BAB X

DISKUSI DAN KESIMPULAN

BAB X

DISKUSI DAN KESIMPULAN

X.1. Diskusi

Susu bubuk skim biasanya dikonsumsi oleh orang yang sedang diet rendah kalori dan merupakan sumber kalsium yang paling kaya sehingga dapat digunakan untuk menghindari resiko *osteoporosis*.

Dari data yang tercatat di Biro Pusat Statistik, terlihat bahwa ketersediaan susu bubuk skim di Indonesia sangat kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan masyarakat yang terlalu besar. Sehingga pemenuhan kebutuhan susu bubuk skim yang ada di Indonesia dilakukan dengan cara mengimpor produk susu bubuk skim dari luar negeri. Hal ini tentunya membutuhkan biaya yang lebih besar jika dibandingkan dengan membuat sendiri produk susu bubuk skim ini di dalam negeri. Selain itu, bahan baku pembuatnya yaitu susu sapi segar juga tersedia sangat melimpah di Indonesia.

Proses pembuatan susu bubuk skim yang utama adalah: pemanasan, pemisahan lemak, penguapan (evaporasi), dan *drying*. Pabrik ini didirikan di daerah Pasuruan, Jawa Timur mengingat daerah ini dekat dengan sumber bahan baku yaitu peternakan sapi yang berada di Desa Sukapura dan dekat dengan salah satu pusat perdagangan di Indonesia yaitu Surabaya sehingga mempermudahkan pemasaran produk.

Pabrik ini layak didirikan berdasarkan analisa ekonomi yang dilakukan dengan dua metode, yaitu metode Linear dan metode Discounted Cash Flow. Hasil analisa ekonomi tersebut menyatakan bahwa:

1. Pendirian pabrik ini lebih menguntungkan daripada menyimpan uang modal di bank karena Rate of Return atau laju pengembalian modal berada diatas bunga bank pada saat ini.
2. Waktu pengembalian modal (POT) tidak lebih dari 4 tahun. Range POT ini cukup memuaskan untuk sebuah pabrik kimia.
3. Titik impas (BEP) diperoleh sebesar 24,77% dan 43,85%. Hal ini menguntungkan bagi pabrik.

IX.2. Kesimpulan

Pra rencana pabrik susu bubuk skim layak didirikan secara teknis maupun ekonomis berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan. Hasil analisa yang telah dilakukan dapat ditunjukkan seperti dibawah ini:

Perencanaan operasi:

Jenis proses : pemnasan, pemisahan lemak, penguapan, dan *drying*.

Operasi : semi kontinyu, 24 jam sehari, 330 hari per tahun

Produk : Susu bubuk skim

Bahan baku : Susu sapi segar = 96 ton/hari

Utilitas : Air = 88,9153 m^3/hari

Listrik = 44,4892 kW

Solar = 791,4435 L/tahun

Lokasi pabrik: Pasuruan, Jawa Timur

Analisa ekonomi:

Modal tetap (FCI) : Rp. 61.956.165.380,00

Modal kerja (WCI) : Rp. 15.489.041.350,00

Biaya Produksi Total (TPC) : Rp. 73.230.029.830,00

Penjualan per tahun : Rp. 108.067.726.020,00

Laba sebelum pajak : Rp. 34.837.696.970,00

Laba sesudah pajak : Rp. 22.678.253.030,00

1. Metode Linear

   Rate of Return sebelum pajak : 45,98 %

   Rate of Return sesudah pajak : 29,28 %

   Rate of Equity sebelum pajak : 64,26 %

   Rate of Equity sesudah pajak : 41,83 %

   Pay Out Time sebelum pajak : 2 tahun 2 bulan

   Pay Out Time sesudah pajak : 3 tahun 3 bulan

   Titik impas (BEP) : 24,77 %

2. Metode Discounted Cash Flow

   Rate of Return sebelum pajak : 76,64 %

   Rate of Return sesudah pajak : 41,07 %

   Rate of Equity sebelum pajak : 88,75 %

   Rate of Equity sesudah pajak : 70,22 %

   Pay Out Time sebelum pajak : 1 tahun 5 bulan

   Pay Out Time sesudah pajak : 2 tahun 1 bulan

   Titik impas (BEP) : 43,85 %

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Ullman. (1988). Milk and Dairy Products. Encyclopedia of Industrial Chemistry (pp. 590-). Vol. A-16. Weinheim, Germany : Wolfgang Gerhartz.
2. Kirk, R.E. & Othmer, D.F. (1981). Milk and Milk Product. Encyclopedia of Chemical Technology. (3rd ed.). Vol 15. New York, USA : John Wiley & Sons.
3. Saleh, E., "Teknologi Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak", http://library.usu.ac.id/download/fp/ternak-eniza2.pdf, diakses : 19 Oktober 2006
4. Ulrich, G.D. (1984). A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics. New York, USA : Wiley.
5. Saravacos, G.D. & Kostaropoulos, A.E. (2002). Heat Transfer Equipment. Handbook of Food Processing Equipment. New York, USA : Kluwer.
6. Saleh, E., "Teknologi Pengolahan Susu dan Hasil Ikutan Ternak", http://library.usu.ac.id/download/fp/ternak-eniza.pdf, diakses : 19 Oktober 2006
7. Saravacos, G.D. & Kostaropoulos, A.E. (2002). Thermal Processing Equipment. Handbook of Food Processing Equipment. New York, USA : Kluwer.
8. Cheremisinoff, N. P. (2000). Drying Equipment. Handbook of Chemical Processing Equipment

9. Ullman. (1988). Dairy Products, Imitation. Encyclopedia of Industrial Chemistry (pp. 240). Vol. A-8. Weinheim, Germany : Wolfgang Gerhartz.

10. Himmelblau, D.M. 1996. "*Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*" edisi ke-5. USA : Prentice Hall.

11. Perry, R.H., 1997. *Perry's Chemical Engineers Handbook.* 7th edition. Singapore : McGraw-Hill Book Company.

12. Geankoplis, C.J. 1997. "*Transpori Processes and Unit Operations*"edisi ke-3. New Delhi : Prentice Hall of India.

13. Kern, D.Q. 1988. " *Process Heat Transfer*". Singapore : Mc Graw Hill Bokk Company.

14. Walas, S. M., 1990. "*Chemical Process Equipment*". Washington : Butterworth-Heinemann,

15. www.Indonesia-ottawa.org

16. Brownell, L.E. & Young E.H. 1959. " *Process Equipment Design*". New York : John Wiley & Sons, Inc

17. Peter, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers.* 4th edition. Singapore : McGraw-Hill Book Company.

18. www.wikipedia.com

19. Ludwig, E.E., 1964, "Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plant", Vol I, Texas : Gulf Publishing Company, Houston.

20. Mccabe, W.L. 1985. "Unit Operations Of Chemical Engineering" edisi ke-4. USA : McGraw-Hill.

21. Hesse, H.C., Rushton, J.H., 1985. *Process Equipment Design*, D. New Jersey : Van Nostrand Company, Princeton.

22. Hesse, R., 1992. "*Process Design and Equipment*". New York : John Wiley and Sons.

23. Treybal, R.E., 1981, "Mass Transfer Operation", 3 ed., Mc Graw Hill Co., Singapore

24. http://www.deptan.go.id/CAQ/idnnot/idn6hcp.pdf

25. http://www.deptan.go.id/CAQ/idnnot/idn6hcp.pdf

26. Dwidjoseputro, D., 2003. "Dasar-dasar Mikrobiologi". edisi ke-12. Jakarta : Djambatan

27. http://library.usu.ac.id/download/fkm/fkm-albiner3.pdf

28. http://id.wikipedia.org/wiki/Pemasaran

29. Kotler, P & Gary, A. 2001 " Prinsip-Prinsip Pemasaran" jilid 2. Jakarta : Erlangga

30. Koeswara, S. 1995. "Pemasaran Industri". Jakarta : Djambatan

31. http://vincentsecapramana.tripod.com/isi/strategi_harga.htm

32. Sumber Biro Pusat Statistik 2005

33. Smith, J.M., H.C. Van Ness and M.M. Abbott. 2001. "Chemical Engineering Thermodynamics". 6th edition. Singapore : McGraw-Hill.

34. www.matche.com,

APPENDIX

APPENDIX A

PERHITUNGAN NERACA MASSA

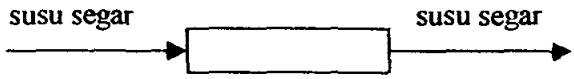
Satuan : kg/jam

Kapasitas produksi : 9 ton/hari = 1507,7 kg/jam

Waktu produksi : 330 hari/tahun

Proses : *batch*

1. Tangki Penampung Susu Segar (F-110)



Kecepatan susu segar masuk tangki = 16000 kg/jam

Tabel A.1 Komposisi susu segar masuk : [1]

Air	87,3 %
Lemak	3,8 %
Protein	3,4 %
Laktosa	4,8 %
Abu	0,7 %

Jumlah masing – masing komponen dalam susu :

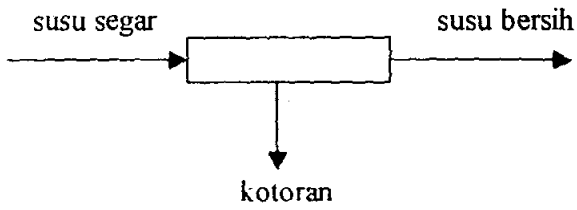
- Air = 16000 x 0,873 = 13968 kg
- Lemak = 16000 x 0,038 = 608 kg
- Protein = 16000 x 0,034 = 544 kg
- Laktosa = 16000 x 0,048 = 768 kg
- Abu = 16000 x 0,007 = 112 kg

Massa susu segar keluar = 16000 kg

Tabel A.2 Neraca Massa Tangki Penampungan Awal :

Masuk		**Keluar (ke H-120)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13968	Air	13968
Lemak	608	Lemak	608
Protein	544	Protein	544
Laktosa	768	Laktosa	768
Abu	112	Abu	112
Total	**16000**	**Total**	**16000**

2. *Clarifier* (H-120)



Massa susu masuk (dari TPA) = 16000 kg

Pada kecepatan 4800-8000 rpm, kotoran yang dapat dipisahkan adalah 0,005-0,1% berat [1]. Dari data tersebut, digunakan kecepatan maksimum 8000 rpm dan kotoran yang dapat terpisah adalah 0,1% berat. Sehingga massa kotoran yang dapat terpisah dapat dihitung sebagai berikut :

Massa kotoran yang terpisah = 0,1 % x massa susu masuk (dari TPA)

= 0,1 % x 16.000 kg

= 16 kg

Massa susu bersih yang keluar *clarifier*

= massa susu masuk (dari TPA) – massa kotoran yang terpisah

= 16.000 kg – 16 kg

= 15.984 kg

Jadi, massa susu bersih yang masuk ke PHE adalah 15.984 kg

Jika dhitung setiap komponennya, maka :

- Air	: 0,1 % x 13.968	=	13,97 kg
- Lemak	: 0.1 % x 608	=	0,61 kg
- Protein	: 0,1 % x 544	=	0,54 kg
- Laktosa	: 0,1 % x 768	=	0,77 kg
- Abu	: 0,1 % x 112	=	0,11 kg
total kotoran keluar		=	16 kg

Massa masing-masing komponen yang keluar dari *clarifier* dapat dilihat pada tabel A.3

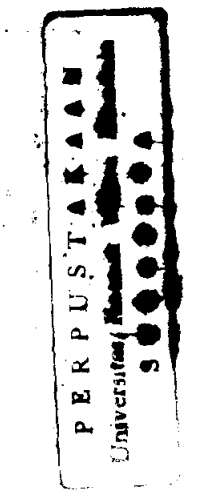
Tabel A.3 Neraca Massa *Clarifier*

Masuk (dari Tangki Penampungan Awal / F-110)		**Keluar (ke Tangki Penampung / F-130)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13968	Air	13954,03
Lemak	608	Lemak	607,39
Protein	544	Protein	543,46
Laktosa	768	Laktosa	767,23
Abu	112	Abu	111,89
		TOTAL	15984
		(ke Tempat pembuangan)	
		Kotoran	16
Total	**16000**	**Total**	**16000**

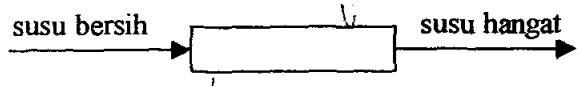
3. **Tangki Penampung (F-130)**

Tabel A.4 Neraca Massa Tangki Penampung :

Masuk (dari Clarifier /H-120)		**Keluar (ke PHE/E-210)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13954,03	Air	13954,03
Lemak	607,39	Lemak	607,39
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
Total	**15984**	**Total**	**15984**



4. ***Plate Heat Exchanger* (E-210)**



Massa susu masuk (dari Tangki penampungan) = 15984 kg

Massa susu keluar (ke Tangki pencampuran) = 15984 kg

Tabel A.5 Neraca Massa *Plate Heat Exchanger*

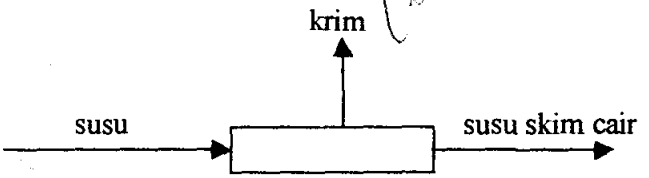
Masuk (dari Tangki Penampung/F-130)		**Keluar (ke Tangki Penampung/F-220)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13954,03	Air	13954,03
Lemak	607,39	Lemak	607,39
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
Total	**15984**	**Total**	**15984**

5. **Tangki Penampung (F-220)**

Tabel A.6 Neraca Massa Tangki Penampung :

Masuk (dari PHE/E-210)		**Keluar (ke *disk centrifuge*/H-310)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13954,03	Air	13954,03
Lemak	607,39	Lemak	607,39
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
Total	**15984**	**Total**	**15984**

6. ***Disk Centrifuge*** **(H-310)**



Massa susu masuk (dari PHE) = 15984

Kandungan lemak pada susu segar adalah 607,39 kg

Kandungan lemak pada susu skim adalah 0,18 %.[9]

Massa lemak pada susu skim (X):

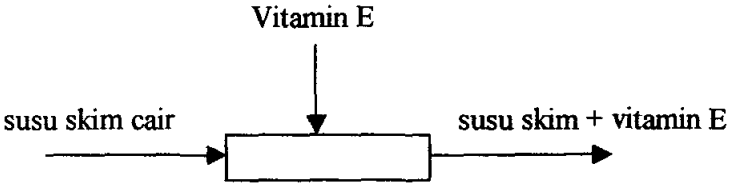
$$\frac{X}{15984-(607{,}39-X)} = 0{,}18\%$$

$X = 27{,}73$ kg

Tabel A.7 Neraca Massa *Disk Centrifuge*

Masuk (dari Tangki Penampung/F-220)		**Keluar (ke Tangki Pencampuran/M-320)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13954,03	Air	13954,03
Lemak	607,39	Lemak	27,73
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
		Total	15404,34
		(ke Tangki Penampung Krim)	
		Lemak (krim)	579,66
Total	**15984**	**Total**	**15984**

7. Tangki Pencampuran (M-320)



Massa susu masuk (dari *disk centrifuge*) = 15404,34 kg

Dari Tabel A.8 dapat diketahui komposisi susu skim adalah sebagai berikut :

Tabel A.8 Komposisi Susu Skim

Komponen	Massa (kg)	Massa (%)
Air	13954,03	90,59
Lemak	27,73	0,18
Protein	543,46	3,53
Laktosa	767,23	4,98
Abu	111,89	0,73
Total	15404,34	

Tabel A.9 Perbandingan komponen susu segar dengan susu bubuk skim [1]

Komponen	Susu Segar	Susu Bubuk Skim
Protein	3,4% berat	36% berat
Laktosa	4,8% berat	51% berat
Kalsium	1,2 gr/L	1,31% berat
Riboflavin	1,7 mg/L	20,3 mg/kg
Fosfor	3 gr/L	1,02% berat

Tabel A.10 Komponen Susu Skim Sebelum Distandarisasi

Komponen	Susu Skim(BS)
Protein	3,53% berat
Laktosa	4,98% berat
Kalsium	0,12% berat
Riboflavin	0,0002% berat
Fosfor	0,3% berat

BS=belum standarisasi

Susu Bubuk Skim (yang sudah di standarisasi; berdasar pada tabel A.9) dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel A.11 Komponen Susu Skim Setelah Standarisasi

Komponen	Susu Skim(SS)
Protein	36% berat
Laktosa	51% berat
Kalsium	1,31% berat
Riboflavin	0,002% berat
Fosfor	1,02% berat

Untuk susu skim yang belum distandarisasi, jika kadar airnya dikurangi sampai dengan 3,5 % maka komposisinya adalah sebagai berikut :

Tabel A.12 Komponen Susu Bubuk Skim Sebelum Standarisasi

Komponen	Susu Bubuk Skim (BS)
Protein	36% berat
Laktosa	50,82% berat
Kalsium	1,23% berat
Riboflavin	0,002 % berat
Fosfor	3,07% berat

Contoh perhitungan untuk komposisi protein :

misal : berat susu skim cair = 100 kg

komposisi air pada susu skim cair = 90,59 % berat

air yang dipisahkan = X kg

berat susu skim bubuk = (100 – X) kg

komposisi air pada susu skim bubuk = 3,5 % berat

100 . 90,59 % - X = (100 – X) . 3,5 %

90,59 – X = 3,5 – 0,035 X

X = 90,24 kg

berat susu skim bubuk = (100 – 90,24) kg

= 9,76 kg

Saat susu skim berbentuk cair, berat protein :

3,53 % . 100 kg = 3,53 kg

Saat susu skim berbentuk bubuk, % berat protein :

$$\frac{3,53}{9,76} \times 100\% = 36\%$$

Untuk laktosa, kalsium, riboflavin, dan fosfor juga dihitung dengan cara yang sama seperti di atas.

Perbandingan susu bubuk skim yang belum di standarisasi dan yang sudah di standarisasi :

Tabel A.13 Perbandingan Komponen Susu Bubuk Skim Sebelum dan Sesudah Standarisasi

Komponen Susu bubuk Skim	Belum Standarisasi	Sudah Standarisasi
Protein	36% berat	36% berat
Laktosa	50,82% berat	51% berat
Kalsium	1,23% berat	1,31% berat
Riboflavin	0,002 % berat	0,002% berat
Fosfor	3,07% berat	1,02% berat

Jika dilihat dari tabel di atas, komposisi susu bubuk skim yang belum distandarisasi tidak jauh berbeda dengan susu bubuk skim yang sudah distandarisasi sehingga tidak diperlukan adanya proses standarisasi.

Namun produk yang akan dihasilkan adalah susu bubuk skim yang kaya akan vitamin E. Jadi pada tangki pencampuran ini akan ditambahkan vitamin E dalam bentuk *dl-alpha-tocopheryl acetate* dengan berat 300 IU per 30 gram (takaran untuk satu gelas susu bubuk skim), sesuai dengan komposisi vitamin E pada susu bubuk skim yang ada di pasaran.

Persen berat vitamin E pada susu bubuk skim :

$IU = 1miligram\_dl-alpha-tocopheryl-acetate$

$$\%berat = \frac{300mg}{100gr} \times 100\%$$

$\%berat = 0{,}3\%$

Dari contoh perhitungan yang telah dilakukan di atas, jika berat susu skim cair 100 kg, maka berat susu bubuk skim adalah 9,76 kg.

Jadi, % berat vitamin E dalam susu skim cair :

berat vit.E dalam susu bubuk skim = 0,3%.9,76kg

= 0,02928 kg

%berat vit.E dalam susu skim cair :

$$\frac{0,02928kg}{100kg} \times 100\% = 0,03\%$$

Jumlah vit.E (*dl-alpha-tocopheryl-acetate*) yang ditambahkan (X):

dengan massa susu skim cair masuk = 15404,34 kg

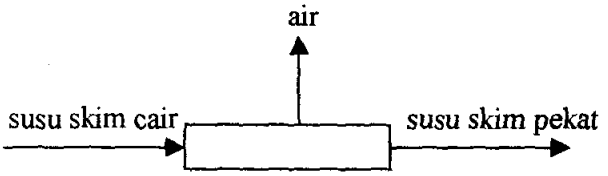
$$\frac{X}{15404,34 + X} = 0,03\%$$

$$X = 4,62\,\text{kg}$$

Tabel A.14 Neraca Massa Tangki Pencampuran

Masuk		**Keluar**	
(dari *disk centrifuge*/H-310)		**(ke Evaporator/V-410)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13954,03	Air	13954,03
Lemak	27,73	Lemak	27,73
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
TOTAL	15404,34	Vit.E	4,62
(dari Tangki penyimpanan)			
Vit.E	4,62		
Total	**15408,96**	**Total**	**15408,96**

8. Evaporator (V-410)



Massa susu masuk (dari Tangki pencampuran) = 15408,96 kg

Air :

- Massa air = 13954,03 kg $\rightarrow \frac{13954,03}{15408,96} \times 100\% = 90,56\%$

- Massa solid =100%-90,56% = 9,44%

Di dalam evaporator susu dipekatkan sampai 45 % total solid, kandungan air di dalam susu ketika meninggalkan evaporator = 55 %

Jumlah air dalam susu skim cair = 13954,03 kg

Jumlah air dalam susu skim pekat (X):

$$\frac{X}{15408,96-(13954,03-X)} = 55\% \quad \rightarrow \quad X = 1778,25\,\text{kg}$$

Komposisi susu skim pekat keluar Evaporator (ke *Spray drier*)

- Air	=	1778,25
- Lemak	=	27,73
- Protein	=	543,46
- Laktosa	=	767,23
- Abu	=	111,89
- Vit E	=	4,62
Total	=	3233,18

Neraca Massa :

Masuk

- Air	=	13954,03
- Lemak	=	27,73
- Protein	=	543,46
- Laktosa	=	767,23
- Abu	=	111,89
- Vit.E	=	4,62
Total	=	15408,96

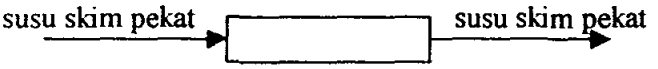
Keluar

- Uap		
Air	=	12175,78
- Liquid		
Air	=	1778,25
- Lemak	=	27,73
- Protein	=	543,46
- Laktosa	=	767,23
- Abu	=	111,89
- Vit. E	=	4,62
Total	=	15408,96 kg

Tabel A.15 Neraca Massa Evaporator

Masuk		Keluar	
(dari Tangki pencampuran/M-320)		(ke Tangki PenampungF-420)	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	13954,03	Air	1778,25
Lemak	27,73	Lemak	27,73
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
Vit.E	4,62	Vit.E	4,62
		Total	**3233,18**
		Air yg diuapkan	12175,78
Total	**15408,96**	**Total**	**15408,96**

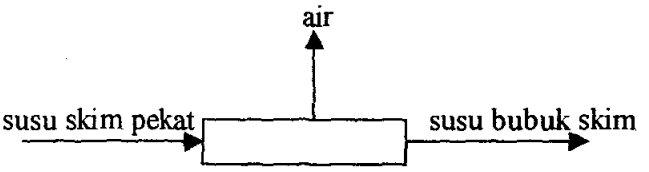
9. Tangki Penampung Susu Skim Pekat (F-420)



Tabel A.16 Neraca Massa Tangki Penampung Susu Skim Pekat

Masuk		Keluar	
(dari Evaporator/V-410)		(ke *Spray drier*/B-510)	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	1778,25	Air	1778,25
Lemak	27,73	Lemak	27,73
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
Vit E	4,62	Vit E	4,62
Total	**3233,18**	Total	**3233,18**

10. *Spray Drier* (B-510)



Massa susu skim pekat masuk (dari Evaporator) = 3233,18 kg/jam

Dengan kandungan : - Air = 1778,25 kg/jam

- Total solid = 1454,93 kg/jam

Di dalam *spray drier* susu mengalami proses pengeringan sampai kadar air = 3,5 %.

Jumlah air dalam susu skim pekat = 1778,25

Jumlah air dalam susu bubuk skim (X):

$$\frac{X}{3233{,}18-(1778{,}25-X)} = 3{,}5\%$$

$$X = 52{,}77\,\text{kg}$$

Diasumsi yang ikut udara panas sebesar 1 % :

- Lemak : 1% x 27,73 = 0,2773 kg/jam
- Protein : 1% x 543,46 = 5,4346 kg/jam
- Laktosa : 1% x 767,23 = 7,6723 kg/jam
- Abu : 1% x 111,89 = 1,1189 kg/jam
- Vit. E : 1% x 4,62 = 0,0462 kg/jam

Susu bubuk skim keluar dari *spray drier* mempunyai komposisi :

- Air	:	52,77	=	52,77 kg/jam
- Lemak	:	27,73 - 0,28	=	27,45 kg/jam
- Protein	:	543,46 – 5,43	=	538,03 kg/jam
- Laktosa	:	767,23 – 7,67	=	759,56 kg/jam
- Abu	:	111,89 – 1,12	=	110,77 kg/jam
- Vit.E	:	4,62 - 0,05	=	4,57 kg/jam
		Total	=	1493,15 kg/jam

Jumlah material yang terikut dalam udara panas

= (0,28 + 5,43 + 7,67 + 1,12 + 0,05) kg/jam = 14,55 kg/jam

Neraca massa :

Masuk

- Air		=	1778,25 kg/jam
- Lemak		=	27,73 kg/jam
- Protein		=	543,46 kg/jam
- Laktosa		=	767,23 kg/jam
- Abu		=	111,89 kg/jam
- Vit.E		=	4,62 kg/jam
	Total	=	3233,18 kg/jam

Keluar

Susu bubuk

- Air = 52,77 kg/jam
- Lemak = 27,45 kg/jam
- Protein = 538,03 kg/jam
- Laktosa = 759,56 kg/jam
- Abu = 110,77 kg/jam
- Vit.E = 4,57 kg/jam

Total = 1493,15 kg/jam

Air yang diuapkan = 1725,48 kg/jam

Material yang terikut udara panas = 14,55 kg/jam

(masuk ke cyclone)

Total = 3233,18 kg/jam

Tabel A.17 Neraca Massa *Spray Drier*

Masuk		**Keluar**	
(dari Tangki Penampung/F-420)		**(ke *Screening*/X-530)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	1778,25	Air	52,77
Lemak	27,73	Lemak	27,45
Protein	543,46	Protein	538,03
Laktosa	767,23	Laktosa	759,56
Abu	111,89	Abu	110,77
Vit.E	4,62	Vit.E	4,57
		Total	**1493,15**
		Air yg diuapkan	1725,48
		Ke cyclone	14,55
Total	**3233,18**	**Total**	**3233,18**

11. *Cyclone* (H-520)

Tabel A.18 Neraca Massa *Cyclone*

Masuk		Keluar	
(dari *Spray drier*/B-510)		(ke *Screening*/X-530)	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Lemak	0,28	Lemak	0,28
Protein	5,43	Protein	5,43
Laktosa	7,67	Laktosa	7,67
Abu	1,12	Abu	1,12
Vit.E	0,05	Vit.E	0,05
Total	**14,55**	**Total**	**14,55**

12. *Screening* (X-530)

Diasumsi yang *oversize* dari *screening* sebesar 5% menuju *hammer mill*

Tabel A.19 Neraca Massa *Screening*

Masuk		Keluar	
(dari *Spray drier*/B-510)		(ke *Hammer Mill*/C-540)	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	52,77	Air	2,64
Lemak	27,45	Lemak	1,39
Protein	538,03	Protein	27,17
Laktosa	759,56	Laktosa	38,36
Abu	110,77	Abu	5,59
Vit E	4,57	Vit.E	0,23
Total	1493,15	Total	**75,38**
(dari *Cyclone*/H-520)		(ke Bin Susu Bubuk Skim/F-560)	
Lemak	0,28	Air	50,13
Protein	5,43	Lemak	26,34
Laktosa	7,67	Protein	516,29
Abu	1,12	Laktosa	728,87
Vit E	0,05	Abu	106,3
Total	14,55	Vit.E	4,39
		Total	1432,32
Total	**1507,7**	**Total**	**1507,7**

13. ***Hammer Mill* (C-540)**

Tabel A.20 Neraca Massa *Hammer Mill*

Masuk		**Keluar**	
(dari *Screening*/X-530)		**(ke *Screening*/X-530)**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	2,64	Air	2,64
Lemak	1,39	Lemak	1,39
Protein	27,17	Protein	27,17
Laktosa	38,36	Laktosa	38,36
Abu	5,59	Abu	5,59
Vit.E	0,23	Vit.E	0,23
Total	**75,38**	Total	**75,38**

14. **Bin Susu Bubuk Skim (F-560)**

Tabel A.21 Neraca Massa Tangki Penampung Susu Bubuk Skim

Masuk (dari *Screening*/X-530)		**Keluar**	
Komponen	**Massa (kg)**	**Komponen**	**Massa (kg)**
Air	52,77	Air	52,77
Lemak	27,73	Lemak	27,73
Protein	543,46	Protein	543,46
Laktosa	767,23	Laktosa	767,23
Abu	111,89	Abu	111,89
Vit.E	4,62	Vit.E	4,62
Total	**1507,7**	**Total**	**1507,7**

APPENDIX B

PERHITUNGAN NERACA PANAS

Suhu *reference* = 30 °C

Satuan energi = kilo Joule (kJ)

Satuan massa = kg

Tipe operasi = batch

Basis waktu = 1 jam

Daftar harga Cp (kJ/kg^{0}K) untuk tiap komponen [10]:

- Protein $= \int Cp.dT = \int (2{,}0082 + 1{,}2089\times10^{-3}T - 1{,}3129\times10^{-6}T^2)$

- Lemak $= \int Cp.dT = \int (1{,}9842 + 1{,}4733\times10^{-3}T - 4{,}8008\times10^{-6}T^2)$

- Abu $= \int Cp.dT = \int (1{,}0926 + 1{,}8896\times10^{-3}T - 3{,}6817\times10^{-6}T^2)$

Cp air = $18{,}2964 + 47{,}212.10^{-2}.T - 133{,}88.10^{-5}.T^2 + 1314{,}2.10^{-9}.T^3$ kJ/kmol.°K [10]

Cp laktosa = 0,287 kkal/kg.°K [11]

Cp Vitamin.E (α-tocopherol-$C_{29}H_{50}O_2$)

Dengan menggunakan metode *Kopp's rule*, maka:

Unsur	*Solid*
C	1,8
H	2,3
O	4,0
Unsur lain	6,2

= 29.Cp (C) + 50.Cp (H) + 2.Cp (O)

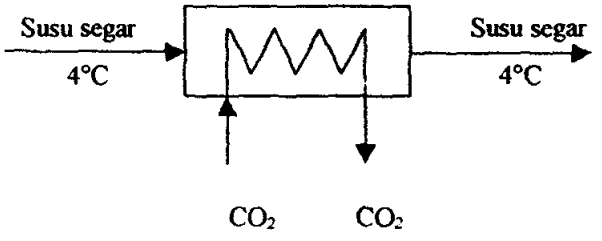
= 29. (1,8) + 50.(2,3) + 2.(4)

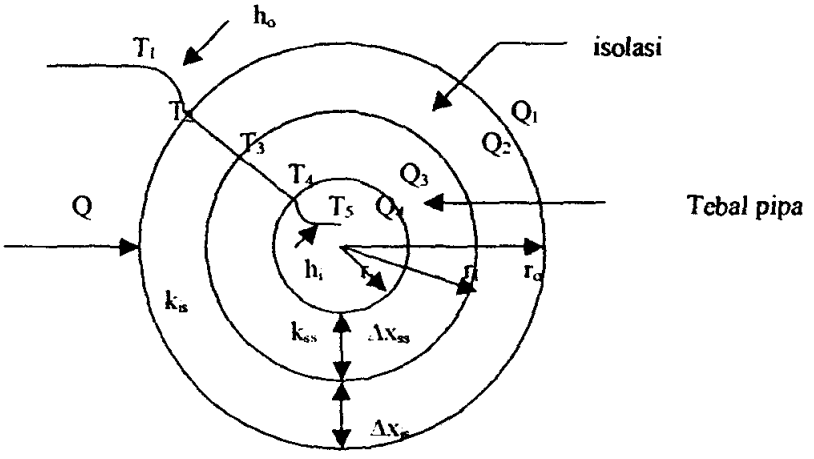
= 175,2 kal/mol°C

= 0,4074 kal/gr°C

= 1,7046 kJ/kg°C

- **Tangki Penampung Susu Segar (F-110)**





T_1 = 30 °C = 303 °K

T_5 = 4 °C = 277 °K

Asumsi : T_2 = 20 °C = 293 °K

Diasumsi terjadi kehilangan panas ke lingkungan sebelum berkontak dengan dinding bagian luar pipa yang telah diisolasi.

ρ susu segar (277 °K)= 1037,5 kg/m^3[2(2)]

k udara (295,5 °K) = 0,025855 W/m.°K

ρ udara (295,5 °K) = 1,1970 kg/m^3

μ udara (295,5 °K) = 1,8340.10^{-5} kg/m.s

Cp udara (295,5 °K) = 1004,8 J/kg.°K[(12)]

λ freon = 167357,2323 J/kg[(7)]

$$T_f = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{303 + 293}{2} = 298\,°K$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{298} = 3{,}3557.10^{-3}\,/\,°K^{(13)}$$

Asumsi: Tinggi pipa : H = 5 m

Bilangan *Grashoff*, N_{Gr} $= \dfrac{H^3.\rho^2.g.\beta.\Delta T}{\mu^2}$

$$= \frac{(5)^3.(1{,}1970)^2.9{,}8068.3{,}3841.10^{-3}.10}{\left(1{,}8340.10^{-5}\right)^2}$$

$$= 1{,}7671.10^{11}$$

Bilangan *Prandtl*, N_{Pr} $= \dfrac{Cp.\mu}{k} = \dfrac{1004.8.1{,}8340.10^{-5}}{0{,}025855} = 0{,}7128$

$N_{Gr}.N_{Pr} = 1{,}7671.10^{11}.0{,}7128 = 1{,}2596.10^{11}$

Untuk vertikal silinder dengan $N_{Gr}.N_{Pr} > 10^9$: $h = 1{,}24.\Delta T^{1/3}$

Diambil isolasi jenis *glasswool* dengan k_{is} = 0,0414 W/m.°K, karena konduktifitas dari jenis isolasi *glasswool* yang rendah.

Sebagai bahan konstruksi tangki digunakan *stainless steel* dengan k_w = 14,0125W/m.°K

Asumsi : r_i = 1 m

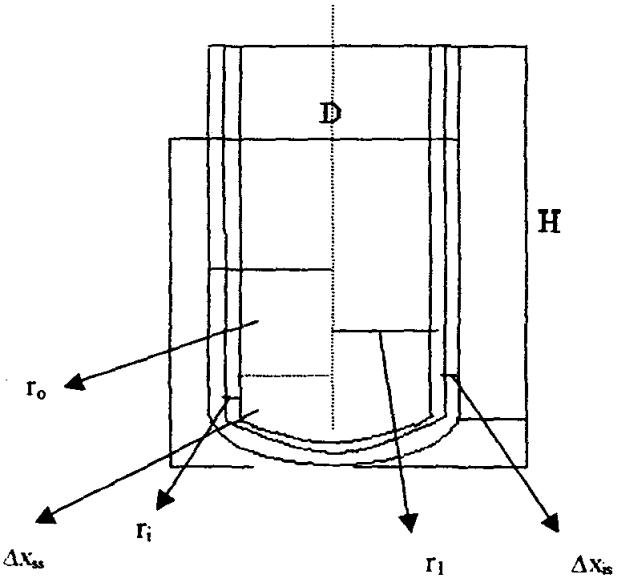
H = 5 m

$\Delta x_{ss} = 5.10^{-3}$ m

$$h_o = 1{,}24.(T_1 - T_2)^{1/3}$$
$$= 1{,}24.(303 - 293)^{1/3}$$
$$= 2{,}6715 \text{ W/m}^2.^{\circ}\text{K}$$

$$r_1 = r_i + \Delta x_{ss}$$
$$= 1 + 5.10^{-3}$$
$$= 1{,}005 \text{ m}$$

$$\Delta x_{is} = \frac{k_{is}}{h_o} = \frac{0{,}0414}{2{,}6715} = 0{,}01550 \text{m}$$



$$A_i = 2.\pi.r_i.H$$
$$= 2.\pi.1.5$$
$$= 31{,}4159 \text{ m}^2$$

$$r_o = r_i + \Delta x_{ss} + \Delta x_{is}$$
$$= 1 + 5.10^{-3} + 0{,}01550$$
$$= 1{,}0205 \text{ m}$$

$$A_o = 2.\pi r_o.H$$
$$= 2.\pi.1{,}0205.5$$
$$= 32{,}06 \text{ m}^2$$

$$A_1 = 2.\pi r_1.H$$
$$= 2.\pi.1{,}005.5$$
$$= 31{,}573 \text{ m}^2$$

$$A_{is_{lm}} = \frac{A_0 - A_1}{\ln\left(\frac{A_0}{A_1}\right)} = \frac{32,06 - 31,573}{\ln\left(\frac{32,06}{31,573}\right)} = 31,8159\,\text{m}^2$$

$$A_{ss_{lm}} = \frac{A_1 - A_i}{\ln\left(\frac{A_1}{A_i}\right)} = \frac{31,573 - 31,4159}{\ln\left(\frac{31,573}{31,4159}\right)} = 31,4943\ \text{m}^2$$

$$h_i = 1,24.(T_4 - T_5)^{1/3}$$
$$= 1,24.(T_4 - 277)^{1/3}\ \text{W/m}^2.^\circ\text{K}$$

$$U_i = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_{is}.A_i}{k_{is}.A_{is_{lm}}} + \frac{\Delta x_{ss}.A_i}{k_{ss}.A_{ss_{lm}}} + \frac{A_i}{A_o.h_o}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{1,24.(T_4 - 277)^{1/3}} + \frac{0,01550.31,4159}{0,0414.31,8159} + \frac{5.10^{-3}.31,4159}{14,0125.31,4943} + \frac{31,4159}{32,06.2,6715}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{1,24.(T_4 - 277)^{1/3}} + 0,7368}$$

$$Q_{overall} = Q_4$$

$$U_{i}.A_i.(T_1 - T_5) = h_i.A_i.(T_4 - T_5)$$

$$\frac{1}{\frac{1}{1,24.(T_4 - 277)^{1/3}} + 0,7368}.(303 - 277) = 1,24.(T_4 - 277)^{1/3}.(T_4 - 277)$$

$$\frac{26}{\frac{1}{1,24.(T_4 - 277)^{1/3}} + 0,7368} = 1,24.(T_4 - 277)^{4/3}$$

$$0 = (T_4 - 277) + 0,9136.(T_4 - 277)^{4/3} - 26$$

$$T_4 = 279,9496^\circ K = 6,9496^\circ C \approx 7^\circ C$$

Panas yang hilang = Panas CO_2

$$U_i.A_i.\left(T_1 - T_5\right) = (m.\lambda)CO_2$$

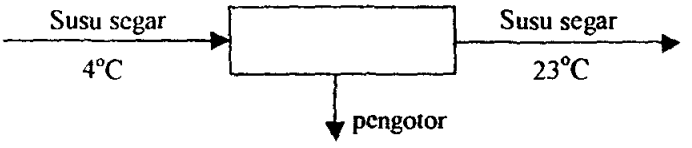
$$\frac{1}{\frac{1}{1,24.(279,9496-277)^{1/3}} + 0,7368}.31,4159.(303-277) = mCO_2.167357,2323$$

$$818,3704 = mCO_2.167357,2323$$

$$mCO_2 = 17,6039 \text{ kg/jam}$$

Masuk J		Keluar J	
$Q_{diserap}$ dari lingkungan	818,3704	$Q_{diserapCO_2}$	818,3704
	818,3704		818,3704

- ***Clarifier* (H-120)**



Entalpi masuk (ΔH_R) :

Susu segar :

