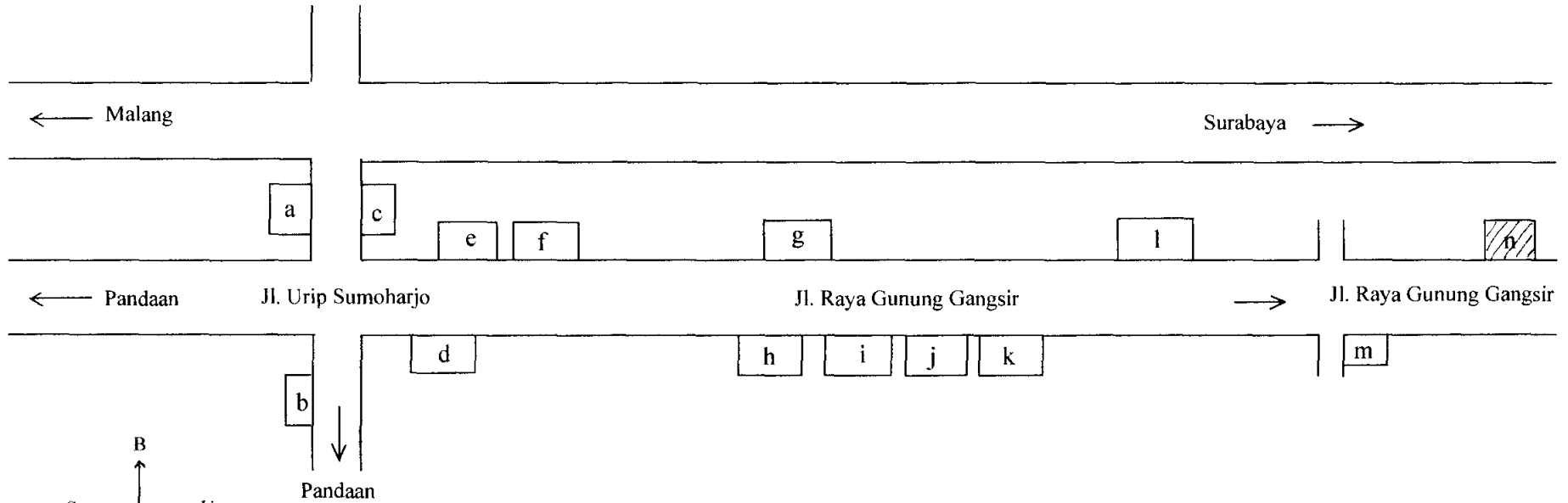


LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi Pabrik Susu Pasteurisasi Plain

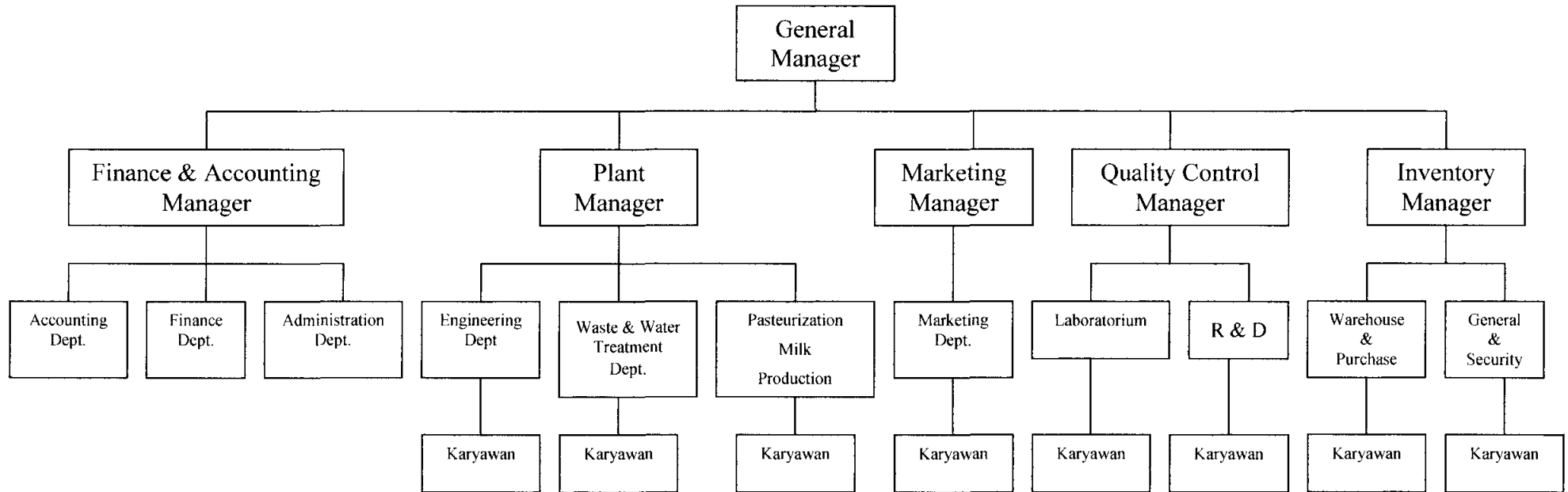


Skala 1 : 3000

Keterangan :

- | | | |
|---------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| a = PT. Babindo | f = PT. Dipta Sunrise Nusantara II | k = PT. Finexco Prima |
| b = Pasar Pandaan | g = PT. Tri State Textile | l = PT. Hercules Chemical Indonesia |
| c = Stadion Pandaan | h = Gardu Induk PLN Pandaan | m = SD Negeri Randu 2 |
| d = PT. Karya Prima | i = PT. INDO Pet Bottle | n = Pabrik Susu Pateurisasi |
| e = CV. Alpha Omega | j = PT. Putra Djaya | |

Lampiran 2. Struktur Organisasi Pabrik Susu Pasteurisasi Plain



Lampiran 3. Standar Mutu Bahan Pembantu

Tabel 1. Standar Umum Mutu *Skim Milk Powder*

Kriteria	Standar Produk
Kenampakan	Tidak menggumpal, pengemasan bersih
Umur (pada saat penerimaan)	maks. 6 bln (setelah tgl. Produksi)
Viskositas 40 – 50 poise	Grade A
50 – 60 poise	Grade B
> 60 poise	Grade C
Lemak susu (%)	maks. 1,25
Protein (%)	min. 33
Rasa dan Bau	normal
TPC (cfu / gr)	maks. 10.000
Kapang & ragi (cfu / gr)	maks. 10
Bakteri spora thermophilik (cfu / gr)	maks. 500
<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu / gr)	maks. 10
<i>Bacillus aureus</i> (cfu / gr)	maks. 50

Sumber : Laboratorium *Quality Control* PT. Indo Murni Dairy Industry (2003)

Tabel 2. Standar Umum Mutu *Anhydrous Milk Fat*

Kriteria	Standar Produk
Titik didih (°C)	30 – 35
Warna	kuning bersih
Umur (pada saat penerimaan)	maks. 1 tahun (setelah tgl. Produksi)
Rasa dan Bau	standar
<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu / ml)	maks. 100

Sumber : Laboratorium *Quality Control* PT. Indo Murni Dairy Industry (2003)

Lampiran 4. Perhitungan Neraca Massa

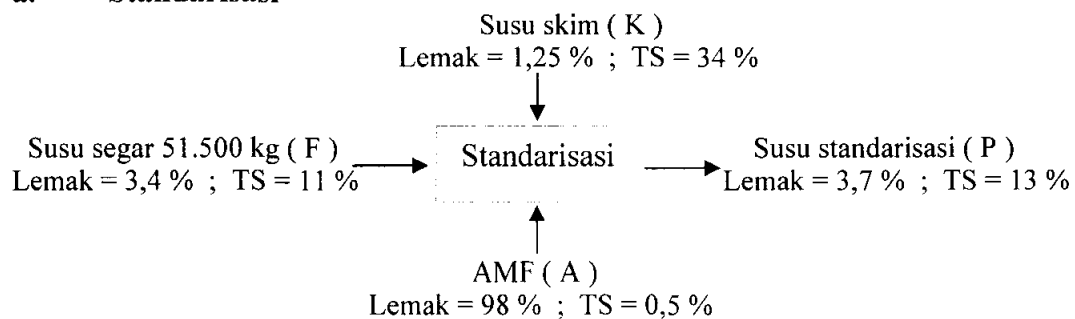
Kapasitas Bahan Baku = 50.000 L / hari = 51.500 kg / hari

Satuan waktu = hari

Satuan massa = kg

ρ susu segar = 1,030 kg / L

a. Standarisasi



Persamaan :

$$F + K + A = P$$

$$51500 + K + A = P \dots (1)$$

$$(51500 \times 0,034) + 0,0125K + 0,98A = 0,037P$$

$$1751 + 0,0125K + 0,98A = 0,037P \dots (2)$$

$$(51500 \times 0,11) + 0,34K + 0,005A = 0,13P$$

$$5665 + 0,34K + 0,005A = 0,13P \dots (3)$$

Persamaan (1) disubstitusi ke persamaan (2) dan (3)

$$1751 + 0,0125K + 0,98A = 0,037(51500 + K + A)$$

$$1751 + 0,0125K + 0,98A = 1905,50 + 0,037K + 0,037A$$

$$-0,0245K + 0,943A = 154,5 \dots (4)$$

$$5665 + 0,34K + 0,005A = 0,13(51500 + K + A)$$

$$5665 + 0,34K + 0,005A = 6695 + 0,13K + 0,13A$$

$$0,21K - 0,125A = 1030 \dots (5)$$

Persamaan (4) dan (5)

$$\begin{array}{r|l} -0,0245K + 0,943A = 154,50 & \times 0,21 \\ 0,21K - 0,125A = 1030 & \times 0,0245 \end{array} \quad \begin{array}{l} -0,005145K + 0,19803A = 32,45 \\ \hline 0,005145K - 0,0030625A = 25,24 \end{array} +$$

$$0,195A = 57,69$$

$$A = 295,85$$

$$0,21K - 0,125 (295,85) = 1030$$

$$0,21K - 36,98 = 1030$$

$$K = 5080,86$$

$$51500 + K + A = P$$

$$51500 + 5080,86 + 295,85 = 56876,71$$

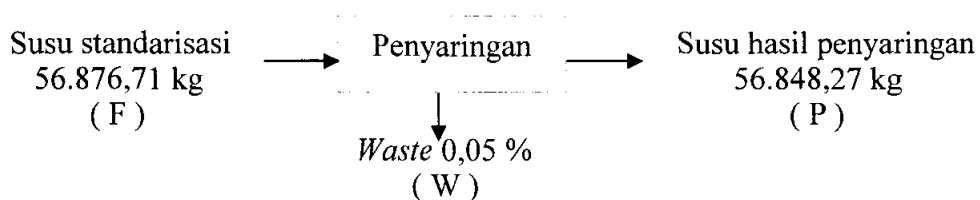
Susu skim yang diperlukan = 5.080,86 kg

AMF yang diperlukan = 295,85 kg

Jadi, total susu standarisasi = 56.876,71 kg = 55.220,10 L

b. Penyaringan

Diasumsikan kehilangan berat dari bahan tersaring seperti kotoran dan debu selama penyaringan adalah 0,05 %.



