

LAMPIRAN I
PERHITUNGAN NERACA MASSA

Perhitungan Bahan yang Diperlukan untuk Memproduksi 1000 kg produk Wafer *Stick*/Hari:

Tabel I.1. Bahan Penyusun Adonan Opak Wafer

Formulasi Opak Wafer <i>Stick</i>	% Bahan
Terigu	30
Tapioka	10
Air	54
Minyak nabati	0,8
Coklat bubuk	4,72
Vanili bubuk	0,03
Lesitin	0,13
Garam	0,32

Tabel I.2. Komposisi Kimia Bahan Penyusun Adonan Opak Wafer

Formulasi Opak Wafer <i>Stick</i>	% KH	% Protein	% Lemak	% Abu	% Air
Terigu	77,20	9,00	1,00	1,00	11,80
Tapioka	88,20	1,10	0,50	1,10	9,10
Air	0	0	0	0	100,00
Minyak nabati	0	0	100,00	0	0
Coklat bubuk	48,90	8,00	23,80	15,40	3,90
Vanili bubuk*	10,00	0,90	0,90	0	0
Lesitin	0	0	95,00	0	1,00
Garam**	0	0	0	99,80	0,20

Sumber : Tabel Komposisi Pangan Indonesia (2009)

* = USDA National Nutrient data base

** = Annecollins (2008)

- ✓ Kapasitas produksi/ hari sebesar 1000 kg wafer *stick*
- ✓ Ukuran yang direncanakan = diameter 8 mm, panjang 10 cm
- ✓ Asumsi berat per 1 wafer *stick* = 7 gram

- ✓ wafer *stick* yang dihasilkan =
= $1000000 \text{ g} / 7\text{g} = 142857$ wafer *stick* per hari.
- ✓ Perbandingan adonan opak : adonan wafer = 2 : 1

Jumlah air yang ada pada bahan penyusun opak wafer =

$$= (30\% \times 11,8) + (10\% \times 9,10) + (54\% \times 100) + (0,8\% \times 0) + (4,72\% \times 3,90) \\ + (0,03\% \times 0) + (0,13\% \times 1) + (0,32\% \times 0,20) \\ = 3,54 + 0,91 + 54 + 0 + 0,19 + 0 + 0 + 0 \\ = 58,64\%$$

Jumlah total solid =
= $(100 - 58,64) \% = 41,36\%$

Kadar air opak wafer setelah pemanggangan dan pendinginan adalah 2% (Rosenthal, 1999), diasumsikan kadar air opak setelah pemanggangan adalah 2,50%. Sementara itu, kadar air biskuit, termasuk wafer pasta maksimal 5% (Badan Standarisasi Nasional, 1992).

Massa adonan opak awal = 1575,68 kg

Jumlah air yang tersisa selama pemanggangan diasumsikan 2.50%

1. Jumlah padatan akhir = $100 - 2,50 = 97,50\%$
2. Jumlah padatan awal = $100 - 58,64 = 41,36 \%$
3. Massa padatan awal = massa padatan akhir
= $41,36 / 100 \times 1575,68 \text{ kg} = 651,70 \text{ kg}$
- a. Massa air awal
= $58,64 / 100 \times 1575,68 \text{ kg} = 923,98 \text{ kg}$
4. Massa opak akhir
= $100/97,50 \times 651,70 \text{ kg} = 668,41 \text{ kg}$
5. Jumlah air akhir
= $668,41 \text{ kg} \times 2,50\% = 1671 \text{ kg}$

