

APPENDIX A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

Asumsi :

- 1 tahu = 300 hari
- 1 hari = 12 jam kerja
- Produksi dalam 1 hari hanya terdapat 1 *batch*.

Kapasitas total dalam 1 *batch* :

1 minggu = 51 ton *bubble gum*

1 hari = 7,2857 ton *bubble gum* = 7.285,71 kg *bubble gum*

Kapasitas produksi untuk setiap rasa dalam 1 *batch* per hari:

Bubble gum rasa kopi = 1.821,43 kg

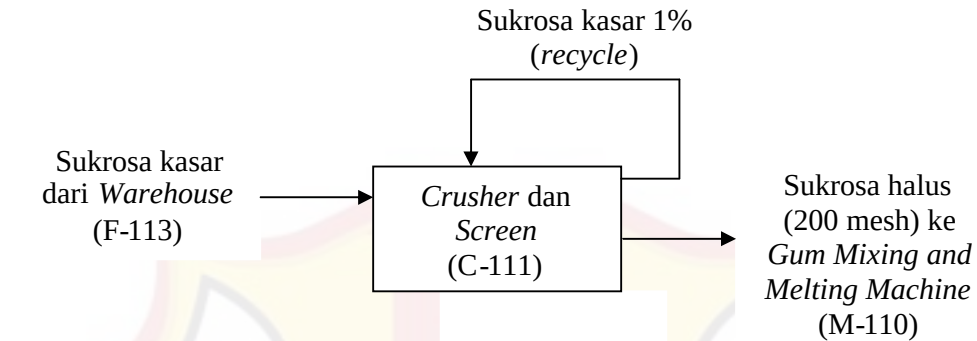
Bubble gum rasa coklat = 5.464,29 kg

Berikut adalah Tabel A.1 menunjukkan kebutuhan bahan baku yang digunakan untuk membuat *bubble gum* untuk 1 *batch*:

Tabel A.1. Komposisi Produk *Bubble gum* untuk 1 Batch

Komponen	Persentase	<i>Bubble gum</i> Rasa Kopi	<i>Bubble gum</i> Rasa Coklat
		Kebutuhan (kg/ <i>batch</i>)	Kebutuhan (kg/ <i>batch</i>)
<i>Gum base</i>	19,89%	362,28	1.086,85
Sukrosa	66,33%	1.208,15	3.624,46
Kopi/Coklat	1,24%	22,59	67,76
Lesitin	0,52%	9,47	28,41
Aspartam	0,12%	2,19	6,56
Gliserin	3,11%	56,65	169,94
Glukosa	8,29%	151,00	452,99
<i>Acesulfame</i>	0,50%	9,11	27,32
Total	100%	1821.43	5464.29

A.1. Crusher dan Screen (C-111)



Sukrosa kasar yang masuk = Sukrosa halus yang keluar
 = 4.832,61 kg/batch

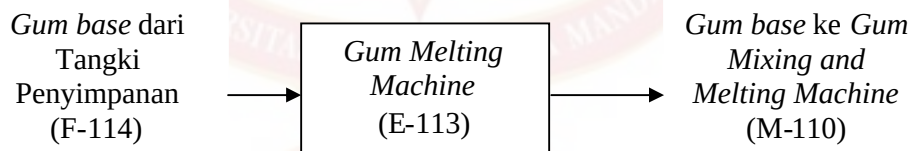
Asumsi sukrosa kasar yang akan di *recycle* = 1%, sehingga

Massa sukrosa kasar yang di-*recycle* = 1% x 4.832,61 kg/batch
 = 48,33 kg/batch

Tabel A.2. Crusher dan Screen (C-111)

Masuk dari Warehouse (F-113)		Keluar ke Gum Mixing and Melting Machine (M-110)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Sukrosa kasar	4.832,61	Sukrosa halus	4.832,61
Recycle		Recycle	
Sukrosa kasar	48,33	Sukrosa kasar	48,33
Total	4.880,94	Total	4.880,94

A.2. Gum Melting Machine (E-113)



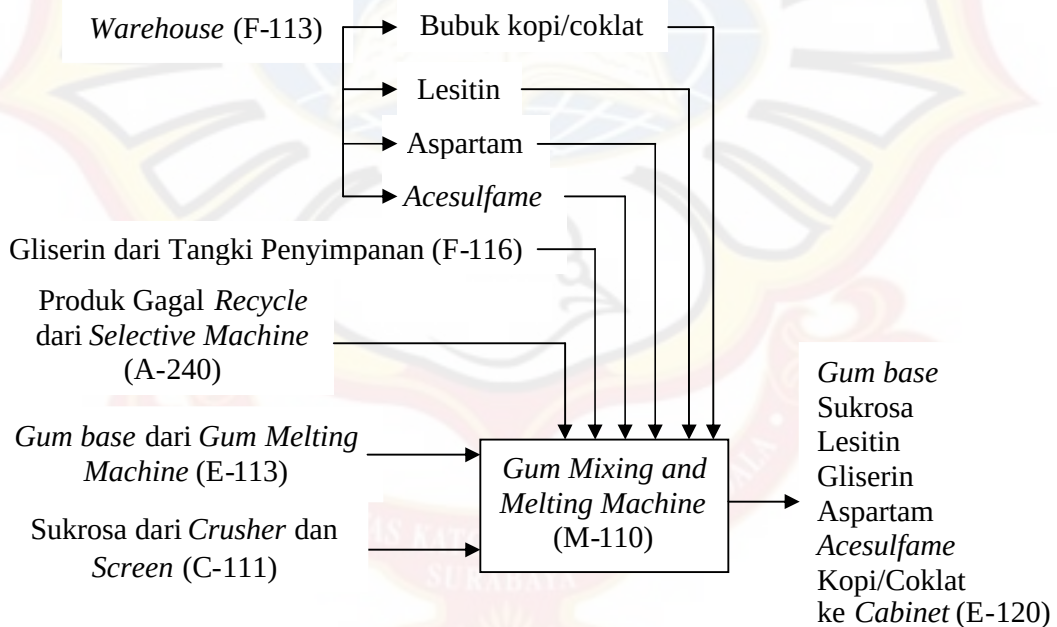
Tabel A.3. Gum Melting Machine untuk Bubble gum Rasa Kopi (E-113)

Masuk dari Tangki Penyimpanan (F-114)		Keluar ke Gum Mixing and Melting Machine (M-110)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
Gum Base	362,28	Gum Base	362,28
Total	362,28	Total	362,28

Tabel A.4. Gum Melting Machine untuk Bubble gum Rasa Coklat (E-113)

Masuk dari Tangki Penyimpanan (F-114)		Keluar ke Gum Mixing and Melting Machine II (M-110)	
Komposisi	Kg/batch	Komposisi	Kg/batch
Gum Base	1.086,85	Gum Base	1.086,85
Total	1.086,85	Total	1.086,85

A.3. Gum Mixing and Melting Machine (M-110)



Produk gagal dari *Selective Machine* (A-240) di-recycle ke *Gum Mixing and Melting Machine* (M-110). Berikut adalah komponen dari *bubble gum* yang

masuk ke *Gum Mixing and Melting Machine* (M-110) yang dapat dilihat pada Tabel A.5.

Tabel A.5. Komponen *Bubble gum* Masuk *Gum Mixing and Melting Machine* (M-110)

<i>Bubble gum</i> Rasa Kopi			
<i>Fresh Feed</i>		<i>Recycle dari Selective Machine (A-240)</i>	
Komponen	kg/batch	Komponen	kg/batch
<i>Gum base</i>	362,28	<i>Gum base</i>	11,20
Sukrosa	1.208,15	Sukrosa	37,37
Lesitin	9,47	Kopi	0,70
Aspartam	2,19	Lesitin	0,29
Gliserin	56,65	Aspartam	0,07
<i>Acesulfame</i>	9,11	Gliserin	1,75
Kopi	22,59	<i>Acesulfame</i>	0,28
<i>Bubble gum</i> Rasa Coklat			
<i>Fresh Feed</i>		<i>Recycle dari Selective Machine (A-240)</i>	
Komponen	kg/batch	Komponen	kg/batch
<i>Gum base</i>	1.086,85	<i>Gum base</i>	33,61
Sukrosa	3.624,46	Sukrosa	112,10
Lesitin	28,41	Lesitin	0,88
Aspartam	6,56	Aspartam	0,20
Gliserin	169,94	Gliserin	5,26
<i>Acesulfame</i>	27,32	<i>Acesulfame</i>	0,84
Kopi	67,76	Coklat	2,10

Komponen *bubble gum* yang diproses pada *Gum Mixing and Melting Machine* (M-110) untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.6., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.7.

Tabel A.6. *Gum Mixing and Melting Machine* untuk *Bubble gum* Rasa Kopi (M-110)

Masuk dari <i>Gum Melting Machine</i> (E-113)		Keluar ke <i>Cabinet</i> (E-120)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Melting Machine</i> (E-113)		<i>Gum Base</i>	373,49
<i>Gum Base</i>	362,28	Sukrosa	1.245,52
Total	362,28	Kopi	23,28
<i>Crusher dan Screen</i> (C-111)		Lesitin	9,76
Sukrosa	1.208,15	Aspartam	2,25
Total	1.208,15	Gliserin	58,40
<i>Warehouse</i> (F-113)		<i>Acesulfame</i>	9,39
Lesitin	9,47		
Aspartam	2,19		
<i>Acesulfame</i>	9,11		
Kopi	22,59		
Total	43,35		
<i>Tangki Penyimpanan</i> (F-116)			
Gliserin	56,65		
Total	56,65		
<i>Bahan recycle dari Selective Machine</i> (A-240)			
<i>Gum Base</i>	11,20		
Sukrosa	37,37		
Kopi	0,70		
Lesitin	0,29		
Aspartam	0,07		
Gliserin	1,75		
<i>Acesulfame</i>	0,28		
Total	51,66		
Total	1.722,09	Total	1.722,09

Tabel A.7. Gum Mixing and Melting Machine untuk Bubble gum Rasa Coklat (M-110)

Masuk dari Gum Melting Machine II (E-113)		Keluar ke Cabinet II (E-120)	
Komposisi	Kg/batch	Komposisi	Kg/batch
Gum Melting Machine II (E-113)		<i>Gum Base</i>	1.120,46
<i>Gum Base</i>	1.086,85	Sukrosa	3.736,56
Total	1.086,85	Coklat	69,85
Crusher dan Screen (C-111)		Lesitin	29,29
Sukrosa	3.624,46	Aspartam	6,76
Total	3.624,46	Gliserin	175,20
Warehouse (F-113)		<i>Acesulfame</i>	9,39
Lesitin	28,41		
Aspartam	6,56		
<i>Acesulfame</i>	27,32		
Coklat	67,76		
Total	130,05		
Tangki Penyimpanan (F-115)			
Gliserin	169,94		
Total	169,94		
Bahan recycle dari Selective Machine II (A-240)			
<i>Gum Base</i>	33,61		
Sukrosa	112,10		
Coklat	2,10		
Lesitin	0,88		
Aspartam	0,20		
Gliserin	5,26		
<i>Acesulfame</i>	0,84		
Total	154,99		
Total	5.166,28	Total	5.166,28

A.4. Cabinet (E-120)

Gum base

Sukrosa

Lesitin

Gliserin

Aspartam

Acesulfame

Kopi/Coklat
dari *Gum Mixing and
Melting Machine*
(M-110)

Cabinet
(E-120)

Gum base

Sukrosa

Lesitin

Gliserin

Aspartam

Acesulfame

Kopi/Coklat
ke *Gum Extruding and
Forming Machine*
(J-130)

Komponen *bubble gum* yang didinginkan pada *Cabinet* (E-120) untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.8., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.9.

Tabel A.8. *Cabinet* untuk *Bubble gum* Rasa Kopi (E-120)

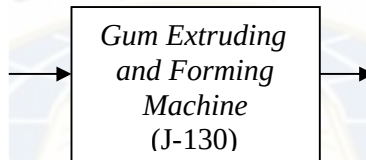
Masuk dari <i>Gum Mixing and Melting Machine</i> (M-110)		Keluar ke <i>Gum Extruding and Forming Machine</i> (J-130)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	373,49	<i>Gum Base</i>	373,49
Sukrosa	1.245,52	Sukrosa	1.245,52
Kopi	23,28	Kopi	23,28
Lesitin	9,76	Lesitin	9,76
Aspartam	2,25	Aspartam	2,25
Gliserin	58,40	Gliserin	58,40
<i>Acesulfame</i>	9,39	<i>Acesulfame</i>	9,39
Total	1.722,09	Total	1.722,09

Tabel A.9. Cabinet untuk *Bubble gum* Rasa Coklat (E-120)

Masuk dari <i>Gum Mixing and Melting Machine II (M-110)</i>		Keluar ke <i>Gum Extruding and Forming Machine II (J-130)</i>	
Komposisi	Kg/batch	Komposisi	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	1.120,46	<i>Gum Base</i>	1.120,46
Sukrosa	3.736,56	Sukrosa	3.736,56
Coklat	69,85	Coklat	69,85
Lesitin	29,29	Lesitin	29,29
Aspartam	6,76	Aspartam	6,76
Gliserin	175,20	Gliserin	175,20
<i>Acesulfame</i>	28,17	<i>Acesulfame</i>	28,17
Total	5.166,28	Total	5.166,28

A.5. *Gum Extruding and Forming Machine (J-130)*

Gum base
Sukrosa
Lesitin
Gliserin
Aspartam
Acesulfame
Kopi/Coklat
dari *Cabinet*
(E-120)



Gum base
Sukrosa
Lesitin
Gliserin
Aspartam
Acesulfame
Kopi/Coklat
ke Rak Pendingin
(F-231)

Komponen *bubble gum* yang diproses pada *Gum Extruding and Forming Machine (J-130)* untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.10., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.11.

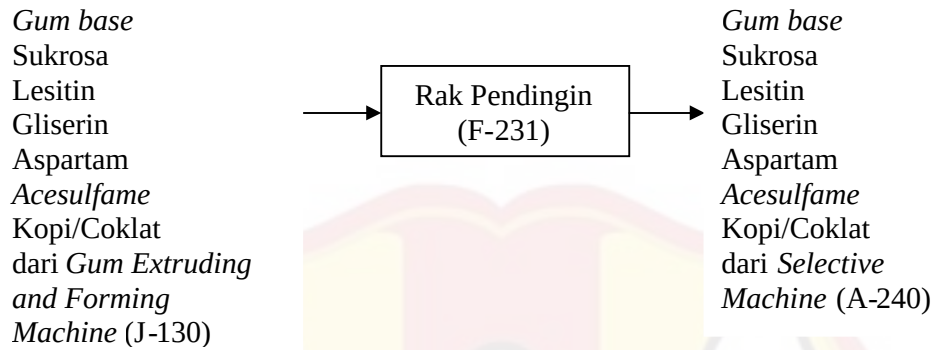
Tabel A.10. Gum Extruding and Forming Machine untuk Bubble gum Rasa Kopi (J-130)

Masuk dari Cabinet (E-120)		Keluar ke Rak Pendingin (F-231)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	373,49	<i>Gum Base</i>	373,49
Sukrosa	1.245,52	Sukrosa	1.245,52
Kopi	23,28	Kopi	23,28
Lesitin	9,76	Lesitin	9,76
Aspartam	2,25	Aspartam	2,25
Gliserin	58,40	Gliserin	58,40
<i>Acesulfame</i>	9,39	<i>Acesulfame</i>	9,39
Total	1.722,09	Total	1.722,09

Tabel A.11. Gum Extruding and Forming Machine untuk Bubble gum Rasa Coklat (J-130)

Masuk dari Cabinet II (E-120)		Keluar ke Rak Pendingin (F-231)	
Komposisi	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	1.120,46	<i>Gum Base</i>	1.120,46
Sukrosa	3.736,56	Sukrosa	3.736,56
Coklat	69,85	Coklat	69,85
Lesitin	29,29	Lesitin	29,29
Aspartam	6,76	Aspartam	6,76
Gliserin	175,20	Gliserin	175,20
<i>Acesulfame</i>	28,17	<i>Acesulfame</i>	28,17
Total	5.166,28	Total	5.166,28

A.6. Rak Pendingin (F-231)



Komponen *bubble gum* yang didiamkan di Rak Pendingin (F-231) untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.12., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.13.

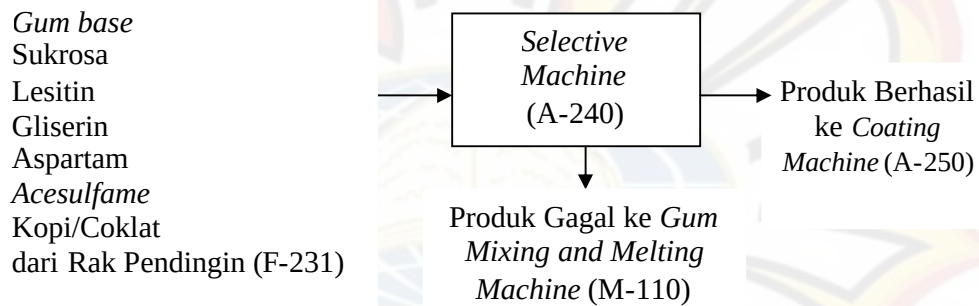
Tabel A.12. Rak Pendingin untuk *Bubble gum* Rasa Kopi (F-231)

Masuk dari <i>Gum Extruding and Forming Machine (J-130)</i>		Keluar ke <i>Selective Machine (A-240)</i>	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	373,49	<i>Gum Base</i>	373,49
Sukrosa	1.245,52	Sukrosa	1.245,52
Kopi	23,28	Kopi	23,28
Lesitin	9,76	Lesitin	9,76
Aspartam	2,25	Aspartam	2,25
Gliserin	58,40	Gliserin	58,40
<i>Acesulfame</i>	9,39	<i>Acesulfame</i>	9,39
Total	1.722,09	Total	1.722,09

Tabel A.13. Rak Pendingin untuk *Bubble gum* Rasa Coklat (F-231)

Masuk dari <i>Gum Extruding and Forming Machine II</i> (J-130)		Keluar ke <i>Selective Machine II</i> (A-240)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	1.120,46	<i>Gum Base</i>	1.120,46
Sukrosa	3.736,56	Sukrosa	3.736,56
Coklat	69,85	Coklat	69,85
Lesitin	29,29	Lesitin	29,29
Aspartam	6,76	Aspartam	6,76
Gliserin	175,20	Gliserin	175,20
<i>Acesulfame</i>	28,17	<i>Acesulfame</i>	28,17
Total	5.166,28	Total	5.166,28

A.7. *Selective Machine* (A-240)



Ditetapkan:

- Produk Berhasil = 97% ke *Coating Machine* (A-250)
- Produk Gagal = 3% melalui proses *recycle* kembali ke *Gum Mixing and Melting Machine* (M-110)

Data komponen produk gagal yang akan melalui proses *recycle* untuk *bubble gum* dengan rasa kopi didapatkan dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Gum base} = \frac{3\%}{100\%} \times 373,49 = 11,20 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Sukrosa} = \frac{3\%}{100\%} \times 1.245,52 = 37,37 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Aspartam} = \frac{3\%}{100\%} \times 2,25 = 0,07 \text{ kg/batch}$$

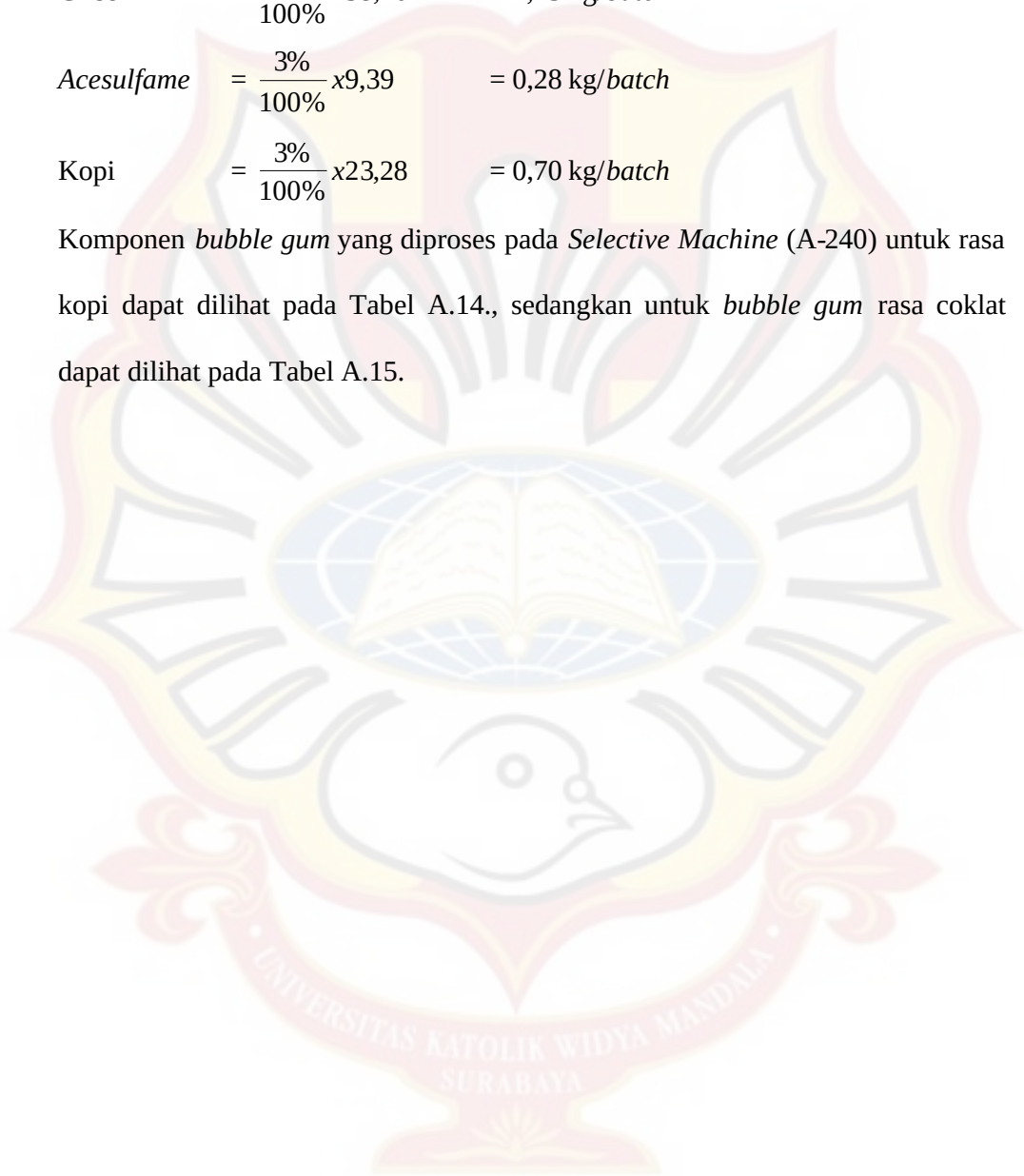
$$\text{Lesitin} = \frac{3\%}{100\%} \times 9,76 = 0,29 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Gliserin} = \frac{3\%}{100\%} \times 58,40 = 1,75 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Acesulfame} = \frac{3\%}{100\%} \times 9,39 = 0,28 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Kopi} = \frac{3\%}{100\%} \times 23,28 = 0,70 \text{ kg/batch}$$

Komponen *bubble gum* yang diproses pada *Selective Machine* (A-240) untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.14., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.15.



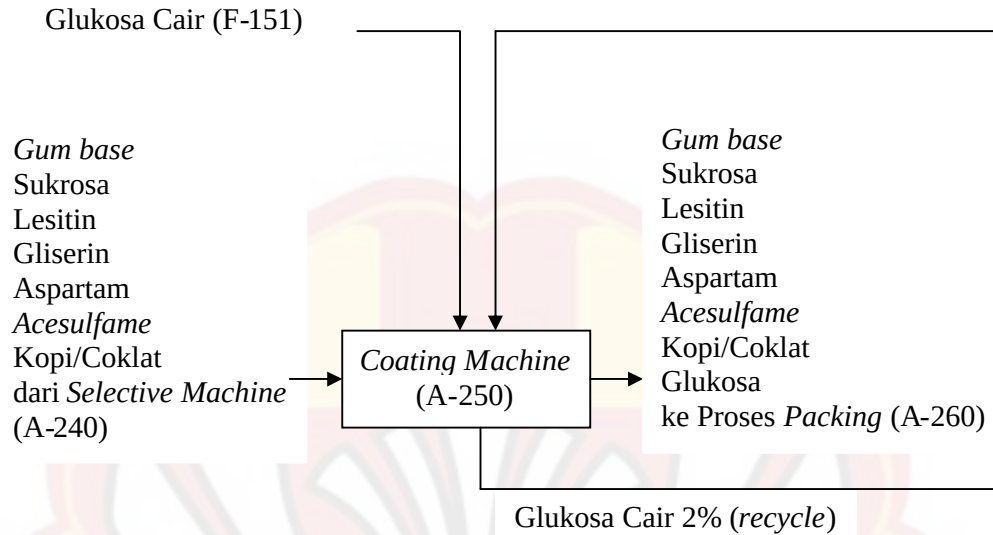
Tabel A.14. *Selective Machine* untuk *Bubble gum* Rasa Kopi (A-240)

Masuk dari Rak Pendingin (F-231)		Keluar ke <i>Coating Machine</i> (A-250)	
Komposisi	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	373,49	Produk Berhasil ke <i>Coating Machine</i> (A-250)	
Sukrosa	1.245,52	<i>Gum Base</i>	362,28
Kopi	23,28	Sukrosa	1.208,15
Lesitin	9,76	Kopi	22,59
Aspartam	2,25	Lesitin	9,47
Gliserin	58,40	Aspartam	2,19
<i>Acesulfame</i>	9,39	Gliserin	56,65
		<i>Acesulfame</i>	9,11
		Total	1.670,43
		Produk Gagal ke <i>Gum Mixing and Melting Machine</i> (M-110)	
		<i>Gum Base</i>	11,20
		Sukrosa	37,37
		Kopi	0,70
		Lesitin	0,29
		Aspartam	0,07
		Gliserin	1,75
		<i>Acesulfame</i>	0,28
		Total	51,66
Total	1.722,09	Total	1.722,09

Tabel A.15. *Selective Machine* untuk *Bubble gum* Rasa Coklat (A-240)

Masuk dari Rak Pendingin (F-231)		Keluar ke <i>Coating Machine</i> II (A-250)	
Komposisi	Kg/ <i>batch</i>	Komponen	Kg/ <i>batch</i>
<i>Gum Base</i>	1.120,46	Produk Berhasil ke <i>Coating Machine</i> II (A-250)	
Sukrosa	3.736,56	<i>Gum Base</i>	1.086,85
Coklat	69,85	Sukrosa	3.624,46
Lesitin	29,29	Coklat	67,76
Aspartam	6,76	Lesitin	28,41
Gliserin	175,20	Aspartam	6,56
<i>Acesulfame</i>	28,17	Gliserin	169,94
		<i>Acesulfame</i>	27,32
		Total	5.011,30
		Produk Gagal ke <i>Gum Mixing and Melting Machine</i> II (M-110)	
		<i>Gum Base</i>	33,61
		Sukrosa	112,10
		Kopi	2,10
		Lesitin	0,88
		Aspartam	0,20
		Gliserin	5,26
		<i>Acesulfame</i>	0,84
		Total	154,99
Total	5.166,28	Total	5.166,28

A.8. Coating Machine (A-250)



Asumsi glukosa cair yang tidak menempel pada *bubble gum* adalah 16,5% dari total glukosa cair yang digunakan, yang kemudian akan di-*recycle* untuk kembali pada *coating machine*. Glukosa cair yang di-*recycle* untuk:

- Bubble gum* rasa kopi sebanyak 16,5% . 924,28 kg = 151 kg
- Bubble gum* rasa coklat sebanyak 16,5% . 2772,84 kg = 452,99 kg

Komponen *bubble gum* yang diproses pada *Coating Machine* (A-250) untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.16., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.17.