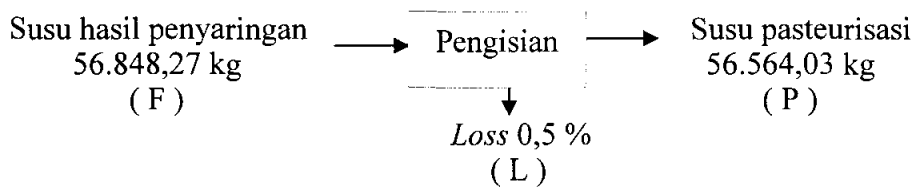
$$\text{Bahan tersaring (W) : } 0,05 \% \times 56.876,71 \text{ kg} = 28,44 \text{ kg}$$

$$\text{Susu hasil penyaringan : } F - W = P$$

$$(56.876,71 - 28,44) \text{ kg} = 56.848,27 \text{ kg} = 55.192,50 \text{ L}$$

c. Pengisian

Diasumsikan kehilangan susu selama pengisian adalah 0,5 %



$$\text{Kehilangan susu (L)} = 0,5 \% \times 56.848,27 \text{ kg} = 284,24 \text{ kg}$$

$$\text{Susu pasteurisasi yang dihasilkan} = F - L = P$$

$$(56.848,27 - 284,24) \text{ kg} = 56.564,03 \text{ kg} = 54.916,53 \text{ L}$$

Lampiran 5. Perhitungan Neraca Panas

Kapasitas bahan baku = 50.000 L / hari = 51.500 kg / hari

Satuan panas = kkal

Satuan waktu = hari

Satuan massa = kg

Suhu basis = 0°C

Cp susu segar = 0,93 kkal / kg°C (Singh, 1992)

Cp susu skim = 0,23 kkal / kg°C (Singh, 1992)

Cp AMF = 0,49 kkal / kg°C (Singh, 1992)

Cp Air = 1 kkal / kg°C (Singh, 1992)

Diketahui, kandungan dalam AMF :

Xf = kadar lemak

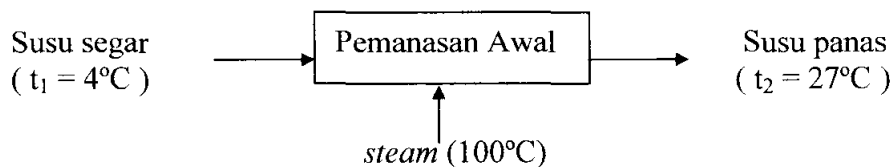
Xw = kadar air

Xs = kadar *solid*

Cp = panas spesifik

$$\begin{aligned} \text{Cp AMF} &= 2,093 \cdot X_f + 1,256 \cdot X_s + 4,187 \cdot X_w \\ &= 2,093 \cdot 0,98 + 1,256 \cdot 0,005 + 4,187 \cdot 0,0015 \\ &= 2,06 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C} = 0,49 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

a. Pemanasan Awal



Masuk

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu segar : } \Delta H_m &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 51.500 \text{ kg} \times 0,93 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (4 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 191.580 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Keluar

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu panas : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 51.500 \text{ kg} \times 0,93 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (27 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 1.293.165 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Diasumsikan panas yang hilang 5 % dari panas yang disuplai = 0,05Q kkal

Panas yang masuk = Panas yang keluar

$$191.580 + Q = 1.293.165 + 0,05Q$$

$$0,95Q = 1.101.585$$

$$Q = 1.159.563,16 \text{ kkal}$$

$$\text{Panas yang hilang} = 5 \% \times 1.159.563,16 \text{ kkal} = 57.978,16 \text{ kkal}$$

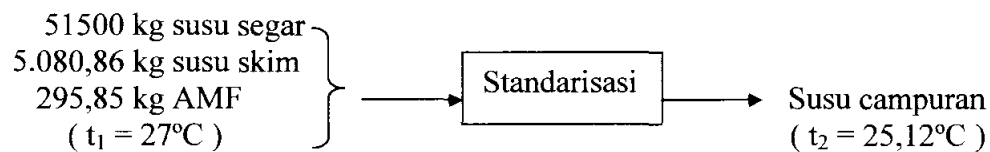
Jumlah *steam* yang diperlukan pada suhu 100°C dengan $\lambda_s = 539,45 \text{ kkal / kg}$

Dimana λ_s = panas laten, m_s = massa *steam*

$$Q \text{ suplai} = m_s \times \lambda_s$$

$$1.159.563,16 \text{ kkal} = m_s \times 539,45 \text{ kkal / kg}$$

$$m_s = 2.259,73 \text{ kg}$$

b. StandarisasiMasuk

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu : } \Delta H_m &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 51.500 \text{ kg} \times 0,93 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (27 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 1.293.165 \text{ kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu skim : } \Delta H_{sk_m} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 5.080,86 \text{ kg} \times 0,23 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (27 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 31.552,14 \text{ kkal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Entalpi AMF : } \Delta H_{\text{AMF}_m} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 295,85 \text{ kg} \times 0,49 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (27 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 3.914,10 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Keluar

$$\begin{aligned}\text{Entalpi susu : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.876,71 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (T - 0)^\circ\text{C} \\ &= 52.895,34T \text{ kkal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m_c \times C_{pc} &= m_{ss} \times C_{pss} + m_{sk} \times C_{psk} + m_{\text{AMF}} \times C_{p\text{AMF}} \\ &= 51.500 \times 0,93 + 5.080,86 \times 0,23 + 295,85 \times 0,49 \\ &= 42.208,56 \text{ kkal / }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$C_{pc} = \frac{42.208,56}{(51.500 + 5.080,86 + 295,85)} = 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C}$$

dimana : C_{pc} = C_p campuran m_c = massa campuran
 C_{pss} = C_p susu segar m_{ss} = massa susu segar
 C_{psk} = C_p susu skim m_{sk} = massa susu skim

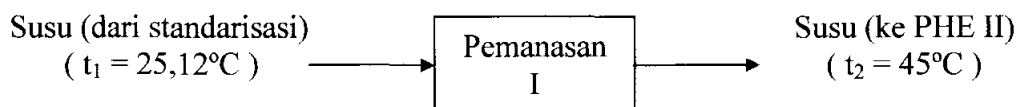
Panas yang masuk = Panas yang keluar

$$1.293.165 + 31.552,14 + 3.914,10 = 52.895,34T$$

$$1.328.631,24 = 52.895,34T$$

$$T = 25,12^\circ\text{C}$$

c. Pemanasan I (PHE bagian II)



Masuk

$$\begin{aligned}\text{Entalpi susu : } \Delta H_m &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (25,12 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 1.242.384,83 \text{ kkal}\end{aligned}$$

Panas yang disuplai dari produk susu = Q kkal

Keluar

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (45 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 2.225.609,77 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Diasumsikan panas yang hilang 5 % dari panas yang disuplai = 0,05Q kkal

Panas yang masuk = Panas yang keluar

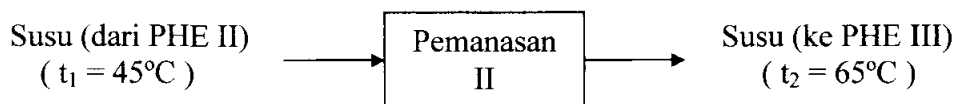
$$1.242.384,83 + Q = 2.225.609,77 + 0,05Q$$

$$0,95Q = 983.224,94$$

$$Q = 1.034.973,62 \text{ kkal}$$

Jadi , panas yang disuplai = 1.034.973,62 kkal

Panas yang hilang = 5 % x 1.034.973,62 = 51.748,68 kkal

d. Pemanasan II (PHE bagian III)Masuk

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu : } \Delta H_m &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (45 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 2.225.609,77 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Panas yang disuplai dari produk susu = Q kkal

Keluar

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (65 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 3.214.769,67 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Diasumsikan panas yang hilang 5 % dari panas yang disuplai = 0,05Q kkal