- Air

$$\int_{277}^{303} Cp\, dT_{air} = \int_{277}^{303} (18,2964 + 47,212.10^{-2}T - 133,88.10^{-5}T^2 + 1314,2.10^{-9}.T^3).dT$$

$$= \left[18,2964.(303-277)\right] + \left[\frac{47,212.10^{-2}}{2}(303^2 - 277^2)\right] - \left[\frac{133,88.10^{-5}}{3}.(303^3 - 277^3)\right]$$

$$+ \left[\frac{1314,2.10^{-9}}{4}(303^4 - 277^4)\right]$$

$$= 475,7064 + 3.559,7848 - 2.929,381 + 835,0273$$

$$= 1.941,1375 \text{ kJ/kmol} = 107,841 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_1 = m.\int_{4}^{30} Cp\, dT_{air}$$

$$= 13.968\,kg/jam.\,107,841\,kJ/kg$$

$$= 1.506.323,088\ kJ/jam$$

- Lemak

$$\int_{277}^{303} Cp\, dT_{lemak} = \int_{277}^{303} (1,9842. + 1,4733.10^{-3}T - 4,8008.10^{-6}T^2)$$

$$= \left[1,9842.(303-277) + \left[\frac{1,4733.10^{-3}}{2}.(303^2 - 277^2)\right] - \left[\frac{4,8008.10^{-6}}{3}.(303^3 - 277^3)\right]\right]$$

$$= 51,5892 + 11,1087 - 10,5045$$

$$= 52,1934\,kJ/kg$$

$$\Delta H_2 = m.\int_{277}^{303} Cp\, dT_{lemak}$$

$$= 608\,kg/jam.\ 52,1934\,kJ/kg$$

$$= 31.733,5872\,kJ/jam$$

- Protein

$$\int_{277}^{303} Cp\, dT_{protein} = 2,0082(303-277) + \frac{1,2089.10^{-3}}{2}.(303^2 - 277^2)$$

$$- \frac{1,3129.10^{-6}}{3}.(303^3 - 277^3)$$

$$= 52,2132 + 9,1151 - 2,8727$$

$$= 58,4556\,kJ/kg$$

$$\Delta H_3 = m.\int_{277}^{303} Cp\, dT_{protein}$$

$$= 544\,kg/jam.\ 58,4556\,kJ/kg$$

$$= 31.799,8464\,kJ/jam$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{laktosa}.\Delta T$$

$$= 768\,kg/jam.\ 0,287\,kkal/kg.^{\circ}K.\ (303-277)\,^{\circ}K$$

$$= 5.730,816\,kkal/jam = 23.977,7341\,kJ/jam$$

- Abu

$$\int_{277}^{303} Cp\,dT_{abu} = 1{,}0926.(303-277) + \frac{1{,}8896.10^{-3}}{2}.(303^2 - 277^2) - \frac{3{,}6817.10^{-6}}{3}.(303^3 - 277^3)$$

$$= 28{,}4076 + 14{,}2476 - 8{,}0558$$

$$= 34{,}5994\ \text{kJ/kg}$$

$$\Delta H_5 = m.\int_{277}^{303} Cp\,dT_{abu}$$

$$= 112\ \text{kg}.\ 34{,}5994\ \text{kJ/kg}$$

$$= 3.875{,}1328\ \text{kJ/jam}$$

$$\sum \Delta H_R = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

$$= 1.597.709{,}389\ \text{kJ/jam}$$

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Susu segar :

- Air

$$\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air} = \int_{303}^{T} (18{,}2964 + 47{,}212.10^{-2}T - 133{,}88.10^{-5}T^2 + 1314{,}2.10^{-9}.T^3).dT$$

$$= \frac{[18{,}2964.(T-303)]}{18} + \left[\frac{47{,}212.10^{-2}}{18.2}(T^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{133{,}88.10^{-5}}{18.3}.(T^3 - 303^3)\right] + \left[\frac{1314{,}2.10^{-9}}{18.4}(T^4 - 303^4)\right]$$

$$= 1{,}0165.(T-303) + 0{,}0131.(T^2 - 303^2) - 2{,}4793.10^{-5}.(T^3 - 303^3) + 1{,}8253.10^{-8}(T^4 - 303^4)$$

$$= 1{,}0165.T - 307{,}9995 + 0{,}0131.T^2 - 1202{,}6979 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 689{,}6948 + 1{,}8253.10^{-8}.T^4 - 153{,}8526$$

$$= 1{,}8253.10^{-8}\,T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552$$

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air}$$

$$= 13.954{,}03\,kg/jam.\,(1{,}8253.10^{-8}.T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552)$$

$$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}25.T^3 + 182{,}7978.T^2 + 14.184{,}2715.T - 13.603.158{,}71$$

- Lemak

$$\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak} = \int_{303}^{T} (1{,}9842. + 1{,}4733.10^{-3}T - 4{,}8008.10^{-6}T^2)$$

$$= \left[1{,}9842.(T - 303) + \left[\frac{1{,}4733.10^{-3}}{2}.(T^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{4{,}8008.10^{-6}}{3}.(T^3 - 303^3)\right]\right]$$

$$= 1{,}9842.T - 601{,}2126 + 7{,}3665.10^{-4}T^2 - 67{,}6311 - 1{,}6003.10^{-6}T^3 + 44{,}5173$$

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 607{,}39.(-1{,}6003.10^{-6}.T^3 + 7{,}3665.10^{-4}.T^2 + 1{,}9842.T - 624{,}3264)$$

$$= -9{,}72.10^{-4}.T^3 + 0{,}4474.T^2 + 1.205{,}1832.T - 379.209{,}6121$$

- Protein

$$\int_{303}^{T} Cp\,dT_{protein} = 2{,}0082.(T - 303) + \frac{1{,}2089.10^{-3}}{2}.(T^2 - 303^2)$$

$$- \frac{1{,}3129.10^{-6}}{3}.(T^3 - 303^3)$$

$$= 2{,}0082.T - 608{,}4846 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 - 55{,}494 - 4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 12{,}1741$$

$$= -4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045$$

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{protein}$$

$$= 543{,}46.(-4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045)$$

$$= -2{,}3783.10^{-4}.T^3 + 0{,}3285.T^2 + 1.091{,}3764.T - 354.229{,}6736$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{m\,laktosa}.\Delta T$$
$$= 767{,}23\,kg/jam.\ 0{,}287\,kkal/kg.^{\circ}K.\ (T-303)^{\circ}K$$
$$= (220{,}195.T - 66.719{,}088)\ kkal/jam$$
$$= (921{,}2959.T - 279.152{,}6642)\ kJ/jam$$

- Abu

$$\int_{303}^{T} Cp\,dT_{abu} = 1{,}0926(T-303) + \frac{1{,}8896.10^{-3}}{2}.(T^2 - 303^2) - \frac{3{,}6817.10^{-6}}{3}.(T^3 - 303^3)$$
$$= -1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 34{,}1393 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 - 86{,}7411 + 1{,}0926.T - 331{,}0578$$
$$= -1{,}2272.10^{-6}T^3 + 9{,}448.10^{-4}T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596$$

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{abu}$$
$$= 111{,}89.(-1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596)$$
$$= -1{,}3731.10^{-4}.T^3 + 0{,}1057.T^2 + 122{,}251.T - 42.927{,}6726$$

$$\sum \Delta H_{P\,susu\,segar} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$
$$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}25.T^3 + 183{,}6794.T^2 + 17.524{,}378.T - 14.658.678{,}33$$

Kotoran :

- Air

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air}$$
$$= 13{,}97\,kg/jam.\ (1{,}8253.10^{-6}.T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552)$$
$$= 2{,}55.10^{-7}.T^4 - 3{,}5.10^{-4}.T^3 + 0{,}183.T^2 + 14{,}2005.T - 13.618{,}7217$$

- Lemak

$$\Delta H_2 = m\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak}$$
$$= 0{,}61\,(-1{,}6003.10^{-6}T^3 + 7{,}3665.10^{-4}T^2 + 1{,}9842.T - 624{,}3264)$$
$$= -9{,}7618.10^{-7}T^3 + 4{,}4936.10^{-4}T^2 + 1{,}2104.T - 380{,}8391$$

- Protein

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{T} Cp\, dT_{protein}$$

$$= 0{,}54.(-4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045)$$

$$= -2{,}3632.10^{-7}.T^3 + 3{,}264.10^{-4}.T^2 + 1{,}0844.T - 351{,}9744$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{m\ laktosa}.\Delta T$$

$$= 0{,}77\ kg/jam.\ 0{,}287\ kkal/kg.^{o}K.\ (T - 303)^{o}K$$

$$= (0{,}221.T - 66{,}96)\ kkal/jam$$

$$= (0{,}9247.T - 280{,}1606)\ kJ/jam$$

- Abu

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{T} Cp\, dT_{abu}$$

$$= 0{,}11.(-1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596)$$

$$= -1{,}3499.10^{-7}.T^3 + 1{,}0393.10^{-4}.T^2 + 0{,}1202.T - 42{,}2026$$

$$\sum \Delta H_{P\ kotoran} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

$$= 2.55.10^{-7}.T^4 - 0{,}019.T3 + 0{,}1839.T^2 + 17{,}5402.T - 14.673{,}8984$$

$$\sum \Delta H_R = \sum \Delta H_P$$

$$1.597.709{,}389\ kJ/jam = \sum \Delta H_{P\ susu\ segar} + \sum \Delta H_{P\ kotoran}$$

$$1.597.709{,}389\ kJ/jam = 2{,}5496.10^{-4}.T^4 - 0{,}269.T^3 + 183{,}8633.T^2 + 17.541{,}9182.T - 14.673.352{,}23$$

$$0 = 2{,}5496.10^{-4}.T^4 - 0{,}269.T^3 + 183{,}8633.T^2 + 17.541{,}9182.T - 16.271.061{,}62$$

$$T = 295{,}9176^{o}K = 22{,}9176^{o}C \approx 23^{o}C$$

- **Tangki Penampung Susu Segar (F-130)**

Entalpi masuk (ΔH_R) :

$\sum \Delta H_{R\ susu\ segar} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$

$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}2473.T^3 + 183{,}6794.T^2 + 17524{,}378.T - 14658678{,}33$

$= 1.596.111{,}68$ kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Susu segar :

- Air

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air}$$

$= 13.954{,}03$ kg/jam. $(1{,}8253.10^{-8}.T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552)$

$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}27.T^3 + 182{,}7978.T^2 + 14.184{,}2715.T - 13.603.158{,}71$

- Lemak

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak}$$

$= 607{,}39.(-1{,}6003.10^{-6}.T^3 + 7{,}3665.10^{-4}.T^2 + 1{,}9842.T - 624{,}3264)$

$= -9{,}72.10^{-4}.T^3 + 0{,}4474.T^2 + 1.205{,}1832.T - 379.209{,}6121$

- Protein

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{protein}$$

$= 543{,}46.(-4{,}3763.10^{-6}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045)$

$= -2{,}3783.10^{-3}.T^3 + 0{,}3285.T^2 + 1.091{,}3764.T - 354.229{,}6736$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{m\,laktosa}.\Delta T$$
$$= 767{,}23\,kg/jam.\ 0{,}287\,kkal/kg.^{\circ}K.\ (T-303)^{\circ}K$$
$$= (220{,}195.T - 66.719{,}088)\ kkal/jam$$
$$= (921{,}2959.T - 279.152{,}6642)\ kJ/jam$$

- Abu

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{abu}$$
$$= 111{,}89.(-1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596)$$
$$= -1{,}3731.10^{-4}.T^3 + 0{,}1057.T^2 + 122{,}251.T - 42.927{,}6726$$

$$\sum \Delta H_{P\,susu\,segar} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$
$$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}27.T^3 + 183{,}6794.T^2 + 17.524{,}378.T - 14.658.678{,}33$$

$$\sum \Delta H_R = \sum \Delta H_P$$

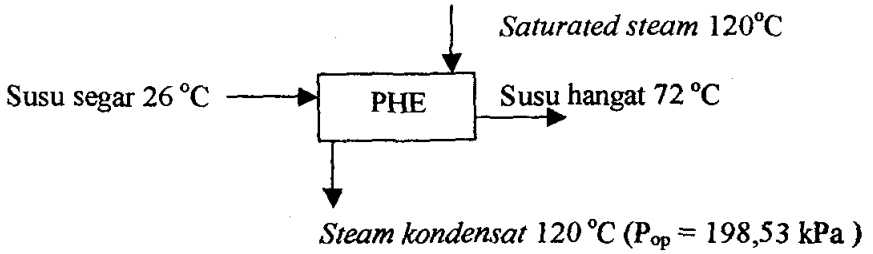
$1.596.111{,}68\ kJ/jam = 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}27.T^3 + 183{,}6794.T^2 + 17.524{,}378.T - 14.658.678{,}33$

$0 = 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}27.T^3 + 183{,}6794.T^2 + 17.524{,}378.T - 16.254.790{,}01$

$T = 298{,}9468^{\circ}K$

$= 25{,}95^{\circ}C \approx 26^{\circ}C$

- ***Plate Heat Exchanger*** **(E-210)**



Entalpi masuk PHE = Entalpi keluar tangki penampung susu segar

= 1.596.111,68 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Susu segar :

- Air

$$\int_{303}^{345} Cp\,dT_{air} =$$

$$\int_{303}^{345} (18{,}2964 + 47{,}212.10^{-2}T - 133{,}88.10^{-5}T^2 + 1.314{,}2.10^{-9}.T^3).dT$$

$$= \left[18.2964.(345-303)\right] + \left[\frac{47{,}212.10^{-2}}{2}(345^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{133{,}88.10^{-5}}{3}.(345^3 - 303^3)\right] + \left[\frac{1.314{,}2.10^{-9}}{4}(345^4 - 303^4)\right]$$

$$= 768{,}4488 + 6.424{,}609 - 5.911{,}0242 + 1.885{,}239$$

$$= 3.167{,}2726 \text{ kJ/kmol} = 175{,}9596 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{345} Cp\,dT_{air}$$

$$= 13.954{,}03 \text{ kg/jam}.175{,}9596 \text{ kJ/kg}$$

$$= 2.455.345{,}537 \text{ kJ/jam}$$

- Lemak

$$\int_{303}^{345} Cp\,dT_{lemak} = \int_{303}^{345} (1,9842. + 1,4733.10^{-3}T - 4,8008.10^{-6}T^2)$$

$$= \left[1,9842.(345-303) + \left[\frac{1,4733.10^{-3}}{2}.(345^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{4,8008.10^{-6}}{3}.(345^3 - 303^3)\right]\right]$$

$$= 83,3364 + 20,0487 - 21,1963$$

$$= 82,1888\ kJ/kg$$

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{345} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 607,39\ kg/jam.\ 82,1888\ kJ/kg$$

$$= 49.920,6552\ kJ/jam$$

- Protein

$$\int_{303}^{345} Cp\,dT_{protein} = 2,0082.(345-303) + \frac{1,2089.10^{-3}}{2}.(345^2 - 303^2)$$

$$- \frac{1,3129.10^{-6}}{3}.(345^3 - 303^3)$$

$$= 84,3444 + 16,4507 - 5,7967$$

$$= 94,9984\ kJ/kg$$

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{345} Cp\,dT_{protein}$$

$$= 543,46\ kg/jam.\ 94,9984\ kJ/kg$$

$$= 51.627,8305\ kJ/jam$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{laktosa}.\Delta T$$

$$= 767,23\ kg/jam.\ 0,287\ kkal/kg.^{\circ}K.\ (345-303)^{\circ}K$$

$$= 9.248,1904\ kkal/jam = 38.694,4286\ kJ/jam$$

- Abu

$$\int_{303}^{345} Cp\,dT_{abu} = 1{,}0926.(345-303) + \frac{1{,}8896.10^{-3}}{2}.(345^2 - 303^2)$$
$$- \frac{3{,}6817.10^{-6}}{3}.(345^3 - 303^3)$$
$$= 45{,}8892 + 25{,}7137 - 16{,}2553$$
$$= 55{,}3476\ kJ/kg$$

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{345} Cp\,dT_{abu}$$
$$= 111{,}89\ kg.\ 55{,}3476\ kJ/kg$$
$$= 6.192{,}843\ kJ/jam$$

$$\sum \Delta H_R = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$
$$= 2.601.781{,}294\ kJ/jam$$

Karena terjadi kehilangan panas ke lingkungan serta desain alat yang terisolasi sehingga panas yang hilang dapat diasumsi sebesar 5%.

Q loss = 5% Q *steam* masuk

Panas masuk = Panas keluar

Q input + Q *steam* = Q output + Q *loss*

1.596.111,68 kJ/jam + Q *steam* = 2.601.781,294 kJ/jam + 5% Q *steam*

$$Q\ steam = \frac{2.601.781{,}294 - 1.596.111{,}68}{0{,}95}$$

$$= 1.058.599{,}594\ kJ/jam$$

Steam yang digunakan adalah *saturated steam* pada suhu 120°C, P_{op} = 198,53 kPa

Dari *steam table* Geankoplis hal 857

Hv = 2706,3 kJ/kg

Hl = 503,71 kJ/kg

λ = Hv – Hl

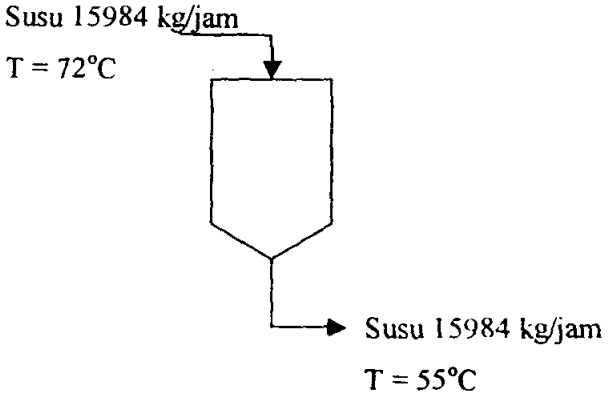
= (2706,3 – 503,71) kJ/kg

= 2.202,59 kJ/kg

Q yang disuplai *steam* = m . λ

$$\text{Massa } steam = \frac{Q\,\text{sup}\,lai}{\lambda} = \frac{1.058.599{,}594\ kj/jam}{2.202{,}59\ kJ/kg} = 480{,}6158 \text{ kg/jam}$$

- **Tangki Penampung Susu (F-220)**



Entalpi masuk (ΔH_R) :

Entalpi masuk *holding tank* = Entalpi keluar PHE

= 2.601.781,294 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Terjadi kehilangan panas ke lingkungan sehingga T input ≠ T output

Diasumsi Q loss = 10% Q input

Suhu output ditrial sampai panas masuk = panas keluar

Susu segar :

- Air

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air}$$

$$= 13.954{,}03\ \text{kg/jam}.(1{,}8253.10^{-8}.T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552)$$

$$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}324.T^3 + 182{,}7978.T^2 + 14.184{,}2715.T - 13.603.158{,}71$$

- Lemak

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 607{,}39.(-1{,}6003.10^{-6}.T^3 + 7{,}3665.10^{-4}.T^2 + 1{,}9842.T - 624{,}3264)$$

$$= -9{,}72.10^{-4}.T^3 + 0{,}4474.T^2 + 1.205{,}1832.T - 379.209{,}6121$$

- Protein

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{protein}$$

$$= 543{,}46.(-4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045)$$

$$= -2{,}3783.10^{-4}.T^3 + 0{,}3285.T^2 + 1.091{,}3764.T - 354.229{,}6736$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{m\,laktosa}.\Delta T$$

$$= 767{,}23\ \text{kg/jam}.\ 0{,}287\ \text{kkal/kg.}^{\circ}\text{K}.\ (T - 303)^{\circ}K$$

$$= (220{,}195.T - 66.719{,}088)\ kkal/\text{jam}$$

$$= (921{,}2959.T - 279.152{,}6642)\ \text{kJ/jam}$$

- Abu

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{abu}$$

$$= 111{,}89.(-1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596)$$

$$= -1{,}3731.10^{-4}.T^3 + 0{,}1057.T^2 + 122{,}251.T - 42.927{,}6726$$

$\sum \Delta H_{P\ susu\ segar} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$

$0,9.\ 2.601.781,294 = 2,547.10^{-4}.T^4 - 0,324.T^3 + 183,6794.T^2 + 17.524,378.T - 14.658.678,33$

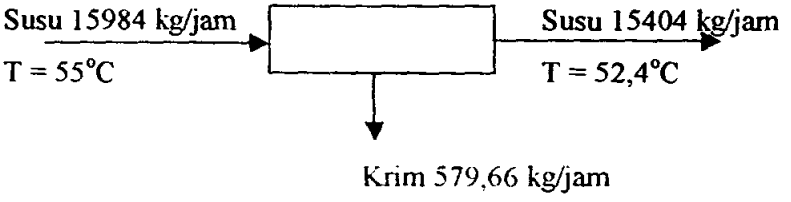
$2.341.603,165\ kJ/jam = 2,547.10^{-4}.T^4 - 0,324.T^3 + 183,6794.T^2 + 17.524,378.T - 14.658.678,33$

$0 = 2,547.10^{-4}.T^4 - 0,34.T^3 + 183,6794.T^2 + 17.524,378.T - 17.000.281,5$

$T = 328,0285°K$

$= 55,0285°C \approx 55°C$

- ***Disk Centrifuge*** **(H-310)**



Entalpi masuk (ΔH_R) :

Entalpi masuk *disk centrifuge* = Entalpi keluar tangki penampung susu

= 2.601.781,294 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Terjadi kehilangan panas sehingga T input ≠ T output

Karena desain dari alat yang terbuka sehingga terjadi kehilangan panas ke lingkungan diasumsi sebesar 15%

Q loss = 15% Q input

Susu segar :

- Air

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air}$$

$$= 13.954{,}03\ kg/jam.\ (1{,}8253.10^{-8}.T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552)$$

$$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}324.T^3 + 182{,}7978.T^2 + 14.184{,}2715.T - 13.603.158{,}71$$

- Lemak

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 607{,}39.(-1{,}6003.10^{-6}.T^3 + 7{,}3665.10^{-4}.T^2 + 1{,}9842.T - 624{,}3264)$$

$$= -9{,}72.10^{-4}.T^3 + 0{,}4474.T^2 + 1.205{,}1832.T - 379.209{,}6121$$

- Protein

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{protein}$$

$$= 543{,}46.(-4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045)$$

$$= -2{,}3783.10^{-4}.T^3 + 0{,}3285.T^2 + 1.091{,}3764.T - 354.229{,}6736$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.\,Cp_{m\,laktosa}.\,\Delta T$$

$$= 767{,}23\ kg/jam.\ 0.287\ kkal/kg.^{o}K.\ (T - 303)^{o}K$$

$$= (220.195.T - 66.719{,}088)\ kkal/jam$$

$$= (921.2959.T - 279.152{,}6642)\ kJ/jam$$

- Abu

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{abu}$$

$$= 111{,}89.(-1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596)$$

$$= -1{,}3731.10^{-4}.T^3 + 0{,}1057.T^2 + 122{,}251.T - 42.927{,}6726$$

$$\sum \Delta H_{P\ susu\ segar} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

$$0{,}85\ 2.601.781{,}294 = 2{,}547\ 10^{-4}.T^4 - 0{,}324\ T^3 + 183{,}6794.T^2 + 17.524{,}378.T -$$

$$14.658.678{,}33$$

$2.211.514,1$ kJ/jam $= 2,547.10^{-4}.T^4 - 0,324.T^3 + 183,6794.T^2 +$

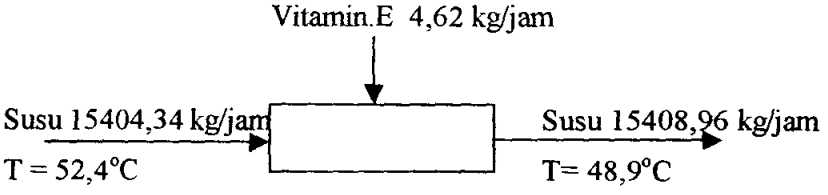
$17.524,378.T-14.658.678,33$

$0 = 2,547.10^{-4}.T^4 - 0,324.T^3 + 183,6794.T^2 +$

$17.524,378.T-16.870.192,43$

$T = 325,4022°K = 52,4°C$

- **Tangki Pencampuran (M-320)**



Entalpi masuk (ΔH_R) :

Susu segar :

Entalpi masuk *Mixer* = Entalpi keluar *disk centrifuge*

= 2.211.514,1 kJ/jam

Vitamin.E :

$\Delta H_6 = m.Cp_{m\ vitamin\ E}.\Delta T$

$= 4,62\ kg/jam.1,7046\ kJ/kg.°C.(30-25)°C$

$= 39,3763\ kJ/jam$

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Terjadi kehilangan panas sehingga T input ≠ T output

Diasumsi Q *loss* = 15% Q input

Karena terjadi kehilangan panas pada lingkungan serta desain tangki yang terbuka

Suhu output ditrial sampai panas masuk = panas keluar

Susu segar :

- Air

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{air}$$

$$= 13.954{,}03\ kg/jam.(1{,}8253.10^{-8}.T^4 - 2{,}4793.10^{-5}.T^3 + 0{,}0131.T^2 + 1{,}0165.T - 974{,}8552)$$

$$= 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}324.T^3 + 182{,}7978.T^2 + 14.184{,}2715.T - 13.603.158{,}71$$

- Lemak

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 27{,}73.(-1{,}6003.10^{-6}T^3 + 7{,}3665.10^{-4}.T^2 + 1{,}9842.T - 624{,}3264)$$

$$= -4{,}437.10^{-5}.T^3 + 0{,}0204.T^2 + 55{,}0219.T - 17.312{,}5711$$

- Protein

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{protein}$$

$$= 543{,}46.(-4{,}3763.10^{-7}.T^3 + 6{,}0445.10^{-4}.T^2 + 2{,}0082.T - 651{,}8045)$$

$$= -2{,}3783.10^{-4}.T^3 + 0{,}3285.T^2 + 1.091{,}3764.T - 354.229{,}6736$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{m\,laktosa}.\Delta T$$

$$= 767{,}23\ kg/jam.\ 0{,}287\ kkal/kg.^{\circ}K.\ (T - 303)^{\circ}K$$

$$= (220{,}195.T - 66.719{,}088)\ kkal/jam$$

$$= (921{,}2959.T - 279.152{,}6642)\ kJ/jam$$

- Abu

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{T} Cp\,dT_{abu}$$

$$= 111{,}89.(-1{,}2272.10^{-6}.T^3 + 9{,}448.10^{-4}.T^2 + 1{,}0926.T - 383{,}6596)$$

$$= -1{,}3731.10^{-4}.T^3 + 0{,}1057.T^2 + 122{,}251.T - 42.927{,}6726$$

- Vitamin.E

$\Delta H_6 = m.Cp_{m\,vitamin\,E}.\Delta T$

$= 4{,}62\,kg/jam.1{,}7046\,kJ/kg.^{\circ}C.\,(T-30)^{\circ}C$

$= (7{,}8753.T - 236{,}2576)\,kJ/jam$

$\sum \Delta H_{P\,susu\,segar} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$

$0{,}85.\ 2.211.553{,}476 = 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}3244.T^3 + 183{,}2524.T^2 +$

$16.382{,}092.T - 14.297.017{,}55$

$1.879.820{,}455\ kJ/jam = 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}3244.T^3 + 183{,}2524.T^2 +$

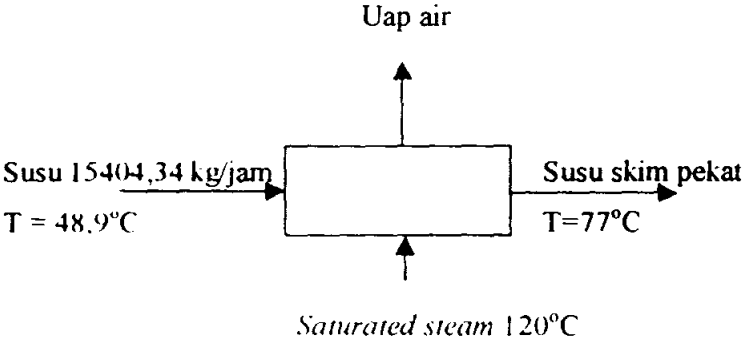
$16.382{,}092.T - 14.297.017{,}55$

$0 = 2{,}547.10^{-4}.T^4 - 0{,}3244.T^3 + 183{,}2524.T^2 +$

$16382{,}092.T - 16.176.838$

$T = 321{,}9088^{\circ}K = 48{,}9^{\circ}C$

- **Evaporator (V-410)**



Entalpi masuk (ΔH_R) :

Susu skim :

Entalpi masuk *Evaporator* = Entalpi keluar *Mixer*

= 1.879.820,455 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Karena terjadi kehilangan panas dari *steam* ke lingkungan malalui bahan maka O *loss* diasumsi sebesar 5% dari panas *steam*

- Suhu keluar evaporator ditetapkan sebesar 77°C
- *Saturated steam* yang digunakan pada 120°C pada P_{op} = 198,53 kPa

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Susu skim pekat :

- Air

$$\int_{303}^{350} Cp\, dT_{air} =$$

$$\int_{303}^{350} (18{,}2964 + 47{,}212.10^{-2}T - 133{,}88.10^{-5}T^2 + 1314{,}2.10^{-9}.T^3).dT$$

$$= [18{,}2964.(350-303)] + \left[\frac{47{,}212.10^{-2}}{2}(350^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{133{,}88.10^{-5}}{3}.(350^3 - 303^3)\right]$$

$$+ \left[\frac{1314{,}2.10^{-9}}{4}(350^4 - 303^4)\right]$$

=859,9308+7.244,9175-6.719,3805+2.160,991

= 3.546,4588 kJ/kmol = 197,0255 kJ/kg

$$\Delta H_1 = m \int_{303}^{350} Cp\, dT_{air}$$

$$= 1.778{,}25\,\text{kg/jam}.197{,}0255\,\text{kJ/kg}$$

$$= 350.360{,}5954\ \text{kJ/jam}$$

- Lemak

$$\int_{303}^{350} Cp\,dT_{\text{lemak}} = \int_{303}^{350} (1{,}9842. + 1{,}4733.10^{-3}T - 4{,}8008.10^{-6}T^2)$$

$$= \left[1{,}9842.(350-303) + \left[\frac{1{,}4733.10^{-3}}{2}.(350^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{4{,}8008.10^{-6}}{3}.(350^3 - 303^3)\right]\right]$$

$$= 93{,}2574 + 22{,}6085 - 24{,}095$$

$$= 91{,}7709\ \text{kJ/kg}$$

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{350} Cp\,dT_{\text{lemak}}$$

$$= 27{,}73\ \text{kg/jam}.\ 91{,}7709\ \text{kJ/kg}$$

$$= 2.544{,}8071\ \text{kJ/jam}$$

- Protein

$$\int_{303}^{350} Cp\,dT_{\text{protein}} = 2{,}0082.(350-303) + \frac{1{,}2089.10^{-3}}{2}.(350^2 - 303^2) - \frac{1{,}3129.10^{-6}}{3}.(350^3 - 303^3)$$

$$= 94.3854 + 18{,}5512 - 6{,}5894$$

$$= 106{,}3472\ \text{kJ/kg}$$

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{350} Cp\,dT_{\text{protein}}$$

$$= 543.46\ \text{kg/jam}.\ 106.3472\ \text{kJ/kg}$$

$$= 57.795{,}45\ \text{kJ/jam}$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.\,Cp_{\text{laktosa}}.\,\Delta T$$

$$= 767.23\ \text{kg/jam}.\ 0.287\ \text{kkal/kg.}^{\circ}\text{K}.\ (350-303)^{\circ}K$$

$$= 10.349{,}1655\ kkal/jam = 43.300{,}9083\ \text{kJ/jam}$$

- Abu

$$\int_{303}^{350} Cp\,dT_{abu} = 1{,}0926.(350-303) + \frac{1{,}8896.10^{-3}}{2}.(350^2 - 303^2) - \frac{3{,}6817.10^{-6}}{3}.(350^3 - 303^3)$$

$$= 51{,}3522 + 28{,}9969 - 18{,}4783$$

$$= 61{,}8708\ kJ/kg$$

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{350} Cp\,dT_{abu}$$

$$= 111{,}89\ kg.\ 61{,}8708\ kJ/kg$$

$$= 6.922{,}7238\ kJ/jam$$

$$\sum \Delta H_p = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

$$= 460.924{,}294\ kJ/jam$$

Suhu keluar = 77°C

Hv 77°C = 2638,66 kJ/kg ; HI 77°C = 322,322 kJ/kg[12]

Q uap air = V x (Hv – Hl)

= 12175,78 x (2638,66-322,322)

= 28.203.221,89 kJ/jam

Q output = Q susu skim pekat + Q uap air

= (460924,294 + 28203221,89) kJ/jam

= 28.664.146,19 kJ/jam.

Panas masuk = Panas keluar

Q input + Q *steam* = Q output + Q *loss*

1.879.820.455 kJ/jam + Q *steam* = 28.664.146,19 kJ/jam + 5% Q *steam*

0,95 Q *steam* = 26.784.325,74 kJ jam

Q *steam* = 28.194.027,09 kJ/jam

Q *loss* = 5% x 28.194.027,09 kJ/jam

= 1.409.701,355 kJ/jam

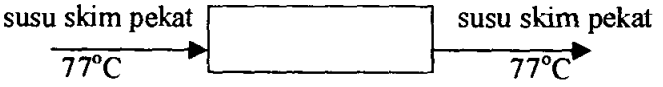
T saturated steam 120°C pada P_{op} = 198,53 kPa

Hv 120°C= 2706,3 kJ/kg ; Hl 120°C = 503,71 kJ/kg[12]

$Q = ms \cdot \lambda_{wet}$

$$\text{Massa } steam = \frac{28.194.027,09 kJ/jam}{(2706,3 - 503,71) kJ/kg} = 12800,39 \text{ kg/jam}$$

- **Tangki Penampung Susu Skim Pekat (F-420)**



Pada Tangki Penampung Susu Skim Pekat ini dijaga suhunya agar tetap 77°C, serta tangki ini diisolasi dengan menggunakan *jacket* untuk meminimalisir terjadinya kehilangan panas.

Entalpi masuk (ΔH_R) :

Susu skim pekat :

Entalpi masuk Tangki Penampung = Entalpi keluar evaporator

= 460.924,294 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Diasumsi terjadi kehilangan panas sebesar 5 % dari panas bahan masuk

Panas masuk = Panas keluar

Q input + Q *steam* = Q output + Q *loss*

460.924,294 + Q *steam* = 460.924,294 + 23.046,21

Q *steam* = 23.046,21 kJ/jam

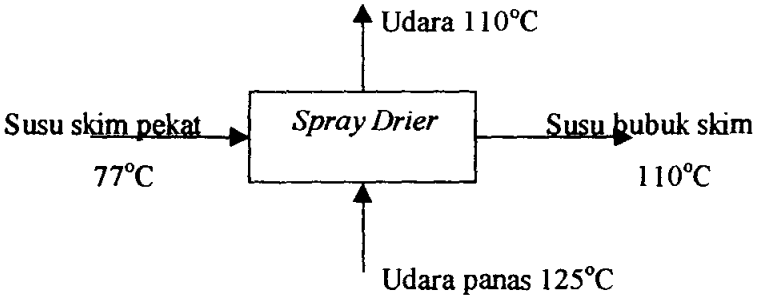
T *saturated steam* 120°C pada P_{op} = 198,53 kPa

Hv 120°C= 2706,3 kJ/kg ; Hl 120°C = 503,71 kJ/kg[12]

$Q = ms \cdot \lambda_{wet}$

$$\text{Massa } steam = \frac{23.046{,}21\ kJ/jam}{(2706{,}3 - 503{,}71)kJ/kg} = 10{,}46\,\text{kg/jam}$$

- ***Spray Drier* (B-510)**



Udara panas masuk sebesar 125°C sehingga dapat menghasilkan susu bubuk dengan kadar air sebesar 3,5%[11]

Entalpi masuk (ΔH_R) :

Susu skim pekat :

Entalpi masuk *Spray Drier* = Entalpi keluar *Evaporator*

= 460.924,294 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Susu bubuk skim

- Air

$$\int_{303}^{383} Cp\,dT_{air} = \int_{303}^{383} (18{,}2964 + 47{,}212.10^{-2}T - 133{,}88.10^{-5}T^2 + 1314{,}2.10^{-9}T^3).dT$$

$$= \left[18{,}2964.(383-303)\right] + \left[\frac{47{,}212.10^{-2}}{2}(383^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{133{,}88.10^{-5}}{3}.(383^3 - 303^3)\right]$$

$$+ \left[\frac{1314{,}2.10^{-9}}{4}(383^4 - 303^4)\right]$$

$$= 1.463{,}712 + 12.954{,}9728 - 12.657{,}801 + 4300{,}3155$$

$$= 6.061{,}1993 \text{ kJ/kmol} = 336{,}73 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{363} Cp\,dT_{air}$$

$$= 52{,}77 \text{ kg/jam}. 336{,}73 \text{ kJ/kg}$$

$$= 17.769{,}2421 \text{ kJ/jam}$$

- Lemak

$$\int_{303}^{383} Cp\,dT_{lemak} = \int_{303}^{383} (1{,}9842. + 1{,}4733.10^{-3}T - 4{,}8008.10^{-6}T^2)$$

$$= \left[1{,}9842.(383-303) + \left[\frac{1{,}4733.10^{-3}}{2}.(383^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{4.8008.10^{-6}}{3}.(383^3 - 303^3)\right]\right]$$

$$= 158{,}736 + 40{,}4274 - 45{,}3896$$

$$= 153{,}7738 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{383} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 27{,}73 \text{ kg/jam}. 153{,}7738 \text{ kJ/kg}$$

$$= 4.264{,}1475 \text{ kJ/jam}$$

- Protein

$$\int_{303}^{383} Cp\,dT_{protein} = 2{,}0082(383-303) + \frac{1{,}2089.10^{-3}}{2}.(383^2 - 303^2)$$

$$- \frac{1{,}3129.10^{-6}}{3}(383^3 - 303^3)$$

$$= 160.656 + 33.1722 - 12.413$$

$$= 181.4152 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{383} Cp\, dT_{protein}$$

$$= 543{,}46\,kg/jam.\ 181{,}4152\,kJ/kg$$

$$= 98.591{,}905\,kJ/jam$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{m\,laktosa}.\Delta T$$

$$= 767{,}23\,kg/jam.\ 0{,}287\,kkal/kg.^{\circ}K.\ (383-303)^{\circ}K$$

$$= 17.615{,}6008\ kkal/jam = 73703{,}674\,kJ/jam$$

- Abu

$$\int_{303}^{383} Cp\, dT_{abu} = 1{,}0926.(383-303) + \frac{1{,}8896.10^{-3}}{2}.(383^2 - 303^2)$$

$$- \frac{3{,}6817.10^{-6}}{3}.(383^3 - 303^3)$$

$$= 87{,}408 + 51{,}8506 - 34{,}809$$

$$= 104{,}4496\,kJ/kg$$

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{383} Cp\, dT_{abu}$$

$$= 111{,}89\,kg.\ 104{,}4496\,kJ/kg$$

$$= 11.686{,}8657\,kJ/jam$$

- Vitamin.E

$$\Delta H_6 = m.Cp_{m\,vitamin\,E}.\Delta T$$

$$= 4{,}62\,kg/jam.\ 1{,}7046\,kJ/kg.^{\circ}C.\ (110-30)^{\circ}C$$

$$= 630{,}0202\ kJ/jam$$

$$\sum \Delta H_R = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$

$$= 206.645{,}8545\ kJ/jam$$

Mencari Cp uap air rata-rata pada 75°C hingga 110°C dan 75°C hingga 125°C

Dari Tabel A.2-12 [12]

T, °C	T, °K	Cp, J/gr.°K
77	350	1,87834
81,125	354,125	1,88
85,25	358,25	1,8818
89,375	362,375	1,8835
93,5	366,5	1,88527
97,625	370,625	1,887
101,75	374,75	1,888735
105,875	378,875	1,8905
110	383	1,8923

T, °C	Cp, kJ/kg.°C
77	1,009
81,8	1,009
86,6	1,009
91,4	1,00932
96,2	1,00962
101	1,01016
105,8	1,01093
110,6	1,0117
115,4	1,0125
120,2	1,0132
125	1,014

Cp rata-rata dihitung dengan metode trapezoidal :

$$Cp_{\text{uap air rata-rata}}$$

$$= \frac{\frac{4,125}{2}(1,87834 + 2(1,88 + 1,8818 + 1,8835 + 1,88527 + 1,887 + 1,888735 + 1,8905) + 1,8923)}{383 - 350}$$

$$= \frac{\frac{4,125}{2}(1,87834 + 2(1,88 + 1,8818 + 1,8835 + 1,88527 + 1,887 + 1,888735 + 1,8905) + 1,8923)}{383 - 350}$$

$$= 1,8853 \text{ kJ/kg.°K}$$

Cp udara rata-rata dihitung dengan metode trapezoidal :

$Cp_{\text{udara rata-rata}}$:

$$\frac{\frac{\Delta T}{2}(1{,}009+2(1{,}009+1{,}009+1{,}00932+1{,}00962+1{,}01016+1{,}01093+1{,}0117+1{,}0125+1{,}0132)+1{,}014)}{T_2-T_1}$$

$$\frac{\frac{4{,}8}{2}(1{,}009+2(1{,}009+1{,}009+1{,}00932+1{,}00962+1{,}01016+1{,}01093+1{,}0117+1{,}0125+1{,}0132)+1{,}014)}{125-77}$$