Tabel A.16. Coating Machine untuk Bubble gum Rasa Kopi (A-250)

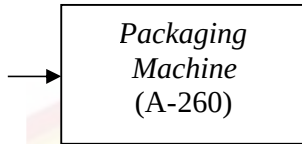
Masuk dari <i>Selective Machine</i> (A-240)		Keluar ke <i>Packaging Machine</i> (A-260)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Selective Machine</i> (A-240)		<i>Proses Packing</i> (A-260)	
<i>Gum Base</i>	362,28	<i>Gum Base</i>	362,28
Sukrosa	1.208,15	Sukrosa	1.208,15
Kopi	22,59	Kopi	22,59
Lesitin	9,47	Lesitin	9,47
Aspartam	2,19	Aspartam	2,19
Gliserin	56,65	Gliserin	56,65
Glukosa	151,00	Glukosa	151,00
<i>Acesulfame</i>	9,11	<i>Acesulfame</i>	9,11
Total	1.821,43	Total	1.821,43
<i>Recycle</i>		<i>Recycle</i>	
Glukosa	773,28	Glukosa	773,28
Total	2.594,71	Total	2.594,71

Tabel A.17. Coating Machine untuk Bubble gum Rasa Coklat (A-250)

Masuk dari <i>Selective Machine II</i> (A-240)		Keluar ke <i>Packaging Machine II</i> (A-260)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Selective Machine</i> (A-240)		<i>Proses Packing</i> (A-260)	
<i>Gum Base</i>	1.086,85	<i>Gum Base</i>	1.086,85
Sukrosa	3.624,46	Sukrosa	3.624,46
Coklat	67,76	Coklat	67,76
Lesitin	28,41	Lesitin	28,41
Aspartam	6,56	Aspartam	6,56
Gliserin	169,94	Gliserin	169,94
Glukosa	452,99	Glukosa	452,99
<i>Acesulfame</i>	27,32	<i>Acesulfame</i>	27,32
Total	5.464,29	Total	5.464,29
<i>Recycle</i>		<i>Recycle</i>	
Glukosa	2.319,85	Glukosa	2.319,85
Total	7.784,14	Total	7.784,14

A.9. Packaging Machine (A-260)

Gum base
Sukrosa
Lesitin
Gliserin
Aspartam
Acesulfame
Kopi/Coklat
Glukosa
 dari *Coating Machine*
 (A-250)



Gum base
Sukrosa
Lesitin
Gliserin
Aspartam
Acesulfame
Kopi/Coklat
Glukosa
 ke *Proses Warehouse*
 Produk (F-361)

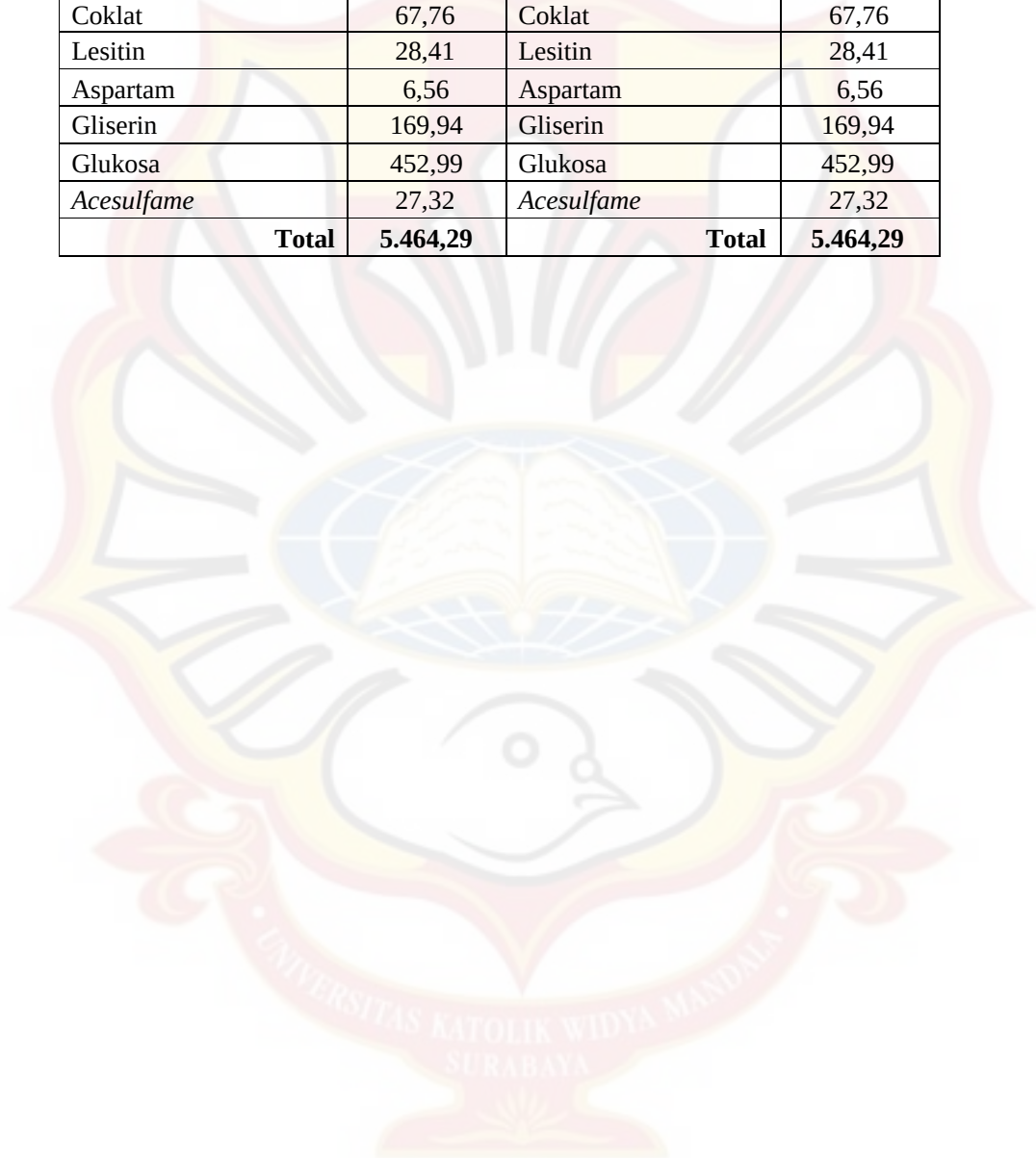
Komponen *bubble gum* yang diproses pada *Packaging Machine* (A-260) untuk rasa kopi dapat dilihat pada Tabel A.18., sedangkan untuk *bubble gum* rasa coklat dapat dilihat pada Tabel A.19.

Tabel A.18. Packaging Machine untuk Bubble gum Rasa Kopi (A-260)

Masuk dari <i>Coating Machine</i> (A-250)		Keluar ke <i>Warehouse Produk</i> (F-361)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	362,28	<i>Gum Base</i>	362,28
Sukrosa	1.208,15	Sukrosa	1.208,15
Kopi	22,59	Kopi	22,59
Lesitin	9,47	Lesitin	9,47
Aspartam	2,19	Aspartam	2,19
Gliserin	56,65	Gliserin	56,65
Glukosa	151,00	Glukosa	151,00
<i>Acesulfame</i>	9,11	<i>Acesulfame</i>	9,11
Total	1.821,43	Total	1.821,43

Tabel A.19. Packaging Machine untuk Bubble gum Rasa Coklat (A-260)

Masuk dari Coating Machine II (A-250)		Keluar ke Warehouse Produk (F-361)	
Komponen	Kg/batch	Komponen	Kg/batch
<i>Gum Base</i>	1.086,85	<i>Gum Base</i>	1.086,85
Sukrosa	3.624,46	Sukrosa	3.624,46
Coklat	67,76	Coklat	67,76
Lesitin	28,41	Lesitin	28,41
Aspartam	6,56	Aspartam	6,56
Gliserin	169,94	Gliserin	169,94
Glukosa	452,99	Glukosa	452,99
<i>Acesulfame</i>	27,32	<i>Acesulfame</i>	27,32
Total	5.464,29	Total	5.464,29



APPENDIX B

NERACA PANAS

Kapasitas produksi untuk setiap rasa dalam 1 *batch* per hari:

Bubble Gum rasa kopi = 1.821,43 kg

Bubble Gum rasa coklat = 5.464,29 kg

T_{referensi} : 25°C

Data -data Cp Komponen *Bubble Gum*

Tabel B.1 Persamaan Kapasitas Panas [29]

Komponen	A	B	C	D	E	Satuan
<i>Gum base</i> (liquid)	$2,5597 \cdot 10^1$	$5,7078 \cdot 10^{-1}$	$-3,3620 \cdot 10^{-3}$	$8,4120 \cdot 10^{-6}$	-	Joule/mol.K
Gliserin (liquid)	$9,0105 \cdot 10^1$	$8,6007 \cdot 10^{-1}$	$-1,9745 \cdot 10^{-3}$	$1,8068 \cdot 10^{-6}$	-	Joule/mol.K
Air (liquid)	$9,2053 \cdot 10^1$	$-3,9953 \cdot 10^{-2}$	$-2,1103 \cdot 10^{-4}$	$5,3469 \cdot 10^{-7}$	-	Joule/mol.K
Air (gas)	$3,3933 \cdot 10^1$	$-8,4186 \cdot 10^{-2}$	$2,9906 \cdot 10^{-5}$	$-1,7825 \cdot 10^{-8}$	-	Joule/mol.K
Tetrafloroethylene (liq)	$-2,266 \cdot 10^1$	$1,5284 \cdot 10^0$	$-7,907 \cdot 10^{-3}$	$1,6018 \cdot 10^{-5}$	-	Joule/mol.K

$$C_p = A + BT + CT^2 + DT^3 \text{ (Joule/mol.K)}$$

Tabel B.2 Harga Kapasitas Panas Berdasarkan Kopp's rule [24]

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)
Sukrosa $C_{12}H_{22}O_{11}$	130,68	166,32	147,62	-	444,30	1,3001
Aspartam $C_{14}H_{18}N_2O_5$	152,46	136,08	67,10	53,26	408,90	1,3908
Lesitin $C_{42}H_{88}O_9PN$	457,38	362,88	120,78	53,26	994,30	1,3418
Acesulfame $C_4H_4KNO_4S$	43,56	30,24	53,68	79,89	207,40	0,9625
Glukosa Cair $C_6H_{12}O_5$	65,34	90,72	80,52	-	236,58	1,3143

Tabel B.3 Harga Kapasitas Panas [24]

Komponen	Kapasitas Panas	Satuan
Coklat	2,78	Kj/Kg.K
Kopi	2,89	Kj/Kg.K

Contoh Perhitungan:

1. Menghitung C_p gum base

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

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

$$\int_{298}^{303} C_{p\text{gumbase}}:$$

$$\int_{298}^{303} (2,56 \cdot 10^1 + 5,71 \cdot 10^{-1}T - 3,36 \cdot 10^{-3}T^2 + 8,41 \cdot 10^{-6}T^3) =$$

$$2,56 \cdot 10^1(303 - 298) + \frac{5,71 \cdot 10^1}{2} (303^2 - 298^2) - \frac{3,36 \cdot 10^{-3}}{3} (303^3 - 298^3) + \frac{8,41 \cdot 10^{-6}}{4} (303^4 - 298^4) =$$

$$= 608,99 \text{ kJ/kmol}$$

$$= 21,75 \text{ kJ/kg}$$

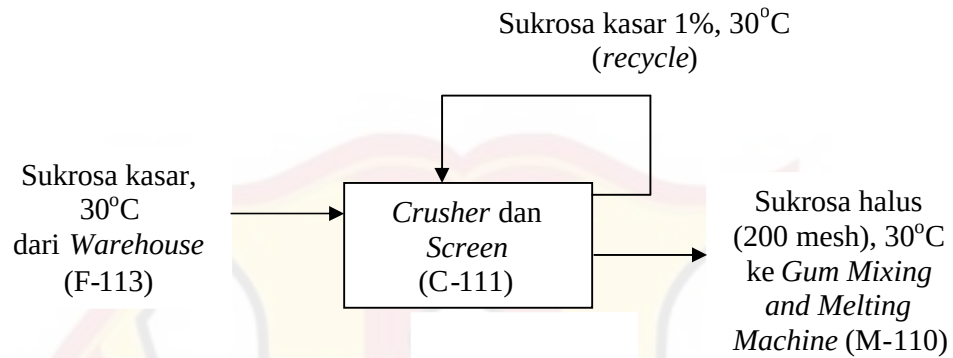
2. Menghitung C_p Sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)

$$C_p = 22 \times 1,8 \text{ cal/(g atom)}(^\circ\text{C}) + 18 \times 2,3 \text{ cal/(g atom)}(^\circ\text{C}) + 11 \times 4 \text{ cal/(g atom)}$$

$$(^{\circ}\text{C})$$

$$= 116,2 \text{ cal/gmol}^\circ = 1,3001 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

A. *Crusher dan Screen (C-111)*



A.1. *Panas Masuk Crusher and Screen (C-111)*

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

- **Sukrosa kasar**

$$C_p \text{ sukrosa} = 1,30 \text{ KJ}/(\text{Kg.K})$$

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

$$= 4832,61 \text{ Kg}/\text{batch} \cdot 1,30 \text{ KJ}/(\text{Kg.K}) \cdot (303-298) \text{ K}$$

$$= 31.413,41 \text{ KJ}/\text{batch}$$

- **Sukrosa dari recycle**

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

$$= 48,33 \text{ Kg}/\text{batch} \cdot 1,30 \text{ KJ}/(\text{Kg.K}) \cdot (303-298) \text{ K}$$

$$= 314,13 \text{ KJ}/\text{batch}$$

$$H \text{ total masuk} = 31.414,41 \text{ KJ}/\text{batch} + 314,13 \text{ KJ}/\text{batch}$$

$$= 31.727,54 \text{ KJ}/\text{batch}$$

A.2 Panas Keluar *Crusher and Screen (C-111)*

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

- **Sukrosa halus**

$$\begin{aligned} H &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 4832,61 \text{ Kg/batch} \cdot 1,30 \text{ KJ/(Kg.K)} \cdot (303-298) \text{ K} \\ &= 31.413,41 \text{ KJ/batch} \end{aligned}$$

- **Sukrosa kasar ke *recycle***

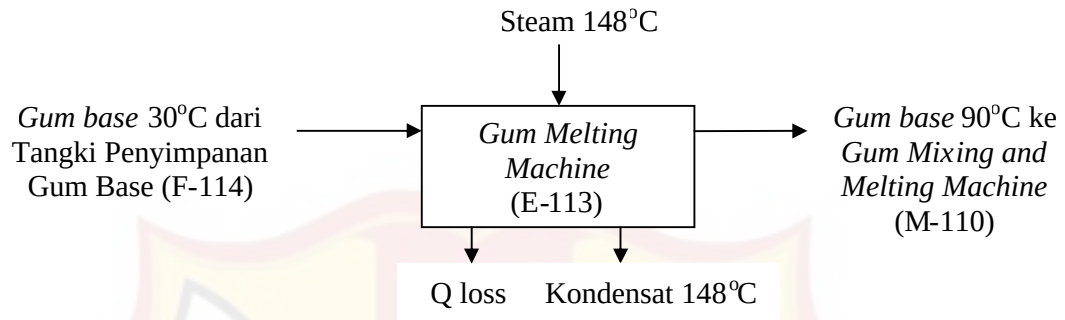
$$\begin{aligned} H &= M \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 48,33 \text{ Kg/batch} \cdot 1,30 \text{ KJ/(Kg.K)} \cdot (303-298) \text{ K} \\ &= 314,13 \text{ KJ/batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{total sukrosa keluar}} &= 31.413,41 \text{ KJ/batch} + 314,13 \text{ KJ/batch} \\ &= 31.727,54 \text{ KJ/batch} \end{aligned}$$

Tabel B.1. *Crusher dan Screen (C-111)*

Masuk dari Warehouse (F-113)		Keluar ke Gum Mixing and Melting Machine (M-110)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
Sukrosa kasar	31.413,41	Sukrosa halus	31.413,41
Recycle		Recycle	
Sukrosa kasar	314,13	Sukrosa kasar	314,13
Total	31.727,54	Total	31.727,54

B. *Gum Melting Machine* (E-113)



Asumsi:

Kapasitas panas (C_p) *gum base* didekati dengan C_p polivinil asetat. Karena polivinil asetat merupakan komposisi utama *gum base*.

Persamaan Neraca Panas:

$$H \text{ masuk} = H \text{ keluar}$$

$$H \text{ gum base masuk} + H \text{ steam masuk} = H \text{ gum base keluar} + H \text{ kondensat keluar} + Q \text{ loss}$$

B.1 Panas Masuk *Gum Melting Machine* (E-113)

- *Gum base*

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

$$C_p \text{ gum base} = 21,75 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} H &= M \int_{278}^{303} C_p dT \\ &= 362,28 \text{ Kg/batch} \cdot 21,75 \text{ kJ/(Kg)} \\ &= 7879,41 \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

- **Steam**

$$T_{\text{masuk}} = 148^{\circ}\text{C} ; 4,5 \text{ bar}$$

$$\text{Entalpi saturated vapor} = H_v = 2.744,0200 \text{ kJ/kg} \quad [28]$$

$$H = M \cdot H_v$$

$$= M \cdot 2744,02 \text{ kJ/batch}$$

$$H_{\text{total masuk}} = H_{\text{gum base}} + H_{\text{steam masuk}}$$

$$= 7879,41 \text{ kJ/batch} + 2744,02 M \text{ kJ/batch}$$

B.2 Panas Keluar Gum Melting Machine (E-113)

- **Gum base**

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

$$T_{\text{keluar}} = 90^{\circ}\text{C} = 363 \text{ K}$$

$$C_p \text{ gum base} = 353,88 \text{ kJ/kg}$$

$$H = M \int_{T_{\text{ref}}}^{T_{\text{keluar}}} C_p dT$$

$$= 362,28 \text{ kg/batch} \cdot 353,88 \text{ kJ/(kg)}$$

$$= 128202,09 \text{ kJ/batch}$$

- **Kondensat**

$$T_{\text{keluar}} = 148^{\circ}\text{C} = 401 \text{ K}$$

$$\text{Entalpi saturated liquid} = H_l = 623,5720 \text{ kJ/kg} \quad [28]$$

$$H = M \cdot H_l$$

$$= M \cdot 623,57 \text{ kJ/batch}$$

- **Q loss**

Asumsi:

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% (H \text{ steam masuk} - H \text{ kondensat keluar}) \\ &= 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M}) \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ total keluar} &= H \text{ gum base} + H \text{ kondensat keluar} + Q \text{ loss} \\ &= 128202,09 \text{ kJ/batch} + 623,57 \text{ M kJ/batch} + 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M}) \\ &\text{kJ/batch} \end{aligned}$$

Persamaan Neraca Panas:

$$H \text{ masuk} = H \text{ keluar}$$

$$H \text{ gum base masuk} + H \text{ steam masuk} = H \text{ gum base keluar} + H \text{ kondensat keluar} + Q \text{ loss}$$

$$(7879,41 + 2744,02 \text{ M}) \text{ kJ/batch} = 128202,09 + 623,57 \text{ M} + 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M}) \text{ kJ/batch}$$

$$M \text{ steam} = 59,73 \text{ kg}$$

Jadi,

$$H \text{ steam masuk} = 2744,02 \text{ M kJ/batch} = 2744,02 \cdot 59,73 \text{ kJ/batch} = 163901,72 \text{ kJ/batch}$$

$$\begin{aligned} H \text{ total masuk} &= H \text{ gum base} + H \text{ steam masuk} \\ &= 7879,41 \text{ kJ/batch} + 163901,72 \text{ kJ/batch} \\ &= 171781,14 \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ kondensat keluar} &= 623,57 \text{ M kJ/batch} = 623,57 \cdot 59,73 \text{ kJ/batch} = 37246,28 \\ &\text{kJ/batch} \end{aligned}$$

$Q \text{ loss} = 5\% (H \text{ steam masuk} - H \text{ kondensat keluar}) \text{ kJ/batch} = 6332,77 \text{ kJ/batch}$

$H \text{ total keluar} = H \text{ gum base} + H \text{ kondensat keluar} + Q \text{ loss}$

$= 128202,09 \text{ kJ/batch} + 37246,28 \text{ kJ/batch} + 6332,77 \text{ kJ/batch}$

$= 171781,14 \text{ kJ/batch}$

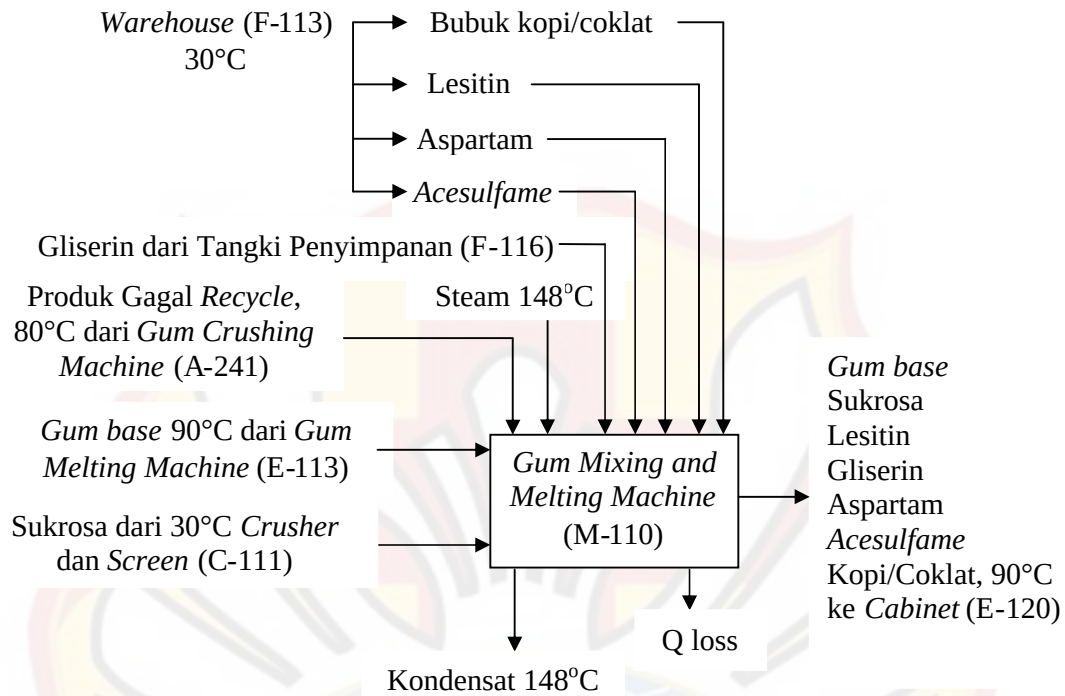
Tabel B.2. Gum Melting Machine untuk Bubble Gum rasa kopi (E-113)

Masuk dari Tangki Penyimpanan (F-114)		Keluar ke Gum Mixing and Melting Machine (M-110)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
Gum base	7.879,41	Gum base	128.202,09
H steam	163.901,72	H kondensat	37.246,28
		Q loss	6.332,77
Total	171.781,14	Total	171.781,14

Tabel B.3. Gum Melting Machine untuk Bubble Gum rasa coklat (E-113)

Masuk dari Tangki Penyimpanan (F-114)		Keluar ke Gum Mixing and Melting Machine (M-110)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
Gum base	23.638,46	Gum base	384.609,80
H steam	491.709,70	H kondensat	111.739,86
		Q loss	18.998,49
Total	515.348,15	Total	515.348,15

C. Gum Mixing and Melting Machine (M-110)



Pada proses *Mixing and Melting* ini, temperatur akan dinaikan selama proses. Hal ini disebabkan karena untuk mempermudah pencampuran (homogen) perlu kenaikan suhu.

Persamaan Neraca Panas:

H masuk = H keluar

H bahan masuk + H *steam* masuk = H bahan keluar + H kondensat keluar + Q loss

C.1 Panas Masuk Gum Mixing and Melting Machine (M-110)

a. Komponen Fresh Feed

Tabel B.4. Panas Bahan Fresh Feed Masuk Gum Mixing and Melting Machine (M-110)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	H = M. Cp. ΔT (kJ/batch)
1. Gum Base	353,88 kJ/kg	25	90	362,28	128.202,85	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	30	1.208,15		7.853,35
3. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	30	9,47		63,55
4. Aspartam	1,39 kJ/(kg,K)	25	30	2,19		15,20
5. Gliserin	11,92 kJ/kg	25	30	56,65	675,09	
6. Kopi	2,89 kJ/kg,K	25	30	9,11		326,36
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	30	22,59		43,83
H total fresh feed masuk					137.180,23	

b. Komponen Recycle

Tabel B.5. Panas Bahan Recycle Masuk Gum Mixing and Melting Machine (M-110)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	H = M. Cp. ΔT (kJ/batch)
1. Gum Base	-21,03 kJ/kg	25	20	11,20	-235,61	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20	37,37		-242,89
3. Lesitin	2,89 kJ/(kg,K)	25	20	0,70		-10,09
4. Aspartam	1,34 kJ/(kg,K)	25	20	0,29		-1,97
5. Gliserin	1,39 kJ/kg	25	20	0,07	-0,47	
6. Kopi	-11,87 kJ/kg,K	25	20	1,75		-20,80
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20	0,28		-1,36
H total recycle masuk					-513,18	

c. Steam

T masuk = 148°C ; 4,5 bar

Entalpi saturated vapor = H_v = 2.744,0200 kJ/kg [28]

$$H = M \cdot H_v$$

$$= M. 2744,02 \text{ kJ/batch}$$

H total bahan masuk = H total bahan komponen (*fresh feed + recycle*)

$$= (137180,23 - 513,18) \text{ KJ/batch}$$

$$= 136667,05 \text{ KJ/batch}$$

H total masuk = H total bahan masuk + H *steam*

$$= (136667,05 + 2744,02 M) \text{ kJ/batch}$$

C.2 Panas Keluar Gum Mixing and Melting Machine (M-110)

Tabel B.6. Panas Bahan Keluar Gum Mixing and Melting Machine (M-110)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} Cp dT$ (kJ/batch)	H = M. Cp. ΔT (kJ/batch)
1. Gum Base	353,88 kJ/kg	25	90	373,49	132.167,88	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	90	1.245,52		105.251,10
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	90	23,28		4.373,94
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	90	9,76		851,64
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	90	2,25	203,71	
6. Gliserin	158,15 kJ/kg,K	25	90	58,40		9.235,79
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	90	9,39		587,41
H total bahan keluar					252.671,48	

- **Kondensat**

$$T_{keluar} = 148^{\circ}\text{C} = 401 \text{ K}$$

$$\text{Entalpi saturated liquid} = H_l = 623,5720 \text{ kJ/kg} \quad [28]$$

$$H = M. H_l$$

$$= M. 623,57 \text{ kJ/batch}$$

- **Q loss**

Asumsi:

$$Q_{\text{loss}} = 5\% (H_{\text{steam masuk}} - H_{\text{kondensat keluar}})$$

$$= 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M}) \text{ kJ/batch}$$

$$H_{\text{total keluar}} = H_{\text{total bahan keluar}} + Q_{\text{kondensat}} + Q_{\text{loss}}$$

$$= [252671,48 + 431,73 \text{ M} + 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M})]$$

kJ/batch

Persamaan Neraca Panas:

$$H_{\text{masuk}} = H_{\text{keluar}}$$

$$(136667,05 + 2744,02 \text{ M}) = [252671,48 + 431,73 \text{ M} + 0,05 \cdot (2637,95 \text{ M} - 431,73 \text{ M})]$$

$$M_{\text{steam}} = 57,59 \text{ kg}$$

Jadi,

$$H_{\text{steam masuk}} = 2744,02 \text{ M kJ/batch} = 2744,02 \cdot 57,59 \text{ kJ/batch} = 158019,47$$

kJ/batch

$$H_{\text{total masuk}} = 136667,05 \text{ kJ/batch} + 158019,47 \text{ kJ/batch}$$

$$= 294686,52 \text{ kJ/batch}$$

$$H_{\text{kondensat keluar}} = 623,57 \text{ M kJ/batch} = 623,57 \cdot 57,59 \text{ kJ/batch} = 35909,55$$

kJ/batch

$$Q_{\text{loss}} = 5\% (H_{\text{steam masuk}} - H_{\text{kondensat keluar}}) \text{ kJ/batch} = 6105,50 \text{ kJ/batch}$$

$$H_{\text{total keluar}} = 252671,48 \text{ kJ/batch} + 35909,55 \text{ kJ/batch} + 6105,50 \text{ kJ/batch}$$

$$= 294686,52 \text{ kJ/batch}$$

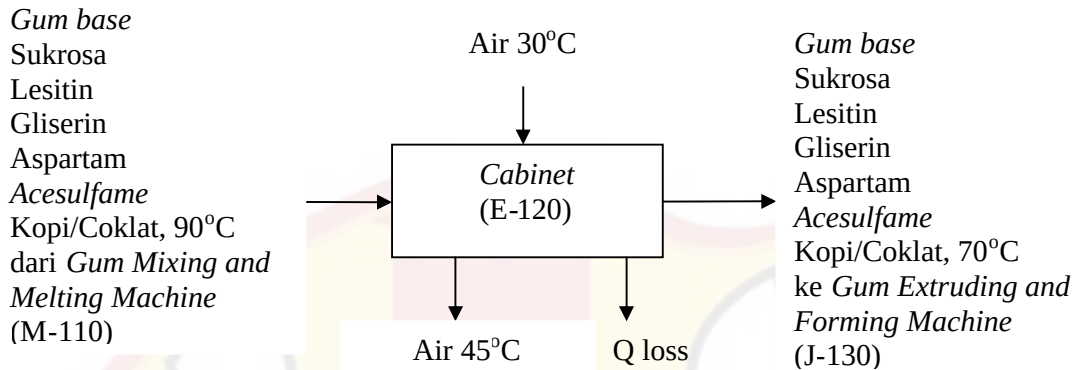
Tabel B.7. Gum Mixing and Melting Machine untuk Bubble Gum Rasa Kopi
(M-110)

Masuk dari Gum Melting Machine (E-113)		Keluar ke Cabinet (E-120)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum Melting Machine (E-113)</i>		<i>Gum base</i>	132.167,88
<i>Gum base</i>	128.202,85	Sukrosa	105.251,10
Total	128.202,85	Kopi	4.373,94
<i>Crusher dan Screen (C-111)</i>		Lesitin	851,64
Sukrosa	7.853,35	Aspartam	203,71
Total	7.853,35	Gliserin	9.235,79
<i>Warehouse (F-113)</i>		<i>Acesulfame</i>	587,41
Lesitin	63,55	H kondensat	35.909,55
Aspartam	15,20	Q loss	6.105,50
Kopi	326,36		
<i>Acesulfame</i>	43,83		
Total	448,94		
<i>Tangki Penyimpanan (F-116)</i>			
Gliserin	675,09		
Total	675,09		
<i>Bahan recycle dari Selective Machine (A-240)</i>			
<i>Gum base</i>	-235,61		
Sukrosa	-242,89		
Kopi	-10,09		
Lesitin	-1,97		
Aspartam	-0,47		
Gliserin	-20,80		
<i>Acesulfame</i>	-1,36		
Total	-513,18		
<i>H steam</i>	158.019,47		
Total	294.686,52	Total	294.686,52

Tabel B.8. Gum Mixing and Melting Machine untuk Bubble Gum Rasa Coklat
(M-110)

Masuk dari Gum Melting Machine (E-113)		Keluar ke Cabinet (E-120)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
Gum Melting Machine (E-113)		<i>Gum base</i>	396.503,65
<i>Gum base</i>	384.608,54	Sukrosa	315.753,31
Total	384.608,54	Coklat	12.622,39
Crusher dan Screen (C-111)		Lesitin	2.554,92
Sukrosa	23.560,05	Aspartam	611,12
Total	23.560,05	Gliserin	27.707,36
Warehouse (F-113)		<i>Acesulfame</i>	1.762,23
Lesitin	190,64	H kondensat	107.585,22
Aspartam	45,60	Q loss	18.292,10
Coklat	941,82		
<i>Acesulfame</i>	131,49		
Total	1.309,55		
Tangki Penyimpanan (F-116)			
Gliserin	2.025,28		
Total	2.025,28		
Bahan recycle dari Selective Machine (A-240)			
<i>Gum base</i>	-706,83		
Sukrosa	-728,66		
Coklat	-29,13		
Lesitin	-5,90		
Aspartam	-1,41		
Gliserin	-62,40		
<i>Acesulfame</i>	-4,07		
Total	-1538,39		
H steam	473.427,26		
Total	883.392,30	Total	883.392,30

D. Cabinet (E-120)



Proses pendinginan pada *bubble gum* berfungsi untuk mendapatkan tekstur yang lembut karena semua bahan baku telah tercampur menjadi satu fase.