Panas yang masuk = Panas yang keluar

$$2.225.609,77 + Q = 3.214.769,67 + 0,05Q$$

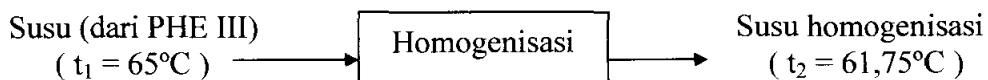
$$0,95Q = 989.159,90$$

$$Q = 1.041.220,95 \text{ kkal}$$

Jadi , panas yang disuplai = 1.041.220,95 kkal

Panas yang hilang = 5 % x 1.041.220,95 = 52.061,05 kkal

e. Homogenisasi



Masuk

Entalpi susu : $\Delta H_m = m \times C_p \times \Delta T$

$$= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal} / \text{kg}^\circ\text{C} \times (65 - 0)^\circ\text{C}$$

$$= 3.214.769,67 \text{ kkal}$$

Keluar

Diasumsikan panas yang hilang 5 % dari panas yang masuk

$$= 0,05 \times 3.214.769,67 = 160.738,48 \text{ kkal}$$

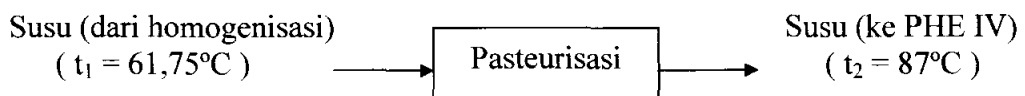
Entalpi susu : $\Delta H_k = 3.214.769,67 - 160.738,48 = 3.054.031,19 \text{ kkal}$

Suhu susu yang keluar : $\Delta H = mc \times C_{pc} \times \Delta T$

$$3.054.031,19 \text{ kkal} = 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kJ} / \text{kg}^\circ\text{C} \times (T - 0)^\circ\text{C}$$

$$T = 61,75^\circ\text{C}$$

f. Pasteurisasi (PHE bagian IV)



Masuk

Entalpi susu panas = $\Delta H_m = 3.054.031,19 \text{ kkal}$

Panas yang disuplai dari produk susu = Q kkal

Keluar

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu panas : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (87 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 4.302.845,56 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Diasumsikan panas yang hilang 5 % dari panas yang disuplai = 0,05Q kkal

$$\begin{aligned} \text{Panas yang masuk} &= \text{Panas yang keluar} \\ 3.054.031,19 + Q &= 4.302.845,56 + 0,05Q \\ 0,95Q &= 1.248.814,37 \\ Q &= 1.314.541,44 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Jadi , panas yang disuplai = 1.314.541,44 kkal

Panas yang hilang = 5 % x 1.314.541,44 = 65.727,07 kkal

Jumlah *steam* yang dibutuhkan pada suhu 110°C

Dimana m_s = massa *steam*

$$\begin{aligned} Q \text{ suplai} &= (m_s \times H_v) - (m_s \times H_c) \\ Q \text{ suplai} &= m_s \times (H_{v110^\circ\text{C}} - H_{c100^\circ\text{C}}) \\ 1.314.541,44 \text{ kkal} &= m_s \times (643,28 - 100,16) \text{ kkal / kg} \\ m_s &= 2.420,35 \text{ kg} \end{aligned}$$

Susu yang dipanaskan hingga suhu 87°C dengan air panas bertekanan 1,5 atm.

Pada tekanan ini air akan mendidih pada suhu 112°C. Air yang digunakan sebagai medium pemanas berkapasitas 2 m² / jam, $\rho = 1.000 \text{ kg / m}^3$,

$$\text{Kecepatan air} = 2.000 \text{ kg / jam}$$

Kapasitas air panas dalam 1 hari = 2.000 x 24 jam = 48.000 kg

$$\begin{aligned} \text{Entalpi air panas : } \Delta H &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 51.500 \text{ kg} \times 1 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (112 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 5.768.000 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Panas yang digunakan untuk mensuplai panas pada bagian I = 1.341.036,84 kkal

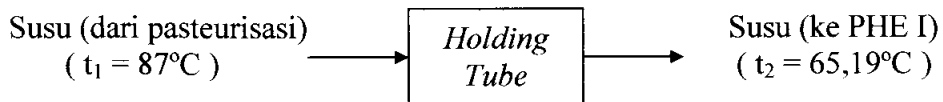
maka ΔH air panas yang keluar = $5.786.000 - 1.341.036,84 = 4.444.963,16$ kkal

Suhu air panas yang keluar :

$$4.444.963,16 \text{ kkal} = 51.500 \text{ kg} \times 1 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (T - 0)^\circ\text{C}$$

$$T = 86,31^\circ\text{C}$$

g. Holding Tube



Diasumsikan tidak ada panas yang hilang.

Masuk

Entalpi susu panas : $\Delta H_m = 1.314.541,44$ kkal

Keluar

Entalpi susu panas : $\Delta H_k = 1.314.541,44$ kkal

Susu panas yang keluar dari *holding tube* akan digunakan sebagai media pemanas pada PHE III. Panas yang dibutuhkan untuk menyuplai bagian III : 1.041.220,95 kkal.

Jadi, entalpi panas yang keluar : $1.314.541,44 - 1.041.220,95 = 273.320,49$ kkal

Media pemanas yang keluar dari PHE III digunakan langsung sebagai media pemanas pada PHE III.

Entalpi yang dibutuhkan untuk menyuplai bagian II = 1.034.973,62 kkal.

Sehingga ΔH yang keluar : $273.320,49 - 1.034.973,62 = 761.653,13$ kkal

Suhu media yang keluar : $\Delta H = m \times C_p \times \Delta T$

$$761.653,13 \text{ kkal} = 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (T - 0)^\circ\text{C}$$

$$T = 15,40^\circ\text{C}$$

h. Pendinginan (PHE bagian I)Masuk

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu panas : } \Delta H_m &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (15,40 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 761.653,12 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Keluar

$$\begin{aligned} \text{Entalpi susu dingin : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 56.848,27 \text{ kg} \times 0,87 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (4 - 0)^\circ\text{C} \\ &= 197.831,98 \text{ kkal} \end{aligned}$$

Panas yang diserap oleh air dingin = Q kkal

Panas yang masuk = Panas yang keluar

$$761.653,12 = 197.831,98 + Q$$

$$Q = 563.821,14 \text{ kkal}$$

Jumlah air pendingin yang dibutuhkan : $Q = m \times C_p \times \Delta T$

$$563.821,14 \text{ kkal} = m \times 1 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (15,40 - 4)^\circ\text{C}$$

$$m = 49.457,99 \text{ kg}$$

Lampiran 6. Spesifikasi Mesin dan Peralatan

Cold Storage

Suhu penyimpanan : 2°C

Kapasitas : 471.274 gelas (hasil produksi selama 2 hari)

Densitas susu standarisasi (ρ)

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Diketahui : berat piknometer} & = & 12,9 \text{ gr} \\
 \text{berat piknometer + aquadest} & = & 23,15 \text{ gr} \\
 \text{berat piknometer + susu standarisasi} & = & \left. \begin{array}{l} 1. 23,6 \text{ gr} \\ 2. 23,6 \text{ gr} \end{array} \right\} 23,6 \text{ gr}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{berat susu standarisasi} &= (\text{berat piknometer + susu standarisasi}) - \text{berat piknometer} \\
 &= 23,6 \text{ gr} - 12,9 \text{ gr} \\
 &= 10,7 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{berat aquadest} &= (\text{berat piknometer + aquadest}) - \text{berat piknometer} \\
 &= 23,15 - 12,9 \text{ gr} \\
 &= 10,25 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\rho_{ss} = \frac{m_{ss}}{m_{aq}} \cdot \rho_{aq}$$

dimana, ρ_{ss} = densitas susu standarisasi (kg/m^3)

m_{ss} = massa susu standarisasi

m_{aq} = massa standarisasi

ρ_{aq} = densitas aquadest (1000 kg/m^3)

$$\rho_{ss} = \frac{10,7}{10,25} \cdot 1,00$$

$$= 1,044 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi, densitas susu standarisasi = 1044 kg/m^3

Ukuran gelas : *Outside diameter* (OD) = 7,3 cm } bagian atas
Inside diameter (ID) = 6,5 cm }

Outside diameter (OD) = 4,3 cm → bagian bawah

Tinggi gelas = 10 cm

Kapasitas gelas = 230 ml

Berat gelas saat kosong = 5,5 gr

Berat 230 ml susu = $\rho \times v = 1044 \text{ kg/m}^3 \times 2,3 \cdot 10^{-4} \text{ L} = 0,24 \text{ kg}$

Berat saat penuh dan telah *disealing* = $0,24 + 5,5 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-4} = 0,25 \text{ kg}$

Ukuran keranjang plastik (gelas disusun bolak balik) :

Ukuran bagian luar (P x L x T) = 61 cm x 43 cm x 33 cm

Ukuran bagian dalam (P x L x T) = 58 cm x 39,5 cm x 32 cm

Pengaturan gelas (P x L x T) = 10 gelas x 7 gelas x 3 gelas

Kapasitas keranjang = 210 gelas

Berat 210 gelas @ 250 ml = $0,25 \times 210 = 52,50 \text{ kg}$

Berat keranjang saat kosong = 3 kg

Berat keranjang saat penuh = $52,50 + 3 = 55,50 \text{ kg}$

Keranjang yang dibutuhkan : 2.244 keranjang (untuk produk hari I dan II)

Digunakan pallet untuk menata keranjang plastik dalam *cold storage*.

Pallet : Ukuran (P x L x T) = 4,00 m x 2,50 m x 0,15 m

Pengaturan keranjang plastik (P x L x T) = 6 x 5 x 5 (keranjang)

Kapasitas 1 pallet = 150 keranjang

Palet yang dibutuhkan = 15 pallet (untuk 2.244 keranjang)

Menurut Wignjosoebroto (1996), lebar lintasan untuk jalan orang dan jarak pallet dengan dinding = 1,5 m. Pengaturannya adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Tata Letak Pallet dalam *Cold Storage*

Perhitungan luas *cold storage* :

$$\begin{aligned}
 L &= P \times L \\
 &= \{ (4 \times 5) + (1,5 \times 6) \} \times \{ (2,5 \times 3) + (1,5 \times 4) \} \\
 &= 29 \quad \times \quad 13,5 \\
 &= 391,5 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan memperhatikan hal tersebut di atas, maka :

- Ukuran *cold storage* (P x L x T) = 30 m x 13,50 m x 5 m
- Ruang kosong = 1 m x 13,50 m
- Ukuran pintu *cold storage* = 4 m x 4 m

Refrigerant yang digunakan : Amonia (NH₃ atau *Refrigerant* 717)

Jumlah pendingin yang dibutuhkan merupakan hasil penjumlahan dari beban pendingin untuk penyimpanan susu, untuk mengatur ruang kosong pada suhu yang dikehendaki, beban panas yang ditimbulkan lampu dan

motor, orang yang bekerja di *cold storage* dan yang diakibatkan oleh buka tutup pintu *cold storage*.