= 1,01063 kJ/kg°C

Mencari Cp udara rata-rata pada 75°C hingga 110°C

$Cp_{\text{udara rata-rata}}$:

$$\frac{\frac{\Delta T}{2}(1{,}009+2(1{,}009+1{,}009+1{,}00932+1{,}00962+1{,}01016+1{,}01093)+1{,}0117}{T_2-T_1}$$

$$\frac{\frac{4.8}{2}(1{,}009+2(1{,}009+1{,}009+1{,}00932+1{,}00962+1{,}01016+1{,}01093)+1{,}0117}{T_2-T_1}$$

= 1,0097 kJ/kg°C

Asumsi: Q loss (sepanjang dinding dryer) sebesar 10% dari udara panas masuk.[14]

ΔH udara masuk = m udara x Cp udara rata-rata x (T udara masuk-Tref)

= m_u x 1,01063 x (125-30)

= 96,01 m_u kJ

ΔH uap air keluar = m uap air x Cp uap air rata-rata x (T uap air keluar-Tref)

= 1725,48 x 1,8853 x (110-30)

= 260.285,207 kJ

ΔH udara keluar = m udara x Cp udara rata-rata x (T udara keluar-Tref)

$= m_u \times 1{,}0097 \times (110-30)$

$= 80{,}776\ m_u$ kJ

$Qin = Qout + Qloss$

$460.924{,}294 + 96{,}01\ m_u = 206.645{,}8545 + 260.285{,}207 + 80{,}776\ m_u + (96{,}01\ m_u \times 0{,}05)$

m udara = 575,72 kg

Relative humidity rata-rata di Indonesia = 70-90% [15]

diambil relative humidity =

$$H_R = 70 = 100\frac{Pa}{Pas} \qquad \ldots\ldots(1)$$

Udara dengan suhu 30°C dan P = 101,325 kPa, maka Pas = 4,246 kPa [12]

Substitusi Pas = 4,246 kPa ke persamaan (1), sehingga didapatkan:

$$Pa = \left(\frac{70}{100}\right).4{,}246 = 2{,}9722 \text{ kPa}$$

Mencari humidity udara masuk dryer [12]

$$H_1 = \frac{18{,}02}{28{,}97}\left(\frac{Pa}{P-Pa}\right) = \frac{18{,}02}{28{,}97}\left(\frac{2{,}9722}{101{,}325-2{,}9722}\right)$$

$= 0{,}0188$ kg H_2O/kg udara kering

Suhu udara masuk dryer = 125°C

Entalpi udara masuk dryer

$$Hg_1 = Cs.(T-To)+H_1.\lambda o \qquad \ldots\ldots(2)$$

Di mana $Cs = 1{,}005 + 1{,}88\ H_1$

λo pada To = 30°C = 2430,51 kJ/kg[12]

Persamaan (2) menjadi $Hg_1 = (1,005+1,88.H_1).(T-To) + H_1.2430,51$

$= (1,005+1,88.0,0188).(125-30)+0,0188.2430,51$

$= 144,5263$ kJ/kg udara kering

Suhu udara keluar *drier* = 110 °C

Entalpi udara keluar *spray drier*

$Hg_2 = (1,005+1,88.H_2).(T-To)+H_2.\lambda o$

$= (1,005+1,88\ H_2).(110-30)+H_2.2430,51$

$= 80,4 + 2580,91.H_2$ kJ/kg udara kering

Neraca massa air

$G.H_1$ + air dari bahan masuk = $G.H_2$ + air dari bahan keluar

$G.0,0188 + 1778,25 = G.H_2 + 52,77$

$$G=\frac{1725,48}{(H_2-0,0188)} \text{ kg/kg udara kering} \quad \ldots\ldots(3)$$

Neraca panas total

Q udara masuk + Q bahan masuk = Q udara + Q bahan keluar + Q loss

$G.Hg_1 + 460924,294 = G.Hg_2 + 206.645,8545 + 10\%.\ G.Hg_1$

$90\%.\ G.Hg_1 + 460.924,294 = G\ (80,4 + 2580,91.H_2) + 206.645,8545$

$130,0737.\ G + 460.924,294 = 80,4.\ G + 2580,91.G.H_2 + 206.645,8545$

$$G=\frac{254278,4395}{(49,6737-2580,91.H_2)}$$

Dari persamaan (3) dan (4)

$$\frac{1725,48}{(H_2-0,0188)}=\frac{254278,4395}{(49,6737-2580,91.H_2)}$$

$H_2 = \frac{86107,2331}{4694781,242} = 0,0183$ kg H_2O/kg udara kering

$Hg_2 = 80,4 + 2580,91.\ 0,0183 = 123,4208$ kJ/kg udara kering

$G = \frac{254278,4395}{(49,6737 - 47,2307)} = 104084,5025$ kg udara kering

Q udara masuk = $G.Hg_1$ = 104084,5025. 144,5263 = 15.042.948,03 kJ = H udara masuk

Q udara keluar = $G.Hg_2$ = 104084,5025. 123,4208 = 12.846.195,3 kJ = H udara keluar

Massa udara masuk =$(1+H_1).G$ = (1+0,0188). 104084,5025 = 106041,2911 kg/jam

Massa udara keluar = $(1+H_2).G$ = (1+0,0183). 104084,5025 = 105989,2489 kg/jam

Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
ΔH bahan masuk	460.924,294	ΔH bahan keluar	206.645,8545
ΔH udara masuk	15.042.948,03	ΔH udara keluar	12.846.195,3
		ΔH uap air keluar	946.736,3664
		Qloss	1.504.294,803
Total	15.503.872,32	Total	15.503.872,32

APPENDIX C

PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN

1. Tangki Penampungan awal

Fungsi : menyimpan susu segar selama menunggu proses selanjutnya

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *dished head* dan dilengkapi dengan pengaduk dan *coil pendingin* [11]

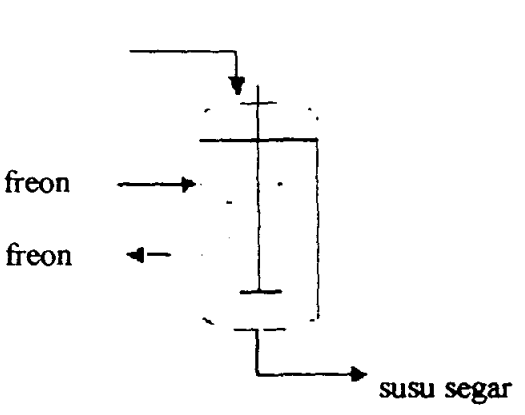
Dasar Pemilihan : untuk menyimpan bahan yang berbentuk cair

Kondisi operasi : T = 4°C

Sistem operasi : *batch*

Jumlah : 4 buah

Gambar :



Perhitungan :

Rate larutan masuk : 16.000 $^{kg}/_{jam}$

ρ susu segar : $1032\ {}^{kg}/_{m^3} = 64{,}4273\ {}^{lbm}/_{ft^3}$

waktu tinggal : 1 jam

volume larutan total : $\dfrac{16.000\ {}^{kg}/_{jam}}{1032\ {}^{kg}/_{m^3}}.1\,jam = 15{,}5039 m^3$

$= 547{,}4951 ft^3$

Diambil : tinggi *shell* (Hs) = 1,5 . Diameter *shell* (D)

Menurut Geankoplis[12] :

tinggi *shell* (Hs) = (1,5-2) . Diameter *shell* (D)

tetapi diambil 1,5 agar tangki efisien dalam segi harga alat dan tidak terlalu menghabiskan tempat karena terlalu besar.

Volume *shell* = $(\pi/4).D^2.Hs = (\pi/4).D^2.1{,}5.D = (\pi/4).1{,}5.D^3$

Volume *torispherical dished head* (ft^3) = 0,000049 x D^3 (in)[16]

Volume tangki penampung = volume *shell* + (2 . volume *dished head*)

Diambil : volume tangki penampung = 1,3 . volume larutan total

Menurut Geankoplis[12] :

vol.tangki penampung = 1,2 vol. lart. total

tetapi diambil 1,3 karena pada susu segar terdapat *foam* yang memiliki ketebalan yang terletak di permukaan cairan susu segar.

$$1{,}3 \times 547{,}4951 ft^3 = (\pi/4).1{,}5.D^3.\left(\frac{1\,ft}{12in}\right)^3 + \left(2 \times 0{,}000049 \times D^3\right)$$

$$711{,}7436 ft^3 = 6{,}8177.10^{-4}.D^3 + 9{,}8.10^{-5}.D^3$$

$$711{,}7436 ft^3 = 7{,}7977.10^{-4}.D^3$$

$$D = 97,0031 in = 8,0836 ft \approx 8,1 ft$$
$$Hs = 1,5.D = 1,5.(8,1 ft) = 12,15 ft \approx 12,2 ft$$

Volume larutan dalam *dish* $= 0,000049 \, . \, D^3$

$= 0,000049 \, . \, (97,0031 \text{ in})^3$

$= 44,7253 \text{ ft}^3$

Volume larutan dalam *shell* = vol. lart. total – vol. lart. dalam *dish*

$= (547,4951 - 44,7253) \text{ ft}^3$

$= 502,7698 \text{ ft}^3$

Tinggi lart. dalam *shell* (H) $= \dfrac{vol.lart.dlm.shell}{\frac{\pi}{4}.D^2}$

$= \dfrac{502,7698 ft^3}{\frac{\pi}{4}.(8,1 ft)^2}$

$= 9,7618 \text{ ft}$

P operasi = P hidrostatis $= \left(\dfrac{\rho \times H}{144}\right) \text{ psi}$

$= \left(\dfrac{64,4273 \, lbm/ft^3 \times 9,7618 ft}{144}\right)$

$= 4,3675 \text{ psi}$

P desain = 1,5 x P operasi = 1,5 x 4,3675 psi = 6,5513 psi

Tebal *Shell*

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (f.E - 0,6P)} + c \quad (16)$$

dimana :

P = P desain = 6,5513 psi

ID = 8,1 ft = 97,0031 in

Konstruksi : bahan konstruksi = *carbon steel* SA-283, *grade* D, dengan

f = strees maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = *double-welded butt joint*, dengan

E = *welded-joint efficiency* = 0,8[15]

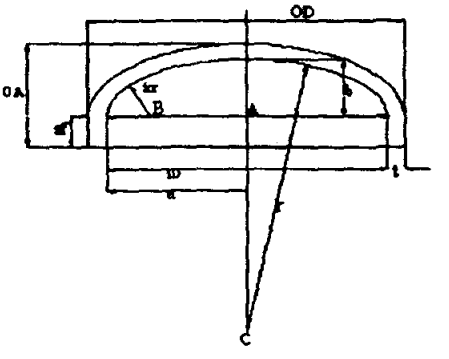
c = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{(6{,}5513\,psi)\times(97{,}003\,1in)}{2\times((12650\times0{,}8)-(0{,}6\times6{,}5513))}+\frac{1}{8}in$$

$= 0{,}1564 \text{ in} \approx \frac{3}{16}$ in

Tebal *dished head*

$t_s = \frac{3}{16}$ in



OD = ID + 2. t_s

= 97,0031 in + (2 x $\frac{3}{16}$ in)

= 97,3781 in

PERPUSTAKAAN
Universitas Katolik Widya Mandala
SURABAYA

Dari tabel 5.7 Brownell and Young[16] diperoleh :

OD standar = 96 in

r (*crown radius / radius of dish*) = 96 in

icr (*inside corner radius / knuckle radius*) = $5^7/_8$ in = 5,875 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right] \quad (16)$$

$$= \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{96}{5,875}} \right]$$

$$= 1,7606$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{97,0031in}{2} = 48,5016in$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = \frac{97,0031in}{2} - 5,875 = 42,6266in$$

$$BC = r - icr = (96\text{-}5,875)\ \text{in} = 90,125\ \text{in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 96 - \sqrt{90,125^2 - 42,6266^2} = 16,5929in$$

$$t_d = \frac{P \times rc \times W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + c \quad (16)$$

dimana :

P = P desain = 6,5513 psi

Konstruksi : bahan konstruksi = carbon steel SA-283, grade D, dengan

f = stress maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = double-welded butt joint, dengan

E = welded-joint efficiency

$= 0,8^{(16)}$

c = corrosion allowance = $^1/_8$ in

$$t_d = \frac{(6,5513 psi) \times (96 in) \times 1,7606}{2 \times ((12650 psi) \times 0,8) - (0,2 \times 6,5513 psi)} + \frac{1}{8} in$$

$= 0,1797$ in $\approx {}^3/_{16}$ in

Dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in[16]

OA = t + b + sf

$= ({}^3/_{16} + 16,5929 + 2)$ in

$= 18,7804$ in $= 1,5650$ ft $\approx 1,6$ ft

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

= 12,2 ft + (2 x 1,6)

= 15,4 ft

Perhitungan Pengaduk

Dipilih jenis pengaduk : flat six-blade turbine agitator with disk

Dasar pemilihan : dapat digunakan pada kecepatan tinggi untuk liquid dengan range viskositas 3.000-100.000 cp

Gambar :

(11)

Kecepatan agitator diambil 60 rpm

N = 60 rpm = 1 rps

ρ susu segar $= 1032\ {}^{kg}/_{m^3}$

μ susu segar $= 2\ cp = 2.10^{-3}\ {}^{kg}/_{m.s}$

Dari tabel 3.4-1, Geankoplis[12] diperoleh :

$\frac{Da}{Dt} = 0,3$ $\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$ $\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$ $\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$ $\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$

dimana :

Dt = diameter tangki = 8,1 ft = 97,0031 in = 2,4689 m

Da = diameter pengaduk = 0,3 x (2,4689 m) = 0,7407 m

W = lebar blade = $\frac{0,7407m}{5} = 0,1481$ m

L = panjang blade = $\frac{0,7407m}{4} = 0,1852m$

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk = $\frac{2,4689m}{3} = 0,823$ m

$N_{Re} = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu}$ (12)

$= \frac{(0,7407m)^2 \times (1rps) \times (1032kg/m^3)}{2.10^{-3} kg/m.s}$

= 283.096,4289 (turbulen)

Dari fig. 3.4-5, Geankoplis[12], dengan memotongkan kurva 1 dengan N_{Re}, diperoleh Np = 5.

$Np = \frac{P}{\rho \times N^3 \times Da^5}$ (12)

dimana :

Np = power number

P = power pengaduk

N = kecepatan pengaduk

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

$= 5 \times 1032\ kg/m^3 \times (1\ rps)^3 \times (0{,}7407\ m)^5$

$= 1.150{,}4332\ w = 1{,}5428\ Hp$

Power input = 110% 1,5428 Hp = 1,697 Hp

Transmission sistem losses = 20% dari total Hp

1,697 Hp + 0,2 total Hp = total Hp

total Hp = 2,1213 Hp

efisiensi motor = 80%[17]

Power yang dibutuhkan = $\frac{2{,}1213 Hp}{80\%} = 2{,}6516 Hp \approx 2{,}7$ Hp

Perhitungan Coil Pendingin

Dari perhitungan neraca panas didapatkan data sebagai berikut :

- Q = panas yang diserap = 818,3704 J / jam
- Suhu susu segar masuk tangki pada 4°C
- Suhu susu segar keluar ke Clarifier = 4°C

Dari Kern,1988 tabel 11, p.844 berdasarkan Q = 818,3704 J / jam = 0,7757 btu / jam, trial ukuran pipa coil = $2^1/_2$ in IPS, sch. 40.

do = 2,88 in

di = 2,469 in

a' = 4,79 in^2

a'' = 0,753 ft^2/ft

Evaluasi Perpindahan Panas

Sisi bejana : susu segar	Sisi pipa : CO_2
$\rho = 64{,}4273\ lbm/ft^3$ $\mu = 4{,}8382$ lb/ft.h Da = 2,43 ft N = 60 rpm = 3600 rph $N_{Re} = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu}$ $= \frac{(2{,}43\,ft)^2 \times 3600\,rph \times 64{,}4273\,lbm/ft^3}{4{,}8382\,lb/ft.h}$ $= 283.074{,}77$ Jc = 2200 [13] $ho = Jc \times \frac{k}{Di} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0{,}14}$ [13] dimana : Di = 8,1 ft k = 0,538 W/m.K = 0,3109 btu/h.ft°F [12] Cp rata-rata = 0,920 btu/lbm.°F $ho = 2200 \times \frac{0{,}3109}{8{,}1} \times \left(\frac{0{,}920 \times 4{,}8382}{0{,}3109}\right)^{1/3} \times (1)^{0{,}14}$ $= 205{,}0416$ btu/h.ft^2. F	ap = 4,79 in^2 = 0,0333 ft^2 $Gp = \frac{W}{ap} = \frac{91{,}5459}{0{,}0333} = 2752{,}1106$ lb/h.ft^2 $N_{Re} = \frac{Dp \times Gp}{\mu}$ Dimana : Dp = 2,469 in = 0,2058 ft μ = 0,0107 cp [13] = 0,0259 lb/ft.h $N_{Re} = \frac{0{,}2058 \times 2752{,}1106}{0{,}0259} = 21879{,}7046$ $J_H = 90$ [13] $hi = J_H \times \frac{k}{Di} \times \left(\frac{Cp \times \mu}{k}\right)^{1/3} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0{,}14}$ dimana : k= 0,0128 btu/h.ft.°F [11] Cp rata-rata = 0,1476 btu/lbm.°F $hi = 90 \times \frac{0{,}0128}{0{,}2058} \times \left(\frac{0{,}1476 \times 0{,}0259}{0{,}0128}\right)^{1/3} \times (1)^{0{,}14}$ = 5,7407 btu/h.ft^2.°F $hio = hi \times \frac{di}{do}$ $= 5{,}7407 \times \frac{2{,}469}{2{,}88} = 4{,}9215$ btu/h.ft^2.°F

$$Uc = \frac{hio \times ho}{hio + ho} = \frac{4{,}9215 \times 205{,}0416}{4{,}9215 + 205{,}0416} = 4{,}8061\ \text{btu/h.ft}^2\text{.°F}$$

$$Rd = \frac{Uc - Ud}{Uc \times Ud}$$ diambil Rd = 0,004

$$0,004 = \frac{4,8061 - Ud}{4,8061 \times Ud}$$

$U_D = 4,8057$ btu/h.ft^2.F

$$\text{A coil} = \frac{Q}{Ud \times \Delta t_{LMTD}} = \frac{38272,9381 btu/jam}{(4,8057 btu/jam.ft^2 F) \times (60,84^\circ F)} = 130,9019 ft^2$$

$$L = \frac{Acoil}{a''} = \frac{130,9019}{0,753} = 173,8405 ft$$

dc = diameter coil, diambil = 0,65 x di_{vessel}

= 0,65 x (8,1) ft

= 5,265 ft

$$nc = \frac{L}{\pi \times dc} = \frac{173,8405 ft}{\pi \times (5,265 ft)} = 10,5099 \approx 11$$

sc = spasi coil, diambil 2 in

hc = ((nc – 1) x (do + sc)) + do

= ((11-1) x (2,88 + 2)) + 2,88

= 51,68 in = 4,3066 ft

Pengecekan :

Tinggi liquida di bagian silinder (ls) = 9,7618 ft

hc < ls (memadai)

Agar tinggi ruang kosong di atas coil dan di bawah coil sama, maka tinggi

$$\text{ruang kosong} = \frac{(9,7618 - 4,3066) ft}{2} = 2,7276 ft$$

Spesifikasi :

Tangki

Kapasitas : 547,4951 ft^3

Diameter : 8,1 ft

Tinggi tutup atas (*dished head*) : 1,6 ft

Tinggi tutup bawah (*dished head*): 1,6 ft

Tinggi shell : 12,2 ft

Tinggi tangki total : 15,4 ft

Tebal shell : 3/16 in

Tebal tutup atas (*dished head*) : 3/16 in

Tebal tutup bawah (dished head) : 3/16 in

Bahan konstruksi : SA-283, grade D

Jumlah tangki : 4 buah

Pengaduk

Tipe : flat six-blade turbin agitator wih disk

Diameter : 0,7407 m

Kecepatan pengaduk : 60 rpm

Power motor : 2,7 Hp

Jumlah pengaduk : 4 buah

Coil

Diameter : 5,265 ft

Spasi *coil* : 2 in

Tinggi *coil* : 4,3066 ft

2. Pompa (L-111)

Fungsi : Untuk memompa susu skim cair dari tangki penampungan awal ke clarifier

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : digunakan untuk mengalirkan liquid dengan viskositas 1-10 cp

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 14,7 psia

Jumlah : 1 buah

Massa susu masuk = 16.000 kg/jam = 9,7982 lb/s

ρ_{susu} = 1.032 kg/m^3 = 64,43 lb/ft^3

μ_{susu} = 2,12cp = $1,42.10^{-3}$ $lb/ft.s$

Laju volumetric (Q) $= \dfrac{9,7982\ lb/s}{64,43\ lb/ft^3}$

$= 0,1521\ ft^3/s$

ID optimum (in) $= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$

$= 3,9 \times (0,1521)^{0,45} \times (64,43)^{0,13}$

= 2,8721 in

Dari App. A.5-1, Geankoplis[12], memilih pipa dengan ukuran :

Nominal size pipe = 3 in sch 80

OD = 3,500 in

ID = 2,900 in = 0,0737 m

Inside cross sectional area $= 0{,}04587\ ft^2 = 42{,}61.10^{-4}\ m^2$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}1521\ ft^3/s}{0{,}04587\ ft^2}$$

$$= 3{,}3159\ ft/s$$

Cek terhadap aliran

$$Nre = \frac{\rho \times Di \times v}{\mu} = \frac{64{,}43 \times 2{,}900/12 \times 3{,}3159}{1{,}42.10^{-3}}$$

$= 36.359{,}51$ (turbulen)

Dari fig.2.10-3, Geankoplis[12], memilih :

Pipa : commercial steel

ε : $4{,}6.10^{-5}$ m = $1{,}5088.10^{-4}$ ft

$$\frac{\varepsilon}{Di} = \frac{4{,}6.10^{-5}}{0{,}0737} = 0{,}0006$$

Dari fig. 2.10-3, Geankoplis [12] ⟶ f = 0,0046

Menghitung Friction losses pipa lurus

Perkiraan panjang pipa lurus total (ΔL) = 43,6708 ft

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

$$= 4 \times 0{,}0046 \times \frac{43{,}6708}{(0{,}2418)} \times \frac{3{,}3159^2}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}5678\ ft.lbf/lb$$

Menghitung Sudden contraction losses

$$hc = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 > A_2 \text{ sehingga } \frac{A_2}{A_1} = 0$$

$$= 0{,}55 \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \longrightarrow \quad \alpha = 1 \text{ (turbulen)}$$

$$= 0{,}55 \times \frac{3{,}3159^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} = 0{,}0940 \ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung sudden enlargement losses

$$hex = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_2 > A_1 \text{ maka } \frac{A_1}{A_2} = 0$$

$$= \frac{3{,}3159^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}1709 \ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung friksi valve dan elbow

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

Menetapkan : 3 buah elbow 90° (Kf = 0,75)

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

Gambar :

$$hf = 3\times\left(Kf\times\frac{v^2}{2\times gc}\right)_{elbow}+\left(Kf\times\frac{v^2}{2\times gc}\right)_{valve}$$

$$= 3\times\left(0{,}75\times\frac{3{,}3159^2}{2\times32{,}174}\right)+\left(0{,}17\times\frac{3{,}3159^2}{2\times32{,}174}\right)$$

$$= 0{,}4135\ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Total friksi= 0,5678 + 0,0940 + 0,1709 + 0,4135 ${}^{ft.lbf}/_{lb}$

$$= 1{,}2462\ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Neraca energi

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

$v_1 = 0$; $P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2\times1\times32{,}174}\times(3{,}3159^2)+\frac{9{,}8}{32{,}174}\times(30{,}6282)+\frac{0}{64{,}43}+1{,}2462 = -Ws$$

Ws = -10,7462 ${}^{ft.lbf}/_{lb}$

Ws = $-\eta \times$ Wp $\longrightarrow$ η = 73,5 % [17]

-10,7462 = -0,735 × Wp

Wp = 14,6207 ${}^{ft.lbf}/_{lb}$

$$BHP = \frac{m\times Wp}{550}$$

$$= \frac{9{,}7982\times14{,}6207}{550}$$

$$= 0{,}26\ Hp \approx 0{,}3\ Hp$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 9,7982 $^{lb}/_{s}$

Nominal size pipe : 3 in, sch 80

OD : 3,5 in

ID : 2,9 in

Power : 0,3 hp

Material pipa : commercial steel

Elbow : 90°

Valve : gate valve wide open

3. Clarifier (H-120)

Fungsi : memisahkan kotoran dari susu segar

Tipe : Helical Conveyor

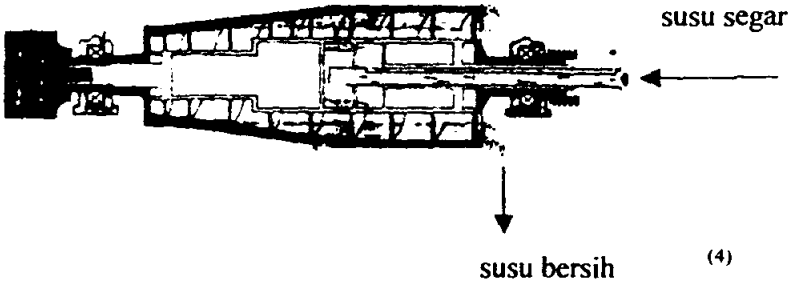
Dasar pemilihan : dapat digunakan untuk memisahkan kotoran dengan konsentrasi yang rendah.

Kondisi operasi : 30 °C

Sistem operasi : kontinyu

Jumlah : 1 buah

Gambar :



(4)

Perhitungan :

Rate susu masuk = 16.000 kg/jam

ρ susu $= 1032\ {}^{kg}/_{m^3}$

Kapasitas $= \dfrac{16.000\ {}^{kg}/_{jam}}{1032\ {}^{kg}/_{m^3}} = 15{,}50\ {}^{m^3}/_{jam} = 13{,}59\ {}^{gal}/_{mnt}$

Dari Perry[11], tabel 18-12, dipilih clarifier dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe : Helical conveyor
- Bowl diameter, in : 6
- Speed, rpm : 6.500
- Mak. Centrifugal x gravity : 5.500
- Kapasitas : liquid $\leq 20\ {}^{gal}/_{mnt}$

  solid 0,03-0,25 ${}^{tons}/_{jam}$
- Power : 5 Hp

4. Tangki Penampung Susu Segar dari Clarifier (F-130)

Fungsi : menjaga kontinuitas aliran susu segar dari *Clarifier* ke PHE

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *dished head*.

Dasar pemilihan : untuk menampung bahan yang berbentuk cair.

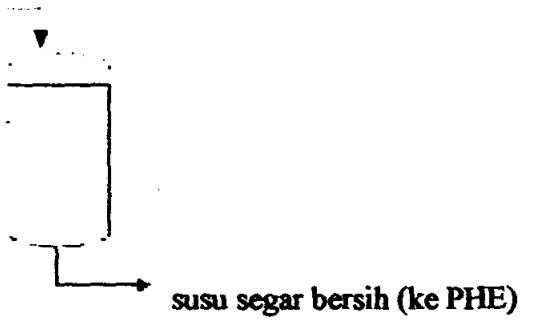
Kondisi operasi : T = 30°C

Sistem operasi : *batch*

Jumlah : 1 buah

Gambar :

Susu segar (dari *clarifier*)



Perhitungan :

Rate larutan masuk : 15.984 kg/jam

ρ susu segar : 1032 kg/m^3 = 64,4273 lbm/ft^3

waktu tinggal : 1 jam

volume larutan total : $\frac{15.984\ kg/jam}{1032\ kg/m^3}.1\,jam = 15,4884 m^3$

$= 546,9467\ ft^3$

Diambil : tinggi shell (Hs) = 1,5 . Diameter shell (D)

Volume shell = $(\pi/4).D^2.Hs = (\pi/4).D^2.1,5.D = (\pi/4).1,5.D^3$

Volume torispherical dished head (ft^3) = 0,000049 x D^3 (in)[16]

Volume tangki penampung = volume shell + (2 . volume *dished head*)

Diambil : volume tangki penampung = 1,3 . volume larutan total

$$1{,}3 \times 546{,}9467\,ft^3 = (\pi/4).1{,}5.D^3.\left(\frac{1\,ft}{12\,in}\right)^3 + \left(2 \times 0{,}000049 \times D^3\right)$$

$$711{,}0308\,ft^3 = 6{,}8177.10^{-4}.D^3 + 9{,}8.10^{-5}.D^3$$
$$711{,}0308\,ft^3 = 7{,}7977.10^{-4}.D^3$$

$$D = 96{,}9707\,in = 8{,}0808\,ft \approx 8{,}1\,ft$$
$$Hs = 1{,}5.D = 1{,}5.(8{,}1\,ft) = 12{,}15\,ft \approx 12{,}2\,ft$$

Volume larutan dalam dish $= 0{,}000049 \; . \; D^3$

$= 0{,}000049 \; . \; (96{,}9707 \text{ in})^3$

$= 44{,}6805 \text{ ft}^3$

Volume larutan dalam shell = vol. lart. total – vol. lart. dalam dish

$= (546{,}9467 - 44{,}6805) \text{ ft}^3$

$= 502{,}2662 \text{ ft}^3$

Tinggi lart. dalam shell (H) $= \dfrac{vol\,lart.dlm.shell}{\frac{\pi}{4}.D^2}$

$$= \frac{502{,}2662\,ft^3}{\frac{\pi}{4}.(8{,}1\,ft)^2}$$

$= 9{,}7520 \text{ ft}$

P operasi = P hidrostatis $= \left(\dfrac{\rho \times H}{144}\right)$ psi

$$= \left(\frac{64{,}4273\,{}^{lbm}/_{ft^3} \times 9{,}7520\,ft}{144}\right)$$

$= 4{,}3632$ psi

P desain = 1,5 x P operasi = 1,5 x 4,3632 psi = 6,5447 psi

Tebal *Shell*

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (f.E - 0{,}6P)} + c$$ (16)

dimana :

P = P desain = 6,5447 psi

ID = 8,1 ft = 96,9707 in

Konstruksi : bahan konstruksi = *carbon steel* SA-283, *grade* D, dengan

f = strees maksimum yang diijinkan

= 12650 psi(16)

tipe sambungan = *double-welded butt joint*, dengan

E = *welded-joint efficiency* = 0,8(16)

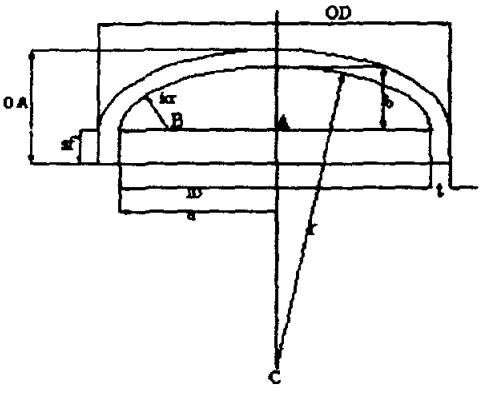
c = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{(6{,}5447\,psi) \times (96{,}9707\,in)}{2 \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 6{,}5447))} + \frac{1}{8}\,in$$

= 0,1564 in ≈ $\frac{3}{16}$ in

Tebal *dished head*

t_s = $\frac{3}{16}$ in



OD = ID + 2. t_s

= 96,9707 in + (2 x $^3/_{16}$ in)

= 97,3457 in

dari tabel 5.7 Brownell and Young[16] diperoleh :

OD standar = 96 in

r (*crown radius / radius of dish*) = 96 in

icr (*inside corner radius / knuckle radius*) = $5^7/_8$ in = 5,875 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right] \quad (16)$$

$$= \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{96}{5,875}}\right]$$

= 1,7606

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{96,9707in}{2} = 48,4854in$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = \frac{96,9707in}{2} - 5,875 = 42,6104in$$

BC = r – icr = (96-5,875) in = 90,125 in

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 96 - \sqrt{90,125^2 - 42,6104^2} = 16,5842in$$

$$t_d = \frac{P \times rc \times W}{2 \times f \times E - 0{,}2 \times P} + c \quad (16)$$

dimana :

P = P desain = 6,5447 psi

Konstruksi : bahan konstruksi = carbon steel SA-283, grade D, dengan

f = stress maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = double-welded butt joint, dengan

E = welded-joint efficiency = 0,8[16]

c = corrosion allowance = $^1/_8$ in

$$t_d = \frac{(6{,}5447\,psi) \times (96in) \times 1{,}7606}{2 \times ((12650\,psi) \times 0{,}8) - (0{,}2 \times 6{,}5447\,psi)} + \frac{1}{8}in$$

= 0,1797 in $\approx$ $^3/_{16}$ in

Dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in[16]

OA = t + b + sf

= ($^3/_{16}$ + 16,5842 + 2) in

= 18,7717 in = 1,5643 ft $\approx$ 1,6 ft

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

= 12,2 ft + (2 x 1,6)

= 15,4 ft

Spesifikasi :

Tangki

Kapasitas : 546,9471 ft^3

Diameter : 8,1 ft

Tinggi tutup atas (dished head) : 1,6 ft

Tinggi tutup bawah (dished head): 1,6 ft

Tinggi shell : 12,2 ft

Tinggi tangki total : 15,4 ft

Tebal shell : 0,1564 in $\approx \frac{3}{16}$ in

Tebal tutup atas (dished head) : 0,1797 in $\approx \frac{3}{16}$ in

Tebal tutup bawah (dished head) : 0,1797 in $\approx \frac{3}{16}$ in

Bahan konstruksi : SA-283, grade D

Jumlah tangki : 1 buah

5. Pompa (L-131)

Fungsi : Untuk memompa susu skim cair dari tangki penampungan ke PHE

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : digunakan untuk mengalirkan liquid dengan viskositas 1-10 cp

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 14,7 psia

Jumlah : 1 buah

Massa susu masuk = 15.984 kg/jam = 9,7884 lb/s

ρ_{susu} = 1.032 kg/m^3 = 64,43 lb/ft^3

μ_{susu} = 2,12cp = 1,42.10^{-3} $lb/ft.s$

Laju volumetric (Q) $= \dfrac{9,7884\ lb/s}{64,43\ lb/ft^3}$

$= 0,1519\ ft^3/s$

ID optimum (in) $= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$

$= 3,9 \times (0,1519)^{0,45} \times (64,43)^{0,13}$

= 2,8704 in

Dari App. A.5-1, Geankoplis[12], memilih pipa dengan ukuran :

Nominal size pipe = 3 in sch 80

OD = 3,500 in

ID = 2,900 in = 0,0737 m

Inside cross sectional area = 0,04587 ft^2 = 42,61.10^{-4} m^2

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,1519\ ft^3/s}{0,04587\ ft^2}$$

$= 3,3120\ ft/s$

Cek terhadap aliran

$$Nre = \frac{\rho \times Di \times v}{\mu} = \frac{64,43 \times 2,900/12 \times 3,3120}{1,42.10^{-3}}$$

= 36.316,74 (turbulen)

Dari fig.2.10-3, Geankoplis[12], memilih :

Pipa : commercial steel

ε : $4{,}6.10^{-5}$ m = $1{,}5088.10^{-4}$ ft

$$\frac{\varepsilon}{Di} = \frac{4{,}6.10^{-5}}{0{,}0737} = 0{,}0006$$

Dari fig. 2.10-3, Geankoplis[12] → f = 0,0046

Menghitung Friction losses pipa lurus

Perkiraan panjang pipa lurus total (ΔL) = 21,2102 ft

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

$$= 4 \times 0{,}0046 \times \frac{21{,}2102}{(0{,}2418)} \times \frac{3{,}3120^2}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}2751 \; ft.lbf/lb$$

Menghitung Sudden contraction losses

$$hc = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 > A_2 \text{ sehingga } \frac{A_2}{A_1} = 0$$

$$= 0{,}55 \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \longrightarrow \quad \alpha = 1 \text{ (turbulen)}$$

$$= 0{,}55 \times \frac{3{,}3120^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} = 0{,}0938 \; ft.lbf/lb$$

Menghitung sudden enlargement losses

$$hex = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_2 > A_1 \text{ maka } \frac{A_1}{A_2} = 0$$

$$= \frac{3{,}3120^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}1705 \ ^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung friksi valve dan elbow

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

Menetapkan : 3 buah elbow 90° (Kf = 0,75)

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

Gambar :

$$hf = 3 \times \left(Kf \times \frac{v^2}{2 \times gc} \right)_{elbow} + \left(Kf \times \frac{v^2}{2 \times gc} \right)_{valve}$$

$$= 3 \times \left(0{,}75 \times \frac{3{,}3120^2}{2 \times 32{,}174} \right) + \left(0{,}17 \times \frac{3{,}3120^2}{2 \times 32{,}174} \right)$$

$$= 0{,}4125 \ ^{ft.lbf}/_{lb}$$

Total friksi= 0,2751 + 0,0938 + 0,1705 + 0,4125 $^{ft.lbf}/_{lb}$

$$= 0{,}9519 \ ^{ft.lbf}/_{lb}$$

Neraca energi

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

$v_1 = 0$; $P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2\times1\times32,174}\times(3,3120^2)+\frac{9,8}{32,174}\times(8,1774)+\frac{0}{64,43}+0,9519=-Ws$$

$Ws = -3,6131\ ^{ft.lbf}/_{lb}$

$Ws = -\eta \times Wp \longrightarrow \eta = 68,8\ \%$ [17]

$-3,6131 = -0,688 \times Wp$

$Wp = 5,2491\ ^{ft.lbf}/_{lb}$

$$BHP = \frac{m \times Wp}{550}$$

$$= \frac{9,7884 \times 5,2491}{550}$$

$= 0,09\ Hp \approx 0,1\ Hp$

Spesifikasi :

Kapasitas : $9,7884\ ^{lb}/_{s}$

Nominal size pipe : 3 in, sch 80

OD : 3,5 in

ID : 2,9 in

Power : 0,1 Hp

Material pipa : commercial steel

Elbow : 90°

Valve : gate valve wide open

6. Heater (E-210)

Fungsi : menginaktivasi enzim lipase yang mampu menyebabkan lipolisis selama penyimpanan sebelum dialirkan ke tangki penampungan.

Tipe : Plate Heat Exchanger

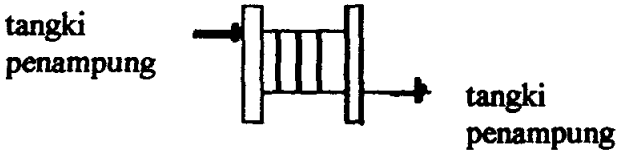
Dasar pemilihan : memiliki efisiensi termal yang tinggi dan mudah dibersihkan

Kondisi operasi : T = 70°C

Sistem operasi : kontinyu

Jumlah : 1 buah

Gambar :



Kondisi operasi :

Jenis fluida	Saturated steam	Susu segar
Flow rate, kg/s	0,1335	4,44
Suhu masuk, K	393	277
Suhu keluar, K	393	323
ρ, kg/m^3	0,5670	1.032
Cp, J/kg.°K	7129,6	3.920
λ,J/kg	2.202.590	-
k, W/m.K	0,6835	0,538
μ, kg/m.s	1,3739.10^{-5}	1,6314.10^{-3}
Rd min	0,0	0,003

Direncanakan menggunakan bahan stainless steel dengan :

k = 8.000 W/m.°K

Tebal bahan plat (δ) = 0,0005 m

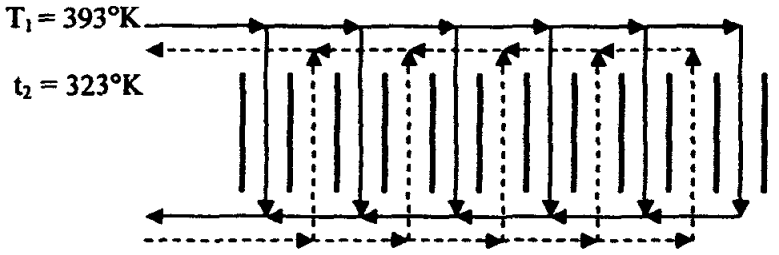
HPCD = 0,26

VPCD = 1,04

Port nozzle (D) = 0,075 m

Compressed pitch = 0,0032 m/plate

Gambar secara sket :



T_2 = 393°K

t_1 = 277°K

Perhitungan :

1. Neraca panas :

   Q_h = M. λ = 0,1335 x 2.202.590 = 294.045,765 W

   Q_c = m.cp.(t_2-t_1) = 4,44 x 3.920 x (323-277) = 800.620,8 W

2. $$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(393-323)-(393-277)}{\ln\left(\frac{393-323}{393-277}\right)} = 91{,}07^\circ K$$

3. Rd total = 0,003

   Rd total = $1/U_D - 1/U_C$;

Trial U_C = 7400 W/m^2.°K (untuk sistem perpindahan panas uap air-air, U_C = 5700 – 7400 W/m^2.°K[11])

$$U_D = \frac{1}{\text{Rd total} + \frac{1}{U_C}} = \frac{1}{0{,}003 + \frac{1}{7400}} = 318{,}9655 \text{ W/m}^2.^\circ\text{K}$$

4. $$A = \frac{Q_h}{U_D . \Delta t} = \frac{294045{,}765}{318{,}9655.91{,}07} = 10{,}1227 \text{ m}^2$$

5. Dipilih plat jenis HM dengan

   projected area = A_p = 0,27 m^2

   developed area = A_d = 0,35 m^2

   $\varphi = A_d/A_p = 0{,}35/0{,}27 = 1{,}296$.