Persamaan Neraca Panas:

$$H \text{ masuk} = H \text{ keluar}$$

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

D.1 Panas Masuk Cabinet (E-120)

Tabel B.9. Panas Bahan Masuk Cooling (E-120)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	353,88 kJ/kg	25	90	373,49	132.167,88	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	90	1.245,52		105.251,10
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	90	23,28		4.373,94
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	90	9,76		851,64
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	90	2,25	203,71	
6. Gliserin	158,15 kJ/kg,K	25	90	58,40		9.235,79
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	90	9,39		587,41
H total bahan masuk					252.671,48	

- Air

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

$$\int_{298}^{303} C_p \text{ air } dT = 20,97 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{air}} &= M \int_{298}^{303} C_p dT \\ &= 20,97 \text{ M kJ/batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{total masuk}} &= H_{\text{total bahan masuk}} + H_{\text{air}} \\ &= (252671,48 + 20,97 \text{ M}) \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

D.2 Panas Keluar Cabinet (E-120)

Tabel B.10. Panas Bahan Keluar Cooling (E-120)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	226,48 kJ/kg	25	70	373,49	84.588,28	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	70	1245,52		72.866,15
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	70	23,28		3.028,12
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	70	9,76		589,60
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	70	2,25	141,03	
6. Gliserin	108,77 kJ/kg,K	25	70	58,40		6.352,14
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	70	9,39		406,67
H total bahan keluar					167.971,98	

- Air**

$$T_{\text{keluar}} = 45^{\circ}\text{C} = 318 \text{ K}$$

$$C_p \text{ air} = 83,73 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{air}} &= M \int_{298}^{318} C_p dT \\ &= 83,73 \text{ M kJ/batch} \end{aligned}$$

- **Q loss**

Asumsi:

$$\begin{aligned} Q \text{ loss} &= 5\% (H \text{ air masuk} - H \text{ air keluar}) \\ &= 0,05 \cdot (20,97 \text{ M} - 83,73 \text{ M}) \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ total keluar} &= H \text{ total bahan keluar} + H \text{ air} + Q \text{ loss} \\ &= 167971,98 + 83,73 \text{ M} + 0,05 \cdot (20,97 \text{ M} - 83,73 \text{ M}) \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

Persamaan Neraca Panas:

$$H \text{ masuk} = H \text{ keluar}$$

$$(252671,48 + 20,97 \text{ M}) = 167971,98 - 21,00 \text{ M} + 0,05 \cdot (20,97 \text{ M} - 83,73 \text{ M})$$

$$M \text{ air} = 1420,58 \text{ kg}$$

Jadi,

$$H \text{ air masuk} = 20,97 \text{ M kJ/batch} = 20,97 \cdot 1420,58 \text{ kJ/batch} = 29792,87 \text{ kJ/batch}$$

$$\begin{aligned} H \text{ total masuk} &= H \text{ total bahan masuk} + H \text{ air masuk} \\ &= (252671,48 + 20,97 \text{ M}) \text{ kJ/batch} \\ &= 252671,48 + 29792,87 \text{ kJ/batch} \\ &= 282464,34 \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

$$H \text{ air keluar} = 83,73 \text{ M kJ/batch} = 83,73 \cdot 1420,58 \text{ kJ/batch} = 118950,23 \text{ kJ/batch}$$

$$Q \text{ loss} = -4457,87 \text{ kJ/batch}$$

$$\begin{aligned} H \text{ total keluar} &= H \text{ total bahan keluar} + H \text{ air keluar} + Q \text{ loss} \\ &= 167971,98 \text{ kJ/batch} + 118950,23 \text{ kJ/batch} - 4457,87 \text{ kJ/batch} \\ &= 282464,34 \text{ kJ/batch} \end{aligned}$$

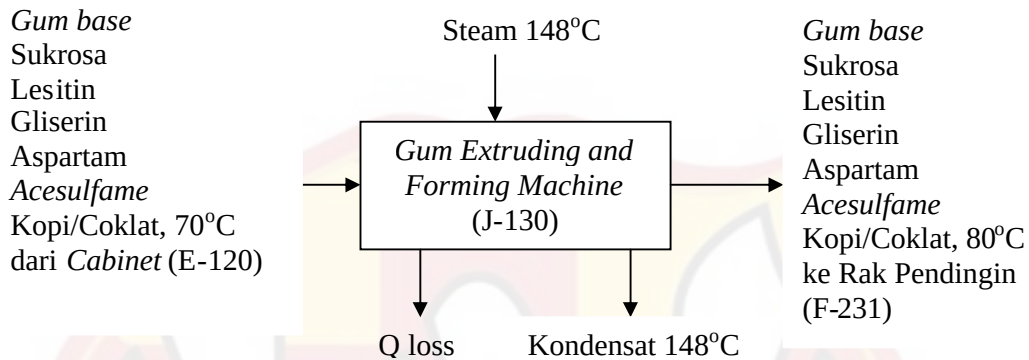
Tabel B.11. Cabinet untuk Bubble Gum Rasa Kopi (E-120)

Masuk dari Gum Mixing and Melting Machine (M-110)		Keluar ke Gum Extruding and Forming Machine (J-130)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	132.167,88	<i>Gum base</i>	84.588,28
Sukrosa	105.251,10	Sukrosa	72.866,15
Kopi	4.373,94	Kopi	3.028,12
Lesitin	851,64	Lesitin	589,60
Aspartam	203,71	Aspartam	141,03
Gliserin	9.235,79	Gliserin	6.352,14
<i>Acesulfame</i>	587,41	<i>Acesulfame</i>	406,67
<i>H refrigerant</i>	29.792,87	<i>H refrigerant</i>	118.950,23
		<i>Q loss</i>	-4.457,87
Total	282.464,34	Total	282.464,34

Tabel B.12. Cabinet untuk Bubble Gum Rasa Coklat (E-120)

Masuk dari Gum Mixing and Melting Machine (M-110)		Keluar ke Gum Extruding and Forming Machine (J-130)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	396.503,65	<i>Gum base</i>	253.764,85
Sukrosa	315.753,31	Sukrosa	218.598,44
Coklat	12.622,39	Coklat	8.738,58
Lesitin	2.554,92	Lesitin	1.768,79
Aspartam	611,12	Aspartam	423,08
Gliserin	27.707,36	Gliserin	19.056,42
<i>Acesulfame</i>	1.762,23	<i>Acesulfame</i>	1.220,01
<i>H refrigerant</i>	89.324,55	<i>H refrigerant</i>	356.634,87
		<i>Q loss</i>	-13.365,52
Total	846.839,53	Total	846.839,53

E. Gum Extruding and Forming Machine (J-130)



Dalam tangki *gum extruding and forming*, temperatur akan dinaikkan kembali.

Hal ini dikarenakan pada saat *cooling* ditambahkan perasa sehingga diperlukan pencampuran, agar didapat *bubble gum* yang homogen.

Persamaan Neraca Panas:

$$H \text{ masuk} = H \text{ keluar}$$

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

E.1 Panas Masuk Gum Extruding and Forming Machine (J-130)

Tabel B.13. Panas Bahan Masuk Gum Extruding and Forming Machine (J-130)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	226,48 kJ/kg	25	70	373,49	84.588,28	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	70	1.245,52		72.866,15
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	70	23,28		3.028,12
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	70	9,76		589,60
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	70	2,25	141,03	
6. Gliserin	108,77 kJ/kg,K	25	70	58,40		6.352,14
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	70	9,39		406,67
H total bahan masuk					167.971,98	

- **Steam**

$$T \text{ masuk} = 148^{\circ}\text{C} ; 4,5 \text{ bar}$$

$$\text{Entalpi saturated vapor} = H_v = 2.744,0200 \text{ kJ/kg} \quad [28]$$

$$H = M. H_v$$

$$= M. 2744,02 \text{ kJ/batch}$$

$$H \text{ total masuk} = H \text{ total bahan masuk} + H \text{ steam}$$

$$= (167971,98 + 2744,02 M) \text{ kJ/batch}$$

E.2 Panas Keluar Gum Extruding and Forming Machine (J-130)

Tabel B.14. Panas Bahan Keluar Gum Extruding and Forming Machine

(J-130)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	H = M. Cp. ΔT (kJ/batch)
1. Gum Base	287,78 kJ/kg	25	80	373,49	107.482,87	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	80	1.245,52		89.058,62
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	80	23,28		3.701,03
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	80	9,76		720,62
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	80	2,25	172,37	
6. Gliserin	133,39 kJ/kg,K	25	80	58,40		7.789,47
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	80	9,39		497,04
H total bahan keluar					209.422,03	

- **Kondensat**

$$T \text{ keluar} = 148^{\circ}\text{C} = 401 \text{ K}$$

$$\text{Entalpi saturated liquid} = H_l = 623,5720 \text{ kJ/kg} \quad [28]$$

$$H = M. H_l$$

$$= M. 623,57 \text{ kJ/batch}$$

- **Q loss**

Asumsi:

$$Q \text{ loss} = 5\% (H \text{ steam masuk} - H \text{ kondensat keluar})$$

$$= 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M}) \text{ kJ/batch}$$

$$H \text{ total keluar} = H \text{ total bahan keluar} + H \text{ kondensat} + Q \text{ loss}$$

$$= [209422,03 + 623,57 \text{ M} + 0,05 \cdot (2744,02 \text{ M} - 623,57 \text{ M})]$$

kJ/batch

Persamaan Neraca Panas:

$$H \text{ masuk} = H \text{ keluar}$$

$$(167971,98 + 2744,02 \text{ M}) = 209422,03 + 623,57 \text{ M} + 0,05 \cdot (2637,95 \text{ M} - 431,73 \text{ M})$$

$$M \text{ steam} = 20,58 \text{ kg}$$

Jadi,

$$H \text{ steam masuk} = 2744,02 \text{ M kJ/batch} = 2744,02 \cdot 20,58 \text{ kJ/batch} = 54462,62 \text{ kJ/batch}$$

$$H \text{ total masuk} = (167971,98 + 2637,95 \text{ M}) \text{ kJ/batch}$$

$$= 167971,98 \text{ kJ/batch} + 54462,62 \text{ kJ/batch}$$

$$= 224434,60 \text{ kJ/batch}$$

$$H \text{ kondensat keluar} = 623,57 \text{ M kJ/batch} = 623,57 \cdot 20,58 \text{ kJ/batch} = 12831 \text{ kJ/batch}$$

$$Q \text{ loss} = 5\% (H \text{ steam masuk} - H \text{ kondensat keluar}) \text{ kJ/batch} = 2181,58 \text{ kJ/batch}$$

$$H \text{ total keluar} = 209422,03 \text{ kJ/batch} + 12831 \text{ kJ/batch} + 2181,58 \text{ kJ/batch}$$

$$= 224434,60 \text{ kJ/batch}$$

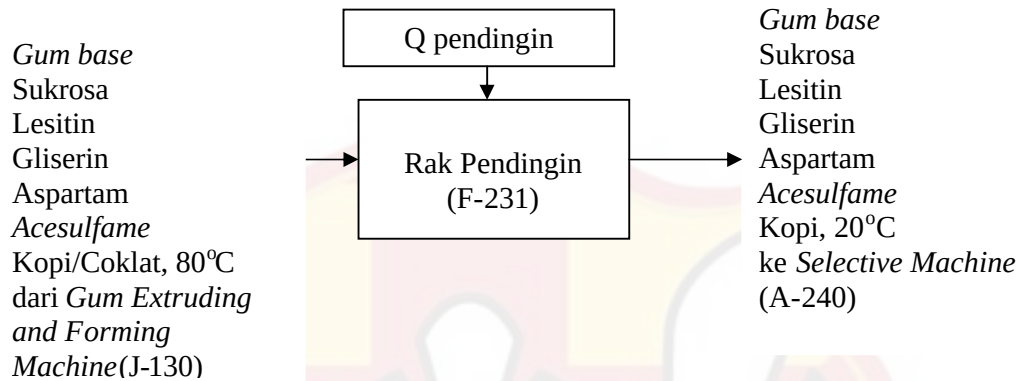
**Tabel B.15. *Gum Extruding and Forming Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa
Kopi (J-130)**

Masuk dari <i>Cabinet</i> (E-120)		Keluar ke Rak Pendingin (F-231)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	84588,28	<i>Gum base</i>	107482,87
Sukrosa	72866,15	Sukrosa	89058,62
Kopi	3028,12	Kopi	3701,03
Lesitin	589,60	Lesitin	720,62
Aspartam	141,03	Aspartam	172,37
Gliserin	6352,14	Gliserin	7789,47
<i>Acesulfame</i>	406,67	<i>Acesulfame</i>	497,04
H steam	56462,62	H steam	12831,00
		Q loss	2181,58
Total	224434,60	Total	224434,60

**Tabel B.16. *Gum Extruding and Forming Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa
Coklat (J-130)**

Masuk dari <i>Cabinet</i> (E-120)		Keluar ke Rak Pendingin (F-231)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	253764,85	<i>Gum base</i>	322448,62
Sukrosa	218598,44	Sukrosa	267175,87
Coklat	8738,58	Coklat	10680,48
Lesitin	1768,79	Lesitin	2161,86
Aspartam	423,08	Aspartam	517,10
Gliserin	19056,42	Gliserin	23368,41
<i>Acesulfame</i>	1220,01	<i>Acesulfame</i>	1491,12
H steam	169283,20	H steam	38469,20
		Q loss	6540,70
Total	672853,37	Total	672853,37

F. Rak Pendingin (F-231)



F.1. Panas Masuk Rak Pendingin (F-231)

Tabel B.17. Panas Bahan Masuk Rak Pendingin (F-231)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} Cp dT$ (kJ/batch)	$H = M. Cp. \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	287,78 kJ/kg	25	80	373,49	107.482,87	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	80	1.245,52		89.058,62
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	80	23,28		3.701,03
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	80	9,76		720,62
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	80	2,25	172,37	
6. Gliserin	133,39 kJ/kg,K	25	80	58,40		7.789,47
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	80	9,39		497,04
H total bahan keluar					209.422,03	

F.2. Panas Keluar Rak Pendingin (F-231)

Tabel B.18. Panas Bahan Keluar Rak Pendingin (F-231)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} Cp dT$ (kJ/batch)	$H = M. Cp. \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	-21,03 kJ/kg	25	20	373,49	-7.853.65	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20	1.245,52		-8.096.24
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20	23,28		-336.46
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20	9,76		-65.51
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20	2,25	-15.67	
6. Gliserin	-11,87 kJ/kg,K	25	20	58,40		-693.36
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20	9,39		-45.19
H total bahan masuk					-17.106,07	

Q pendingin yang dibutuhkan adalah = H bahan masuk – H bahan keluar

$$= 209.422,03 - (-17.106,07) \text{ kJ/batch}$$

$$= 226528.09 \text{ kJ/batch}$$

Tabel B.19. Rak Pendingin untuk Bubble Gum Rasa Kopi (F-231)

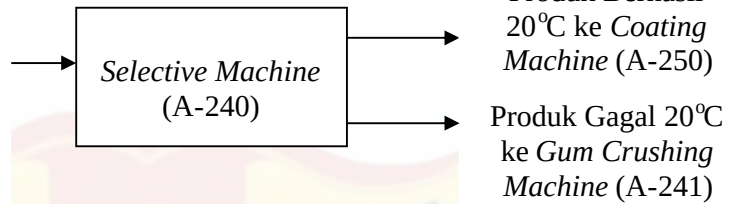
Masuk dari Gum Extruding and Forming Machine(J-130)		Keluar ke Selective Machine (A-240)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	107.482,87	<i>Gum base</i>	-7.853,65
Sukrosa	89.058,62	Sukrosa	-8.096,24
Kopi	3.701,03	Kopi	-336,46
Lesitin	720,62	Lesitin	-65,51
Aspartam	172,37	Aspartam	-15,67
Gliserin	7.789,47	Gliserin	-693,36
<i>Acesulfame</i>	497,04	<i>Acesulfame</i>	-45,19
		<i>Q pendingin</i>	226.528,09
Total	209.422,03	Total	209.422,03

Tabel B.20. Rak Pendingin untuk Bubble Gum Rasa Coklat (F-231)

Masuk dari Gum Extruding and Forming Machine(J-130)		Keluar ke Selective Machine (A-240)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	322.448,62	<i>Gum base</i>	-23.560,94
Sukrosa	267.175,87	Sukrosa	-24.288,72
Kopi	10.680,48	Kopi	-970,95
Lesitin	2.161,86	Lesitin	-196,53
Aspartam	517,10	Aspartam	-47,01
Gliserin	23.368,41	Gliserin	-2.080,08
<i>Acesulfame</i>	1.491,12	<i>Acesulfame</i>	-135,56
		<i>Q pendingin</i>	679.123,26
Total	627.843,47	Total	627.843,47

G. Selective Machine (A-240)

Gum base
Sukrosa
Lesitin
Gliserin
Aspartam
Acesulfame
Kopi, 20°C
dari Rak Pendingin
(F-231)



Pada proses pemilihan, tidak terjadi perubahan suhu. Proses pemilihan dilakukan berdasarkan berat *bubble gum*.

G.1. Panas Masuk Selective Machine (A-240)

Tabel B.21. Panas Bahan Masuk Selective Machine (A-240)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} Cp \, dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot Cp \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
8. Gum Base	-21,03 kJ/kg	25	20	373,49	-7.853.65	
9. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20	1.245,52		-8.096.24
10. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20	23,28		-336.46
11. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20	9,76		-65.51
12. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20	2,25	-15.67	
13. Gliserin	-11,87 kJ/kg,K	25	20	58,40		-693.36
14. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20	9,39		-45.19
H total bahan masuk					-17.106,07	

G.2. Panas Keluar *Selective Machine* (A-240)

a. Komponen Produk Berhasil

Tabel B.22. Panas Bahan Produk Berhasil Keluar *Selective Machine*

(A-240)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	-21,03 kJ/kg	25	20	362,28	-7.618,04	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20	1.208,15		-7.853,35
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20	22,59		-326,36
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20	9,47		-63,55
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20	2,19	-15,20	
6. Gliserin	-11,87 kJ/kg,K	25	20	56,65		-672,56
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20	9,11		-43,83
H total produk berhasil keluar					-16.592,89	

b. Komponen Produk Gagal

Tabel B.23. Panas Bahan Produk Gagal Keluar *Selective Machine* (A-240)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	-21,03 kJ/kg	25	20	11,20	-235,61	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20	37,37		-242,89
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20	0,70		-10,09
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20	0,29		-1,97
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20	0,07	-0,47	
6. Gliserin	-11,87 kJ/kg,K	25	20	1,75		-20,80
7. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20	0,28		-1,36
H total produk gagal keluar					-513,18	

Tabel B.24. *Selective Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa Kopi (A-240)

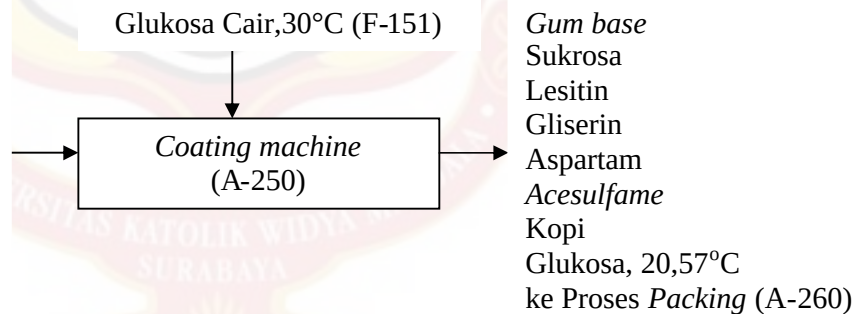
Masuk dari Rak Pendingin (F-231)		Keluar ke <i>Coating Machine</i> (A-250)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	-7.853,65	Produk Berhasil ke <i>Coating Machine</i> (A-250)	
Sukrosa	-8.096,24	<i>Gum base</i>	-7.618,04
Kopi	-336,46	Sukrosa	-7.853,35
Lesitin	-65,51	Kopi	-326,36
Aspartam	-15,67	Lesitin	-63,55
Gliserin	-693,36	Aspartam	-15,20
<i>Acesulfame</i>	-45,19	Gliserin	-672,56
		<i>Acesulfame</i>	-43,83
		Total	-16.592,89
		Produk Gagal ke <i>Gum Mixing and Melting Machine</i> (M-110)	
		<i>Gum base</i>	-235,61
		Sukrosa	-242,89
		Kopi	-10,09
		Lesitin	-1,97
		Aspartam	-0,47
		Gliserin	-20,80
		<i>Acesulfame</i>	-1,36
		Total	-513,18
Total	-17.106,07	Total	-17.106,07

Tabel B.25. *Selective Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa Coklat (A-240)

Masuk dari Rak Pendingin (F-231)		Keluar ke <i>Coating Machine</i> (A-250)	
Komponen	H (KJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	-23.560,94	Produk Berhasil ke <i>Coating Machine</i> (A-250)	
Sukrosa	-24.288,72	<i>Gum base</i>	-22.854,11
Coklat	-970,95	Sukrosa	-23.560,05
Lesitin	-196,53	Coklat	-941,82
Aspartam	-47,01	Lesitin	-190,64
Gliserin	-2.080,08	Aspartam	-45,60
<i>Acesulfame</i>	-135,56	Gliserin	-2.017,68
		<i>Acesulfame</i>	-131,49
		Total	-49.741,39
		Produk Gagal ke <i>Gum Crushing Machine</i> (A-241)	
		<i>Gum base</i>	-706,83
		Sukrosa	-728,66
		Coklat	-29,13
		Lesitin	-5,90
		Aspartam	-1,41
		Gliserin	-62,40
		<i>Acesulfame</i>	-4,07
		Total	-1.538,39
Total	-51.279,79	Total	-51.279,79

H. *Coating Machine* (A-250)

Gum base
Sukrosa
Lesitin
Gliserin
Aspartam
Acesulfame
Kopi, 20°C
dari *Selective Machine*
(A-240)



Pada proses *coating* adalah tahapan pemberian lapisan glukosa pada *bubble gum*.

H.1 Panas Masuk *Coating Machine* (A-250)

Tabel B.26. Panas Bahan Masuk *Coating Machine* (A-250)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{masuk} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	H = M. Cp. ΔT (kJ/batch)
1. Gum Base	-21,03 kJ/kg	25	20	362,28	-7.618,04	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20	1.208,15		-7.853,35
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20	22,59		-326,36
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20	9,47		-63,55
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20	2,19	-15,20	
6. Gliserin	-11,87 kJ/kg,K	25	20	56,65		-672,56
7. Glukosa	1,31 kJ/kg,K	25	20	151,00		992,30
8. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20	9,11		-43,83
9. Glukosa (recycle)	1,31 kJ/kg,K	25	20,57	773,28		-37.162,50
H total bahan masuk					-52.763,09	

H.2 Panas Keluar *Coating Machine* (A-250)

Trial: T keluar = 20,57°C = 293,57 K

Tabel B.27. Panas Bahan Keluar *Coating Machine* (A-250)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	H = M. Cp. ΔT (kJ/batch)
1. Gum Base	-18,67 kJ/kg	25	20,57	362,28	-6.765,46	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20,57	1.208,15		-6.961,31
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20,57	22,59		-289,29
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20,57	9,47		-56,33
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20,57	2,19	-13,47	
6. Gliserin	-10,53 kJ/kg,K	25	20,57	56,65		-596,29
7. Glukosa	1,31 kJ/kg,K	25		151,00		-879,59
8. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20,57	9,11		-38,85
9. Glukosa (recycle)	1,31 kJ/kg,K	25	20,57	773,28		-37.162,50
H total bahan keluar					-52.763,09	

Karena, H total masuk = H total keluar = -14.807,48 kJ/batch, maka trial T keluar

= 20,57°C adalah benar.