Untuk pemilihan refrigeran, dipilih amonia (NH_3) yang lebih dikenal dengan Refrigeran 717. Amonia banyak digunakan dalam industri. Amonia memiliki panas laten penguapan yang tinggi dibanding dengan refrigeran jenis yang lain sehingga jumlah kebutuhan refrigeran yang disirkulasikan tiap satuan waktu akan lebih sedikit. Amonia tidak korosif terhadap besi dan baja tetapi korosif terhadap tembaga, *brass*, dan *bronze*. amonia berbahaya terhadap membran mukosa dan mata sehingga adanya kebocoran dalam sistem pendinginan menjadi sangat berbahaya. Namun, kebocoran dalam sistem pendingin mudah diketahui melalui bau (Sutardi,1991).

Isolator yang digunakan : *stereofoam* (gabus)

$$K = 0,021 \text{ BTU / hr.ft.}^\circ\text{F} = 0,036 \text{ W / m.}^\circ\text{F} \text{ (Fellows, 1988)}$$

Dinding *cold storage* : bahan = batu bata

$$K = 0,69 \text{ W / m.}^\circ\text{F} \text{ (Fellows, 1988)}$$

$$\text{Tebal} = 16 \text{ cm}$$

Suhu lingkungan : 27°C

Suhu dalam *cold storage* : 2°C

Menurut Fellows (1988), idealnya besar W (*Heat transfer rate*) melalui dinding maksimal adalah sebesar 500 watt. Bila $w = 500$ watt, untuk dinding berukuran $(29 \times 5)\text{m}$:

$$T_1 - T_2 = -\frac{q}{A} \left[\frac{\Delta_{xB}}{K_B} + \frac{\Delta_{xC}}{K_C} \right]$$

$$2 - 27 = -\frac{500}{(29 \times 5)} \left[\frac{0,16}{0,69} + \frac{\Delta_{x_c}}{0,036} \right]$$

$$\Delta_{x_c} = 0,27 \text{ m}$$

Untuk dinding berukuran (13,5 x 5)m :

$$T_1 - T_2 = -\frac{q}{A} \left[\frac{\Delta_{x_B}}{K_B} + \frac{\Delta_{x_C}}{K_C} \right]$$

$$2 - 27 = -\frac{500}{(13,5 \times 5)} \left[\frac{0,16}{0,69} + \frac{\Delta_{x_c}}{0,036} \right]$$

$$\Delta_{x_c} = 0,11 \text{ m}$$

Bila tebal isolator tidak sama maka panas yang masuk ke dalam *cold storage* juga tidak sama. Oleh karena itu, disamaratakan tebalnya menjadi 27 cm agar panas yang masuk ke dalam *cold storage* sama. Maka *heat transfer rate* dalam *cold storage* sebesar :

$$2 - 27 = -\frac{W}{(29 \times 5)} \left[\frac{0,16}{0,69} + \frac{0,27}{0,036} \right]$$

$$W = 468,95 \text{ watt}$$

Jadi, tebal *stereof foam* sebagai isolator adalah 27 cm.

Luas bangunan *cold storage* secara keseluruhan (luas ruangan + tebal isolator + batu bata + semen) :

$$\text{Luas} = P \times L$$

$$= \{ 29 + (2 \times 0,27) \} + (2 \times 0,16) \} \times \{ 13,5 + (2 \times 0,27) \} + (2 \times 0,16) \}$$

$$= \qquad \qquad \qquad 29,86 \qquad \qquad \qquad \times \qquad \qquad \qquad 14,36$$

$$= 428,79 \text{ m}^2$$

A. Beban Pendingin untuk Penyimpanan Susu Pasteurisasi *Plain*

Beban pendingin untuk penyimpanan susu pasteurisasi : $H_{fs} = H_1 + H_2 + H_3$

Dimana,

H_{fs} = Beban panas yang diserap refrigeran untuk membekukan massa bahan pangan sampai dengan suhu penyimpanan dingin.

H_1 = Beban panas yang diserap refrigeran untuk menurunkan suhu bahan pangan dari suhu awal (t_1) sampai suhu bahan pangan membeku (t_f).

H_2 = Beban panas yang diserap refrigeran untuk mengubah bahan pangan yang cair pada titik bekunya menjadi padat.

H_3 = Beban panas refrigeran yang diperlukan untuk menurunkan suhu massa (W) dari suhu semula (t_f) sampai suhu penyimpanan (t_s).

Karena susu tidak dibekukan melainkan hanya didinginkan maka yang dihitung hanya H_3 yang berarti $H_{fs} = H_3$.

$$H_3 = S_s \times W \times (t_f - t_s) \quad (\text{Toledo, 1991})$$

dimana,

$$S_s = \text{panas spesifik bahan (Cp susu campuran)} = 0,87 \text{ BTU / lb}^\circ\text{F}$$

$$W = \text{berat bahan pangan (lb)}$$

$$= \Sigma \text{ gelas susu selama 2 hari} \times \text{volume gelas susu} \times \text{densitas susu standarisasi}$$

$$= 471.274 \text{ gelas} \times 0,23 \cdot 10^{-3} \text{ L} \times 1044 \text{ kg/m}^3 = 113.162,31 \text{ kg}$$

$$= 249.481,49 \text{ lb}$$

$$t_f = \text{suhu susu (}^\circ\text{F)} = 4^\circ\text{C} = 39,20^\circ\text{F}$$

$$t_s = \text{suhu penyimpanan (}^\circ\text{F)} = 2^\circ\text{C} = 35,60^\circ\text{F}$$

$$H_{fs} = H_3 = 0,87 \times 249481,49,40 \times (39,20 - 35,60) = 781.376,03 \text{ BTU}$$

Pendingin yang dibutuhkan untuk mendinginkan massa susu :

$$R_f = \frac{\text{kebutuhan (BTU)}}{288.000} = \frac{781.376,03}{288.000} = 2,71 \text{ ton}$$

B. Beban Pendingin untuk Mengatur Ruang Kosong pada Suhu yang Dikehendaki

$$H_c = \frac{K \times 24 \text{ Sa} \times (t_1 - t_2)}{I} \quad (\text{Toledo, 1991})$$

dimana,

H_c = Beban panas oleh refrigeran yang dihitung per 24 jam di dalam ruang penyimpanan dingin

K = konduktivitas panas dari bahan isolator

S_a = luas permukaan dinding luar dari ruang penyimpanan

t_1 = suhu di luar ruangan = $27^\circ\text{C} = 80,60^\circ\text{F}$

t_2 = suhu di dalam ruangan = $2^\circ\text{C} = 35,60^\circ\text{F}$

I = tebal bahan isolator (*inch*)

Isolator yang digunakan : *stereof foam* (gabus)

$$K = 0,021 \text{ BTU / hr.hf. } ^\circ\text{F} \quad (\text{Fellows, 1990})$$

$$I = 0,89 \text{ ft}$$

$$S_a = (2 \times P \times L) + (2 \times P \times T) + (2 \times L \times T)$$

$$= (2 \times 29 \times 13,5) + (2 \times 29 \times 5) + (2 \times 13,5 \times 5)$$

$$= 1.208 \text{ m}^2 = 13.003,23 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned}
 H_c &= \frac{K \times 24 \text{ Sa} \times (t_1 - t_2)}{I} \\
 &= \frac{0,021 \times 24 \times 13003,23 \times (80,60 - 35,60)}{0,89} \\
 &= 331.363,21 \text{ BTU} / 24 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Ton pendingin yang dibutuhkan :

$$R_c = \frac{\text{kebutuhan (BTU)}}{288.000} = \frac{331363,21}{288.000} = 1,15 \text{ ton}$$

C. Beban Pendingin yang Ditimbulkan Lampu dan Motor

$$\begin{aligned}
 H_e &= (3,42 \times \Sigma \text{ watt bola lampu menyala} \times \text{jam menyala}) + \\
 &\quad (2950 \times \Sigma \text{ PK motor} \times \text{jam berjalan}) \qquad \qquad \qquad (\text{Dossat, 1997})
 \end{aligned}$$

$$\text{Cold storage : } P = 29 \text{ m} \qquad ; \qquad L = 13,5 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = 29 \times 13,5 = 391,5 \text{ m}^2 = 4.214,21 \text{ ft}^2$$

Penerangan : digunakan lampu merkuri 250 watt

$$1 \text{ watt} = 40 \text{ lumen}$$

$$250 \text{ watt} = 10.000 \text{ lumen}$$

$$\text{foot candle untuk cold storage} = 15$$

$$\text{jumlah lampu yang diperlukan} = (4214,21 \times 15) \div 10.000$$

$$= 6,32 \approx 7 \text{ lampu}$$

$$\text{jumlah watt bola lampu menyala} = 7 \times 250 = 1.750 \text{ watt}$$

$$\text{lama jam lampu menyala} = 8 \text{ jam}$$

$$\text{motor} = 4 \text{ buah dengan kapasitas masing-masing } 5 \text{ PK}$$

$$\text{lama jam kerja motor} = 8 \text{ jam}$$

$$H_e = (3,42 \times 1750 \times 8) + (2950 \times 4 \times 5 \times 8) = 519.880 \text{ BTU/24 jam}$$

$$R_e = \frac{\text{kebutuhan (BTU)}}{288.000} = \frac{519880}{288.000} = 1,81 \text{ ton}$$

D. Beban Panas yang Ditimbulkan oleh Orang yang Bekerja di dalam *Cold Storage*

$$H_m = 1400 \times \Sigma \text{ orang} \times \text{jam kerja} \quad (\text{Dossat,1997})$$

dimana,

H_m = beban panas yang ditimbulkan orang yang bekerja di dalam *cold storage*.