   Jumlah plat untuk perpindahan panas, $n = A/A_d$

   $= 10{,}1227/0{,}35 = 28{,}92 \approx 29$

   $$U_D = \frac{294045{,}765}{29.0{,}35.91{,}07} = 318{,}1072 \text{ W/m}^2.^\circ\text{K}$$ (U_D terkoreksi)

   $n = n_{ch} + n_{cc} - 1$; dengan n_{ch} = jumlah channel untuk fluida panas

   n_{cc} = jumlah channel untuk fluida dingin

   $n + 1 = n_{ch} + n_{cc} = 29 + 1 = 30$ buah

6. Spesifikasi dari plat :

   W = HPCD + D + 0,015 = 0,260 + 0,075 + 0,015 = 0,35 m

   A_p = 0,27 m^2 = L.W = 0,35.L → L = 0,771 m

   Pitch/plat (PT) = 0,0032 ; b = PT – δ = 0,0032 – 0,0005 = 0,0027 m

   Luas penampang aliran fluida dalam channel (Sc) = W.b

   = 0,35. 0,0027

   = 0,000945 m^2

$$De = \frac{2b}{\varphi} = \frac{2.0,0027}{1,296} = 0,004167 \text{ m}$$

Fluida panas (saturated steam)	Fluida dingin (susu segar)
$7.G_h = \frac{M}{n_{ch}.Sc}$ $= \frac{0,1335}{15.0,000945} = 9,4180$ $Re = \frac{De.G_h}{\mu}$ $= \frac{0,004167.9,4180}{1,3739.10^{-5}} = 2856,4529$	$7'.G_C = \frac{m}{n_{CC}.Sc}$ $= \frac{4,44}{15.0,000945}$ $= 313,2775$ $Re = \frac{De.G_C}{\mu}$ $= \frac{0,004167.313,2775}{1,6314.10^{-3}} = 800,1884$
$8.Pr = \frac{Cp.\mu}{k}$ $= \frac{7129,6.1,3739.10^{-5}}{0,6835} = 0,1433$	$8'.Pr = \frac{Cp.\mu}{k}$ $= \frac{3920.1,6314.10^{-3}}{0,538} = 11,8868$
9. Untuk steam terkondensasi: $h_h = 1500$ Btu/h.ft^2.°F (Kern, p.164) $= 8517,45$ W/m^2.°K	$9'.h_C = 0,2.Re^{0,67}.Pr^{0,4}.\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,1}.\frac{k}{De}$ $= 0,2.(800,1884)^{0,67}.(11,8868)^{0,4}.1.\frac{0,538}{0,004167}$ $= 6.125,6695 W/m^2.°K$

$$10.U_C = \left(\frac{1}{h_h} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_C}\right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{1}{8517,45} + \frac{0,0005}{8000} + \frac{1}{6125,6695}\right)^{-1} = 3.562,3193 \text{ W/m}^2.°K$$

11. Rd = $1/U_D - 1/U_C$ = (1/318,1072) – (1/3.562,3193) = 0,0029 <0,003 (tidak memenuhi syarat perpindahan panas).

Kesimpulannya PHE harus dirancang ulang. Agar Rd lebih besar → U_D diperkecil → dengan memperbesar luas aliran per channel dengan cara menambah jumlah plat. Dicoba n = 34, sehingga proses perhitungan dimulai dari tahap 7.

Fluida panas (saturated steam)	Fluida dingin (susu segar)
7. $G_h = \frac{M}{n_{ch}.Sc}$ $= \frac{0,1335}{17.0,000945} = 8,3100$ $Re = \frac{De.G_h}{\mu}$ $= \frac{0,004167.8,3100}{1,3739.10^{-5}} = 2520,3996$	7'. $G_C = \frac{m}{n_{CC}.Sc}$ $= \frac{4,44}{17.0,000945}$ $= 276,3772$ $Re = \frac{De.G_c}{\mu}$ $= \frac{0,004167.276,3772}{1,6314.10^{-3}} = 705,9359$
8. $Pr = \frac{Cp.\mu}{k}$ $= \frac{7129,6.1,3739.10^{-5}}{0,6835} = 0,1433$	8'. $Pr = \frac{Cp.\mu}{k}$ $= \frac{3920.1,6314.10^{-3}}{0,538} = 11,8868$
9. Untuk steam terkondensasi: $h_h = 1500$ Btu/h.ft^2.°F (Kern, p.164) $= 8517,45$ W/m^2.°K	9'. $h_C = 0,2.Re^{0,67}.Pr^{0,4}.\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,1}.\frac{k}{De}$ $= 0,2.(705,9359)^{0,67}.(11,8868)^{0,4}.1.\frac{0,538}{0,004167}$ $= 5.632,3221 W/m^2.^oK$

10. $U_C = \left(\frac{1}{h_h} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{h_C}\right)^{-1}$

$= \left(\frac{1}{8517,45} + \frac{0,0005}{8000} + \frac{1}{5.632,3221}\right)^{-1} = 3389,6559$ W/m^2.°K

11. $U_D = \frac{Q}{A.\Delta t} = \frac{294045,765}{34.0,35.91,07} = 271,3268$ W/m^2.°K (U_D terkoreksi)

12. Rd = $1/U_D - 1/U_C = (1/271,3268) - (1/3389,6559) = 0,0033 > 0,003$

(memenuhi syarat perpindahan panas)

Fluida panas (saturated steam)	Fluida dingin (susu segar)
1. Re = 2520,3996	1'. Re = 705,9359
2. $f = \frac{1,17}{Re^{0,27}} = \frac{1,17}{2520,3996^{0,27}} = 0,1412$	2'. $f = \frac{1,17}{Re^{0,27}} = \frac{1,17}{705,9359^{0,27}} = 0,1991$
3. $\Delta P_h = \frac{2.f.G^2.L}{\rho.De}$ $= \frac{2.0,1412.(8,3100)^2.0,771}{0,5670.0,004167}$ $= 0,923$ psia	3'. $\Delta P_C = \frac{2.f.G^2.L}{\rho.De}$ $= \frac{2.0,1991.(276,3772)^2.0,771}{1032.0,004167}$ $= 0,791$ psia
4. $G' = \frac{M}{\frac{\pi}{4}.D_p^2} = \frac{0,1335}{\frac{\pi}{4}.(0,075)^2} = 30,2182$	4'. $G' = \frac{M}{\frac{\pi}{4}.D_p^2} = \frac{4,44}{\frac{\pi}{4}.(0,075)^2} = 1005,0104$
5. $Re = \frac{D_p.G'}{\mu} = \frac{0,075.30,2182}{1,3739.10^{-5}} = 164.958,5123$	5'. $Re = \frac{D_p.G'}{\mu} = \frac{0,075.1005,0104}{1,631410^{-3}} = 46.203,1461$
6. $f = \frac{1,17}{Re^{0,27}} = \frac{1,17}{164958,5123^{0,27}} = 0,0457$	6'. $f = \frac{1,17}{Re^{0,27}} = \frac{1,17}{46203,1461^{0,27}} = 0,0644$
7. $\Delta P_p = \frac{2.f.G'^2.L}{\rho.D_p}$ $= \frac{2.0,0457.(30,2182)^2.34.0,0032}{0,5670.0,075}$ $= 0,031$ psia	7'. $\Delta P_p = \frac{2.f.G'^2.L}{\rho.D_p}$ $= \frac{2.0,0644.(1005,0104)^2.34.0,0032}{1032.0,075}$ $= 0,0265$ psia
8. $\Delta P_T = \Delta P_h + \Delta P_p$ $= 0,923 + 0,031 = 0,954$ psia	8'. $\Delta P_T = \Delta P_C + \Delta P_p$ $= 0,791 + 0,0265 = 0,8175$ psia

Ringkasan perhitungan

	Fluida panas (saturated steam)	Fluida dingin (susu segar)
h, W/m^2.°K	8517,45	5.632,3221
ΔP *calculated*, psia	0,954	0,8175
U_C, W/m^2.°K	3389,6559	

U_D, W/m^2.°K	271,3268
Rd *calculated*, m^2.°K/W	0,0033
Rd *required*, m^2.°K/W	0,003

Spesifikasi :

Tebal bahan plat, δ : 0,0005 m

HPCD : 0,26 m

VPCD : 1,04 m

Port nozzle, D : 0,075 m

Compressed pitch : 0,0032 m/plate.

projected area, A_p : 0,27 m^2

developed area, A_d : 0,35 m^2

Jumlah plat, n : 34

Bahan konstruksi : stainless steel

Jumlah heater : 1 buah.

7. Tangki Penampung Susu dari PHE (F-220)

Fungsi : menjaga kontinuitas aliran susu dari PHE ke *Disk Centrifuge*

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *dished head.*

Dasar pemilihan : untuk menampung bahan yang berbentuk cair.

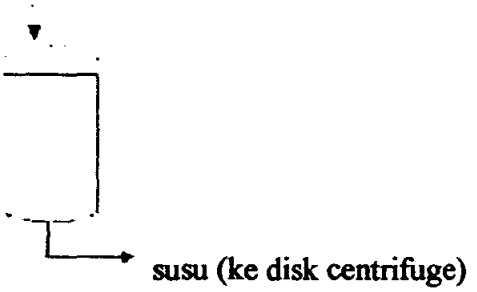
Kondisi operasi : T = 30°C

Sistem operasi : *batch*

Jumlah : 1 buah

Gambar :

Susu (dari PHE)



Perhitungan :

Rate larutan masuk : $15.984\ {}^{kg}/_{jam}$

ρ susu : $1032\ {}^{kg}/_{m^3} = 64{,}4273\ {}^{lbm}/_{ft^3}$

waktu tinggal : 1 jam

volume larutan total : $\dfrac{15.984\ {}^{kg}/_{jam}}{1032\ {}^{kg}/_{m^3}}.1\,jam = 15{,}4884 m^3$

$= 546{,}9467\, ft^3$

Diambil : tinggi shell (Hs) = 1,5 . Diameter shell (D)

Volume shell = $(\pi/4).D^2.Hs = (\pi/4).D^2.1{,}5.D = (\pi/4).1{,}5.D^3$

Volume torispherical dished head (ft^3) = 0,000049 x D^3 (in)[16]

Volume tangki penampung = volume shell + (2 . volume *dished head*)

Diambil : volume tangki penampung = 1,3 . volume larutan total

$$1{,}3 \times 546{,}9467\, ft^3 = (\pi/4).1{,}5.D^3 \left(\frac{1\,ft}{12\,in}\right)^3 + \left(2 \times 0{,}000049 \times D^3\right)$$

$$711{,}0308\,ft^3 = 6{,}8177.10^{-4}.D^3 + 9{,}8.10^{-5}.D^3$$
$$711{,}0308\,ft^3 = 7{,}7977.10^{-4}.D^3$$

$$D = 96{,}9707\,in = 8{,}0808\,ft \approx 8{,}1\,ft$$
$$Hs = 1{,}5.D = 1{,}5.(8{,}1\,ft) = 12{,}15\,ft \approx 12{,}2\,ft$$

Volume larutan dalam dish $= 0{,}000049\ .\ D^3$

$= 0{,}000049\ .\ (96{,}9707\ \text{in})^3$

$= 44{,}6805\ \text{ft}^3$

Volume larutan dalam shell = vol. lart. total – vol. lart. dalam dish

$= (546{,}9467 - 44{,}6805)\ \text{ft}^3$

$= 502{,}2662\ \text{ft}^3$

Tinggi lart. dalam shell (H) $= \dfrac{vol\,lart.dlm.shell}{\frac{\pi}{4}.D^2}$

$= \dfrac{502{,}2662\,ft^3}{\frac{\pi}{4}.(8{,}1\,ft)^2}$

$= 9{,}7520\ \text{ft}$

P operasi = P hidrostatis $= \left(\dfrac{\rho \times H}{144}\right)\ \text{psi}$

$= \left(\dfrac{64{,}4273\,lbm/ft^3 \times 9{,}7520\,ft}{144}\right)$

$= 4{,}3632\ \text{psi}$

P desain = 1,5 x P operasi = 1,5 x 4,3632 psi = 6,5447 psi

Tebal *Shell*

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (f.E - 0{,}6P)} + c^{(16)}$$

dimana :

P = P desain = 6,5447 psi

ID = 8,1 ft = 96,9707 in

Konstruksi : bahan konstruksi = *carbon steel* SA-283, *grade* D, dengan

f = strees maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = *double-welded butt joint*, dengan

E = *welded-joint efficiency* = 0,8[16]

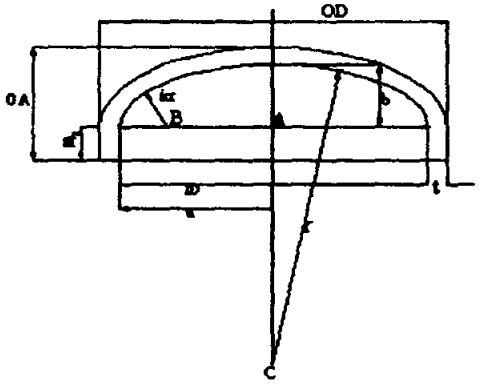
c = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{(6{,}5447\,psi) \times (96{,}9707\,in)}{2 \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 6{,}5447))} + \frac{1}{8}\,in$$

$= 0{,}1564 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$

Tebal *dished head*

$t_s = \frac{3}{16}$ in



$OD = ID + 2.t_s$

$= 96{,}9707 \text{ in} + (2 \times \frac{3}{16} \text{ in})$

$= 97{,}3457 \text{ in}$

dari tabel 5.7 Brownell and Young[16] diperoleh :

OD standar = 96 in

r (*crown radius / radius of dish*) = 96 in

icr (*inside corner radius / knuckle radius*) = $5^7/_8$ in = 5,875 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}}\right] \text{(16)}$$

$$= \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{96}{5{,}875}}\right]$$

$$= 1{,}7606$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{96{,}9707in}{2} = 48{,}4854in$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = \frac{96{,}9707in}{2} - 5{,}875 = 42{,}6104in$$

$BC = r - icr = (96\text{-}5{,}875) \text{ in} = 90{,}125 \text{ in}$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 96 - \sqrt{90{,}125^2 - 42{,}6104^2} = 16{,}5842in$$

$$t_d = \frac{P \times rc \times W}{2 \times f \times E - 0{,}2 \times P} + c \text{ (16)}$$

dimana :

P = P desain = 6,5447 psi

Konstruksi : bahan konstruksi = carbon steel SA-283, grade D, dengan

f = stress maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = double-welded butt joint, dengan

E = welded-joint efficiency = 0,8[16]

c = corrosion allowance = $^1/_8$ in

$$t_d = \frac{(6{,}5447\,psi)\times(96in)\times 1{,}7606}{2\times((12650\,psi)\times 0{,}8)-(0{,}2\times 6{,}5447\,psi)}+\frac{1}{8}in$$

= 0,1797 in ≈ $^3/_{16}$ in

Dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in[16]

OA = t + b + sf

= ($^3/_{16}$ + 16,5842 + 2) in

= 18,7717 in = 1,5643 ft ≈ 1,6 ft

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

= 12,2 ft + (2 x 1,6)

= 15,4 ft

Spesifikasi :

Tangki

Kapasitas : 546,9471 ft^3

Diameter : 8,1 ft

Tinggi tutup atas (dished head) : 1,6 ft

Tinggi tutup bawah (dished head): 1,6 ft

Tinggi shell : 12,2 ft

Tinggi tangki total : 15,4 ft

Tebal shell : 0,1564 in ≈ $^{3}/_{16}$ in

Tebal tutup atas (dished head) : 0,1797 in ≈ $^{3}/_{16}$ in

Tebal tutup bawah (dished head) : 0,1797 in ≈ $^{3}/_{16}$ in

Bahan konstruksi : SA-283, grade D

Jumlah tangki : 1 buah

8. Pompa (L-221)

Fungsi : Untuk memompa susu skim cair dari tangki penampungan ke disk centrifuge

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : digunakan untuk mengalirkan liquid dengan viskositas 1-10 cp

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 14,7 psia

Jumlah .: 1 buah

Massa susu masuk = 15.984 kg/jam = 9,7884 lb/s

ρ_{susu} = 1.032 kg/m^3 = 64,43 lb/ft^3

μ_{susu} = 2,12cp = 1,42.10^{-3} $^{lb}/_{ft.s}$

Laju volumetric (Q) $= \dfrac{9,7884\ ^{lb}/_{s}}{64,43\ ^{lb}/_{ft^3}}$

$= 0,1519\ ^{ft^3}/_{s}$

ID optimum (in) $= 3,9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$

$= 3,9 \times (0,1519)^{0,45} \times (64,43)^{0,13}$

$= 2,8704$ in

Dari App. A.5-1, Geankoplis[12] memilih pipa dengan ukuran :

Nominal size pipe = 3 in sch 80

OD = 3,500 in

ID = 2,900 in = 0,0737 m

Inside cross sectional area = 0,04587 ft^2 = 42,61.10^{-4} m^2

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,1519\ ft^3/s}{0,04587\ ft^2}$$

$= 3,3120\ ft/s$

Cek terhadap aliran

$$Nre = \frac{\rho \times Di \times v}{\mu} = \frac{64,43 \times 2,900/12 \times 3,3120}{1,42.10^{-3}}$$

= 36.316,74 (turbulen)

Dari fig.2.10-3, Geankoplis[12], memilih :

Pipa : commercial steel

ε : 4,6.10^{-5} m = 1,5088.10^{-4} ft

$$\frac{\varepsilon}{Di} = \frac{4,6.10^{-5}}{0,0737} = 0,0006$$

Dari fig. 2.10-3, Geankoplis[12] → f = 0,0046

Menghitung Friction losses pipa lurus

Perkiraan panjang pipa lurus total (ΔL) = 19,7608 ft

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

$$= 4 \times 0{,}0046 \times \frac{19{,}7608}{(0{,}2418)} \times \frac{3{,}3120^2}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}2536 \ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung Sudden contraction losses

$$hc = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 > A_2 \text{ sehingga } \frac{A_2}{A_1} = 0$$

$$= 0{,}55 \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \longrightarrow \quad \alpha = 1 \text{ (turbulen)}$$

$$= 0{,}55 \times \frac{3{,}3120^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} = 0{,}0938 \ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung sudden enlargement losses

$$hex = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_2 > A_1 \text{ maka } \frac{A_1}{A_2} = 0$$

$$= \frac{3{,}3120^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}1705 \ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung friksi valve dan elbow

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

Menetapkan : 4 buah elbow 90° (Kf = 0,75)

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

Gambar :

$$hf = 4\times\left(Kf\times\frac{v^2}{2\times gc}\right)_{elbow}+\left(Kf\times\frac{v^2}{2\times gc}\right)_{valve}$$

$$= 4\times\left(0{,}75\times\frac{3{,}3120^2}{2\times32{,}174}\right)+\left(0{,}17\times\frac{3{,}3120^2}{2\times32{,}174}\right)$$

$$= 0{,}5405\ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Total friksi= 0,2563 + 0,0938 + 0,1705 + 0,5405 $^{ft.lbf}/_{lb}$

$$= 1{,}0610\ {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Neraca energi

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

$v_1 = 0$; $P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2\times1\times32{,}174}\times(3{,}3120^2)+\frac{9{,}8}{32{,}174}\times(6{,}7280)+\frac{0}{64{,}43}+1{,}0610=-Ws$$

Ws= -3,2808 $^{ft.lbf}/_{lb}$

Ws= $-\eta\times Wp$ ⟶ $\eta = 67{,}8\ \%$ [17]

-3,2808 = -0,678 × Wp

Wp $= 4{,}8389 \; {}^{ft.lbf}/_{lb}$

BHP $= \dfrac{m \times Wp}{550}$

$= \dfrac{9{,}7884 \times 4{,}8389}{550}$

$= 0{,}09$ Hp $\approx 0{,}1$ Hp

Spesifikasi :

Kapasitas : $9{,}7884 \; {}^{lb}/_{s}$

Nominal size pipe : 3 in, sch 80

OD : 3,5 in

ID : 2,9 in

Power : 0,1 hp

Material pipa : commercial steel

Elbow : 90°

Valve : gate valve wide open

9. *Centrifuge* (H-310)

Fungsi : memisahkan krim dan skim dari susu

Tipe : disk

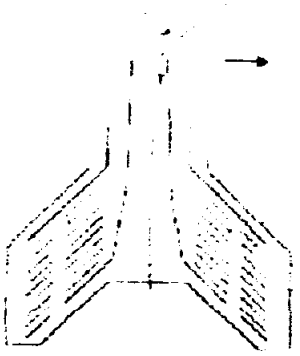
Dasar pemilihan : dapat digunakan untuk pengambilan cairan yang berharga, sebersih – bersihnya dari *impurities*.

Kondisi operasi : 30°C

Sistem operasi : kontinyu

Jumlah : 1 buah

Gambar : susu segar



Perhitungan :

Rate susu masuk = 15.984 kg/jam

= 266,4 kg/menit

ρ susu $= 1032\ {}^{kg}/_{m^3}$

Kapasitas $= \dfrac{266{,}4\ {}^{kg}/_{mnt}}{1032\ {}^{kg}/_{m^3}} = 0{,}2581\ {}^{m^3}/_{mnt}$

$= 15{,}4884\ {}^{m^3}/_{jam}$

Dari Tabel 18-12, Perry[11], dipilih centrifuge dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe : Disk
- Bowl diameter, in : 13
- Speed, rpm : 7.500
- Mak. Centrifugal x gravity : 10.400
- Kapasitas : liquid 5-50 gpm

- Power : 6 Hp

10. Mixer (M-320)

Fungsi : mencampur susu skim cair dan larutan vitamin E

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk dished head dan dilengkapi dengan pengaduk

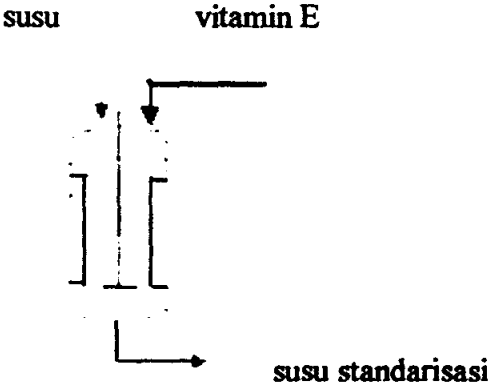
Dasar pemilihan : untuk mencampur bahan yang berbentuk cair

Kondisi operasi : 30°C

Sistem operasi : kontinyu

Jumlah : 1 buah

Gambar :



Perhitungan :

Rate larutan masuk = 15.404,34 kg/jam = 33.960,408 lbm/jam

s.g susu segar = 1,032

ρ vitamin E = 0,950 g/cm^3 = 950 kg/m^3 [18]

ρ H_2O pada suhu 49°C = 988,488 kg/m^3 [12]

ρ susu = s.g susu segar x ρ H_2O

$= 1,032 \times 988,488 \text{ kg/m}^3$

$= 1020,1196 \text{ kg/m}^3$

$= 63,6857 \text{ lbm/ft}^3$

$$\frac{1}{\rho_{campuran}} = \sum_{i}^{X} \frac{i}{\rho}$$

$$= \frac{4,62kg/15408,96kg}{950kg/m^3} + \frac{15404,34kg/15408,96kg}{1020,1196kg/m^3}$$

$\rho_{campuran} = 1020,097 \text{ kg/m}^3 = 63,6842 \text{ lbm/ft}^3$

Waktu tinggal = 1 jam

$$\text{Volume larutan total} = \frac{33.960,408 \, lbm/jam}{63,6842 \, lbm/ft^3} \times 1 \, jam = 533,2623 \, ft^3$$

Diambil : tinggi *shell* (Hs) = 1,5 . Diameter *shell* (D)

Volume *shell* $= (\pi/4).D^2.Hs = (\pi/4).D^2.1,5.D = (\pi/4).1,5.D^3$

Volume *torispherical dished head* (ft^3) = 0,000049 x D^3 (in)[16]

Volume tangki penampung = volume *shell* + (2 . volume *dished head*)

Diambil : volume tangki penampung = 1,2 . volume larutan total[12]

$$1,2 \times 533,2623 \, ft^3 = (\pi/4).1,5.D^3 \left(\frac{1 \, ft}{12 \, in}\right)^3 + \left(2 \times 0,000049 \times D^3\right)$$

$$639,9148 \, ft^3 = 6,8177.10^{-4}.D^3 + 9,8.10^{-5}.D^3$$
$$639,9148 \, ft^3 = 7,7977.10^{-4}.D^3$$

$$D = 93,6236 \, in = 7,8019 \, ft \approx 7,8 \, ft$$
$$Hs = 1,5.D = 1,5.(7,8 \, ft) = 11,7 \, ft$$

Volume larutan dalam *dish* $= 0,000049 . D^3$

$= 0{,}000049 \,.\, (93{,}6236 \text{ in})^3$

$= 40{,}2117 \text{ ft}^3$

Volume larutan dalam *shell* = vol. lart. total – vol. lart. dalam *dish*

$= (533{,}2623 - 40{,}2117) \text{ ft}^3$

$= 493{,}0506 \text{ ft}^3$

Tinggi lart. dalam *shell* (H) $= \dfrac{vol\,lart.dlm.shell}{\frac{\pi}{4}.D^2}$

$= \dfrac{493{,}0506 ft^3}{\frac{\pi}{4}.(7{,}8\,ft)^2}$

$= 10{,}3184$ ft

P operasi = P hidrostatis $= \left(\dfrac{\rho \times H}{144}\right)$ psi

$= \left(\dfrac{63{,}6842 lbm/ft^3 \times 10{,}3184\,ft}{144}\right)$

$= 4{,}5633$ psi

P desain = 1,5 x P operasi = 1,5 x 4,5633 psi = 6,845 psi

Tebal *Shell*

$t_s = \dfrac{P \times ID}{2 \times (f.E - 0{,}6P)} + c$ (16)

dimana :

P = P desain = 6,845 psi

ID = 7,8 ft = 93,6236 in

Konstruksi : bahan konstruksi = *carbon steel* SA-283, *grade* D, dengan

f = strees maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = *double-welded butt joint*, dengan

E = *welded-joint efficiency* = 0,8[16]

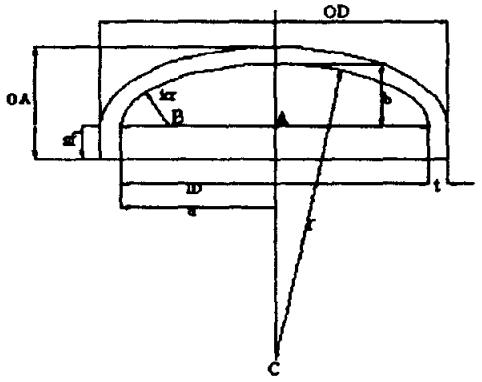
c = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{(6{,}845 psi) \times (93{,}6236 in)}{2 \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 6{,}845))} + \frac{1}{8} in$$

$= 0{,}1568 \text{ in} \approx \frac{3}{16} \text{ in}$

Tebal *dished head*

$t_s = \frac{3}{16}$ in



OD = ID + 2. t_s

= 93,6236 in + (2 x $\frac{3}{16}$ in)

= 93,9986 in

Dari tabel 5.7 Brownell and Young[16] diperoleh :

OD standar = 96 in

r (*crown radius / radius of dish*) = 96 in

icr (*inside corner radius / knuckle radius*) = $5^7/_8$ in = 5,875 in

$$W = \frac{1}{4}\times\left[3+\sqrt{\frac{rc}{icr}}\right]^{(16)}$$

$$= \frac{1}{4}\times\left[3+\sqrt{\frac{96}{5,875}}\right]$$

$$= 1,7606$$

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{93,6236in}{2} = 46,8118in$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = \frac{93,6236in}{2} - 5,875 = 40,9368in$$

$$BC = r - icr = (96\text{-}5,875)\ \text{in} = 90,125\ \text{in}$$

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 96 - \sqrt{90,125^2 - 40,9368^2} = 15,7087in$$

$$t_d = \frac{P\times rc\times W}{2\times f\times E - 0,2\times P} + c^{(16)}$$

dimana :

P = P desain = 6,845psi

Konstruksi : bahan konstruksi = carbon steel SA-283, grade D, dengan

f = stress maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = double-welded butt joint, dengan

E = welded-joint efficiency = 0,8[16]

c = corrosion allowance = $^1/_8$ in

$$t_d = \frac{(6,845psi)\times(96in)\times 1,7606}{2\times((12650psi)\times 0,8) - (0,2\times 6,845psi)} + \frac{1}{8}in$$

$= 0{,}1822 \text{ in} \approx {}^{3}/_{16} \text{ in}$

Dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in[16]

OA = t + b + sf

$= ({}^{3}/_{16} + 15{,}7087 + 2) \text{ in}$

$= 17{,}8962 \text{ in} = 1{,}4913 \text{ ft} \approx 1{,}5 \text{ ft}$

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

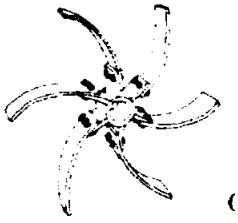
= 11,7 ft + (2 x 1,5)

= 14,7 ft

Perhitungan Pengaduk

Dipilih jenis pengaduk : flat six-blade turbine agitator with disk

Gambar :



(11)

Kecepatan agitator diambil 200 rpm

N = 200 rpm = 3,3333 rps

$\rho_{\text{campuran}} = 1020{,}097 \; {}^{kg}/_{m^3}$

$\ln \mu_{\text{campuran}} = \sum (X_i \times \ln \mu_i)^{(11)}$

$$= \frac{4{,}62kg}{15408{,}96kg}.\ln 4{,}3 + \frac{15404{,}34kg}{15408{,}96kg}.\ln 1{,}4$$

$= 1{,}4005cp$

Dari tabel 3.4-1, Geankoplis[12] diperoleh :

$\frac{Da}{Dt} = 0{,}3 \qquad \frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \qquad \frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \qquad \frac{C}{Dt} = \frac{1}{3} \qquad \frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$

dimana :

Dt = diameter tangki = 7,8 ft = 93,6236 in = 2,378 m

Da = diameter pengaduk = 0,3 x (2,378 m) = 0,7134 m

W = lebar blade = $\frac{0{,}7134m}{5} = 0{,}1427$ m

L = panjang blade = $\frac{0{,}7134m}{4} = 0{,}1784m$

C = jarak dari dasar tangki ke pusat pengaduk = $\frac{2{,}378m}{3} = 0{,}7927m$

$N_{Re} = \frac{Da^2 \times N \times \rho}{\mu}$ (12)

$= \frac{(0{,}7134m)^2 \times (3{,}3333rps) \times (1020{,}097kg/m^3)}{1{,}4005.10^{-3} kg/m.s}$

$= 1.235.659{,}947$

Dari fig. 3.4-5, Geankoplis[12], dengan memotongkan kurva 1 dengan N_{Re}, diperoleh Np = 4,8

$Np = \frac{P}{\rho \times N^3 \times Da^5}$ (12)

dimana :

Np = power number

P = power pengaduk

N = kecepatan pengaduk

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

$= 4,8 \times 1020,097\ {}^{kg}/_{m^3} \times (3,3333\ rps)^3 \times (0,7134m)^5$

$= 33.509,7694\ w = 44,94\ Hp$

Power input = 110% x 44,94 Hp = 49,43Hp

Transmission sistem losses = 20% dari total Hp

49,43 Hp + 0,2 total Hp = total Hp

total Hp = 61,79 Hp

efisiensi motor = 80% [17]

Power yang dibutuhkan $= \frac{61,79Hp}{80\%} = 77,24Hp \approx 77,3\ Hp$

Spesifikasi :

Tangki

Kapasitas	: 533,2501 ft^3
Diameter	: 7,8 ft
Tinggi tutup atas (dished head)	: 1,5 ft
Tinggi tutup bawah (dished head)	: 1,5 ft
Tinggi shell	: 11,7 ft
Tinggi tangki total	: 14,7 ft
Tebal shell	: 0,1568 in $\approx {}^{3}/_{16}$ in
Tebal tutup atas (dished head)	: 0,1822 in $\approx {}^{3}/_{16}$ in

Tebal tutup bawah (dished head) : 0,1822 in $\approx \frac{3}{16}$ in

Bahan konstruksi : SA-283, grade D

Jumlah tangki : 1 buah

Pengaduk

Tipe : flat six-blade turbin agitator wih disk

Diameter : 0,7134 m

Kecepatan pengaduk : 200 rpm

Power motor : 77,3 Hp

Jumlah pengaduk : 1 buah

11. Pompa (L-321)

Fungsi : Untuk memompa susu skim cair dari mixer ke evaporator

Tipe : Centrifugal pump

Dasar pemilihan : digunakan untuk mengalirkan liquid dengan viskositas 1-10 cp

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 14,7 psia

Jumlah : 1 buah

Massa susu masuk = 15.408 kg/jam = 9,4363 lb/s

ρ_{susu} = 1.032 kg/m^3 = 64,43 lb/ft^3

μ_{susu} = 2,12cp = 1,42.10^{-3} $lb/ft.s$

Laju volumetric (Q) $= \dfrac{9{,}4363\ lb/s}{64{,}43\ lb/ft^3}$

$= 0{,}1465\ ft^3/s$

ID optimum (in) $= 3{,}9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$

$= 3{,}9 \times (0{,}1465)^{0,45} \times (64{,}43)^{0,13}$

$= 2{,}8241$ in

Dari App. A.5-1, Geankoplis[12], memilih pipa dengan ukuran :

Nominal size pipe = 3 in sch 80

OD = 3,500 in

ID = 2,900 in = 0,0737 m

Inside cross sectional area = 0,04587 ft^2 = 42,61.10^{-4} m^2

$V = \dfrac{Q}{A} = \dfrac{0{,}1465\ ft^3/s}{0{,}04587\ ft^2}$

$= 3{,}1929\ ft/s$

Cek terhadap aliran

Nre $= \dfrac{\rho \times Di \times v}{\mu} = \dfrac{64{,}43 \times 2{,}900/12 \times 3{,}1929}{1{,}42.10^{-3}}$

= 35.010,79 (turbulen)

Dari fig.2.10-3, Geankoplis[12], memilih :

Pipa : commercial steel

ε : 4,6.10^{-5} m = 1,5088.10^{-4} ft

$$\frac{\varepsilon}{Di} = \frac{4{,}6.10^{-5}}{0{,}0737} = 0{,}0006$$

Dari fig. 2.10-3, Geankoplis[12] → f = 0,0046

Menghitung Friction losses pipa lurus

Perkiraan panjang pipa lurus total (ΔL) = 14,9808 ft

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

$$= 4 \times 0{,}0046 \times \frac{14{,}9808}{(0{,}2418)} \times \frac{3{,}1929^2}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}1806 \; {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung Sudden contraction losses

$$hc = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 > A_2 \text{ sehingga } \frac{A_2}{A_1} = 0$$

$$= 0{,}55 \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \longrightarrow \quad \alpha = 1 \text{ (turbulen)}$$

$$= 0{,}55 \times \frac{3{,}1929^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} = 0{,}0871 \; {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung sudden enlargement losses

$$hex = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_2 > A_1 \text{ maka } \frac{A_1}{A_2} = 0$$

$$= \frac{3{,}1929^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}1584 \; {}^{ft.lbf}/_{lb}$$

Menghitung friksi valve dan elbow

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

Menetapkan : 2 buah elbow 90° (Kf = 0,75)

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

$$hf = 2\times\left(Kf \times \frac{v^2}{2 \times gc}\right)_{elbow} + \left(Kf \times \frac{v^2}{2 \times gc}\right)_{valve}$$

$$= 2\times\left(0{,}75 \times \frac{3{,}1929^2}{2\times 32{,}174}\right) + \left(0{,}17 \times \frac{3{,}1929^2}{2\times 32{,}174}\right)$$

$$= 0{,}2646 \ ft.lbf/lb$$

Total friksi= 0,1806 + 0,0871 + 0,1584 + 0,2646 $ft.lbf/lb$

$$= 0{,}6907 \ ft.lbf/lb$$

Neraca energi

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

$v_1 = 0$; $P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2\times 1\times 32{,}174} \times \left(3{,}1929^2\right) + \frac{9{,}8}{32{,}174} \times (1{,}3816) + \frac{0}{64{,}43} + 0{,}6907 = -Ws$$

Ws = -1,2700 $ft.lbf/lb$

Ws = -η × Wp ⟶ η = 61,7 % [17]

-1,2700 = -0,617 × Wp

Wp = 2,0583 $ft.lbf/lb$

$$BHP = \frac{m \times Wp}{550}$$

$$= \frac{9{,}4363 \times 2{,}0583}{550}$$

$$= 0{,}0353 \text{ Hp} \approx 0{,}1 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 9,4363 $^{lb}/_{s}$

Nominal size pipe : 3 in, sch 80

OD : 3,5 in

ID : 2,9 in

Power : 0,1 Hp

Material pipa : commercial steel

Elbow : 90°

Valve : gate valve wide open

12. Evaporator (V-410)

Fungsi : untuk memekatkan larutan susu skim sampai kadar 55% total solid

Tipe : single effect falling film evaporator

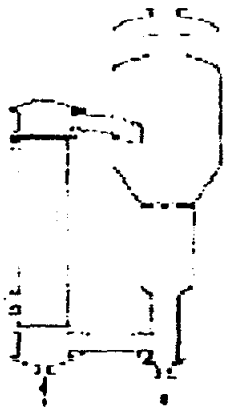
Dasar pemilihan : untuk pemekatan bahan yang tidak tahan terhadap panas

Kondisi operasi : 77°C

Sistem operasi : kontinyu

Jumlah : 1 buah

Gambar :



susu skim cair susu skim pekat

Perhitungan :

Desain evaporator dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian penguapan dan bagian pemisahan liquida-uap yang berupa drum separator.

