vibratory Screening*
- *Bukaan screen* : 0,105 mm
- *Diameter wire* : 0,076 mm
- Lebar : 0.5m
- Panjang : 5 m
- *Luas screen* : 2,5 m²
- *Power* : 279,69 hp
- Bahan : *stainless steel*

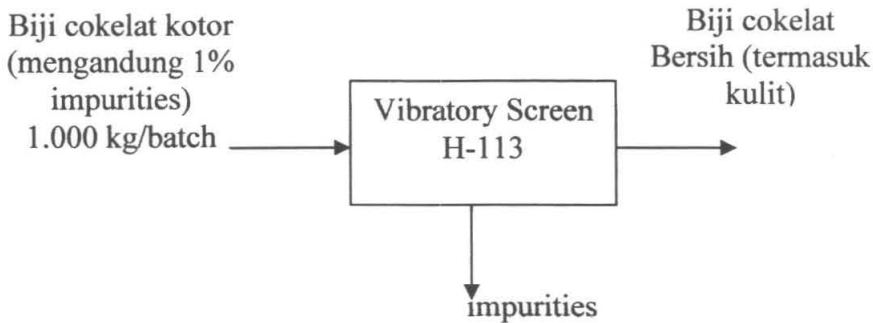
APPENDIX D
PERBANDINGAN BAHAN BAKU DENGAN PRODUK JADI

APPENDIX D

PERBANDINGAN BAHAN BAKU DENGAN PRODUK JADI

Basis penghitungan : 1.000 kg biji cokelat kotor/batch.

1. Cleaner(H-113)



Biji cokelat kotor yang masuk = 1.000 kg/batch

Asumsi impurities (debu + logam + batu kecil) yang masuk = 1%, sehingga

Massa impurities yang masuk = $1\% \times 1.000 \text{ kg/batch}$
 = 10 kg/ batch

Massa impurities masuk = Massa impurities keluar

Massa biji cokelat bersih keluar = $(1.000 - 10) \text{ kg/ batch}$
 = 990 kg/ batch

Kandungan biji cokelat terdiri dari 85% biji dan 15% kulit [1]

Biji cokelat keluar = 85 % dari biji cokelat bebas impurities
 = $85\% \times 990 \text{ kg/ batch}$
 = 841,5 kg/ batch

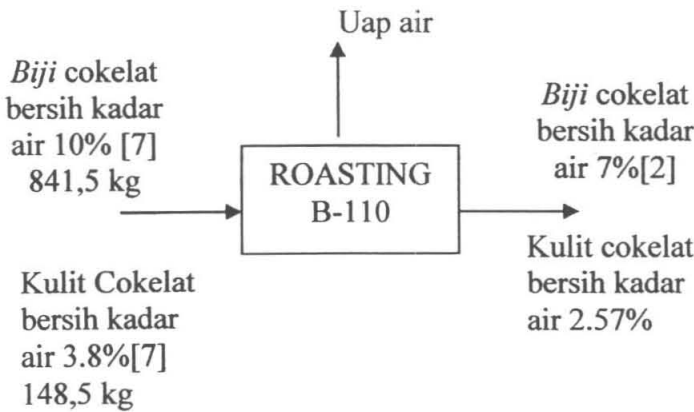
Kulit cokelat keluar = 15% dari biji cokelat bebas impurities
 = $15\% \times 990 \text{ kg/ batch}$

= 148,5 kg/batch

Tabel D.1. Komposisi cokelat dalam proses *Cleaning* (H-113).[7]

Masuk Dari Warehouse (F-111)		Keluar Ke Roaster (B-110)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	841,5	Biji	841,5
Air	84,15	Air	84,15
Asam Asetat	0,84	Asam Asetat	0,84
Lemak	460,30	Lemak	460,30
Komponen lain	296,21	Komponen lain	296,21
Kulit	148,5	Kulit	148,5
Air	5,64	Air	5,64
Asam Asetat	0,15	Asam Asetat	0,15
Lemak	5,05	Lemak	5,05
Komponen lain	137,66	Komponen lain	137,66
Total biji + kulit	990	Total biji + kulit	990
Pengotor	10	Pengotor	10
Total biji + kulit + pengotor	1.000	Total biji + kulit + pengotor	1.000

2. Roasting(B-110)



Biji + kulit coklat masuk roasting sebanyak 990 kg/jam (kadar air 10%) terdiri dari 841,5 kg biji coklat dan 148,5 kg kulit coklat.

Biji coklat :

- Air masuk roasting $= 10\% \times 841,5 \text{ kg/ batch}$
 $= 84,15 \text{ kg/batch}$
- Massa biji (solid) tanpa air $= 841,5 - 84,15 \text{ kg/ batch}$
 $= 757,35 \text{ kg/ batch}$
- Air keluar roasting $= \frac{\text{air}}{\text{air} + \text{solid}} = 7\%$
 $= \frac{\text{air}}{\text{air} + 757,35} = 7\%$
- Maka air keluar roasting $= 57 \text{ kg/ batch}$
- Air yang menguap $= (84,15 - 57) \text{ kg/ batch}$
 $= 27,15 \text{ kg/ batch}$
- % air yang menguap $= \frac{27,15 \text{ kg/batch}}{84,15 \text{ kg/batch}} \times 100\%$
 $= 32.26\%$

Karena pada *biji* coklat air yang menguap sebanyak 32,26%, maka diasumsikan pada *kulit* coklat air yang menguap juga sebanyak 32,26%

Kulit coklat :

- Air yang masuk roasting $= 3,8\% \times 148,5 \text{ kg/ batch [7]}$
 $= 5,64 \text{ kg/ batch}$
- Air yang menguap $= \frac{32,26}{100} \times 5,64 \text{ kg/ batch}$
 $= 1,82 \text{ kg/ batch}$
- Air yang keluar roasting $= (5,64 - 1,82) \text{ kg/ batch}$

= 3,82 kg/ batch

➤ Kadar air dalam kulit cokelat = $\frac{3,82}{148,5} \times 100\%$
= 2,57 %

Total air yang menguap dari biji + kulit = (27,15 + 1,82) kg/ batch
= 28,97 kg/ batch

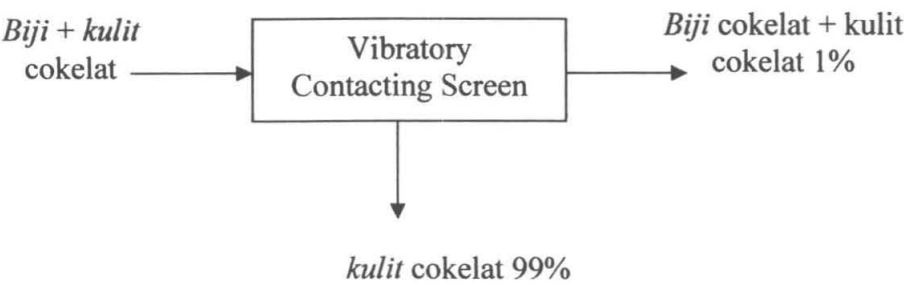
Biji cokelat keluar roasting = biji cokelat – air yang menguap pada biji
= (841,5 – 27,15) kg/ batch
= 814,35 kg/ batch

kulit cokelat keluar roasting = kulit cokelat - air yang menguap pada kulit
= (148,5 – 1,82) kg/ batch
= 146,68 kg/ batch

Tabel D.2. Komposisi cokelat dalam proses Roasting (B-110).

Masuk Dari Cleaning (H-113)		Keluar Ke Winnowing (H-121)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	841,5	Biji	814,35
Air	84,15	Air	57,00
Asam Asetat	0,84	Asam Asetat	0,84
Lemak	460,30	Lemak	460,30
Komponen lain	296,21	Komponen lain	296,21
Kulit	148,5	Kulit	146,68
Air	5,64	Air	3,82
Asam Asetat	0,15	Asam Asetat	0,15
Lemak	5,05	Lemak	5,05
Komponen lain	137,66	Komponen lain	137,66
Uap air	0	Uap air	28,97
Total	990		990

3. Winnowing(H-121)



Pada winnowing diasumsi 99% *kulit* coklat terpisah [1].Sehingga kulit yang masih terikut adalah 1%

Biji coklat masuk winnowing = 814,35 kg/batch

Kulit coklat masuk winnowing = 146,68 kg/ batch

Biji + kulit coklat keluar winnowing = [814,35+(1% x 146,68)]
= 815,82 kg/ batch

Biji dan Kulit yang terikut :

- Air = [57+(1% x 3,82)] = 57,04 kg/ batch
- Asam Asetat = [0,84+(1% x 0,15)] = 0,84 kg/ batch
- Lemak = [460,30+(1% x 5,05)] = 460,35 kg/ batch
- Komponen lain= [296,21+(1% x 137,66)] = 297,58 kg/ batch

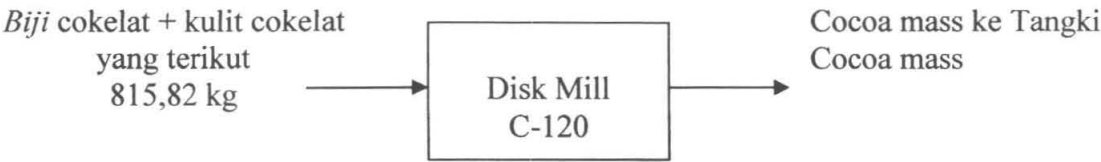
Kulit :

- Air = [3,82-(1% x 3,82)] = 3,78 kg/ batch
- Asam Asetat = [0,15-(1% x 0,15)] = 0,15 kg/ batch
- Lemak = [5,05-(1% x 5,05)] = 5,00 kg/ batch
- Komponen lain= [137,66-(1% x 137,66)] = 136,28 kg/ batch

Tabel D.3. Komposisi cokelat dalam proses *Winnowing* (H-121).

Masuk Dari Roaster (B-110)		Keluar Biji → Ke Grinder (C-120) Kulit → Curah untuk pakan ternak	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	814,35	Biji + kulit yang terikut	815,82
Air	57,00	Air	57,04
Asam Asetat	0,84	Asam Asetat	0,84
Lemak	460,30	Lemak	460,35
Komponen lain	296,21	Komponen lain	297,58
Kulit	146,68	Kulit	145,21
Air	3,82	Air	3,78
Asam Asetat	0,15	Asam Asetat	0,15
Lemak	5,05	Lemak	5,00
Komponen lain	137,66	Komponen lain	136,28
Total biji + kulit	961,03		961,03

4. Grinding (C-120)



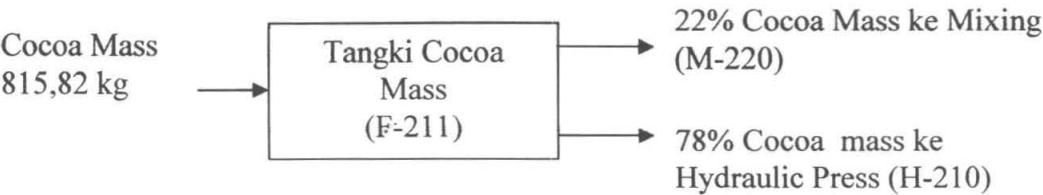
Biji cokelat + kulit yang terikut masuk grinding sebanyak 815,82 kg/batch

Pada proses grinding biji cokelat dihaluskan menjadi *Cocoa mass*, dan pada proses ini diasumsikan tidak ada biji cokelat yang menempel pada alat.

Tabel D.4. Komposisi cokelat dalam proses *Grinding* (C-120).

Masuk Dari Winnowing (H-121)		Keluar Ke Tangki Cocoa Mass (F-211)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Biji	815,82	Cocoa Mass	815,82
Air	57,04	Air	57,04
Asam Asetat	0,84	Asam Asetat	0,84
Lemak	460,35	Lemak	460,35
Komponen lain	297,58	Komponen lain	297,58
Total	815,82		815,82

5. Tangki Cocoa Mass (F-211)



Sebanyak 22% [1] *Cocoa Mass* yang dihasilkan akan menuju Mixing (M-220) sedangkan 78% lainnya masuk kedalam *Hydraulic press* (H-210)

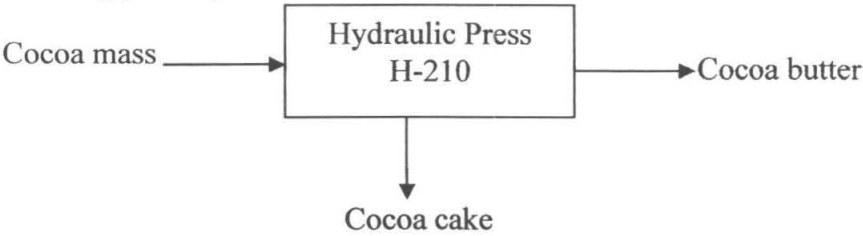
Cocoa Mass menuju Mixing (M-220) $= 22\% \times 815,82 \text{ kg/batch}$
 $= 179,48 \text{ kg/batch}$

Cocoa Mass menuju Hydraulic Press (H-210) $= 78\% \times 815,82 \text{ kg/batch}$
 $= 636,34 \text{ kg/batch}$

Tabel D.5. Komposisi cokelat dalam tangki *Cocoa Mass* (F-211)

Masuk Dari Grinding (C-120)		Keluar	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass	815,82	Cocoa Mass → Pressing (H-210)	636,34
Air	57,04	Air	44,49
Asam Asetat	0,84	Asam Asetat	0,66
Lemak	460,35	Lemak	359,07
Komponen lain	297,58	Komponen lain	232,12
		Cocoa Mass → Mixing (M-220)	179,48
		Air	12,55
		Asam Asetat	0,19
		Lemak	101,28
		Komponen lain	65,47
Total	815,82		815,82

6. Pressing (H-210)



Diasumsikan bahwa *Cocoa butter* yang dihasilkan dari proses *pressing* hanya terdiri dari lemak.

Lemak yang masuk *pressing* = 359,07 kg/batch

Cocoa butter yang dapat diambil pada proses *pressing* = 90% dari lemak yang masuk *pressing* [3]

Cocoa butter = 90% x 359,07 kg/batch

 = 323,17 kg

Lemak yang masih terdapat dalam cake = (359,07 – 323,17) kg

 = 35,90 Kg/batch

Tabel D.6. Komposisi cokelat dalam proses *Pressing* (H-210).

Masuk Dari Tangki Cocoa Mass (F-211)		Keluar Cocoa Butter → Ke Tangki Cocoa Butter (H-221) Cocoa Cake → Ke Pulverizer (C-240)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass	636,34	Cocoa Butter	323,17
Air	44,49	Lemak	323,17
Asam Asetat	0,66	Cocoa Cake	313,17
Lemak	359,07	Air	44,49
Komponen	232,12	Asam Asetat	0,66
		Lemak	35,90
		Komponen lain	232,12
Total	636,34		636,34

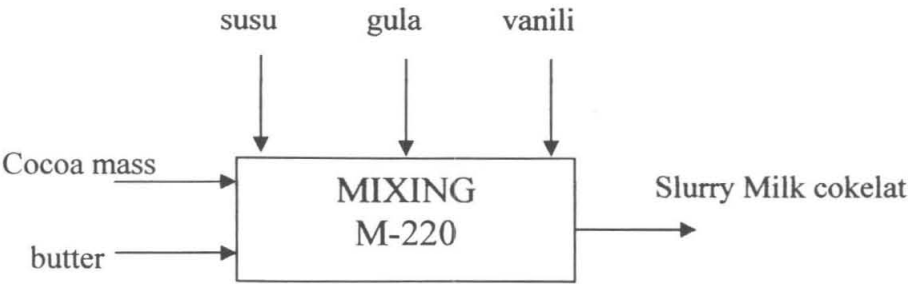
7. Tangki Cocoa Butter (F-221)

Tabel D.7. Komposisi cokelat dalam Tangki *Cocoa Butter* (F-221).

Masuk Dari Pressing (H-210):		Keluar Ke Mixer (M-220):	
Cocoa Butter	Kg/batch	Cocoa Butter	Kg/batch
Lemak	323,17	Lemak	323,17
Q total masuk	323,17	Q total keluar	323,17

A.Proses Pembuatan *Milk Chocolate*

8.1 Mixing (M-220)



Pada proses ini terdapat penambahan bahan-bahan untuk menghasilkan *milk chocolate* dengan komposisi sebagai berikut:

- Tabel D.8. komposisi pembuatan *Milk Chocolate* dengan menggunakan gula biasa, *fat-milk*, dan Lecithin [1]

Komposisi	%
Cokelat mass	12
Susu	15
Sukrosa	51
Butter	21,6
Lecitin	0,3
Vanili	0,1

Sehingga diperoleh:

Cocoa Mass yang didapatkan dari proses *Grinding* = 178,48 kg/batch

Cocoa Butter yang didapatkan dari proses *Pressing* = 323,17 kg/batch

Fat milk yang digunakan

$$= \frac{15}{21.6} \times 323,17 \text{ kg / batch}$$
$$= 224,42 \text{ kg/batch}$$

Gula (Sukrosa) yang digunakan $= \frac{51}{21.6} \times 323,17 \text{ kg / batch}$

$= 763,03 \text{ kg/batch}$

Vanillin yang digunakan $= \frac{0.1}{21.6} \times 323,17 \text{ kg / batch}$

$= 1,50 \text{ kg/batch}$

Lecithin yang digunakan $= \frac{0.3}{21.6} \times 323,17 \text{ kg / batch}$

$= 4,49 \text{ kg/batch} \rightarrow$ ditambahkan pada proses *Conching*

Karena kualitas yang diinginkan adalah produk cokelat rendah kalori, maka susu dan gula akan digantikan dengan non-fat milk dan gula rendah kalori.

Perbandingan *milk solid* antara *Fat Milk* : *Non-Fat Milk* adalah 1 : 2,43. [1]

Sedangkan *Relative Sweetness* [Bhandari(8)] dari gula dapat diperlihatkan dalam table dibawah ini.

* Tabel D.9. Dasar perbandingan adalah sucrose.