Jumlah orang bekerja di dalam *cold storage* = 8 orang (6 orang bertugas membawa masuk keranjang plastik berisi produk susu pasteurisasi dan mengaturnya, 2 orang bertugas mengecek jumlah barang).

Lama jam kerja dalam *cold storage* :

- 8 jam untuk orang yang bertugas membawa masuk keranjang-keranjang plastik berisi produk susu dan mengatur barang, serta mengecek jumlah barang.

$$H_m = 1400 \times 8 \times 8 = 89.600 \text{ BTU / 24 jam}$$

$$R_m = \frac{\text{kebutuhan (BTU)}}{288.000} = \frac{89600}{288.000} = 0,31 \text{ ton}$$

E. Beban Panas yang Diakibatkan Buka Tutup Pintu

$$H_a = 2216 \times W \times (e)^{0,048 \times \Delta t} \times (h)^{1,71} \quad (\text{Toledo, 1991})$$

dimana,

H_a = beban panas yang diakibatkan buka tutup pintu *cold storage* oleh pekerja

H_a = beban panas yang diakibatkan buka tutup pintu *cold storage* oleh pekerja

R_a = ton pendingin yang dibutuhkan

W = lebar pintu *cold storage* = 4 m

h = tinggi pintu *cold storage* = 4 m

t_1 = suhu di luar ruangan *cold storage* = 27°C

t_2 = suhu di dalam ruangan *cold storage* = 2°C

$$\begin{aligned} H_a &= 2216 \times W \times (e)^{0,048 \times \Delta t} \times (h)^{1,71} \\ &= 2216 \times 4 \times (e)^{0,048 \times (27-2)} \times (4)^{1,71} \\ &= 318.162,55 \text{ W} = 318,16 \text{ kW} = 17.785,14 \text{ BTU / mnt} \end{aligned}$$

Asumsi : total buka tutup pintu = 3 jam / hari (jam distribusi adalah dari pukul 09.00 hingga 12.00 dan pada waktu tersebut pintu *cold storage* akan dibiarkan terbuka untuk mempermudah pengeluaran barang).

$$H_a = 17785,14 \times 3 \times 60 = 3.201.325,20 \text{ BTU / hari}$$

$$R_a = \frac{\text{kebutuhan (BTU)}}{288.000} = \frac{3201325,20}{288.000} = 11,12 \text{ ton}$$

Karena pintu barang masuk dibiarkan terbuka dengan hanya ditutup dengan kerai plastik maka harus diperhitungkan juga *air change load*.

Air change load : $\text{inside volume} \times \text{air change} \times 0,075 \times (h_o - h_i)$ (Dossat, 1997)

dimana : h_o = entalpi dari suhu di luar *cold storage* = 23,86 BTU / lb

(dari *psychrometric chart* pada suhu 27°C dan RH 50 %)

h_i = entalpi dari suhu di dalam *cold storage* = 1,50 BTU / lb

(dari *psychrometric chart* pada suhu 2°C dan RH 10 %)

Besar *air changes* diperoleh dari tabel 10.6A Dossat (1997) yaitu hasil interpolasi, karena volume *cold storage* adalah sebesar 69.120,76 ft³ sehingga diperoleh besar

air changes per 24 jam adalah 2,54; namun karena pada pintu diberi kerai plastik maka besar *air changes* harus dikalikan dengan 50 % dari nilai yang semula diperoleh dari tabel sehingga :

$$\text{Air changes} = 2,54 \times 50 \% = 1,27$$

$$\begin{aligned} \text{Air changes load} &= \text{inside volume} \times \text{air change} \times 0,075 \times (h_o - h_i) \\ &= 69120,76 \times 1,27 \times 0,075 \times (23,86 - 1,50) \\ &= 147.212,71 \text{ BTU / hari} \end{aligned}$$

$$R_{\text{air changes load}} = \frac{147212,71}{288000} = 0,51 \text{ ton}$$

$$R = R_a + R_{\text{air changes load}} = 11,12 + 0,51 = 11,63 \text{ ton}$$

Jadi, total pendingin yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_f + R_c + R_e + R_m + R \\ &= 2,71 + 1,15 + 1,81 + 0,31 + 11,63 \\ &= 17,61 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menurut Dossat (1997), perlu adanya tambahan *safety factor* sebesar 5-10 % terhadap total pendingin yang dibutuhkan. Digunakan *safety factor* sebesar 10 %.

$$\text{Sehingga total pendingin} = 17,61 + (17,61 \times 10\%) = 19,37 \text{ ton}$$

$$\text{Untuk amonia : } \text{Condensing temperature} = 35^\circ\text{C} = 95^\circ\text{F}$$

$$\text{Evaporating temperature} = -35^\circ\text{C} = -31^\circ\text{F}$$

$$\text{Tekanan pada } -31^\circ\text{F} = 13,52 \text{ Psi}$$

$$\text{Tekanan pada } 95^\circ\text{F} = 195,80 \text{ Psi}$$

$$\text{Specific heat ratio} = \gamma = 1,29$$

Dari diagram tekanan entalpi untuk amonia (Toledo,1991) diperoleh :

$$H_L = 140 \text{ BTU / lb, } H_{cv} = 600 \text{ BTU / lb, } H_{hv} = 780 \text{ BTU / lb}$$

$$\text{Refrigerant capacity} = H_{cv} - H_{hv} = 600 - 140 = 460 \text{ BTU / lb}$$

$$\text{Coefficient of Performance (COP)} = \frac{H_{CV} - H_L}{H_{hv} - H_{CV}} = \frac{600 - 140}{780 - 600} = 2,56$$

$$\frac{\text{HP}}{\text{ton}} = \frac{4,175}{\gamma \times \text{COP}} = \frac{4,175}{1,29 \times 2,56} = 1,43$$

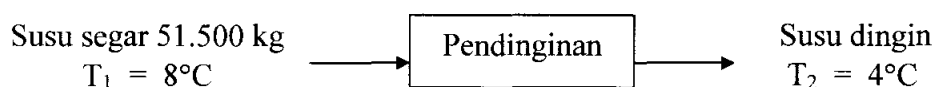
$$\begin{aligned} \text{Daya kompresi yang dibutuhkan} &= \text{ton refrigerant} \times 1,43 \\ &= 19,07 \times 1,43 = 27,27 \text{ HP} \\ &= 27,27 \times 745,70 \text{ watt} \\ &= 20.335,31 \text{ watt} = 20,36 \text{ kW} \end{aligned}$$

Menurut Desrosier (1988), perlu dibuat faktor tambahan sebesar 25 % untuk kompresor.

$$\text{Jadi, daya kompresor : } (20,36 \times 25\%) + 20,36 = 25,46 \text{ kW}$$

Lampiran 7. Perhitungan Air untuk *Plate Cooler*

Plate cooler berfungsi untuk mendinginkan susu yang setelah ditimbang menjadi bersuhu 4°C. Diperkirakan setelah penimbangan, susu menjadi bersuhu 8°C, untuk itu diperlukan pendinginan kembali agar susu mencapai suhu 4°C. Hal ini dimaksudkan agar susu tidak rusak sebelum dilakukan proses pengolahan.



Masuk

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi susu segar : } \Delta H_m &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 51.500 \text{ kg} \times 0,93 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (8 - 0)^\circ\text{C} \\
 &= 383.160 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Keluar

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpi susu panas : } \Delta H_k &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 51.500 \text{ kg} \times 0,93 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (4 - 0)^\circ\text{C} \\
 &= 191.580 \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Diasumsikan panas yang diserap oleh air dingin = Q kkal

Panas yang masuk = Panas yang keluar

$$383.160 = 191.580 + Q$$

$$Q = 191.580 \text{ kkal}$$

Jadi, air panas yang diserap air dingin = 191.580 kkal

Jumlah air dingin yang dibutuhkan :

$$191.580 = m \times C_p \times \Delta T$$

$$191.580 = m \times 1 \text{ kkal / kg}^\circ\text{C} \times (8 - 4)^\circ\text{C}$$

$$m = 47.895 \text{ kg}$$

Lampiran 8. Perkiraan Luas Pabrik

1. Luas gudang bahan tambahan

a. Luas gudang penyimpanan untuk AMF

Kebutuhan AMF perhari = 295,85 kg

Kebutuhan AMF tiap bulannya = 7.396,25 kg

AMF dikemas dalam karung plastik ukuran 100 kg

Jadi, jumlah AMF di gudang = $(7.396,25 : 100) = 74$ karung

Ukuran karung = $(1 \times 0,5)$ m

AMF ditata secara bertumpuk di atas palet yang tiap tumpukan terbagi menjadi 4 tumpukan. Ukuran palet = $(4,0 \times 2,5 \times 0,15)$ m. Untuk 1 palet dapat menampung 80 karung, sehingga hanya diperlukan 1 palet.

Diperhitungkan juga jarak dari tumpukan ke pintu gudang ± 1 meter.

Sehingga luas gudang yang diperlukan untuk menyimpan AMF secara keseluruhan per bulan adalah :

$$(4 \times 2,5) \times (1 \times 2,5) = 12,5 \text{ m}^2$$

b. Luas gudang untuk penyimpanan susu skim

Kebutuhan susu skim per hari = 5.080,86 kg

Kebutuhan skim tiap bulannya = 127.021,50 kg

Susu skim tersebut dikemas dalam karung plastik ukuran 100 kg

Jadi, jumlah susu skim di gudang = $(127.021,50 : 100) = 1.271$ karung

Ukuran karung = $(1 \times 0,5)$ m

SMP ditata secara bertumpuk di atas palet yang tiap tumpukan terbagi menjadi 15 tumpukan. Ukuran palet = (4,0 x 2,5 x 0,15) m. Untuk 1 palet dapat menampung 300 karung, sehingga diperlukan 4 palet.