Dari neraca panas mendapatkan Q = 28.194.027,09 kJ/jam

= 7.831.647,19 Watt

$U = 1.135 \, {}^{W}/_{m^2.K}$

$\Delta t = (77\text{-}49)^\circ C = 28^\circ C = 301 \, K$

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T} = \frac{7.831.647,19}{1.135 \times 301} = 22,9240 m^2$$

Menggunakan 1 in (D), 12 ft (L), tube dengan pitch $1^1/_4$ in

$A = N_t \times \pi \times D \times L$

$$\text{Jumlah tube } (N_t) = \frac{A}{\pi \times D \times L}$$

$$= \frac{22,9240 m^2}{\pi \times \left(1 in \times \frac{1m}{39,37 in}\right) \times \left(12 ft \times \frac{1m}{3,2808 ft}\right)}$$

$= 78,53$

Dari tabel 9, Kern[13], memperoleh ID Shell = $15^1/_4$ in = 0,3874 m

Bagian pemisahan liquida-uap

Steam, W_v = 13.296,26 kg/jam = 8,1425 lbm/s

Liquida, W_L = 15.408,96 kg/jam = 9,4363 lbm/s

P_{uap} = 5,9278 psia = 40,8706 kPa

Spesifik volume uap= 3,9428 m^3/kg [12]

$\rho_v = 0,0329\ {}^{lb}/_{ft^3} = 0,5263\ {}^{kg}/_{m^3}$

$\rho_L = 60,8091\ {}^{lb}/_{ft^3} = 974,0426\ {}^{kg}/_{m^3}$ [12]

$$\frac{w_L}{w_v}\times\sqrt{\frac{\rho_v}{\rho_L}} = \frac{9,4363\ {}^{lbm}/_{s}}{8,1425\ {}^{lbm}/_{s}}\times\sqrt{\frac{0,0329}{60,8091}\ {}^{lbm}/_{ft^3}}$$

$= 0,027$

Dari tabel 4-10, ludwig[19] memperoleh $k_v = 0,545$

$$v_v \text{ maks} = k_v \times \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_v}{\rho_v}}$$ [19]

$$v_v \text{ maks} = 0,545 \times \sqrt{\frac{(60,8091 - 0,5263)\ {}^{lbm}/_{ft^3}}{0,5263\ {}^{lbm}/_{ft^3}}}$$

v_v maks $= 5,8328\ {}^{ft}/_{s}$

$$q_v = \frac{w_v}{\rho_v} = \frac{8,1425\ {}^{lbm}/_{s}}{0,0329\ {}^{lbm}/_{ft^3}} = 247,4924\ {}^{ft^3}/_{s}$$

$$A = \frac{q_v}{v_{maks}} = \frac{247{,}4924\ ft^3/s}{5{,}8328\ ft/s}$$

$= 42{,}4311\ ft^2$

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

$$D = \sqrt{\frac{42{,}4311 ft^2 \times 4}{3{,}14}} = 7{,}35\ \text{ft} = 2{,}24\ \text{m}$$

Rate liquida $= 15.408{,}96\ kg/jam = 256{,}816\ kg/\text{min}$

Residence time $= 15$ menit

Volume liquida $= \frac{256{,}816\ kg/\text{min}}{974{,}0426\ kg/m^3} \times 15 menit$

$= 3{,}9549\ m^3$

Volume liquida $= \frac{\pi}{4} \times D^2 \times H_L$

$3{,}9549\ m^3 = \frac{\pi}{4} \times (2{,}24)^2 \times H_L$

$H_L = 1{,}0036$ m

Dari tabel 4.11, Ludwig[19] memperoleh tinggi ruang untuk uap :

$H_v = 18$ in $= 0, 48$ m

Tinggi drum separator $= 1{,}0036\ m + 0{,}48\ m$

$= 1{,}4836$ m

Tinggi evaporator total = tinggi bagian penguapan + tinggi drum separator

$$= \frac{12}{3{,}2808} m + 1{,}4836m$$
$$= 5{,}1412m \approx 5{,}5m$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 15.408,96 $^{kg}/_{jam}$

Tinggi bagian penguapan : 3,6577 m

Tinggi drum separator : 1,4836 m

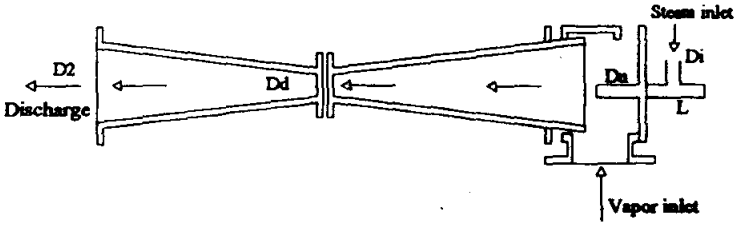
Tinggi evaporator total : 5,5 m

13. Steam Ejector (G-412)

Fungsi : meningkatkan tekanan kondensor jika terjadi kenaikan temperatur air pendingin masuk melebihi yang telah dirancang

Tipe : Steam jet ejector

Dasar pemilihan : dapat digunakan untuk temperatur air pendingin yang tinggi



Dari Ludwig, fig. 6.9, dengan suhu uap keluar evaporator 77°C

memilih steam ejector tinggkat I

Tekanan ejector = 245 mmHg = 4,7375 psia

$$\text{Udara ekivalent} = \frac{{}^{lb}/_{hr}}{ratio\,(fig.6-18, Ludwig)}$$

Dari neraca panas rate uap keluar adalah 13296,26 ${}^{kg}/_{jam}$

= 29.312,9348 ${}^{lb}/_{jam}$ dengan Mr uap air 18 mendapat ratio sebesar 0,81

$$\text{Udara ekivalent} = \frac{29.312{,}9348\ {}^{lb}/_{jam}}{0{,}81}$$

$$= 36.188{,}8084\ {}^{lb}/_{jam}$$

Dari Ludwig fig. 6-25 untuk grafik hubungan antara ejector suction pressure dengan perbandingan kebutuhan ${}^{steam}/_{lb}$ udara ekivalen, mendapat :

$$\frac{steam\ required}{lb\ udara\ ekivalen} = 2{,}6$$

Jadi kebutuhan steam $= 2{,}6 \times 36.188{,}8084\ {}^{lb}/_{jam}$

$$= 94.090{,}9018\ {}^{lb}/_{jam} = 42.679{,}3531\ {}^{kg}/_{jam}$$

$$D_i = 2 \times \left(\frac{Wa_1}{P_1}\right)^{0,48}$$

Dimana : D_i = Diameter suction inlet, in

Wa_1 = Aliran massa suction = 36.188,8084 ${}^{lb}/_{jam}$

P_1 = Tekanan suction = 4,7375 psia

$$D_i = 2 \times \left(\frac{36.188{,}8084}{4{,}7375}\right)^{0,48}$$

= 146,1780 in

$D_2 = 0,75 \times D_1 \longrightarrow$ Dimana : D_2 = Diameter discharge, in

$= 0,75 \times 146,1780$ in

$= 109,6335$ in

$$D_d = 0,94 \times \left(\frac{Wa_2}{P_2} \right)^{0,5}$$

Dimana : D_d = Diameter throat, in

Wa_2 = Aliran massa discharge

$= 36.188,8084 + 94.090,9018 = 130.279,7102$ lb/jam

P_2 = Tekanan discharge = 760 mmHg = 14,7 psia

$$D_d = 0,94 \times \left(\frac{130.279,7102}{14,7} \right)^{0,5}$$

$= 88,4927$ in

$$D_n = \left(\frac{Ws_m}{50 \times P_n^{0,96}} \right)^{0,5}$$

Dimana : D_n = Diameter steam nozzle, in

Ws_m = Aliran massa steam masuk = 94.090,9018 lb/jam

P_n = Tekanan steam (120°C) = 270,1 Kpa = 39,1747 psia

$$D_n = \left(\frac{94.090,9018}{50 \times (39,1747)^{0,96}} \right)^{0,5}$$

$= 7,4584$ in

$A = 2,5 \times (D_i)^{2/3} \longrightarrow$ Dimana : A = Jarak nozzle ke suction inlet, in

$= 2,5 \times (146,1780)^{2/3}$

= 69,3737 in

L = 9 × D_i ⟶ Dimana : L = Panjang suction, in

= 9 × 146,1780 in

= 1.315,602 in

Spesifikasi :

Diameter suction inlet	=	146,1780 in
Diameter discharge	=	109,6335 in
Diameter throat	=	88,4927 in
Diameter steam nozzle	=	7,4584 in
Jarak nozzle ke suction inlet	=	69,3737 in
Panjang suction	=	1.315,602 in

14. Tangki Penampung Susu dari Evaporator (F-420)

Fungsi : menjaga kontinuitas aliran susu dari evaporator ke Spray drier

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas dan tutup bawah berbentuk *dished head* dilengkapi dengan coil pemanas.

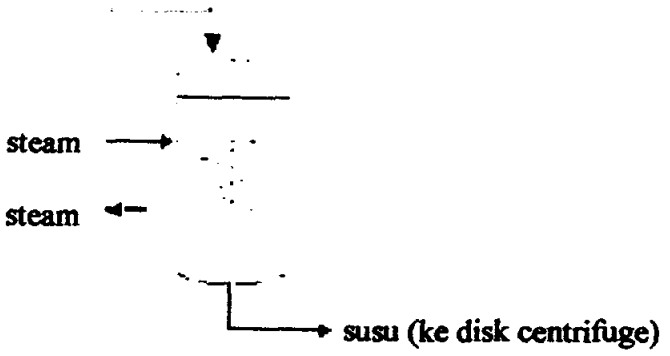
Dasar pemilihan : untuk menampung bahan yang berbentuk slurry.

Kondisi operasi : T = 77°C

Sistem operasi : *batch*

Jumlah : 1 buah

Gambar :



Perhitungan :

Rate larutan masuk : 3.233,13 kg/jam

ρ susu : 1.041 kg/m^3 = 64,99 lbm/ft^3

waktu tinggal : 1 jam

volume larutan total : $\frac{3.233,13\ kg/jam}{1.041\ kg/m^3}.1\ jam = 3,1058 m^3$

$= 109,6794\ ft^3$

Diambil : tinggi shell (Hs) = 1,5 . Diameter shell (D)

Volume shell = $(\pi/4).D^2.Hs = (\pi/4).D^2.1,5.D = (\pi/4).1,5.D^3$

Volume torispherical dished head (ft^3) = 0,000049 x D^3 (in)[16]

Volume tangki penampung = volume shell + (2 . volume *dished head*)

Diambil : volume tangki penampung = 1,2 . volume larutan total

$$1,2 \times 109,6794\ ft^3 = (\pi/4).1,5.D^3.\left(\frac{1\ ft}{12 in}\right)^3 + \left(2 \times 0,000049 \times D^3\right)$$

$$131{,}6153\,ft^3 = 6{,}8177.10^{-4}.D^3 + 9{,}8.10^{-5}.D^3$$
$$131{,}6153\,ft^3 = 7{,}7977.10^{-4}.D^3$$

$$D = 55{,}2646in = 4{,}60538\,ft \approx 4{,}6\,ft$$
$$Hs = 1{,}5.D = 1{,}5.(4{,}6\,ft) = 6{,}9\,ft$$

Volume larutan dalam dish $= 0{,}000049\ .\ D^3$

$= 0{,}000049\ .\ (55{,}2646\ \text{in})^3$

$= 8{,}2706\ \text{ft}^3$

Volume larutan dalam shell = vol. lart. total – vol. lart. dalam dish

$= (109{,}6794 - 8{,}2706)\ \text{ft}^3$

$= 101{,}4088\ \text{ft}^3$

Tinggi lart. dalam shell (H) $= \dfrac{vol\,lart.dlm.shell}{\frac{\pi}{4}.D^2}$

$= \dfrac{101{,}4088\,ft^3}{\frac{\pi}{4}.(6{,}9\,ft)^2}$

$= 2{,}7120\ \text{ft}$

P operasi = P hidrostatis $= \left(\dfrac{\rho \times H}{144}\right)\ \text{psi}$

$= \left(\dfrac{64{,}99\,lbm/ft^3 \times 2{,}7120\,ft}{144}\right)$

$= 1{,}2240\ \text{psi}$

P desain = 1,5 x P operasi = 1,5 x 1,2240 psi = 1,836 psi

Tebal *Shell*

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (f.E - 0{,}6P)} + c^{(16)}$$

dimana :

P = P desain = 1,836 psi

ID = 6,9 ft = 82,8008 in

Konstruksi : bahan konstruksi = *carbon steel* SA-283, *grade* D, dengan

f = strees maksimum yang diijinkan

= 12650 psi$^{(16)}$

tipe sambungan = *double-welded butt joint*, dengan

E = *welded-joint efficiency* = 0,8$^{(16)}$

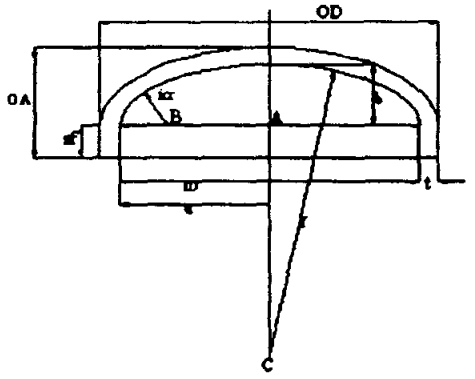
c = *corrosion allowance* = $\frac{1}{8}$ in

$$t_s = \frac{(1{,}836 psi) \times (82{,}8008 in)}{2 \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 1{,}836))} + \frac{1}{8} in$$

$= 0{,}0075$ in $\approx \frac{3}{16}$ in

Tebal *dished head*

$t_s = \frac{3}{16}$ in



OD = ID + 2. t_s

= 82,8008 in + (2 x $^3/_{16}$ in)

= 83,1758 in

dari tabel 5.7 Brownell and Young diperoleh :

OD standar = 84 in

r (*crown radius / radius of dish*) = 84 in

icr (*inside corner radius / knuckle radius*) = $5^1/_8$ in = 5,125 in

$$W = \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{rc}{icr}} \right] \text{(16)}$$

$$= \frac{1}{4} \times \left[3 + \sqrt{\frac{84}{5,125}} \right]$$

= 1,7621

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{82,8008in}{2} = 41,4004in$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = \frac{82,8008in}{2} - 5,125 = 36,2754in$$

BC = r – icr = (84-5,125) in = 78,875 in

$$b = r - \sqrt{BC^2 - AB^2} = 84 - \sqrt{78,875^2 - 36,2754^2} = 13,9617in$$

$$t_d = \frac{P \times rc \times W}{2 \times f \times E - 0,2 \times P} + c \text{ (16)}$$

dimana :

P = P desain = 1,836 psi

Konstruksi : bahan konstruksi = carbon steel SA-283, grade D, dengan

f = stress maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = double-welded butt joint, dengan

E = welded-joint efficiency = 0,8[16]

c = corrosion allowance = $^1/_8$ in

$$t_d = \frac{(1{,}836\,psi)\times(84\,in)\times 1{,}7621}{2\times((12650\,psi)\times 0{,}8)-(0{,}2\times 1{,}836\,psi)}+\frac{1}{8}\,in$$

= 0,1384 in ≈ $^3/_{16}$ in

Dipilih panjang straight-flange (sf) = 2 in[16]

OA = t + b + sf

= ($^3/_{16}$ + 13,9617 + 2) in

= 16,1492 in = 1,3458 ft ≈ 1,4 ft

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

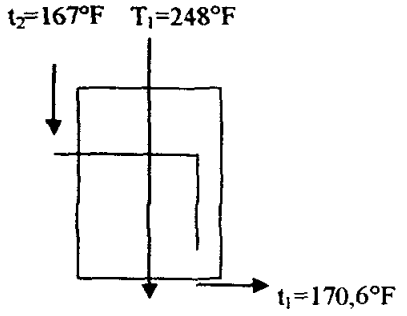
= 6,9 ft + (2 x 1,4)

= 9,7 ft

Perhitungan Coil Pemanas

Dari perhitungan neraca panas didapatkan data sebagai berikut :

- Q = panas yang disuplai = 783302718,6 J/hari.
- Suhu bahan masuk tangki pada 75°C, terdiri dari susu skim bubuk dan air.
- Suhu susu skim cair keluar ke Tangki Penampung Susu Skim dari evaporator = 77°C.
- Pemanas berupa saturated steam dengan suhu 120°C.
- Massa steam = 10,46 kg/jam.



$$\Delta t_{LMTD} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln\left(\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}\right)} = \frac{(248 - 167) - (248 - 170{,}6)}{\ln\left(\frac{248 - 167}{248 - 170{,}6}\right)} = 79{,}19^\circ F$$

$Tc = ½ (T_1 + T_2) = ½ (248 + 248)°F = 248°F$

$tc = ½ (t_1 + t_2) = ½ (170{,}6 + 167)°F = 168{,}8°F$

Berdasarkan Kern[13] tabel 11, trial ukuran pipa coil = 1 in IPS, sch. 40.

do = 1,32 in

di = 1,049 in

a' = 0,864 in^2

a" = 0,344 ft^2/ft

Evaluasi Perpindahan Panas

Sisi bejana : fluida dingin	Sisi pipa : steam, fluida panas
ρ = 64,99 lbm/cuft μ = $9{,}41.10^{-4}$ lbm/ft.s	hio steam = 1500 btu/h.ft^2.°F

$$N_{Re} = \frac{D.v.\rho}{\mu}$$

$$= \frac{4,6.0,0018.64,99}{9,41.10^{-4}}$$

$$= 582,4139$$

Jc = 47 [13]

$$ho = Jc.\frac{k}{Di_{vessel}}.\left(\frac{Cp.\mu}{k}\right)^{1/3}.\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0,14}$$ [13]

dimana :

Di = 6,9 ft

k = 0,538 W/m.K = 0,3109 btu/h.ft.°F [12]

Cp rata-rata = 0,954 btu/lbm.°F

$$ho = 47.\frac{0,3109}{6,9}.\left(\frac{0,954.9,41.10^{-4}}{0,3109}\right)^{1/3}.(1)^{0,14}$$

$$= 0,3016 btu/h.ft^2.^oF$$

$$U_C = \frac{hio \times ho}{hio + ho} = \frac{1500 \times 0,3016}{1500 + 0,3016} = 0,3015 \text{ btu/h.ft}^2.^\circ\text{F}$$

$$Rd = \frac{U_C - U_D}{U_C \times U_D} \qquad \text{diambil } Rd = 0,004$$

$$0,004 = \frac{0,3015 - U_D}{0,3015 \times U_D}$$

$$U_D = 0,3011 \text{ btu/h.ft}^2.^\circ\text{F}$$

$$A \text{ coil} = \frac{Q}{U_D.\Delta t_{LMTD}} = \frac{2181,3684 \text{ btu/h}}{(0,3011 \text{ btu/h.ft}^2.^\circ\text{F}).(79,19 ^\circ\text{F})} = 91,4846 \text{ ft}^2$$

$$L = \frac{A \text{ coil}}{a''} = \frac{91,4846 \text{ft}^2}{0,344 \text{ ft}^2/\text{ft}} = 265,9436 \text{ ft}$$

dc = diameter coil, diambil = 0,65. di_{vessel}

$= 0{,}65.\ (6{,}9\ \text{ft})$

$= 4{,}485\ \text{ft}$

$$nc = \frac{L}{\pi.dc} = \frac{265{,}9436\ \text{ft}}{\pi.(4{,}485\ \text{ft})} = 8{,}8746 \approx 9\ \text{buah}$$

sc = spasi coil, diambil 2 in.

hc = ((nc - 1).(do + sc)) + do

= ((9 - 1).(1,32 + 2)) + 1,32

= 27,88 in = 2,3233 ft.

Pengecekan :

Tinggi liquida di bagian silinder (ls) = 2,7120 ft

hc < ls (memadai)

Agar tinggi ruang kosong di atas coil dan di bawah coil sama, maka tinggi ruang kosong = (2,7120 – 2,3233)ft / 2 = 0,1944 ft.

Spesifikasi :

Tangki

Kapasitas	: 109,6794 ft^3
Diameter	: 4,6 ft
Tinggi tutup atas (dished head)	: 1,4 ft
Tinggi tutup bawah (dished head)	: 1,4 ft
Tinggi shell	: 6,9 ft
Tinggi tangki total	: 9,7 ft
Tebal shell	: 0,0075 in $\approx \frac{3}{16}$ in
Tebal tutup atas (dished head)	: 0,1384 in $\approx \frac{3}{16}$ in

Tebal tutup bawah (dished head) : 0,1384 in $\approx \frac{3}{16}$ in

Bahan konstruksi : SA-283, grade D

Jumlah tangki : 1 buah

Coil

Diameter : 4,49 ft.

Spasi coil : 2 in.

Tinggi coil : 2,32 ft.

15. Pompa (L-421)

Fungsi : Untuk memompa susu skim cair pekat dari tangki penampung ke spray drier

Tipe : Gear pump, pipa dilengkapi dengan isolasi *mineral wool*

Dasar pemilihan : pompa Untuk viscositas > 0,2 Pa.s, isolasi untuk suhu 30°C-650°C

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 14,7 psia

Bahan masuk

Total solid	=	1454,93 kg/jam	
Air	=	1778,25 kg/jam	
Total	=	3233,18 kg/jam	= 1,98 lb/s

$\rho_{susu\ skim}$ = 1.041 kg/m^3 = 64,99 lb/ft^3

$\mu_{susu\ skim}$ = 1,4cp = 9,41.10^{-4} $lb/ft.s$

Laju volumetric (Q) $= \frac{1{,}98\ lb/s}{64{,}99\ lb/ft^3}$

$= 0{,}0305\ ft^3/s$

ID optimum (in) $= 3{,}9 \times (Q)^{0,45} \times (\rho)^{0,13}$

$= 3{,}9 \times (0{,}0305)^{0,45} \times (64{,}99)^{0,13}$

$= 1{,}3953$ in

Dari App. A.5-1, Geankoplis[12] memilih pipa dengan ukuran :

Nominal size pipe = $1\frac{1}{2}$ in sch 80

OD = 1,900 in

ID = 1,500 in = 0,0381 m

Inside cross sectional area = 0,01225 ft^2 = $11{,}4.10^{-4}$ m^2

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}0305\ ft^3/s}{0{,}01225\ ft^2}$$

$= 2{,}4898\ ft/s$

Cek terhadap aliran

$$Nre = \frac{\rho \times Di \times v}{\mu} = \frac{64{,}99 \times 1{,}500/12 \times 2{,}4898}{9{,}41.10^{-4}}$$

= 21.494,7 (turbulen)

Dari fig.2.10-3, Geankoplis[12], memilih :

Pipa : commercial steel

ε : $4{,}6.10^{-5}$ m = $1{,}5088.10^{-4}$ ft

$$\frac{\varepsilon}{Di} = \frac{4{,}6.10^{-5}}{0{,}0381} = 0{,}0012$$

Dari fig. 2.10-3, Geankoplis[12] → f = 0,005

Menghitung Friction losses pipa lurus

Perkiraan panjang pipa lurus total (ΔL) = 66,0517 ft

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

$$= 4 \times 0{,}005 \times \frac{66{,}0517}{0{,}1250} \times \frac{2{,}4898^2}{2 \times 32{,}174}$$

$$= 1{,}0181 \; ft.lbf/lb$$

Menghitung Sudden contraction losses

$$hc = 0{,}55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_1 > A_2 \text{ sehingga } \frac{A_2}{A_1} = 0$$

$$= 0{,}55 \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \longrightarrow \quad \alpha = 1 \text{ (turbulen)}$$

$$= 0{,}55 \times \frac{2{,}4898^2}{2 \times 1 \times 32{,}174} = 0{,}0530 \; ft.lbf/lb$$

Menghitung sudden enlargement losses

$$hex = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times \frac{v^2}{2 \times \alpha \times gc} \quad A_2 > A_1 \text{ maka } \frac{A_1}{A_2} = 0$$

$$= \frac{2{,}4898^2}{2 \times 1 \times 32{,}174}$$

$$= 0{,}0963 \; ft.lbf/lb$$

Menghitung friksi valve dan elbow

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

Menetapkan : 4 buah elbow 90° (Kf = 0,75)

1 buah gate valve wide open (Kf = 0.17)

$$hf = 4 \times \left(Kf \times \frac{v^2}{2 \times gc} \right)_{elbow} + \left(Kf \times \frac{v^2}{2 \times gc} \right)_{valve}$$

$$= 4 \times \left(0{,}75 \times \frac{2{,}4898^2}{2 \times 32{,}174} \right) + \left(0{,}17 \times \frac{2{,}4898^2}{2 \times 32{,}174} \right)$$

$$= 0{,}3054 \ ft.lbf/lb$$

Total friksi= 1,0181 + 0,0530 + 0,0963 + 0,3054 $ft.lbf/lb$

$$= 1{,}4728 \ ft.lbf/lb$$

Neraca energi

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

$v_1 = 0$; $P_1 = P_2$

$$\frac{1}{2 \times 1 \times 32.174} \times (2{,}4898^2) + \frac{9{,}8}{32.174} \times (60{,}0589) + \frac{0}{64.99} + 1{,}4728 = -Ws$$

Ws = -19,8627 $ft.lbf/lb$

Ws = $-\eta \times$ Wp $\longrightarrow$ η = 68,8 % [17]

-19.8627 = -0.688 × Wp

Wp = 28,8562 $ft.lbf/lb$

$$BHP = \frac{m \times Wp}{550}$$

$$= \frac{1{,}98 \times 28{,}8562}{550}$$

$$= 0{,}1039 \text{ Hp} \approx 0{,}2 \text{ Hp}$$

Spesifikasi :

Kapasitas : 1,98 lb/s

Nominal size pipe : 3 in, sch 80

OD : 3,5 in

ID : 2,9 in

Power : 0,2 hp

Material pipa : commercial steel

Elbow : 90°

Valve : gate valve wide open

Ketebalan isolasi : $1^1/_2$ in

16. Air Filter

Fungsi : menyaring debu-debu yang terikut udara yang akan masuk ke blower

Tipe : Continuous Air Filter

Perhitungan :

Dari Geankoplis App. A.3-3 :

✓ ρ udara pada T = 30°C adalah 1,1676 kg/m^3

$$\text{kapasitas} = \frac{34.322,4475\ kg/jam}{1,1676\ kg/m^3} = 29.395,7241\ m^3/jam$$

$$= 489,9287\ m^3/menit$$

$$= 17.301,5764\ ft^3/menit$$

Dari Perry edisi 7, hal. 17-50, tabel 17-9 diperoleh :

Ukuran filter 24 in x 24 in = 576 in^2 = 3,9999 $ft^2 \approx 4\ ft^2$

Jumlah : 1 buah

Bahan konstruksi : Carbon Steel

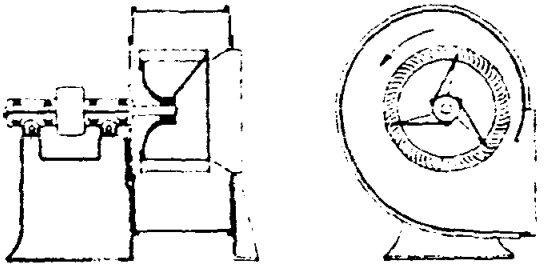
17. Blower (G-511)

Fungsi : menghembuskan udara masuk ke burner

Tipe : Forward-curved blade

Dasar pemilihan : dapat menyuplai udara dengan kapasitas yang besar

Gambar :



Data : **kapasitas udara = 34.322,4475 kg/jam**

T udara = 30°C = 546°R

P udara = 1,1 atm = 16,17 psia

Perhitungan :

$$\rho \text{ udara} = \frac{BM}{Vo} \times \frac{P}{P^o} \times \frac{T^o}{T} \times 1 lbmol$$

$$= \frac{28{,}84\ lb/lbmol}{359{,}05\ ft^3} \times \frac{16{,}17\ psia}{14{,}696\ psia} \times \frac{492^o R}{546^o R} \times 1\ lbmol$$

$$= 0{,}08\ lb/ft^3$$

$$\text{Rate udara (Q)} = \frac{1.261{,}1211\ lb/\text{min}}{0{,}08\ lb/ft^3}$$

$$= 15.764{,}0141\ ft^3/\text{min} = 446{,}3896\ m^3/\text{min}$$

Power blower $= 2{,}72.10^{-5} \times Q \times P$ (11)

Dimana : Q = fan blower, $\left(m^3/\text{min}\right)$

P = discharge pressure = 1.138,7 cm water column

Power blower $= 2{,}72.10^{-5} \times 446{,}3896 \times 1.138{,}7$

$= 13{,}83$ HP

Efisiensi = 87 % (17)

$$HP = \frac{power\ blower}{\eta}$$

$$= \frac{13{,}83}{87\%} = 15{,}89 \text{ Hp} \approx 15{,}9 \text{ Hp}$$

Spesifikasi

Tipe : Forward-curved bladc

Kapasitas : 34.322,4475 kg/jam

Power : 15,9 Hp

Bahan : carbon steel

Jumlah : 1 buah

18. Burner Spray Drier (G-512)

Fungsi : Menghasilkan gas panas yang dipakai untuk spray drier

Type : Thermal Direct Fired Heater

Dasar pemilihan : untuk memanaskan udara bertekanan rendah

Kondisi operasi : P = 1 atm

Suhu udara masuk : 30 °C = 86 °F

Suhu gas keluar : 100 °C = 212 °F

Rate udara masuk burner = 34.322,4475 $^{kg}/_{jam}$ = 21,0187 $^{lb}/_{s}$

Pada suhu 86 °F, humidity = 0,02125 $^{lb\ H_2O\ uap}/_{lb\ dry\ air}$

Volume spesifik = (0,0252 + 0,0405 H) T °R [12]

= (0,0252 + 0,0405 × 0,02125) (460+86) °R

= 14,2291 $^{ft^3}/_{lb\ dry\ air}$

Rate volumetrik udara = 21,0187 $^{lb}/_{s}$ × 14,2291 $^{ft^3}/_{lb}$

= 299,0772 $^{ft^3}/_{s}$ = 17.944,6311 $^{ft^3}/_{\text{min}}$

Panas yang disuplai ke spray dryer = 2.885.599,275 $^{kJ}/_{jam}$

$$= 2.735.009,644 \ {}^{Btu}/_{jam}$$

Berdasarkan Perry edisi 5, hal 9-33, maka burner yang digunakan :

Tinggi burner : 30 in

Panjang burner : 72 in

Bahan konstruksi : Stainless Steel

Jumlah : 1 buah

19. Spray Drier (B-510) (tugas khusus)

20. Cyclone (H-520)

Fungsi : Memisahkan susu bubuk yang terbawa oleh gas yang keluar dari spray dryer

Tipe : Effluent dust cyclone

Dasar pemilihan : Untuk ukuran partikel ± 100 mesh

Kapasitas $= 1,45 \ {}^{kg}/_{jam} = 0,0533 \ {}^{lb}/_{\min}$

Nozzle gas masuk ukuran = 15 in [17]

Standar pipe ukuran nozzle (Di) = 15,25 in [17]

Luas penampang nozzle (Ac) $= \frac{1}{4} \times \pi \times Di^2$

$= \frac{1}{4} \times \pi \times (15,25)^2$

$= 182,65 \text{ in}^2$

Dari Perry edisi 6 hal 20-82, mendapatkan penampang gas masuk :

Ac = Bc × He

Hc = 2 × Bc

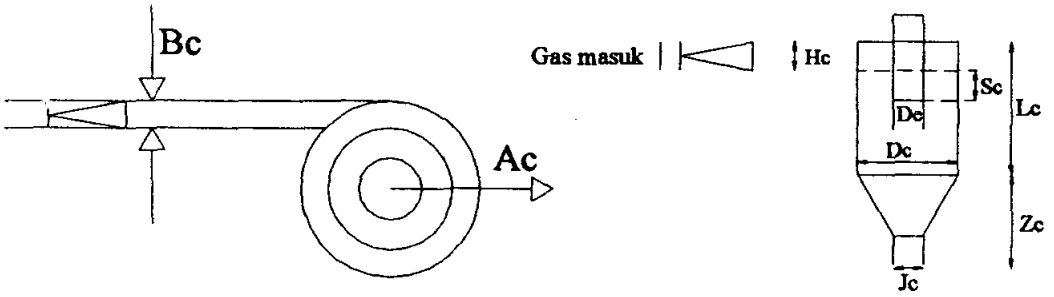
Ac = 2 × Bc^2

$$Bc = \sqrt{\frac{Ac}{2}} = \sqrt{\frac{182{,}654\ in^2}{2}}$$

= 9,55 in

Dc = Bc × 4 = 9,55 in × 4

= 38,226 in



$$De = \frac{Dc}{2} = \frac{38{,}226\ in}{2} = 19{,}113\ in$$

$$Hc = \frac{Dc}{2} = \frac{38{,}226\ in}{2} = 19{,}113\ in$$

$$Lc = 2 \times Dc = 2 \times 38{,}226\ in = 76{,}45\ in$$

$$Sc = \frac{Dc}{8} = \frac{38{,}226\ in}{8} = 4{,}778\ in$$

$$Zc = 2 \times Dc = 2 \times 38{,}226\ in = 76{,}452\ in$$

$$Jc = \frac{Dc}{4} = \frac{38{,}226\ in}{4} = 9{,}5565\ in$$

Dimana : Ac : luas penampang gas masuk, in^2

Dc : diameter cyclone, in

De : diameter lubang pengeluaran gas, in

Hc : diameter lubang masuk, in

Lc : tinggi cyclone bagian silinder, in

Zc : tinggi cyclone bagian kerucut, in

Jc : diameter lubang pengeluaran partikel, in

Spesifikasi :

Tipe : Effluent Dust Cyclone

Kapasitas : 0,0533 $^{lb}/_{min}$

Ukuran : Ac = 182,405 in

Bc = 9,55 in

Dc = 38,226 in

De = 19,113 in

Hc = 19,113 in

Lc = 76,45 in

Sc = 4,778 in

Zc = 76,452 in

Jc = 9,5565 in

21. Screening (X-530)

Fungsi : Untuk menyeragamkan ukuran susu bubuk skim

Tipe : Vibrating screen single deck

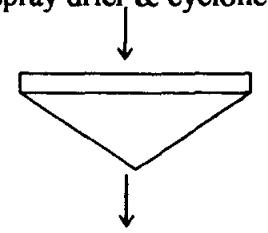
Dasar pemilihan : Dapat digunakan untuk padatan dengan ukuran ± 90 mesh

Kondisi operasi : T = 30°C

P = 1 atm

Kapasitas : 1.507,7 kg/jam = 1,5077 ton/jam

spray drier & cyclone



bin susu bubuk skim

Perancangan:

Menghitung Luas Ayakan

Luas ayakan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A = \frac{0{,}4 \times C_t}{C_u \times F_{oa} \times F_s}$$

Dengan:

A : Luas ayakan (ft^2)

C_t : kapasitas (ton/ jam)

C_u : kapasitas unit

F_{oa} : faktor bukaan area $= 100 \times \left\{ \frac{a}{(a+d)} \right\}^2$ (11)

F_s : faktor slot area

Data-data:

C_t = 1.507,7 kg/jam = 1,5077 ton/jam

F_s = 1,0 (11)

$C_u = 0,75\ ton/jam.ft^2$ (11)

a = bukaan bersih = 0,35 in

d = diameter kawat = 0,2 in

Menentukan Foa:

$$F_{oa} = 100 \times \left\{ \frac{0,35}{(0,35+0,2)} \right\}^2 = 0,40496$$

Menentukan luas ayakan:

$$A = \frac{0,4 \times C_t}{C_u \times F_{oa} \times F_s} = \frac{0,4 \times 1,5077}{0,75 \times 0,40496 \times 1,0} = 1,9856\, ft^2 = 0,1845\, m^2$$

Dari Peter & Timmerhaus[17], Grafik 14-88, memilih ayakan dengan ukuran 1 × 3 ft

Spesifikasi :

Tipe : Vibrating Screen Single Deck

Kapasitas : 1.507,7 $kg/_{jam}$

Ukuran ayakan : 1 × 3 ft

22. Hammer Mill (C-540)

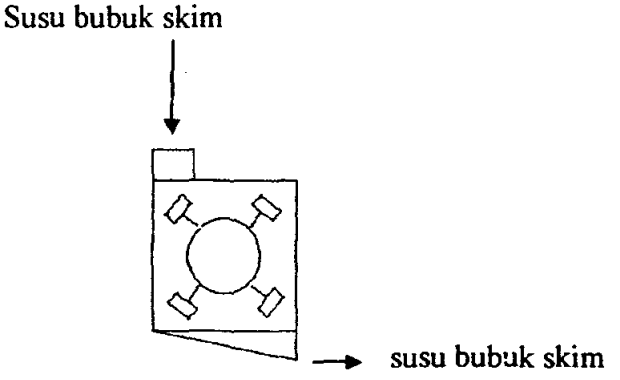
Fungsi : Menghancurkan susu bubuk skim yang kelur dari spray drier dan cyclone yang ukurannya belum homogen.

Tipe : Hammer mill

PERPUSTAKAAN Universitas Katolik Widya Mandala SURABAYA

Dasar pemilihan : Untuk menghancurkan material dalam proses industri makanan dan dapat menghasilkan butiran sampai ukuran 0,00039 in.

Gambar :



Kapasitas : 75,385 $^{kg}/_{jam}$ = 0,0754 $^{ton}/_{jam}$

Dari tabel 20-14 Perry[11], mendapatkan :

Dimensi rotor	: 30 x 30 ft
Ukuran maximum umpan	: 2,5 in
Kecepatan maximum	: 1200 rpm
Power	: 100 HP
Jumlah	: 1

23. Conveyor (J-550)

Fungsi : mengangkut susu bubuk dari screening ke bin susu bubuk

Tipe : pneumatic conveyor

Dasar pemilihan : untuk transport material berbentuk bubuk

Perhitungan :

Kapasitas = 1.507,7 $^{kg}/_{jam}$ = 55,3979 $^{lbm}/_{menit}$

Dari Perry[11], hal. 22-20 dan fig. 21-13 diperoleh :

Inside diameter conveyor pipe : 4 in

Power : 25 hp

Volume udara : 300 $^{ft^3}/_{mnt}$

Material : Stainless Steel

Jumlah : 1 buah

24. Bin Susu Bubuk Skim (F-560)

Fungsi : menampung susu skim bubuk

Tipe : silinder tegak dengan tutup atas berbentuk plat datar dan tutup bawah berbentuk konical

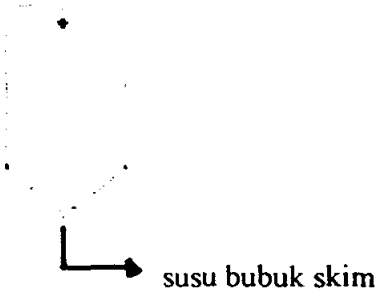
Dasar pemilihan : tempat penyimpanan produk makanan bebentuk bubuk

Kondisi operasi : T = 30°C

Sistem opersai : batch

Jumlah : 1 buah

Gambar : susu bubuk skim



Perhitungan :

Rate susu bubuk skim = 1507,7 $^{kg}/_{jam}$ = 3323,8754 $^{lbm}/_{jam}$

s.g susu bubuk skim = 1,5117

ρ H_2O pada suhu 30°C = 995,647 $^{kg}/_{m^3}$ (12)

ρ susu bubuk skim = s.g susu bubuk skim x ρ H_2O

= 1,5117 x 995,647 $^{lbm}/_{ft^3}$

= 1505,1196 = $^{kg}/_{m^3}$ = 93,9650 $^{lbm}/_{ft^3}$

Waktu tinggal = 1 jam

Diambil : tinggi shell (Hs) = 3 x diameter shell (D)

(rasio H/D =2-5)(4)

Volume total padatan $= \frac{massa}{\rho} = \frac{3323{,}8754\, ^{lbm}/_{jam}}{93{,}9650\, ^{lbm}/_{ft^3}} \times 1\, jam$

$= 35{,}3735\ ft^3$

Volume total padatan = vol padatan dalam shell + vol padatan dalam konis

Diambil : Volume bin = 1,2 x volume total padatan

Dn = diameter lubang pengeluaran padatan = 3 in = 0,25 ft

$$1{,}2 \times 35{,}3735\ ft^3 = \frac{\pi}{4} \times 3 \times D^3 + \frac{\pi}{24 tg\alpha} x\left(D^3 - Dn^3\right)$$

$$42{,}4482\ ft^3 = \frac{\pi}{4} \times 3 \times D^3 + \frac{\pi}{24 tg 30^o} x\left(D^3 - (0{,}25\, ft)^3\right)$$

$42{,}4482\ ft^3 = 2{,}3562\ D^3 + 0{,}2267\ D^3 - 3{,}5426.10^{-3}$

$42{,}4482\ ft^3 = 2{,}5829\ D^3$

$D = 2{,}5424\ ft \approx 2{,}6\ ft$

$Hs = 3 \times D = 3 \times 2{,}6\ ft = 7{,}8\ ft$

Volume padatan dalam konis = volume konis

$$= \frac{\pi}{24 tg 30^o} x\left(D^3 - (0{,}25 ft)^3\right)$$

$$= \frac{\pi}{24 tg 30^o} x\left((2{,}6 ft)^3 - (0{,}25 ft)^3\right)$$

$$= 3{,}9794\ ft^3$$

Tinggi padatan dalam shell (H) $= \dfrac{vol\,tot.pada\ \tan - vol.pada\ \tan\ dlmkonis}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$

$$= \frac{(35{,}3735 - 3{,}9794) ft^3}{\frac{\pi}{4} \times (2{,}6 ft)^2}$$

$$= 5{,}9160\ ft \approx 6\ ft$$

Tinggi Konis (Hc) $= \dfrac{D}{2 tg \alpha} - \dfrac{Dn}{2 tg \alpha}$

$$= \frac{2{,}6}{2 tg 30^o} - \frac{0{,}25}{2 tg 30^o}$$

$$= 2{,}0352\ ft \approx 2{,}1\ ft$$

Tinggi padatan dalam bin = H + Hc

$$= (6 + 2{,}1)\ ft$$

$$= 8{,}1\ ft$$

Tinggi bin = Hs + Hc

$$= (7,8 + 2,1)\ ft$$

$$= 9,9\ ft$$

P operasi = tekanan vertikal pada dasar bin yang disebabkan oleh padatan

$$= \frac{r.\rho_b\ (g/gc)}{2.\mu'.K'} \times \left(1 - e^{-2.\mu'.K'.Z_T/r}\right) \quad (20)$$

dimana :

r = jari-jari dalam tangki $= D/2 = 2,6/2 = 1,3\ ft$

Z_T = ketinggian total solid (diambil = 6 ft)

ρ_b = bulk density solid (93,9650 lbm/ft^3)

μ' = koefisien gesek (tak berdimensi)

untuk bahan yang berbentuk granular di atas permukaan beton/logam yang halus/licin, range μ' : 0,35-0,55 (diambil μ' = 0,4)

K' = rasio tekanan

Untuk bahan granular yang dapat mengalir bebas, range K' : 0,35-0,6 (diambil : K' = 0,5)

P operasi

$$= \frac{(1,3\ ft).(93,9650\ lbm/ft^3)\left(\dfrac{32,174\ ft/s^2}{32,174\ lbm.ft/lbf.s^2}\right)}{2 \times 0,4 \times 0,5}.\left(1 - e^{-2 \times 0,4 \times 0,5 \times 6/1,3}\right)$$

$$= 257,1831\ lbf/ft^2$$

$$= 1,7859\ psi$$

P desain = 1,2 x P operasi

= 1,2 x 1,7859 psi = 2,1431 psi

Tebal Shell

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times (f.E - 0{,}6P)} + c$$

dimana :

P = P desain = 2,1431 psi

ID = 2,6 ft = 31,2003 in

Konstruksi : bahan konstruksi = carbon steel SA-283, grade D, dengan

f = strees maksimum yang diijinkan

= 12650 psi[16]

tipe sambungan = double-welded butt joint, dengan

E = welded-joint efficiency = 0,8[16]

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

$$t_s = \frac{(2{,}1431\,psi) \times (31{,}2003in)}{2 \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 2{,}1431))psi} + \frac{1}{8} \text{ in}$$

= 0,1283 in ≈ $\frac{3}{16} in$

Tebal tutup atas (plat datar)

Diambil : tebal tutup atas = tebal shell = 0,1283 in ≈ $\frac{3}{16} in$

Tebal tutup bawah (konis)

Karena setengah sudut puncak (α) tidak lebih besar dari 30°, maka :

$$t_s = \frac{P \times ID}{2 \times \cos\alpha \times (f.E - 0{,}6P)} + c \quad [16]$$

dimana :

P = P desain = 2,1431 psi

ID = 2,6 ft = 31,2003 in

$\alpha = 30^{o}$

Digunakan tipe sambungan double-welded butt joint, sehingga E = 0,8[16]

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

$$t_s = \frac{(2{,}1431 psi) \times (31{,}2003 in)}{2 \times \cos 30^{o} \times ((12650 \times 0{,}8) - (0{,}6 \times 2{,}1431)) psi} + \frac{1}{8} in$$

$= 0{,}1288 \text{ in} \approx \frac{3}{16} in$

Spesifikasi :

Kapasitas	: 42,4482 ft^3
Diameter	: 2,6 ft
Tinggi Shell	: 7,8 ft
Tinggi tutup bawah (konis)	: 2,1 ft
Tinggi bin	: 9,9 ft
Tebal shell	: 0,1283 in $\approx \frac{3}{16} in$
Tebal tutup atas (plat datar)	: 0,1283 in $\approx \frac{3}{16} in$
Tebal tutup bawah (konis)	: 0,1288 in $\approx \frac{3}{16} in$
Bahan konstruksi	: SA-283, grade D
Jumlah	: 1 buah

APPENDIX D
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI

D.1. Perhitungan Harga Peralatan

Berikut ini adalah harga peralatan yang digunakan dalam area proses serta peralatan yang digunakan pada area utilitas. Harga ini ada yang didapat langsung beberapa suplier dan kontraktor maupun dari www.matche.com, hasilnya ditabelkan pada tabel D.1, D.2, dan D.3 berikut ini.