Substances	Relative Sweetness
Sukrosa	100
HFCS (High Fructose Corn Syrup Solids)	90

Sehingga non-fat milk yang dibutuhkan untuk dapat menggantikan fat milk :

Non-fat milk yang dibutuhkan $= 224,42 \text{ kg / batch} \times \frac{2.43}{1}$

$= 545,34 \text{ kg/batch}$

Dan dengan dasar perbandingan yang diberikan pada tabel 7 diatas maka diperoleh Gula low calorie (High Fructose Corn Syrup Solids) yang dibutuhkan untuk dapat menggantikan gula biasa

$$\begin{aligned} &= 763,03 \text{ kg / batch} \times \frac{90}{100} \\ &= 686,73 \text{ kg/batch} \end{aligned}$$

Tabel D.10. Komposisi cokelat dalam proses *Mixing* (M-220).

Masuk		Keluar	
Cocoa Mass→Dari Tangki Cocoa Mass(F-211)		Ke Refiner (M-231)	
Cocoa Butter→Dari Tangki Cocoa Butter (F-221)			
Non-fat milk→Dari Tangki (F-222)			
HFCS →Dari Tangki (F-223)			
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	12,55	Air	12,55
Asam Asetat	0,19	Asam Asetat	0,19
Lemak	101,28	Lemak	101,28
Pasta	65,47	Pasta	65,47
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	323,17	Lemak	323,17
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	545,34	Non-fat milk	545,34
HFCS	686,73	HFCS	686,73
Vanilin	1,50	Vanilin	1,50
Total	1736,22		1736,22

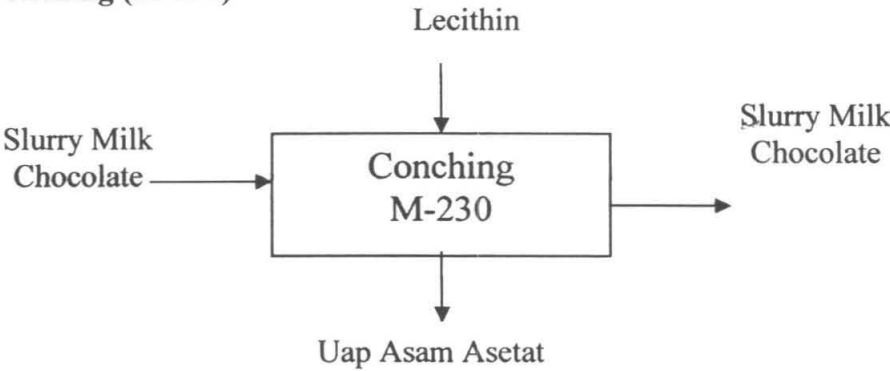
8.2 Refining (M-231)

Dalam proses refining ini tidak terjadi perubahan komponen.

Tabel D.11. Komposisi cokelat dalam proses *Refining* (M-231).

Masuk Dari Mixer (M-220)		Keluar Ke Conching (M-230)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	12,55	Air	12,55
Asam Asetat	0,19	Asam Asetat	0,19
Lemak	101,28	Lemak	101,28
Pasta	65,47	Pasta	65,47
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	323,17	Lemak	323,17
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	545,34	Non-fat milk	545,34
HFCS	686,73	HFCS	686,73
Vanilin	1,50	Vanilin	1,50
Total	1736,22		1736,22

8.3 Conching (M-230)



Dalam proses Conching terbagi atas dua tahap, yaitu :

A. Penghilangan Asam Asetat

Dalam proses ini, Asam asetat yang terdapat dalam adonan diasumsikan dapat teruapkan sempurna karena adanya panas yang dihasilkan oleh gesekan, adanya pengadukan dan lamanya pengadukan (2hari).

B. Penambahan Emulsifier. Dalam proses ini menggunakan Lecithin.

Penambahan Lecithin ini dilakukan pada saat Asam Asetat sudah dianggap teruapkan dengan sempurna.

Tabel D.12. Komposisi cokelat dalam proses *Conching* (M-230).

Masuk Dari Refiner (M-231)		Keluar Ke Tempering (P-310)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	12,55	Air	12,55
Asam Asetat	0,19	Uap Asam Asetat	0,19
Lemak	101,28	Lemak	101,28
Komponen lain	65,47	Komponen lain	65,47
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	323,17	Lemak	323,17
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	545,34	Non-fat milk	545,34
HFCS	686,73	HFCS	686,73
Vanilin	1,50	Vanilin	1,50
Lecithin	545,34	Lecithin	545,34
Total pasta + asam asetat	1740,52	Total pasta + uap asam asetat	1740,52
Total pasta	1740,52	Total pasta	1740,52

Lecithin yang ditambahkan dalam proses *conching* sesuai dengan jumlah lecithin yang didapatkan dalam tabel 8. Dengan persentase 0,3% (menggunakan *fat milk*, sukrosa) maka jumlah lecithin yang ditambahkan sebanyak 4,49 kg/batch.

Dengan adanya penggunaan *low calorie sugar* (HFCS) menggantikan sukrosa *non-fat milk* menggantikan *fat milk*, penambahan lecithin dan penghilangan asam asetat maka akan didapatkan persentase baru untuk komposisi penyusun *milk chocolate*.

Cokelat mass

$$= \frac{179,30}{1.740,52} * 100\%$$

= 10,30%

Non-fat milk

$$= \frac{323,17}{1.740,52} * 100\%$$

= 31,33%

HFCS

$$= \frac{545,34}{1.740,52} * 100\%$$

= 39,46%

Cocoa Butter

$$= \frac{686,73}{1.740,52} * 100\%$$

= 18,57%

Vanilli

$$= \frac{1,50}{1.740,52} * 100\%$$

= 0.09%

Lecithin

$$= \frac{4,49}{1.740,52} * 100\%$$

= 0.26%

- Tabel D.13. Komposisi pembuatan *Milk Chocolate* dengan penambahan Lecithin.

Komposisi	%
Cokelat mass	10,30
Susu non-fat	31,33
Gula low calorie (HFCS)	39,46
Butter	18,57
Vanili	0,09
Lecithin	0,26

8.4 Tempering (P-310)

Dalam proses tempering ini, asam asetat sudah menguap dengan sempurna.

Tabel D.14. Komposisi coklat dalam proses *Tempering*.

Masuk Dari Standardizing (M-230)		Keluar Ke Molding (P-311)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	12,55	Air	12,55
Lemak	101,28	Lemak	101,28
Komponen lain	65,47	Komponen lain	65,47
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	323,17	Lemak	323,17
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	545,34	Non-fat milk	545,34
HFCS	686,73	HFCS	686,73
Vanilin	1,50	Vanilin	1,50
Lecithin	545,34	Lecithin	545,34
Total	1740,52		1740,52

8.5 Proses *Molding*(P-311)

Tabel D.15. Komposisi coklat dalam proses *Molding* (P-311).

Masuk Dari Tempering (P-310)		Keluar Ke Packaging	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass		Cocoa Mass	
Air	12,55	Air	12,55
Lemak	101,28	Lemak	101,28
Komponen lain	65,47	Komponen lain	65,47
Cocoa Butter		Cocoa Butter	
Lemak	323,17	Lemak	323,17
Material lainnya		Material lainnya	
Non-fat milk	545,34	Non-fat milk	545,34
HFCS	686,73	HFCS	686,73
Vanilin	1,50	Vanilin	1,50
Lecithin	545,34	Lecithin	545,34
Total	1740,52		1740,52

8.6 Produk Akhir

Tabel D.16. Komposisi produk akhir milk chocolate.

Produk Akhir	
Komponen	Kg/batch
Cocoa Mass	
Air	12,55
Lemak	101,28
Pasta	65,47
Cocoa Butter	
Lemak	323,17
Material lainnya	
Non-fat milk	545,34
HFCS	686,73
Vanilin	1,50
Lecithin	545,34
Total	1740,52

Perbandingan antara bahan baku dengan produk jadi = 1000 : 1740,52

= 57,571 : 100

B. Proses Pembuatan *Cocoa Powder*

9.1 Pulverize (C-240)

Dalam proses *Pulverize*, air yang terdapat dalam cake akan diuapkan sehingga dalam cake hanya mengandung 2% air.

Tabel D.17. Komposisi cokelat dalam proses *Pulverize* (C-240).

Masuk Dari Pressing (H-210)		Keluar Ke Sifting (H-260)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Air	44,49	Air	0,89
Asam Aetat	0,66	Asam Aetat	0,66
Lemak	35,90	Lemak	35,90
Pasta	232,12	Pasta	232,12
		Uap air	43,60
Total	313,17		313,17

9.2 Sifting (H-260)

Tabel D.18. Komposisi coklat dalam proses *Sifting* (H-260).

Masuk Dari Pulverize (C-240)		Keluar Ke Packaging (Produk Akhir)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Air	0,89	Air	0,89
Asam Asetat	0,66	Asam Asetat	0,66
Lemak	35,90	Lemak	35,90
Pasta	232,12	Pasta	232,12
Total	269,57		269,57

9.3 Produk Akhir

Tabel D.19. Komposisi produk akhir Cocoa Powder.

Produk Akhir	
Komponen	Kg/batch
Air	0,89
Asam Asetat	0,66
Lemak	35,90
Komponen lain	232,12
Total	269,57

The background of the page is covered with a repeating pattern of circular emblems. Each emblem features a central shield with a crown on top, flanked by two lions, and a banner at the bottom. The pattern is arranged in a grid-like fashion across the entire page.

APPENDIX E
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

APPENDIX E

PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Harga peralatan sering mengalami perubahan karena kondisi ekonomi. Untuk memperkirakan harga peralatan sekarang diperlukan suatu indeks yang dapat mengkonversikan harga peralatan sebelumnya menjadi harga ekuivalen sekarang. Metode yang digunakan untuk menentukan harga peralatan adalah metode Cost Index yang dihitung dengan persamaan :

$$\text{Harga alat saat ini} = \frac{\text{Cost index saat ini}}{\text{Cost index pd tahun A}} \times \text{Harga Alat pd Tahun A}$$

Pada Prarencana pabrik Cokelat Susu Batangan Rendah Kalori ini, harga peralatan yang digunakan didasarkan pada harga alat yang terdapat pada pustaka *Peters & Timmerhauss* dan situs www.matche.com. Cost index yang digunakan adalah dari *Marshall & Swift Cost Index*. Untuk peralatan tangki menggunakan peralatan lokal karena harga tangki lokal lebih murah daripada harga impor, contohnya harga tangki *cocoa butter*:

Harga tangki lokal = Rp 80.000,-/ kg (termasuk ongkos pembuatan).

$$\rho_{\text{stainless steel}} = 489 \text{ lb/ft}^3 \text{ [84]}$$

$$\text{Volume stainless steel} = \pi \times D \times T \times \text{tebal shell}$$

$$= \pi \times 4,77 \text{ ft} \times 11,23 \text{ ft} \times 0,0156 \text{ ft} = 2,6239 \text{ ft}^3$$

$$\text{Massa tangki} = 489 \text{ lb/ft}^3 \times 2,6239 \text{ ft}^3$$

$$= 1283,1022 \text{ lb} = 582,0061 \text{ kg}$$

$$\text{Harga tangki} = \text{Rp}80.000,-/\text{kg} \times 582,0061 \text{ kg}$$

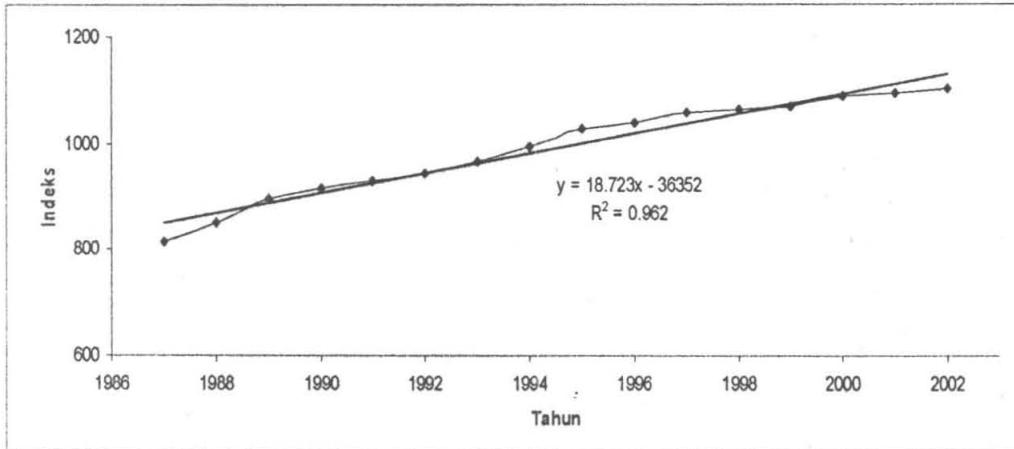
$$= \text{Rp. } 102.648.173,-$$

$$\text{Harga Tangki Import} = \$ 29500 \times \text{Rp. } 9500,- = \text{Rp. } 280.250.000,-$$

E.1 Perhitungan Harga Peralatan

Cost Index Marshall & Swift pada tahun 2003 = 1150,169

Diperkirakan pabrik didirikan tahun 2007 dengan extrapolasi dari linierisasi data-data tahun sebelumnya didapatkan :



Grafik E.1. *Cost Index Marshall & Swift*

Dari persamaan $y = a.x + b$

$$= 18,723.2007 - 36352$$

$$= 1225,061$$

Jadi *Cost Index Marshall & Swift* pada tahun 2007 = 1225,061

Contoh perhitungan :

Nama alat : Belt Conveyor

Kapasitas Belt : 32 ton/jam

Bahan konstruksi : Karet

Harga Tahun 2003 : \$ 10.000 ^[42]

$$\text{Harga Tahun 2007} = \frac{1225,061}{1150,169} \times \$10.000 = \$ 10.651$$

Dengan cara yang sama, harga peralatan disajikan pada tabel E.1 untuk alat-alat proses import, tabel E.2 untuk alat-alat proses lokal dan tabel E.3 untuk alat - alat utilitas.

Tabel E.1 Tabel harga alat proses impor

Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Harga 2003	Harga 2007	Harga Total
J-112	Belt Conveyor	1	\$10,000	\$10,651	\$10,651
H-113	Vibratory screen bertingkat	1	\$58,400	\$62,203	\$62,203
B-110	Rotary Drum Roaster	1	\$68,900	\$73,386	\$73,386
H-121	Vibratory Contacting Screen	1	\$42,100	\$44,841	\$44,841
	Blower VCS	1	\$1,700	\$1,811	\$1,811
C-120	Disk Mill	1	\$15,800	\$16,829	\$16,829
J-122	Screw Conveyor	1	\$10,000	\$10,651	\$10,651
F-221	Agitator pada tangki Cocoa Mass	1	\$50,200	\$53,469	\$53,469
L-214	Pompa Cocoa Mass-Pressing & Mixer	1	\$8,300	\$8,300	\$8,300
H-220	Screw Press	1	\$154,600	\$164,667	\$164,667
J-222	Screw Conveyor ke Pulverizing	1	\$10,000	\$10,651	\$10,651
L-215	Pompa Pressing-Tangki Cocoa Butter	1	\$3,100	\$3,302	\$3,302
F-211	Agitator pada tangki Cocoa Butter	1	\$50,200	\$53,469	\$53,469
L-216	Pompa Cocoa Butter-Mixer	1	\$3,100	\$3,302	\$3,302
J-213	Screw Conveyor	1	\$10,000	\$10,651	\$10,651
L-223	Pompa HFCS-Mixer	1	\$3,600	\$3,834	\$3,834
M-210	Agitator pada mixer	1	\$50,200	\$53,469	\$53,469
L-224	Pompa Mixer-Refiner	1	\$8,600	\$9,160	\$9,160
C-311	Refining	1	\$95,900	\$102,144	\$102,144
L-314	Pompa Refiner-Tangki Conching	1	\$8,600	\$9,160	\$9,160
M-310	Conching (termasuk Ribbon)	2	\$139,000	\$148,051	\$296,102
L-315	Pompa Conching-Tempering	1	\$8,600	\$9,160	\$9,160
F-312	Agitator pada tangki tempering	1	\$50,200	\$53,469	\$53,469
C-320	Micro Jet Pulverizer	1	\$48,000	\$51,125	\$51,125
	Blower pada Micro Jet Pulverizer	1	\$2,000	\$2,130	\$2,130
H-321	Vibratory Screen	1	\$29,200	\$31,101	\$31,101
	TOTAL				\$1,149,037
	Asumsi \$1 Rp.9500				Rp10.915.851.471

Tabel E.2 Tabel harga alat proses yang dibeli dari dalam negeri (lokal)

Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Harga	Harga Total
F-221	Tangki Cocoa Mass	1	Rp60,000,000	Rp60,000,000
F-211	Tangki Cocoa Butter	1	Rp105,000,000	Rp105,000,000
F-214	Tangki Penampung HFCS	1	Rp192,500,000	Rp192,500,000
M-210	Tangki Mixer	1	Rp322,700,000	Rp322,700,000
F-312	Tangki Tempering	1	Rp127,750,000	Rp127,750,000
	Harga Total			Rp807,950,000

Tabel E.3 Tabel harga alat utilitas

Kode Alat	Nama Alat	Jumlah	Harga 2003	Harga 2007	Harga Total
L-210	Pompa air sumur	1	\$1,300	\$1,385	\$1,385
L-212	Pompa air ke sand filter	1	\$1,300	\$1,385	\$1,385
L-214	Pompa air ke carbon filter dan bak penampung air bersih	1	\$1,300	\$1,385	\$1,385
L-221	Pompa air sanitasi	1	\$1,300	\$1,385	\$1,385
L-222	Pompa air ke tangki demineralisasi	1	\$1,000	\$1,065	\$1,065
L-231	Pompa air ke tangki penampung air demineralisasi	1	\$1,000	\$1,065	\$1,065
L-235	Pompa air ke boiler	1	\$1,000	\$1,065	\$1,065
	Boiler	1	\$35,000	\$37,279	\$37,279
	Cooling Tower	1	\$52,900	\$56,345	\$56,345
	Generator Set	1	\$120,000	\$127,814	\$127,814
	TOTAL				\$230,171
	Asumsi \$1	Rp.9500			Rp2,186,625,600