Diperhitungkan juga jarak dari tumpukan ke pintu gudang \pm 1 meter. Sehingga luas gudang yang diperlukan untuk menyimpan SMP secara keseluruhan per bulan adalah :

$$(8 \times 5) \times (1 \times 5) = 45 \text{ m}^2$$

2. Luas untuk proses produksi susu pasteurisasi *plain*

Penentuan luas untuk ruang produksi tergantung dari jumlah dan ukuran-ukuran mesin dan peralatan yang ada di dalamnya.

a. Luas untuk *Milk Reception Scale*

Diasumsikan berbentuk kubus dengan ukuran 3m x 3m

Maka, luasnya adalah 9 m²

Diperhitungkan luas area timbangan 0,50 m²

Jadi, luas keseluruhannya = (9 + 0,50)m² = 9,50 m² \approx 9,50 m²

b. Luas untuk *Milk Reception Tank*

Diketahui diameter = 2,92 m

Luas untuk 1 tangki = $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} (3,14) (2,92)^2 = 6,70 \text{ m}^2$

Luas area untuk tangki 0,50 m²

Jadi, luas keseluruhan = 13,40 + 0,50 = 13,90 m² \approx 14 m²

c. Luas untuk *Plate Cooler*

Diasumsikan berbentuk kubus dengan ukuran 6m x 2,5m x 3m

Maka, luasnya adalah 15 m^2

Diperhitungkan luas untuk area *plate cooler* $0,50 \text{ m}^2$

Jadi, luas keseluruhannya = $(15 + 0,50) \text{ m}^2 = 15,50 \text{ m}^2$

d. Luas untuk *Storage Tank*

Diketahui diameter = $2,92 \text{ m}$

Luas untuk 1 tangki = $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} (3,14) (2,92)^2 = 6,70 \text{ m}^2$

Luas area untuk tangki $0,50 \text{ m}^2$

Jadi, luas keseluruhan = $6,70 + 0,50 = 7,20 \text{ m}^2 \approx 7,50 \text{ m}^2$

e. Luas untuk *Mixing Tank*

Diketahui diameter = $1,70 \text{ m}$

Luas untuk 1 tangki = $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} (3,14) (1,70)^2 = 2,27 \text{ m}^2$

Luas area untuk tangki $0,50 \text{ m}^2$

Jadi, luas keseluruhan = $2,27 + 0,50 = 2,77 \text{ m}^2 \approx 3 \text{ m}^2$

f. Luas untuk *Preheater*

Diketahui diameter = $1,20 \text{ m}$

Luas *preheater* = $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} (3,14) (1,20)^2 = 1,13 \text{ m}^2$

Panjang *preheater* = $5,04 \text{ m}$, sehingga luasnya = $1 \times 5,04 = 5,04 \text{ m}^2$

Luas area untuk *preheater* = $0,50 \text{ m}^2$

Jadi, luas keseluruhan = $1,13 + 5,04 + 0,50 = 6,67 \text{ m}^2 \approx 7 \text{ m}^2$

g. Luas untuk Filter

Diasumsikan berbentuk kubus dengan ukuran $2,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m}$

Maka, luasnya adalah $2,64 \text{ m}^2$

Luas area *filter* $0,50 \text{ m}^2$



Jadi, luas keseluruhannya = $(2,64 + 0,50) \text{ m}^2 = 3,14 \text{ m}^2 \approx 3,50 \text{ m}^2$

h. Luas untuk *Balance Tank*

Diketahui diameter = 2,92 m

$$\text{Luas preheater} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} (3,14) (2,92)^2 = 6,70 \text{ m}^2$$

Luas area tangki 0,50 m²

Jadi, luas keseluruhan = $6,70 + 0,50 = 7,20 \text{ m}^2 \approx 7,50 \text{ m}^2$

i. Luas untuk *Homogenizer*

Diasumsikan berbentuk kubus dengan ukuran $p = l = t$

Kapasitas = 5.000 L/jam

$$V = p \times l \times t$$

$$5000 \text{ m}^3 = p^3$$

$$p = 1,71 \text{ m}$$

Luas area untuk *homogenizer* 0,50 m²

Jadi, luas = $(1,71 \times 1,71) \text{ m} = 2,92 \text{ m}^2 + 0,50 \text{ m}^2 = 3,42 \approx 3,50 \text{ m}^2$

j. Luas untuk *Plate Heat Exchanger*

Diasumsikan berbentuk kubus dengan ukuran $p = l = t$

Kapasitas = 6.000 L/jam

$$V = p \times l \times t$$

$$6000 \text{ m}^3 = p^3$$

$$p = 1,82 \text{ m}$$

Luas area untuk PHE = 0,50 m²

Jadi, luas keseluruhan = $(1,82 \times 1,82) \text{ m} = 3,31 \text{ m}^2 + 0,50 \text{ m}^2$
 $= 3,81 \text{ m}^2 \approx 4 \text{ m}^2$

k. Luas untuk *Holding Tube*

Diasumsikan bentuk *holding tube* sama dengan bentuk *homogenizer*, sehingga memerlukan luasan yang sama yaitu sebesar $3,50 \text{ m}^2$.

l. Luas untuk *Flow Diversion Valve*

Diasumsikan bentuk FDV sama dengan bentuk *homogenizer*, sehingga memerlukan luasan yang sama yaitu sebesar $3,50 \text{ m}^2$.

m. Luas untuk *Storage Vat*

Diketahui diameter = $2,92 \text{ m}$

$$\text{Luas storage vat} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} (3,14) (2,92)^2 = 6,70 \text{ m}^2$$

Luas area *storage vat* $0,50 \text{ m}^2$

$$\text{Jadi, luas keseluruhan} = 6,70 + 0,50 = 7,20 \text{ m}^2 \approx 7,50 \text{ m}^2$$

n. Luas untuk *Filling Cup Machine*

Diasumsikan berbentuk kubus dengan ukuran $6,20\text{m} \times 1,15\text{m}$

Maka, luasnya adalah $7,13 \text{ m}^2$

Diperhitungkan luas area $0,50 \text{ m}^2$

$$\text{Jadi, luas keseluruhannya} = (7,13 + 0,50) \text{ m}^2 = 8,63 \text{ m}^2 \approx 9 \text{ m}^2$$

3. Luas gudang bahan pengemas

Kebutuhan gelas plastik perhari = 235.637 gelas

Kebutuhan gelas plastik tiap bulannya = $5.890.925$ gelas

Gelas plastik dikemas dalam karung plastik ukuran $(1 \times 0,5)\text{m}$ yang berisi 500 gelas. Jadi, terdapat 12 karung.

Gelas plastik ditata secara bertumpuk di atas palet yang tiap tumpukan terbagi menjadi 6 tumpukan. Ukuran palet = (4,0 x 2,5 x 0,15) m. Untuk 1 palet dapat menampung 12 karung, sehingga hanya diperlukan 2 palet.

Diperhitungkan juga jarak dari tumpukan ke pintu gudang ± 1 meter.

Sehingga luas gudang yang diperlukan untuk menyimpan gelas plastik secara keseluruhan per bulan adalah :

$$(4 \times 2,5) \times (2 \times 2,5) = 12,5 \text{ m}^2$$

Lampiran 9. Penentuan Harga Mesin dan Peralatan

Tabel 1. Daftar Harga Mesin dan Peralatan

No.	Nama alat	Harga satuan (Rp)	Jumlah	Total (Rp)
1.	<i>Milk reception scale</i>	17.739.000,00	1	17.739.000,00
2.	<i>Milk reception tank</i>	323.348.000,00	1	323.348.000,00
3.	<i>Plate cooler</i>	93.675.000,00	1	93.675.000,00
4.	<i>Storage tank</i>	393.378.000,00	2	786.756.000,00
5.	<i>Mixing tank</i>	243.266.336,60	1	243.266.336,60
6.	<i>Preheater</i>	18.842.120,00	1	18.842.120,00
7.	<i>Filter</i>	112.650.263,60	1	112.650.263,60
8.	<i>Balance tank</i>	267.706.546,40	1	267.706.546,40
9.	<i>Plate heat exchanger</i>	110.442.120,00	1	110.442.120,00
10.	<i>Homogenizer</i>	70.000.000,00	1	70.000.000,00
11.	<i>Holding tube</i>	12.439.280,00	1	12.439.280,00
12.	<i>Flow diversion valve</i>	15.150.640,00	1	15.150.640,00
13.	<i>Storage vat</i>	287.459.394,80	1	287.459.394,80
14.	Pompa sentrifugal	20.777.625,00	8	166.221.000,00
15.	Pompa sumur bor	4.894.646,00	1	4.894.646,00
16.	<i>Filling gelas machine</i>	200.679.570,00	2	401.359.140,00
17.	<i>Ice bank</i>	138.798.000,00	1	138.798.000,00
18.	Generator	291.525.000,00	1	291.525.000,00
19.	Boiler	117.470.954,40	1	117.470.954,40
20.	Keranjang plastik	34.400,00	2.244	77.193.600,00
21.	Pallet	55.000,00	23	1.265.000,00
22.	Tandon air	11.638.500,00	1	11.638.500,00
23.	Pemadam kebakaran	200.000,00	12	2.400.000,00
24.	Peralatan kantor			260.958.000,00
25.	Peralatan laboratorium			285.030.556,80
26.	Mobil dinas	125.000.000,00	2	250.000.000,00
27.	Truck susu	200.000.000,00	5	1.000.000.000,00
Total				5.368.249.098,60