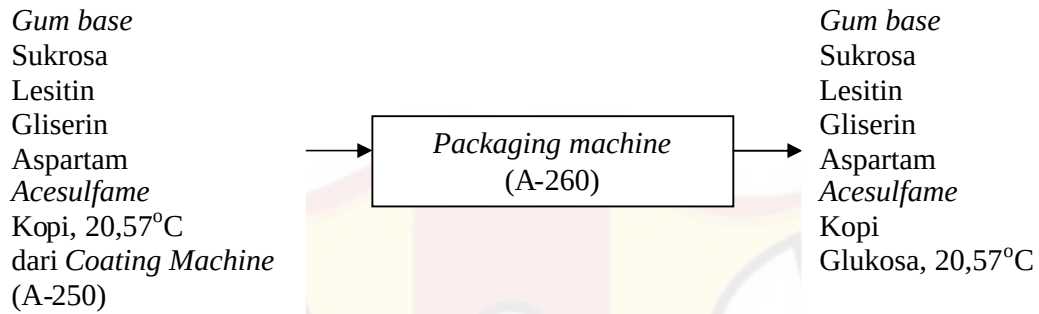
Tabel B.28. Coating Machine untuk Bubble Gum Rasa Kopi (A-250)

Masuk dari <i>Selective Machine</i> (A-240)		Keluar ke Proses <i>Packing</i> (A-260)	
Komponen	H (kJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	-7.618,04	<i>Gum base</i>	-6.765,46
Sukrosa	-7.853,35	Sukrosa	-6.961,31
Kopi	-326,36	Kopi	-289,29
Lesitin	-63,55	Lesitin	-56,33
Aspartam	-15,20	Aspartam	-13,47
Gliserin	-672,56	Gliserin	-596,29
Glukosa	992,30	Glukosa	-879,59
<i>Acesulfame</i>	-43,83	<i>Acesulfame</i>	-38,85
Total	-15.600,59	Total	-15.600,59
Recycle		Recycle	
Glukosa	-37.162,50	Glukosa	-37.162,50
Total	-52.763,09	Total	-52.763,09

Tabel B.29. Coating Machine untuk Bubble Gum Rasa Coklat (A-250)

Masuk dari <i>Selective Machine</i> (A-240)		Keluar ke Proses <i>Packing</i> (A-260)	
Komponen	H (kJ/batch)	Komponen	H (kJ/batch)
<i>Gum base</i>	-22.854,11	<i>Gum base</i>	-20.294,55
Sukrosa	-23.560,05	Sukrosa	-20.882,02
Coklat	-941,82	Coklat	-834,77
Lesitin	-190,64	Lesitin	-168,97
Aspartam	-45,60	Aspartam	-40,42
Gliserin	-2.017,68	Gliserin	-1.788,72
Glukosa	2.976,89	Glukosa	-2.638,52
<i>Acesulfame</i>	-131,49	<i>Acesulfame</i>	-116,54
Total	-46.764,50	Total	-46.764,50
Recycle		Recycle	
Glukosa	-111.477,27	Glukosa	-111.477,27
Total	-158.241,76	Total	-158.241,76

I. Packaging Machine (A-260)



I.1 Panas Masuk Packaging Machine (A-260)

Tabel B.30. Panas Bahan Masuk Packaging Machine (A-260)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
1. Gum Base	-18,67 kJ/kg	25	20,57	362,28	-6.765,46	
2. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20,57	1.208,15		-6.961,31
3. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20,57	22,59		-289,29
4. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20,57	9,47		-56,33
5. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20,57	2,19	-13,47	
6. Gliserin	-10,53 kJ/kg,K	25	20,57	56,65		-596,29
7. Glukosa	1,31 kJ/kg,K	25		151,00		-879,59
8. Acesulfame	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20,57	9,11		-38,85
9. Glukosa (recycle)	1,31 kJ/kg,K	25	20,57	773,28		-37.162,50
H total bahan keluar						-52.763,09

H.2 Panas Keluar *Packaging Machine* (A-260)

Tabel B.31. Panas Bahan Keluar *Packaging Machine* (A-260)

Komponen	Cp	T _{ref} (°C)	T _{keluar} (°C)	Massa (kg/batch)	$H = M \int_{T_{ref}}^{T_{masuk}} C_p dT$ (kJ/batch)	$H = M \cdot C_p \cdot \Delta T$ (kJ/batch)
10. <i>Gum Base</i>	-18,67 kJ/kg	25	20,57	362,28	-6.765,46	
11. Sukrosa	1,30 kJ/(kg,K)	25	20,57	1.208,15		-6.961,31
12. Kopi	2,89 kJ/(kg,K)	25	20,57	22,59		-289,29
13. Lesitin	1,34 kJ/(kg,K)	25	20,57	9,47		-56,33
14. Aspartam	1,39 kJ/kg	25	20,57	2,19	-13,47	
15. Gliserin	-10,53 kJ/kg,K	25	20,57	56,65		-596,29
16. Glukosa	1,31 kJ/kg,K	25		151,00		-879,59
17. <i>Acesulfame</i>	0,96 kJ/(Kg,K)	25	20,57	9,11		-38,85
18. Glukosa (recycle)	1,31 kJ/kg,K	25	20,57	773,28		-37.162,50
H total bahan keluar						-52.763,09

Tabel B.32. *Packaging Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa Kopi (A-260)

Masuk dari <i>Coating Machine</i> (A-250)		Keluar	
Komponen	H (kJ/batch)	Komponen	H (KJ/batch)
<i>Gum base</i>	-6.765,46	<i>Gum base</i>	-6.765,46
Sukrosa	-6.961,31	Sukrosa	-6.961,31
Kopi	-289,29	Kopi	-289,29
Lesitin	-56,33	Lesitin	-56,33
Aspartam	-13,47	Aspartam	-13,47
Gliserin	-596,29	Gliserin	-596,29
Glukosa	-879,59	Glukosa	-879,59
<i>Acesulfame</i>	-38,85	<i>Acesulfame</i>	-38,85
Total	-15.600,59	Total	-15.600,59
Recycle		Recycle	
Glukosa	-37.162,50	Glukosa	-37.162,50
Total	-52.763,09	Total	-52.763,09

Tabel B.33. *Packaging Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa Coklat (A-260)

Masuk dari <i>Coating Machine</i> (A-250)		Keluar ke Proses <i>Packing</i> (A-260)	
Komponen	H (kJ/batch)	Komponen	H (kJ/batch)
<i>Gum base</i>	-20.294,55	<i>Gum base</i>	-20.294,55
Sukrosa	-20.882,02	Sukrosa	-20.882,02
Coklat	-834,77	Coklat	-834,77
Lesitin	-168,97	Lesitin	-168,97
Aspartam	-40,42	Aspartam	-40,42
Gliserin	-1.788,72	Gliserin	-1.788,72
Glukosa	-2.638,52	Glukosa	-2.638,52
<i>Acesulfame</i>	-116,54	<i>Acesulfame</i>	-116,54
Total	-46.764,50	Total	-46.764,50
<i>Recycle</i>		<i>Recycle</i>	
Glukosa	-111.477,27	Glukosa	-111.477,27
Total	-158.241,76	Total	-158.241,76

$$= \frac{25 \text{ kg}}{1\text{m} \times 0,5\text{m} \times 929,07 \text{ kg/m}^3} = 0,05 \text{ m}$$

3. Trial : Panjang jumlah karung = 28 karung

Lebar jumlah karung = 20 karung

Tinggi jumlah karung = $\frac{\text{Total kapasitas karung untuk 30 hari}}{(\text{panjang} \times \text{lebar}) \text{ jumlah karung}}$

$$= \frac{8.786 \text{ karung}}{28 \times 20}$$

= 15,69 (trial cocok, kurang dari 20)

4. Panjang jumlah karung = $1 \frac{\text{m}}{\text{karung}} \times 28 \text{ karung} = 28 \text{ m}$

Lebar jumlah karung = $0,5 \frac{\text{m}}{\text{karung}} \times 20 \text{ karung} = 10 \text{ m}$

Dengan cara yang sama aspartam, lesitin, *acesulfame*, coklat dan kopi adalah sebagai berikut:

Bahan	$\rho \text{ bulk}$ (kg/m ³)	Tinggi @ karung (m)	Σ Kapasitas karung untuk 30 hari	Trial (karung)		Σ Tinggi
				Σ Panjang	Σ Lebar	
Aspartam	656,76	0,08	16	2	2	4,06
Lesitin	656,76	0,08	70	4	4	4,39
<i>Acesulfame</i>	656,76	0,08	68	4	4	4,22
Coklat	592,68	0,08	126	5	5	5,03
Kopi	656,76	0,08	42	2	2	10,48

Untuk menentukan panjang dan lebar *warehouse*, maka ditata seperti Gambar C.1.



Gambar C.1. Tata Letak *Warehouse* Bahan Padat (F-113) dengan skala (1:200)

Dari Gambar C.1. dapat dihitung panjang *warehouse* adalah 30 m sedangkan lebarnya 17 m dengan tinggi 4 m.

SPESIFIKASI :

- Nama = Warehouse Bahan Padat
- Kapasitas = 227,69 ton
- Tipe = gedung dengan konstruksi beton
- Panjang = 30 m
- Lebar = 17 m
- Tinggi = 4 m
- Jumlah = 1 buah

2. Tangki Penyimpanan

2.1. Tangki Penyimpanan Gum Base (F-114)

2.1.1. Volume Tangki

Kapasitas *gum base* = 1.449,13 kg/batch

Kapasitas *gum base* untuk 14 hari = 20.287,80 kg $\rightarrow \rho = 920 \text{ kg/m}^3$ [25]

ρ *gum base* didekati dengan ρ *polyethylene*

$$\text{Volume } \textit{gum base} = 20.287,80 \text{ kg} \times \frac{\text{m}^3}{920 \text{ kg}} \times \frac{\text{ft}^3}{0,028317 \text{ m}^3} = 778,75 \text{ ft}^3$$

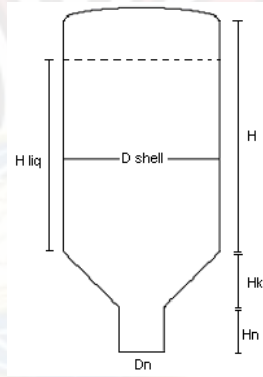
$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 778,75 \text{ ft}^3 \\ &= 973,44 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2.1.2. Dimensi *shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi tangki penyimpanan adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S) [26]

- Allowable stress value (f) dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [26]
- Corrosion allowance (c) adalah 3 mm [26]
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [26]
- $H_{shell} / D_{shell} = 1,5 / 1$ [27]
- sudut konis = 90° [26]
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter nozzle (D_n) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [26]



Gambar C.2. Dimensi Tangki Penyimpanan *Gum Base*

Keterangan:

D_{shell} = diameter *shell*

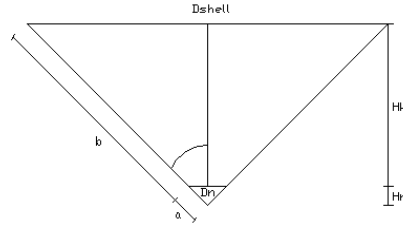
H = tinggi *shell*

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi *nozzle*

H_{liq} = tinggi *liquid*

D_n = diameter *nozzle*



Gambar C.3. Dimensi Konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$H_k = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n \quad [26]$$

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

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

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

[26]

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

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

$$\text{Volume konis} = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n$$

[26]

$$= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times \frac{D_{shell}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45}$$

$$= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$= 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis} \quad [26]$$

$$973,44 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3) \quad [26]$$

$$= 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - 0,8333^3)$$

$$D_{shell} = 9,39 \text{ ft} \approx 2,86 \text{ m}$$

$$H_{shell} = 1,5 \times 9,39 \text{ ft}$$

$$= 14,08 \text{ ft} \approx 4,29 \text{ m}$$

$$H_{konis} = \frac{D_{shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

[26]

$$= \frac{9,39 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45}$$

$$= 4,28 \text{ ft} \approx 1,30 \text{ m}$$

$$H_{nozzle} = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft} \approx 0,13 \text{ m}$$

$$H_{tangki \text{ total}} = H_{shell} + H_{konis} \quad [26]$$

$$= 14,08 \text{ ft} + 4,28 \text{ ft}$$

$$= 18,35 \text{ ft} \approx 5,59 \text{ m}$$

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

[26]

$$= 1,1775 \times (9,39 \text{ ft})^3$$

$$= 973,44 \text{ ft}^3 \approx 296,70 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume konis} = 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3) \quad [26]$$

$$= 0,1308 \times ((9,39 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 108,06 \text{ ft}^3 \approx 32,94 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{Dn}{2}\right)^2 + Hn^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{shell}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{2,86}{2}\right)^2 + (1,30 + 0,13)^2}$$

$$= 2,02 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

[26]

$$= (2,02 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 1,84 \text{ m}$$

H *liquid* dalam *shell* dicari dengan persamaan :

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

[26]

$$778,75 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume } konis$$

$$778,75 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (9,39 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 108,06 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 9,70 \text{ ft} \approx 2,96 \text{ m}$$

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

[26]

$$= (9,70 + 4,28) \text{ ft}$$

$$= 13,98 \text{ ft} \approx 4,26 \text{ m}$$

2.1.3. Tebal *Shell* dan *Konis*

➤ *Shell*

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{57,41 \times 9,70}{144} \right) = 3,87 \frac{lb}{in^2} \approx 3,87 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (3,87 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 18,57 \text{ psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}} \quad [26]$$

$$= 1,2 \times 18,57 \text{ psia}$$

$$= 22,28 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{22,28 \text{ psia} \times 9,39 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 22,28 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,21 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

➤ **Konis**

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

[26]

$$= \left(\frac{57,41 \times 13,98}{144} \right) = 5,57 \frac{lb}{in^2} \approx 5,57 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (5,57 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 20,27 \text{ Psia}$$

$$P_{\text{design}} = 1,2 \times P_{\text{operasi}} \quad [26]$$

$$= 1,2 \times 20,27 \text{ psia}$$

$$= 24,33 \text{ psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [26]$$

[26]

$$t_{\text{konis}} = \frac{24,33 \text{ psia} \times 9,39 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 24,33 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,26 \text{ in} \approx 0,50 \text{ in}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = Tangki Penyimpanan *Gum Base*
- Fungsi = Untuk menyimpan *gum base* selama 14 hari
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)

- Kapasitas = 20.287,80 kg
- Diameter = 9,39 ft
- Tinggi *shell* = 14,08 ft
- Tinggi konis = 4,28 ft
- Tinggi tangki total = 18,35 ft
- Tebal *shell* = 0,50 in
- Tebal *bottom* = 0,25 in
- Jumlah tangki = 1 buah

2.2. Tangki Penyimpanan Gliserin (F-116)

2.2.1. Volume Tangki

Kapasitas gliserin = 233,59 kg/*batch*

Kapasitas gliserin untuk 14 hari = 3.270,31 kg $\rightarrow \rho = 1.261 \text{ kg/m}^3$ [29]

$$\text{Volume gliserin} = 3.270,31 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1261 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 91,59 \text{ ft}^3$$

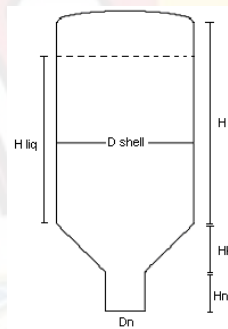
$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 91,59 \text{ ft}^3 \\ &= 114,48 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2.2.2. Dimensi *shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi tangki penyimpanan adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S) [26]
- *Allowable stress value* (*f*) dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{psia}$ [26]
- *Corrosion allowance* (*c*) adalah 3 mm [26]

- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [12]
- $H_{shell} / D_{shell} = 1,5 / 1$ [27]
- sudut konis = 90° [26]
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter *nozzle* (D_n) = 10 inc $\approx 0,25$ m $\approx 0,83$ ft [26]



Gambar C.4. Dimensi Tangki Penyimpanan Gliserin

Keterangan:

D_{shell} = diameter *shell*

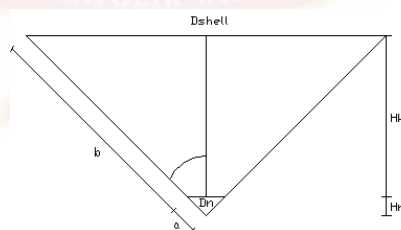
H = tinggi *shell*

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi *nozzle*

Hliq = tinggi *liquid*

D_n = diameter *nozzle*



Gambar C.5. Dimensi Konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$H_k = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n \quad [26]$$

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

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

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

$$[26]$$

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

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

$$\text{Volume konis} = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n$$

$$[26]$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times \frac{D_{shell}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45}$$

$$= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$= 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis} \quad [26]$$

$$91,59 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$91,59 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - 0,8333^3)$$

$$D_{shell} = 4,60 \text{ ft} \approx 1,40 \text{ m}$$

$$H_{shell} = 1,5 \times 4,60 \text{ ft}$$

$$= 6,90 \text{ ft} \approx 2,10 \text{ m}$$

$$H_{\text{konis}} = \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha}$$

[26]

$$= \frac{4,60 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45}$$

$$= 1,88 \text{ ft}$$

$$H_{\text{nozzle}} = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} \quad [12]$$

$$= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft}$$

$$H_{\text{tangki total}} = H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}} \quad [26]$$

$$= 6,90 \text{ ft} + 1,88 \text{ ft}$$

$$= 8,78 \text{ ft} \approx 2,68 \text{ m}$$

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

[26]

$$= 1,1775 \times (4,60 \text{ ft})^3$$

$$= 114,48 \text{ ft}^3 \approx 34,89 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{\text{konis}} = 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \quad [26]$$

$$= 0,1308 \times ((4,60 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 12,64 \text{ ft}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + Hn^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{shell}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{1,40}{2}\right)^2 + (0,57 + 0,13)^2}$$

$$= 0,99 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

[26]

$$= (0,99 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 0,81 \text{ m}$$

H *liquid* dalam *shell* dicari dengan persamaan :

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

[26]

$$91,59 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume } konis$$

$$91,59 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (4,60 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 12,64 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 4,76 \text{ ft} \approx 1,45 \text{ m}$$

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

[26]

$$= (4,76 + 1,88) \text{ ft}$$

$$= 6,64 \text{ ft} \approx 2,02 \text{ m}$$

2.2.3. Tebal *Shell* dan Konis

➤ *Shell*

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{78,69 \times 4,76}{144} \right) = 2,60 \frac{lb}{in^2} \approx 2,60 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (2,60 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 17,30 \text{ psia}$$

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

$$[26]$$

$$= 1,2 \times 17,30 \text{ psia}$$

$$= 20,76 \text{ psia}$$

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

$$[26]$$

$$= \frac{20,76 \text{ psia} \times 4,60 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 20,76 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,16 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

➤ *Konis*

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

$$[26]$$

$$= \left(\frac{78,69 \times 6,64}{144} \right) = 3,63 \frac{lb}{in^2} \approx 3,63 \text{ psia}$$

$$P \text{ udara luar} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ internal} + P \text{ udara luar} \quad [26]$$

$$= (3,63 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 18,33 \text{ psia}$$

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

$$[26]$$

$$= 1,2 \times 18,33 \text{ psia}$$

$$= 21,99 \text{ psia}$$

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

$$[26]$$

$$= \frac{21,99 \text{ psia} \times 4,60 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 21,99 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,18 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = Tangki Penyimpanan Gliserin
- Fungsi = Untuk menyimpan gliserin selama 14 hari
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Kapasitas = 3.270,31 kg
- Diameter = 4,60 ft
- Tinggi *shell* = 6,90 ft

- Tinggi konis = 1,88 ft
- Tinggi tangki total = 8,78 ft
- Tebal *shell* = 0,25 in
- Tebal *bottom* = 0,25 in
- Jumlah tangki = 1 buah

2.3. Tangki Penyimpanan Glukosa Cair (F-152)

2.3.1. Volume Tangki

Kapasitas glukosa cair = 603,99 kg/hari

Kapasitas glukosa cair untuk 14 hari = 8455,80 kg $\rightarrow \rho = 1.540 \text{ kg/m}^3$ [30]

$$\text{Volume glukosa cair} = 8.455,80 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1.540 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 193,90 \text{ ft}^3$$

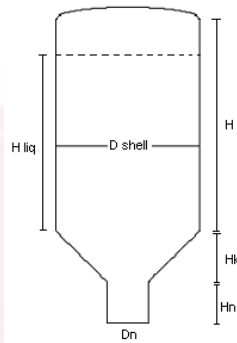
$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 193,90 \text{ ft}^3 \\ &= 242,38 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

2.3.2. Dimensi *shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi tangki peyimpanan adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S) [26]
- *Allowable stress value (f)* dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [26]
- *Corrosion allowance (c)* adalah 3 mm [26]
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [26]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [27]
- sudut konis = 90° [26]

- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter *nozzle* (D_n) = 10 inc $\approx 0,25$ m $\approx 0,83$ ft [26]



Gambar C.6. Dimensi tangki penyimpanan glukosa

Keterangan:

D_{shell} = diameter *shell*

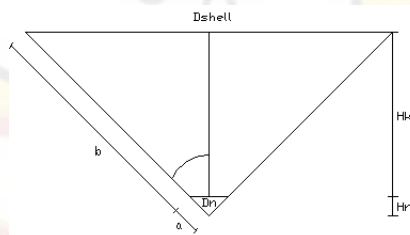
H = tinggi *shell*

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi *nozzle*

Hliq = tinggi *liquid*

Dn = diameter *nozzle*



Gambar C.7. Dimensi Konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$H_k = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n \quad [26]$$

$$= \frac{D_{shell}}{2.tg\alpha} - \frac{Dn}{2.tg\alpha}$$

$$= \frac{D_{shell} - Dn}{2.tg\alpha}$$

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

[26]

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

$$\text{Volume konis} = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times Hk - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times Dn^2 \times Hn$$

[26]

$$= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times \frac{D_{shell}}{2tg45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times Dn^2 \times \frac{Dn}{2tg45}$$

$$= \frac{\pi}{24tg45} (D_{shell}^3 - Dn^3)$$

$$= 0,1308 (D_{shell}^3 - Dn^3)$$

Volume tangki = volume shell + volume konis

$$242,38 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - Dn^3)$$

$$242,38 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - 0,8333^3)$$

$$D_{shell} = 5,90 \text{ ft} \approx 1,80 \text{ m}$$

$$H_{shell} = 1,5 \times 5,90 \text{ ft} = 8,86 \text{ ft} \approx 2,70 \text{ m}$$

$$H_{konis} = \frac{D_{shell} - Dn}{2.tg\alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{5,90 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2.tg45}$$

$$= 2,54 \text{ ft} \approx 0,77 \text{ m}$$

$$H_{nozzle} = \frac{Dn}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft}$$

$$H_{\text{tangki total}} = H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}} \quad [26]$$

$$= 8,86 \text{ ft} + 2,54 \text{ ft}$$

$$= 11,39 \text{ ft} \approx 3,47 \text{ m}$$

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

[26]

$$= 1,1775 \times (5,90 \text{ ft})^3$$

$$= 242,38 \text{ ft}^3 \approx 73,88 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume}_{\text{konis}} = 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - Dn^3) \quad [26]$$

$$= 0,1308 \times ((5,90 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 26,85 \text{ ft}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{Dn}{2}\right)^2 + Hn^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{\text{shell}}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{1,80}{2}\right)^2 + (0,77 + 0,13)^2}$$

$$= 1,27 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

[26]

$$= (1,27 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 1,09 \text{ m}$$

H liquid dalam shell dicari dengan persamaan :

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

[26]

$$193,90 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + 26,85 \text{ ft}^3$$

$$193,90 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (5,90 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 26,85 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 6,10 \text{ ft} \approx 1,86 \text{ m}$$

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

[26]

$$= (6,10 + 2,54) \text{ ft}$$

$$= 8,64 \text{ ft} \approx 2,63 \text{ in}$$

2.3.3. Tebal Shell dan Konis

➤ **Shell**

$$P \text{ internal} = \left(\frac{\rho_{campuran} \cdot H_{liquid} \text{ dlm shell}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{96,10 \times 6,10}{144} \right) = 4,07 \frac{lb}{in^2} \approx 4,07 \text{ psia}$$

$$P \text{ udara luar} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ internal} + P \text{ udara luar} \quad [26]$$

$$= (4,07 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 18,77 \text{ psia}$$

$$P \text{ design} = 1,2 \times P \text{ operasi} \quad [26]$$

$$= 1,2 \times 18,77 \text{ psia}$$

$$= 22,53 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{22,53 \text{ psia} \times 5,90 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 22,53 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,18 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

➤ **Konis**

$$P \text{ internal} = \left(\frac{\rho_{campuran} \cdot H_{liquid total}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{96,10 \times 8,64}{144} \right) = 5,77 \frac{lb}{in^2} \approx 5,77 \text{ psia}$$

$$P \text{ udara luar} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [26]$$

$$P \text{ operasi} = P \text{ internal} + P \text{ udara luar} \quad [26]$$

$$= (5,77 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 20,47 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= 1,2 \times 20,47 \text{ psia}$$

$$= 24,56 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{24,56 \text{ psia} \times 5,90 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 24,56 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,21 \text{ in} \approx 0,25 \text{ inc}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = Tangki Penyimpanan Glukosa Cair
- Fungsi = Untuk menyimpan glukosa cair selama 14 hari
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Kapasitas = 8.455,80 kg
- Diameter = 5,90 ft
- Tinggi *shell* = 8,86 ft
- Tinggi konis = 2,54 ft
- Tinggi tangki total = 11,39 ft
- Tebal *shell* = 0,25 in
- Tebal *bottom* = 0,25 in
- Jumlah tangki = 1 buah

3. Pompa (L-117)

Fungsi = Untuk memompa *gum base* dari *warehouse* menuju ke

gum melting machine untuk *bubble gum* rasa kopi dan coklat

Tipe = *Rotary Pump*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta dengan viskositas tinggi [31]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [32]

- Efisiensi motor = 80% [33]

T operasi = 30 °C

Massa bahan yang ditangani = 1.449,13 kg/*batch*

Waktu yang diinginkan = 10 menit

$$\begin{aligned} \text{Laju alir media} &= \frac{1.449,13 \text{ kg}}{600 \text{ detik}} \\ &= 2,42 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit} &= \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}} \quad [28] \\ &= \frac{2,42 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} \\ &= 2,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= \left(\frac{\text{Laju alir media}}{\rho_{\text{gum base}}} \right)^{0,5} \quad [34] \\ &= \left(\frac{2,42 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} \\ &= 0,05124 \text{ m} = 51,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

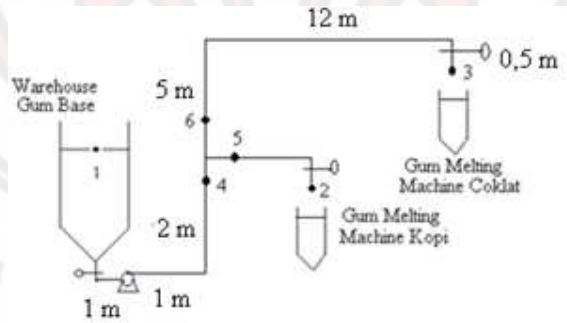
Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 2 in *sch* 40, dengan :

- ID = 52,50 mm
- OD = 60,33 mm
- A = $2,176 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$$V_4 = \frac{Q}{A} = \frac{2,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{2,17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 1,21 \text{ m/s}$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,05 \text{ m} \times 1,21 \text{ m/s} \times 920 \text{ kg/m}^3}{47 \text{ kg/m.s}} = 1,25 \text{ (laminar)}$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 0,5$



Gambar C.8. Pompa *Gum Base* dari Tangki Penyimpanan Menuju ke *Gum Melting Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa Kopi dan Coklat

Energi *Balance*

Pada titik 1 sampai 4

$$\frac{P_4 - P_1}{\rho} + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2\alpha} + g(Z_4 - Z_1) + \sum F_{14} + Ws = 0$$

$$\frac{P_4}{\rho} + gZ_4 = \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - Ws + \frac{P_1}{\rho} \quad (1)$$

Pada titik 5 sampai 2

$$\frac{P_2 - P_5}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + g(Z_2 - Z_5) + \sum F_{52} = 0$$

$Ws = 0$, karena tidak membutuhkan pompa

$$\frac{P_2}{\rho} + gZ_2 = \frac{V_5^2 - V_2^2}{2\alpha} + gZ_5 + \sum F_{52} + \frac{P_5}{\rho} \quad (2)$$

Pada titik 6 sampai 3

$$\frac{P_6 - P_3}{\rho} + \frac{V_6^2 - V_3^2}{2\alpha} + g(Z_3 - Z_6) + \sum F_{63} = 0$$

$W_s = 0$, karena tidak membutuhkan pompa

$$\frac{P_6}{\rho} + gZ_6 = \frac{V_6^2 - V_3^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63} + \frac{P_3}{\rho} \quad (3)$$

Dianggap : $Z_4 \approx Z_5 \approx Z_6$

$$P_4 \approx P_5 \approx P_6$$

Sehingga : $\frac{P_4}{\rho} + gZ_4 \approx \frac{P_5}{\rho} + gZ_5 \approx \frac{P_6}{\rho} + gZ_6 \quad (4)$

Substitusi persamaan (1), (2), (3) dan (4):

$$\frac{P_4}{\rho} + \frac{V_4^2 - V_1^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - W_s = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_2^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{23} = \frac{P_6}{\rho} + \frac{V_6^2 - V_3^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

Aliran terbagi menjadi dua, yaitu:

1. *Gum base* menuju ke *gum melting machine* untuk *bubble gum* rasa kopi

$$\text{Massa} = 362,28 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{362,28 \text{ kg / batch}}{600 \text{ s / batch}} = 0,60 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,60 \text{ kg / s}}{920 \text{ kg / m}^3} = 6,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,60 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,03 \text{ m} \approx 25,62 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah 1 in sch. 40, dengan:

- ID = 26,64 mm
- OD = 33,40 mm
- A = $5,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_5 = \frac{Q}{A} = \frac{6,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{5,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,18 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,03 \text{ m} \cdot 1,18 \text{ m/s} \cdot 920 \text{ kg/m}^3}{47 \text{ kg/m.s}} = 0,61 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

2. *Gum base* menuju ke *gum melting machine* untuk *bubble gum* rasa coklat

$$\text{Massa} = 1.086,85 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media (m}_6) = \frac{1.086,85 \text{ kg / batch}}{600 \text{ s / batch}} = 1,81 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit (Q}_6) = \frac{1,81 \text{ kg / s}}{920 \text{ kg / m}^3} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{1,81 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,25} = 0,04 \text{ m} \approx 44,37 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah 2 in sch. 80, dengan:

- ID = 49,25 mm
- OD = 60,33 mm
- A = $1,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$$V_6 = \frac{Q}{A} = \frac{1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{1,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 1,03 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,05 \text{ m} \cdot 1,03 \text{ m/s} \cdot 920 \text{ kg/m}^3}{47 \text{ kg/m.s}} = 1,00 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Perhitungan $\sum F$ dari titik 1 ke 4

1. *Sudden contraction*

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,21 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,81 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (0,5 + 1 + 1 + 2) = 4,5 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 12,84 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 12,84 \times \frac{4,5 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \times \frac{(1,21 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5}$$

$$= 6.472,82 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 2 *elbow* 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,21 \text{ m/s})^2}{2} = 0,55 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *elbow* 90°

$$h_f = 2 \times 0,55 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1,10 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4. Friksi untuk 1 *gate valve*

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,21 \text{ m/s})^2}{2} = 0,12 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

5. Friksi untuk 1 tee

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 1,0 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 1 \times \frac{(1,21 \text{ m/s})^2}{2} = 0,74 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,81 + 6.472,82 + 1,10 + 0,12 + 0,74) \\ &= 6475,60 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan ΣF dari 6 ke titik 3

1. Sudden contraction

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times \left(1 - \frac{4,925 \cdot 10^{-2}}{52,50 \cdot 10^{-2}}\right) \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,02 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (5 + 12 + 0,5) \text{ m} = 17,5 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 16,06 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 16,06 \times \frac{17,5 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2,05} = 24.380,90 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 2 *elbow* 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$= 0,40 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *elbow* 90°

$$h_f = 2 \times 0,40 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0,80 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4. Friksi untuk 1 *gate valve*

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2} = 0,09 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,04 + 24.380,90 + 0,80 + 0,09) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 24.401,80 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Energi *Balance*

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \Sigma F_{14} - W_s = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \Sigma F_{52} = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \Sigma F_{63}$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = 101,325 \text{ kg/m.s}^2$$

$$\rho = \text{massa jenis bahan} = 920 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$V_4 = 1,21 \text{ m/s}$$

$$V_3 = V_6 = 1,03 \text{ m/s}$$

$$Z_1 = 4,76 \text{ m}$$

$$Z_3 = 2,03 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ (laminar)}$$

$$\frac{101,325 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{(0-1,21) \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2\alpha} - 6.430,31 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4,76 \text{ m} - Ws = \frac{101,325 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{(1,03-1,03) \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 0,5} + 6.430,31 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,03 \text{ m}$$

$$Ws = -30.832,11 \text{ m}^2/\text{s}^2 = -30.832,11 \text{ J/kg}$$

$$\text{Power} = \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000}$$

$$= \frac{30.832,11 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 2,42 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 114,56 \text{ J/s} \approx 0,15 \text{ HP}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{114,56}{0,8} = 143,20 \text{ J/s} = 0,19 \text{ HP}$$