Total biaya peralatan = biaya alat proses + biaya alat utilitas

$$= (\text{Rp.10.915.851.471,-} + \text{Rp. 807.950.000,-}) + \text{Rp. 2.186.625.600,-}$$

$$= \text{Rp. 14.112.923.286,-}$$

E.2 Perhitungan Harga Bahan Baku

Bahan baku yang dibutuhkan antara lain :

1. Biji cokelat

Kebutuhan pertahun = 6.350 ton

Harga beli pertahun = Rp. 10.000.000,-/ton x 6.350 ton
= Rp. 63.500.000.000,-

2. HFCS (*High Fructose Corn Syrup*)

Kebutuhan pertahun = 4.500 ton

Harga beli pertahun = Rp. 8.000.000,-/ton x 4.500 ton
= Rp. 36.000.000.000,-

3. Lecithin

Kebutuhan pertahun = 28.500 kg

Harga beli pertahun = Rp. 8.000,-/kg x 28.500 kg
= Rp. 228.000.000,-

4. *Skim Milk* (Susu Skim)

Kebutuhan pertahun = 3.452 ton

Harga beli pertahun = Rp. 72.000.000,-/ton x 3.452 ton
= Rp. 248.554.000.000,-

5. Vanili

Kebutuhan pertahun = 10.000 kg

Harga beli pertahun = Rp. 60.000,-/kg x 10.000 kg
= Rp. 600.000.000,-

6. Karbon Aktif

Kebutuhan pertahun = 500 kg

$$\begin{aligned}\text{Harga beli pertahun} &= \text{Rp. } 2.500,00 / \text{kg} \times 500 \text{ kg} \\ &= \text{Rp} 1.250.000,-\end{aligned}$$

7. Ammonia

$$\text{Kebutuhan pertahun} = 505 \text{ liter}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga beli pertahun} &= \text{Rp. } 145.000,-/\text{liter} \times 505 \text{ liter} \\ &= \text{Rp. } 43.500.000,-\end{aligned}$$

8. Zeolit

$$\text{Kebutuhan pertahun} = 300 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga beli pertahun} &= \text{Rp. } 25.000,-/\text{kg} \times 300 \text{ kg} \\ &= \text{Rp. } 7.500.000,-\end{aligned}$$

9. Sand Filter

$$\text{Kebutuhan pertahun} = 0,5 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Harga beli pertahun} &= \text{Rp. } 40.000,-/\text{m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \\ &= \text{Rp. } 40.000,-\end{aligned}$$

10. NaCl

$$\text{Kebutuhan pertahun} = 10 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga beli pertahun} &= \text{Rp. } 5.000,-/\text{kg} \times 10 \text{ kg} \\ &= \text{Rp. } 50.000,-\end{aligned}$$

11. Kemasan

Tabel E.4 Harga Kemasan

Bahan	Massa Cokelat (kg/thn)	Harga Satuan	Harga
Aluminium foil untuk cokelat 250 gr	11.017.482	Rp 500	Rp 22.034.964.000
Bungkus kertas untuk cokelat 250 gr	11.017.482	Rp 200	Rp 8.813.985.600
Kardus untuk kapasitas cokelat 250 gr	11.017.482	Rp 450	Rp 19.831.467.600
Kardus untuk kapasitas 50 bh cokelat 250 gr	11.017.482	Rp 1.100	Rp 969.538.416
Plastik untuk kapasitas 10 kg cocoa powder	5.688	Rp 550	Rp 312.836
Total Packing			Rp. 51.649.955.616

E.3 Perhitungan Biaya Utilitas

E.3.1. Biaya Bahan Bakar

Dalam 1 tahun dibutuhkan bahan bakar : 153.940 lt solar

Harga 1 liter solar = Rp. 5.810,-^[91]

Biaya bahan bakar/tahun = 153.940 lt solar x Rp. 5.810,-
= Rp 894.391.400,-

E.3.2. Biaya Listrik

Biaya listrik beban puncak = faktor k x biaya listrik non beban

Faktor k berharga $1,4 \leq k \leq 2$ ^[92]

Diambil k = 1,7

Biaya listrik beban puncak = 1,7 x Rp.400,00 = Rp.680,00

Untuk keperluan industri di atas 200 kVA hingga 30.000 kVA biaya abonemen perbulan adalah = Rp.30.000,00/ kVA

Tabel E.5 Daftar kebutuhan listrik dari PLN

Kebutuhan Daya (kVA)	Harga Satuan	Abonemen perbulan	Pemakaian kWh/ bln	Total/bulan
2.203	Rp30,000.00	Rp 66.075.900	-	Rp 66.075.900
beban puncak	Rp680.00	-	16.125	Rp 10.965.612
non beban	Rp400.00	-	50.383	Rp 20.153.400
Total pertahun =				Rp1.166.338.944

E.4 Perhitungan Harga Jual Produk

Produk yang dihasilkan dari pabrik Cokelat Susu Batangan Rendah Kalori ini adalah :

1. Cokelat Susu Batangan (Pasar Lokal)

Harga jual satuan = Rp. 15.000,- /250 gr

$$\begin{aligned}\text{Produksi pertahun} &= 2.203 \text{ kg/hari} \times 300 \text{ hari} \\ &= 660.900 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pendapatan pertahun} &= 660.900 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \times \text{Rp. } 15.000,-/\text{kg} \\ &= \text{Rp. } 39.662.935.200,-\end{aligned}$$

2. Cokelat Susu Batangan (Pasar Eksport)

$$\text{Harga jual satuan} = \$ 2.15 = \text{Rp. } 20.425,-/250 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi pertahun} &= 34.521 \text{ kg/hari} \times 300 \text{ hari} \\ &= 10.356.300 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pendapatan pertahun} &= 10.356.300 \text{ kg} \times \frac{1000 \text{ gr}}{250 \text{ gr}} \times \text{Rp. } 20.425,-/250 \text{ gr} \\ &= \text{Rp. } 846.120.582.636,-\end{aligned}$$

3. Cake biji cokelat

$$\text{Harga jual satuan} = \text{Rp. } 1.500 / \text{kg}$$

$$\begin{aligned}\text{Produksi pertahun} &= 5.668 \text{ kg/hari} \times 300 \text{ hari} \\ &= 1.700.400 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pendapatan pertahun} &= 1.700.400 \text{ kg} \times \text{Rp. } 1.500 / \text{kg} \\ &= \text{Rp. } 2.986.168.500\end{aligned}$$

E. 5 Perhitungan Gaji Karyawan

Untuk karyawan bagian proses, pengemasan, dan keamanan dilakukan sistem 3 shift/hari yang terdiri atas 3 regu secara bergantian.

Shift pergantian kerja dilakukan dengan cara seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel E.6. Shift Pergantian Kerja

Shift	Hari					
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
I	A	A	C	C	B	B
II	B	B	A	A	C	C
III	C + D	C + D	B + D	B + D	A + D	A + D

Shift I : pukul 07.00 – 15.00

Shift II : pukul 15.00 – 23.00

Shift III : pukul 23.00 – 07.00

Regu A terdiri dari : Petugas Kesehatan → 1 orang

Pegawai Maintenance → 2 orang

Operator Controller → 2 orang

Satpam → 1 orang

Pegawai Proses → 9 orang

Regu B terdiri dari : Petugas Kesehatan → 1 orang

Pegawai Maintenance → 1 orang

Operator Controller → 1 orang

Satpam → 2 orang

Pegawai Proses → 8 orang

Regu C terdiri dari : Petugas Kesehatan → 1 orang

Pegawai Maintenance → 2 orang

Operator Controller → 2 orang

Satpam → 2 orang

Pegawai Proses → 8 orang

Regu D : Bagian Keamanan dan Gudang

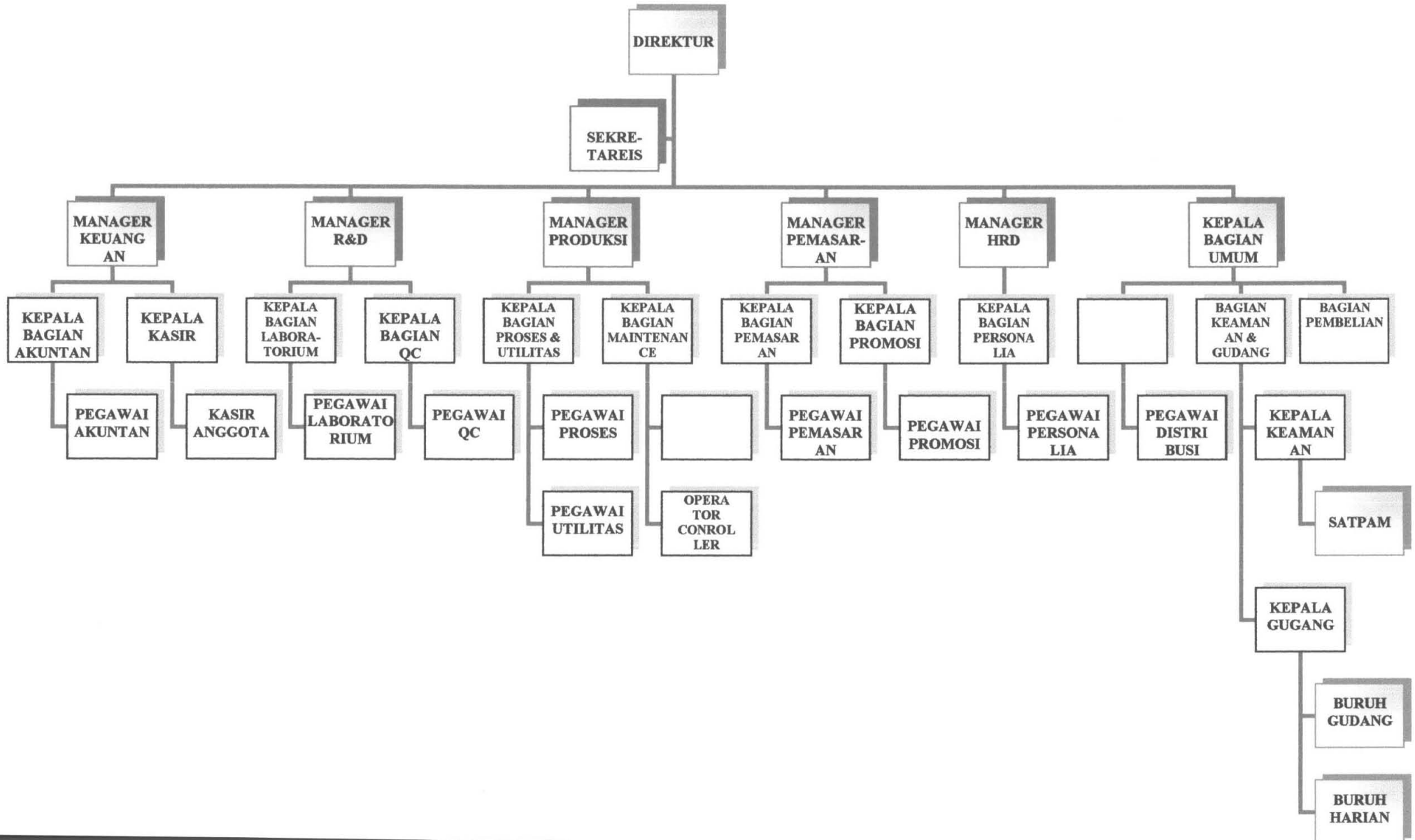
Gaji karyawan dalam 1 tahun dihitung sebanyak 13 bulan gaji, 1 bulan gaji digunakan untuk tunjangan hari raya karyawan (tabel E.7).

Tabel E.7. Perhitungan Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji per bulan	Total per bulan
1	Direktur	1	Rp20,000,000	Rp20,000,000
2	Sekretaris	1	Rp3,500,000	Rp3,500,000
3	Manager keuangan	1	Rp7,500,000	Rp7,500,000
4	Manager produksi	1	Rp7,500,000	Rp7,500,000
5	Manager HRD	1	Rp7,500,000	Rp7,500,000
6	Manager pemasaran	1	Rp7,500,000	Rp7,500,000
7	Manager RnD	1	Rp7,500,000	Rp7,500,000
8	Kepala bagian umum	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
9	Kepala Bagian akuntan	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
10	Kepala Kasir	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
11	Kepala bagian laboratorium	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
12	Kepala Bagian QC	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
13	Kepala bagian proses & utilitas	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
14	Kepala Bagian maintenance	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
15	Kepala bagian pemasaran	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
16	Kepala Bagian promosi	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
17	Kepala bagian personalia	1	Rp5,000,000	Rp5,000,000
18	Pegawai akuntan	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
19	Kasir Anggota	7	Rp2,500,000	Rp17,500,000
20	Pegawai laboratorium	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
21	Pegawai QC	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
22	Pegawai proses	25	Rp2,500,000	Rp62,500,000
23	Pegawai utilitas	10	Rp2,500,000	Rp25,000,000
24	Pegawai maintenance	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
25	Operator controller	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
26	Pegawai pemasaran	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
27	Pegawai Promosi	10	Rp2,500,000	Rp25,000,000
28	Pegawai personalia	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
29	Bagian distribusi	5	Rp2,500,000	Rp12,500,000
30	Bagian keamanan & Gudang	1	Rp2,500,000	Rp2,500,000
31	Kepala keamanan	2	Rp1,500,000	Rp3,000,000
32	Satpam	5	Rp1,000,000	Rp5,000,000
33	Kepala Gudang	1	Rp2,000,000	Rp2,000,000
34	Buruh Gudang	5	Rp1,000,000	Rp5,000,000
35	Buruh Harian	20	Rp800,000	Rp16,000,000
36	Petugas kesehatan	3	Rp1,000,000	Rp3,000,000
37	Petugas kebersihan	5	Rp750,000	Rp3,750,000
	TOTAL	151	Rp151,550,000	Rp381,250,000
	Gaji per tahun (13x)			Rp4,956,250,000

STRUKTUR ORGANISASI

PABRIK COKELAT SUSU RENDAH KALORI



E.6 Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

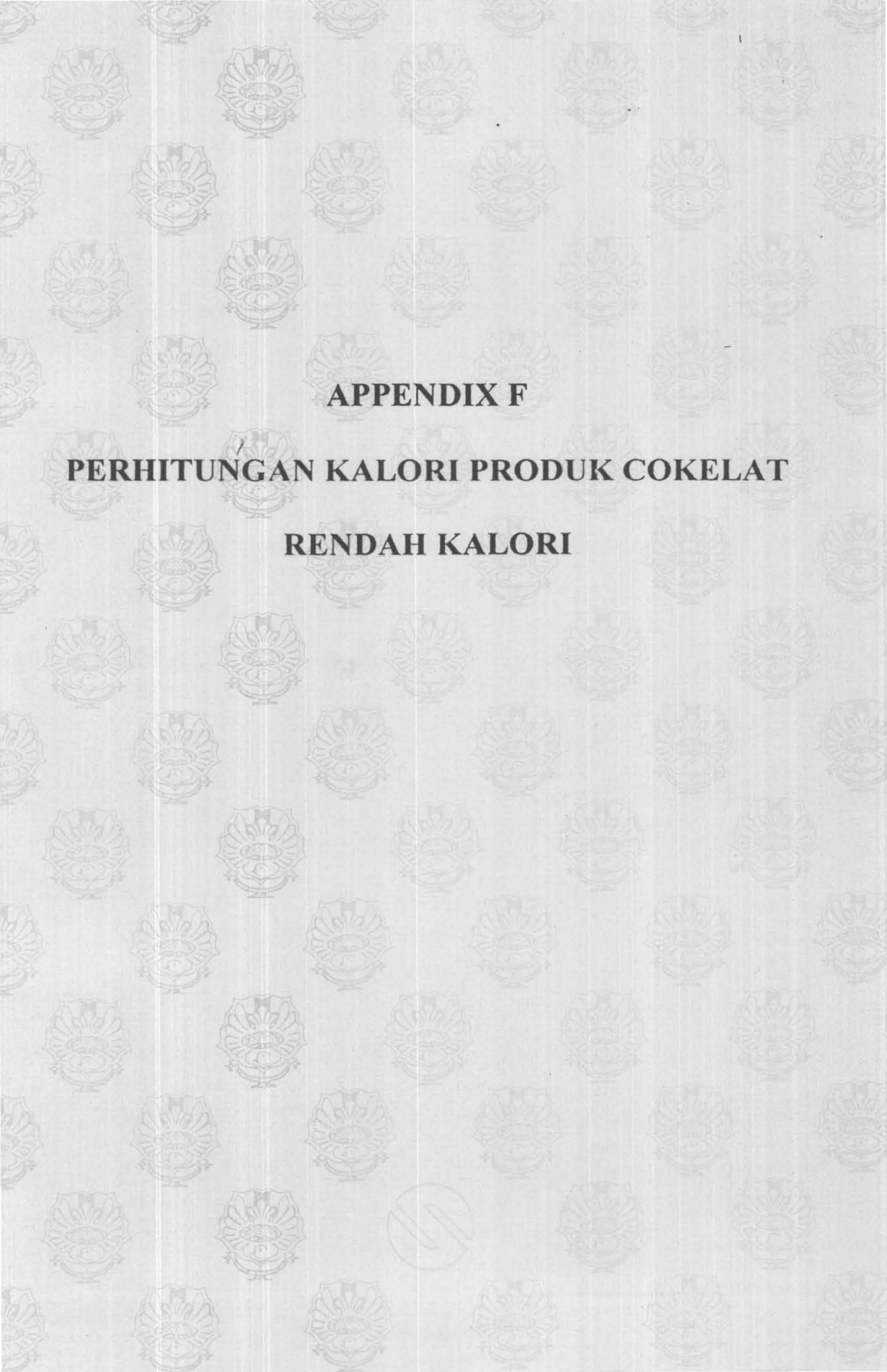
Luas tanah	= 9.025 m ²
Luas bangunan	= 3.801 m ²
Harga tanah per m ²	= Rp 500.000,00
Harga bangunan per m ²	= Rp 2.000.000,00
Harga tanah total	= Rp 4.512.500.000,00
Harga bangunan	= Rp 7.602.000.000,00
Total harga tanah dan bangunan	= Rp 12.114.500.000,00

E.7 Perhitungan Modal Kerja (Working Capital Investment)

Modal kerja (WCI) adalah uang yang diinvestasikan dalam 1 atau 2 bulan untuk stok bahan baku, stok produk jadi dan setengah jadi yang sedang dalam proses, serta uang yang disimpan untuk pengeluaran rutin bulanan, seperti: gaji, bonus, pembelian bahan baku, dan pajak. Hasil perhitungan WCI untuk dua bulan adalah sebagai berikut :

Kebutuhan bahan baku	= Rp. 66.762.382.603,-
Gaji karyawan	= Rp. 826.041.667 ,-
Utilitas	= Rp. 398.378.924,-
Biaya operasi	= Rp. 158.713.852,-
Biaya laboratorium	= Rp. 123.906.250,-
Biaya supervisor dan juruketik	= Rp. 41.302.083 ,-
Pajak lokal	= Rp. 529.046.173,-
Asuransi	= Rp. 211.618.469,-
Bunga pinjaman bank	= Rp. 1.789.718.861,-

Biaya perbaikan pabrik	= Rp. 9.337.396.168,-
Biaya administrasi	= Rp. 165.208.333,-
Biaya distribusi, penjualan, dan promosi	= Rp. 35.015.235.631,-
Biaya riset dan pengembangan produk	= Rp. 116.717.452,-
Total WCI	= Rp. 115.475.666.467,-

The background of the page is covered with a repeating pattern of circular emblems. Each emblem features a central shield with a crown on top, surrounded by decorative elements. The pattern is light gray and covers the entire page.