Tabel 2. Perincian Harga Peralatan Kantor serta Sarana dan Prasarana

No.	Jenis Barang	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	Komputer Pentium 4	20	4.500.000	90.000.000
2.	Printer (kecil)	4	500.000	2.000.000
3.	Printer (besar)	2	850.000	1.700.000
4.	Laptop Pentium 4	2	12.00.000	24.000.000
5.	Meja kerja	9	2.000.000	18.000.000
6.	Meja tulis	21	300.000	6.300.000
7.	Kursi kantor	22	100.000	2.200.000
8.	Kursi lipat	40	70.000	2.800.000
9.	Meja dan kursi rapat	1 set	2.820.000	2.820.000
10.	Brankas	2	250.000	500.000
11.	Telepon dan interkom	10	300.000	3.000.000
12.	Mesin fax	5	800.000	4.000.000
13.	Mesin foto copy	2	10.150.000	20.300.000
14.	<i>Air conditioner</i>	15	2.500.000	37.500.000
15.	<i>Over Head Projector</i>	1	1.300.000	1.300.000
16.	<i>LCD Projector</i>	1	9.948.000	9.948.000
17.	Layar	2	1.200.000	2.400.000
18.	<i>White board</i>	8	150.000	1.200.000
19.	Mesin absensi	2	1.750.000	3.500.000
20.	Sofa	1 set	1.500.000	1.500.000
21.	<i>Meja receptionist</i>	1	2.000.000	2.000.000
22.	Lemari	6	800.000	4.800.000
23.	<i>File cabinet 4 laci</i>	5	629.000	3.145.000
24.	Lampu merkuri 250 watt	21	500.000	10.500.000
25.	Lampu TL 100 watt	31	75.000	2.325.000
26.	Lampu TL 40 watt	62	35.000	2.170.000
27.	Lampu TL 30 watt	2	25.000	50.000
28.	Kebutuhan lain		1.000.000	1.000.000
Total				260.958.000

Tabel 3. Perincian Harga Peralatan Laboratorium

No.	Jenis Barang	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	pH meter	2	4.195.280,00	8.390.560,00
2.	Beaker glass 1.000 ml	6	45.000,00	270.000,00
3.	Beaker glass 250 ml	10	16.000,00	160.000,00
4.	Beaker glass 100 ml	10	13.500,00	135.000,00
5.	Erlenmeyer 250 ml	10	17.000,00	170.000,00
6.	Labu takar 100 ml	3	48.200,00	144.600,00
7.	Labu takar 50 ml	3	44.550,00	133.650,00
8.	Pipet tetes	30	250,00	7.500,00
9.	Pipet volume 1 ml	10	12.500,00	120.000,00
10.	Pipet volume 10 ml	15	22.500,00	337.500,00
11.	Pengaduk kaca	5	2.000,00	10.000,00
12.	Gelas ukur 100 ml	3	21.000,00	63.000,00
13.	Gelas ukur 25 ml	3	16.500,00	49.500,00
14.	Gelas ukur 10 ml	3	14.750,00	44.250,00
15.	Buret 50 ml + Statif	4	200.000,00	800.000,00
16.	Lemari asam	1	26.518.200,00	26.518.200,00
17.	Lemari aseptis	1	34.762.200,00	34.762.200,00
18.	Sentrifuse gerber	1	3.247.036,80	3.247.036,80
19.	Oven	2	7.000.000,00	14.000.000,00
20.	Inkubator	2	40.000.000,00	80.000.000,00
21.	Hidrometer	1	128.240,00	128.240,00
22.	Thermometer	6	7.000,00	42.000,00
23.	Timbangan analitis	2	18.045.200,00	36.090.400,00
24.	Corong	6	15.750,00	94.500,00
25.	Cawan petri	100	12.000,00	1.200.000,00
26.	Tabung reaksi	100	1.500,00	1.500.000,00
27.	Rak tabung reaksi (isi 12 tabung)	6	3.500,00	21.000,00
28.	Korok tabung reaksi	3	1.000,00	3.000,00
29.	Mikroskop monokuler	3	5.000.000,00	15.000.000,00
30.	<i>Autoclave electric</i>	2	12.429.204,00	24.858.408,00
31.	Cawan porselen (medium)	3	9.000,00	27.000,00
32.	Waterbath	2	12.549.200,00	25.098.400,00
33.	Desikator	2	1.000.000,00	1.400.000,00
34.	Refrigerator	2	2.000.000,00	2.000.000,00
35.	Lactometer	2	415.406,00	830.812,00
36.	Timbangan digital	2	2.702.200,00	5.404.400,00
37.	Refractometer	1	1.969.400,00	1.969.400,00
Total				285.370.210,80

Lampiran 10. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

Luas tanah	= 2.588,75 m ²
Luas bangunan pabrik	= 619,10 m ²
Luas bangunan lain (gudang, utilitas, dll)	= 1.969,65 m ²
Harga tanah	= Rp 350.000,00 / m ²
Harga bangunan pabrik	= Rp 900.000,00 / m ²
Harga bangunan lain	= Rp 750.000,00 / m ²

Sehingga didapat :

Harga tanah	= 2.588,75 m ² x Rp 300.000,00 = Rp 776.625.000,00
Harga bangunan pabrik	= 619,10 m ² x Rp 900.000,00 = Rp 557.190.000,00
Harga bangunan lain	= 1.969,65 m ² x Rp 800.000,00 = Rp1.575.720.000,00
Total Keseluruhan	= Rp 2.909.535.000,00

Lampiran 11. Perhitungan Harga Bahan Baku dan Biaya Pengemas serta Perlengkapannya

1. Harga Bahan Baku

- Susu Sapi Segar

Harga per liter Rp 1.700,-

Kebutuhan per hari : 50.000 liter

Biaya per hari Rp 85.000.000,-

Biaya per tahun : 300 hari x Rp 85.000.000,- = Rp 25.500.000.000,-

- Susu Skim

Harga per kg Rp 10.800,-

Kebutuhan per hari : 5.080,86 kg

Biaya per hari Rp 54.873.288,-

Biaya per tahun : 300 hari x Rp 54.873.288,- = Rp 16.461.986.400,-

- AMF

Harga per kg Rp 14.625,-

Kebutuhan per hari : 295,85 kg

Biaya per hari Rp 4.326.806,25,-

Biaya per tahun : 300 hari x Rp 4.326.806,25,- = Rp 1.298.041.875,-

Total Rp 43.260.028.275,-

2. Biaya Bahan Pengemas dan Perlengkapannya

- Pengemas Gelas Plastik @ 250 mL

Harga per gelas Rp 85,-

Kebutuhan per hari : 235.637 gelas

Biaya per hari Rp 20.029.145,00

Biaya per tahun : 300 hari x Rp 20.029.145,00 = Rp 6.008.743.500,00

- Lid Film

Harga per rol (untuk ± 4.500 gelas) Rp 76.000,00

Kebutuhan per hari : 53 rol (untuk 235.637 gelas)

Biaya per hari Rp 4.028.000,00

Biaya per tahun : 300 hari x Rp 4.028.000,00 = Rp 1.208.400.000,00

- *Straw*

Harga per buah Rp 2,50

Kebutuhan per hari : 235.637 *straw*

Biaya per hari Rp 589.092,50,00

Biaya per tahun : 300 hari x Rp 589.092,50,00 = Rp 176.727.750,00

Total	Rp 7.393.871.250,00
-------	---------------------

Jadi, total biaya bahan baku dan bahan pengemas serta perlengkapannya per tahun sebesar : Rp 50.653.899.525,00

Lampiran 13. Perhitungan Biaya Utilitas

1. Air

Kebutuhan air per hari : 125,97 m³

Kebutuhan air per bulan : 3.779,10 m³

Harga air PDAM progresif : 1 – 10 m³ = Rp 3.700,00 / m³

11 – 20 m³ = Rp 2.850,00 / m³

> 21 – m³ = Rp 547,75 / m³

Perhitungan harga air PDAM per tahun :

- Biaya Progresif per Bulan

1 – 10 m³ = Rp 3.700,00 / m³ = Rp 37.000,00

11 – 20 m³ = Rp 2.850,00 / m³ = Rp 57.000,00

21 – 3.779,10 m³ = Rp 547,75 / m³ = Rp 2.058.499,28

Rp 2.152.499,28

biaya progresif + biaya retribusi + biaya materai

(2.152.499,28 x 12 bln)+(25.000 x 12 bln)+(3.000 x 12 bln) = Rp 26.165.991,36

Harga air PDAM per tahun = Rp 26.165.991,36

2. Listrik

Pemakaian listrik per hari 303 kW

Pemakaian listrik per bulan 9090 kW

Batas Daya diatas 200 kVA 450,00 kVA

Biaya beban listrik per bulan per kVA = Rp 31.300,00

Biaya beban listrik LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) dan WBP (Waktu

Beban Puncak), pemakaian lebih dari 350 jam nyala : Rp 439,00

Biaya beban listrik WBP (Waktu Beban Puncak), pemakaian kurang dari 350

jam nyala : $K \times \text{Rp } 439,00$

Keterangan : K = Faktor pembandingan antara harga WBP dan LWBP yang

ditetapkan oleh Direksi PERSERO PT. PLN Jatim = 1,4

Perhitungan biaya listrik per bulan :

Biaya Beban	$450 / 1000 \times \text{Rp } 31.300,00 = \text{Rp}$	14.085,00
Biaya 0-30 kWh	$30 \text{ kWh} \times 1,4 \times \text{Rp } 439,00 = \text{Rp}$	18.438,00
Biaya 30-9090 kWh	$906000 \text{ kWh} \times \text{Rp } 439,00 = \text{Rp}$	<u>397.734.000,00</u>
		<u>Rp 397.766.523,00</u>
Potongan (khusus tarif bisnis dan industri) 2,5 %	<u>Rp</u>	<u>9.944.163,08</u>
		<u>Rp 387.822.360,08</u>
Biaya listrik per tahun		= Rp 4.653.868.320,96