SPESIFIKASI:

Nama : Pompa

Fungsi : Untuk memompa *gum base* dari *warehouse* menuju

ke *gum melting machine* kopi dan coklat

Tipe : *Rotary pump*

Laju aliran pompa : $2,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Ukuran pipa : 2 in sch.40

1 in sch. 40

2 in sch. 80

Panjang pipa total : 22 m

Fitting : 4 buah *elbow* 90°

2 buah *gate valve*

ΔP : 0 kPa

Power motor : 0,19 HP

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Jumlah : 1 buah

5. Pompa (L-153)

Fungsi = Untuk memompa glukosa cair dari *warehouse* menuju ke tangki penampungan glukosa cair (untuk *bubble gum* rasa coklat) dan *coating machine* untuk *bubble gum* rasa kopi

Tipe = *Rotary pump*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta dengan viskositas tinggi

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [32]

- Efisiensi motor = 80% [33]

T operasi = 30 °C

Massa bahan yang ditangani = 603,99 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 10 menit

$$\text{Laju alir media} = \frac{603,99 \text{ kg}}{600 \text{ detik}} = 1,01 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}} \quad [28]$$

$$= \frac{1,01 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} = 6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= \left(\frac{\text{Laju alir media}}{\rho_{\text{gum base}}} \right)^{0,5} \quad [34] \\ &= \left(\frac{1,01 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,03 \text{ m} = 25,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

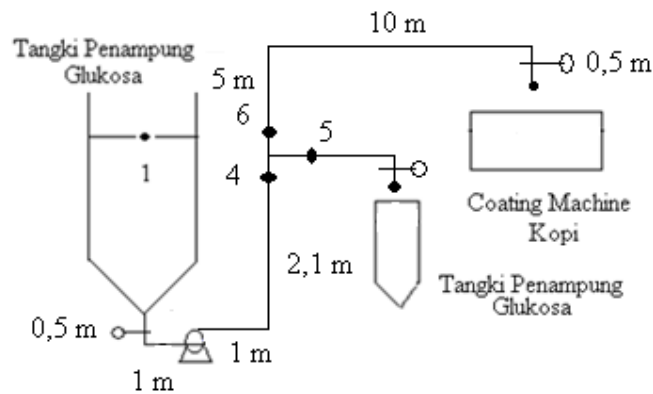
Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 1 in sch. 40, dengan :

- ID = 26,64 mm
- OD = 33,40 mm
- A = $5,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_4 = \frac{Q}{A} = \frac{6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{5,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,17 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,03 \text{ m} \times 1,17 \text{ m/s} \times 1540 \text{ kg/m}^3}{39,24 \text{ kg/m.s}} = 1,23 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 0,5$



Gambar C.9. Pompa Glukosa dari Warehouse Menuju Tangki Penampungan untuk Bubble Gum Rasa Coklat dan Coating Machine untuk Bubble Gum Rasa Kopi

Energi Balance

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 + \sum F_{14} + W_s = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{52} = \frac{p_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

Aliran terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Glukosa menuju ke *coating machine* untuk *bubble gum* rasa kopi

$$\text{Massa} = 151,00 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{151,00 \text{ kg / batch}}{600 \text{ s / batch}} = 0,25 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,25 \text{ kg / s}}{1540 \text{ kg / m}^3} = 1,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,25 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,01 \text{ m} \approx 12,78 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah ½ in sch. 80, dengan:

- ID = 13,87 mm
- OD = 21,34 mm
- A = $1,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_3 = \frac{Q}{A} = \frac{1,63 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{1,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,08 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,01 \text{ m} \cdot 1,08 \text{ m/s} \cdot 1540 \text{ kg/m}^3}{39,24 \text{ kg/m.s}} = 0,59 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

2. Glukosa menuju ke tangki penampung untuk *bubble gum* rasa coklat

$$\text{Massa} = 452,99 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{1452,99 \text{ kg/batch}}{600 \text{ s/batch}} = 0,75 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,75 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} = 4,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,75 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,02 \text{ m} \approx 22,14 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah 1 in sch. 80, dengan:

- ID = 24,31 mm
- OD = 33,40 mm
- A = $4,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{4,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{4,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,06 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,02 \text{ m} \cdot 1,06 \text{ m/s} \cdot 1540 \text{ kg/m}^3}{39,24 \text{ kg/m.s}} = 1,01 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Perhitungan Friksi dari titik 1 ke 4

1. Sudden contraction

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,17 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,76 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (0,5 + 1 + 1 + 2,1) \text{ m} = 4,6 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 13,04 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 13,04 \times \frac{4,6 \text{ m}}{0,02 \text{ m}} \times \frac{(1,17 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5} = 12.404,44 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 2 elbow 90°

$$h_f = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,17 \text{ m/s})^2}{2} = 0,52 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 elbow 90°

$$h_f = 2 \times 0,52 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1,03 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4. Friksi untuk 1 gate valve

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,17 \text{ m/s})^2}{2} = 0,12 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

5. Friksi untuk 1 tee

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 1,0 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 1,0 \times \frac{(1,17 \text{ m/s})^2}{2} = 0,69 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,76 + 12404,44 + 1,03 + 0,12 + 0,69) \\ &= 12.407,04 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan Friksi dari titik 6 ke 3

1. *Sudden contraction*

$$hc = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times \left(1 - \frac{1,387 \cdot 10^{-2}}{2,664 \cdot 10^{-2}}\right) \times \frac{(1,08 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,15 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (5 + 10 + 0,5) \text{ m} = 15,5 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 15,88 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 15,88 \times \frac{15,5 \text{ m}}{0,01 \text{ m}} \times \frac{(1,08 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5} = 83.006,98 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 2 *elbow* 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,08 \text{ m/s})^2}{2} = 0,44 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *elbow* 90°

$$h_f = 2 \times 0,44 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0,88 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4. Friksi untuk 1 *gate valve*

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,08 \text{ m/s})^2}{2} = 0,10 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,15 + 83.006,98 + 0,88 + 0,10) \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= 83.020,72 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energi *Balance*

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - Ws = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{52} = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = 101,325 \text{ kg/m.s}$$

$$\rho = 1.540 \text{ kg/m}^3$$

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$V_4 = 1,17 \text{ m/s}$$

$$V_3 = V_6 = 1,08 \text{ m/s}$$

$$Z_1 = 3,13 \text{ m}$$

$$Z_3 = 1,28 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ (laminar)}$$

$$\frac{101,325 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{(0^2 - 1,17^2) \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 0,5} - 12.377,64 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - Ws + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 3,13 \text{ m} = \frac{101,325 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{(1,08^2 - 1,08^2) \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2 \cdot 0,5} + 83.020,11 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 1,28 \text{ m}$$

$$Ws = - 95.398,36 \text{ m}^2/\text{s}^2 = - 95.398,36 \text{ J/kg}$$

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

$$= \frac{95.398,36 \text{ J/kg} \times 6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 1540 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 148,74 \text{ J/s} \approx 0,20 \text{ HP}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{148,74}{0,8} = 184,68 \text{ J/s} = 0,25 \text{ HP}$$

SPESIFIKASI :

Nama : Pompa

Fungsi : Untuk memompa glukosa dari *warehouse* glukosa menuju

ke *coating machine* untuk *bubble gum* rasa kopi dan tangki penampung untuk *bubble gum* rasa coklat

Tipe : *Rotary pump*

Kapasitas : 603,99 kg/*batch*

Laju aliran pompa : $6,54 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Ukuran pipa : 1 in sch.40

$\frac{1}{2}$ in sch. 80

1 in sch. 80

Panjang pipa total : 20,1 m

Fitting : 4 buah *elbow* 90°

2 buah *gate valve*

1 buah *tee*

ΔP : 0 kPa

Power motor : 0,25 HP

Bahan konstruksi : *Stainless steel*

Jumlah : 1 buah

5. Tangki Penampungan

5.1. Tangki Penampungan Glukosa Cair (F-152)

5.1.1. Volume Tangki

$$\text{Kapasitas glukosa cair} = 452,99 \text{ kg/hari} \rightarrow \rho = 1.540 \text{ kg/m}^3 \quad [30]$$

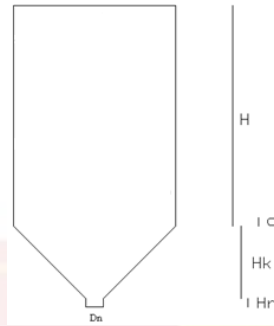
$$\text{Volume glukosa cair} = 452,99 \text{ kg} \times \frac{m^3}{1.540 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 18,52 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 18,52 \text{ ft}^3 \\ &= 23,14 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

5.1.2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi tangki penampungan adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S) [26]
- *Allowable stress value* (*f*) dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{psia}$ [26]
- *Corrosion allowance* (*c*) adalah 3 mm [26]
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [26]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [27]
- sudut konis = 90° [26]
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter *nozzle* (*Dn*) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m} \approx 0,83 \text{ ft}$ [26]



Gambar C.10. Dimensi Tangki Penampungan Glukosa untuk *Bubble Gum* Rasa

Coklat

Keterangan:

D_{shell} = diameter *shell*

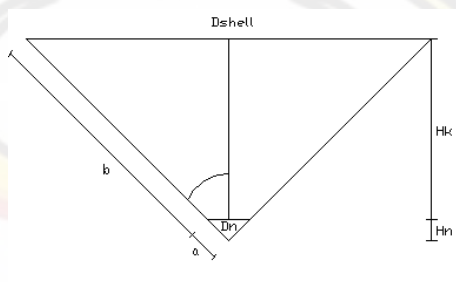
H = tinggi *shell*

Hk = tinggi konis

Hn = tinggi *nozzle*

Hliq = tinggi *liquid*

Dn = diameter *nozzle*



Gambar C.11. Dimensi Konis

$$Hn = \frac{Dn}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$Hk = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - Hn \quad [26]$$

$$= \frac{D_{shell}}{2.tg\alpha} - \frac{Dn}{2.tg\alpha}$$

$$= \frac{D_{shell} - Dn}{2.tg\alpha}$$

$$\text{Volume shell} = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times 1,5 D_{shell} \quad [26]$$

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

$$\text{Volume konis} = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times Hk - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times Dn^2 \times Hn \quad [26]$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times \frac{D_{shell}}{2.tg45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times Dn^2 \times \frac{Dn}{2.tg45}$$

$$= \frac{\pi}{24.tg45} (D_{shell}^3 - Dn^3)$$

$$= 0,1308 (D_{shell}^3 - Dn^3)$$

$$\text{Volume tangki} = \text{volume shell} + \text{volume konis} \quad [26]$$

$$12,98 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - Dn^3)$$

$$= 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - 0,8333^3)$$

$$D_{shell} = 2,23 \text{ ft} \approx 0,68 \text{ m}$$

$$H_{shell} = 1,5 \times 2,23 \text{ ft} = 3,34 \text{ ft} \approx 1,02 \text{ m}$$

$$H_{konis} = \frac{D_{shell} - Dn}{2.tg\alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{2,23 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2.tg45}$$

$$= 0,70 \text{ ft} \approx 0,21 \text{ m}$$

$$H_{nozzle} = \frac{Dn}{2.tg\alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45^\circ}$$

$$= 0,42 \text{ ft} \approx 0,13 \text{ m}$$

$$H_{\text{tangki total}} = H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}} \quad [26]$$

$$= 3,34 \text{ ft} + 0,70 \text{ ft}$$

$$= 4,03 \text{ ft} \approx 1,23 \text{ m}$$

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

[26]

$$= 1,1775 \times (2,23 \text{ ft})^3$$

$$= 12,98 \text{ ft}^3 \approx 3,96 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume konis} = 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \quad [26]$$

$$= 0,1308 \times ((2,23 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 1,37 \text{ ft}^3 \approx 0,42 \text{ m}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + H_n^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{\text{shell}}}{2}\right)^2 + (H_k + H_n)^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,68}{2}\right)^2 + (0,21 + 0,13)^2}$$

$$= 0,48 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

[26]

$$= (0,48 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

H_{liquid} dalam *shell* dicari dengan persamaan :

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

$$12,98 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume konis}$$

$$12,98 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (2,23 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 1,37 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 2,32 \text{ ft} \approx 0,71 \text{ m}$$

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

[26]

$$= (2,32 + 0,70) \text{ ft}$$

$$= 3,02 \text{ ft} \approx 0,92 \text{ m}$$

5.1.3. Tebal *Shell* dan Konis

➤ *Shell*

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{96,10 \times 2,32}{144} \right) = 1,55 \frac{lb}{in^2} \approx 1,55 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (1,55 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 16,25 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= 1,2 \times 16,25 \text{ psia}$$

$$= 19,50 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{19,50 \text{ psia} \times 2,230 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 19,50 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,14 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

➤ **Konis**

$$P_{internal} = \left(\frac{\rho_{campuran} \cdot H_{liquid total}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{96,10 \times 3,02}{144} \right) = 2,01 \frac{lb}{in^2} \approx 2,01 \text{ psia}$$

$$P_{udara luar} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [26]$$

$$P_{operasi} = P_{internal} + P_{udara luar} \quad [26]$$

$$= (2,01 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 16,71 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= 1,2 \times 16,71 \text{ psia}$$

$$= 20,06 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{20,06 \text{ psia} \times 2,23 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 20,06 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,15 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = Tangki Penampungan Glukosa Cair
- Fungsi = Untuk menampung glukosa cair *bubble gum* rasa coklat)
- Bahan konstruksi = *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Diameter = 2,23 ft
- Tinggi *shell* = 3,34 ft
- Tinggi konis = 0,70 ft
- Tinggi tangki total = 4,03 ft
- Tebal *shell* = 0,25 in
- Tebal *bottom* = 0,25 in
- Jumlah tangki = 1 buah

6. Pompa (L-154)

Fungsi = Untuk memompa glukosa cair dari tangki penampungan menuju ke *coating machine* untuk *bubble gum* rasa coklat 1 dan coklat 2

Tipe = Rotary pump

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta dengan viskositas tinggi [31]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [32]

- Efisiensi motor = 80% [33]

T operasi = 30 °C

Massa bahan yang ditangani = 452,99 kg/batch

Waktu yang diinginkan = 10 menit

Laju alir media = $\frac{452,99 \text{ kg}}{600 \text{ detik}} = 0,75 \text{ kg/s}$

Debit = $\frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$ [28]

$$= \frac{0,75 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} = 4,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

ID opt = $\left(\frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{gum base}}} \right)^{0,5}$ [34]

$$= \left(\frac{0,75 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,02 \text{ m} = 22,14 \text{ mm}$$

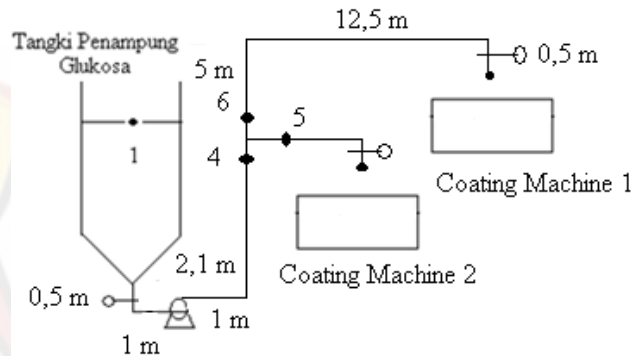
Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 1 in sch. 80, dengan :

- ID = 24,41 mm
- OD = 33,40 mm
- A = $4,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_4 = \frac{Q}{A} = \frac{4,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{4,64 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,06 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,02 \text{ m} \times 1,06 \text{ m/s} \times 1540 \text{ kg/m}^3}{39,24 \text{ kg/m.s}} = 1,01 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 0,5$



Gambar C.12. Pompa Glukosa dari Tangki Penampungan untuk *Bubble Gum* Rasa Coklat Menuju ke *Coating Machine* 1 dan 2

Energi *Balance*

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - W_s = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{52} = \frac{p_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

Aliran terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Glukosa menuju ke *coating machine* untuk *bubble gum* rasa coklat 1

$$\text{Massa} = 226,49 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{226,49 \text{ kg / batch}}{600 \text{ s / batch}} = 0,38 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,38 \text{ kg / s}}{1540 \text{ kg / m}^3} = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,38 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,02 \text{ m} \approx 15,66 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah $\frac{3}{4}$ in sch. 80, dengan:

- ID = 18,85 mm
- OD = 26,67 mm
- A = $2,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{2,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,88 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,02 \text{ m} \cdot 0,88 \text{ m/s} \cdot 1540 \text{ kg/m}^3}{39,24 \text{ kg/m.s}} = 0,65 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

2. Glukosa menuju ke *coating machine* untuk *bubble gum* rasa coklat 2

$$\text{Massa} = 226,49 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{226,49 \text{ kg/batch}}{600 \text{ s/batch}} = 0,38 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,38 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} = 2,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,38 \text{ kg/s}}{1540 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,02 \text{ m} \approx 15,66 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah $\frac{3}{4}$ in sch. 80, dengan:

- ID = 18,85 mm
- OD = 26,67 mm
- A = $2,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V_3 = \frac{Q}{A} = \frac{2,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,88 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,02 \text{ m} \cdot 0,88 \text{ m/s} \cdot 1540 \text{ kg/m}^3}{39,24 \text{ kg/m.s}} = 0,65 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Perhitungan $\sum F_{(1-4)}$

1. *Sudden contraction*

$$A_2 \lll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [26]$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,06 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,61 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (0,5 + 1 + 1 + 2,1) = 4,6 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 15,81 \quad [26]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [26]$$

$$= 4 \times 15,81 \times \frac{4,6 \text{ m}}{0,02 \text{ m}} \times \frac{(1,06 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5} = 13.298,88 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 2 elbow 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [26]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [26]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,06 \text{ m/s})^2}{2} = 0,42 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 elbow 90°

$$h_f = 2 \times 0,42 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0,84 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4. Friksi untuk 1 gate valve

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [26]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [26]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,06 \text{ m/s})^2}{2} = 0,09 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

5. Friksi untuk 1 tee

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 1,0 \text{ (konstanta)} \quad [26]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [26]$$

$$= 1,0 \times \frac{(1,06 \text{ m/s})^2}{2} = 0,56 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,61 + 4336,59 + 0,84 + 0,09 + 0,56) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 13.300,98 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan $\Sigma F_{(6-3)}$

1. *Sudden contraction*

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(0,88 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,05 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (5 + 12,5 + 0,5) \text{ m} = 18 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 18,22 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 18,22 \times \frac{18 \text{ m}}{0,02 \text{ m}} \times \frac{(0,88 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5}$$

$$= 53.674,41 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi untuk 2 *elbow* 90°

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(0,88 \text{ m/s})^2}{2} = 0,29 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *elbow* 90°

$$h_f = 2 \times 0,29 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0,58 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 1 *gate valve*

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(0,88 \text{ m/s})^2}{2} = 0,07 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Friksi Total } (\Sigma F) = (0,05 + 53.674,41 + 0,58 + 0,07) \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$= 53675,10 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Energi *Balance*

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - Ws = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{52} = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

$$P_1 = P_2 = 101,325 \text{ kg/m.s}$$

$$\rho = 1.540 \text{ kg/m}^3$$

$$V_4 = 1,06 \text{ m/s}$$

$$Z_1 = 1,42 \text{ m}$$

$$Z_3 = 1,28 \text{ m}$$

$$V_2 = V_3 = V_5 = V_6 = 0,88 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ (laminar)}$$

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - Ws = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{52} = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

$$Ws = -66.975,83 \text{ m}^2/\text{s}^2 = -66.975,83 \text{ J/kg}$$

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

$$= \frac{66.975,83 \text{ J/kg} \times 4,90.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \times 1540 \text{ kg/m}^3}{0,65 \times 1.000}$$

$$= 77,79 \text{ J/s} \approx 0,10 \text{ HP}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{0,10}{0,8} = 0,13 \text{ HP}$$

SPESIFIKASI :

Nama : Pompa

Fungsi : Untuk memompa glukosa cair dari tangki penampungan
menuju ke *coating machine* untuk *bubble gum* rasa coklat
1 dan coklat 2

Tipe : *Rotary pump*

Laju aliran pompa : $4,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$

Ukuran pipa : 1 in sch.80

$\frac{3}{4}$ in sch. 80

Panjang pipa total : 16,3 m

Fitting : 4 buah *elbow* 90°

2 buah *gate valve*

ΔP : 0 kPa

Power motor : 0,13 HP

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 buah

7. ***Gum Melting Machine Kopi (E-112)***

7.1. **Volume Tangki**

Kapasitas *gum base* = 362,28 kg/batch $\rightarrow \rho = 920 \text{ kg/m}^3$ [25]

$$\text{Volume } \textit{gum base} = 362,28 \text{ kg} \times \frac{\text{m}^3}{920 \text{ kg}} \times \frac{\text{ft}^3}{0,028317 \text{ m}^3} = 13,91 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 13,91 \text{ ft}^3 \\ &= 17,38 \text{ ft}^3 \end{aligned}$$

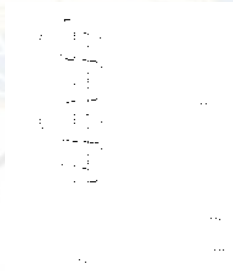
7.2. **Dimensi *shell* dan *konis***

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *gum melting machine* adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 *grade S*)

[26]

- *Allowable stress value* (f) dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [26]
- *Corrosion allowance* (c) adalah 3 mm [26]
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [26]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [27]
- sudut konis = 90° [26]
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter *nozzle* (D_n) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [26]



Gambar C.13. Dimensi Tangki *Gum Melting Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa

Kopi

Keterangan:

D_{shell} = diameter *shell*

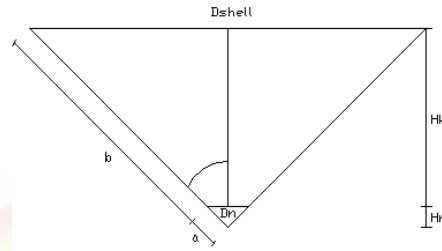
H = tinggi *shell*

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi *nozzle*

H_{liq} = tinggi *liquid*

D_n = diameter *nozzle*



Gambar C.14. Dimensi Konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$H_k = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n \quad [26]$$

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

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

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

[26]

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

$$\text{Volume konis} = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n$$

[26]

$$= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times \frac{D_{shell}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45}$$

$$= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$= 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

Volume tangki= volume *shell* + volume konis

$$17,38 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3)$$

$$17,38 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{shell}^3 + 0,1308 (D_{shell}^3 - 0,8333^3)$$

$$D_{shell} = 2,45 \text{ ft} \approx 0,75 \text{ m}$$

$$H_{shell} = 1,5 \times 2,45 \text{ ft}$$

$$= 3,68 \text{ ft} \approx 1,12 \text{ m}$$

$$H_{konis} = \frac{D_{shell} - D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{2,45 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45}$$

$$= 0,81 \text{ ft}$$

$$H_{nozzle} = \frac{D_n}{2 \cdot \text{tg } \alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \text{tg } 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft}$$

$$H_{tangki \text{ total}} = H_{shell} + H_{konis} \quad [26]$$

$$= 3,68 \text{ ft} + 0,81 \text{ ft}$$

$$= 4,49 \text{ ft}$$

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

[26]

$$= 1,1775 \times (2,45 \text{ ft})^3$$

$$= 17,38 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume konis} = 0,1308 (D_{shell}^3 - D_n^3) \quad [26]$$

$$= 0,1308 \times ((2,45 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 1,86 \text{ ft}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{Dn}{2}\right)^2 + Hn^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{shell}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,75}{2}\right)^2 + (0,25 + 0,13)^2}$$

$$= 0,53 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

[26]

$$= (0,53 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

H liquid dalam shell dicari dengan persamaan :

Volume liquid = volume shell + volume konis

[26]

$$13,91 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume konis}$$

$$13,91 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (2,14 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 1,86 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 2,55 \text{ ft}$$

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

[26]

$$= (2,55 + 0,81) \text{ ft}$$

$$= 3,36 \text{ ft}$$

7.2.1. Tebal *Shell* dan Konis

➤ *Shell*

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{57,41 \times 2,55}{144} \right) = 1,34 \frac{lb}{in^2} \approx 1,34 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (1,34 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 15,72 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= 1,2 \times 15,72 \text{ psia}$$

$$= 18,86 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{18,86 \text{ psi} \times 2,45 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 18,86 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right) \quad [26]$$

$$= 0,14 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

➤ **Konis**

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{57,41 \times 3,36}{144} \right) = 1,34 \frac{lb}{in^2} \approx 1,34 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [28]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (1,34 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 16,04 \text{ psia}$$

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

$$[26]$$

$$= 1,2 \times 16,04 \text{ psia}$$

$$= 19,25 \text{ psia}$$

$$t_{\text{konis}} = \frac{P_{\text{design}} \cdot D}{2 \cdot \cos \alpha (f \cdot E - 0,6 P_{\text{design}})} + C \quad [26]$$

$$= \frac{19,25 \text{ psia} \times 2,45 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 19,25 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,15 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

7.3. Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *Helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah
- Kecepatan agitator (N) adalah 40 rpm
- Rasio geometri pengaduk :

[32, 35]

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

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

$$\frac{Da}{D_{shell}} = 0,95 \rightarrow Da = 0,95 \times 0,75 \text{ m}$$

$$Da = 0,71 \text{ m}$$

$$W = \frac{Da}{6} \rightarrow W = \frac{0,71 \text{ m}}{6}$$

$$W = 0,12 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \rightarrow C = 0,05 \times 0,75 \text{ m}$$

$$C = 0,04 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \rightarrow Di = \frac{0,71 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,24 \text{ m}$$

Data *gum base* yang terdapat dalam *melting machine* adalah sebagai berikut:

$$\rho = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\mu = 47 \frac{kg}{m.s} \quad [25]$$

$$N_{Re} = \frac{Da^2 N \rho}{\mu} \quad [36]$$

$$N_{Re} = \frac{(0,71m)^2 \times \left[\frac{40}{60}\right] rps \times 920 \frac{kg}{m^3}}{47 \frac{kg}{m.s}} = 6,58$$

Harga N_p dapat dicari dari *figure 9.14* [36] dengan cara :

$N_{Re} = 6,58$ Vs *helical ribbon*, sehingga didapatkan nilai

$$N_p = 4$$

Power untuk pengaduk :

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad [36]$$

$$= 4 \times 920 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 rps \times (0,71 m)^5$$

$$= 197,18 W$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\text{Power sesungguhnya} = \frac{100}{80} \times 197,18 W = 246,48 W =$$

0,33 HP

7.4. Perhitungan Jaket Pemanas

Ditetapkan :

- *Steam* yang digunakan adalah *saturated steam* 4,5 bar dengan suhu 148°C

[27]

- Nilai R_d ditetapkan 0,0005 [37]
- Tinggi jaket pemanas $\approx$ tinggi *liquid* dalam *shell*
- Jarak spasing = 0,010 m
- $\frac{\mu}{\mu_w} = 1 \text{ lb/ft.s}$ [38]

Data *gum base* yang terdapat dalam *melting machine* adalah sebagai berikut:

$$C_p = 5,90 \text{ kJ/kg.K} \approx 24,69 \text{ btu/lb.}^\circ\text{F} \quad [25]$$

$$k = 1,08 \text{ btu/h.ft}^2.^\circ\text{F} \quad [25]$$

Properties *gum base* menggunakan pengaduk:

$$Re_j = \frac{L^2 N \rho}{\mu} \quad [38]$$

dimana: L^2 = diameter impeler (ft)

N = kecepatan pengadukan (rph)

ρ = massa jenis bahan (lb/ft³)

μ = viskositas bahan (lb/ft.s)

$$Re_j = \frac{0,24 \text{ ft}^2 \cdot 40 \text{ rpm} \cdot 60 \text{ menit} \cdot 57,41 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{31,58 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}}$$

$$= 244,57$$

Harga j dapat dicari dari *figure 20.2* [38] dengan cara :

$Re_j = 244,57$ Vs jaket, sehingga didapatkan nilai $j = 22$

$$hi - j \frac{k}{Di} \left(\frac{cp}{\mu \cdot k} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad [38]$$

dimana: j = diperoleh dari *figure* 20.2

k = koefisien perpindahan panas
(btu/h.ft².°F)

D_i = D_{shell} (ft)

c_p = kapasitas panas (btu/lb.°F)

μ = viskositas (btu/ft.s)

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} = (1)^{0.14} = 1$$

[38]

$$\left(\frac{c_p}{\mu k}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{24,69 \frac{\text{btu}}{\text{lb.F}}}{31,68 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}} 1,08 \frac{\text{btu}}{\text{h.ft}^2 \text{F}}}\right)^{\frac{1}{4}} = 8,97$$