Tabel D.1. Harga Peralatan Proses

No	Nama Alat	Kode	Jumlah	Harga per Unit ($)	Harga Total ($)	Sumber
1.	Tangki penampungan awal	F-110	4	Rp 255.600.000	Rp 1.022.400.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
2.	*Clarifier*	H-120	1	Rp 28.800.000	Rp 28.800.000	
3.	Tangki penampung susu segar dari *clarifier*	F-130	1	Rp 255.600.000	Rp 255.600.000	
4.	Tangki penampung susu dari plate heat exchanger	F-220	1	Rp 36.000.000	Rp 36.000.000	
5.	Plate heat exchanger	E-210	1	$ 28.400	$ 28.400	www.matche.com
6.	*Disk centrifuge*	H-310	1	$ 7.000	$ 7.000	
7.	Tangki pencampuran	M-320	1	$ 36.900	$ 36.900	
8.	Evaporator	V-410	1	$ 38.700	$ 38.700	
9.	Steam ejector	G-412	1	$ 22.300	$ 22.300	
10.	Blower	G-511	1	$ 213	$ 213	www.matche.com
11.	Spray dryer	B-510	1	Rp 3.600.000.000	Rp 3.600.000.000	Samson Djawa Perkasa Pertokoan Gateway D-27
12.	*Cyclone*	H-520	1	Rp 8.294.400.000	Rp 8.294.400.000	

13.	Vibrating screening	X-530	1	Rp 110.700.000	Rp 110.700.000	Waru 031-8554593
14.	Pneumatic conveyor	J-550	1	Rp 368.100.000	Rp 368.100.000	PT. Lomax Jl. Perak Barat 97 Sby 031-3541138 031-3541189
15.	Bin susu bubuk	F-560	1	Rp 28.800.000	Rp 28.800.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
16.	Tangki penampung susu dari evaporator	F-420	1	Rp 44.100.000	Rp 44.100.000	
17.	*Hammer mill*		1	$ 4.250	$ 4.250	www.matche.com
18.	Pompa	L-111	1	Rp 750.000	Rp 750.000	Dutasarana Sumberjaya Jl. Kinibalu 79 Sby 031-5323079
19.	Pompa	L-131	1	Rp 750.000	Rp 750.000	
20.	Pompa	L-221	1	Rp 750.000	Rp 750.000	
21.	Pompa	L-321	1	Rp 750.000	Rp 750.000	
22.	Pompa	L-421	1	Rp 750.000	Rp 750.000	
23.	Level indikator (LI)		5	$ 284	$ 1420	www.matche.com
24.	Temperature controller (TC)		5	$ 284	$ 1420	
25.	Flow controller (FC)		2	$ 284	$ 568	
26.	Pressure controller (PC)		2	$ 387	$ 774	

dengan mengasumsikan 1$ = Rp. 9.000,00 maka total harga peralatan proses adalah :

harga peralatan proses yang diimpor = $141.945 x Rp. 9.000,00

= Rp. 1.277.505.000,00

Total harga peralatan proses = Rp 15.070.155.000,00

Tabel D.2. Harga Peralatan Utilitas

No	Nama alat	Kode	Jumlah	Harga per unit (Rp)	Harga total (Rp)	Supplier
1.	Pompa air ke tangki demineralisasi	J-811	1	7.500.000	7.500.000	Dutasarana Sumberjaya Jl. Kinibalu 79 Sby 031-5323079
2.	Pompa air ke tangki penampung air *boiler*	J-821	1	7.500.000	7.500.000	
3.	Pompa air *boiler*	J-831	1	7.500.000	7.500.000	
4.	Pompa bahan bakar		1	7.500.000	7.500.000	
5.	*Boiler*	E-832	1	150.000.000	150.000.000	Samson Djawa Perkasa Pertokoan Gateway D-27 Waru 031-8554593
6.	Tangki penampung air *boiler*	TT-830	1	10.500.000	10.500.000	PT. Meco Inox Prima Jl. Kalijaten 114 Sepanjang-61257 031-7881903
7.	Tangki penampung bahan bakar		1	10.500.000	10.500.000	
8.	Tangki demineralisasi	H-820	1	7.500.000	7.500.000	
9.	Generator		1	64.000.000	64.000.000	Teknik Unggul Jl. Penghela 21 Sby 031-5471681

Tabel D.3. Bak Penampungan Utilitas

No.	Nama Alat	Kode	Jumlah	Luas (m^2)
1.	Bak Penampung Air Bersih	TT-810	1	36
Total				36

Total harga bak penampungan = 36 m^2 × Rp. 500.000,00/m^2

= Rp. 18.000.000,00

Total harga peralatan utilitas = Total harga peralatan utilitas + Total harga bak penampung utilitas

= Rp. 290.000.000,00 + Rp. 18.000.000,00

= Rp. 308.000.000,00

Total harga peralatan = Total harga peralatan proses + Total harga Peralatan utilitas

= Rp. 15.070.155.000,00 + Rp. 308.000.000,00

= **Rp. 15.378.155.000,00**

D.2. Perkiraan Harga Tanah dan Bangunan

Luas tanah = 3.500 m^2

Harga tanah / m^2 = Rp. 500.000,00

Total biaya tanah = 3500 m^2 × Rp. 500.000,00 / m^2

= **Rp. 1.750.000.000,00**

Luas bangunan = 1.809 m^2

Harga bangunan /m^2 = Rp. 2.000.000,00

Total biaya bangunan = 1.809 m^2 × Rp. 2.000.000,00 / m^2

= **Rp. 3.618.000.000,00**

D.3. Perkiraan Harga Beli Bahan Baku dan Harga Kemasan

D.3.1. Harga Bahan Baku

Susu sapi segar dan vitamin E diperoleh dari supplier-supplier di daerah Pasuruan.

1. Harga susu sapi = Rp 1.250/liter

   Kebutuhan susu sapi = 96.000 liter/hari

   Kebutuhan susu setahun = 96.000 liter/hari x 330 hari/tahun

   = 31.680.000 liter/tahun

   Total harga beli susu = Rp 1.250/liter × 31.680.000 liter/tahun

   = Rp 39.600.000.000,00/tahun

2. Harga vitamin E = Rp 125.000/liter

   Kebutuhan vitamin E = 27,72 kg/hari = 27.720 gr/hari

   ρ vitamin E = 0,950 gr/cm^3

   Kebutuhan vitamin E = 19.178,95 cm^3 = 29,1789 liter/hari

   Kebutuhan vitamin E setahun = 29,1789 liter/hari x 330 hari/tahun

   = 9.629,037 liter/tahun

   Total harga beli vitamin E = 125.000/liter x 9.629,037 liter/tahun

   = Rp 1.203.629.625,00

3. Harga CO_2 = Rp 5.000/kg

   Kebutuhan CO_2= 100 kg/tahun

   Total beli CO_2 = Rp 5000,00/kg x 100 kg/tahun = Rp 500.000/tahun

Total beli bahan baku setahun = Rp 39.600.000.000,00 + Rp 1.203.629.625,00 +

Rp 500.000,00

= **Rp 40.803.629.630,00**

D.3.2. Harga Bahan Kemasan

- Susu bubuk skim yang dihasilkan akan dikemas dalam kardos yang dilengkapi dengan aluminium foil tiap 250 gram.
- Tiap hari dihasilkan 9.000.000 gram/hari.
- Harga kemasan tiap 250 gram Rp 750,00/dos (lengkap dengan aluminium foil dan printing kardos)
- Harga kemasan pertahun = (9.000.000 / 250) x Rp 750,00

  = **Rp 27.000.000,00**

D.3.3. Total Harga Bahan Baku dan Kemasan

Total harga bahan baku dan kemasan = Rp 40.803.629.630,00 + Rp 27.000.000,00

= **Rp 40.830.629.630,00**

D.4. Perkiraan Biaya Penjualan

- Total biaya penjualan susu bubuk skim adalah :

  = Rp 9.000,00/*pack* x 36.000 *pack*/hari x 330 hari/ tahun

  = **Rp 106.920.000.000,00**
- Biaya iklan = 6% x Rp 106.920.000.000,00 = Rp 6.415.200.000,00
- Total biaya penjualan krim adalah :

  = 579,66 kg x Rp 1.000,00/kg x 330 hari/tahun x 6

  = Rp 1.147.726.800,00

- Total biaya penjualan susu bubuk skim dan krim adalah :

  = Rp 106.920.000.000,00 + Rp 1.147.726.800,00

  = Rp 108.067.726.800,00

D.5. Perkiraan Harga Utilitas

D.5.1. Kebutuhan Zeolite dan Regenerasinya

Kebutuhan zeolite = 14,5764 kg/tahun

Harga zeolite = Rp. 90.000,00/50 kg = Rp. 1.800,00/kg

Harga total zeolite = Rp. 1.800,00 × 14,5764 = Rp. 262.375,00

Kebutuhan NaCl untuk regenerasi zeolite = 15,06 kg/tahun

Harga NaCl = Rp. 1.500,00/kg

Harga total NaCl per tahun = Rp. 1.500,00 × 15,06 = Rp. 22.590,00

Harga total zeolite dan NaCl per tahun = Rp. 262.375,00 + Rp. 22.590,00

= Rp. 284.965,00

= Rp. 285.000,00

D.5.2. Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik = 186,9470 kW

Biaya beban per bulan = Rp. 50.000,-/kVA/bulan

Biaya beban per tahun = 12 bln/th × Rp.50.000,-/kVA/bln × 1000 kVA

= Rp.600.000.000,00

Biaya pemakaian listrik = Rp.1.200,00/kWh

Pemakaian listrik per tahun

= Pemakaian listrik normal + Pemakaian listrik hari libur

= (186,9470 kW/hari × 330 hari/tahun) + (2,86 KW/hari × 35 hari/tahun)

= 61.792,61 kWh/tahun

Total biaya pemakaian listrik adalah :

= (61.792,61 kWh/tahun × Rp 1.200,00) + Rp 600.000.000,00

= Rp 674.151.132,00 ≈ Rp 674.200.000,00

D.5.3. Kebutuhan bahan bakar

- Kebutuhan bahan bakar = 5,5355 kg/hari

  Harga residual oil = Rp 4.000,00/kg

  Biaya residual oil/tahun = 5,5355 kg/hari × 330 hari × Rp 4.000,00/kg

  = Rp 7.306.860,00

- Kebutuhan solar = 791,4435 liter/tahun = 65,9536 liter/bulan

  Harga bahan bakar = Rp 6.500,00/liter

  Biaya bahan bakar per tahun

  = 65,9536 L/bulan × 12bulan/tahun × 6.500/L

  = Rp 5.144.381,00

  = Rp 5.144.500,00/tahun

D.5.4. Air PDAM

Kebutuhan air PDAM = 88,9153 m^3/hari

Harga air PDAM 10 m^3 pertama = Rp 2.500,00

= Rp 2500,00 × 88,9153 m^3/hari × 299 hari/tahun

= Rp 66.464.186,75

= Rp 66.500.000,00

Jadi, total biaya utilitas per tahun adalah :

= biaya kebutuhan zeolite + biaya listrik + biaya bahan bakar + biaya air

= Rp 285.000,00 + Rp 674.200.000,00 + (Rp 7.306.860,00 + Rp 5.144.500,00) + Rp 66.500.000,00

= Rp 753.436.360,00 ≈ **Rp 753.436.500,00**

D.6. Perkiraan Gaji Pegawai

Gaji dari masing-masing pegawai dapat dilihat pada Tabel D.3

Gaji karyawan dalam 1 tahun dihitung sebanyak 13 bulan gaji (1 bulan gaji digunakan untuk tunjangan hari raya karyawan).

Gaji karyawan dalam 1 tahun = Rp 178.850.000 × 13 bulan

= **Rp 2.325.050.000,00**

Tabel D.4. Perincian Gaji Karyawan Tiap Bulan

No	Posisi	Jumlah	Gaji (Rp.)	Total (Rp.)
1	Direktur Utama	1	15.000.000	15.000.000
2	General Manager	1	10.000.000	10.000.000
3	Manager Personalia dan Umum	1	7.500.000	7.500.000
4	Manager Produksi	1	7.500.000	7.500.000
5	Manager Pemasaran	1	7.500.000	7.500.000
6	Manager Keuangan	1	7.500.000	7.500.000
7	Kepala Bagian Teknik dan Pemeliharaan	1	5.000.000	5.000.000
8	Kepala Bagian *Quality Control* dan Laboratorium	1	5.000.000	5.000.000
9	Kepala Bagian Proses	1	5.000.000	5.000.000
10	Kepala Bagian Pembelian	1	5.000.000	5.000.000
11	Kepala Bagian *Research and Development*	1	5.000.000	5.000.000
12	Kepala Bagian *Public Relation*	1	5.000.000	5.000.000
13	Kepala Bagian Promosi	1	5.000.000	5.000.000
14	Sekretaris	2	1.500.000	3.000.000
15	Pekerja Proses	20	950.000	19.000.000
16	Pekerja Teknik dan Pemeliharaan	4	1.250.000	5.000.000
17	Pekerja *Quality Control* dan Laboratorium	4	1.500.000	6.000.000
18	Pekerja *Research and Development*	2	1.650.000	3.300.000
19	Pekerja Akutansi dan Keuangan	2	1.550.000	3.100.000
20	Pekerja Personalia dan Administrasi	2	1.300.000	2.600.000
21	Pekerja Promosi dan *Public Relation*	10	1.250.000	12.500.000
22	Pekerja Gudang	16	950.000	15.200.000
23	Pekerja Kebersihan	6	750.000	4.500.000
24	Keamanan	8	700.000	5.600.000
25	Sopir	3	850.000	2.550.000
26	Kantin dan Koperasi	5	700.000	3.500.000
27	Pegawai Kesehatan	4	750.000	3.000.000
Total		100		178.850.000

APPENDIX E

TUGAS KHUSUS

PERANCANGAN *SPRAY DRYER*

E.1 Alasan Pemilihan *Spray Dryer* Pada Pembuatan Susu Bubuk Skim

Pada pabrik pembuatan susu bubuk skim, proses *drying* diperlukan untuk mengeringkan bubur (*slurry*) susu skim sehingga kemudian dapat dihasilkan produk susu skim dalam bentuk padatan. Selain untuk efisiensi, proses pengolahan susu cair menjadi susu bubuk berguna untuk menjaga stabilitas susu skim. Karena dalam bentuk padatan, susu mempunyai stabilitas yang lebih baik bila dibandingkan dalam bentuk cairan, sehingga susu bubuk skim yang dihasilkan menjadi lebih awet dan tahan lama. Jadi, kualitas produk dapat tetap terjaga sampai konsumen menerima dan menggunakan produk tersebut.

Produk susu cenderung sensitif terhadap panas, maka jenis *drier* yang dipilih adalah *direct drier*. Dengan menggunakan *direct drier*, maka proses *drying* akan terjadi dengan lebih merata pada produk, sehingga produk yang dihasilkan memiliki kandungan air yang merata. Jenis *direct drier* yang sesuai digunakan untuk susu bubuk skim adalah *spray drier*. Pada *spray drier*, susu skim yang dikeringkan akan keluar dalam bentuk bubuk dan susu skim tidak akan mengalami kerusakan akibat panas yang berlebihan serta memiliki keawetan yang lebih lama jika dibandingkan dalam bentuk cair.

E.2 Perancangan *Spray Dryer*

Fungsi : untuk mengeringkan susu skim basah menjadi susu skim kering yang berupa bubuk atau tepung

Tipe : bejana silinder dengan bagian bawah berbentuk konis dan tutup atas berbentuk *dished head*

Kapasitas : 1493,15 kg/jam

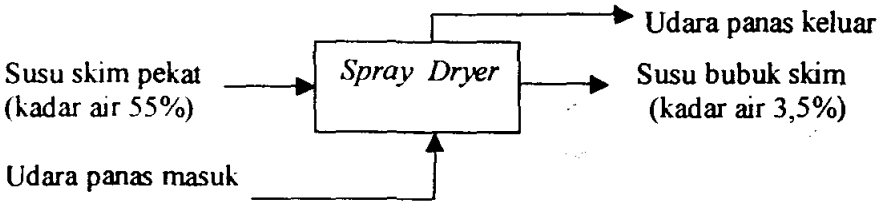
Kondisi operasi : Tekanan operasi = 1atm

Suhu *feed* masuk = 77 °C

Suhu udara panas masuk = 125°C[11]

Basis : 1 jam

Neraca Massa *Spray Dryer*



Massa susu skim pekat masuk (dari Evaporator) = 3233,18 kg/jam

Dengan kandungan : - Air = 1778,25 kg/jam

- Total solid = 1454,93 kg/jam

Di dalam *spray drier* susu mengalami proses pengeringan sampai kadar air = 3,5%.

Jumlah air dalam susu skim pekat = 1778,25

Jumlah air dalam susu bubuk skim (X)

$$\frac{X}{3233{,}18-(1778{,}25-X)} = 3{,}5\%$$

$$X = 52{,}77\,\text{kg}$$

Diasumsi yang ikut dalam udara panas keluar sebesar 1% :

-Lemak	: 1% x 27,73	= 0,2773 kg/jam
- Protein	: 1% x 543,46	= 5,4346 kg/jam
- Laktosa	: 1% x 767,23	= 7,6723 kg/jam
- Abu	: 1% x 111,89	= 1,1189 kg/jam
- Vit. E	: 1% x 4,62	= 0,0462 kg/jam

Susu bubuk skim keluar dari *spray drier* mempunyai komposisi :

- Air	: 52,77	=	52,77 kg/jam
- Lemak	: 27,73 - 0,28	=	27,45 kg/jam
- Protein	: 543,46 – 5,43	=	538,03 kg/jam
- Laktosa	: 767,23 – 7,67	=	759,56 kg/jam
- Abu	: 111,89 – 1,12	=	110,77 kg/jam
- Vit.E	: 4,62 - 0,05	=	4,57 kg/jam
Total		=	1493,15 kg/jam

Jumlah material yang terikut dalam udara panas

= (0,28 + 5,43 + 7,67 + 1,12 + 0,05) kg/jam = 14,55 kg/jam

Neraca massa :

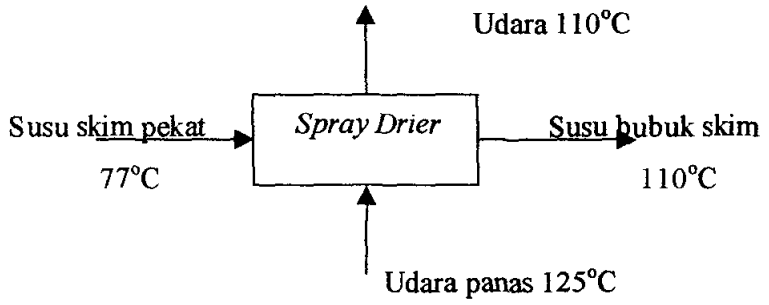
Masuk

- Air	=	1778,25 kg/jam
- Lemak	=	27,73 kg/jam
- Protein	=	543,46 kg/jam
- Laktosa	=	767,23 kg/jam
- Abu	=	111,89 kg/jam
- Vit.E	=	4,62 kg/jam
Total	=	3233,18 kg/jam

Keluar

Susu bubuk

- Air	=	52,77 kg/jam
- Lemak	=	27,45 kg/jam
- Protein	=	538,03 kg/jam
- Laktosa	=	759,56 kg/jam
- Abu	=	110,77 kg/jam
- Vit.E	=	4,57 kg/jam
Total	=	1493,15 kg/jam
Air yang diuapkan	=	1725,48 kg/jam
Material yang terikut udara panas	=	14,55 kg/jam
Total	=	3233,18 kg/jam



Udara panas masuk sebesar 125°C sehingga dapat menghasilkan susu bubuk dengan kadar air sebesar 3,5%[11]

Entalpi masuk (ΔH_R) :

Susu skim pekat :

Entalpi masuk *Spray Drier* = Entalpi keluar *Evaporator*

= 460.924,294 kJ/jam

Entalpi keluar (ΔH_P) :

Susu bubuk skim

- Air

$$\int_{303}^{383} Cp\, dT = \int_{303}^{383} (18{,}2964 + 47{,}212.10^{-2}T - 133{,}88.10^{-5}T^2 + 1314{,}2.10^{-9}.T^3).dT$$

$$= [18{,}2964.(383-303)] + \left[\frac{47.212.10^{-2}}{2}(383^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{133{,}88.10^{-5}}{3}.(383^3 - 303^3)\right] + \left[\frac{1314{,}2.10^{-9}}{4}(383^4 - 303^4)\right]$$

= 1.463,712+12.954,9728-12.657,801+4300,3155

= 6.061,1993 kJ/kmol = 336,73 kJ/kg

$$\Delta H_1 = m.\int_{303}^{363} Cp\,dT_{air}$$

$$= 52,77\,kg/jam.\,336,73\,kJ/kg$$

$$= 17.769,2421\ kJ/jam$$

- Lemak

$$\int_{303}^{383} Cp\,dT_{lemak} = \int_{303}^{383} (1,9842. + 1,4733.10^{-3}T - 4,8008.10^{-6}T^2)$$

$$= \left[1,9842.(383-303) + \left[\frac{1,4733.10^{-3}}{2}.(383^2 - 303^2)\right] - \left[\frac{4,8008.10^{-6}}{3}.(383^3 - 303^3)\right]\right]$$

$$= 158,736 + 40,4274 - 45,3896$$

$$= 153,7738\,kJ/kg$$

$$\Delta H_2 = m.\int_{303}^{383} Cp\,dT_{lemak}$$

$$= 27,73\,kg/jam.\ 153,7738\,kJ/kg$$

$$= 4.264,1475\,kJ/jam$$

- Protein

$$\int_{303}^{383} Cp\,dT_{protein} = 2,0082(383-303) + \frac{1,2089.10^{-3}}{2}.(383^2 - 303^2)$$

$$- \frac{1,3129.10^{-6}}{3}.(383^3 - 303^3)$$

$$= 160,656 + 33,1722 - 12,413$$

$$= 181,4152\,kJ/kg$$

$$\Delta H_3 = m.\int_{303}^{363} Cp\,dT_{protein}$$

$$= 543,46\,kg/jam.\ 181,4152\,kJ/kg$$

$$= 98.591,905\,kJ/jam$$

- Laktosa

$$\Delta H_4 = m.Cp_{laktosa}.\Delta T$$

$$= 767,23\,kg/jam.\ 0,287\,kkal/kg\,^{\circ}K.\ (383-303)^{\circ}K$$

$$= 17.615,6008\,kkal/jam = 73703,674\,kJ/jam$$

- Abu

$$\int_{303}^{383} Cp\,dT_{abu} = 1{,}0926(383-303) + \frac{1{,}8896.10^{-3}}{2}.(383^2 - 303^2)$$
$$- \frac{3{,}6817.10^{-6}}{3}.(383^3 - 303^3)$$
$$= 87{,}408 + 51{,}8506 - 34{,}809$$
$$= 104{,}4496\ kJ/kg$$

$$\Delta H_5 = m.\int_{303}^{383} Cp\,dT_{abu}$$
$$= 111{,}89\ kg.\ 104{,}4496\ kJ/kg$$
$$= 11.686{,}8657\ kJ/jam$$

- Vitamin.E

$$\Delta H_6 = m.Cp_{m\,vitamin\,E}.\Delta T$$
$$= 4{,}62\ kg/jam.1{,}7046\ kJ/kg.^oC.\ (110-30)^oC$$
$$= 630{,}0202\ kJ/jam$$

$$\sum \Delta H_R = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 + \Delta H_5$$
$$= 206.645{,}8545\ kJ/jam$$

Mencari Cp uap air rata-rata pada 75°C hingga 110°C

Dari Tabel A.2-12 Geankoplis didapat:

T, °C	T, °K	Cp, J/gr.°K
75	348	1,8775
80	353	1,8796
85	358	1,8817
90	363	1,8838
95	368	1,8859
100	373	1,888
105	378	1,8901
110	383	1,8923

R = 8,314 J/gmol °K

Mencari Cp uap air rata-rata pada 75°C hingga 110°C dan 75°C hingga 125°C

Dari Tabel A.2-12 [12]

T, °C	T, °K	Cp, J/gr.°K
77	350	1,87834
81,125	354,125	1,88
85,25	358,25	1,8818
89,375	362,375	1,8835
93,5	366,5	1,88527
97,625	370,625	1,887
101,75	374,75	1,888735
105,875	378,875	1,8905
110	383	1,8923

T, °C	Cp, kJ/kg.°C
77	1,009
81,8	1,009
86,6	1,009
91,4	1,00932
96,2	1,00962
101	1,01016
105,8	1,01093
110,6	1,0117
115,4	1,0125
120,2	1,0132
125	1,014

Cp rata-rata dihitung dengan metode trapezoidal :

$Cp_{\text{uap air rata-rata}}$

$$= \frac{\frac{4,125}{2}(1,87834+2(1,88+1,8818+1,8835+1,88527+1,887+1,888735+1,8905)+1,8923)}{383-350}$$

$$= \frac{\frac{4,125}{2}(1,87834+2(1,88+1,8818+1,8835+1,88527+1,887+1,888735+1,8905)+1,8923)}{383-350}$$

$= 1,8853$ kJ/kg.°K

Cp udara rata-rata dihitung dengan metode trapezoidal :

$Cp_{\text{udara rata-rata}}$:

$$\frac{\frac{\Delta T}{2}(1,009+2(1,009+1,009+1,00932+1,00962+1,01016+1,01093+1,0117+1,0125+1,0132)+1,014)}{T_2-T_1}$$

$$\frac{\frac{4,8}{2}(1,009+2(1,009+1,009+1,00932+1,00962+1,01016+1,01093+1,0117+1,0125+1,0132)+1,014)}{125-77}$$

$= 1,01063$ kJ/kg°C

Mencari Cp udara rata-rata pada 75°C hingga 110°C

Cp udara rata-rata :

$$\frac{\frac{\Delta T}{2}(1{,}009+2(1{,}009+1{,}009+1{,}00932+1{,}00962+1{,}01016+1{,}01093)+1{,}0117}{T_2-T_1}$$

$$\frac{\frac{4{,}8}{2}(1{,}009+2(1{,}009+1{,}009+1{,}00932+1{,}00962+1{,}01016+1{,}01093)+1{,}0117}{T_2-T_1}$$

= 1,0097 kJ/kg°C

Asumsi: Q loss (sepanjang dinding dryer) sebesar 10% dari udara panas masuk.[14]

ΔH udara masuk = m udara x Cp udara rata-rata x (T udara masuk-Tref)

= m_u x 1,01063 x (125-30)

= 96,01 m_u kJ

ΔH uap air keluar = m uap air x Cp uap air rata-rata x (T uap air keluar-Tref)

= 1725,48 x 1,8853 x (110-30)

= 260.285,207 kJ

ΔH udara keluar = m udara x Cp udara rata-rata x (T udara keluar-Tref)

= m_u x 1,0097 x (110-30)

= 80,776 m_u kJ

Qin = *Qout* + *Qloss*

460.924,294 + 96,01 m_u = 206.645,8545 + 260.285,207 + 80,776 m_u + (96,01 m_u x 0,05)

m udara = 575,72 kg

Relative humidity rata-rata di Indonesia = 70-90% [15]

diambil *relative humidity* =

$$H_R = 70 = 100\frac{Pa}{Pas} \quad \ldots\ldots(1)$$

Udara dengan suhu 30°C dan P = 101,325 kPa, maka Pas = 4,246 kPa [12]

Substitusi Pas = 4,246 kPa ke persamaan (1), sehingga didapatkan:

$$Pa = \left(\frac{70}{100}\right).4{,}246 = 2{,}9722 \text{ kPa}$$

Mencari *humidity* udara masuk *drier* [12]

$$H_1 = \frac{18{,}02}{28{,}97}.\left(\frac{Pa}{P-Pa}\right) = \frac{18{,}02}{28{,}97}.\left(\frac{2{,}9722}{101{,}325-2{,}9722}\right)$$

= 0,0188 kg H_2O/kg udara kering

Suhu udara masuk *drier* = 125°C

Entalpi udara masuk *drier*

$$Hg_1 = Cs.(T-To)+H_1.\lambda o \quad \ldots\ldots(2)$$

Di mana $Cs = 1{,}005 + 1{,}88\ H_1$

λo pada To = 30°C = 2430,51 kJ/kg [12]

Persamaan (2) menjadi $Hg_1 = (1{,}005+1{,}88.H_1)\ (T-To) + H_1.2430{,}51$

$= (1{,}005+1{,}88.0{,}0188)\ (125-30)+0{,}0188.2430{,}51$

$= 144{,}5263$ kJ/kg udara kering

Suhu udara keluar *drier* = 110 °C

Entalpi udara keluar *spray drier*

$Hg_2 = (1{,}005+1{,}88.H_2)\ (T-To)+H_2.\lambda o$

$= (1{,}005+1{,}88.H_2)\ (110-30)+H_2.2430{,}51$

$= 80,4 + 2580,91.H_2$ kJ/kg udara kering

Neraca massa air

$G.H_1$ + air dari bahan masuk = $G.H_2$ + air dari bahan keluar

$G.0,0188 + 1778,25 = G.H_2 + 52,77$

$G = \frac{1725,48}{(H_2 - 0,0188)}$ kg/kg udara kering....................................(3)

Neraca panas total

Q udara masuk + Q bahan masuk = Q udara + Q bahan keluar + Q *loss*

$G.Hg_1 + 460924,294 = G.Hg_2 + 206.645,8545 + 10\%.\ G.Hg_1$

$90\%.\ G.Hg_1 + 460.924,294 = G\ (80,4 + 2580,91.H_2) + 206.645,8545$

$130,0737.\ G + 460.924,294 = 80,4.\ G + 2580,91.G.H_2 + 206.645,8545$

$G = \frac{254278,4395}{(49,6737 - 2580,91.H_2)}$

Dari persamaan (3) dan (4)

$$\frac{1725,48}{(H_2 - 0,0188)} = \frac{254278,4395}{(49,6737 - 2580,91.H_2)}$$

$H_2 = \frac{86107,2331}{4694781,242} = 0,0183$ kg H_2O/kg udara kering

$Hg_2 = 80,4 + 2580,91.\ 0,0183 = 123,4208$ kJ/kg udara kering

$G = \frac{254278,4395}{(49,6737 - 47,2307)} = 104084,5025$ kg udara kering

Q udara masuk = $G.Hg_1$ = 104084,5025. 144,5263 = 15.042.948,03 kJ = H udara masuk

Q udara keluar = $G.Hg_2$ = 104084,5025. 123,4208 = 12.846.195,3 kJ = H udara keluar

Massa udara masuk =$(1+H_1).G$ = (1+0,0188). 104084,5025 = 106041,2911 kg/jam

Massa udara keluar = $(1+H_2).G$ = (1+0,0183). 104084,5025 = 105989,2489 kg/jam

Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
ΔH bahan masuk	460.924,294	ΔH bahan keluar	206.645,8545
ΔH udara masuk	15.042.948,03	ΔH udara keluar	12.846.195,3
		ΔH uap air keluar	946.736,3664
		Qloss	1.504.294,803
Total	15.503.872,32	Total	15.503.872,32

Perancangan *Spray Drier*

Fungsi : untuk mengeringkan susu skim basah menjadi susu skim kering yang berupa bubuk atau tepung

Tipe : bejana silinder dengan bagian bawah berbentuk konis dan tutup atas berbentuk *dished head*

Kapasitas : 1493,15 kg/jam

Kondisi operasi : Tekanan operasi = 1atm

Suhu *feed* masuk = 77 °C

Suhu udara panas masuk = 125°C

Direncanakan :

- Campuran menempati 80% volume tangki
- Diameter *nozzle* (Dn) = 2 in = 0,1666 ft
- α = 30

- H = 4 x D[4]
- Faktor korosi = 0,125 in
- P *design* = 1,05 x $P_{operasi}$
- Efisiensi pengelasan diambil untuk *double welded butt joint* E = 0,8
- Konstruksi bahan : SA-167 di mana f =18750[16]
- Diameter *atomizer* = 12 in
- Perbandingan tinggi tangki (H) terhadap diameter tangki (D) = 4 [4]

ρ susu skim = 1041 kg/m^3 = 64,9874 lb_m/ft^3[12]

Feed masuk terdiri dari :

Cairan = 1778,25 kg/jam

Padatan = (27,73 + 543,46 + 767,23 + 111,89 + 4,62) kg/jam = 1454,93 kg/jam

Dari perhitungan neraca massa :

H_2O yang menguap = 1725,48 kg/jam

Susu bubuk keluar sebagai produk = 1493,15 kg/jam

Kadar air dalam produk = 3,5 %

Laju pengeringan = air yang menguap = 1725,48 kg/jam

Suhu udara masuk = 125^{0}C

Suhu udara keluar = 110^{0}C

Dari Perry ed 5. p. 20-63 :

Volume *chamber* = 14000 ft^3

Diameter = 20 ft = 6,096 m

Lubang pengeluaran = 7 in = 0,5833 ft [21]

Tinggi *shell* = 2,5 × D = 40 ft = 12,192 m [11]

Volume silinder = $\pi/4 \times D^2 \times Hs = \pi/4 \times 20^2 \times 40 = 12560\ ft^3$

Volume konis = volume *chamber* – volume silinder

$= 14000 - 12560$

$= 1440\ ft^3$

Volume konis = $1/3 \times \pi/4 \times hc \times (D^2+DM+M^2)$

$1440 = 1/3 \times \pi/4 \times hc \times (20^2 + 20 \times 1 + 1^2)$

hc = 13,0717 ft = 3,9842 m

Tinggi total = Hs + hc = 12,192 + 3,9842 = 16,1762 m

Waktu pengeringan total : T = 17 x (L/S) [22]

L/S = perbandingan massa dari cairan terhadap *solid* dalam *feed*

T = 17 x (1778,25 kg/jam / 1454,93 kg/jam) = 20,78 s

Volume yang dibutuhkan untuk pengeringan tersebut :

Volume = waktu tinggal x total *rate* gas

ρ udara pada suhu 125°C = 0,8853 kg/m^3 [12]

Rate volume udara = 34322,4475 kg/jam / 0,8853 kg/m^3 = 38769,2844 m^3/jam

Air yang diuapkan = 1725,48 kg/jam

ρ uap air pada 110°C = 0,5815 kg/m^3

Rate volumetrik air yang menguap = 1725,48 kg/jam / 0,5815 kg/m^3 = 2967,2915 m^3/jam

Total aliran gas meninggalkan *dryer* = *rate* udara + *rate* uap air

$= 38769.2844\ m^3/jam + 2967.2915\ m^3/jam$

$= 41736.5759\ m^3/jam = 11.5935\ m^3/s$

Volume = 20,78 s x 11,5935 m^3/s = 240,9129 m^3

Pengecekan terhadap volume *chamber* :

Volume *chamber* = 14000 ft^3 = 396,4359 m^3 > 240,9129 m^3 sehingga air yang diuapkan dapat tercapai.