3. Bahan Bakar

Kebutuhan per hari untuk boiler : 16,08 liter

untuk generator : 1.318,58 liter

Harga bahan bakar untuk industri per liter Rp 2.300,00

Biaya bahan bakar per bulan :

- Untuk Boiler : $\text{Rp } 2.300,00 \times 20 \text{ hari} \times 16,08 \text{ L} = \text{Rp } 739.680,00$
 - Untuk Generator : $\text{Rp } 2.300,00 \times 3 \text{ hari} \times 1318,58 \text{ L} = \text{Rp } 9.098.202,00$
- Total Rp 9.837.882,00

Biaya bahan bakar per tahun: $\text{Rp } 9.837.882,00 \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 118.054.584,00$

Jadi, total biaya utilitas per tahun :

$\text{Rp } 26.165.991,36 + \text{Rp } 4.653.868.320,96 + \text{Rp } 118.054.584,00$

= Rp 4.798.088.896,32

Lampiran 14. Perhitungan Gaji Karyawan

Tabel 1. Rincian Gaji Karyawan

No.	Jabatan	Jumlah	Gaji /orang / bulan (Rp)	Total (Rp)
1.	General Manager	1	10.000.000	10.000.000
2.	Sekretaris	1	2.000.000	2.000.000
3.	<i>Finance and Accounting</i> Manager	1	5.000.000	5.000.000
4.	Plant Manager	1	5.000.000	5.000.000
5.	Marketing Manager	1	5.000.000	5.000.000
6.	<i>Quality Control</i> Manager	1	5.000.000	5.000.000
7.	Inventory Manager	1	5.000.000	5.000.000
8.	Staf <i>Accounting and Finance</i>	2	3.500.000	7.000.000
9.	Staf Administrasi	1	3.500.000	3.500.000
10.	Staf Engineering	2	3.500.000	7.000.000
11.	Staf <i>Waste and Water Treatment</i>	1	3.500.000	3.500.000
12.	Staf Produksi	2	3.500.000	7.000.000
13.	Staf Marketing	2	3.500.000	7.000.000
14.	Staf Laboratorium Mikro	2	3.500.000	7.000.000
15.	Staf Laboratorium Fis-Kim	2	3.500.000	7.000.000
16.	Staf <i>Research and Development</i>	2	3.500.000	7.000.000
17.	Staf <i>Warehouse and Purchase</i>	1	3.500.000	3.500.000
18.	Staf <i>General and Security</i>	1	3.500.000	3.500.000
19.	Karyawan Laboratorium Mikrobiologi	2	700.000	1.400.000
20.	Karyawan Laboratorium Fisika-Kimia	2	700.000	1.400.000
21.	Karyawan R & D	2	700.000	1.400.000
22.	Karyawan Pemasaran	3	700.000	2.100.000
23.	Karyawan Proses	6	600.000	3.600.000
24.	Karyawan <i>Filling</i>	6	600.000	3.600.000
25.	Karyawan <i>Cold Storage</i>	12	600.000	7.200.000
26.	Karyawan <i>Engineering</i>	2	600.000	1.200.000
27.	Karyawan Pengawasan Limbah	2	600.000	1.200.000
28.	Karyawan Gudang	6	550.000	3.300.000
29.	Karyawan Kantin	4	550.000	2.200.000
30.	Satpam	4	550.000	2.200.000
31.	Petugas Kebersihan	8	550.000	4.800.000
32.	Sopir	2	550.000	1.100.000
		86		126.700.000

Jadi, gaji karyawan per tahun = Rp 126.700.000,00 x 12 bulan

= Rp 1.520.400.000,00

Lampiran 15. Perhitungan Biaya Laboratorium

A. Laboratorium Fisika Kimia

1. Uji Alkohol

Dilakukan pada saat penerimaan susu segar dan pada produk akhir.

Digunakan : tabung reaksi dan alkohol 72 % dan 90 %.

Rasio alkohol 72 % dan susu segar = 1 : 1

Rasio alkohol 72 % dan susu segar = 2 : 1

Rasio alkohol 90 % dan susu segar = 1 : 1

Masing-masing pengujian dilakukan duplo untuk susu segar maupun untuk produk akhir.

Pemakaian 1 hari = 48 ml (@ 3 ml untuk 1 kali pengujian)

Pemakaian per tahun : 48 ml x 300 hari = 14.400 ml = 14,5 L

Harga 1 liter alkohol : Rp 7.000,00

Biaya per tahun : 14,5 x Rp 7.000 = Rp 101.500,00

2. Uji Kadar Lemak

Dilakukan pada saat penerimaan susu segar dan pada produk akhir.

Pengujian dilakukan 3 kali pengulangan. Untuk 1 kali pengujian dibutuhkan 10 ml asam sulfat 91 % dan 1 ml isoamilalkohol.

Kebutuhan perhari : 30 ml asam sulfat 91 % dan 3 ml isoamilalkohol.

Kebutuhan per tahun : 30 ml x 300 hari = 9.000 ml = 9 L

3 ml x 300 hari = 900 ml = 1 L

Biaya per tahun : (9 L x Rp 38.400) + (1 L x Rp 10.000)

= Rp 355.600,00

Media PCA yang dibutuhkan per hari : 7 (cawan petri) x 10 ml = 70 ml

$$\frac{70}{1000} \times 17,5 = 1,225 \text{ gr PCA}$$

Media BP yang dibutuhkan per hari : 4 (tabung reaksi) x 9 ml = 36 ml

$$\frac{36}{1000} \times 38,5 = 1,39 \text{ gr BP}$$

Harga media PCA per gr Rp 1.500,00

Harga media BP per gr Rp 1.000,00

Biaya pembelian media PCA per tahun :

$$1,225 \text{ gr} \times 300 \text{ hari} \times \text{Rp } 1.500,00 = \text{Rp } 551.250,00$$

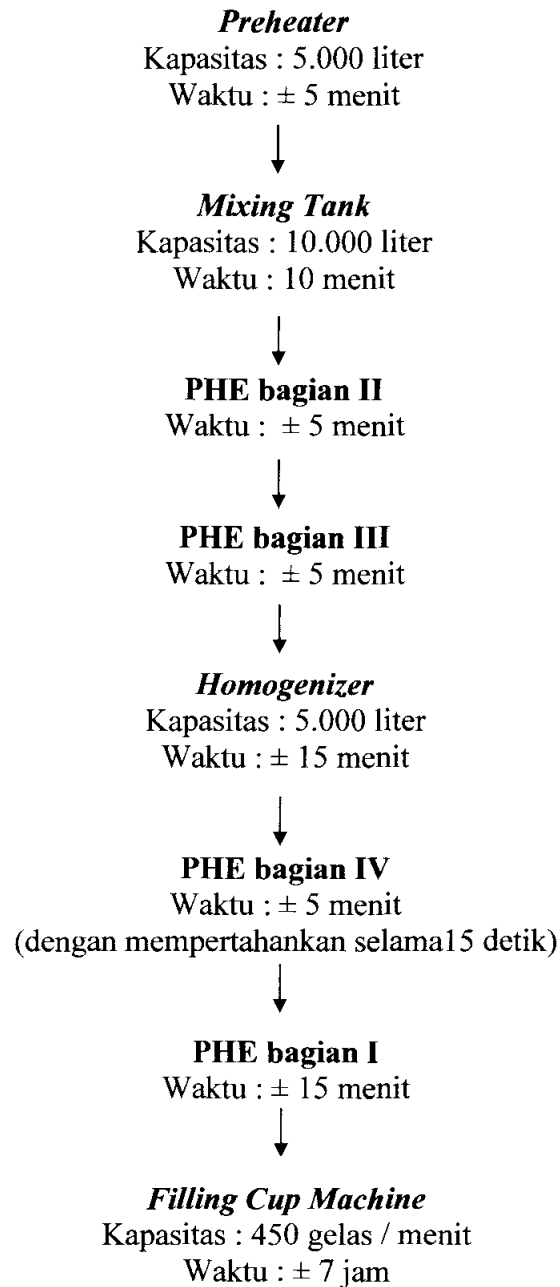
Biaya pembelian media BPW per tahun :

$$1,39 \text{ gr} \times 300 \text{ hari} \times \text{Rp } 1.000,00 = \underline{\text{Rp } 417.000,00}$$

Total Rp 968.250,00

Jadi, total keseluruhan biaya laboratorium sebesar : Rp 2.758.100,00 per tahun

Lampiran 16. Proses Susu Pasteurisasi *Plain* berdasarkan Alat dan Waktu yang Diperlukan



Lampiran 17. Perhitungan Suhu Alat PHE Pada Saat Pasteurisasi

$$\text{Panas yang disuplai steam} = 1.314.541,44 \text{ kkal}$$

$$\text{Panas yang hilang} = 65.727,07 \text{ kkal}$$

$$\text{Panas yang diserap (q)} = 1.248.814,37 \text{ kkal}$$

$$T_{\text{plat}} = \dots ?$$

$$T_{\text{susu}} = 72^{\circ}\text{C}$$

$$R_{\text{steam}} = 0,0762 \text{ m}$$

$$R_{\text{produk}} = 0,0127 \text{ m}$$

$$L(\text{plat}) = 552,13 \text{ m}$$

$$k = 43 \text{ W/m}^{\circ}\text{C (Singh and Heldman, 1984)}$$

$$q = \frac{2\pi \times L \times k (T_{\text{plat}} - T_{\text{susu}})}{\ln(R_{\text{steam}} / R_{\text{produk}})}$$

$$1248814,37 = \frac{2\pi \times 552,13 \times 43 (T_{\text{plat}} - 72)}{\ln(0,0762 / 0,0127)}$$

$$T_{\text{plat}} = 15 + 72$$

$$T_{\text{plat}} = 87^{\circ}\text{C}$$