[38]

$$ht = 22 \frac{1,08 \frac{\text{btu}}{\text{h.ft}^2 \text{F}}}{2,45 \text{ ft}} \left(\frac{24,69 \frac{\text{btu}}{\text{lb.F}}}{31,68 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}} 1,08 \frac{\text{btu}}{\text{h.ft}^2 \text{F}}}\right)^{\frac{1}{4}} (1)^{0.14} \quad [38]$$

$$= 86,63 \text{ btu/h.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$$

$$h_{oi(steam)} = 1500 \text{ btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \quad [38]$$

$$U_c = \frac{h_x h_{oi}}{h + h_{oi}} \quad [38]$$

$$= \frac{86,83 \times 1500}{86,83 + 1500}$$

$$= 82,08 \frac{\text{btu}}{\text{jam. ft}^2 \cdot ^\circ \text{F}}$$

$$R_d = 0,0005 \quad [37]$$

$$h_d = \frac{1}{R_d} \quad [38]$$

$$= \frac{1}{0,0005}$$

$$= 2000$$

$$U_d = \frac{U_c \times h_d}{U_c + h_d} \quad [38]$$

$$= \frac{82,08 \times 2000}{82,08 + 2000}$$

$$= 78,85 \frac{\text{btu}}{\text{jam. ft}^2 \cdot ^\circ \text{F}}$$

$$Q = U_d \cdot A \cdot \Delta t \quad [38]$$

dimana: Q = panas yang dibutuhkan bahan (btu)

$$U_d = \frac{\text{btu}}{\text{jam. ft}^2 \cdot ^\circ \text{F}}$$

A = luas permukaan *shell* (ft)

Δt = perbedaan suhu ($^\circ \text{F}$)

$$Q = 126.655,45 \text{ KJ/batch} \approx 120.045,73 \text{ btu/batch} \quad [\text{App.B}]$$

$$120.045,73 \text{ btu/batch} = 78,85 \frac{\text{btu}}{\text{jam. ft}^2 \cdot ^\circ \text{F}} \cdot A \cdot (194-86)^\circ \text{F}$$

$$A = 16,86 \text{ ft}^2$$

$$\text{Massa steam} = 59,73 \text{ kg/batch} \approx 131,68 \text{ lb/batch} \quad [\text{App.B}]$$

$$\text{Rho steam (1 bar)} = 0,53 \text{ kg/m}^3 \quad [28]$$

$$\begin{aligned} \text{Rho steam (4,5 bar)} &= \frac{4,5 \text{ bar}}{1.01325 \text{ bar}} \times 0,53 \\ &= 2,35 \text{ kg/m}^3 \approx 0,15 \text{ lb/ft}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume steam} &= \frac{\text{Massa steam}}{\rho \text{ steam}} \\ &= \frac{131,68 \text{ lb/batch}}{0,15 \text{ lb/ft}^3} \\ &= 896,14 \text{ ft}^3/\text{batch} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju volumetrik steam} &= \frac{896,14 \text{ ft}^3/\text{batch}}{20 \text{ menit/batch}} \\ &= 44,81 \text{ ft}^3/\text{batch} \end{aligned}$$

$$\text{Jaket spasing} = 0,010 \text{ m} \approx 0,03 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned} \text{D jaket} &= \text{OD shell} + 2. \text{ Jaket spasing} \\ &= (2,49 + 2. 0,03) \text{ ft} \\ &= 2,56 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A jaket} &= \pi.(\text{D jaket} - \text{OD shell}).\text{tinggi liquid dalam shell} \\ &= \pi.(2,56-2,49) \text{ ft. } 2,55 \text{ ft} \\ &= 0,53 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan linear steam dalam jaket} &= \frac{\text{Laju volumetrik steam}}{A \text{ jaket}} \\ &= \frac{44,81 \text{ ft}^3/\text{menit}}{0,53 \text{ ft}^2} \\ &= 85,25 \text{ ft/menit} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = *Gum melting machine* untuk *bubble gum* rasa kopi
- Fungsi = Untuk menurunkan viskositas *gum base* untuk *bubble gum* rasa kopi
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Kapasitas = 362,28 kg/batch
- Diameter = 2,45 ft
- Tinggi *shell* = 3,68 ft
- Tinggi konis = 0,81 ft
- Tinggi tangki total = 4,49 ft
- Tebal *shell* = 0,25 in
- Tebal *bottom* = 0,25 in
- Pengaduk = Jenis : *Helical-Ribbon*
 Diameter : 0,24 ft
 Power : 0,33 HP
 Jumlah pengaduk : 1 buah
- Jaket pemanas = Luas permukaan : 0,53 ft²
 Tinggi jaket pemanas : 2,55 ft
 Jaket *spacing* : 0,03 ft
- Jumlah tangki = 1 buah

8. *Gum Melting Machine* Coklat (E-112)

8.1. Volume Tangki

Kapasitas *gum base* = 1.086,85 kg/batch $\rightarrow \rho = 920 \text{ kg/m}^3$ [25]

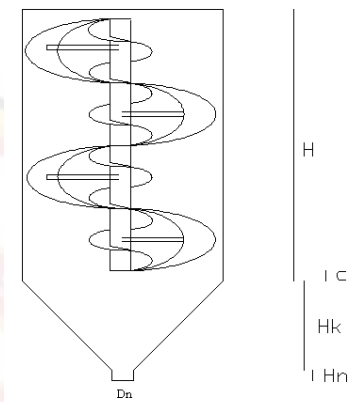
$$\text{Volume } \textit{gum base} = 1.086,85 \text{ kg} \times \frac{m^3}{920 \text{ kg}} \times \frac{ft^3}{0,028317 m^3} = 41,72 \text{ ft}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki (direncanakan tangki terisi 80\% liquid)} &= \frac{100}{80} \times 41,72 \text{ ft}^3 \\ &= 52,15 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

8.2. Dimensi *Shell* dan *konis*

Ditetapkan :

- Bahan konstruksi *gum melting machine* adalah *stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S) [26]
- *Allowable stress value* (f) dari SA-240 adalah $16700 \text{ lb/in}^2 \approx \text{Psia}$ [26]
- *Corrosion allowance* (c) adalah 3 mm [26]
- Las yang digunakan adalah *double welded butt joint* dengan efisiensi 0,8 [26]
- $\frac{H_{shell}}{D_{shell}} = \frac{1,5}{1}$ [27]
- sudut konis = 90° [26]
- $\alpha = 45^\circ$
- Diameter *nozzle* (D_n) = 10 inc $\approx 0,25 \text{ m}$ [26]



Gambar C.15. Dimensi Tangki *Gum Melting Machine* untuk *Bubble Gum* Rasa Coklat

Keterangan:

D_{shell} = diameter *shell*

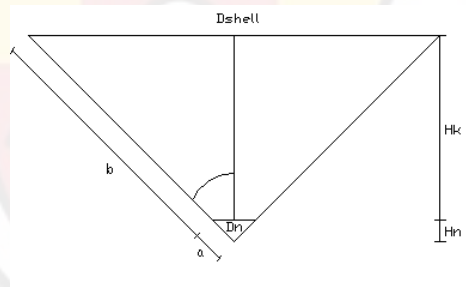
H = tinggi *shell*

H_k = tinggi konis

H_n = tinggi *nozzle*

H_{liq} = tinggi *liquid*

D_n = diameter *nozzle*



Gambar C.16. Dimensi Konis

$$H_n = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$H_k = \frac{D_{shell}}{2 \cdot \tan \alpha} - H_n \quad [26]$$

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

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

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

[26]

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

$$\text{Volume konis} = \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times H_k - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times H_n$$

[26]

$$= \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_{\text{shell}}^2 \times \frac{D_{\text{shell}}}{2 \tan 45} - \frac{1}{3} \times \frac{\pi}{4} \times D_n^2 \times \frac{D_n}{2 \tan 45}$$

$$= \frac{\pi}{24 \tan 45} (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)$$

$$= 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)$$

Volume tangki = volume *shell* + volume konis

$$52,15 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3)$$

$$52,15 \text{ ft}^3 = 1,1775 D_{\text{shell}}^3 + 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - 0,8333^3)$$

$$D_{\text{shell}} = 3,54 \text{ ft} \approx 1,08 \text{ m}$$

$$H_{\text{shell}} = 1,5 \times 3,54 \text{ ft}$$

$$= 5,31 \text{ ft} \approx 1,62 \text{ m}$$

$$H_{\text{konis}} = \frac{D_{\text{shell}} - D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{3,54 \text{ ft} - 0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

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

$$H_{\text{nozzle}} = \frac{D_n}{2 \cdot \tan \alpha} \quad [26]$$

$$= \frac{0,83 \text{ ft}}{2 \cdot \tan 45}$$

$$= 0,42 \text{ ft}$$

$$H_{\text{tangki total}} = H_{\text{shell}} + H_{\text{konis}}$$

[26]

$$= 5,31 \text{ ft} + 1,35 \text{ ft}$$

$$= 6,66 \text{ ft}$$

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

[26]

$$= 1,1775 \times (3,54 \text{ ft})^3$$

$$= 52,15 \text{ ft}^3$$

$$\text{Volume konis} = 0,1308 (D_{\text{shell}}^3 - D_n^3) \quad [26]$$

$$= 0,1308 \times ((3,54 \text{ ft})^3 - (0,83 \text{ ft})^3)$$

$$= 5,72 \text{ ft}^3$$

$$a = \sqrt{\left(\frac{D_n}{2}\right)^2 + Hn^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{0,25}{2}\right)^2 + 0,13^2}$$

$$= 0,18 \text{ m}$$

$$s = \sqrt{\left(\frac{D_{\text{shell}}}{2}\right)^2 + (Hk + Hn)^2}$$

[26]

$$= \sqrt{\left(\frac{1,08}{2}\right)^2 + (0,41 + 0,13)^2}$$

$$= 0,76 \text{ m}$$

$$b = s - a$$

[26]

$$= (0,76 - 0,18) \text{ m}$$

$$= 0,58 \text{ m}$$

H *liquid* dalam *shell* dicari dengan persamaan :

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

[26]

$$41,72 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times D_{shell}^2 \times H_{liquid} + \text{volume } konis$$

$$41,72 \text{ ft}^3 = \frac{\pi}{4} \times (3,54 \text{ ft})^2 \times H_{liquid} + 5,72 \text{ ft}^3$$

$$H_{liquid} = 3,66 \text{ ft}$$

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

[26]

$$= (3,66 + 1,35) \text{ ft}$$

$$= 5,02 \text{ ft}$$

8.2.1. Tebal *Shell* dan Konis

➤ *Shell*

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid dlm shell}}}{144} \right) \frac{lb}{in^2} \quad [26]$$

$$= \left(\frac{57,41 \times 3,66}{144} \right) = 1,46 \frac{lb}{in^2} \approx 1,46 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [27]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (1,46 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 16,70 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= 1,2 \times 16,70 \text{ psia}$$

$$= 20,04 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{20,04 \text{ psia} \times 3,54 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 20,04 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,15 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

➤ **Konis**

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{\rho_{\text{campuran}} \cdot H_{\text{liquid total}}}{144} \right) \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \quad [26]$$

$$P_{\text{internal}} = \left(\frac{57,41 \times 5,02}{144} \right) = 2,00 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \approx 2,00 \text{ psia}$$

$$P_{\text{udara luar}} = 1 \text{ atm} \approx 14,7 \text{ psia} \quad [27]$$

$$P_{\text{operasi}} = P_{\text{internal}} + P_{\text{udara luar}} \quad [26]$$

$$= (2,00 + 14,7) \text{ psia}$$

$$= 16,70 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= 1,2 \times 16,70 \text{ psia}$$

$$= 20,04 \text{ psia}$$

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

[26]

$$= \frac{20,04 \text{ psia} \times 3,54 \text{ ft} \times \frac{12 \text{ in}}{\text{ft}}}{2 \times \cos 45 ((16700 \text{ psia} \times 0,8) - (0,6 \times 20,04 \text{ psia}))} + \left(3 \text{ mm} \times \frac{\text{in}}{25,4 \text{ mm}} \right)$$

$$= 0,16 \text{ in} \approx 0,25 \text{ in}$$

8.3. Perhitungan Pengaduk

- Jenis pengaduk yang digunakan adalah *helical-ribbon*
- Pengaduk yang digunakan sebanyak 1 buah
- Kecepatan agitator (N) adalah 40 rpm
- Rasio geometri pengaduk : [35, 28]

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

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*

$$\frac{Da}{D_{\text{shell}}} = 0,95 \rightarrow Da = 0,95 \times 1,08 \text{ m}$$

$$Da = 1,02 \text{ m}$$

$$W = \frac{Da}{6} \quad \rightarrow W = \frac{1,08 \text{ m}}{6}$$

$$W = 0,17 \text{ m}$$

$$\frac{C}{D_{shell}} = 0,05 \quad \rightarrow C = 0,05 \times 1,08 \text{ m}$$

$$C = 0,05 \text{ m}$$

$$Di = \frac{Da}{3} \quad \rightarrow Di = \frac{1,02 \text{ m}}{3}$$

$$Di = 0,34 \text{ m}$$

Data *gum base* yang terdapat dalam *melting machine* adalah sebagai berikut:

$$\rho = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad [25]$$

$$\mu = 47 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}} \quad [25]$$

$$N_{Re} = \frac{Da^2 N \rho}{\mu} \quad [36]$$

$$N_{Re} = \frac{(1,02 \text{ m})^2 \times \left[\frac{40}{60} \right] \text{ rps} \times 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{47 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}} = 13,70$$

Harga N_p dapat dicari dari *figure 9.14* [38] dengan cara :

$N_{Re} = 13,70$ Vs *helical ribbon*, sehingga didapatkan nilai

$$N_p = 3$$

Power untuk pengaduk :

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \quad [36]$$

$$= 3 \times 920 \frac{kg}{m^3} \times \left(\frac{40}{60}\right)^3 \text{ rps} \times (1,08 \text{ m})^5$$

$$= 922,85 \text{ W}$$

Efisiensi motor = 80 %

$$\text{Power sesungguhnya} = \frac{100}{80} \times 922,85 \text{ W} = \mathbf{1.153,56 \text{ W}}$$

1,55 HP

8.4. Perhitungan Jacket Pemanas

Ditetapkan :

- *Steam* yang digunakan adalah *saturated steam* 4,5 bar dengan suhu 148°C.

[27]

- Nilai R_d ditetapkan 0,0005 [37]

- Tinggi jaket pemanas $\approx$ tinggi *liquid* dalam *shell*

- Jarak spasing = 0,25 m

- $\frac{\mu}{\mu_w} = 1 \text{ lb/ft.s}$ [38]

Data *gum base* yang terdapat dalam *melting machine* adalah sebagai berikut:

$$C_p = 5,90 \text{ kJ/kg.K} \approx 24,69 \text{ btu/lb.}^\circ\text{F} \quad [25]$$

$$k = 1,08 \text{ btu/h.ft}^2\text{.}^\circ\text{F} \quad [25]$$

Properties *gum base* menggunakan pengaduk:

$$Re_j = \frac{L^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \quad [38]$$

dimana: L^2 = diameter impeler (ft)

N = kecepatan pengadukan (rph)

ρ = massa jenis bahan (lb/ft³)

μ = viskositas bahan (lb/ft.s)

$$Re_j = \frac{0.34 \text{ ft}^2 \cdot 40 \text{ rpm} \cdot 60 \text{ menit} \cdot 57.4 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}}{31.58 \frac{\text{lb}}{\text{ft.s}}} \quad [38]$$

$$= 508,74$$

Harga j dapat dicari dari *figure 20.2* [38] dengan cara :

Re j = 508,74 Vs jaket, sehingga didapatkan nilai j = 24

$$hi = j \frac{k}{Di} \left(\frac{cp}{\mu \cdot k} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} \quad [38]$$

dimana: j = diperoleh dari *figure 20.2*

k = koefisien perpindahan panas
(btu/h.ft².°F)

Di = D shell (ft)

cp = kapasitas panas (btu/lb.°F)

μ = viskositas (btu/ft.s)

$$\left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14} = (1)^{0.14} = 1$$

[38]

$$\left(\frac{Cp}{\mu k}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{24,69 \frac{\text{btu}}{\text{lb.F}}}{31,58 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} 1,08 \frac{\text{btu}}{\text{h.ft}^2.F}}\right)^{\frac{1}{4}} = 8,97$$

[38]

$$hi = 24 \frac{1,08 \frac{\text{btu}}{\text{h.ft}^2.F}}{3,54 \text{ ft}} \left(\frac{24,69 \frac{\text{btu}}{\text{lb.F}}}{31,58 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} 1,08 \frac{\text{btu}}{\text{h.ft}^2.F}}\right)^{\frac{1}{4}} (1)^{0,14} \quad [38]$$

$$= 65,68 \text{ btu/h.ft}^2.\text{°F}$$

$$h_{oi(\text{steam})} = 1500 \text{ btu/jam.ft}^2.\text{°F} \quad [38]$$

$$Uc = \frac{h \times hoi}{h + hoi} \quad [38]$$

$$= \frac{65,18 \times 1500}{65,18 + 1500}$$

$$= 62,93 \frac{\text{btu}}{\text{jam.ft}^2.\text{°F}}$$

$$Rd = 0,0005 \quad [37]$$

$$hd = \frac{1}{Rd} \quad [38]$$

$$= \frac{1}{0,0005}$$

$$= 2000$$

$$Ud = \frac{Uc \times hd}{Uc + hd} \quad [38]$$

$$= \frac{62,93 \times 2000}{62,93 + 2000}$$

$$= 61,01 \frac{btu}{jam. ft^2. ^\circ F}$$

$$Q = U d. A. \Delta t \quad [38]$$

dimana: Q = panas yang dibutuhkan bahan (btu)

$$U d = \frac{btu}{hr. ft^2. ^\circ F}$$

A = luas permukaan *shell* (ft)

Δt = perbedaan suhu ($^\circ F$)

$$Q = 379.969,84 \text{ KJ}/batch \approx 360.140,50 \text{ btu}/batch$$

[App.B]

$$360.140,50 \text{ btu}/batch = 61,01 \frac{btu}{hr. ft^2. ^\circ F} A. (194-86)^\circ F$$

$$A = 54,66 \text{ ft}^2$$

$$\text{Massa steam} = 179,19 \text{ kg}/batch \approx 395,05 \text{ lb}/batch$$

[App.B]

$$\text{Rho steam (1 bar)} = 0,53 \text{ kg/m}^3 \quad [28]$$

$$\text{Rho steam (4,5 bar)} = \frac{4,5 \text{ bar}}{1,01325 \text{ bar}} \times 0,53$$

$$= 2,35 \text{ kg/m}^3 \approx 0,15 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Volume steam} = \frac{\text{Massa steam}}{\rho \text{ steam}}$$

$$= \frac{395,05 \text{ lb}/batch}{0,15 \text{ lb/ft}^3}$$

$$= 2688,42 \text{ ft}^3/batch$$

$$\text{Laju volumetrik steam} = \frac{2688,42 \text{ ft}^3/batch}{60 \text{ menit}/batch}$$

$$= 134,42 \text{ ft}^3/\text{batch}$$

$$\text{Jaket spacing} = 0,02 \text{ m} \approx 0,07 \text{ ft}$$

$$D \text{ jaket} = OD \text{ shell} + 2 \cdot \text{Jaket spacing}$$

$$= (3,58 + 2 \cdot 0,07) \text{ ft}$$

$$= 3,71 \text{ ft}$$

$$A \text{ jaket} = \pi \cdot (D \text{ jaket} - OD \text{ shell}) \cdot \text{tinggi liquid dalam shell}$$

$$= \pi \cdot (3,71 - 3,58) \text{ ft} \cdot 3,66 \text{ ft}$$

$$= 1,51 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan linear stem dalam jaket} = \frac{\text{Laju volumetrik steam}}{A \text{ jaket}}$$

$$= \frac{134,42 \text{ ft}^3/\text{menit}}{1,51 \text{ ft}^2}$$

$$= 89,03 \text{ ft/menit}$$

SPESIFIKASI:

- Nama = *Gum melting machine* untuk *bubble gum* rasa coklat
- Fungsi = Untuk menurunkan viskositas *gum base* untuk *bubble gum* rasa kopi untuk melelehkan *gum base* rasa coklat
- Bahan konstruksi = *Stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Kapasitas = 1.086,85 kg/batch
- Diameter = 3,54 ft
- Tinggi *shell* = 5,31 ft
- Tinggi konis = 1,35 ft
- Tinggi tangki total = 6,66 ft
- Tebal *shell* = 0,25 in

- Tebal *bottom* = 0,25 in
- Pengaduk = Jenis : *Helical-Ribbon*
 - Diameter : 1,12 ft
 - Power : 1,55 HP
 - Jumlah pengaduk : 1 buah
- Jaket pemanas = Luas permukaan : 1,51 ft²
 - Tinggi jaket pemanas : 3,66 ft
 - Jaket *spacing* : 0,07 ft
- Jumlah tangki = 1 buah

9. Pompa Kopi (L-118)

Fungsi = Untuk memompa *gum base* dari *gum melting machine* menuju ke *mixing and melting machine* untuk *bubble gum* rasa kopi

Tipe = *Rotary Pump*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa pasta dengan viskositas tinggi [31]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [32]

- Efisiensi motor = 80% [33]

T operasi = 90 °C

Massa bahan yang ditangani = 362,28 kg/*batch*

Waktu yang diinginkan = 10 menit

$$\text{Laju alir media} = \frac{362,28 \text{ kg / batch}}{600 \text{ s / batch}} = 0,60 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}} \quad [28]$$

$$= \frac{0,60 \text{ kg / s}}{920 \text{ kg / m}^3} = 6,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{ID opt} &= \left(\frac{\text{Laju alir media}}{\rho_{\text{gum base}}} \right)^{0,5} \quad [34] \\ &= \left(\frac{0,6 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right)^{0,5} = 0,03 \text{ m} \approx 25,62 \text{ mm} \end{aligned}$$

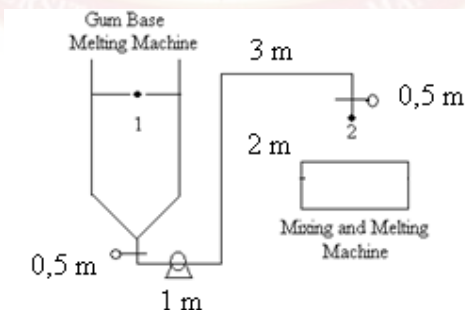
Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 1 in sch 40, dengan :

- ID = 26,64 mm
- OD = 33,40 mm
- A = $5,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$$V \text{ di pipa} = \frac{Q}{A} = \frac{6,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{5,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,18 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,03 \text{ m} \cdot 1,18 \text{ m/s} \cdot 920 \text{ kg/m}^3}{200 \text{ kg/m.s}} = 0,61 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 0,5$



Gambar C.17. Pompa Gum Base dari Gum Melting Machine Menuju Mixing and Melting Machine untuk Bubble Gum Rasa Kopi

Energi Balance

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

Perhitungan $\sum F$

2. Sudden contaction

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,18 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5} = 0,76 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (0,5 + 1 + 2 + 32 + 0,5) = 7 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{Re}} = 26,04 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 26,04 \times \frac{7 \text{ m}}{0,03 \text{ m}} \times \frac{(1,18 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5} = 37.999,01 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

6. Friksi untuk 4 elbow 90°

$$h_f = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$h_f = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,18 \text{ m/s})^2}{2} = 0,52 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 4 *elbow* 90°

$$hf = 4 \times 0,52 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 2,08 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

7. Friksi untuk 2 *gate valve*

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,18 \text{ m/s})^2}{2} = 0,12 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *gate valve* 90°

$$hf = 2 \times 0,12 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0,24 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,76 + 37.999,01 + 2,08 + 0,24) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 38.002,09 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Energi *Balance*

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

$$V_2 = 1,18 \text{ m/s}$$

$V_1 = 0$ (karena terlalu kecil jika dibanding dengan V_2)

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$Z_1 = 1,86 \text{ m}$ (tinggi *liquid* dalam *gum melting machine* kopi)

$Z_2 = 0,88 \text{ m}$ (asumsi : tinggi *liquid* dalam *mixing and melting*)

$\alpha = 0,5$ (laminar)

$$\frac{1}{2 \times 0,5} \left(\left(1,18 \frac{m}{s} \right)^2 - \left(0 \frac{m}{s} \right)^2 \right) + 9,8 \frac{m}{s^2} (1,86m - 0,88m) +$$

$$\frac{101,32 \frac{kg}{m.s^2} - 10132 \frac{kg}{m.s^2}}{920 \frac{kg}{m^3}} + 38.002,09 \frac{m^2}{s^2} + W_s = 0$$

$$W_s = - 38.009,79 \frac{m^2}{s^2} = - 38.009,79 \text{ J/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000} \\ &= \frac{38.009,79 \frac{J}{kg} \times 6,56.10^{-4} \frac{m^3}{s} \times 920 \frac{kg}{m^3}}{0,65 \times 1.000} \\ &= 35,31 \text{ J/s} \approx 0,05 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{35,31}{0,8} = 44,14 \text{ J/s} = 0,06 \text{ HP}$$

SPESIFIKASI :

Nama : Pompa

Fungsi : Untuk memompa *gum base* dari *gum melting machine*

menuju ke *mixing and melting machine* untuk *bubble gum*

rasa kopi

Tipe : *Rotary pump*

Laju aliran pompa : $6,56.10^{-4} \frac{m^3}{s}$

Ukuran pipa : 1 in. sch.40

Panjang pipa total : 7 m

Fitting : 4 buah *elbow* 90°

2 buah *gate valve*

ΔP : 0 kPa

Power motor : 0,06 HP

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 buah

10. Pompa Coklat (L-118)

Fungsi = Memompa *gum base* dari *gum melting machine* untuk
bubble gum rasa coklat menuju ke *mixing and melting machine* 1 dan 2

Tipe = *Rotary pump*

Dasar Pemilihan = Efisiensi tinggi, cocok untuk mengalirkan fluida berupa
pasta dengan viskositas tinggi [31]

Perhitungan :

Ditetapkan : - Efisiensi pompa = 65% [32]

- Efisiensi motor = 80% [33]

T operasi = 90 °C

Massa bahan yang ditangani = 1086,85 kg/*batch*

Waktu yang diinginkan = 10 menit

Laju alir media = $\frac{1086,85 \text{ kg}}{600 \text{ det ik}} = 1,81 \text{ kg/s}$

Debit = $\frac{\text{laju alir media}}{\rho_{\text{slurry}}}$ [28]

$$= \frac{1,81 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{\text{Laju alir media}}{\rho \text{ gum base}} \right)^{0,5} \quad [34]$$

$$= \left(\frac{1,81 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,04 \text{ m} = 44,37 \text{ mm}$$

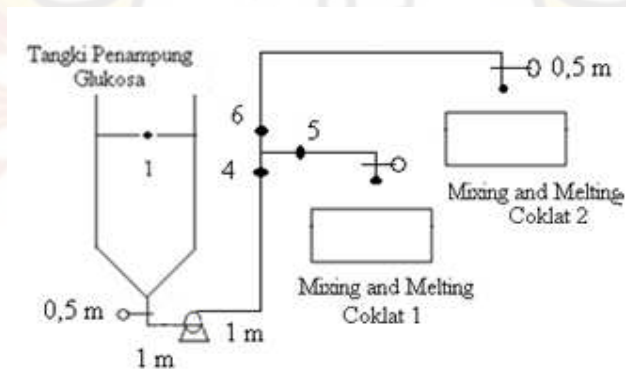
Berdasarkan standar ukuran pipa (28, App.5), maka pipa yang digunakan adalah 2 in sch. 80, dengan :

- ID = 49,25 mm
- OD = 60,33 mm
- A = $1,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$

$$V_4 = \frac{Q}{A} = \frac{1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{1,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 1,03 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,05 \text{ m} \times 1,03 \text{ m/s} \times 920 \text{ kg/m}^3}{47 \text{ kg/m.s}} = 1,00 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Aliran laminar $\rightarrow \alpha = 0,5$



Gambar C.18. Pompa Gum Base dari Gum Melting Machine Menuju ke Mixing and Melting Machine untuk Bubble Gum Rasa Coklat 1 dan 2

Energi Balance

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2 - V_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \sum F_{14} - W_s = \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2 - V_5^2}{2\alpha} + gZ_2 + \sum F_{52} = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2 - V_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \sum F_{63}$$

Aliran terbagi menjadi dua, yaitu:

1. *Gum base* menuju ke *mixing and melting machine* untuk *bubble gum* rasa coklat 1

$$\text{Massa} = 543,42 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{543,42 \text{ kg /batch}}{600 \text{ s / batch}} = 0,91 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,91 \text{ kg / s}}{920 \text{ kg / m}^3} = 9,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,91 \text{ kg / s}}{920 \text{ kg / m}^3} \right)^{0,5} = 0,03 \text{ m} \approx 31,38 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah 1¼ in sch. 80, dengan:

- ID = 32,46 mm
- OD = 42,16 mm
- A = 8,28 · 10⁻⁴ m²

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{9,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{8,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,19 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,03 \text{ m} \cdot 1,19 \text{ m / s} \cdot 920 \text{ kg / m}^3}{47 \text{ kg / m.s}} = 0,76 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

2. *Gum base* menuju ke *mixing and melting machine* untuk *bubble gum* rasa coklat 2

$$\text{Massa} = 543,42 \text{ kg/batch}$$

$$\text{Laju alir media} = \frac{543,42 \text{ kg /batch}}{600 \text{ s / batch}} = 0,91 \text{ kg/s}$$

$$\text{Debit} = \frac{0,91 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} = 9,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad [28]$$

$$\text{ID opt} = \left(\frac{0,91 \text{ kg/s}}{920 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,5} = 0,03 \text{ m} \approx 31,38 \text{ mm} \quad [34]$$

Berdasarkan standar ukuran pipa (25, App. 5) maka pipa yang digunakan adalah 1¼ in sch. 80, dengan:

- ID = 32,46 mm
- OD = 42,16 mm
- A = 8,28.10⁻⁴ m²

$$V_2 = \frac{Q}{A} = \frac{9,84 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{8,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 1,19 \text{ m/s} \quad [28]$$

$$N_{\text{Re}} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,03 \text{ m} \cdot 1,19 \text{ m/s} \cdot 920 \text{ kg/m}^3}{47 \text{ kg/m.s}} = 0,76 \text{ (laminar)} \quad [28]$$

Perhitungan $\sum F_{(1-4)}$

1. Sudden contraction

$$A_2 \ll A_1 = 0$$

$$h_c = 0,55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \quad [28]$$

$$= 0,55 \times (1-0) \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2 \times 0,5}$$

$$= 0,59 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi pada pipa lurus

$$\Delta L = (0,5 + 1 + 1 + 1,5) = 4 \text{ m}$$

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 16,06 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2\alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 16,06 \times \frac{4 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5}$$

$$= 5.572,78 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 2 *elbow* 90°

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2} = 0,40 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *elbow* 90°

$$hf = 2 \times 0,40 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0,80 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

4. Friksi untuk 1 *gate valve*

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2} = 0,09 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

5. Friksi untuk 1 *tee*

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \rightarrow K_f = 1,0 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = K_f \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 1,0 \times \frac{(1,03 \text{ m/s})^2}{2} = 0,53 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,59 + 5.572,78 + 0,80 + 0,09 + 0,53) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 5.574,79 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan $\Sigma F_{(6-3)}$

1. Friksi pada pipa lurus

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

$$f = \frac{16}{N_{\text{Re}}} = 21,17 \quad [28]$$

$$F_f = 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2 \cdot \alpha} \quad [28]$$

$$= 4 \times 21,17 \times \frac{10,5 \text{ m}}{0,03 \text{ m}} \times \frac{(1,19 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 0,5}$$

$$= 38.762,64 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

2. Friksi untuk 2 *elbow* 90°

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,75 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,75 \times \frac{(1,19 \text{ m/s})^2}{2} = 0,53 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

Digunakan 2 *elbow* 90°

$$hf = 2 \times 0,53 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1,06 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

3. Friksi untuk 1 *gate valve*

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \rightarrow Kf = 0,17 \text{ (konstanta)} \quad [28]$$

$$hf = Kf \times \frac{v^2}{2} \quad [28]$$

$$= 0,17 \times \frac{(1,19 \text{ m/s})^2}{2} = 0,12 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Friksi Total } (\Sigma F) &= (0,13 + 38.762,64 + 1,06 + 0,12) \text{ m}^2/\text{s}^2 \\ &= 5,574,79 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Energi *Balance*

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2 - v_4^2}{2\alpha} + gZ_1 - \Sigma F_{14} - Ws = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_3^2}{2\alpha} + gZ_2 + \Sigma F_{23} = \frac{P_3}{\rho} + \frac{v_3^2 - v_6^2}{2\alpha} + gZ_3 + \Sigma F_{63}$$

$$P_1 = P_2 = 101,325 \text{ kg/m.s}$$

$$\rho = 1540 \text{ kg/m}^3$$

$$V_4 = 1,03 \text{ m/s}$$

$$Z_1 = 2,51 \text{ m}$$

$$Z_3 = 0,88 \text{ m}$$

$$V_2 = V_3 = \text{laju alir pada titik 3} = \text{laju alir pada titik 2} = 1,19 \text{ m/s}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ (laminar)}$$

$$\begin{aligned} \frac{101,325 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \frac{(0^2 - 1,03^2) \text{ m/s}}{2 \cdot 0,5} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 2,51 \text{ m} - 5,574,79 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} - Ws &= \frac{101,325 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}^2}}{1540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} + \\ &\frac{(1,19^2 - 1,19^2) \text{ m/s}}{2 \cdot 0,5} + 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} 0,88 \text{ m} + 38.763,96 \text{ m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

$$Ws = - 44.328,56 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = - 44.328,56 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \frac{-w_s \times m}{\eta \times 1.000} \approx \frac{-w_s \times Q \times \rho}{\eta \times 1.000} \\ &= \frac{44.328,56 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 1,97 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{0,65 \times 1.000} \\ &= 123,53 \text{ J/s} \approx 0,17 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\text{Power aktual} = \frac{123,53}{0,8} = 154,42 \text{ J/s} = 0,21 \text{ HP}$$

SPESIFIKASI:

Nama : Pompa

Fungsi : Untuk memompa *gum base* dari *gum melting machine*

bubble gum rasa coklat menuju ke *mixing and melting machine 1 dan 2*

Tipe : *Rotary pump*

Laju aliran pompa : $1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Ukuran pipa : 2 in sch.80

1 ¼ in sch. 80

Panjang pipa total : 14,5 m

Fitting : 4 buah *elbow 90°*

2 buah *gate valve*

1 buah *tee*

ΔP : 0 kPa

Power motor : 0,21 HP

Bahan konstruksi : *Carbon steel*

Jumlah : 1 buah

11. *Mixing and Melting Machine (M-110)*

SPESIFIKASI:

- Nama : *Melting and Mixing Machine (SH-600A)*
- Fungsi : Untuk mencampur dan menurunkan viskositas *gum base* dengan material lainnya
- Bahan konstruksi : *Stainless steel*
- Kapasitas : 3000 kg/25 menit
- Berat alat : 2000 kg
- Daya : 25 HP
- Tinggi alat : 1100 mm
- Lebar alat : 2130 mm
- Panjang alat : 1860 mm
- Jumlah : 3 buah

12. *Belt conveyor (L-101)*

SPESIFIKASI:

- Nama : *Belt conveyor*
- Fungsi : Untuk mentransportasikan material
 - a. Dari *Mixing and Melting Machine* menuju ke *Cabinet*
 - b. Dari *Cabinet* menuju ke *Gum Extruding and Forming Machine*
 - c. Dari *Gum Extruding and Forming Machine* menuju ke Rak Pendingin

- d. Dari Rak Pendingin ke *Selective Machine*
- e. Dari *Selective Machine* menuju ke *Coating Machine*
- f. Dari *Coating Machine* menuju ke *Packaging*

- Kapasitas : 32 ton/jam
- Luas area : 0,11 ft²
- Panjang *belt* : 3 m
- Lebar *belt* : 14 in
- Kecepatan *belt* : 200 ft/menit (normal)
: 300 ft/menit (maximum)
- Daya : 0,45 HP
- Jumlah : 18 buah

13. **Cooling Cabinet (E-120)**

SPESIFIKASI:

- Nama : *Cooling Cabinet*
- Fungsi : Untuk menurunkan suhu *bubble gum*
- Bahan konstruksi : *Stainless steel*
- Kapasitas : 500 kg/jam
- Daya : 1,5 HP
- Tinggi alat : 3 m
- Lebar alat : 2,4 m
- Panjang alat : 3 m
- Jumlah : 14 buah

14. *Gum Extruding and Forming Machine (J-130)*

SPESIFIKASI:

- Nama : *Gum Extruding and Forming Machine (SH-609)*
- Fungsi : Untuk membentuk *bubble gum* sekaligus melakukan pencampuran lanjutan
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
- Terdapat 5 roller dan 5 former
- Kapasitas : 2500 kg/60 menit
- Berat : 2000 kg
- Daya : 15 HP
- Tinggi : 1350 mm
- Lebar : 1020 mm
- Panjang alat : 6250 mm
- Jumlah : 3 buah

15. Rak Pendingin (F-231)

15.1. *Bubble Gum Rasa Kopi*

Kapasitas *Bubble Gum* rasa kopi yang akan diletakkan pada rak pendingin adalah:

$$\text{Kapasitas} = 1.722,09 \text{ kg/batch}$$

Menentukan ρ campuran:

Komponen	Massa (kg/batch)	Fraksi Massa	ρ (kg/m ³)	Fraksi Massa . ρ (kg/m ³)
Gum Base	373,49	0,217	920,00	199,53
Sukrosa	1245,52	0,723	1073,00	776,06
Kopi	23,28	0,014	1167,89	15,79
Lesitin	9,76	0,006	1030,00	5,84
Aspartam	2,25	0,001	1650,00	2,16
Gliserin	58,40	0,034	1261,00	42,76
Acesulfame	9,39	0,005	1810,00	9,87
ρ campuran =				1.052,01

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bubble gum} &= \text{Massa} \cdot \rho \text{ campuran} \\
 &= 1722,09 \text{ kg/hari} \cdot 1052,01 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,64 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Tebal bubble gum dari Gum Extruding and Forming Machine diasumsi =

0,05 m

$$\text{Luas Penampang} = \frac{\text{Volume}}{\text{Tebal}} = \frac{1,64 \text{ m}^3}{0,05 \text{ m}} = 32,74 \text{ m}^2$$

Ditentukan: Lebar rak = 1,2 m (0,2 m adalah ruang kosong)

Panjang rak = 10 m

Jarak antara rak satu dengan rak yang lain = 0,30 m

Tinggi rak = 3 m

Banyak rak kecil dalam 1 set rak besar = 10 rak

Tinggi rak dengan kaki = 3,6 m

$$\text{Panjang total rak yang dibutuhkan} = \frac{\text{Luas penampang}}{\text{Lebar rak}} = \frac{32,74 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} =$$

65,48 m untuk mencukupi kebutuhan maka panjang rak yang dibutuhkan dibuat menjadi 40 m.

$$\begin{aligned} \text{Banyak rak kecil} &= \frac{\text{Panjang total rak yang dibutuhkan}}{\text{panjang rak}} \\ &= \frac{40 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 4 \text{ rak} \end{aligned}$$

15.2. Bubble Gum Rasa Coklat

Kapasitas Bubble Gum rasa coklat yang akan diletakkan pada rak pendingin adalah:

Kapasitas = 5166,28 kg/batch

Menentukan ρ campuran:

Tabel C.1. Massa Jenis Campuran Bubble Gum

Komponen	Massa (kg/batch)	Fraksi Massa	ρ (kg/m ³)	Fraksi Massa . ρ (kg/m ³)
Gum	1120,46	0,217	920,0	199,53

Base			0	
Sukrosa	3736,56	0,723	1073,00	776,06
Coklat	69,85	0,014	1165,71	15,76
Lesitin	29,29	0,006	1030,00	5,84
Aspartam	6,76	0,001	1650,00	2,16
Gliserin	175,20	0,034	1261,00	42,76
Acesulfame	28,17	0,005	1810,00	9,87
ρ campuran =				1.051,98

Volume bubble gum = Massa . ρ campuran

$$= 5166,28 \text{ kg/hari} \cdot 1051,98 \text{ kg/m}^3$$

$$= 4,91 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tebal bubble gum dari Gum Extruding and Forming Machine diasumsi = 0,05 m

$$\text{Luas Penampang} = \frac{\text{Volume}}{\text{Tebal}} = \frac{4,91 \text{ m}^3}{0,05 \text{ m}} = 98,22 \text{ m}^2$$

$$\text{Panjang total rak yang dibutuhkan} = \frac{\text{Luas penampang}}{\text{Lebar rak}} = \frac{98,22 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} =$$

98,22 m, untuk mencukupi kebutuhan maka panjang rak yang dibutuhkan dibuat menjadi 110 m.

$$\begin{aligned} \text{Banyak rak kecil yang diinginkan} &= \frac{\text{Panjang total rak yang dibutuhkan}}{\text{panjang rak}} \\ &= \frac{110 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 11 \text{ rak} \end{aligned}$$

SPESIFIKASI:

- Nama : Rak Pendingin
- Fungsi : Untuk menampung *bubble gum* rasa coklat sebelum proses pemilihan
- Bahan konstruksi : *Stainless steel* tipe 304 (SA-240 grade S)
- Tinggi rak : 3,6 m
- Lebar rak : 1,2 m
- Panjang rak : 10 m
- Jarak antara rak satu dengan rak yang lain : 0,30 m
- Banyak rak kecil dalam 1 set rak besar : 10 rak
- Jumlah : 2 set

16. *Selective Machine (A-240)*

SPESIFIKASI:

- Nama : *Selective Machine*
- Fungsi : Untuk memilih antara produk gagal dan produk berhasil
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
- Kapasitas : 18000 biji/15 menit
- Daya : 3 HP
- Tinggi : 1670 mm

- Lebar : 640 mm
- Panjang : 1810 mm
- Jumlah : 3 buah
-

17. Coating Machine (A-250)

SPESIFIKASI:

- Nama : *Coating Machine (SH-608)*
- Fungsi : Untuk melapisi *bubble gum* dengan glukosa
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
- Kapasitas : 16000 biji/15 menit
- Berat mesin : 150 kg
- Daya : 3 HP
- Panjang : 1750 mm
- Tinggi : 1530 mm
- Jumlah : 3 buah

18. Packaging Machine (A-260)

SPESIFIKASI :

- Nama : *Packaging Machine*
- Fungsi : Untuk membungkus *bubble gum*
- Tipe : SE-110
- Panjang : 3,85 m
- Lebar : 1,55 m
- Tinggi : 1,5 m
- Bahan : *Stainless stell*

- Produk yang dihasilkan oleh mesin pertama:

Kapasitas : 600 bungkus/menit

Tebal : 0,3 cm

Panjang : 9 cm

Lebar : 3 cm

- Produk yang dihasilkan oleh mesin kedua:

Kapasitas : 60 bungkus/menit

Tebal : 25 cm

Panjang : 4 cm

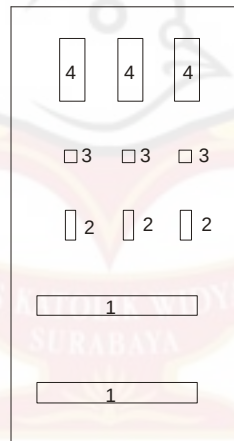
Lebar : 3,5 cm

- Jumlah : 3 buah

- Daya : 7,5 HP

19.

Ruang Pendingin (F-113)



Gambar C. 19. Gambar Ruang Pendingin dengan skala 1:300

Di dalam ruang pendingin terdapat:

1. Rak Pendingin

Total rak pendingin yang terdapat dalam ruang pendingin adalah 2 set rak pendingin, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tinggi rak : 3,6 m

Panjang rak : 10 m

Lebar rak : 1,2 m

2. *Selective Machine* (3 alat)

Dimensi

Panjang : 1,81 m

Lebar : 0,64 m

Tinggi : 1,67 m

3. *Coating Machine* (3 alat)

Dimensi:

Panjang : 750 mm

Tinggi : 1530 mm

4. *Packaging Machine* (3 alat)

Dimensi:

Panjang : 3,85 m

Lebar : 1,55 m

Tinggi : 1,5 m

5. Terdapat *belt conveyor* sepanjang 3 m sebagai alat penghubung dari semua alat yang ada di ruang pendingin.

SPESIFIKASI:

- Nama : Ruang Pendingin
- Bahan konstruksi : ruang dengan konstruksi beton
- Tinggi ruang : 5 m
- Lebar ruang : 15 m
- Panjang ruang : 27 m

20. Air Conditioner (E-201)

Fungsi: Mendinginkan ruang pendingin.

Kapasitas pendingin AC diukur dalam satuan satuan BTU per jam atau yang biasa disebut dengan *tonnage*. 1 *tonnage* setara dengan 12.000 BTU/jam.

Berdasarkan ukuran tersebut, perhitungkan beberapa faktor berikut yang mempengaruhi besarnya kapasitas yang dibutuhkan:

- Luas Ruang Pendingin

Panjang ruang pendingin = 27 m

Lebar ruang pendingin = 15 m

Luas ruang pendingin = 27 m x 15 m = 405 m²

Dari luas ruangan tersebut, hitung kebutuhan *tonnage* minimal, yaitu dengan membagi luas ruangan dengan 55.

$$\text{Tonnage Minimal} = \frac{405 \text{ m}^2}{55} = 7,36$$

- Pekerja = 0,5 *tonnage*
- Peralatan Listrik

Dari Neraca Panas didapatkan:

Q pendingin yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu Bubble Gum =
905651,35 kJ,

Dengan waktu pendinginan selama 24 jam (86400 s), maka:

$$\text{Daya pendingin} = \frac{905651,35 \text{ kJ}}{86400 \text{ s}} = 10,48 \text{ kJ/s} = 10,48 \text{ kW} = 10480 \text{ W}$$

Peralatan listrik yang terdapat di dalam ruang pendingin:

Alat	Daya (HP)	Daya (Watt)	Banyak Alat	Daya (Watt)
Selective Machine	3	2.237,1	3	6.711,3
Coating Machine	3	2.237,1	3	6.711,3
Packaging Machine	7,5	5.592,75	3	16.778,25
Daya Pendingin Bubble Gum		10.480	1	10.480
Total				40.680,85

Untuk setiap 1500 watt listrik yang digunakan, tambahkan 0,5 tonnage.

$$\text{Tonnage} = \frac{40680,85 \text{ Watt}}{1500 \text{ Watt}} = 13,56$$

$$\text{Jumlah tonnage} = 7,36 + 0,5 + 13,56 = 21,42$$

1 tonnage setara dengan 12.000 BTU/jam, maka dibutuhkan kapasitas =

$$21,42 \times 12.000 \text{ BTU/jam} = 257.087 \text{ BTU/jam}$$

Air Conditioner yang dipakai memiliki cooling capacity = 9000 BTU/jam, maka dibutuhkan AC sebanyak:

$$\text{Jumlah AC} = \frac{257.087 \text{ BTU/jam}}{9000 \text{ BTU/jam}} = 29 \text{ buah}$$

SPESIFIKASI :

- Nama : Air Conditioner (AC)
- Fungsi : Untuk menurunkan suhu ruang
- Kapasitas : 1 PK

- Cooling Capacity : 9000 BTU/jam
- Daya : 960 W
- Merek : *ChangHong*
- Panjang : 80 cm
- Lebar : 20 cm
- Tinggi : 40 cm
- Jumlah : 29 buah

21. **Warehouse Produk (F-161)**

Produk yang mampu ditampung oleh *warehouse* adalah 7 hari, dengan cadangan didesain untuk 10 hari. Produk tersebut meliputi *bubble gum* rasa kopi dan *bubble gum* rasa coklat.

Ditetapkan :

- *Bubble gum* dalam kemasan = 6 gram
- Volume = massa x ρ
 $= 6 \cdot 10^{-3} \times 1052,01 \text{ kg/m}^3$
 $= 6,31 \text{ m}^3$
- Tinggi = 3 mm = $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Panjang = 2 x lebar
- Dari hasil perhitungan diperoleh : Panjang = $7,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
Lebar = $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
- 1 paket berisi 10 lembar

- 1 kardus berisi 120 paket
- Max susunan kardus dalam gudang 20 kardus
- Ukuran kardus : Panjang = 0,35 m

Lebar = 0,24 m

Tinggi = 0,2 m

Volume = $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$

- Tinggi warehouse = 5 m

A. *Bubble gum* rasa kopi

Produk *bubble gum* rasa kopi/ hari = 1.821,43 kg

Produk *bubble gum* rasa kopi dalam 10 hari = $10 \times 1.821,43$

= 18.214.3 kg

= 18.214.300 gram

Banyak lembaran =

$$\frac{\text{berat produk bubble gum rasa kopi untuk 14 hari}}{\text{berat per satuan bubble gum}}$$

$$= \frac{182.143.000 \text{ gr}}{6 \text{ gr}} = 3.035.717 \text{ lembar}$$

$$\text{Banyak paket} = \frac{3.035.717 \text{ lembar}}{10} = 303.572 \text{ paket}$$

$$\text{Banyak kardus} = \frac{303.572}{120} = 2.530 \text{ kardus}$$

B. *Bubble gum* rasa coklat

Produk *bubble gum* rasa coklat/ hari = 5.464,29 kg

Produk *bubble gum* rasa coklat dalam 10 hari = $10 \times 5.464,29$

= 54.642,9 kg

= 54.642.900 gram

Banyak lembaran =

$$\frac{\text{berat produk bubble gum rasa kopi untuk 14 hari}}{\text{berat per satuan bubble gum}}$$

$$= \frac{54.642.900 \text{ gr}}{6 \text{ gr}} = 9.107.150 \text{ lembar}$$

$$\text{Banyak paket} = \frac{9.107.150 \text{ lembar}}{10} = 910.715 \text{ paket}$$

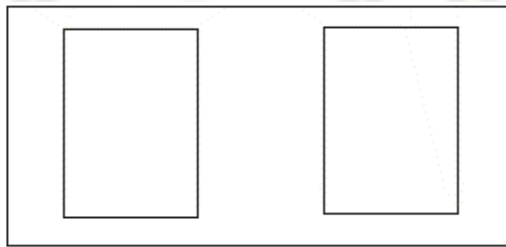
$$\text{Banyak kardus} = \frac{910.715}{120} = 7.589 \text{ kardus}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak kardus dalam gudang} &= 2.530 + 7.589 \\ &= 10.119 \text{ kardus} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang jumlah kardus dalam 1 barisan} = 20 \text{ kardus} \times 0,35 \text{ m} = 7 \text{ m}$$

(Susunan kardus ke atas sebanyak 20 kardus, maka dalam 1 barisan ke samping terdapat 280 kardus).

$$\text{Lebar} = \frac{10.119 \text{ kardus}}{280 \text{ kardus}} \times 0,24 \text{ m} = 9 \text{ m}$$



Gambar C.20. Tata Letak Warehouse Produk dengan Skala (1:2000)

SPESIFIKASI :

- Nama : Warehouse Produk
- Fungsi : Untuk menyimpan produk selama 10 hari
- Kapasitas : 459,27 ton

- Tipe : Gedung dengan konstruksi beton
- Panjang : 17 m
- Lebar : 9 m
- Tinggi : 5 m
- Jumlah : 1 buah

22. *Crusher* Sukrosa (C-111)

SPESIFIKASI:

- Nama : *Universal High Speed Crushing Machine (SH-614)*
- Fungsi : Untuk menghancurkan gula hingga ukuran 200 mesh
- Bahan konstruksi : *Stainless Steel*
- Kapasitas : 200 kg/10 menit
- Berat mesin : 400 kg
- Daya : 5 HP
- Tinggi alat : 1720 mm
- Lebar alat : 950 mm
- Panjang alat : 100 mm
- Jumlah : 1 buah

APPENDIX D

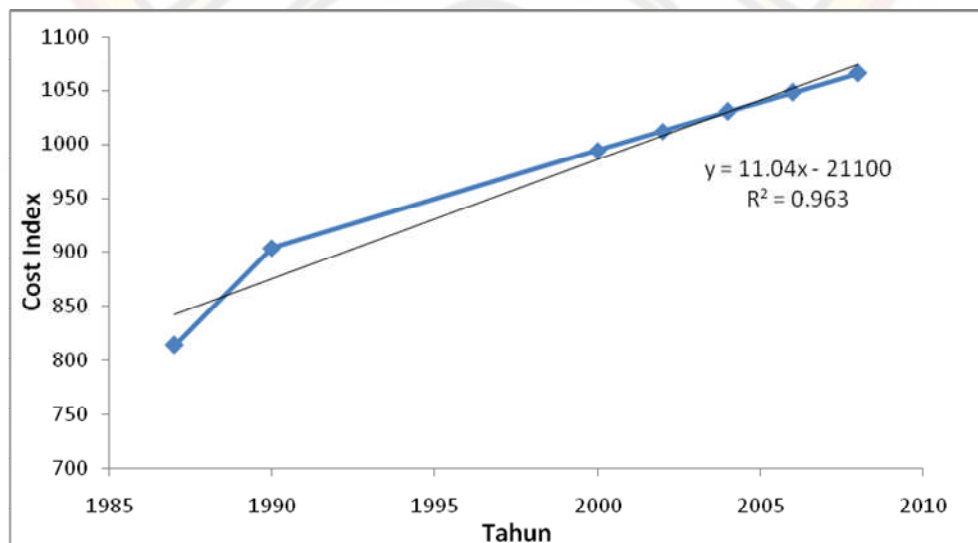
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

Harga peralatan sering mengalami perubahan karena kondisi ekonomi. Untuk memperkirakan harga peralatan sekarang diperlukan suatu indeks yang dapat mengkonversikan harga peralatan sebelumnya menjadi harga ekivalen sekarang.

Pada Prarencana pabrik *Bubble Gum* ini, harga peralatan yang digunakan didasarkan pada harga alat yang terdapat pada pustaka *Peters & Timmerhauss* , situs <http://www.hot.com.tw/machinery/chew.htm> dan <http://www.equipnet.com/>. Cost index yang digunakan adalah dari *Marshall & Swift Cost Index*.

$$\text{Harga alat saat ini} = \frac{\text{Cost index saat ini}}{\text{Cost index pd tahun A}} \times \text{Harga Alat pd Tahun A}$$

D.1. Perhitungan Harga Peralatan



Grafik d.1. *Cost Index Marshall & Swift*

Dari persamaan $y = a.x + b$

$$= 11,04 x - 21100$$

Dengan: x = Tahun

y = *Cost Index*

Maka, *Cost Index Marshall & Swift* pada tahun 2008 = 1068,32

Cost Index Marshall & Swift pada tahun 2011 = 1101,44

Contoh perhitungan :

Nama alat : *Crusher gula*

Asumsi \$ 1 = Rp. 11.000,00

Harga Tahun 2008 : \$ 18600 = Rp. 204.600.000,00 ^[42]

Harga Tahun 2011 = $\frac{1101,44}{1068,32} \times \text{Rp. 204.600.000,00} = \text{Rp. 210.942.998,35}$

Dengan cara yang sama, harga peralatan proses disajikan pada Tabel D.1
sedangkan harga peralatan utilitas disajikan pada Tabel D.2.