Gaya yang bekerja pada bagian konis :

F = m x g

Dimana : m = massa produk, kg

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s^2)

Kecepatan produk = 1493,15 kg/jam = 0,0173 kg/s

Densitas partikel = 0,342 kg/m^3

Berat partikel pada daerah konis = 0,342 kg/m^3 x 1440 ft^3 x 0,0228317 m^3/ft^3

m = 11,2442 kg

F = 11,2442 kg x 9,8 m/s^2

= 110,1932 N

Luas permukaan yang mengalami tekanan karena berat bahan

A benda = A1 - A2

Dimana : A1 = luas selimut konis tanpa lubang pengeluaran

A2 = luas selimut konis dengan diameter lubang pengeluaran (do)

A benda = ½ x π x di x S1 – ½ x π x Do x S2

S1 = panjang sisi miring konis tanpa lubang pengeluaran

S2 = panjang sisi miring konis dengan lubang pengeluaran

$$\text{Sin } 30 = \frac{0,5 \times di}{S1} = \frac{0,5 \times do}{S2}$$

di = diameter silinder *spray drier* = 20 ft

do = diameter lubang pengeluaran *spray drier* = 0,5833 ft

S1 = 20 ft

S2 = 0,5833 ft

A = (π/2 x S1 x S1) – (π/2 x S2 x S2)

= 628 – 0,5342

= 627,4658 ft^2 = 58,2935 m^2

P bahan = F/A

= 110,1932 N / 58,2935 m^2

= 1,8903 N/m^2 = 0,00275 psia

P *design* = 1,1 x (P operasi + P bahan)

= 1,1 x (14,7 + 0,00275)

= 16,173 psia

Menghitung tebal *shell* :

Untuk *shell*, tutup bagian bawah dan tutup bagian atas dipilih bahan konstruksi *stainless steel* SA-240 *grade* C [16]

f = 18750 psia

E = 0,85 (*single welded butt joint*)

C = 1/8 in = 0,125 in

ri = 3,25 ft = 39 in = 0,9906 m

Tebal *shell* [16]:

ts = (P x ri) / (f x E – 0,6 x P) + C

= (16,173 x 3,25) / (18750 x 0,85 – 0,6 x 16,173) + 0,125

= 0,1283 in ≈ 3/16 in

Menghitung tebal konis [16] :

Tebal konis = (P x L x W) / (2 x f x E – 0,2 x P) + C

L = di/(2cosα)

di = D-2icr(1-cosα)

D = 20 ft = 240 in

Dari Tabel 5.6 [16] untuk t = 3/16 in didapat : icr = 9/16 in

di = 240 – (2 x 9/16 x (1-cos30) = 239,8493 in

L = 239,8493 / (2 x cos30) = 138,477 in

W = ¼ x {3 + (L/icr)^{0,5}} = ¼ x {3 + (138,477 / (9/16))^{0,5}} = 4,6725 in

t = (16,1701 x 138,477 x 4,6725) / (2 x 18750 x 0,85 – 0,2 x 16,1701) + 0,125

= 0,4533 in ≈ 1/2 in

Menghitung tutup atas (*dished head*) [16] :

Tebal *dished* = (0,885 x P x Rc) / (f x E – 0,1 x P) + C

Dimana Rc = ID = 20 ft = 240 in

t = (0,885 x 16,1701 x 240) / (18750 x 0,85 – 0,1 x 16,1701) + 0,125

= 0,3405 in ≈ 1/3 in = 0,00865 m

Dari Tabel 5.6 [16] didapat:

untuk tebal *dished* = 1/3 in, sf = 1,5-3,5 in, icr = 5/8 in = 0,625 in = 0,0159 m

sf diambil = 1,5 in = 0,0381 m

BC = ri - icr

BC = 39 – (5/8) = 38,375 in = 0,9747 m = 3,1979 in

a = ID / 2 = 240 / 2 = 120 in = 10 ft = 3,048 m

AB = a – icr = 0,9742 m

$b = ri - (BC^2 - AB^2)^{0,5} = 0,9906 - (0,9747^2 - 0,9742^2)^{0,5} = 0,9594$ m

OA = t + b + sf = 0,00865 + 0,9594 + 0,0381 = 1,00615 m

OD = ID + 2 x t = 6,096 + 2 x 0,00865 = 6,1133 m

Menentukan kecepatan *centrifugal disk atomizer* :

$D_{50} = (k \times M^a) / (N^b \times di^c \times (n \times h)^d) \times 10^{-4}\ \mu m$ [11]

D_{50} = median diameter, μm (=300 μm)

k = konstanta

M = *atomizer wheel feed*, kg/j = (1493,15 kg/jam = 54,8639 lb/menit)

N = kecepatan putaran, rpm

di = diameter roda *atomizer*, m = (0,25 m = 0,8202 ft) [11]

n = banyaknya *vane* dalam roda (=45)

h = tinggi *vane* roda *atomizer* (=30 mm = 0,03 m)

Vane liquid loading = r = *feed* masuk / Lw

Dimana Lw = *wetted dish peripheral* = π x Di = π x 0,25 = 0,7854 m

r = 1493,15 kg/jam / 0,7854 m = 1901,1332 kg/j.m

Berdasarkan *vane liquid loading* (r) = 1901,1332 kg/j.m maka dari Tabel 8.1[11] didapat:

a = 0,12; b = 0,8; c = 0,6; d = 0,12; k = 1,2

$300 = (1{,}2 \times 1493{,}15^{0,12}) / (N^{0,8} \times 0{,}25^{0,6} \times (45 \times 0{,}03)^{0,12}) \times 10^{-4}\ \mu m$

$N = 812{,}6274$ rpm ≈ 812 rpm

Menghitung *power* yang dibutuhkan :

$P = 1{,}04 \times 10^{-8} \times (r \times N)^2 \times W$

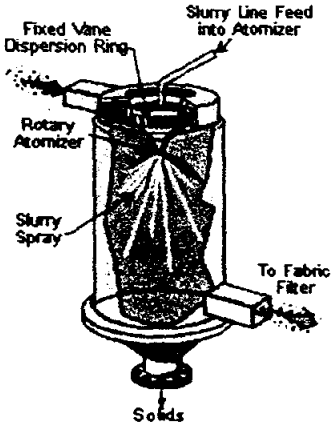
Dimana : P = hp netto, hp

r = jari-jari roda *atomizer*, ft

N = putaran *disk*, rpm

W = *rate feed*, lbm/menit

$P = 1{,}04 \times 10^{-8} \times (0{,}4101 \times 812{,}6274)^2 \times 54{,}8639 = 0{,}06337 \approx 1$ hp



Gambar E.1 *Spray Drier*

Sparger

Rate massa udara = G = 106041,2911 kg/jam = 233781,0693 lb_m/jam

ρ udara pada 110°C = 0,9226 kg/m^3 = 0,0575 lb_m/ft^3

Volumetrik laju udara dari blower = 1685021,1795 lb_m/jam / 0,0575 lb_m/ft^3

= 29304716,17 ft^3/jam

μ udara pada 110°C = 0,0222 cP = 0,54 lb_m/ft jam

$Wo = (Reo \times \pi \times do \times \mu / 4)$[23]

dengan, Reo ditetapkan = 50000

do ditetapkan = ¼ in = 0,0208 ft

sehingga : Wo = 440,856 lb_m/jam

n = G/Wo = 233781,0693 lb_m/jam / 440,856 lb/jam = 530,289 lubang

ditetapkan jumlah lubang = 530 lubang

$Dp = 0,0071\ Reo^{-0,05} = 0,0071 \times (50000)^{-0,05} = 0,004133$ in[23]

Ditetapkan diameter *sparger* = ¾ x diameter *atomizer*

= ¾ x 0,25 m = 0,1875 m = 7,5 in

Jarak melingkar antar *sparger* = 3 x dp = 0,0124 in

Digunakan pipa dengan Di = 8 in sch 40

Spesifikasi :

Nama : *spray drier*

Fungsi : untuk mengeringkan susu skim basah menjadi susu skim kering yang berupa bubuk atau tepung

Tipe : bejana silinder dengan bagian bawah berbentuk konis dan tutup atas berbentuk *dished head*

Kapasitas : 1493,15kg/jam

Bahan konstruksi : *stainless stell* SA-240, *grade*-C

Tinggi *shell* : 12,192 m

Tinggi konis : 3,9842 m

Diameter : 6,096 m

Tebal *shell* : 3,16 in

Tebal konis : 1/2 in

Tebal *head* : 1/3 in

Jenis *atomizer* : *centrifugal disk atomizer*

Diameter *sparger* : 7,5 in

Lubang *sparger* : 530 lubang

Power : 1 hp

Jumlah : 1 buah

APPENDIX F

TUGAS KHUSUS

HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*)

F.1 Pendahuluan

Produk peternakan seperti daging dan susu mempunyai nilai gizi yang tinggi. Karena kandungan gizi yang tinggi tersebut, daging dan susu merupakan media yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan kuman, baik kuman yang menyebabkan kerusakan pada daging dan susu, maupun kuman yang menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia yang mengkonsumsi produk ternak tersebut. Oleh sebab itu diperlukan suatu jaminan keamanan pangan yang berfungsi untuk mengatasi hal-hal yang dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia.

Jaminan keamanan pangan dapat diartikan sebagai jaminan bahwa pangan tidak akan menimbulkan masalah bila dikonsumsi semestinya. Keamanan pangan berkaitan erat dengan bahan berbahaya yang terkandung dalam pangan. Bahan berbahaya tersebut dapat masuk melalui setiap tahap, dari tahap awal penyediaan bahan baku, proses, penanganan produk, pemasaran dan berakhir di konsumen. Kesalahan yang muncul dalam tiap-tiap tahap tersebut dapat menurunkan kualitas dan nilai nutrisi pangan serta keuntungan, juga dapat menimbulkan berbagai penyakit pada manusia bahkan kematian. Oleh karena itu diperlukan standar untuk keamanan pangan tersebut.

HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) merupakan sistem manajemen keamanan pangan yang memfokuskan pada penilaian bahaya dan penerapan sistem pengendalian untuk pencegahan daripada mengandalkan pengujian pada produk akhir. Dengan HACCP, sistem bahaya yang nyata bagi keamanan pangan dapat diidentifikasi dan dievaluasi untuk kemudian dikendalikan. HACCP dapat diterapkan pada seluruh rantai pangan dari produk primer sampai pada konsumsi akhir dan penerapannya harus disertai dengan bukti secara ilmiah terhadap resiko kesehatan manusia. Keberhasilan penerapan HACCP memerlukan komitmen dan keterlibatan penuh dari manajemen dan tenaga kerja[24].

Sistem HACCP didasarkan pada tujuh prinsip sebagai berikut :

1. Melaksanakan analisa bahaya.

   Melakukan proses pengumpulan dan penilaian informasi mengenai bahaya dan keadaan sampai dapat terjadinya bahaya, untuk menentukan yang berdampak nyata. Adapun faktor-faktor yang diperhatikan dalam menganalisa bahaya antara lain :

   - Kemungkinan timbulnya bahaya dan pengaruh yang merugikan terhadap kesehatan
   - Evaluasi secara kualitatif atau kuantitatif dari keberadaan bahaya
   - Perkembangbiakkan dan daya tahan hidup mikroorganisme-mikroorganisme tertentu

2. Menentukan *Critical Control Points* (CCPs).

   Melakukan pengendalian secara mutlak untuk mencegah atau meniadakan bahaya keamanan pangan, atau menguranginya sampai pada batas yang diterima.

3. Menetapkan batas kritis.

   Memisahkan antara kondisi yang dapat diterima dan yang tidak dapat diterima. Kondisi batas harus ditetapkan secara spesifik dan divalidasi. Dalam beberapa kasus lebih dari satu batas kritis akan diuraikan pada suatu tahap khusus. Kriteria yang sering digunakan mencakup pengukuran-pengukuran terhadap suhu, waktu, tingkat kelembaban, pH, Aw serta parameter yang berhubungan dengan panca indera (penampakan dan tekstur).

4. Menetapkan sistem untuk memantau pengendalian CCPs.

   Melakukan tindakan yang diperlukan untuk menjamin dan memelihara sistem pemenuhan kriteria yang ditetapkan dari kondisi yang dapat diterima dalam perencanaan HACCP. Pemantauan merupakan pengukuran atau pengamatan terjadwal dari CCPs yang dibandingkan terhadap batas kritisnya. Prosedur pemantauan harus dapat menemukan kehilangan kendali pada CCPs. Sebagian besar prosedur pemantauan untuk CCPs perlu dilaksanakan secara cepat, karena berhubungan dengan proses yang berjalan dan tidak tersedia waktu lama untuk melaksanakan uji analitis. Pengukuran fisik dan kimia seringkali lebih disukai daripada pengujian

mikrobiologi, karena dapat dilaksanakan dengan cepat dan sering menunjukkan pengendalian mikrobiologi dari produk.

5. Menetapkan tindakan perbaikan untuk dilakukan jika hasil pemantauan menunjukkan bahwa suatu titik kendali kritis tertentu tidak dalam kendali.

   Tindakan perbaikan yang spesifik harus dikembangkan untuk setiap CCPs dalam sistem HACCP agar dapat menangani penyimpangan yang terjadi. Tindakan-tindakan harus memastikan bahwa CCP telah berada dibawah kendali.

6. Menetapkan dokumentasi mengenai semua prosedur dan catatan yang sesuai dengan prinsip-prinsip sistem HACCP dan penerapannya.

   Metode audit dan verifikasi, prosedur dan pengujian, termasuk pengambilan contoh secara acak dan analisa, dapat dipergunakan untuk menentukan apakah sistem HACCP bekerja secara benar. Frekuensi verifikasi harus cukup untuk mengkonfirmasikan bahwa sistem HACCP bekerja secara efektif.

7. Menetapkan prosedur verifikasi untuk memastikan bahwa sistem HACCP bekerja secara efektif.

   Pencatatatan dan pembuktian yang efisien serta akurat adalah penting dalam penerapan sistem HACCP. Prosedur harus didokumentasikan. Dokumentasi dan pencatatan harus cukup memadai sesuai sifat dan besarnya operasi [25].

Standar keamanan pangan yang diharapkan dapat diterima oleh hampir semua negara di dunia telah dikeluarkan oleh *Codex Alimentarius Commision* (CAC). CAC adalah suatu komisi yang didirikan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia atau *Food Agriculture Organization* (FAO) dan Badan Kesehatan Dunia atau *World Health Organization*. Indonesia telah mempunyai beberapa standar nasional yang berkaitan dengan keamanan pangan, seperti Standar Nasional Indonesia 01-4852-1998.

Pada Pra Rencana Pabrik Susu Bubuk Skim ini, diperlukan sistem HACCP yang bertujuan untuk mengantisipasi bahaya dan mengidentifikasi titik pengawasan mulai dari bahan baku hingga produk siap dipasarkan. Pengawasan mutu pangan berdasarkan prinsip pencegahan diyakini lebih unggul dibanding cara konvensional yang menekankan pada pengujian produk akhir di laboratorium.

Tahapan pemantauan mutu dan keamanan pangan pada HACCP berdasarkan acuan SNI 01-4852-1998 adalah sebagai berikut :

1. *Plantation*

   Plantation merupakan proses awal dari asal bahan pangan, misalnya proses awal penanaman pada pertanian atau proses pemerahan susu pada peternakan. Proses ini harus mengikuti peraturan yang ada atau *Good Agriculture Practices*-GAP, dimana hal-hal yang harus diperhatikan antara lain :

   - Pemilihan sapi yang sehat, tidak mudah terserang penyakit

     Sapi yang menderita penyakit menular dapat memindahkan

penyakitnya ke manusia melalui air susu. Oleh karena itu perlu dilakukan vaksinasi yang teratur.

- Penyediaan pakan ternak yang bergizi untuk sapi.

  Pakan yang akan diberikan kepada sapi sebaiknya jangan berbau, seperti : lobak. Hal ini disebabkan karena bau dari makanan akan diserap air susu melalui peredaran darah.

- Persiapan sapi yang akan diperah.

  Sebelum dilakukan proses pemerahan, ambing sapi dan daerah lipatan pahanya dibersihkan dengan lap bersih yang telah dibasahi dengan air hangat. Pengguntingan bulu di daerah lipat paha akan manjamin kebersihan susu.

- Peralatan dalam memerah susu.

  Wadah susu (*milkcan*) dengan mulut sempit adalah tempat terbaik untuk menampung susu sewaktu diperah. Penggunaan wadah dengan mulut sempit dapat mengurangi jumlah kuman dalam proses pemerahan. Pencucian peralatan sebaiknya dengan menggunakan air panas dan larutan klorin. Hal ini dapat melarutkan lemak susu yang menempel pada alat tersebut. Peralatan yang tidak bersih dalam penanganan susu mengakibatkan susu banyak mengandung kuman.

- Persiapan pemerah.

  Penyakit manusia dapat menular kepada orang lain melalui susu, oleh karena itu pemerah susu hendaknya bebas dari penyakit menular. Pemerah diharuskan memakai pakaian bersih dan mencuci tangannya

sebelum memerah.

- Kondisi kandang dan keadaan lingkungan disekitarnya.

  Kandang yang bersih dari kotoran serta keadaan lingkungan yang di sekitar peternakan juga harus bersih seperti, keadaan air, tanah dan tanaman. Kandang perlu mempunyai sistem saluran yang baik supaya tidak terjadi banjir serta mempunyai sirkulasi udara yang baik.

2. *Transportation*

   Produk peternakan yang masih harus diolah atau diproses seperti susu segar akan diangkut ke tempat proses dengan transportasi yang dipilih. Pada pengangkutan tersebut berbagai bahaya dapat saja timbul dari masuknya benda asing yang masuk selama transportasi ataupun perubahan kimia dan biologis selama pengangkutan, seperti rusaknya susu karena waktu yang terlalu lama di perjalanan serta kontak dengan udara sekitar.

   Produk susu, ikan, dan daging umumnya dipindahkan dengan menggunakan kendaraan khusus yang dilengkapi dengan ruang pendingin, guna menjaga temperatur agar tetap rendah. Temperatur di bawah 4°C dianggap telah menghindarkan bahan dari kondisi bahaya pertumbuhan umum mikroorganisme sehingga kerusakan bahan dapat dicegah. Perlindungan bahan dari kontaminasi silang sangat diwaspadai dalam pengangkutan.

3. *Industrial Processing*

   Pada proses ini, produk pertanian atau bahan mentah yang diterima diperiksa, jika perlu ditanyakan sertifikatnya. Bahan-bahan lain yang

masuk juga harus melewati pemeriksaan yang dapat membuktikan bahwa bahan tersebut bebas bahaya kimia, fisik, ataupun biologi.

Praktik pengolahan makanan yang baik *(Good Manufacturing Practices* - GMP) akan menunjang produksi makanan yang diinginkan. Hal-hal yang harus diperhatikan antara lain sebagai berikut :

- Konstruksi dan kebersihan ruang dan peralatan yang dipakai, jika perlu ada jadwal desinfektanisasinya. Hal ini untuk mencegah kontaminasi fisik yang dapat terjadi, misalnya pada tangki terbuka yang dalamnya berisi produk kecap yang telah jadi, debu, dan serangga dapat saja masuk ke dalamnya.
- Tata letak pabrik dan peralatan, jika dekat dengan limbah atau tempat penyimpanan pestisida dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi dengan makanan yang akan, sedang, atau telah diproses.
- Sanitasi lingkungan dan sarana penunjang kebersihan, seperti tersedianya air bersih, dapat mencegah terjadinya bahaya baru yang disebabkan oleh air itu sendiri.
- *Hygiene* karyawan dan penyakit, serta kebiasaan buruk mereka harus diperhatikan karena dapat mencemari makanan yang berada di dekatnya.
- Kuantitas bahan tambahan makanan.
- Pemilihan bahan makanan yang baik dan bebas bahaya pangan.
- Pengontrolan kondisi operasi dan kalibrasi peralatan yang dipergunakan.

- Penanganan proses dengan sebaik-baiknya.
- Pengemasan yang baik dengan bahan pengemas yang aman.
- Peletakan dan penyimpanan bahan mentah dan produk jadi yang terpisah agar tidak terjadi kontaminasi silang.
- *Labelling* yang benar dan sesuai dengan isinya.

4. *Product*

Dengan penerapan GMP yang baik dan tepat, akan dihasilkan produk yang aman bahaya pangan pula. Penerapan *Good Laboratory Practices* – GLP, merupakan penunjang dalam keefektifan sistem HACCP.

5. *Distribution*

Selanjutnya produk jadi siap dipasarkan ke berbagai area. Penanganan produk jadi harus terus diawasi sehingga bahan asing yang mungkin masuk atau kerusakan produk, seperti kerusakan kemasan yang dapat menyebabkan makanan terkontaminasi, dapat dicegah. Setiap pendistribusian dan proses-proses sebelumnya harus selalu didokumentasi dengan sistem pencatatan yang baik agar jika terjadi kasus keamanan pangan seperti *foodborne disease* ataupun keracunan pangan dapat ditelusuri dengan cepat dan dihentikan penyebabnya.

6. *Market*

Market yang mengelola harus memperhatikan produk jadi yang diterima. Apabila berupa produk kalengan maka kalengnya harus dalam keadaan baik karena jika rusak produk di dalamnya sudah pasti terkontaminasi. Selain itu, masa kadaluwarsa produk juga menjadi

perhatian yang utama karena jika tidak dikendalikan dapat mengakibatkan keracunan pangan.

7. *Consumer*

Produk pangan akhirnya akan sampai kepada konsumen untuk dikonsumsi. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan konsumsi tersebut, antara lain sebagai berikut :

a. Pemakaian produk sesuai dengan petunjuk pada label kemasan, apakah harus dipanaskan sampai suhu tertentu atau harus disimpan dalam lemari es pada suhu tertentu, dan sebagainya.
b. Konsumen berhak mengkomplain produsen apabila produk yang diterima tidak sesuai isinya atau rusak, misalnya jamuran.

F.2 Sistem HACCP pada Pra Pencana Pabrik Susu Bubuk Skim

Pada Pra Rencana Pabrik Susu Bubuk Skim ini, analisa HACCP dimulai dari proses penerimaan susu segar di pabrik hingga proses produk bubuk skim yang telah jadi dan siap dipasarkan ke konsumen.

1. Pengaliran susu segar dari truk pengangkut ke tangki penampung susu

Hazard Analysis Stage	Pengaliran susu segar dari truk pengangkut ke tangki penampung susu
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Bahaya biologi : berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, dan lalat • Bahaya fisik : kerikil, debu, bulu, dan kotoran serangga • Bahaya kimia : kontak dengan udara dan sinar matahari
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	• Apabila susu segar terkontaminasi maka dapat menyebabkan susu segar menjadi cepat basi dan tidak tahan lama • Apabila susu segar kontak dengan udara dan sinar matahari terlalu lama, maka susu menjadi rusak
Critical Control Point	• Pemindahan susu harus hati-hati • Susu segar sebaiknya tidak kontak dengan udara luar terlalu lama atau sinar matahari secara langsung
Critical Limit	• Menggunakan selang susu yang bersih dari kontaminan • Pengaliran susu sebaiknya dilakukan supaya susu tidak berkontak langsung dengan matahari, apabila kontak dengan matahari sebaiknya tidak lebih dari 20 menit

2. Uji analisa di laboratorium terhadap susu yang diterima

Hazard Analysis Stage	Uji analisa terhadap susu
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Bahaya biologi : berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, lalat, dan mikroorganisme, misalnya : *Escherichia coli* dan jamur • Bahaya fisik : kerikil, debu, bulu, kotoran serangga
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Apabila susu segar terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan susu segar menjadi cepat basi

Critical Control Point	Dilakukan uji analisa terhadap susunan dan keadaan susu segar
Critical Limit	Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3141-1998. Syarat mutu susu segar : a. Berat jenis (pada suhu 27,5°C) = 1,0280 b. Kadar lemak minimum = 3% c. Kadar bahan kering tanpa lemak minimum = 8% d. Kadar protein minimum = 2,7% e. Warna, bau, rasa dan kekentalan = tidak ada f. Derajat asam = 6-7° SH g. Uji alkohol (70%) = negatif h. Uji katalase maksimum = 3 (cc) i. Angka refraksi = 36-38 j. Angka reduktase = 2-5 jam k. Cemaran mikroba maksimum : 1. Total kuman = 1.10^6 CFU/ml 2. *Salmonella* = negatif 3. *Escherichia coli* (patogen) = negatif 4. *Coliform* = 20/ml 5. *Streptococcus Group B* = negatif 6. *Staphylococcus aureus* = 1.10^2/ml l. Jumlah sel radang maksimum = 4.10^5/ml m. Cemaran logam berbahaya, maksimum : 1. Timbal (Pb) = 0,3 ppm 2. Seng (Zn) = 0,5 ppm 3. Merkuri (Hg) = 0,5 ppm 4. Arsen (As) = 0,5 ppm n. Kotoran dan benda asing = negatif o. Uji pemalsuan = negatif p. Titik beku = -0,520°C s/d -0,560°C q. Uji peroksidase = positif

3. Proses industri : proses penyimpanan susu

Hazard Analysis Stage	Proses penyimpanan susu Susu segar disimpan dalam tangki penampung tertutup yang diisolasi serta dilengkapi pendingin
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Bahaya biologi : berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, lalat, dan mikroorganisme, misalnya : *Escherichia coli*, dan jamur • Bahaya fisik : kerikil, debu, bulu, dan kotoran serangga
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Apabila susu segar terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan susu segar menjadi cepat basi dan mempengaruhi kualitas akhir dari produk yang akan dihasilkan

Critical Control Point	• Selama proses penyimpanan, kondisi tangki harus tetap dijaga suhunya • Kebersihan ruangan proses serta orang yang ada di area proses harus memenuhi ketentuan yang ada • Menggunakan tangki penampung yang sesuai standar penanganan susu segar
Critical Limit	• Suhu tangki dijaga pada suhu 4°C yang bertujuan untuk menahan mikroba perusak susu supaya tidak berkembang, sehingga susu tidak mengalami kerusakan dalam waktu yang relatif singkat • Kebersihan ruangan harus selalu dijaga kebersihannya. Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Nomor 69/Kpts/TN.120/1/1995 Pasal 10 tentang petunjuk teknis orang yang dalam pekerjaannya berhubungan dengan produksi susu : a. Berbadan sehat b. Berpakaian bersih c. Diperiksa kesehatannya secara berkala d. Tidak berbuat hal-hal yang dapat mencemarkan susu e. Tidak mempunyai luka terbuka f. Tidak menderita penyakit kulit dan penyakit menular lainnya g. Setiap karyawan yang akan memasuki area proses harus membersihkan tangan, kaki dan mengenakan topi dan sepatu khusus untuk menjaga agar tidak menimbulkan kontaminasi pada susu • Tangki untuk menampung susu segar harus memenuhi persyaratan yang diatur dalam Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 69/Kpts/TN.120/1/1995, antara lain sebagai berikut : a. Kedap air b. Tidak terbuat dari bahan-bahan yang dapat berkarat atau merupakan campuran logam yang mengandung lebih dari 1% timah c. Dinding bagian dalam tidak mengelupas, tidak bereaksi dengan susu dan tidak merubah warna, bau, dan rasa susu d. Mudah dibersihkan, bahan yang dianjurkan adalah stainless steel atau aluminium

4. Proses industri : proses penyaringan susu

Hazard Analysis Stage	Proses penyaringan susu Susu disaring dalam clarifier tertutup menggunakan kain saring yang bersih
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Pada kain saring terdapat kotoran-kotoran seperti debu, benang, terkontaminasi mikroorganisme seperti jamur, bakteri, dan parasit yang disebabkan pencucian kurang bersih, serta kain saring warnanya tidak boleh luntur • Bahaya biologi : berbagai macam serangga seperti kecoa, cecak, semut, lalat, dan mikroorganisme, misalnya : *Escherichia coli*, dan jamur • Bahaya fisik : kerikil, debu, bulu, dan kotoran serangga
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Apabila susu segar terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan susu segar yang dihasilkan kualitasnya jauh dibawah standar sehingga membahayakan kesehatan yang mengonsumsi, misalnya dapat menyebabkan diare bahkan keracunan akibat toksin yang dikeluarkan mikroorganisme tersebut
Critical Control Point	• Kain saring yang digunakan terbuat dari kapas atau kain putih yang bersih • Kebersihan ruangan di sekitar proses penyaringan harus dijaga • Pengawas harus selalu mengenakan topi dan sepatu khusus untuk menjaga agar tidak menimbulkan kontaminasi pada susu
Critical Limit	• Kain saring yang digunakan sebaiknya berwarna putih dan tidak luntur sehingga mengubah warna dan rasa dari susu. Setelah proses penyaringan sebaiknya kain saring dicuci bersih, direndam dalam air panas kemudian dikeringkan • Dilakukan pembersihan tangki dan pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) setiap hari minggu

5. Proses industri : proses penampungan susu

Hazard Analysis Stage	Proses penampungan susu dari penyaringan Susu ditampung dalam tangki tertutup yang terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Bahaya biologi : terkontaminasi virus, mikroba dari lingkungan maupun yang dibawa oleh pekerja • Bahaya fisik : partikel-partikel kecil, seperti debu

Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Apabila susu segar terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan susu segar yang dihasilkan kualitasnya jauh dibawah standar serta mengganggu proses selanjutnya
Critical Control Point	• Tangki dilengkapi dengan kran, pompa serta *liquid control* • Kebersihan ruangan di sekitar area proses penampungan harus dijaga • Setiap karyawan yang akan memasuki ruang proses harus membersihkan tangan, kaki dan memakai pakaian khusus
Critical Limit	Dilakukan pembersihan tangki dan pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) setiap hari minggu

6. Proses industri : proses pemanasan susu

Hazard Analysis Stage	Proses pemanasan susu 1. Pemanasan dilakukan dalam PHE 2. Air pencuci dan steam • Air yang digunakan berasal dari PDAM kota Pasuruan, mula-mula air yang akan digunakan di dimineralisasi di dalam *fixed bed kation exchanger* dengan bahan isian *carbonazeous zeolite* • Dari data PDAM, air mengandung ion Ca^{2+} = 150 mg/L dan ion Mg^{2+} = 200 mg/L
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Suhu pemasakan • Bahaya biologi : terdapat bakteri atau mikroorganisme seperti : *virus Hepatitis A, virus Norwalk, Rotavirus, Cyclospora cayetanensis, Cryptosporidium parvum, Giardia lamblia,* bakteri *Escherichia coli*, serta mikroba dari lingkungan maupun yang dibawa oleh pekerja • Bahaya fisik : partikel-partikel kecil dalam air • Bahaya kimia : zat kimia berbahaya seperti logam berat
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	• Steam dan suhu pemasakan yang tidak sesuai standar akan menghasilkan susu yang tidak tahan lama karena akan merusak kandungan protein dan vitamin yang terkandung dalam susu • Mikroorganisme bersifat patogen dapat membahayakan kesehatan manusia. Zat kimia tersebut dapat terabsorb ke dalam susu sehingga dapat membahayakan kesehatan

Critical Control Point	• Suhu pemasakan susu = 72°C selama 15 detik. • Digunakan air dengan standar air minum atau air mineral • Dilakukan pengukuran pH dengan menggunakan kertas pH universal indikator yang akan memberikan hasil pH yang dimiliki air
Critical Limit	• Tangki dilengkapi dengan indikator dan pengontrol suhu • Dilakukan pembersihan dan pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) secara berkala • Keputusan Menteri Kesehatan RI No.907/Menkes/SK/ VII/ 2002, tanggal 29 Juli 2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum : 1. Bakteriologis : • *Escherichia coli* = 0 jumlah per 100 ml sampel 2. Kimia • Antimony = 0.005 (mg/liter) • Air raksa = 0.001 (mg/liter) • Arsetic = 0.01 (mg/liter) • Barium = 0.7 (mg/liter) • Boron = 0.3 (mg/liter) • Cadmium =0.003 (mg/liter) • Kromium = 0.05 (mg/liter) • Tembaga = 2 (mg/liter) • Fluroride = 1.5 (mg/liter) • Timah = 0.01 (mg/liter) • Molybdenum = 0.07 (mg/liter) • Nikel = 0.02 (mg/liter) • Nitrat (sebagai NO_3) = 50 (mg/liter) 3. Fisik • TDS = 1.000 ppm • TSS = 20-300 ppm • Kekeruhan = 5 NTU • Tidak berbau • Tidak berasa • Warna = 15 TCU • pH = 7

7. Proses industri : proses penampungan susu

Hazard Analysis Stage	Proses penampungan susu hasil pemasakan Susu ditampung dalam tangki tertutup yang terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Bahaya biologi : terkontaminasi virus, mikroba dari lingkungan maupun yang dibawa oleh pekerja • Bahaya fisik : partikel-partikel kecil, seperti debu
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Apabila susu segar terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan susu segar yang dihasilkan kualitasnya jauh dibawah standar serta mengganggu proses selanjutnya
Critical Control Point	• Kebersihan ruangan di sekitar area proses penampungan harus dijaga • Tangki dilengkapi dengan kran, pompa serta *liquid control* • Setiap karyawan yang akan memasuki ruang proses harus membersihkan tangan, kaki dan memakai pakaian khusus
Critical Limit	Dilakukan pembersihan tangki dan pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) setiap hari minggu

8. Proses industri : proses pemisahan susu skim dan krim

Hazard Analysis Stage	Proses pemisahan susu skim dan krim Alat yang digunakan dalam pemisahan yang kedua adalah *disk centrifuge* yang terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kadar krim dalam susu skim
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Kandungan krim yang masih tersisa banyak di dalam susu skim mengandung banyak lemak. Sehingga tidak cocok untuk dihasilkan susu dengan kandungan lemak yang rendah (skim)
Critical Control Point	Pemisahan terus dilakukan sampai kadar lemak pada susu skim < 0,5 % dan dilakukan tes untuk mengetahui perbandingan antara lemak dengan air
Critical Limit	• Kandungan lemak dalam susu skim < 0,5 % • Aroma netral • Kandungan air dalam susu skim ± 90,8 %

9. Proses industri : proses *mixing* pada tangki pencampuran

Hazard Analysis Stage	Proses pencampuran pada tangki pencampuran Ditambahkan vitamin E (α-tocopherol) pada susu dalam tangki berpengaduk terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Kadar vitamin E yang ditambahkan • Bahaya biologi : terkontaminasi virus, mikroba dari lingkungan maupun yang dibawa oleh pekerja • Bahaya fisik : partikel-partikel kecil, seperti debu
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	• Kadar vitamin E yang ditambahkan harus sesuai standar agar produk yang dihasilkan berkualitas baik • Apabila susu segar terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan susu segar yang dihasilkan kualitasnya jauh dibawah standar serta mengganggu proses selanjutnya
Critical Control Point	• Vitamin E yang ditambahkan dalam bentuk vitamin E (α-tocopherol dengan berat 300 IU per 30 gram (takaran untuk satu gelas susu bubuk skim) yaitu ± 4,62 kg/jam dalam 15404,34 kg/jam kecepatan susu skim cair masuk • Tangki dilengkapi dengan kran, pompa serta *liquid control* • Kebersihan ruangan di sekitar area proses penampungan harus dijaga
Critical Limit	• Vitamin E yang ditambahkan ± 0,03 % dari massa susu skim • Dilakukan pembersihan tangki dan pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) setiap hari minggu • Setiap karyawan yang akan memasuki ruang proses harus membersihkan tangan, kaki dan memakai pakaian khusus

10. Proses industri : proses penguapan air

Hazard Analysis Stage	Proses penguapan air pada evaporator Susu skim diuapkan kandungan airnya pada evaporator yang terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Suhu pemanasan pada evaporator • Kadar air • Steam yang digunakan Dari data PDAM, air mengandung ion Ca^{2+} = 150 mg/L dan ion Mg^{2+} = 200 mg/L
Stage 2 : *Hazard*	• Suhu pemanasan yang tidak sesuai akan mengganggu

Evaluation	proses selanjutnya yaitu proses pengeringan • Kadar air yang dihasilkan tidak sesuai akan mengakibatkan bubuk yang dihasilkan kualitasnya rendah • Steam (air proses) yang tidak sesuai standar akan menghasilkan kualitas susu yang rendah serta menyebabkan timbulnya kerak pada pipa
Critical Control Point	• Suhu pemanasan dijaga pada suhu ± 77°C sehingga menghasilkan kadar air yang diinginkan • Kadar air ± 55%
Critical Limit	• Tangki dilengkapi dengan indikator dan pengontrol suhu • Dari data PDAM, air yang diijinkan mengandung ion Ca^{2+}=150 mg/L dan ion Mg^{2+}=200 mg/L

11. Proses industri : proses pengeringan susu skim pekat

Hazard Analysis Stage	Proses pengeringan susu skim pekat pada *spray dryer* Susu skim pekat dikeringkan dengan udara panas pada *spray dryer* tertutup yang terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Suhu udara panas masuk pada *spray dryer* • Kadar air • Udara yang digunakan
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	• Suhu pengeringan atau udara panas masuk yang tidak sesuai akan menghasilkan susu bubuk yang kualitasnya rendah • Kadar air yang dihasilkan tidak sesuai akan mengakibatkan bubuk yang dihasilkan kualitasnya rendah • Udara proses yang terkontaminasi menghasilkan kualitas susu yang rendah
Critical Control Point	• Suhu udara panas dijaga sehingga menghasilkan kadar air yang diinginkan • Tangki dilengkapi dengan indikator dan pengontrol suhu • Udara bebas dari debu dan kotoran
Critical Limit	• Memiliki humidity rata-rata antara 70-90% (0,0188 kg H_2O/kg udara kering) • Kadar air ± 3,5% • Suhu udara panas ± 125-250°C

12. Proses industri : proses pemisahan antara antara padatan dengan udara

Hazard Analysis Stage	Proses pemisahan antara padatan dengan udara pada *cyclone separator*
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kebersihan *cyclone separator* terutama pada bagian konis seperti padatan yang masih menempel pada bagian konis
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Padatan yang masih menempel dapat mengganggu proses pemisahan karena partikel akan bertumpuk pada bagian pengeluaran
Critical Control Point	Dilakukan pembersihan untuk menghindari bertumpuknya partikel pada bagian konis
Critical Limit	Proses pembersihan dilakukan segera setelah proses pemisahan

13. Proses industri : proses *screening* susu bubuk skim

Hazard Analysis Stage	Proses penyaringan susu bubuk skim pada *vibrating screen*, baik dari proses pengeringan maupun dari *cyclone separator* sehingga dapat dihasilkan ukuran produk yang seragam
Stage 1 : *Hazard Identification*	Ukuran atau diameter partikel
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	• Diameter partikel produk yang tidak sesuai akan menghasilkan produk yang kualitasnya rendah • Jumlah vibrasi yang sesuai akan menghasilkan ukuran produk yang seragam
Critical Control Point	Diameter partikel yang dihasilkan harus seragam
Critical Limit	Diameter partikel ± 90 mesh (0,625 mm)

14. Proses industri : proses penyimpanan produk

Hazard Analysis Stage	Proses penyimpanan produk pada tangki penyimpanan tertutup yang terbuat dari stainless steel
Stage 1 : *Hazard Identification*	• Bahaya biologi : berbagai macam jenis serangga seperti kecoa, cecak, semut, dan lalat • Bahaya fisik : kerikil, debu, bulu, kotoran serangga
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Apabila susu bubuk skim terkontaminasi zat-zat atau senyawa-senyawa tersebut maka dapat menyebabkan produk mudah rusak

Critical Control Point	• Selama proses penyimpanan, kondisi tangki harus tetap dijaga suhunya • Kebersihan ruangan proses serta orang yang ada di area proses harus memenuhi ketentuan yang ada
Critical Limit	• Dilakukan pembersihan pada tangki serta pengecekan ruang proses (atap, dinding, dan lantai) setiap hari minggu • Setiap karyawan yang akan memasuki ruang proses harus membersihkan tangan, kaki dan memakai pakaian khusus • Suhu ruang dijaga agar tidak terlalu lembab, yaitu pada suhu ± 25°C

15. Penanganan produk akhir

Hazard Analysis Stage	Penanganan produk akhir
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kualitas produk yang dihasilkan
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Setiap produk yang dihasilkan dalam satu hari proses produksi selalu diambil sampel untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan
Critical Control Point	Uji analisa untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai standar SNI 01-4852-1998
Critical Limit	• Bebas dari kontaminan seperti debu, kotoran serangga • Memiliki kadar air tidak lebih dari 3,5 % • Memiliki diameter partikel ± 90 mesh (0,625 mm) • Memiliki kandungan lemak ± 0,2 % • Warna: putih • Bau: harum khas susu, tanpa bau tengik

16. Pembersihan seluruh alat proses

Hazard Analysis Stage	Seluruh alat proses
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kebersihan seluruh peralatan dari kontaminan baik secara biologi, fisik, dan kimia
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Kebersihan dan sterilitas peralatan diperlukan untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan. Proses dan peralatan yang tidak bersih atau steril akan membuat susu bubuk tidak awet

Critical Control Point	Menjaga kebersihan alat yaitu dengan mengalirkan air/ udara bersih ke dalam pipa/ tangki hingga bersih
Critical Limit	• Pembersihan alat dilakukan setiap proses selesai • Suhu air pembersih = 77°C

17. Kebersihan area proses

Hazard Analysis Stage	Area proses
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kebersihan area ruang proses
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Puing-puing bangunan, kotoran di lantai, dinding, plafon, saluran perpipaan, dan permukaan area lain yang tidak bersentuhan dengan proses bisa menjadi tempat hidup dan berkembang mikroorganisme yang bisa berpindah ke produk akhir
Critical Control Point	• Bagian-bagian ini harus dibersihkan dan disanitasikan dengan teratur untuk meminimalkan kontaminan, bau, dan hama pengganggu • Suhu dan kelembaban udara juga dijaga pada kondisi dimana mikroorganisme tersebut tidak mudah hidup dan berkembang biak
Critical Limit	• Suhu area proses harus dijaga agar tetap pada 25-30°C • Memiliki humidity rata-rata antara 70-90% (0,0188 kg H_2O/kg udara kering)

18. Kesehatan karyawan

Hazard Analysis Stage	Kesehatan perorangan atau karyawan
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kebersihan dan higienitas pekerja sangat penting
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Jika pekerja tidak bersih, produk bisa terkontaminasi karena manusia bisa menjadi sumber mikroorganisme

Critical Control Point	Menjaga kesehatan pribadi dengan : • Mengetahui kapan dan bagaimana cara mencuci tangan dengan tepat • Memakai pakaian yang bersih • Menjaga kebiasan pribadi yang baik (mandi, mencuci dan menjaga kebersihan rambut, menjaga kuku bersih dan terpotong pendek, mencuci tangan setelah ke toilet) • Memelihara kesehatan dan melapor jika sakit untuk mencegah tersebarnya kuman penyakit
Critical Limit	• Jika akan masuk ke ruang proses, karyawan harus disterilkan dahulu • Memakai pakaian yang telah disediakan oleh perusahaan jika ingin masuk ke ruang proses

19. Distribusi produk

Hazard Analysis Stage	Proses distribusi produk susu bubuk skim
Stage 1 : *Hazard Identification*	Kerusakan kemasan produk
Stage 2 : *Hazard Evaluation*	Dapat mengakibatkan produk susu bubuk skim yang terdapat dalam kemasan menjadi cepat rusak
Critical Control Point	• Setiap proses pendistribusian selalu didokumentasi dengan sistem pencatatan yang baik agar jika terjadi bahaya keracunan yang dapat segera ditelusuri penyebabnya dan dihentikan • Penentuan waktu kadaluwarsa
Critical Limit	• Sistem pencatatan dilakukan pada setiap proses pendistribusian serta masa kadaluwarsa produk susu bubuk skim selama 2 tahun dari proses produksi • Kemasan susu bubuk skim sebaiknya tidak terkena sinar matahari secara langsung

F.3 Pengendalian kualitas

Pengendalian kualitas pada bahan pangan meliputi beberapa hal, antara lain: penerapan uji sensoris, uji secara fisik (visual), uji secara kimia dan uji mikrobiologis. Proses ini dilakukan dengan menganalisa produk sehingga kesalahan produksi dapat diminimalkan. Kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi, antara lain: perubahan warna yang terlalu mencolok (tidak sesuai dengan warna aslinya), viskositas yang terlalu tinggi ataupun rendah, perubahan *flavor*

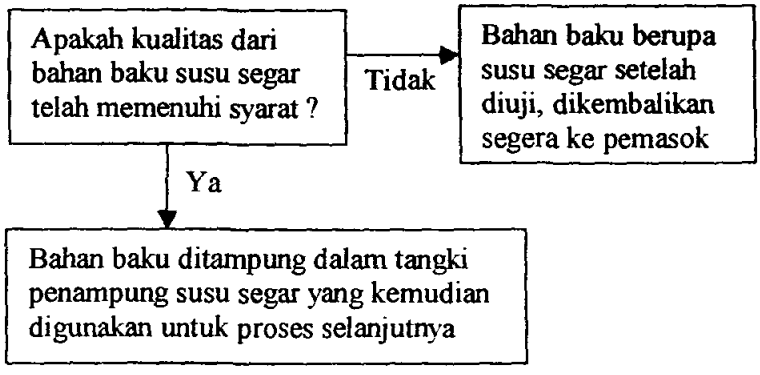
dari produk, serta produk cepat rusak. Oleh sebab itu, perlu dilakukan pengendalian kualitas terhadap produk susu bubuk skim ini.