APPENDIX F

PERHITUNGAN KALORI PRODUK COKELAT

RENDAH KALORI

APPENDIX F

PERHITUNGAN KALORI PRODUK COKELAT

RENDAH KALORI

Perencanaan makan merupakan salah satu pilar pengelolaan diabetes, meski sampai saat ini tidak ada satu pun perencanaan makan yang sesuai untuk semua pasien. Perencanaan makan harus disesuaikan menurut kebiasaan masing-masing individu.

Dalam sehari, para diabetesi hendaknya komposisi menu tetap dianjurkan seimbang antara karbohidrat, protein, lemak, sayuran, dan buah. Komposisi asupan standar tiap kali makan adalah makanan dengan nilai gizi karbohidrat 60-70 persen, protein 10-20 persen dan lemak 20-30 persen. [66]

Perhitungan kalori dalam makanan dapat didekati dengan menjumlahkan kalori yang terkandung dalam tiap gram nutrisi. Nutrisi yang berpengaruh besar dalam makanan adalah lemak, karbohidrat, alcohol, dan protein.

Dari [66] didapatkan bahwa :

1. Tiap 1 gram lemak sama dengan 7 kalori
2. Tiap 1 gram karbohidrat sama dengan 4 kalori
3. Tiap 1 gram protein sama dengan 4 kalori

Dari produk cokelat susu rendah kalori, potensi untuk menyumbang kalori terbesar adalah dari biji cokelat, susu skim dan HFCS. Dari literatur didapatkan prosentase sebagai berikut (berdasarkan %w per 100gram)

Tabel E.1 Persentase (%w per 100gram) lemak, karbohidrat dan protein dalam cokelat rendah kalori

Nama	%w total lemak	%w total karbohidrat	%w total protein
Cocoa mass [1]	54,68	40,35	2,16
Cocoa butter	100	0	0
HFCS[a]	0	73,68	0
Susu skim[b]	0,1	52	36

Dari prosentase diatas maka didapatkan :

Nama	berat total Lemak (kg)	berat total karbohidrat (kg)	Berat total protein (kg)
Cocoa butter	3409,41	0	0
Cocoa mass	1034,47	764,03	40,9
HFCS[67]	0	5338,1	0
Susu skim[68]	5,753	2991,75	2071,21
total	4449,633	9093,88	2112,11
% normalisasi	28,421948	58,0869889	13,491063

Dari prosentase normalisasi maka didapatkan nilai kalori sebagai berikut

$$gram\ lemak = \frac{28,42}{100} \times 100gr = 28,42gr$$
$$kalori = 28,42gr \times 9 \frac{kalori}{gr} = 198,94kalori$$

Dengan cara yang sama maka nilai kalori total adalah 485,244 kalori

TUGAS KHUSUS I

ANALISA PASAR

I. Latar Belakang

Saat ini, kesehatan merupakan hal yang penting bagi kehidupan manusia. Munculnya penyakit-penyakit baru, seperti diabetes sebagai akibat pola makan dan hidup yang salah membahayakan kesehatan manusia. Oleh karena itu, masyarakat saat ini mulai berpaling pada produk pangan alternatif. Salah satu makanan yang sering ditemui di pasaran adalah cokelat batangan. Bagi masyarakat Indonesia, cokelat batangan yang seringkali dijumpai dan dapat dibeli di supermarket memiliki kandungan kalori cukup tinggi. Hal ini menjadi pantangan baik bagi penderita diabetes maupun bagi seseorang yang menjalani diet. Oleh karena itu, perlu adanya suatu produk cokelat inovasi baru agar para penderita diabetes maupun bagi orang yang menjalani diet dapat tetap mengkonsumsinya dengan aman.

Cokelat susu batangan rendah kalori merupakan inovasi baru dimana para penderita diabetes maupun orang yang menjalani diet dapat tetap mengonsumsi cokelat dengan aman dikarenakan jumlah kalornya yang rendah jika dibandingkan dengan cokelat susu batangan yang tersedia di pasaran. Pada umumnya bahan baku pembuatan cokelat susu batangan rendah kalori sama dengan cokelat susu batangan lainnya. Namun pada cokelat susu batangan rendah kalori bahan baku yang digunakan memiliki

kalori yang rendah sehingga diharapkan mampu menghasilkan produk coklat batangan yang rendah kalori pula.

Orientasi pemasaran produk ini pada masyarakat Indonesia golongan ekonomi menengah ke atas dan juga masyarakat luar negeri. Hal ini dikarenakan bahan baku yang digunakan murni dari buah coklat tanpa penambahan mentega yang biasa digunakan pada coklat "murahan", sehingga harganya menjadi lebih mahal dan dapat diasumsikan bahwa hanya golongan menengah ke atas yang mampu menjangkaunya. Pengenalan produk coklat susu batangan rendah kalori ke masyarakat, sebagai konsumen, merupakan aspek yang sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan pabrik, dan oleh karena itu perlu direncanakan *product marketing* yang baik dalam mengenalkan produk ini kepada masyarakat Indonesia dan luar negeri sebagai sasaran pemasarannya.

II. Negara-negara Tujuan Eksport

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di benua Asia. Oleh karena itu, pemasaran produk coklat susu batangan rendah kalori ke negara-negara tujuan eksport diutamakan pada negara-negara di kawasan Asia dan memiliki penderita diabetes yang cukup besar.

Asia memiliki lima negara dengan jumlah penderita terbesar di dunia, yaitu India dengan 33 juta penderita, Cina dengan 23 juta penderita, Indonesia dengan 17 juta penderita, Pakistan dengan 9 juta penderita, Jepang

memiliki 7 juta penderita, Malaysia sebesar 8% dan Thailand 11,9 % dari total penduduknya.[69]

Data yang diperoleh menyebutkan bahwa penderita diabetes termuda berusia 11 tahun berasal dari Jepang. Selain itu, menurut survey yang dilakukan oleh WHO Indonesia menduduki peringkat ke-4 dengan jumlah penderita diabetes yang terbesar setelah India, Cina dan Amerika Serikat (17,7 juta jiwa), yaitu sebanyak 12,4 juta jiwa. [70]

Selain itu dari BPS dapat diketahui pula daftar eksport coklat batangan ke beberapa negara.

Tabel T1.1. Export Cokelat Batangan per Tahun dari Indonesia [75]

Tahun	Negara Tujuan	Jumlah (kg)
2002	Thailand	256.270
	Singapura	183.036
	Malaysia	737.808
	Amerika	1.358.459
	Total Tahun 2002	2.535.573
2003	Thailand	258.769
	Singapura	183.937
	Malaysia	739.171
	Amerika	1.425.321
	Total Tahun 2003	2.607.198
2004	Thailand	260.118
	Singapura	185.071
	Malaysia	740.137
	Amerika	1.500.000
	Total Tahun 2004	2.685.326

Badan Pusat Statistik, Surabaya, 2002-2004

Dengan data-data yang telah disebutkan diatas maka pemilihan negara-negara tujuan eksport coklat susu batangan rendah kalori didasarkan pada:

1. Diutamakan pada negara-negara yang berpenduduk banyak, terletak di kawasan Asia dan mempunyai kemampuan ekonomi yang baik.

2. Negara-negara yang memiliki jumlah penderita diabetes cukup tinggi, karena penjualan cokelat susu batangan rendah kalori ini ditujukan pada para penderita diabetes maupun seseorang yang sedang menjalani diet.
3. Negara negara yang potensial mengimpor cokelat batangan dari Indonesia.

Dengan dasar-dasar pemilihan yang telah disebutkan diatas maka ditentukan negara-negara tujuan ekspor untuk cokelat susu batangan rendah kalori adalah India, Cina, Thailand, Malaysia dan Amerika Serikat. Amerika Serikat dipilih karena merupakan negara yang mengimpor cokelat batangan dari Indonesia paling tinggi.

III. Strategi Pemasaran

Untuk merancang strategi pemasaran cokelat susu batangan rendah kalori, diperlukan beberapa langkah untuk menganalisa pemasaran produk cokelat susu batangan rendah kalori di Indonesia dan luar negeri, yaitu:

1. Mencari data-data daerah pemasaran baik itu dalam negeri maupun negara tujuan pemasaran produk cokelat susu batangan rendah kalori
 - a. Untuk pemasaran ke dalam negeri
 - Mencari data masyarakat Indonesia golongan ekonomi menengah ke atas
 - Mencari data penduduk Indonesia yang menderita diabetes.

b. Untuk pemasaran ke luar negeri

- Mencari data negara-negara yang potensial mengimpor cokelat batangan
- Mencari data jumlah penduduk di negara-negara tersebut yang menderita diabetes dan melihat kecenderungan peningkatan pasien yang menderita diabetes tiap-tiap tahunnya

2. Membandingkan harga cokelat-cokelat batangan yang selama ini telah beredar di pasaran.

IV. Perhitungan Penentuan Kapasitas Produksi

IV.1 Untuk pemasaran produk ke dalam negeri:

Menurut data dari literatur tahun 2006 jumlah penduduk Indonesia secara keseluruhan adalah 238.452.952 jiwa. [71]

Jumlah penduduk miskin adalah 14% dari jumlah total penduduk Indonesia, yaitu:

$$\frac{14}{100} \times 238.452.952 \text{ juta jiwa} = 33.383.413 \text{ jiwa}$$

Sehingga jumlah penduduk golongan ekonomi menengah ke atas adalah:

$$238.452.952 \text{ juta jiwa} - 33.383.413 \text{ juta jiwa} = 205.069.539 \text{ jiwa (86\%)}$$

Penduduk Indonesia yang menderita diabetes sebanyak 12,4 juta jiwa [72]

Asumsi : prosentase penderita diabetes golongan ekonomi menengah ke atas dengan total penderita diabetes sama dengan 86%, maka jumlah penderita diabetes dengan ekonomi menengah ke atas adalah:

$$86\% \times 12,4 \text{ juta jiwa} = 10,664 \text{ juta jiwa}$$

maka penderita diabetes ekonomi menengah ke atas sebanyak 10,664 juta jiwa

Asumsi penderita diabetes yang mengkonsumsi coklat susu batangan rendah kalori sebanyak 5%, maka:

$$\frac{5}{100} \times 10,664 \text{ juta jiwa} = 533.200 \text{ jiwa}$$

Asumsi konsumen coklat susu batangan rendah kalori di Indonesia dipilih 5% dari total penderita diabetes golongan ekonomi menengah ke atas, dikarenakan:

1. Kesadaran masyarakat tentang kesehatan masih kurang.
2. Daya beli masyarakat yang masih rendah.
3. Masyarakat Indonesia jarang mengkonsumsi coklat.

IV.2 Untuk pemasaran produk ke luar negeri:

Dari keterangan yang telah disebutkan diatas tentang prosentase jumlah penderita diabetes di Malaysia dan Thailand dan data-data tentang jumlah penderita diabetes di Cina, India dan Amerika Serikat, maka dapat dilakukan perhitungan jumlah penduduk yang terserang diabetes sebagai berikut:

- a. Total Penduduk Malaysia adalah 23.522.482

$$\text{Jumlah penderita diabetes: } \frac{8}{100} \times 23.522.482 \text{ jiwa} = 1.881.799 \text{ jiwa}$$

- b. Total Penduduk Thailand adalah 64.865.523 jiwa

Jumlah penderita diabetes: $\frac{11.9}{100} \times 64.865.523 \text{ jiwa} = 7.718.997 \text{ jiwa}$

- c. Jumlah penderita diabetes di Cina adalah 23 juta jiwa
- d. Jumlah penderita diabetes di India adalah 33 juta jiwa [73]
- e. Jumlah penderita diabetes di Amerika Serikat adalah 17,7 juta jiwa [74]

Hasil perhitungan diatas dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel T1.2. Tabel jumlah penderita diabetes pada negara-negara tujuan eksport

No.	Negara	Jumlah Penderita (Juta Jiwa)
1.	India	33
2.	Thailand	7,7
3.	Malaysia	1,88
4.	Cina	23
5.	Amerika Serikat	17,7
	Jumlah Total	83,28

- Asumsi sebanyak 10% penderita diabetes masyarakat luar negeri mengkonsumsi coklat susu batangan rendah kalori, maka:

$\frac{10}{100} \times 83,28 \text{ juta jiwa} = 8.328.000 \text{ jiwa}$

Asumsi konsumen coklat susu batangan rendah kalori di India, Thailand, Malaysia, Cina dan Amerika Serikat dipilih 10% dari total jumlah penderita diabetes di negara tersebut, yang mana prosentasenya lebih tinggi dari pemasaran produk coklat susu batngan rendah kalori di Indonesia, dikarenakan:

1. Kesadaran masyarakat terhadap kesehatan lebih tinggi dari Indonesia.

2. Daya beli masyarakatnya cukup tinggi.
 3. Cokelat merupakan makanan alternatif yang cukup diminati sebagian besar masyarakat.
- Jumlah total konsumen cokelat susu batangan rendah kalori apabila ditambah dengan konsumen di Indonesia adalah sebagai berikut:
 $8.328.000 \text{ jiwa} + 533.200 \text{ jiwa} = 8.861.200 \text{ jiwa}$
 - Apabila tiap konsumen mengkonsumsi cokelat susu batangan rendah kalori sebanyak 100 gr, maka jumlah cokelat yang laku di pasaran adalah:

$$8.861.200 \text{ jiwa} \times \frac{100 \text{ gr}}{\text{orang}} = 886.120.000 \text{ gr} = 886,12 \text{ ton}$$

sehingga prediksi kebutuhan cokelat tiap tahun apabila tiap penderita diabetes mengkonsumsi cokelat ini sebanyak satu bungkus per bulan adalah:

$$886,12 \text{ ton} \times 12 \frac{\text{bulan}}{\text{tahun}} = 10.633,44 \text{ ton/tahun}$$

Dengan mengasumsikan bahwa cokelat ini tidak hanya dikonsumsi oleh para penderita diabetes saja, maka pabrik ini didirikan dengan melebihi produksinya dari prediksi kebutuhan cokelat tiap tahunnya yaitu sebesar 11.000 ton/tahun.

V. Penentuan Quota pemasaran produk ke dalam dan luar negeri:

Dengan mengetahui jumlah konsumen dari Indonesia dan luar negeri, maka dapat dilakukan perhitungan quota pemasaran produk cokelat susu batangan rendah kalori, sebagai berikut:

- Prosentase perbandingan jumlah konsumen dari Indonesia terhadap jumlah total konsumen produk cokelat susu batangan rendah kalori yaitu sebesar:

$$\frac{533.200 \text{ orang}}{8.861.200 \text{ orang}} \times 100\% = 6,02\%$$

Dari perhitungan di atas maka dasar pemilihan pemasaran produk cokelat susu batangan rendah kalori ke dalam negeri sebesar 6% dan pemasaran ke luar negeri sebesar 94%, sehingga:

- a. Pemasaran ke dalam negeri adalah

$$\frac{6}{100} \times 11.000 \text{ ton/tahun} = 660 \text{ ton/tahun}$$

- b. Pemasaran untuk ekspor adalah

$$11.000 \text{ ton/tahun} - 660 \text{ ton/tahun} = 10.340 \text{ ton/tahun}$$

VI. Analisa Ketersediaan Bahan Baku

Cokelat yang biasa dikonsumsi saat ini dibuat dari bahan baku biji cokelat dengan berbagai macam variasi produk, antara lain: cokelat bubuk, *cocoa butter*, cokelat batangan, cokelat susu dan lain sebagainya. Dengan mengacu pada berbagai macam variasi produk cokelat maka minat masyarakat untuk menikmati cokelat semakin tinggi. sehingga sebagai dasar pemilihan kapasitas produksi, hal yang harus dipertimbangkan adalah

ketersediaan bahan baku biji coklat, dan kebutuhan konsumsi coklat masyarakat di dalam maupun luar negeri.

Indonesia merupakan negara penghasil coklat terbesar ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana. Di Indonesia perkebunan coklat terbesar berada di daerah Jawa Timur, Pulau Batam, Sulawesi, dan Nusa Tenggara Timur. Untuk daerah Jawa Timur, perkebunan coklat dapat ditemui di daerah Malang yang merupakan daerah penghasil biji coklat terbesar di Jawa Timur.