Tabel D.1. Tabel Harga Peralatan Proses

Kode	Alat	Jumlah	Harga 2008 (Rp)	Harga 2008(\$)	Harga Total Alat 2008	Harga Total Alat 2011
C-111	<i>Crusher and Screen</i>	1		18600	204600000	210942998,4
M-110	<i>Mixing and Melting Machine</i>	3		144120	4755960000	4903404020
J-130	<i>Gum Extruding and Forming Machine</i>	2		310800	6837600000	7049578913
F-231	Rak Pendingin	2	7,600,000		15200000	15671229,59
F-114	Tangki Penyimpanan Gum Base	1	137,600,000		137600000	141865867,9
F-116	Tangki Penyimpanan Gliserin	1	20,200,000		20200000	20826239,33
F-151	Tangki Penyimpanan Glukosa Cair	1	48,500,000		48500000	50003594,43
F-152	Tangki Penampungan Glukosa Cair	1	38,000,000		38000000	39178073,99
E-112	<i>Gum Melting Machine I</i>	1	280,000,000		280000000	288680545,2
E-112	<i>Gum Melting Machine II</i>	1	780,000,000		780000000	804181518,6
E-120	<i>Cabinet</i>	14	750,000		10500000	10825520,44
E-201	<i>Air Conditioner</i>	29	2,500,000		72500000	74747641,16
E-240	<i>Selective Machine</i>	3		45720	1508760000	1555534498
A-250	<i>Coating Machine</i>	3		41760	1378080000	1420803163
L-117	<i>Rotary Pump</i>	1		721,58	7937434,15	8183510,07
L-153	<i>Rotary Pump</i>	1		949,45	10443992,31	10767776,40
L-154	<i>Rotary Pump</i>	1		493,72	5430876,00	5599243,73
L-118	<i>Rotary Pump I</i>	1		493,72	5430876,00	5599243,73
L-118	<i>Rotary Pump II</i>	1		797,54	8772953,54	9044932,18
A-260	<i>Packaging Machine</i>	3		93624	3089592000	3185375367
L-101	<i>Belt Conveyor</i>	15		960	158400000	163310708,4
Total Harga Alat Proses						19.974.124.603,97

Asumsi = 1\$ = Rp. 11.000,00

Tabel D.2. Tabel Harga Peralatan Utilitas

Kode	Nama Alat	Jumlah	Harga 2008 (\$)	Harga 2010 (\$)	Harga 2008 (Rp)	Harga Total 2010 (Rp)
L411	<i>Centrifugal Pump</i>	1	197,484	203,6063885		2239670,273
L412	<i>Centrifugal Pump</i>	1	197,484	203,6063885		2239670,273
L414	<i>Centrifugal Pump</i>	1	197,484	203,6063885		2239670,273
E510	<i>Boiler</i>	1	60000	61860,11682		680461285
F520	<i>Generator</i>	1	42000	43302,08177		476322899,5
F-311	Bak Penampung Air PDM (F-311)	1			22312500	23004230,94
F-330	Bak Penampung Air Sanitasi (F-330)	1			16537500	17050194,7
F-310	Bak Penampung Kation Resin (F-310)	1			10020000	10330639,51
F-320	Bak Penampung Anion Resin (F-320)	1			8055000	8304720,683
F-321	Bak Penampung Air Demineralisasi (F-321)	1			7350000	7577864,31
F-511	Tangki Penampung Solar	1			75950000	78304597,87
Total Harga Alat Utilitas						1.308.075.443,35

Asumsi = 1\$ = Rp. 11.000,00

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya peralatan} &= \text{Total Harga Alat Proses} + \text{Total Harga Alat Utilitas} \\
 &= \text{Rp. 19.974.124.603,97} + \text{Rp. 1.308.075.443,35} \\
 &= \text{Rp. 21.282.200.047,32}
 \end{aligned}$$

D.2 Perhitungan Harga Bahan Baku

Tabel D.3. Tabel Harga Bahan Baku

Bahan	Kebutuhan 1 tahun (kg)	Kebutuhan 1 tahun (ton)	Harga (Rp/kg)	Harga (Rp/ton)	Total harga (Rp)
<i>Gum Base</i>	434738,5714	434,7385714	6000	6000000	2608431429
Sukrosa	1464282,129	1464,282129	5000	5000000	7321410643
Lesitin	11717,23122	11,71723122	18500	18500000	216768777,6
<i>Acesulfame</i>	11266,56848	11,26656848	103000	103000000	1160456554
Gliserin	981092,7835	981,0927835	18000	18000000	17659670103
Glukosa (2%)	181195,7143	181,1957143	13250	13250000	2400843214
Coklat	20955,81738	20,95581738	6500	6500000	136212813
Kopi	6985,272459	6,985272459	6000	6000000	41911634,76
Aspartam	2703,976436	2,703976436	6400	6400000	17305449,19
Total					31.563.010.617,08

D.3. Perhitungan Harga Kemasan

Tabel D.4. Harga Kemasan

Bahan	Kebutuhan (buah/thn)	Harga Satuan (Rp)	Total Harga (Rp)
Plastik kecil ukuran 7 cm x 11 cm	344419200	30	10332576000
Plastik besar ukuran 4 cm x 25 cm	34441920	100	3444192000
Kardus ukuran 75 cm x 88 cm	287016	600	172209600
Total Harga Kemasan			13.948.977.600

D.4. Perhitungan Biaya Utilitas

D.4.1. Biaya Listrik

Contoh perhitungan:

Dari Bab VII diketahui bahwa daya yang dibutuhkan untuk pos satpam adalah 0,04 kW. Berdasarkan keputusan presiden Republik Indonesia nomor 76 tahun 2003, biaya listrik luar beban puncak (LWBP) untuk industri adalah Rp 439/kWh. Sedangkan, biaya listrik beban puncak (WBP) pada pk 17.00-22.00

adalah $1,4 \times \text{LWBP}$. Lampu di pos satpam menyala selama 24 jam/hari, yaitu dari jam 17.00 – 05.00. Maka biaya listrik dihitung sebagai berikut :

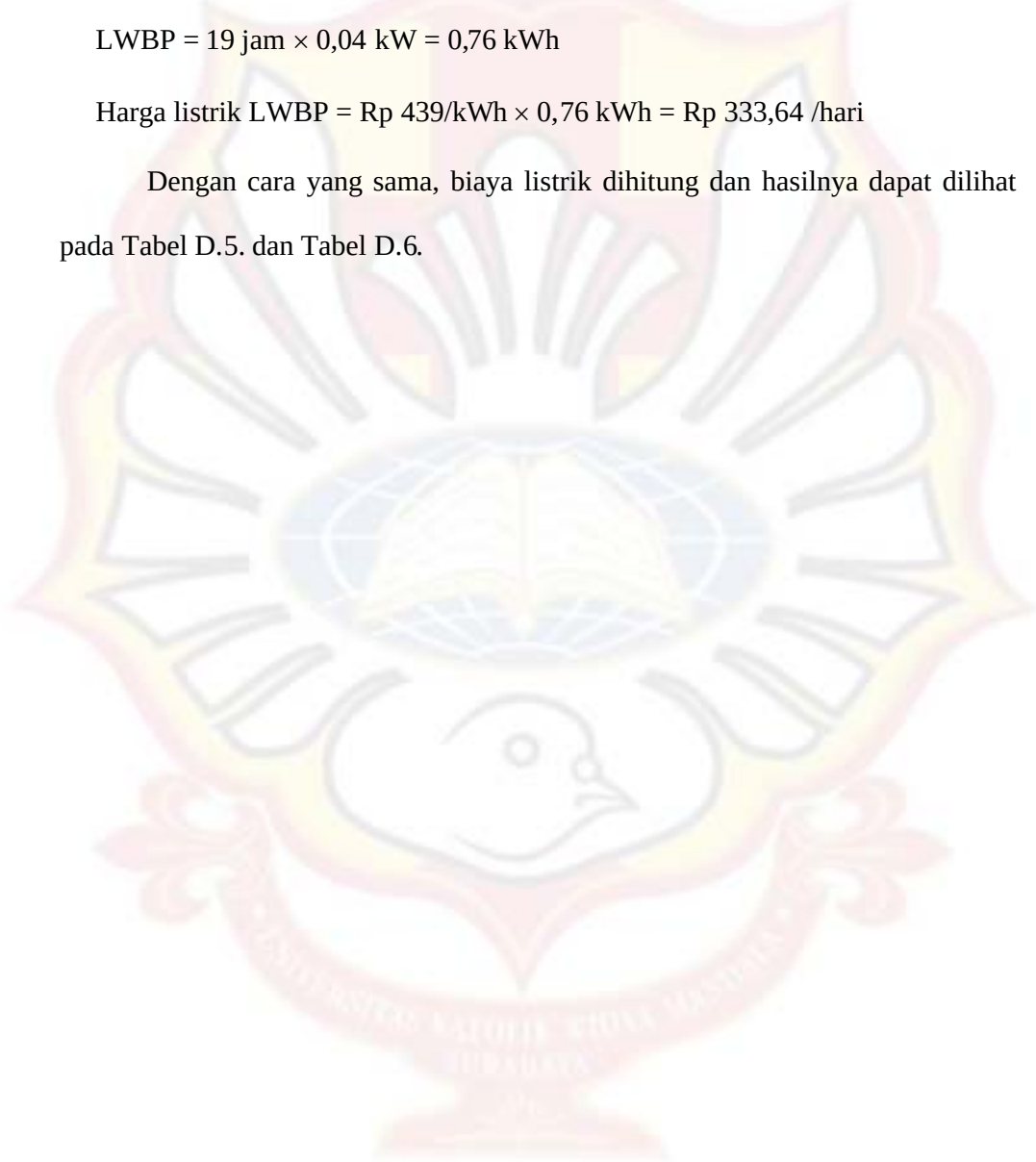
$$\text{WBP} = 5 \text{ jam} \times 0,04 \text{ kW} = 0,2 \text{ kWh}$$

$$\text{Harga listrik WBP} = 1,4 \times \text{Rp } 439/\text{kWh} \times 0,2 \text{ kWh} = \text{Rp } 122,92 / \text{hari}$$

$$\text{LWBP} = 19 \text{ jam} \times 0,04 \text{ kW} = 0,76 \text{ kWh}$$

$$\text{Harga listrik LWBP} = \text{Rp } 439/\text{kWh} \times 0,76 \text{ kWh} = \text{Rp } 333,64 / \text{hari}$$

Dengan cara yang sama, biaya listrik dihitung dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel D.5. dan Tabel D.6.



Tabel D.5. Biaya Listrik dari Penerangan

Area	Jenis Lampu	Waktu (jam)	kW	kWh (WBP)	kWh (LWBP)	WBP (Rp)	LWBP (Rp)
Pos satpam	<i>Fluorescent</i>	24	0,04	0,20	0,76	122,92	333,64
Kantor	<i>Fluorescent</i>	12	0,92	4,60	6,44	2827,16	2827,16
Tempat parkir	<i>Mercury Vapor</i>	24	1,00	5,00	19,00	3073	8341
Area proses+Laboratorium	<i>Mercury Vapor</i>	12	5,25	26,25	36,75	16133,25	16133,25
Kantin + Ruang Kesehatan	<i>Fluorescent</i>	12	0,12	0,60	0,84	368,76	368,76
Gudang penyimpanan produk	<i>Mercury Vapor</i>	12	0,25	1,25	1,75	768,25	768,25
Tempat ibadah	<i>Fluorescent</i>	24	0,08	0,40	1,52	245,84	667,28
Toilet	<i>Fluorescent</i>	24	0,04	0,20	0,76	122,92	333,64
Gudang bahan baku	<i>Mercury Vapor</i>	12	0,75	3,75	5,25	2304,75	2304,75
Ruang Pendingin	<i>Mercury Vapor</i>	12	1,25	6,25	8,75	3841,25	3841,25
Area perluasan	<i>Mercury Vapor</i>	24	2,00	10,00	38,00	6146	16682
Utilitas	<i>Mercury Vapor</i>	12	1,25	6,25	8,75	3841,25	3841,25
Generator	<i>Fluorescent</i>	12	0,04	0,20	0,28	122,92	122,92
Total			12,99			39.918,27	56.565,15

Tabel D.6. Biaya Listrik dari Alat Proses dan Utilitas

Ruang	kWh (WBP)	kWh (LWBP)	WB P (Rp)	LWB P (Rp)	
Proses	157,52	315,04	1,575,19	193622,941	691510,504
Kantor	17,93		143,47		62982,013
Utilitas	0,30		1,04		458,30722
Total	175,75			193.622,94	754.950,82

Total biaya listrik lampu dan alat

$$= \text{Rp } 39.918,27 + \text{Rp } 56.565,15 + \text{Rp } 193.622,94 + \text{Rp } 754.950,82$$

$$= \text{Rp } 1.045.057,19 / \text{hari} = \text{Rp } 313.517.155,61 / \text{tahun}$$

Biaya beban listrik = Rp 30.500/kW bulan

$$\text{Kebutuhan listrik total} = 12,99 \text{ kW} + 175,75 \text{ kW} = 188,74 \text{ kW}$$

Total biaya beban dalam setahun

$$= 188,74 \text{ kW} \times 30.500 / \text{kW bulan} \times 12 \text{ bulan / tahun}$$

$$= \text{Rp } 69.079.254,31 / \text{tahun}$$

Total biaya listrik = Total biaya beban + biaya listrik lampu dan alat

$$= \text{Rp } 69.079.254,31 / \text{tahun} + \text{Rp } 313.517.155,61 / \text{tahun}$$

$$= \text{Rp } 382.596.409,93 / \text{tahun}$$

D.4.2. Biaya Air PDAM

Kebutuhan air PDAM 1 hari = $17 \text{ m}^3/\text{hari}$

Kebutuhan air PDAM 1 bulan = $5100 \text{ m}^3/\text{tahun}$

Perhitungan biaya air:

- Harga air PDAM 10 m^3 pertama = Rp 2.725,-
- Harga air PDAM 10 m^3 kedua = Rp 4.025,-
- Harga air PDAM 10 m^3 ketiga = Rp 5.775,-
- Pemakaian sisanya dikenakan = Rp 6.900,-

Biaya PDAM per tahun

$$= [(Rp\ 2725,- \times 10 \text{ m}^3) + (Rp\ 4025,- \times 10 \text{ m}^3) + (Rp\ 5755,- \times 10 \text{ m}^3) + (Rp\ 6900,- \times 5070 \text{ m}^3)]$$

$$= Rp\ 35.108.250,00 / \text{tahun}$$

Dikenakan juga biaya tambahan:

- Biaya pemeliharaan = Rp 22.500,00/bulan
- PPN (10%) dari biaya pemeliharaan = Rp 2.250,00/bulan
- Biaya administrasi per bulan = Rp 7.500,00/bulan

Biaya tambahan per tahun = $(Rp.\ 22.500,00/\text{bulan} + Rp.\ 2.250,00/\text{bulan} + Rp.$

$$7.500,00/\text{bulan}) \times 12 \text{ bulan}$$

$$= Rp.\ 387.000,00$$

Jadi biaya total per tahun = $Rp.\ 35.108.250,00 + Rp.\ 387.000,00$

$$= Rp.\ 35.495.250,00$$

D.4.3. Total Biaya Utilitas

Tabel D.7. Total Biaya Utilitas

Bahan	Harga satuan (Rp.)	Kebutuhan per Hari	Kebutuhan per Tahun	Harga per thn (Rp)
Listrik				382596409,93
Air				35495250,00
NaOH	7.500/ kg		3,69 kg	27692,31
HCl	9.000/ liter		511,24 liter	4601183,43
Solar	4.500/ liter	75,51 liter	22653,53	101940905,29
Total				524.661.440,95

D.5. Perhitungan Harga Jual Produk

Harga jual *Bubble Gum* untuk 1 paket (1 paket berisi 10 buah *bubble gum*)

= Rp. 4.000,-/paket

$$\begin{aligned} \text{Banyak Bubble Gum rasa kopi} &= \frac{\text{Kapasitas bubble gum}}{\text{berat satuan bubble}} \\ &= \frac{1.722.4}{6} = 287.016 \text{ buah/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak Bubble Gum rasa coklat} &= \frac{\text{Kapasitas bubble gum}}{\text{berat satuan bubble}} \\ &= \frac{5.166.4}{6} = 861.048 \text{ buah/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total banyaknya Bubble Gum} &= (287.016 + 861.048) \text{ buah/hari} \\ &= 1.148.064 \text{ buah/hari} \end{aligned}$$

Total banyaknya *Bubble Gum* dalam 1 tahun = 1.148.064 buah/hari x 300 hari

$$= 344.419.200 \text{ buah/tahun}$$

$$\text{Banyak paket dalam 1 tahun} = \frac{\text{total banyaknya bubble gum dalam 1 tahun}}{\text{banyak bubble gum dalam 1 paket}}$$

$$= \frac{344.419.200 \text{ buah}}{10 \text{ buah}}$$

$$= 34.441.920 \text{ paket/tahun}$$

$$\text{Pendapatan pertahun} = 34.441.920 \text{ paket/tahun} \times \text{Rp. 4.000,00 /paket}$$

$$= \text{Rp. 137.767.680.000,00}$$

D.6. Perhitungan Gaji Karyawan

Karyawan yang bekerja shift terdiri dari pegawai kesehatan, pegawai bagian bengkel, bagian *Quality Control*, bagian produksi (yang bertugas pada *Selective Machine*, *Coating Machine* dan Pengemasan), bagian utilitas, keamanan, pegawai gudang bahan baku, dan pegawai gudang bahan jadi. SJam kerja karyawan shift adalah dari hari Senin – Minggu dengan jadwal :

Shift A: pukul 07.00-13.00

Shift B: pukul 13.00-19.00

Karyawan produksi yang bekerja non shift adalah karyawan di bidang produksi (pada bagian yang tidak disebutkan pada bagian karyawan yang bekerja shift) dengan jam kerja Senin-Sabtu pukul 07.00-13.00.

Karyawan kantor juga bekerja *non-shift* yang meliputi bagian *accounting*, keuangan, personalia, pemasaran, distribusi, R&D, dan pegawai

cleaning service dengan jam kerja Senin-Jumat pukul 08.00-16.00, dan Sabtu pukul 07.00-12.00.

Gaji karyawan dalam 1 tahun dihitung sebanyak 13 bulan gaji, 1 bulan gaji digunakan untuk tunjangan hari raya karyawan. Tabel lengkap perhitungan gaji karyawan disajikan pada tabel E.7

Tabel D.8. Perhitungan Gaji Karyawan

Jabatan	Jumlah	Gaji/bulan (Rp)	Total/bulan (Rp)
Direktur	1	15000000	15000000
Sekretaris	1	6000000	6000000
Manager Keuangan + Administrasi	1	6500000	6500000
Manager Produksi	1	6500000	6500000
Manager HRD	1	6500000	6500000
Manager Pemasaran	1	6500000	6500000
Kepala Bagian Keuangan + Administrasi	1	5000000	5000000
Kepala bagian Proses & Utilitas	1	5000000	5000000
Kepala Bagian Maintenance	1	5000000	5000000
Kepala bagian Pemasaran + Promosi	1	5000000	5000000
Kepala Bagian Personalia	1	5000000	5000000
Pegawai Keuangan + Administrasi	3	2400000	7200000
QC + RnD + Laboratorium	6	2400000	14400000
Pegawai Proses	4	2400000	9600000
Pegawai Utilitas	6	2400000	14400000
Pegawai Maintenance	4	2400000	9600000
Operator Controller	3	2400000	7200000
Pegawai Pemasaran + Promosi	5	2400000	12000000
Pegawai Personalia	5	2400000	12000000
Bagian Distribusi	5	2400000	12000000
Bagian Keamanan & Gudang	2	2400000	4800000
Kepala keamanan	2	1750000	3500000
Satpam	4	1000000	4000000
Kepala Gudang	2	1500000	3000000
Buruh Gudang	8	1200000	9600000
Buruh Harian	26	900000	23400000

Petugas Kesehatan	2	1000000	2000000
Petugas Kebersihan	5	750000	3750000
Total	103	104.100.000	224.450.000
Gaji Per Tahun (13x)			2.917.850.000

D.7. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

Luas tanah = 6184 m²

Luas bangunan = 3120 m²

Harga tanah per m² = Rp 450.000,00

Harga bangunan per m² = Rp 2.000.000,00

Harga tanah total = Rp 2.782.800.000,00

Harga bangunan = Rp 6.240.000.000,00



APPENDIX E

JADWAL KERJA ALAT

E.1. Bubble Gum Rasa Kopi

Hari Pertama	
Waktu	Proses
Waktu Starting Up	
07.00 – 07.30	<i>Gum Melting Machine</i>
07.30 – 08.00	<i>Mixing and Melting Machine</i>
08.00 – 09.10	<i>Gum Extruding and Forming Machine</i>
09.10 – 09.40	<i>Packaging Machine</i>
07.00 – 07.15	
Waktu Penyaluran	
07.20 – 07.30	Penyaluran <i>gum base</i> dari Tangki Penyimpanan <i>gum base</i> menuju ke <i>Gum Melting Machine</i>
07.50 – 08.00	Penyaluran <i>gum base</i> dari <i>Gum Melting Machine</i> menuju ke <i>Mixing and Melting Machine</i>
08.25 – 09.05	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Mixing and Melting Machine</i> menuju ke <i>Cooling Cabinet</i>
10.05 – 11.05	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Cooling Cabinet</i> menuju ke <i>Gum Extruding and Forming Machine</i>
10.25 – 11.25	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Gum Extruding and Forming Machine</i> ke Rak Pendingin
Waktu Proses	
07.30 – 07.50	<i>Gum Melting Machine</i>
08.00 – 08.25	<i>Mixing and Melting Machine</i>
09.05 – 10.05	Pendinginan pada <i>Cooling Cabinet</i>
10.15 – 11.15	<i>Gum Extruding and Forming Machine</i>
11.25 – 11.25	Rak Pendingin (24 jam)
07.15 – 15.15	<i>Packaging Machine</i>

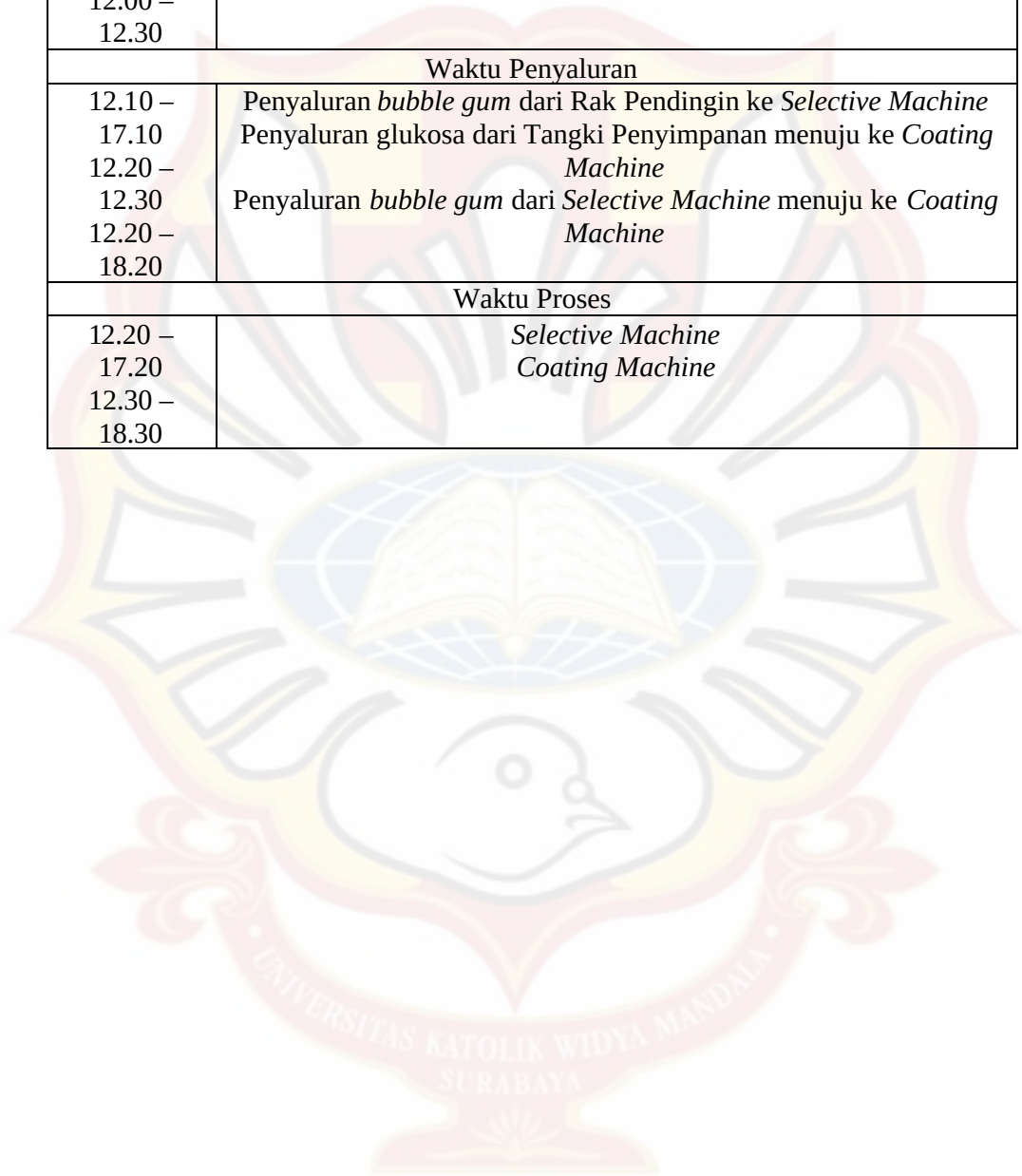
Hari Kedua	
Waktu	Proses
Waktu Starting Up	
10.55 – 11.25	<i>Selective Machine</i>
11.05 – 11.35	<i>Coating Machine</i>

Waktu Penyaluran	
11.15 – 15.15	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari Rak Pendingin ke <i>Selective Machine</i>
11.25 – 11.35	Penyaluran glukosa dari Tangki Penyimpanan menuju ke <i>Coating Machine</i>
11.25 – 16.25	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Selective Machine</i> menuju ke <i>Coating Machine</i>
Waktu Proses	
11.25 - 15.25	<i>Selective Machine</i>
11.35 - 16.35	<i>Coating Machine</i>

E.2. Bubble Gum Rasa Coklat

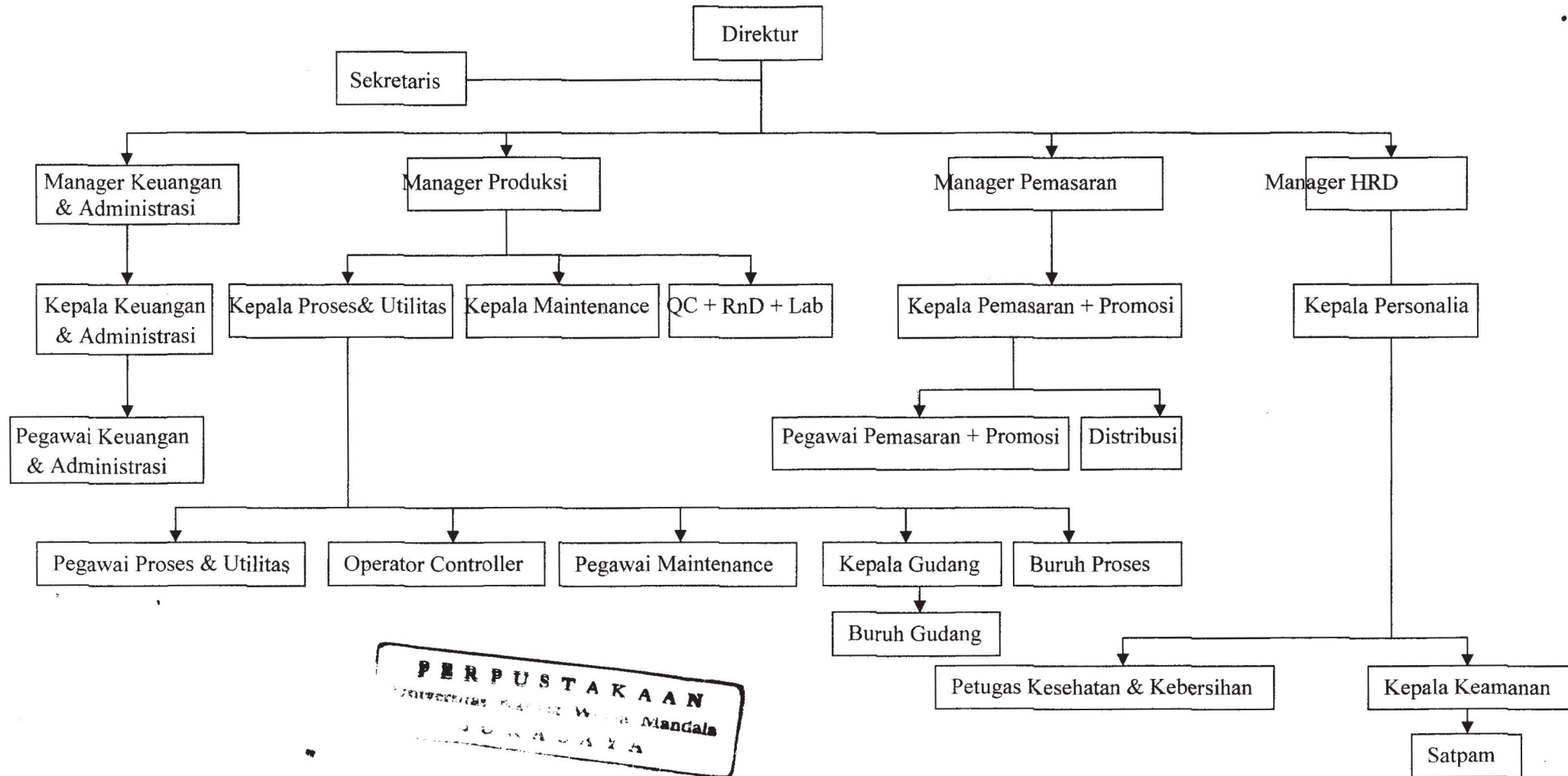
Hari Pertama	
Waktu	Proses
Waktu Starting Up	
07.00 – 07.30	<i>Gum Melting Machine</i>
07.30 – 08.10	<i>Mixing and Melting Machine</i>
08.10 – 08.40	<i>Gum Extruding and Forming Machine</i>
10.30 - 12.00	
07.00 – 07.15	
Waktu Penyaluran	
07.20 – 07.30	Penyaluran <i>gum base</i> dari Tangki Penyimpanan <i>Gum base</i> menuju ke <i>Gum Melting Machine</i>
08.30 – 08.40	Penyaluran <i>gum base</i> dari <i>Gum Melting Machine</i> menuju ke <i>Mixing and Melting Machine</i>
09.10 – 09.50	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Mixing and Melting Machine</i> menuju ke <i>Cooling Cabinet</i>
10.50 – 11.50	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Cooling Cabinet</i> menuju ke <i>Gum Extruding and Forming Machine</i>
11.20 – 12.10	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Gum Extruding and Forming Machine</i> ke Rak Pendingin
Waktu Proses	
07.30 – 08.30	<i>Gum Melting Machine</i>
08.30 – 08.40	<i>Mixing and Melting Machine</i>
08.40 – 09.10	Pendinginan pada Cabinet
09.10 – 09.50	<i>Gum Extruding and Forming Machine</i>
10.50 – 11.00	Rak Pendingin (24 jam)
11.00 – 12.00	<i>Packaging Machine</i>
12.10 – 12.10	
07.15 – 19.00	

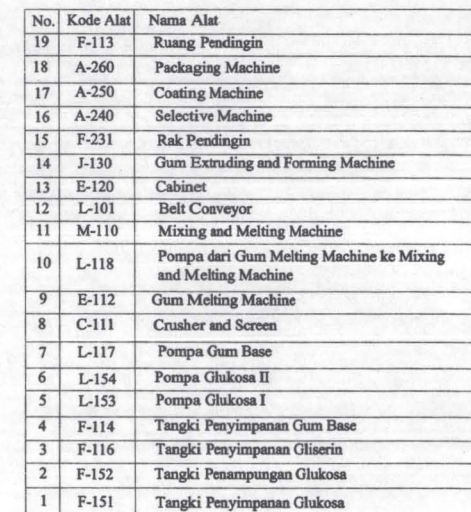
Hari Kedua	
Waktu	Proses
Waktu <i>Starting Up</i>	
11.50 – 12.20 12.00 – 12.30	<i>Selective Machine</i> <i>Coating Machine</i>
Waktu Penyaluran	
12.10 – 17.10 12.20 – 12.30 12.20 – 18.20	Penyaluran <i>bubble gum</i> dari Rak Pendingin ke <i>Selective Machine</i> Penyaluran glukosa dari Tangki Penyimpanan menuju ke <i>Coating Machine</i> Penyaluran <i>bubble gum</i> dari <i>Selective Machine</i> menuju ke <i>Coating Machine</i>
Waktu Proses	
12.20 – 17.20 12.30 – 18.30	<i>Selective Machine</i> <i>Coating Machine</i>



APPENDIX F

STRUKTUR ORGANISASI





Digambar Oleh: 1. Henny Purwati / 5203005006 2. Prawasmita Sedjandini / 5203005061	
Telah Disetujui Oleh:	
Pembimbing I <u>Ir. Yohanes Sudaryanto, MT.</u> 521.89.0151	Pembimbing II <u>Ir. Nani Indraswati</u> 521.86.0121
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA 2009	