Flowchart HACCP pada bagian yang membutuhkan penanganan khusus antara lain pada proses-proses sebagai berikut :

1. Pengawasan kualitas bahan baku

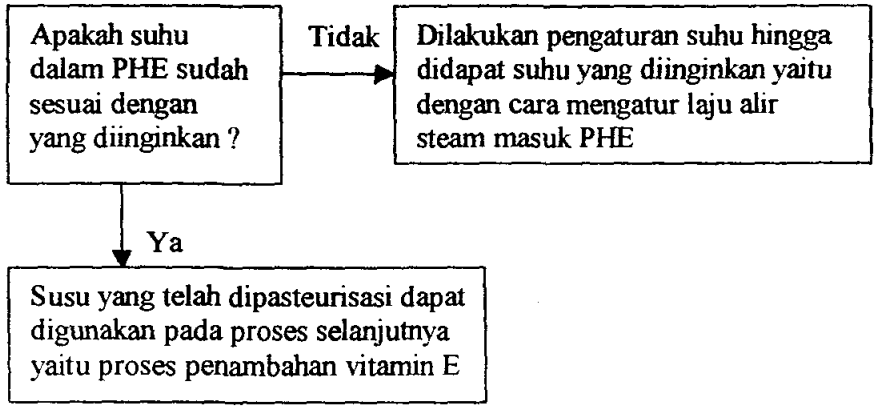
   Pengawasan mutu terhadap bahan baku yaitu susu segar perlu dilakukan untuk meminimalkan kesalahan yang terjadi pada proses produksi. Pengawasan mutu terhadap bahan baku ini dilakukan pada waktu proses penerimaan bahan. Ada 2 kemungkinan hasil dari proses pengawasan bahan baku, yakni :

   - Jika bahan baku yang dikirim tersebut tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan (seperti pada tabel diatas), maka bahan-bahan tersebut akan dikembalikan langsung kepada pemasok.
   - Jika bahan baku memenuhi standar yang telah ditetapkan, maka bahan tersebut disimpan di tangki penampung yang nantinya akan digunakan untuk proses produksi.



2. Pengendalian mutu pada PHE

Pengendalian mutu dalam PHE yang dilakukan adalah pengontrolan suhu. Suhu yang digunakan dalam PHE yaitu ± 72°C. Apabila suhu yang digunakan terlalu tinggi, akan mengakibatkan kandungan protein pada susu akan rusak, selain itu akan mengakibatkan susu menjadi berbusa. Sedangkan jika suhu terlalu rendah dikhawatirkan bakteri-bakteri yang terkandung dalam susu bubuk skim masih aktif. Untuk menjaga agar suhu tetap 72°C dipergunakan alat kontrol suhu yang berupa TIA (*Temperatur Indicator Alarm*) dengan menggunakan *thermocouple* sebagai *measuring device*. Jadi apabila suhu kurang ataupun lebih dari 72°C, sistem kontrol akan berbunyi dan pengontrolan dilakukan secara otomatis. Pengontrolan dilakukan dengan cara mengatur laju alir steam yang masuk ke PHE.

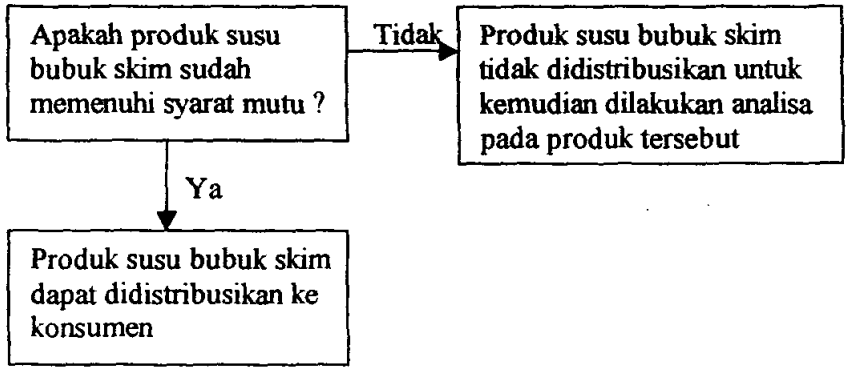


3. Pengendalian mutu pada produk akhir

Pengawasan mutu produk akhir dilakukan dengan tujuan untuk meninjau kondisi produk sebelum dipasarkan sehingga nantinya produk akan diterima

dengan baik oleh konsumen. Pemeriksaan produk dimulai dari pemantauan secara berkala sampai produk akhir tersebut didistribusikan ke tangan konsumen. *Monitoring* juga dilakukan secara berkala untuk mengawasi produk akhir yang berada di gudang setelah periode tertentu.

Pengujian produk yang dihasilkan harus memiliki syarat mutu seperti tabel no.15 hal.F-17. Pemeriksaan kemasan juga dilakukan dengan memeriksa kondisi plastik pembungkus susu bubuk skim, karena kemasan juga mempengaruhi proses pemasaran produk. Pengemasan bertujuan untuk menjaga kehigienisan dari produk dan menghindari terjadinya proses pencemaran produk oleh pengotor yang ada, misalnya: debu, serangga, maupun kotoran lainnya. Jika standar dari pengawasan produk akhir berhasil dipenuhi, maka produk akhir tersebut dapat didistribusikan ke konsumen.



F.4 Uji mikrobiologis pada Pra Rencana Pabrik Susu Bubuk Skim

Susu merupakan produk pangan yang mudah tercemar oleh mikroba. Hal ini disebabkan susu tersebut selama proses pengolahan awal yaitu pemerahan, berada dalam lingkungan yang kotor seperti lingkungan peternakan sapi. Mikroba adalah makhluk hidup yang sangat kecil yang hanya dapat dilihat dengan

menggunakan alat pembesar yang disebut mikroskop. Pada umumnya mikroba ada yang bersifat menguntungkan maupun merugikan. Mikroba yang menguntungkan misalnya mikroba yang aktif di dalam proses fermentasi pangan seperti tempe yang mengandung kapang yang disebut *Rhizopus oligosporus* sedangkan mikroba yang merugikan sering disebut sebagai mikroba patogen. Mikroba patogen adalah mikroba yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia. Susu termasuk bahan pangan yang mudah rusak karena mikroba.

Tanda-tanda kerusakan susu antara lain :

- Adanya perubahan rasa susu menjadi asam
- Susu menggumpal
- Terbentuknya gas
- Terbentuknya lendir
- Adanya perubahan rasa menjadi tengik

Mikroba yang telah teridentifikasi dan sering mencemari susu antara lain *S. aureus, Salmonella, E. coli,* dan *Coliform* serta yang hampir selalu ada di dalam air susu ialah bakteri penghasil asam susu; bakteri ini kebanyakan dari famili *Lactobacteriaceae* seperti *Streptococcus lactis* yang kedapatan dalam jumlah yang besar pada air susu. Beberapa spesies dari famili *Micrococcaceae* juga terdapat dalam air susu yang kurang terjaga kebersihannya, spesies ini juga menyebabkan asamnya air susu. Dari famili *Enterobacteriae*, terutama *Escherichia coli* dan *Aerobacter aerogenes* juga terdapat dalam air susu; kedua spesies ini dapat mengadakan fermentasi terhadap laktosa serta mampu menghasilkan karbondioksida, hidrogen dan asam organik yang dapat menyebabkan produk susu

yang dihasilkan menjadi tidak tahan lama.

Bakteri yang menghasilkan asam susu itu pada umumnya dipandang tidak mengganggu mutu air susu, akan tetapi bakteri yang menguraikan protein itulah yang mengakibatkan busuknya air susu. Spesies dari genus *Proteus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Sarcina* memegang peranan dalam pembusukan susu. Sering kita menjumpai air susu yang berlendir. Benang-benang lendir itu disebabkan oleh bakteri yang berlendir yaitu *Alcaligenes viscolatis* dan beberapa spesies yang biasanya terdapat di dalam usus tebal. Pada air susu yang terlihat berwarna biru disebabkan oleh *Pseudomonas syncyanea*; spesies ini berkembang biak dengan cepat setelah air susu mulai asam sedangkan air susu yang terlihat berwarna kemerahan disebabkan oleh *Serratia marcescens*[26].

Oleh sebab itu dilakukan uji mikrobiologi untuk menentukan kualitas air susu antara lain :

1. Uji reduksi warna dengan biru metilen

   Salah satu cara untuk menghitung jumlah sel di dalam bahan adalah dengan uji reduksi biru metilen. Uji reduksi biru metilen biasanya dilakukan terhadap susu, dan dapat memberikan perkiraan jumlah bakteri di dalam susu. Dalam uji ditambahkan sejumlah biru metilen ke dalam susu, kemudian diamati kemampuan bakteri di dalam susu untuk tumbuh dan menggunakan oksigen yang terlarut, sehingga menyebabkan penurunan kekuatan oksidasi-reduksi dari campuran tersebut. Akibatnya, biru metilen yang ditambahkan ke dalam sampel akan tereduksi menjadi berwarna putih. Waktu reduksi, yaitu perubahan warna biru menjadi putih

dianggap selesai jika kira-kira empat per lima dari sampel susu yang terdapat di dalam tabung (sebanyak 10 ml) telah bewarna putih. Beberapa penelitian melaporkan perkiraan jumlah koloni yang diperoleh dengan metode cawan dengan waktu reduksi pada uji biru metilen pada susu (Tabel F.1). Semakin tinggi jumlah bakteri di dalam bahan, semakin cepat terjadinya perubahan dari biru menjadi putih.

Tabel F.1 Hubungan antara jumlah koloni menggunakan metode cawan dengan waktu reduksi dalam jumlah uji biru metilen

Waktu reduksi biru metilen (jam)	**Perkiraan jumlah koloni ($\times 10^{-4}$ koloni/ml)**
0,5-3,5	80 atau lebih
4	40
4,5	25
5	15
5,5	10
6	6
6,5-8	2,5
> 8	1

2. Hitungan mikroskopik

Perhitungan jumlah mikroba secara langsung menggunakan mikroskop sering digunakan untuk menganalisa susu yang mengandung bakteri dalam jumlah tinggi, misalnya susu yang diperoleh dari sapi yang terkena mastitis, yaitu suatu penyakit infeksi yang menyerang kelenjar susu sapi. Cara ini merupakan suatu cara yang cepat namun mempunyai kelemahan dimana tidak dapat diterapkan secara maksimal terhadap sampel susu yang telah mengalami pasteurisasi, karena secara mikroskopik tidak dapat

dibedakan antara sel-sel bakteri yang masih hidup atau yang telah mati karena perlakuan pasteurisasi.

Dalam metode ini, luas areal pandang mikroskop yang akan digunakan harus dihitung terlebih dahulu. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengukur diameter areal pandang menggunakan mikrometer yang dilihat melalui lensa minyak imersi. Untuk menghitung jumlah bakteri di dalam contoh, sebanyak 0,01 mL; contoh dipipet dengan pipet *Breed* dan disebarkan di atas gelas obyek sehingga mencapai luas 1 cm^2, kemudian didiamkan sampai kering, difiksasi, dan diwarnai dengan biru metilen. Rata-rata jumlah bakteri per areal pandang mikrokop dihitung setelah mengamati 10 sampai 60 kali areal pandang, tergantung dari jumlah bakteri per areal pandang (Tabel F.2).

Sel-sel yang mengumpul dalam suatu kelompok, dihitung jumlah sel yang terdapat di dalam kelompok tersebut, tetapi jika tidak mungkin dapat dihitung sebagai satu kelompok. Hasil perhitungan berdasarkan jumlah kelompok bakteri biasanya lebih mendekati hasil perhitungan jumlah bakteri menggunakan agar cawan. Pada sapi yang terserang mastitis, susunya biasanya mengandung sel-sel darah putih dalam jumlah tinggi. Setelah pewarnaan dengan biru metilen, sel-sel darah putih akan terlihat sebagai sel yang bulat atau berbentuk tidak teratur, bewarna biru dengan ukuran lebih besar daripada bakteri.

Tabel F.2 Hubungan jumlah rata-rata bakteri per areal pandang dengan jumlah areal pandang yang harus diamati

Jumlah rata-rata bakteri per areal pandang	Jumlah areal pandang yang haru diamati
< 0,5	50
0,5 - 1	25
1 -10	10
10 – 30	5
> 30	TBUD

Mikrometer yang digunakan untuk mengukur luas areal pandang mikroskop adalah mikrometer gelas obyek yang mempunyai skala terkecil 0,01 mm. Areal pandang mikroskop biasanya mempunyai ukuran 14-16 skala atau 0,14-0,16 mm. Beberapa mikroskop mungkin mempunyai ukuran diameter areal pandang lebih dari 0,18 mm. Luas areal pandang mikroskop = πr^2 mm^2 atau sama dengan πr^2 / 100 cm^2. Nilai r adalah jari-jari aral pandang mikroskop. Karena jumlah contoh yang disebarkan pada gelas obyek seluas 1 cm^2 adalah 0,01 mL, maka :

Jumlah susu per areal pandang mikroskop = $\pi r^2/100$ x 0,01 mL = π $r^2/10.000$ mL. Dengan kata lain, untuk mendapatkan 1 mL contoh dapat diperoleh dari 10.000/ π r^2 kali areal pandang mikroskop. Angka 10.000/ π r^2 disebut juga faktor mikroskopik dan digunakan untuk mengubah jumlah bakteri per areal pandang mikroskop menjadi jumlah bakteri per ml sebagai berikut. Jumlah bakteri per mL sampel = 10.000/ π r2 x jumlah rata-rata[27].

3. Pengujian tentang adanya bakteri kolon

Bakteri kolon yang biasanya kedapatan di dalam air susu ialah genus *Escherichia coli* dan genus *Aerobacter*. Pada umumnya bakteri kolon itu lekas mati setelah air susu dipasteurisasi. Maka jika terdapat bakteri tersebut di dalam air susu yang telah dipasteurisasi, menunjukkan adanya kontaminasi dengan perantara insekta, misal lalat atau semut. Cara pengujiannya sebagai berikut :

- Di dalam tabung fermentasi yang diisi dengan medium cair berupa empedu-laktosa bercampur hijau-berlian diteteskan 1 mL atau 10 mL air susu yang akan dianalisa. Jika 48 jam kemudian daripada itu di dalam ujung tabung fermentasi *Smith* kelihatan ada gelembung gas, maka hal yang demikian itu merupakan bukti adanya bakteri kolon.
- Tes dapat juga dilakukan dengan meratakan 1 mL air susu pada permukaan medium agar-agar lempengan yang mengandung empedu ungu merah. Jika setelah 10 sampai 24 jam kemudian tampak koloni-koloni berwarna merah dengan diameter paling sedikit 0,5 mm, maka hal itu menunjukkan adanya bakteri kolon.

Di beberapa negara, ketentuan mengenai mutu air susu dalam hubungannya dengan bakteri kolon dinyatakan bahwa air susu dinyatakan memenuhi standar jika jumlah bakteri kolon per ml air susu yang tidak dipasteurisasi tidak melebihi 10 mL.

4. Tes lingkaran

Tes ini berguna untuk mengetahui adanya penyakit *brusellosis* pada ternak; tanda-tanda penyakit ini ialah panas badan yang tinggi serta didalam limpa terdapat *brucella*. Antigen yang terdiri atas sel-sel *Brucella abortus* yang telah diwarnai diteteskan pada suatu contoh air susu sebanyak 1 mL di dalam tabung reaksi yang sempit; kemudian tabung ini dtempatkan di dalam suhu 35°C selama 1 jam. Jika air susu tersebut mengandung zat penolak, zat penolak ini menyebabkan menggumpalnya bakteri-bakteri tersebut. Bakteri-bakteri tersebut naik ke permukaan bersama-sama buih membentuk lingkaran yang berwarna ungu kebiru-biruan. Dari tes yang positif ini kemudian dapat ditentukan susu yang mengandung bakteri *Brucella abortus*.

Kerusakan pada susu disebabkan oleh terbentuknya asam laktat sebagai hasil fermentasi laktosa oleh koli. Fermentasi oleh bakteri ini akan menyebabkan aroma susu menjadi berubah dan tidak disukai oleh konsumen. Untuk meminimalkan kontaminasi oleh mikroorganisme dan menghambat pertumbuhan bakteri pada susu agar dapat disimpan lebih lama maka penanganan sesudah pemerahan hendaknya menjadi perhatian utama.

Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk mencegah kerusakan pada susu adalah dengan cara pemanasan (pasteurisasi) baik dengan suhu tinggi maupun suhu rendah yang dapat diterapkan pada peternak. Dengan

pemanasan ini diharapkan akan dapat membunuh bakteri patogen yang membahayakan kesehatan manusia dan meminimalisasi perkembangan bakteri. Proses pasteurisasi ini dibagi menjadi 2 macam cara :

1. Pasteurisasi lama (*Low Temperature Long Time* = LTLW) dengan suhu 62-65°C selama 30 menit.
2. Pasteurisasi sekejap (*High Temperature Short Time* = HTST) dengan suhu 98-95°C selama 1-2 menit.

Tujuan dari pasteurisasi ini antara lain [26] :

a. Untuk membunuh bakteri patogen
b. Untuk mengurangi populasi mikroba dalam bahan susu
c. Untuk memperpanjang daya simpan bahan
d. Untuk menginaktivasi enzim-enzim yang membuat susu cepat rusak

APPENDIX G

TUGAS KHUSUS

MANAJEMEN PEMASARAN SUSU BUBUK SKIM

G.1 Pendahuluan

Usaha untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia salah satunya dilakukan melalui proses pemasaran. Secara umum pemasaran dapat dikatakan pola pemikiran yang menyadari bahwa perusahaan tidak mampu hidup tanpa pembeli. Pemasaran sebagai fungsi manajemen mempunyai tujuan mencapai penjualan barang setinggi-tingginya yaitu dengan cara menemukan konsumen beserta kebutuhannya serta mengusahakan barang atau jasa yang dapat memenuhi kebutuhan tadi[28].

Untuk dapat mengetahui produk yang bagaimana yang diinginkan konsumen, dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti menyabarkan *polling* kepada masyarakat atau menanyakan pada beberapa distributor, produk seperti apa yang banyak diminati oleh konsumen. Namun cara yang dirasa lebih efektif adalah menyebarkan *polling* kepada masyarakat karena diharapkan jawaban yang diberikan adalah benar-benar mewakili keinginan dari masyarakat yang mengkonsumsi produk.

Produk susu bubuk skim belakangan ini banyak diminati oleh masyarakat karena merupakan salah satu alternatif asupan gizi yang sangat bermanfaat bagi tubuh manusia dan jika dilihat dari data statistik yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS), produksi susu bubuk skim yang ada saat ini jumlahnya masih

belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat sehingga bermunculanlah produsen-produsen baru susu bubuk skim di Indonesia. Dengan banyaknya produsen susu bubuk skim yang ada, berarti makin banyak saingan-saingan dalam memasarkan susu bubuk skim. Oleh sebab itu, susu bubuk skim yang akan diproduksi harus memiliki kelebihan yang berbeda dengan produk susu bubuk skim lain yang telah ada. Selain itu dari segi desain kemasannya pun harus bisa menarik konsumen untuk membeli. Banyaknya permintaan pasar, tentunya tidak boleh menjadikan kualitas produk menjadi menurun. Namun justru harus bisa membuat produk yang lebih berkualitas dari produk yang telah ada dengan harga yang lebih ekonomis. Produsen juga harus bisa melihat dimana peluang pasar yang bagus karena jika kualitas produk sudah bagus tetapi salah meletakkan tempat pemasaran maka produk yang sudah dibuat juga tidak akan bisa bertahan lama di pasaran. Tempat pemasaran juga bergantung pada jarak antara pabrik dengan tempat pemasaran. Hal ini berkaitan denganbesar kecilnya biaya transportasi dan lamanya barang berada di perjalanan.

G.2. Definisi Pemasaran

Pemasaran pada umumnya adalah permintaan atau pembelian dan harga. Perkembangan pemikiran pemasaran terus berkembang karena selalu melekat dalam kehidupan masyarakat yang selalu berpikir alternatif, dimana masyarakat selalu dihadapkan pada suatu pilihan dan sumber daya alam yang terbatas untuk mampu memaksimalkan kepuasan.

Dibawah ini dikemukakan beberapa pendapat dari para ahli mengenai arti dari pemasaran.

Menurut Kotler (1997:8), Pemasaran adalah : "Suatu proses dan manajerial yang mana di dalamnya terdapat individu dan kelompok untuk mendapatkan apa saja yang mereka inginkan dan butuhkan dengan cara menciptakan, menawarkan dan mempertukarkan produk yang bernilai dengan pihak lain."

Sedangkan menurut Sumarni dan Soeprihanto (1995:231), Pemasaran adalah : "Suatu sistem keseluruhan dari kegiatan bisnis yang ditujukan untuk merencanakan, menentukan harga, mempromosikan dan mendistribusikan barang dan jasa yang memuaskan kebutuhan baik kepada pembeli yang ada maupun pembeli potensial"

Walaupun pengertian pemasaran menurut para ahli dapat berbeda-beda, tetapi dari kesemuanya dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasaran berintikan seluruh kegiatan organisasi perusahaan yang diarahkan sedemikian rupa untuk dapat memuaskan kebutuhan dan keinginan konsumen atau pelanggan. Pengembangan pemasaran lebih diarahkan untuk dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Oleh beberapa ahli, konsumen atau pelanggan disebut pasar atau pasar sasaran bagi perusahaan[29].

Dalam memasarkan susu bubuk skim ini, untuk dapat menarik konsumen, perusahaan harus memberikan produk serta jasa atau pelayanan yang sesuai dengan keinginan konsumen. Oleh karena itu perlu adanya suatu upaya yang harus ditempuh perusahaan untuk mempengaruhi konsumen atau pelanggan di

dalam membeli produk susu bubuk skim yang ditawarkan dengan melihat dari kombinasi 4 faktor, yaitu:

1. Menawarkan serta menjelaskan keunggulan dari produk susu bubuk skim kepada konsumen.
2. Menetapkan harga susu bubuk skim yang wajar
3. Berusaha untuk melakukan promosi atas manfaat produk susu bubuk skim yang dihasilkan kepada target pasar yang akan dilayani
4. Merancang model distribusi yang mampu menjamin ketersediaan produk susu bubuk skim di berbagai tempat dan situasi

G.3. Tujuan Pemasaran Susu Bubuk Skim

Sebagai fungsi manajemen, pemasaran bermaksud memberikan arah dan tujuan pada kegiatan-kegiatan perusahaan. Hal tersebut dilakukan dengan jalan mengumpulkan serta menafsirkan informasi tentang pasar perusahaan produk susu bubuk skim, serta perusahaan pesaing. Informasi tersebut dipergunakan untuk menentukan kegiatan yang harus diambil atau cara menyesuaikan operasi pemasaran susu bubuk skim menghadapi perubahan yang terjadi pada pasar produk sejenis.

Bagian pemasaran juga bertujuan memonitor hasil penjualan serta kegiatan promosional, seberapa jauh kegiatan-kegiatan tersebut mendekati target prestasi. Jadi dapat disimpulkan bahwa tujuan dari pemasaran susu bubuk skim ini adalah mengetahui keinginan konsumen akan produk susu bubuk skim sehingga produk ini cocok dan dapat terjual kepada konsumen. Idealnya pemasaran menyebabkan

pelanggan *siap membeli* produk ini sehingga yang tinggal hanyalah bagaimana membuat produknya tersedia.

Umumnya proses pemasaran terdiri dari analisa peluang pasar, meneliti dan memilih pasar sasaran, *merancang strategi* pemasaran, merancang program pemasaran, dan mengorganisir, melaksanakan serta mengawasi usaha pemasaran[30].

G.4 Sasaran Pemasaran Susu Bubuk Skim

Sasaran pemasaran adalah suatu target yang ingin dicapai dalam proses pemasaran susu bubuk skim. Pengukuran dari sasaran pemasaran susu bubuk skim dapat dilihat dari berbagai macam segi, antara lain:

1. Dari volume penjualan susu bubuk skim
2. Dari pangsa pasar susu bubuk skim
3. Dari penetrasi terobosan pemasaran susu bubuk skim
4. Dari volume keuangan yang dimiliki untuk perusahaan

Produk susu bubuk skim ini ditujukan untuk masyarakat yang membutuhkan asupan gizi yang terdapat dalam susu namun tidak ingin terlalu banyak mengkonsumsi lemak. Bedasarkan kuisioner yang telah disebarkan, kebanyakan yang menggunakan produk susu bubuk skim ini adalah yang berusia di atas 35 tahun dan wanita yang mengalami kelebihan berat badan[31].

G.5 Strategi Pemasaran Susu Bubuk Skim

Strategi pemasaran pada hakikatnya merupakan serangkaian upaya yang ditempuh dalam rangka mencapai target yang telah ditentukan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan strategi pemasaran adalah:

1. Mengidentifikasi dan mengevaluasi peluang pasar dari susu bubuk skim
2. Menganalisis segmen pasar susu bubuk skim
3. Mengembangkan strategi pemasaran susu bubuk skim

Peluang pasar dari susu bubuk skim ini harus benar diidentifikasi dan dievaluasi dengan baik. Apabila peluang pasar dari susu bubuk skim terlalu sedikit, maka strategi pasar perlu dikembangkan lagi, misalnya dengan meningkatkan promosi baik melalui media elektronik maupun interaksi langsung dengan masyarakat. Saat identifikasi peluang pasar, perlu dievaluasi juga kompetitor yang ada. Keunggulan dari susu bubuk skim juga harus ditonjolkan sehingga mampu bersaing dengan produk kompetitor susu bubuk skim yang lainnya.

Tahapan selanjutnya adalah menganalisis segmen pasar susu bubuk skim. Pada tahap ini produsen menganalisa konsumen mana yang cenderung mengkonsumsi produk susu bubuk skim dan segmen mana yang memiliki peluang pasar yang baik. Tahap terakhir yaitu mengembangkan strategi pemasaran susu bubuk skim, dimana dalam tahap ini harus menentukan setiap langkah yang diambil untuk dapat mencapai kepuasan dari pelanggan karena kepuasan pelanggan merupakan kunci utama dari konsep pemasaran dan strategi pemasaran.

Strategi pemasaran berkaitan dengan 4 komponen (4P) yang terpenting dalam proses pemasaran susu bubuk skim, antara lain:

1. *Product* (produk)

   Hal ini berkaitan dengan kebijakan umum bagi modifikasi penambahan, desain, dan pengemasan produk. Penyesuaian ini dilakukan untuk selalu menjamin pemasaran produk susu bubuk skim.

   Susu bubuk skim yang akan diproduksi diperkaya dengan vitamin E yang mempunyai banyak manfaat seperti, menjaga keremajaan kulit, sebagai antioksidan, dan mencegah kanker. Desain yang akan diberikan untuk produk susu bubuk skim ini dengan adanya slogan "Bukan Susu Biasa". Produk susu bubuk skim ini dikemas dengan kemasan bagian dalam berupa *aluminium foil* dan kemasan bagian luar berupa dos karton untuk menjamin agar susu bubuk skim yang diterima konsumen adalah benar-benar higienis.

2. *Price* (harga)

   Hal ini berkaitan dengan kebijakan penetapan harga umum yang harus diikuti bagi kelompok produk dalam segmen-segmen pasar. Harga akan mempengaruhi volume penjualan oleh karena itu harga harus fleksibel, dan mudah menyesuaikan diri dengan perubahan harga pasar.

   Dengan melihat keinginan konsumen dan harga susu bubuk skim di pasaran, harga yang akan diberikan untuk produk yang akan dijual Rp15.000,00 / 250 gram. Harga ini sedikit lebih murah jika dibanding dengan produk-produk yang ada di pasaran, sehingga diharapkan para

konsumen dapat memilih produk baru yang ditawarkan ini dengan kualitas yang tidak kalah dibandingkan dengan produk lain.

3. *Place* (tempat)

Hal ini berkaitan dengan kebijakan umum tentang jalur dan tingkat pelayanan konsumen. Ada dua macam jalur pelayanan konsumen, yakni: secara langsung dan tidak langsung. Tingkat pelayanan secara langsung melibatkan hubungan antara produsen dengan konsumen secara langsung. Sedangkan tingkat pelayanan tak langsung melibatkan perantara dalam proses pendistribusian dari produsen ke pembeli.

Sistem penjualan yang akan dilakukan untuk memasarkan suatu produk dibagi dalam beberapa bagian, antara lain:

a. Produsen-Agen-Pengecer-Konsumen

Dari pabrik, produk dijual kepada para agen dalam jumlah yang besar. Selanjutnya, para agen tersebut akan mendistribusikan produk kepada para pengecer seperti toko, supermarket, dan lain-lain. Dari toko dan supermarket inilah produk dapat dibeli oleh konsumen.

b. Produsen-Pengecer-Konsumen

Untuk sistim ini, produk langsung dipasarkan dari pabrik menuju ke pengecer (toko dan supermarket) melalui para salesman. Para salesman akan membawa contoh produk, mencatat jumlah pesanan, kemudian mengirimnya sesuai dengan permintaan para pengecer. Selanjutnya, para konsumen dapat membeli produk yang telah didistribusikan kepada para pengecer.

c. Produsen-Konsumen

Sistem ini mengharuskan konsumen langsung datang menuju pabrik untuk membeli produk dengan harga yang lebih murah dibanding dengan harga yang dijual oleh para pengecer. Hal ini berkaitan dengan laba yang diambil oleh para agen dan pengecer dari harga asli pabrik. Biasanya konsumen yang datang ke pabrik adalah konsumen yang membeli produk dalam jumlah yang besar.

Produk susu bubuk skim akan dipasarkan dengan sistem penjualan no.2 yaitu Produsen-Pengecer-Konsumen karena pabrik hanya melayani pembelian dalam jumlah besar. Pabrik tidak melayani pembelian eceran karena akan menyebabkan pencatatan barang keluar dari pabrik menjadi tidak praktis. Jadi dari pabrik, produk susu bubuk skim dipasarkan ke toko atau supermarket oleh para salesman dan kemudian konsumen membeli dari toko atau supermarket tersebut.

Untuk produk susu bubuk skim yang akan dibuat, komplain dari konsumen dapat disampaikan melalui distributor (pemilik toko atau supermarket) dan kemudian diteruskan ke produsen atau juga dapat langsung menghubungi *free call* layanan konsumen yang tertera pada dos kemasan susu bubuk skim.

Dari segi lokasi, produk susu bubuk skim hanya akan dipasarkan di daerah Jawa karena beberapa alasan, antara lain:

a. Daerah Jawa memiliki peluang pasar industri makanan yang lebih besar dibandingkan dengan daerah lainnya. Dengan adanya peluang pasar yang lebih besar, maka peluang produk susu bubuk skim untuk terjual di pasaran juga akan semakin besar.

b. Daerah Jawa memiliki sarana transportasi yang mudah dan memadai sehingga mempermudah proses pendistribusian produk. Semakin mudah proses pendistribusian, maka biaya dan waktu yang diperlukan untuk pemasaran semakin rendah pula. Hal ini nantinya juga akan mempengaruhi *nilai jual* dari produk susu bubuk skim sehingga diharapakan dapat tercapai keseimbangan antara biaya operasi dan penjualan dari susu bubuk skim.

4. *Promotion* (promosi)

Promosi adalah langkah-langkah yang ditempuh perusahaan untuk memperkenalkan dan mengingatkan kembali terhadap produk susu bubuk skim yang ada di pasaran. Hal ini berkaitan dengan kebijakan umum untuk berkomunikasi dengan konsumen, seperti: iklan, tenaga penjual, promosi penjualan, hubungan masyarakat. Produk susu bubuk skim ini akan diperkenalkan kepada masyarakat melalui iklan di berbagai media cetak dan elekronik serta pembagian sampel produk dalam sachet ukuran 50 gram secara cuma-cuma di beberapa pusat keramaian seperti, *mall*, supermarket, pasar. Dalam promosi ini juga akan diperkenalkan keunggulan-keunggulan yang terdapat pada susu bubuk skim kami, seperti[30]:

a. Memiliki kandungan vitamin E yang tinggi sehingga menghindari resiko terkena kanker.
b. Mengandung potassium, fosfor, niacin dan riboflavin yang sangat penting untuk kesehatan.
c. Memiliki kandungan kalori yang rendah, cocok bagi orang yang sedang diet rendah kalori.

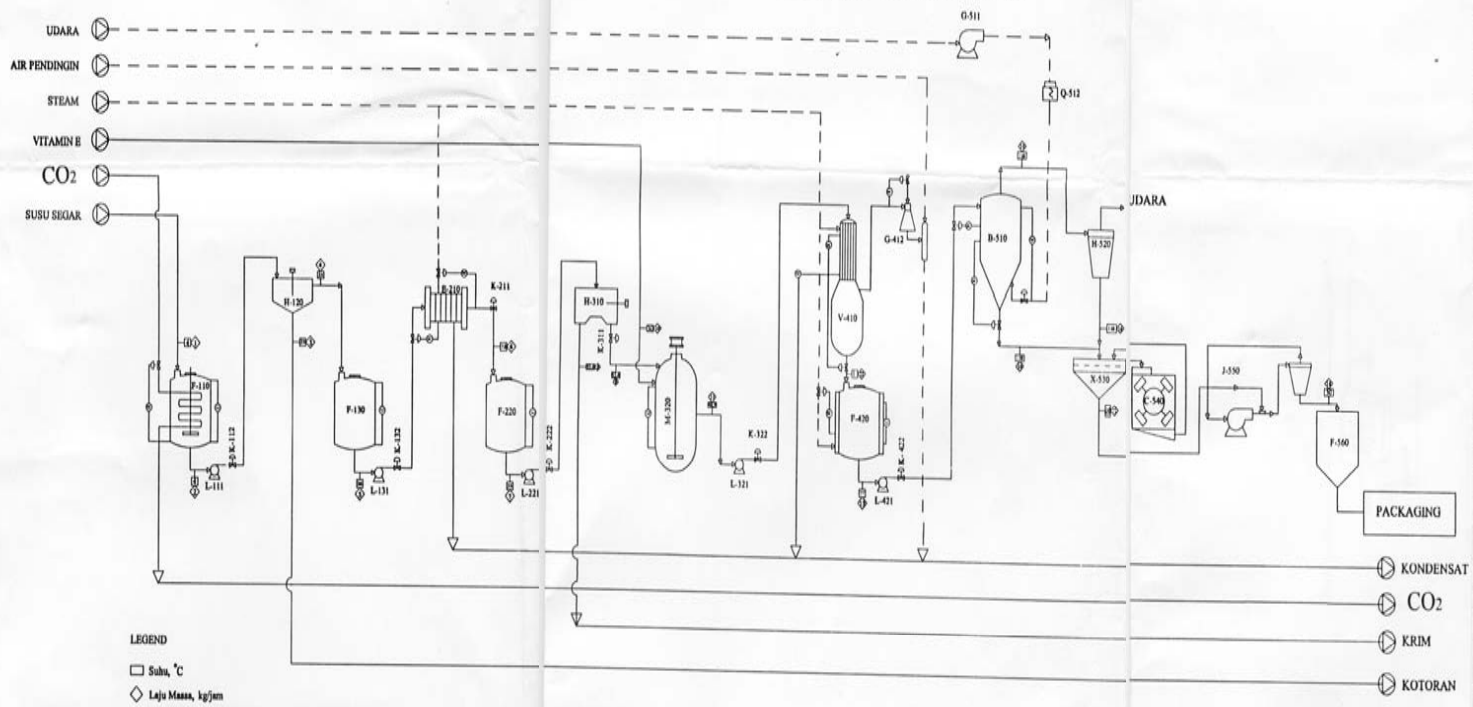
PERPUSTAKAAN
Universitas Katolik Widya Mandala
SURABAYA

G.6 Kesimpulan

Berikut adalah beberapa kesimpulan dari tahapan pemasaran dari produk susu bubuk skim :

1. Produk susu bubuk skim akan dipasarkan dengan empat komponen strategi pemasaran yang meliputi produk, harga, tempat, dan promosi.
2. Lokasi pemasaran susu bubuk skim berkisar di daerah Jawa karena lokasi ini memiliki peluang pasar yang baik dibandingkan daerah lainnya.
3. Produk susu bubuk skim akan dapat bersaing dengan produk susu bubuk skim lainnya karena produk ini memiliki beraneka ragam keunggulan.

PRARENCANA PABRIK SUSU BUBUK SKIM



KETERANGAN	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱
Air	13.968	13.968		13.954,03	13.954,03	13.954,03	13.954,03		13.954,03		13.954,03	1.778,25	1.778,25	52,77			52,77	52,77
Lemak	608	608		607,39	607,39	607,39	607,39		27,73		27,73	27,73	27,73	27,45	0,28	0,28	27,73	27,73
Protein	544	544		543,46	543,46	543,46	543,46		543,46		543,46	543,46	543,46	538,03	5,43	5,43	543,46	543,46
Laktosa	768	768		767,23	767,23	767,23	767,23		767,23		767,23	767,23	767,23	759,56	7,67	7,67	767,23	767,23
Abu	112	112		111,89	111,89	111,89	111,89		111,89		111,89	111,89	111,89	110,77	1,12	1,12	111,89	111,89
Impurities			16															
Krim								579,66										
Vitamin E										4,62	4,62	4,62	4,62	4,57	0,05	0,05	4,62	4,62
Total	16.000	16.000	16	15.984	15.984	15.984	15.984	579,66	15.404,34	4,62	15.408,96	3.233,18	3.233,18	1.493,15	14,55	14,55	1.507,7	1.507,7

KODE	KETERANGAN
F-110	Tangki Penampungan Si
L-111	Pompa Sentrifug
K-112	Gate Valve
H-120	Clarifier
F-130	Tangki Penampung Susu d
L-131	Pompa Sentrifug
K-132	Gate Valve
E-210	Plate Heat Exchan
K-211	Gate Valve
F-220	Tangki Penampung Susu
L-221	Pompa Sentrifug
K-222	Gate Valve
H-310	Disk Centrifuge
K-311	Gate Valve
M-320	Mixer
L-321	Pompa Sentrifug
K-322	Gate Valve
V-410	Evaporator
G-412	Steam Ejector
F-420	Tangki Penampung Susu S
L-421	Pompa
K-422	Kran
B-510	Spray Drier
G-511	Blower
H-520	Cyclone
X-530	Vibrating Screen
C-540	High Speed Hammer
J-550	Pneumatic Convey
F-560	Bin Susu Bubuk Sk
Q-512	Burner Spray Dri

Dibuat Oleh :

1. Christina M. D. / 5203003001
2. Dewi M. M. / 5203003012
3. Youngky S. / 5203003029
4. Evy S. S / 5203003034

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Felycia, ST, M. Phil
NIK. 521.99.0391

Pembimbing II,

Ir. Yohanes S., MT
NIK. 521.89.0151