Daerah pendirian pabrik coklat susu batangan rendah kalori adalah di daerah Malang, Jawa Timur. Pemilihan lokasi pendirian pabrik ini didasarkan pada letaknya yang berdekatan dengan lokasi ketersediaan bahan baku. Data ketersediaan bahan baku biji coklat di daerah Malang, Jawa Timur dapat ditentukan sebagai berikut:

Tabel T1.3 Produksi biji coklat dikota Malang [75]

Tahun	Hasil per tahun (ton)
2001	18.548
2002	19.013
2003	19.750
2004	20.465
2005	21.156

Dari data pada Tabel I.4 dapat diperkirakan nilai kebutuhan dan produksi coklat pada tahun 2007 sebagai berikut :

$$\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} = \frac{y_2 - y_1}{y_3 - y_1}$$
$$\frac{2005 - 2004}{2007 - 2004} = \frac{21156 - 20465}{y_3 - 20465}$$

$$y_3 = 22.538 \text{ ton}$$

Jadi pada tahun 2007 diperkirakan jumlah produksi cokelat dari Malang, Jawa Timur sebesar 22.538 ton sehingga dapat mencukupi kebutuhan bahan baku pada pabrik cokelat susu batangan rendah kalori yaitu sebesar 11.000 ton/tahun atau sekitar 48,8% dari jumlah total produksi cokelat di daerah Malang, Jawa Timur.

Apabila terjadi penurunan produksi cokelat di daerah Malang, Jawa Timur maka kebutuhan bahan baku cokelat pada pabrik cokelat susu batangan rendah kalori dapat diambil dari Pulau Batam, Sulawesi, atau Nusa Tenggara Timur.

TUGAS KHUSUS II

PERANCANGAN TANGKI *MIXING*, PENGADUK dan JAKET PEMANAS

Fungsi : untuk menghomogenkan campuran penyusun coklat susu rendah kalori

Tipe : silinder vertikal berpengaduk dengan tutup bawah konis.

Dasar pemilihan : cocok untuk pencampuran *solid - liquid*

Perhitungan Dimensi Tangki

Suhu masuk *mixer* = 50°C

Suhu keluar *mixer* = 60°C

1. Volume Tangki

$$\blacksquare \text{ Cocoa Butter} = 3409,41 \text{ kg} \rightarrow \rho = 998 \text{ kg/m}^3 \quad [10]$$

$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 1893,52 \text{ kg} \rightarrow \rho = 864 \text{ kg/m}^3 \quad [21]$$

$$\blacksquare \text{ Susu skim} = 5753,37 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1035 \text{ kg/m}^3 \quad [76]$$

$$\blacksquare \text{ Sirup jagung} = 7244,99 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1650 \text{ kg/m}^3 \quad [20]$$

$$\blacksquare \text{ Vanila} = 15,78 \text{ kg} \rightarrow \rho = 1165,7 \text{ kg/m}^3 \quad [77]$$

Volume bahan yang masuk mixer :

$$\blacksquare \text{ Cocoa Butter} = 3409,41 \text{ kg} \times \frac{m^3}{998 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 120,64 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Cokelat mass} = 1893,52 \text{ kg} \times \frac{m^3}{864 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 77,39 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Susu skim} = 5753,37 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1035 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 196,30 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Sirup jagung} = 7244,99 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1650 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 155,06 \text{ ft}^3$$

$$\blacksquare \text{ Vanila} = 15,78 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1165,7 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 0,48 \text{ ft}^3$$

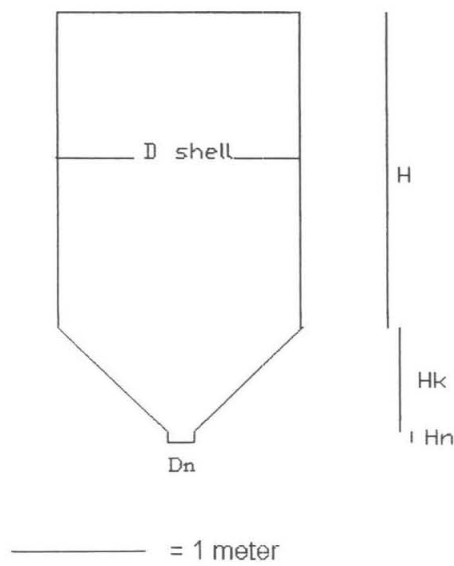
$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= (120,64 + 77,39 + 196,30 + 155,06 + 0,48) \text{ ft}^3 \\ &= 549,86 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 549,86 \text{ ft}^3 \\ &= 687,33 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

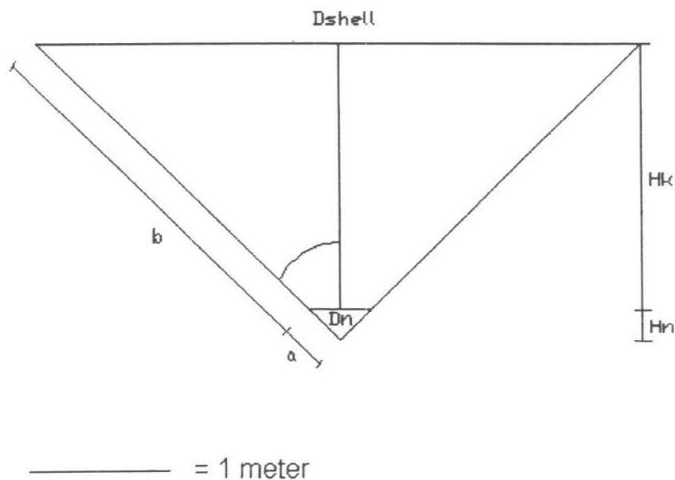
2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *mixer* adalah *stainless steel* tipe 304 [SA-240 grade S]
- *Allowable stress value* (f) dari SA-240 adalah $18207,5 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [12]
- *Corrosion allowance* (c) adalah 3 mm
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [5]
- sudut konis = 90°
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (D_n) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [12]

Gambar T2.1. Dimensi Tangki *Mixing*

Keterangan: D_{shell} = diameter shell
 H = tinggi shell
 H_k = tinggi konis
 H_n = tinggi nozzle
 H_{liq} = tinggi liquid
 D_n = diameter nozzle



Gambar T2.2. Dimensi Konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha}$$

$$\begin{aligned} H_k &= \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n = \frac{D_{\text{shell}}}{2 \cdot \tan \alpha} - \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \\ &= \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume shell} &= \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times 1,5 D_{\text{shell}} \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume konis} &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times \frac{D_{\text{shell}}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45} \\ &= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \end{aligned}$$

Volume tangki = volume *shell* + volume konis

$$\begin{aligned} 687,33 \text{ ft}^3 &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\ &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,83^3) \end{aligned}$$

$$D_{\text{shell}} = 7,83 \text{ ft} \approx 2,39 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 7,83 \text{ ft} = 11,74 \text{ ft} \approx 3,58 \text{ m}$$

$$H_n = \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft} \approx 0,13 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= \frac{7,83 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45} \\
 &= 3,50 \text{ ft} \approx 1,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H \text{ tangki total} &= H_{\text{shell}} + H_k \\
 &= 11,74 \text{ ft} + 3,50 \text{ ft} \\
 &= 15,24 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume shell} &= 1,1775 D_{\text{shell}}^3 \\
 &= 1,1775 \times (7,83 \text{ ft})^3 \\
 &= 564,45 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume konis} &= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \\
 &= 0,1308 \times ((7,83 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3) \\
 &= 62,63 \text{ ft}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + H_n^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2} \\
 &= 0,18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\left(\frac{D_{\text{shell}}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{2,39}{2}\right)^2 + (1,07 + 0,13)^2} \\
 &= 1,69 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b = s - a

= (1,69 - 0,18) m

= 1,51 m

H liquid dalam shell dicari dengan persamaan :

Volume liquid = volume liquid di dalam shell + volume liquid di dalam konis

$549,86 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid \text{ di dalam shell}} + \text{volume liquid di dalam konis}$

$549,86 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (7,83 \text{ ft})^2 \times H_{liquid \text{ di dalam shell}} + 62,63 \text{ ft}^3$

$H_{liquid \text{ di dalam shell}} = 10,13 \text{ ft}$

H liquid total = H liquid di dalam shell + H liquid di dalam konis

= (10,13 + 3,50) ft

= 13,63 ft

3. Tebal Shell dan Konis

- Massa bahan padat yang masuk mixer :

Tabel T2.1. Komponen bahan padat masuk mixer

Komponen	Massa (kg)	xi	ρ (densitas), kg/m ³
Cokelat mass	1893,52	0,25	864
Susu skim	5753,37	0,75	1035
TOTAL	7646,89	1	

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i}$$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{0,25}{864} + \frac{0,75}{1035}$$

$$\rho_{campuran\ padat} = 986,65\text{ kg/m}^3$$

- Massa bahan *cair* yang masuk *mixer* :

Tabel T2.2. Komponen bahan *cair* masuk *mixer*

Komponen	Massa (kg)	x _i	ρ (densitas), kg/m ³
Cocoa butter	3409,41	0,3195	998
Sirup jagung	7244,99	0,6790	1650
Vanilin	15,78	0,0015	1165,7
TOTAL	10670,18	1	

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum \frac{x_i}{\rho_i}$$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \frac{0,3195}{998} + \frac{0,6790}{1650} + \frac{0,0015}{1165,7}$$

$$\rho_{campuran\ cair} = 1364,35\text{ kg/m}^3$$

- Massa bahan *total* yang masuk *mixer* :

Tabel T2.3. Komponen bahan *total* masuk *mixer*

Komponen	Massa (kg)	x _i	ρ (densitas), kg/m ³
Padat	7646,89	0,42	986,65
Cair	10670,18	0,58	1364,35
TOTAL	18317,07	1	

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{\frac{x_{\text{cair}}}{\rho_{\text{campuran cair}}}}{\frac{x_{\text{cair}}}{\rho_{\text{campuran cair}}} + \frac{x_{\text{padat}}}{\rho_{\text{campuran padat}}}} \\ &= \frac{\frac{0,58}{1364,35}}{\frac{0,58}{1364,35} + \frac{0,4175}{986,65}} \\ &= 0,50\end{aligned}\quad [10]$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{slurry}} &= \varepsilon \cdot \rho_{\text{campuran cair}} + (1 - \varepsilon) \cdot \rho_{\text{campuran padat}} \\ &= 0,50 \times 1364,35 + (1 - 0,50) \times 986,65 \\ \rho_{\text{slurry}} &= 1176,35 \text{ kg/m}^3 \approx 73,44 \text{ lb/ft}^3\end{aligned}\quad [10]$$

➤ Shell

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \quad [12]$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{73,34 \times 10,13}{144} \right) = 5,17 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 5,17 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (5,17 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 19,87 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 19,87 \text{ Psia}$$

$$= 23,84 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2(f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{shell}} = \frac{23,84 \text{ psi} \times 7,83 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((18207,5 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 23,84 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,20 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

➤ **Konis**

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{73,44 \times 13,63}{144} \right) = 6,95 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 6,95 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}}$$

$$= (6,95 + 14,7) \text{ Psia}$$

$$= 21,65 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}}$$

$$= 1,2 \times 21,65 \text{ Psia}$$

$$= 25,98 \text{ Psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [12]$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{25,98 \text{ psi} \times 7,83 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((18207,5 \text{ psi} \times 0,8) - (0,6 \times 25,98 \text{ psi}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,24 \text{ in} \approx \frac{1}{4} \text{ inc} \quad [12]$$

Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *double Helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah
- Kecepatan agitator (N) adalah 60 rpm [78]
- Rasio geometri pengaduk : [79, 10]

Tabel T2.4. Rasio geometri pengaduk

$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95$	$W = \frac{Da}{6}$	$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05$	$Di = \frac{Da}{3}$
-------------------------------	--------------------	------------------------------	---------------------

Dimana : Dshell = Diameter tangki

Da = Diameter impeller luar

Di = Diameter impeller dalam

W = Lebar impeller

C = Jarak impeller dari dasar tangki

$$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95 \rightarrow Da = 0,95 \times 2,39 \text{ m}$$

$$Da = 2,27 \text{ m}$$

$$W = \frac{Da}{6} \rightarrow W = \frac{2,27 \text{ m}}{6}$$

$$W = 0,38 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \rightarrow C = 0,05 \times 2,39 \text{ m}$$

$$C = 0,12 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \rightarrow Di = \frac{2,27 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,76 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{slurry}} = 1176,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

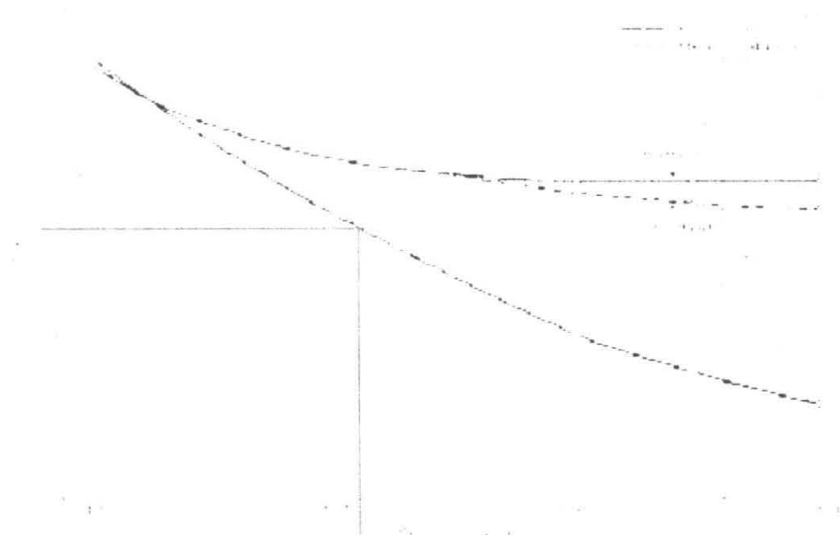
$$\mu_{\text{campuran}} = 45750 \text{ cP} = 45,75 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad [80]$$

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

$$N_{\text{Re}} = \frac{(2,27 \text{ m})^2 \times \left[\frac{60}{60} \right] \text{ rps} \times 1176,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{45,75 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}}$$

$$= 132,05$$

Harga N_p dapat dicari dengan cara : [26]



Gambar T2.3. N_{re} Vs Pengaduk (*Helical Ribbon*)

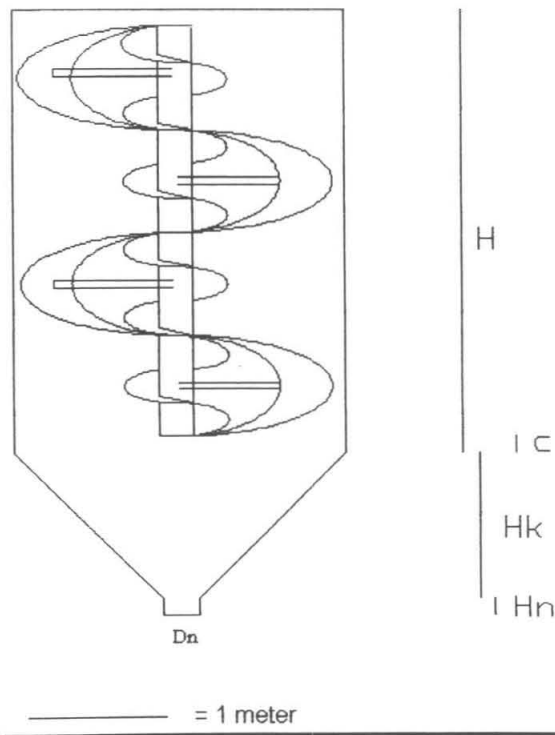
$N_{\text{Re}} = 132,0313$ Vs Helical ribbon, sehingga didapatkan nilai $N_p = 0,48$

Power untuk pengaduk :

$$\begin{aligned}
 P &= N_p \times \rho \times N^3 \times D_a^5 \\
 &= 0,48 \times 1176,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{60}{60} \right)^3 \text{ rps} \times (2,27 \text{ m})^5 \\
 &= 33748,24 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^3} \approx 33748,24 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\begin{aligned}
 \text{Power sesungguhnya} &= \frac{100}{80} \times 13354,18 \text{ W} \\
 &= 42185,30 \text{ W} \approx 42,19 \text{ KW} \\
 &\approx 56,57 \text{ Hp}
 \end{aligned}$$



Gambar T2.4. Tangki mixing dan pengaduk (*helical ribbon*)

Perhitungan Jaket Pemanas :

Jaket pemanas dalam proses *mixing* memiliki dua fungsi, yaitu untuk menaikkan suhu bahan sampai 60°C dan juga mempertahankan suhu agar tetap konstan. Bahan yang terdapat di dalam mixer merupakan campuran solid dan liquid sehingga dalam pengosongan dan pembersihan tangki merupakan hal yang sangat penting. Jaket pemanas yang digunakan pada mixer dapat mengatasi masalah tersebut karena media tersebut berada di luar *mixer*. Apabila media pemanas yang digunakan pada mixer adalah *coil* maka dapat menyulitkan pembersihan tangki. Selain itu pengaduk yang digunakan adalah *helical-ribbon* dimana diameter pengaduknya hampir mendekati diameter shell, maka penggunaan *coil* tidak dimungkinkan berada didalam mixer

Ditetapkan :

- *Steam* yang digunakan adalah *saturated steam* 4,5 bar dengan suhu 148°C.
- Nilai R_d ditetapkan 0,0005 [25]
- Tinggi jaket pemanas $\approx$ tinggi liquid

Data bahan yang masuk mixer :

Tabel T2.5. Komponen *milk chocolate* masuk mixer

Komponen	Massa (kg)	x_i	C_p (KJ/Kg °K)
Cocoa butter	3409,41	0,1861	0,53 ^[Yaws]
Cokelat mass	1893,52	0,1034	8,5988 ^[Bailey's]
Susu skim	5753,37	0,3141	3,94 ^[Kirk othmer]
Sirup jagung	7244,99	0,3955	1,3143 ^[Kirk othmer]
Vanilin	15,78	0,0009	50,8765 ^[Yacs]
TOTAL	18317,07	1	

$$C_p \text{ Campuran} = \sum x_i \cdot C_{pi}$$

$$\begin{aligned} C_p \text{ Campuran} &= (0,1861 \times 0,53) + (0,1034 \times 8,5988) + (0,3141 \times 3,94) + (0,3955 \\ &\quad \times 1,3141) + (0,0009 \times 50,8765) \\ &= 2,79 \frac{Kj}{Kg \cdot ^\circ K} \end{aligned}$$

$$\text{Data } k \text{ untuk cokelat susu rendah kalori} = 0,6685 \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \quad [81]$$

Properties fluida dingin (pasta) menggunakan pengaduk :

Nilai h dapat dihitung menggunakan :

$$\frac{h \cdot D_{shell}}{k} = a \left(\frac{Da2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \right)^b \times \left(\frac{C_p \cdot \mu}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad [10]$$

dimana : h = koefisien perpindahan panas konveksi, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$

k = konduktivitas thermal, $\frac{W}{m \cdot ^\circ K}$

c_p = kapasitas panas, $\frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K}$

μ = viskositas fluida, $\frac{kg}{m \cdot s}$

μ_w = viskositas fluida pada suhu T_w , $\frac{kg}{m \cdot s}$

D_{shell} = diameter tangki, m

Untuk pengaduk *helical-ribbon* dengan Nre 8 s/d 10^5 , koefisien transfer panas :

[10]

Tabel T2.6. Koefisien transfer panas *helical ribbon*

a	b	m
0,633	1/2	0,18

$$\frac{h \cdot 2,39m}{0,6685 \frac{W}{m^{\circ}K}} = 0,633 \left(\frac{(2,27m)^2 \cdot 1rps \cdot 1176,3528 \frac{kg}{m^3}}{45,75 \frac{kg}{m.s}} \right)^{1/2} \times \left(\frac{2,7888 \frac{KJ}{Kg^{\circ}K} \cdot 45,75 \frac{kg}{m.s} \cdot 1000 \frac{j}{Kj}}{0,197 \frac{W}{m^{\circ}K}} \right)^{1/3} x(1)^{0,18}$$

$$\text{Asumsi} \rightarrow \mu_w \approx \mu \text{ cokelat pada suhu } 60^{\circ}C = 45,75 \frac{kg}{m.s}$$

$$h = 117,36 \frac{W}{m^2 oK}$$

Properties fluida panas (steam) menggunakan pengaduk :

$$h_{oi(steam)} = 1500 \text{ btu/jam.ft}^2.^{\circ}F \approx 8517,45 \frac{W}{m^2.^{\circ}K} \quad [11]$$

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{h x h_{oi}}{h + h_{oi}} \\ &= \frac{117,36 x 8517,45}{117,36 + 8517,45} \\ &= 115,77 \frac{W}{m^2.^{\circ}K} \end{aligned}$$

$$R_d = 0,0005$$

$$\begin{aligned} h_d &= \frac{1}{R_d} \\ &= \frac{1}{0,0005} \\ &= 2000 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{115,77 \times 2000}{115,77 + 2000}$$

$$= 109,43 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$$

Luas permukaan jaket sebagai berikut :

$$\ln \left(\frac{T_{\text{steam}} - t_1}{T_{\text{steam}} - t_2} \right) = \frac{U_D \times A \times \theta}{M \times C_p} \quad [11]$$

dimana : t_1 = suhu masuk bahan, $^\circ K$

t_2 = suhu keluar bahan, $^\circ K$

U_D = overall heat transfer coefficient, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$

A = luas permukaan jaket, m^2

θ = waktu tinggal, detik

M = massa bahan selama waktu θ , kg

C_p = kapasitas panas bahan, $\frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K}$

$$\ln \left(\frac{413^\circ K - 323^\circ K}{413^\circ K - 333^\circ K} \right) = \frac{109,43 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \times A \times 3600 s}{18317,07 kg \times 2,7888 \frac{Kj}{kg \cdot ^\circ K} \times \frac{1000 j}{Kj}}$$

$$A = 13,96 m^2$$

Jaket spacing (J_s) dihitung dengan cara:

$$A = \pi D_s H_{\text{liq dlm shell}} + \pi D_s b$$

$$13,96 m^2 = 3,14 \times D_s \times 3,09 m + 3,14 \times D_s \times 1,51$$

$$D_s = 0,97 m \text{ (dimana } D_s = D_{\text{jaket}} - OD_{\text{shell}})$$

$$D_{\text{jaket}} = 0,97 m + 2,40 m$$

$$= 3,37 m$$

$$D_{\text{jaket}} = OD_{\text{shell}} + 2 J_s$$

$$3,37 \text{ m} = 2,40 \text{ m} + 2 J_s$$

$$J_s = 0,48 \text{ m}$$

Debit steam dan waktu tinggal steam dihitung sebagai berikut:

1 hari dalam proses *mixing* coklat susu rendah kalori dilakukan sebanyak 2 batch, dimana untuk tiap batch membutuhkan waktu 1 jam. Maka steam yang dibutuhkan selama 1 batch akan dialirkan selama 1 jam.

$$Q \text{ yang disuplai steam} = 355163,50 \frac{\text{kJ}}{\text{batch}}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{4,5 \text{ bar}} &= h_g - h_f \\ &= 2.744,02 - 623,57 \\ &= 2.120,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned} \quad [10]$$

$$\begin{aligned} h_{gw} &= h_f + \lambda \cdot x, \text{ dimana } x = \text{kualitas steam (90\%)} \\ &= 623,57 + 2.120,45 \cdot 0,9 \\ &= 2531,97 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= h_{gw} - h_f \\ &= 2531,97 - 623,57 \\ &= 1908,40 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{steam } 1 \text{ bar; } 148^\circ\text{C}} = 0,53 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [10]$$

$$\rho_{\text{steam } 4,5 \text{ bar}} = \frac{4,5 \text{ bar}}{1,01325 \text{ bar}} \times 0,53 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$= 1,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{massa steam} = \frac{Q}{\lambda}$$

$$= \frac{355.163,50 \frac{\text{kJ}}{\text{batch}}}{1.908,4032 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$= 186,11 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}$$

$$\text{debit steam} = \frac{186,11 \frac{\text{kg}}{\text{batch}}}{1,64 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$= 113,27 \frac{\text{m}^3}{\text{batch}}$$

$$\text{Debit steam} = 113,27 \frac{\text{m}^3}{\text{batch}} \times \frac{1 \text{ batch}}{1 \text{ jam}}$$

$$= 113,27 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}$$

$$\text{volume jaket} = \frac{\pi}{4} (D_j^2 - OD_{\text{shell}}^2) H_{\text{liquid shell}} + \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} (D_j^2 - OD_{\text{shell}}^2) J_s$$

$$= \frac{\pi}{4} \times (3,37^2 - 2,40^2) \times 3,09 + \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times (3,37^2 - 2,40^2) \times 0,48$$

$$= 14,22 \text{ m}^3$$

$$\text{waktu tinggal steam di dalam jaket pemanas} = \frac{14,22 \text{ m}^3}{113,27 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}$$

$$= 0,13 \text{ jam} \approx 7,53 \text{ menit}$$

Spesifikasi alat:

- | | | |
|-----------------------|---|--|
| - Nama | = | <i>mixer</i> |
| - Fungsi | = | untuk menghomogenkan cokelat susu rendah kalori |
| - Bahan konstruksi | = | <i>stainless steel</i> tipe 304 (SA-240 grade S) |
| - Diameter | = | 7,83 ft |
| - Tinggi <i>shell</i> | = | 11,74 ft |
| - Tinggi konis | = | 3,50 ft |
| - Tinggi tangki total | = | 15,24 ft |
| - Tebal <i>shell</i> | = | $\frac{1}{4}$ in |
| - Tebal <i>bottom</i> | = | $\frac{1}{4}$ in |
| - Pengaduk | = | Jenis : Helical-Ribbon |
| | | Diameter : 2,27 m |
| | | Power : 56,57 hp |
| | | Jumlah pengaduk : 1 buah |
| - Jaket pemanas | = | Luas permukaan : 13,96 m ² |
| | | Tinggi jaket pemanas : 4,15 m |
| | | Jaket spacing : 0,48 m |
| - Jumlah tangki | = | 1 buah |

TUGAS KHUSUS III

HACCP

I. Pendahuluan

HACCP merupakan singkatan dari *Hazard Analysis and Critical Control Point*. HACCP merupakan suatu sistem dalam industri makanan yang bertujuan untuk memastikan bahwa produk makanan yang diproduksi aman untuk dikonsumsi. HACCP merupakan suatu sistem yang dapat digunakan untuk dapat mengontrol berbagai macam area dalam industri makanan (area bahan baku, produk jadi, proses produksi, pemeliharaan alat, penyimpanan, pengepakan, distribusi, dan konsumsi konsumen) yang mempunyai peluang besar untuk dapat terkontaminasi, baik oleh mikroorganisme patogen, obyek fisik, obyek kimia, maupun dapat disebabkan karena kondisi penyimpanan dan kesalahan cara penggunaan.

Tujuh prinsip sistem HACCP: [33]

1. Menganalisa semua kemungkinan kontaminan yang bisa terjadi, dan melakukan pengukuran untuk mencegah kontaminan masuk dalam proses produksi.
2. Mengidentifikasi titik kritis yang harus dikontrol pada proses produksi.
3. Menetapkan batasan kritis untuk pencegahan pada tiap-tiap critical control points.
4. Menetapkan peralatan yang diperlukan untuk memonitor CCP
Menetapkan prosedur dari hasil monitoring untuk melakukan penyesuaian proses.
5. Menetapkan tindakan korektif yang diambil ketika monitoring menandai adanya kelebihan dari suatu batas kritis ditetapkan.
6. Menetapkan prosedur pencatatan dokumen sistem HACCP.

7. Menetapkan prosedur untuk verifikasi bahwa sistem HACCP sedang/ sudah bekerja dengan tepat.

Metode Pelaksanaan HACCP [33]

Suatu analisa keselamatan produk bagi konsumen pada Pabrik *Milk Chocolate Low Calorie* meliputi analisa saat bahan baku biji coklat diterima, hingga produk *milk chocolate* sudah difilling ke dalam mesin packaging. Secara umum ada beberapa langkah menyusun sistem HACCP dalam pabrik ini, yaitu :

1. Mengidentifikasi semua kontaminan yang ada dan mungkin ada, yaitu meliputi kontaminan fisika, kimia, dan mikrobiologi.
2. Menentukan apakah kontaminan-kontaminan tersebut berpengaruh terhadap kesehatan konsumen jika mengkonsumsinya.
3. Pencegahan yang bisa dilakukan agar kontaminan tersebut tidak terikut dalam proses produksi.
4. Menentukan titik kritis, batasan, ataupun kontrol yang harus dilakukan agar kontaminan dapat dihilangkan dari produk.

Dari definisi diatas maka HACCP dapat dibagi kedalam tiga kelas, yaitu biologi, kimia, dan fisik. [33]

I.1 Biologi

Kontaminasi makanan secara biologi ini dapat dibagi kedalam tiga tipe, yaitu bakteri, virus dan parasit (protozoa dan cacing). Dalam tabel 1 dibawah ini tercantum jenis-jenis bakteri, virus, dan parasit yang berbahaya jika dikonsumsi. *International Commissiof Microbiological Spesifications for Food* (ICMSF 1986) membagi mikroorganisme ini kedalam beberapa bagian menurut tingkat bahaya yang dapat ditimbulkan.

Tabel 1. Mikroorganisme dan Parasit berbahaya yang dikelompokkan berdasarkan tingkat bahaya yang dapat ditimbulkan.

Tingkat Bahaya	Jenis bakteri, virus dan parasit
I. Resiko Berat	• <i>Clostridium botulinum</i> types A, B, E and F • <i>Shigella dysenteriae</i> • <i>Salmonella typhi</i> : paratyphi A, B • <i>Hepatitis A and E</i> • <i>Brucella abortis</i> : B.suis • <i>Vibrio cholerae</i> O1 • <i>Vibrio vulnificus</i> • <i>Taenia solium</i> • <i>Trichinella spiralis</i>
II. Resiko Menengah : beresiko untuk dapat menyebar luas	• <i>Listeria monocytogenes</i> • <i>Salmonella</i> spp • <i>Shigella</i> spp • Enterovirulent <i>Escherichia coli</i> (EEC) • <i>Streptococcus pyogenes</i> • <i>Rotavirus</i> • <i>Norwalk virus group</i> • <i>Entamoeba histolytica</i> • <i>Diphyllobothrium latum</i> • <i>Ascaris lumbricoides</i> • <i>Cryptosporidium parvum</i>
III. Resiko Menengah : beresiko untuk menyebar terbatas	• <i>Bacillus cereus</i> • <i>Campylobacter jejuni</i> • <i>Clostridium perfringens</i> • <i>Staphylococcus aureus</i> • <i>Vibrio Cholerae</i>, non-O1 • <i>Vibrio parahaemolyticus</i> • <i>Yersinia enterocolitica</i> • <i>Giardia lamblia</i> • <i>Taenia saginata</i>

Dalam tahap pengembangan HACCP, prosesor makanan harus mempunyai tiga tujuan dasar untuk dapat mencegah timbulnya bahaya biologi ini, yaitu :

1. Pembunuhan / penghilangan / pembersihan / pengurangan resiko kontaminasi
2. Pencegahan re-kontaminasi (pencegahan akan kembali timbulnya kontaminasi)
3. Pencegahan terhadap pertumbuhan dan produksi toksin

Mikroorganisme dapat dihilangkan dengan proses pemanasan, pembekuan dan pengeringan. Setelah mikroporganisme dapat dihilangkan, harus dipastikan bahwa mikroorganisme tidak akan kembali lagi sehingga produk makanan aman untuk dikonsumsi. Jika kontaminan yang ada tidak dapat dihilangkan secara total, maka pertumbuhan mikroba dan produksi toksin harus dihambat. Pertumbuhan mikroba dapat dihambat melalui karakter intrinsik dari makanan yang diproduksi. Misalnya saja melalui pH dan *water activity* (a_w) atau dengan penambahan garam dan pengawet lainnya. Selain itu, pertumbuhan mikroba dapat dihambat dari kondisi produk makanan saat dikemas (aerobic atau an-aerobic) serta temperatur penyimpanan (pendinginan atau pembekuan).

I.2 Kimia

Kontaminasi secara kimia dapat disebabkan karena penggunaan bahan kimia dalam produksi atau karena dihasilkan dari suatu proses kimia. Semua bahan makanan menggunakan bahan kimia dan semua bahan kimia dapat menjadi racun pada level dosis tertentu.

Kontaminasi secara kimia ini dapat dibagi kedalam 2 kelompok, yaitu *naturally occurring* dan *added chemicals*. Pada tabel 2 dapat dilihat beberapa bahan kimia yang terjadi secara natural dan bahan kimia yang ditambahkan selama proses pembuatan.

Tabel 2. Jenis-jenis Kontaminan Kimia

Jenis timbulnya kontaminasi	Kontaminan kimia
I. Naturally occurring chemicals	• Mycotoxins (e.g.aflatoxin) • Scrombotoxin (histamine) • Ciguatoxin • Mushroom toxins • Shellfish toxins -Paralytic shellfish poisoning(PSP) -Diarrheic shellfish poisoning(DSP) -Neurotoxic shellfish poisoning(NSP) -Amnesic shellfish poisoning (ASP) • Pyrrolizidine alkaloids • Phytohemagglutinin • Polychlorinated biphenyls (PCBs)
II. Added chemicals	• Agricultural chemical - Pesticides, fungicides, fertilizers, insecticides, antibiotics, and growth hormones • Prohibited substances - Direct - Indirect • Toxin elements and compounds - Lead, zinc, arsenic, mercury, and cyanide • Food Additives - Direct - Preservatives (nitrite and sulfiting agents) - Flavor enhancers (monosodium glutamate) - Nutritional additives (niacin) - Color additives - Secondary direct and indirect - Plant chemicals (e.g. lubricants, cleaners, sanitizers, cleaning compounds, coating and

	<i>paint)</i> • <i>Chemicals intentionally added (sabotage)</i>
--	---

Karena penggunaan bahan kimia dalam batas yang tidak wajar sangat berbahaya, maka diperlukan sebuah sistem pengontrolan untuk mencegah penggunaan bahan kimia secara berlebihan. Pada table 3 dapat dilihat suatu sistem pengontrolan dalam suatu produksi.

Tabel 3. Pengontrolan Bahan Kimia

Area pengontrolan		Jenis-jenis kontrol yang dilakukan
I.	Pengontrolan sebelum menerima bahan baku	• Spesifikasi bahan baku • Sertifikat atau garansi dari vendor (pengawas) • “Spot checks” (pengecekan kadar bahan kimia dalam bahan baku)
II.	Pengontrolan bahan baku sebelum digunakan	• Meninjau kembali tujuan dari penggunaan bahan kimia • Memastikan kemurnian, komposisi, dan penamaan yang tepat dari bahan kimia • Mengontrol jumlah bahan kimia yang digunakan
III.	Pengontrolan pada area penyimpanan dan kondisi penyimpanan	• Menjaga kondisi operasi (suhu, kelembaban, dll) penyimpanan agar dapat mencegah timbulnya “<i>naturally occurring toxicants</i>”
IV.	Inventaris semua bahan kimia yang digunakan	• Meninjau kegunaan suatu bahan kimia • Mencatat atau mendokumentasikan kegunaan bahan kimia

I.3 Fisik

Kontaminasi secara fisik sering dideskripsikan sebagai material asing dan hal ini termasuk semua material yang tidak normal ditemukan dalam makanan yang dapat mengakibatkan penyakit atau luka pada

individu. Material asing yang paling banyak ditemukan adalah kaca. Sedangkan keluhan adanya material asing paling banyak ditemui dalam roti.

Kontaminasi fisik ini merupakan komplain yang paling sering dilaporkan. Salah satu alasannya adalah karena material asing memberikan luka-luka secara langsung dan nyata. Tabel 4 menunjukkan material asing dan sumber material ini berasal, serta luka-luka yang dapat ditimbulkan.

Tabel 4. Material asing yang dapat menimbulkan kontaminasi fisik, dan sumber material asing.

Material Asing	Luka-luka yang dapat ditimbulkan	Sumber Material Asing
Kaca	Teriris, berdarah : dapat membutuhkan operasi untuk menemukan dan mengeluarkan kaca	Botol, guci, peralatan penerangan, perkakas, dll
Kayu	Teriris, infeksi, tercekik : dapat membutuhkan operasi untuk mengeluarkannya	Ladang, pallet, kardus, bangunan, dll
Batu	Tercekik, gigi patah	Ladang, bangunan, dll
Logam	Teriris, infeksi : dapat membutuhkan operasi untuk mengeluarkannya	Mesin-mesin, lading, kawat, pegawai, dll
Serangga dan kotoran lainnya	Penyakit, luka berat, tecekik	Ladang, dll
Insulation (penyekat, Isolasi)	Tercekik	Material bangunan, dll
Tulang, duri	Luka berat, tecekik	Ladang, kesalahan proses penangkapan dan pembersihan, dll
Plastik	Tercekik, teriris, infeksi : dapat membutuhkan operasi untuk mengeluarkannya	Ladang, Material pengepakan, pallet, pegawai, dll
Ketidaksengajaan individu	Tercekik, teriris, gigi patah : dapat membutuhkan operasi untuk mengeluarkannya	Pegawai, dll

Metode yang sering digunakan untuk mengontrol material asing adalah dengan adanya spesifikasi bahan baku, dan pemeriksaan bahan baku yang disertai dengan sertifikat dan garansi dari vendor (pengawas).

Berbagai macam tindakan pencegahan dapat ditemui dengan mudah dan dapat menyingkirkan material asing dengan seksama. Detektor logam merupakan salah satu alat Bantu yang sering ditemui untuk dapat menemukan *ferrous metal* dan *non-ferrous metal* dalam makanan. Sedangkan tulang dan duri dapat ditemukan melalui teknologi X-ray.

II. Uraian Proses

Biji cokelat yang dibeli dari petani akan disimpan selama berbulan-bulan sebelum digunakan. Kelembaban udara didalam warehouse dijaga pada RH 65%. Hal ini dikarenakan kelembaban udara mempengaruhi rasa dan aroma dari biji cokelat. Biji cokelat yang keluar dari warehouse akan masuk kedalam proses *Cleaning*, dimana biji cokelat akan dibersihkan dari pengotor-pengotornya seperti plastik, pasir dan lain sebagainya dengan menggunakan *vibrating screen bertingkat*.

Biji cokelat yang sudah bersih dari pengotor akan masuk kedalam proses *Roasting*. Proses ini bertujuan untuk mengurangi 30 % kadar air mula-mula dalam biji dengan menggunakan *Rotary drum roaster*. Suhu keluaran biji dijaga pada 120⁰C. Keluar dari *Roasting*, biji cokelat yang masih terdapat kulit akan masuk dalam proses *Winnowing*. Proses ini merupakan proses penghilangan kulit dari bijinya dengan menggunakan *vibrating screen* dan bantuan udara yang dihembuskan oleh fan. Kulit yang mempunyai berat jenis lebih rendah daripada biji akan terikut hembusan udara dan akan dihisap dengan blower. Suhu keluaran biji adalah 90⁰C.

Biji yang sudah bersih akan masuk kedalam *disk mill*, yang berfungsi untuk mengancurkan atau menggiling biji sehingga menjadi *cocoa mass*. *Cocoa mass* yang diinginkan mempunyai partikel diameter 1 mm. Karena adanya panas gesekan, maka temperatur akan naik dari 90⁰C

hingga 110⁰C pada keluaran akhirnya. *Cocoa mass* dialirkan menuju tangki *cocoa mass*. Tangki ini berfungsi untuk menurunkan temperatur *cocoa mass* sampai mencapai 90⁰C.

Sebanyak 22% *cocoa mass* akan menuju proses mixing. Sebanyak 78% *cocoa mass* akan menuju proses *pressing* dengan menggunakan *hydraulic press*. Hasil dari *pressing* ini berupa *cocoa butter* dan *cocoa cake*. *Cocoa butter* akan digunakan dalam pembuatan cokelat batangan dan *cocoa cake* akan diproduksi menjadi cokelat bubuk. Suhu keluaran dari proses ini tetap 90⁰C. *Cocoa Butter* yang dihasilkan akan dialirkan menuju tangki *cocoa butter* yang berfungsi untuk menurunkan temperatur *cocoa butter* sampai mencapai 50⁰C.

II.1 Pembuatan *Milk Chocolate*

Cocoa butter akan dicampur dengan *cocoa mass*, *non-fat milk*, *low calorie sugar*, *lecithin*, *vanillin*. Suhu keluaran dari mixing adalah 60⁰C. Hasil keluaran dari proses *mixing* berupa pasta kasar. Pasta kasar ini akan masuk kedalam *five steel roller refiner* yang berfungsi untuk menggiling pasta sehingga menghasilkan pasta halus. Suhu pada proses *Refining* ini dijaga pada 60⁰C.

Pasta halus yang dihasilkan pada proses *refining* akan masuk kedalam proses *Conching*. Proses ini merupakan proses penting dalam pembuatan cokelat karena menentukan baik tidaknya kualitas suatu coklat. Proses *Conching* ini merupakan proses peremasan (*kneading*), dimana coklat akan diaduk dan diremas secara perlahan secara terus menerus sehingga diperoleh pasta coklat yang lembut. Semakin lama waktu peremasan maka coklat yang dihasilkan akan semakin lembut sehingga kualitas coklat juga akan meningkat. Suhu pada proses ini dijaga pada suhu 80⁰C.

Selama proses peremasan, dilakukan pula proses standarisasi dari coklat. Proses ini berfungsi untuk menyesuaikan viskositas coklat sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan ($\mu = 45.000 \text{ cP}$). Penyesuaian

viskositas ini dapat dilakukan dengan penambahan *emulsifier* (*emulsifier* yang biasa digunakan adalah *Lecithin*) dan *cocoa butter*.

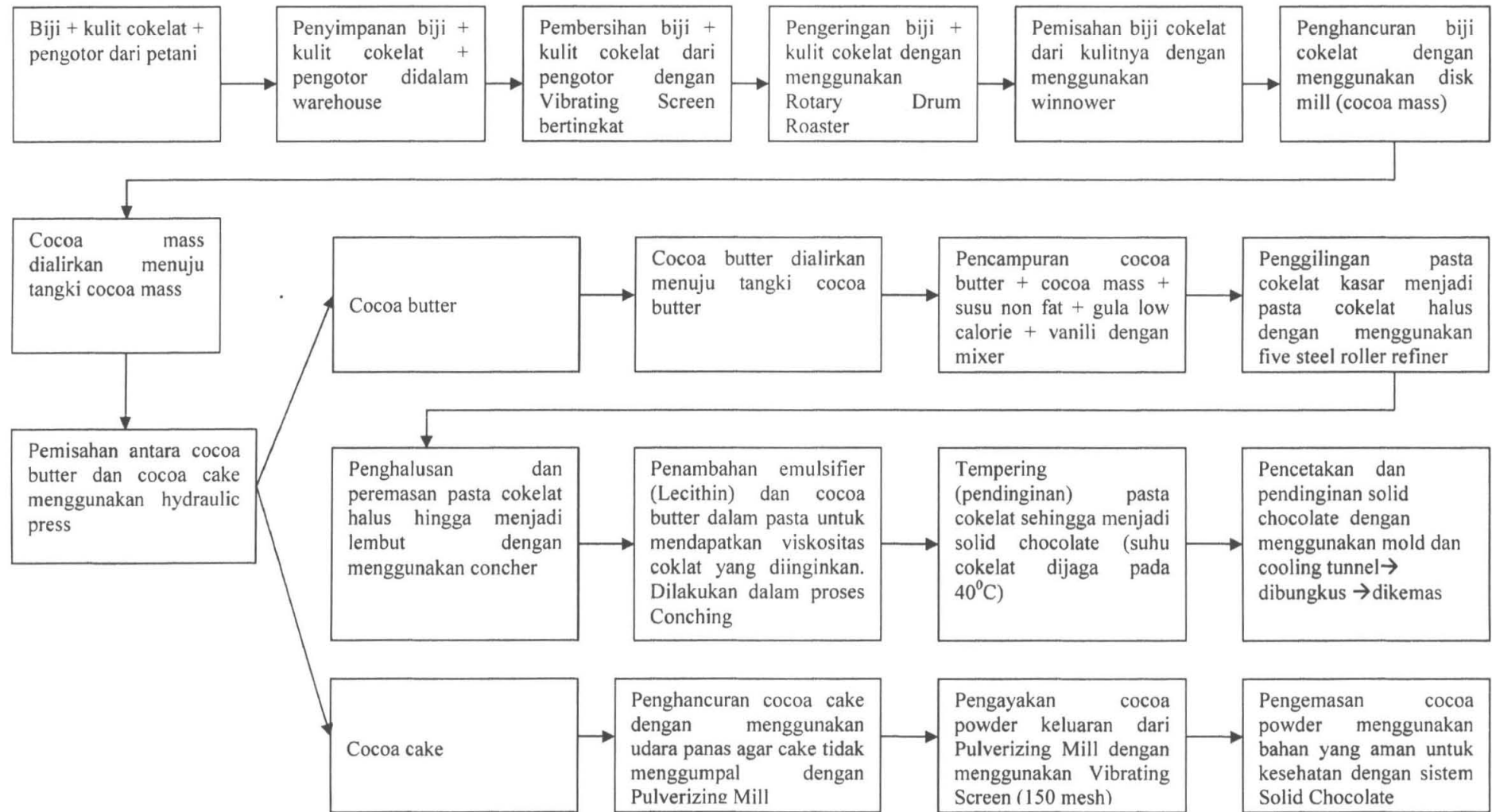
Pasta halus yang sudah sesuai dengan spek akan menuju proses *tempering*. Pada proses ini *liquid chocolate* akan didinginkan menjadi *solid chocolate*. Cokelat akan dijaga kekerasannya disekitar 40°C. Setelah mengeras maka dilakukan pencetakan dengan menggunakan mold yang kemudian didinginkan didalam *cooling tunnel* dengan suhu 18°C dan waktu tinggal sekitar 25 menit. Setelah coklat mengeras maka akan dikeluarkan dari cetakannya dan kemudian akan dibungkus dan dikemas untuk dijual kepada konsumen.

II.2 Pembuatan Cocoa Powder

Cocoa cake hasil dari pressing akan masuk kedalam pulverizing Mill, yang berfungsi untuk menghancurkan cake. Dalam Pulverizing Mill juga menggunakan udara panas agar dapat mengurangi kadar air sehingga cake tidak menggumpal. Keluar dari Pulverizing Mill, akan masuk kedalam Vibrator screen dengan bukaan 150 mesh yang berfungsi sebagai ayakan. Powder yang lolos dari screen akan dikemas untuk dijual pada consumer.

Biji cokelat yang didapat dari petani masih dapat ditemukan material asing yang terikut, misalnya saja plastik, pasir, logam, ranting pohon, tanah, dan lain sebagainya. Karena penyimpanan biji cokelat dapat mencapai berbulan-bulan, maka dapat terjadi pertumbuhan bakteri dan jamur jika kelembaban dan suhu dalam *warehouse* tidak dijaga. Begitu pula pada *conveyor*, tangki penyimpanan, alat-alat proses dapat ditemukan debu, pengotor-pengotor lainnya, dan dapat ditemukan pula bakteri dan jamur. Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan sebuah sistem penanggulangan yang berfungsi untuk memastikan apakah cokelat yang dihasilkan dapat layak untuk dikonsumsi. Sistem yang digunakan adalah HACCP. HACCP merupakan suatu sistem yang dapat mengidentifikasi bahan-bahan (kontaminan) apa saja yang ditemukan dalam proses

pembuatan coklat yang tidak boleh dikonsumsi. Setelah ditemukan bahan-bahan yang tidak boleh ada dalam proses, maka sistem ini juga dapat menentukan titik batas atau titik kritis dari bahan-bahan (kontaminan) tersebut. Setelah titik kritis ditemukan, maka dilakukanlah suatu proses kontrol atau *monitoring* terhadap area-area yang dianggap memerlukan pengawasan dan pemeriksaan untuk memastikan bahwa proses berjalan dengan baik, tanpa mempunyai jumlah kontaminan yang melebihi titik batas atau titik kritis kontaminan tersebut.


Gambar 1. Blok diagram proses pembuatan *Milk Chocolate*

Stage	Kontaminan	Pengaruh kontaminan terhadap kesehatan	Penjelasan pengaruh kontaminan terhadap kesehatan	Pencegahan	Titik kritis / batasan / kontrol
1. Penerimaan bahan baku. Biji cokelat	Biologi : jamur	Tidak	-	Jamur akan mati saat proses roasting.	Jamur dalam bahan baku cokelat max 3%. [41]
	Kimia : Insektisida, kadar air,	Tidak	Jika melebihi spesifikasi yang ditentukan akan mengganggu kesehatan	-	Insektisida dalam bahan baku cokelat max 2%. [41] Kadar air = max 10% [41]
	Fisik : logam, ranting pohon, plastik, tanah, pasir, dsb	Tidak	-	Logam, ranting pohon, plastik, tanah, pasir, dsb akan hilang pada saat proses <i>Screening</i>	Logam, ranting pohon, plastik, tanah, pasir = max 1% [41]
Susu non-fat (powder)	Biologi : <i>Coliform</i> .	Tidak	-	<i>Coliform</i> . akan mati saat proses roasting.	<i>Coliform</i> __dalam bahan baku cokelat $\leq 10\text{cfu/g}$ [36]

	Kimia : kadar air, abu, lemak, protein, lactosa.	Tidak	-	-	Kadar air = 3,5 - 4,5 % [36] Abu = 8.2 - 8.6 % [36] Protein = 34.0 - 37.0 % [36] Lactosa = 49.5 - 52.0% [36] Lemak = $\leq 0,5$ % [36]
	Fisik : warna	Tidak	-	-	Warna = putih bersih (terang) atau krem terang. [35]
Gula low calorie (liquid)	Biologi : Mesophilic Bacteria, Yeast, jamur.	Tidak	-	Mesophilic Bacteria, Yeast, Jamur akan mati saat proses roasting.	Mesophilic Bacteria = max 200cfu/10gr [37] Yeast = max 10cfu/10gr [37] Jamur = max 10cfu/10gr [37]
	Kimia : pH, kadar air,	Tidak	-	-	pH = 6,9 -7,1 [37] Kadar air = 19,5 - 20,5 % [37]

	Fisik : <i>refractive index, total solids.</i>	Tidak	-	-	<i>Refractive index</i> = 1,4849-1,4874 [37] <i>Total solids</i> = 79,5 – 80,5 % [37]
Vanili (liquid)	Biologi : Yeast dan jamur	Tidak	-	-	Yeast dan jamur = max 100 ppm [31]
	Kimia : Arsenic, logam berat, kadar air	Tidak	Jika melebihi spesifikasi yang ditentukan akan mengganggu kesehatan bahkan dapat menimbulkan kematian	-	Arsenic = max 0,0003 % [31] Logam berat = max 0,0001% [31] Kadar air = max 0,5% [31]
	Fisik : warna	Tidak	-	-	Warna = bubuk kristal putih[32]
Lecithin (liquid)	Biologi : Yeast dan jamur	Tidak	-	-	Yeast dan jamur = max 100 ppm [29]
	Kimia : Asam, kadar air	Tidak	Untuk asam, jika melebihi spesifikasi yang	-	Asam = max 30mgrKOH/gram [30] Kadar air = max 0,8 %

			ditentukan akan mengganggu kesehatan		[28]
	Fisik : warna	Tidak	-	-	Warna = cokelat palem [30]
2. Penyimpanan raw material. Biji cokelat	Biologi : jamur	Tidak	-	▪ Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering, dan sejuk. ▪ Ada ventilasi udara dalam gudang. ▪ Kontrol terhadap serangga. ▪ Menggunakan sistem FIFO (First In First Out) untuk raw biji cokelat.	Jamur = max 3-4% [41]
	Kimia : kadar air	tidak	-	Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering	Kadar air max 10% [41]

	Fisik : pasir, serat-serat kayu, plastik, dsb	Tidak	-	Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis dan bersih.	Memastikan bahwa didalam ruang penyimpanan tetap terjaga kebersihan sehingga tetap bersih dan higeienis.
Susu non-fat (powder)	Biologi : <i>Yeast</i> dan jamur.	Tidak	-	▪ Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering, dan sejuk. ▪ Ada ventilasi udara dalam gudang. ▪ Kontrol terhadap serangga. ▪ Menggunakan sistem FIFO (First In First Out) untuk raw biji coklat.	Yeast dan jamur = max 100 ppm [36]
	Kimia : kadar air	Tidak	-	Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering dan tertutup.	Kadar air = 3,5 – 4,5 % [36]

	Fisik : pasir, serat-serat kayu, plastik, dsb	Tidak	-	Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis dan bersih.	Memastikan bahwa didalam ruang penyimpanan tetap terjaga kebersihan sehingga tetap bersih dan higeienis.
Gula low calorie (liquid)	Biologi : Mesophilic Bacteria, Yeast, jamur.	Tidak	-	▪ Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering, dan sejuk. ▪ Ada ventilasi udara dalam gudang. ▪ Kontrol terhadap serangga. ▪ Menggunakan sistem FIFO (First In First Out) untuk raw biji cokelat..	Mesophilic Bacteria = max 10cfu/10gr [37] Yeast = max 10cfu/10gr Jamur = max 10cfu/10gr [37]
	Kimia : pH	Tidak	-	Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering untuk mencegah	pH = 6,9 -7,1 [37]

				pertumbuhan mikroorganisme	
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
Vanili (liquid)	Biologi : Yeast dan jamur	Tidak	-	▪ Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering, dan sejuk. ▪ Ada ventilasi udara dalam gudang. ▪ Menggunakan sistem FIFO (First In First Out) untuk raw biji cokelat.	Yeast = max 100ppm Jamur = max 100ppm [31]
	Kimia : kadar air	Tidak	-	Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering dan tertutup.	Kadar air = max 0,5% [31]
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
Lecithin (liquid)	Biologi : Yeast dan jamur	Tidak	-	▪ Menjaga kondisi penyimpanan tetap higienis, kering,	Yeast = max 100ppm Jamur = max 100ppm [29]

				dan sejuk. ▪ Ada ventilasi udara dalam gudang. ▪ Menggunakan sistem FIFO (First In First Out) untuk raw biji cokelat.	
	Kimia kadar air	Tidak	-	-	Kadar air = max 0,8 % [28]
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
3. Pembersihan biji+kulit cokelat dari pengotornya dengan Vibrating Screen dan Blower	Biologi : Dalam udara : [34] ▪ Mesophilic aerobic Bacteria ▪ Yeast dan jamur. ▪ Coliform ▪ S.Aureus	Tidak	-	Bakteri dan spora jamur akan mati saat proses <i>roasting</i>	Mesophilic Aerobic Bacteria = 180-360 cfu/m³ [34] Yeast dan jamur = 70 - 430cfu/m³ [34] Coliform = 1-3cfu/m³ [34] S.Aureus = 1-1,7 cfu/m³ [34]

	Kimia : Tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : logam, ranting pohon, plastik, tanah, pasir, dsb	Tidak	-	Logam akan dihilangkan dengan magnet. Sedangkan plastik akan dihilangkan dengan menggunakan vibrating screen bertingkat.	-
4. Pengeringan biji+kulit cokelat dengan Rotary Drum Roaster	Biologi : mikroba dan jamur dalam Rotary Drum Roaster	Tidak	-	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses pengeringan.	Suhu pengeringan 120°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : Tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
5. Pemisahan biji cokelat dari kulitnya dengan	Biologi : Dalam udara (blower) : [34] ▪ Mesophilic	Tidak	-	Bakteri dan spora jamur akan mati saat proses <i>roasting</i>	Mesophilic Aerobic Bacteria = 180-360 cfu/m ³ [34] Yeast dan jamur = 70 -

Winnower	aerobic Bacteria ▪ Yeast dan jamur. ▪ Coliform ▪ S.Aureus				430cfu/m ³ [34] Coliform = 1-3cfu/m ³ [34] S.Aureus = 1-1,7 cfu/m ³ [34]
	Kimia : Tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : debu dalam udara	Tidak	-	Menyaring udara sebelum masuk blower.	-
6. Penghancuran biji cokelat dengan Disk Mill (cocoa mass)	Biologi : mikroba, Yeast dan jamur dalam Disk mill	Tidak	Mikroba mati saat grinding.	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses grinding.	Yeast dan jamur = max 100cfu/gr Suhu grinding 110°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : Asam Asetat	Ya	Dapat mengganggu kesehatan	Suhu proses dijaga agar tetap dalam range 110°C.	Titik didih Asam asetat adalah 116-127°C sehingga jika suhu proses dijaga 110°C maka Asam Asetat dalam biji tidak

					akan teruapkan [25]
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
7. Tangki Cocoa Mass	Biologi : Yeast dan jamur, coliform	Tidak	Mikroba mati saat grinding.	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses grinding.	Yeast dan jamur = max 100cfu/gr [40] coliform = max 3cfu/gr [40] Suhu pressing 90°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
8. Pemisahan antara cocoa butter dan cocoa cake dengan Hydraulic Press	Biologi : Mikroba dan jamur dalam Hydraulic Press	Tidak	-	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses pressing.	Suhu pressing 90°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : Tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
9. Tangki Cocoa Butter	Biologi : Yeast dan jamur, bakteri aerobik	Tidak	Mikroba mati saat grinding.	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati	Yeast = 10 cfu/gr [39] Jamur = 50cfu/gr [39] Bakteri aerobik =

				saat proses grinding.	100cfu/gr Suhu conching 80°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
<u>Cocoa Butter</u> 10. Pencampuran cocoa butter + cocoa mass + susu + gula + vanili dalam tangki pencampuran (mixing)	Biologi : Yeast dan jamur dalam mixer, bakteri aerobik	Tidak	-	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses conching.	Yeast = 10 cfu/gr [39] Jamur = 50cfu/gr [39] Bakteri aerobik = 100cfu/gr Suhu conching 80°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : Tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : Ketidaksengajaan individu, misal rambut plastik.	Tidak	-	Mewajibkan pekerja untuk menggunakan pakaian khusus, masker.	Meminimalisasikan sampai meniadakan ketidaksengajaan individu.

11. Penggilingan pasta kasar menjadi pasta halus dengan refiner	Biologi : Mikroba dan jamur dalam refiner	Tidak	-	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses conching.	Suhu conching 80°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : Tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : Tidak ada	Tidak	-	-	-
12. Penghalusan (peremasan) pasta cokelat halus hingga menjadi lembut dengan Concher	Biologi : Mikroba dan jamur dalam concher	Tidak	-	Mikroba (bakteri patogen) otomatis banyak yang mati saat proses conching.	Suhu conching 80°C, dimana pada suhu >62°C bakteri patogen telah mati. [43]
	Kimia : Asam Asetat	Ya	Dapat mengganggu kesehatan	Asam Asetat dalam pasta harus dapat teruapkan dengan sempurna	Waktu proses conching adalah 2 hari, sehingga kandungan asam asetat dalam pasta dapat hilang dengan adanya panas dan pengadukan.[3]
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
13. Tempering	Biologi :	Tidak	-	-	Mesophilic Aerobic

pasta coklat menjadi solid chocolate, dengan mengontakkan coklat dengan air dingin	mesophilic aerobic bacteria.				Bacteria = max 180-360 cfu/m ³ [34]
	Kimia : tidak ada	Tidak	-	-	-
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
14. Pencetakan dan pendinginan solid chocolate+ pembungkusan + pengemasan dengan sistem Solid Chocolate	Biologi : tidak ada	Tidak	-	-	-
	Kimia : tinta cetak pada packing	Tidak	-	-	Tinta (merk, tulisan) pada packing tertulis dengan rapi.
	Fisik : hasil packing (aluminium foil)	tidak	-	Jika hasil packing tidak memuaskan maka akan dikeluarkan dari hasil akhir dan akan dipacking kembali	Packing = tidak penyok, terlabelli dengan baik dan rapi, dll Tebal aluminium foil = 6-200micron

Cocoa Cake					
15. Penghancuran dengan menggunakan udara panas dengan Pulverizing Mill	Biologi : Yeast dan jamur dalam Pulverizing Mill	Tidak	-	Mikroba akan mati dalam proses ini karena adanya udara panas yang dihembuskan dalam pulverizing mill	Yeast dan Jamur = max 100cfu/gr [38]
	Kimia : kadar air	Tidak	-	-	Kadar air = max 3% [38]
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-
16. Pengayakan cocoa powder dengan Vibrating Screen bukaan 150 mesh	Biologi : Yeast dan jamur dalam Pulverizing Mill, coliform, salmonella	Tidak	-	Mikroba akan mati dalam proses ini karena adanya udara panas yang dihembuskan dalam pulverizing mill	Yeast dan Jamur = max 100cfu/gr [38] Coliform = 3 cfu/gr [38] Salmonella = 5cfu/25gr [42]
	Kimia : kadar air, pH	Tidak	-	-	Kadar air = max 3% [38] pH = 6,8-7,00 [38]
	Fisik : tidak ada	Tidak	-	-	-

17. Pengemasan cocoa powder dengan menggunakan bahan yang aman untuk kesehatan	Biologi : tidak ada	Tidak	-	-	-
	Kimia : tinta cetak pada packing	Tidak	-	-	Tinta (merk, tulisan) pada packing tertulis dengan rapi.
	Fisik : ukuran partikel, hasil packing	tidak	-	Dilakukan sampling setiap batch. Jika melebihi spesifikasi ukuran partikel yang ditentukan maka powder akan direcycle menuju vibrating screen. Jika hasil packing tidak memuaskan maka akan	Ukuran partikel = max 150 mesh [3] Packing = tidak penyok, terlabelli dengan baik dan rapi, dll

				dikeluarkan dari hasil akhir dan akan dipacking kembali	
--	--	--	--	---	--

DAFTAR PUSTAKA

1. Kirk, Othmer, 1978, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, vol 6, 3rd ed., pp 1-17, VCH Verlogsgesselschaft MGH, weinheimGermany
2. Ulmann, Volume A-7 1993, "Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry", British Library Cataloguing
3. Kirk, Othmer, 1978, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, Volume-3, 2nd ed, 1949 VCH Verlogsgesselschaft MGH, weinheimGermany
4. Brown,1950
5. Ulrich, G.D., 1984, "A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics", John Wiley and Sons, New York
6. Bandhari, manufacture ice
7. Minifie, B.W., 1940, *Chocolate, Cocoa and Convectionary*, The AVI Publishing co, westport, Connecticut.
8. Perry, R.H. dan Green, D. W., 1999, " Perry's Chemical Engineers' Handbook ", 7thed., Inc Mc Graw Hill Company International Book Company, New York
9. Perry, J.H., 1950, "Chemical Engineer's Handbook", 3rd ed., McGraw Hill Inc, New York
10. Geankoplis, C.J., 1997, "Transport Processes and Unit Operation", 3rd Ed., Prentice-Hall, Inc., New Delhi
11. Kern, D.Q., 1965, "Process Heat Transfer", International Edition, McGraw Hill Inc., Auckland

12. Brownell, L.E., Young, E.H., 1979, "Process Equipment Design", John Willey and Sons Inc., New York
13. Carl L. Yaws, 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill Book Co., Texas
14. Wallas, Stanley M., 1990, "Chemical Process Equipment Selection and Design", Butterworth-Heinemann, Washington
15. Vilbrandt, 1959
16. Rase, Barrow, 1967
17. Herman, C. Hesse, Rushton, J. H., 1945, "Process Equipment Design", D. Van Nostrand Company, Princeton, New Jersey.
18. Bowser, Tim. 1999. Selecting and Purchasing Food Processing Equipment. OSU Food Technology Facts, FAPC-102. Oklahoma State University Cooperative Extension Service, Stillwater, OK
19. http://www.geology.um.maine.edu/geodynamics/analogwebsite/Projects2005/Rodda_2005/HTML/UHP_Experimental_Design.html (7 mei 2006)
20. <http://www.science-house.org/student/bw/chaos/heleshaw/sld018.htm> (7 mei 2006)
21. Swern, D., 1979, "Bailey's Industrial Oil and Fat Products", 3rd ed., vol II, John Wiley and Sons, New York
22. Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., and West, E. R., 1991, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 5th ed., McGraw Hill Inc, Singapore

23. www.lboro.ac.uk/overall_heat_transfer/cocoa/cocoa_bean.html (8 mei 2006)
24. Perry, D.G. 1999. "Perry's Chemical Engineering Handbook". 5th ed. McGraw-Hill Company : New York.
25. Perry, D.G. 1999. "Perry's Chemical Engineering Handbook". 6th ed. McGraw-Hill Company : New York.
26. Warren L. McCabe, Julian C. Smith and Peter Harriott, 1993, "Unit Operations of Chemical Engineering", McGraw-Hill, Inc., Singapore
27. <http://www.brookfieldengineering.com/education/applications/laboratory-chocolate-processing.asp> (10 mei 2006)
28. <http://www.organictrading.com>
29. http://www.ambujaglobal.com/rapeseed_lecithin.php
30. http://www.sinochempharm.com/pages/soy_lecithin.htm
31. http://www.alibaba.com/catalog/66491/Maltol_Ethyl_Maltol_Vanillin_Sandneol.html (10 mei 2006)
32. <http://dahuag.en.ec21.com/GC00008480/CA00024631/Vanillin.html> (10 mei 2006)
33. Merle, D.Pierson. 1992. "HACCP Principles and Applications". Chapman&Hall : New York
34. www.scielo.br/scielo.php?.pid=si517-83822003000300015&script=sci_arttext&tlng=en (28 maret 2006)
35. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/cheese/sectiona.htm> (29 maret 2006)

36. <http://www.usdec.org/products/MilkProducts.cfm?navItemNumber=1216>
(2 Agustus 2006)
37. http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/fsc_1_6_1_Micro_V78.pdf (
30 maret 2006)
38. <http://www.grankko.com/English/powder.htm> (5 Agustus 2006)
39. <http://www.grankko.com/English/butter.htm> (5 Agustus 2006)
40. <http://www.grankko.com/English/liquor.htm> (5 Agustus 2006)
41. <http://www.grankko.com/English/fermented.htm> (5 Agustus 2006)
42. http://www.microbiological.gov.au/_srcfiles/fsc_1_6_1_Micro_V78.pdf (
5 Agustus 2006)
43. Dulmage & R.A. Rhodes. 1971. "Production of Pathogens Artificial Media" dalam H.O. Burges & H.W. Hussey Microbial Control North-Holand Publishing Co. Amsterdam. P. 120-130Buku microbiologi tetntang bakteri pathogen pada suhu 62 mati.
44. http://www.grankko.com/English/packaging/milk_chocolate.htm (5 Agustus 2006)
45. http://www.grankko.com/English/packaging/cocoa_powder.htm (5 Agustus 2006)
46. http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=218487&kat_id=366 (
24 agustus 2006)
47. <http://www.bexi.co.id/artkel/artikel/2004/Nomer2/FokUtPlusMinus.asp> (
27 Agustus 2006)
48. <http://id.wikipedia.org/wiki/Cokelat.html> (10 Februari 2006)

49. http://72.14.203.104/search?q=cache:c-jnTDVcLq4J:www.indonesia.nl/articles.php%3Frank%3D24%26art_cat_id%3D46%26status%3Darchive+penderita+diabetes+di+thailand&hl=id&gl=id&ct=clnk&cd=12 (13 Juni 2006)
50. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0205/13/0202.htm> (17 Juni 2006)
51. <http://www.suarakarya-online.com/news.html?id=59718> (17 juni 2006)
52. <http://www.depkes.go.id/index.php?option=news&task=viewarticle&sid=1183&Itemid=2> (19 Juni 2006)
53. http://www.uq.edu.au/_School_Science_Lessons/55CoVars.GIF (15 Juli 2006)
54. Minifie, B.W., 1982, *Chocolate, Cocoa and Convectionary*, The AVI Publishing co, westport, Connecticut.
55. http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=218487&kat_id=366 17 Juni 2006)
56. <http://id.wikipedia.org/wiki/Cokelat.html> (18 Juni 2006)
57. http://en.wikipedia.org/wiki/HFCS#Sweetener_consumption_patter (2 Maret 2006)
58. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0305/24/cakrawala/penelitian.htm> (30 Juni 2006)
59. <http://en.wikipedia.org/wiki/Aspartam.html> (15 Februari 2006)
60. <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0211/18/ipitek/bebe49.htm> (11 Februari 2006)

61. <http://en.wikipedia.org/wiki/Sucralose> (15 Februari 2006)
62. <http://www.tabloid-nakita.com/artikel2.php3? edisi=06310&rubrik=klirikibu> (8 Agustus 2006)
63. <http://72.14.203.104/search?q=cache:5IZkWlwLxTQJ:efeedgrain.com/repoprint.asp%3FIng%3D1%26got%3D3667+susu+skim&hl=id&gl=id&ct=clnk&cd=14> (16 Februari 2006)
64. <http://id.wikipedia.org/wiki/Vanili.html> (15 Februari 2006)
65. <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0505/12/ekora/1703278.htm> (19 Maret 2006)
66. www.cybermed.cbn.net.id/detilhit.asp?kategori=food&newsno=528 (23 Maret 2006)
67. www.fns.usda.gov/fdd/facts/hhpfacts/FS-CornSyrup.pdf (9 Agustus 2006)
68. www.geylea.com/foodservice/foodserviceskimmilkpowder.html (9 Agustus 2006)
69. <http://www.suarakarya-online.com/news.html?id=59718> (4 Maret 2006)
70. <http://www.depkes.go.id/index.php?option=news&task=viewarticle&sid=1183&Itemid=2> dan http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0205/13/02_02.htm (6 Juni 2006)
71. http://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_negara_menurut_jumlah_penduduk (9 Juli 2006)
72. <http://www.depkes.go.id/index.php?option=news&task=viewarticle&sid=1183&Itemid=2> (10 Juni 2006)

73. www.bbc.co.uk/indonesian/indepth/story/2006/02/060222_diabetesinasia.shtml (27 Juni 2006)
74. http://72.14.203.104/search?q=cache:c-jnTDVcLq4J:www.indonesia.nl/articles.php%3Frank%3D24%26art_cat_id%3D46%26status%3Darchi+ve+penderita+diabetes+di+thailand&hl=id&gl=id&ct=clnk&cd=12 (21 Juli 2006)
75. BPS (BADAN PUSAT STATISTIK)
76. Kirk, Othmer, 1978, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, Vol 15, 3rd ed., pp 523, VCH Verlagsgesellschaft MGH, weinheimGermany
77. Kirk, Othmer, 1978, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, Vol 17, 3rd ed., VCH Verlagsgesellschaft MGH, weinheimGermany
78. Carl L. Yaws, 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw-Hill Book Co., Texas
79. PT. Multi Aneka Pangan Nusantara
80. Fryer p.391
81. <http://www.brookfieldengineering.com/education/applications/laboratory-chocolate-processing.asp> (29 Juni 2006)
82. <http://food.oregonstate.edu/energy/t11.html> (18 April 2006)
83. Kirk, Othmer, 1978, *Encyclopedia of Chemical Tecnology*, Vol 14, 3rd ed.p260, VCH Verlagsgesellschaft MGH, weinheimGermany
84. Severn, W.H., 1959, " Steam, Air, and Gas Power", 5th ed, John Wiley and Sons, New York
85. www.cherefources.com/cowerszz.shtml (12 April 2006)

86. http://wima.ipb.ac.id/tml_atst/baku_mutu.html (19 April 2006)
87. Powel. 1954. "Programmed Unit in Chemistry", Tabel 5. Prentice Hall : New York.
88. Pitta E.G., 1984, "Refrigeration Principles and Systems: an Energy Approach", John Wiley and Sons, Inc., USA
89. <http://www.icco.org/questions/nutrition.htm> (19 April 2006)
90. Konsultan Ahli: Dr. Endang Darmoutomo, MS, Sp.GK., *dari RS Siloam Gleneagles, Lippo Karawaci melalui situs* <http://www.tabloid-nakita.com/artikel2.php3?edisi=06310&rubrik=klinikibu> (10 Mei 2006)
91. The Profile Of Tax Service office For Foreign Investment, <http://www.pajak.go.id/artikel/Indonesian%20Tax%20Guide%20for%20Foreign%20Investor.pdf>, tanggal akses 21 April 2006
92. Harga Solar Industri, Jawa pos 12 Mei 2006
93. Tarif Dasar Listrik, PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) Distribusi Jawa Timur, tahun 2003
94. www.redler.com/products/reference/materialist.htm (7 Juni 2006)