6. Jumlah air yang teruapkan selama pemanggangan
- $$= \frac{(923,98 - 16,71)}{1575,68} \times 100\% = 57,58\%$$
7. Asumsi *loss* selama proses pengolahan
- Persentase *loss* yang terjadi selama proses:
 - ✓ *Loss* adonan opak saat pencampuran: 0,01% (dari berat adonan opak) → asumsi ini didasarkan pada saat proses pencampuran adonan opak wafer tidak semuanya dapat diambil dari tangki pencampuran, karena masih ada yang menempel pada tangki pencampur, serta pada pengaduk yang digunakan.
 - ✓ *Loss* adonan pasta saat pencampuran: 0,01% (dari berat pasta) → sama halnya dengan pada saat pencampuran adonan opak wafer, pada saat pencampuran adonan pasta ada kemungkinan masih ada pasta tertinggal di alat, sehingga tidak semuanya dapat digunakan.
 - ✓ *Loss* opak saat pencetakan dan pemanggangan: 0,015% (dari berat adonan opak+pasta) → pada saat proses pemanggangan opak dan pasta yang dihasilkan tidak semuanya dapat digunakan untuk membentuk wafer *stick*, hal ini disebabkan karena:
 1. adanya kemungkinan opak robek pada saat pemanggangan pada *plate*, yang dapat disebabkan karena sifat opak yang elastis dan ada peluang untuk menempel (lengket) pada *plate* pemanggang.
 - ✓ *Loss* pasta yang menempel: 0,015% di mesin *filling* dan opak yang terbuang: 0,001% (dari berat wafer *stick*) → pada saat proses *filling*, opak dan pasta yang dihasilkan tidak semuanya dapat digunakan untuk membentuk wafer *stick*, hal ini disebabkan karena:

1. pasta yang akan digunakan untuk mengisi lapisan opak wafer dan opak langsung mengalami tahap penggulungan, ada kemungkinan pasta tertinggal pada tangki dan pipa *inject*.
 2. opak yang di*inject* oleh pasta tidak mengalami penggulungan sempurna, sehingga robek dah tidak layak untuk digunakan.
- ✓ *Loss* wafer patah saat pemotongan: 0,02 % (dari berat wafer *stick*)
 → pada saat pemotongan wafer *stick* ada kemungkinan wafer patah, hal ini disebabkan adanya proses *filling*, penggulungan dan pemotongan jadi satu sehingga pisau harus memotong dengan cepat, jika ada kesalahan dalam *filling* atau penggulungan maka proses pemotongan juga akan terganggu.
- Rincian Perhitungan
- a. *Loss* adonan opak saat pencampuran

$$\text{Loss adonan} = 0,01\% \times 1575,68 \text{ kg} = 0,16 \text{ kg}$$

$$\text{Total adonan} = 1575,68 - 0,16 = 1575,52 \text{ kg}$$
 - b. *Loss* adonan pasta saat pencampuran

$$\text{Loss adonan} = 0,01\% \times 787,84 \text{ kg} = 0,08 \text{ kg}$$

$$\text{Total adonan} = 787,84 - 0,08 = 787,76 \text{ kg}$$
 - c. *Loss* opak patah saat pemanggangan

$$\text{Jumlah adonan opak dan pasta} = 1575,52 + 787,76 = 2363,28 \text{ kg}$$

$$\text{Kehilangan uap air} = 57,58\% \times 2363,28 \text{ kg} = 1360,78 \text{ kg}$$

$$\text{Loss adonan} = 0,015\% \times 2363,28 \text{ kg} = 0,35 \text{ kg}$$

$$\text{Total adonan wafer } \textit{stick} = 2363,28 - 1360,78 - 0,35 = 1002,15 \text{ kg}$$
 - d. *Loss* pasta dan opak saat proses *filling*

$$\text{Loss Pasta} = 0,015\% \times 1002,15 \text{ kg} = 0,15 \text{ kg}$$

$$\text{Loss Opak} = 0,001\% \times 1002,15 \text{ kg} = 0,01 \text{ kg}$$

$$\text{Total wafer } \textit{stick} \text{ utuh} = 1002,15 - 0,15 - 0,01 = 1001,99 \text{ kg}$$

e. Loss wafer patah saat pendinginan

Kehilangan uap air = $0,1\% \times 1001,99 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$

Total wafer *stick* utuh = $1001,99 - 1 = 1000,99 \text{ kg}$

f. Loss wafer patah saat pemotongan

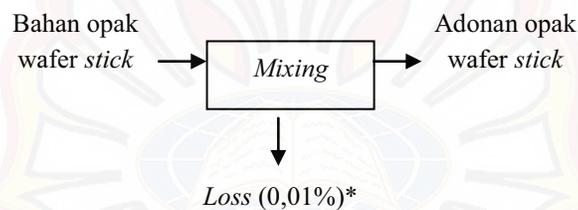
Loss wafer *stick* = $0,02\% \times 1001,99 \text{ kg} = 0,20 \text{ kg}$

Total produk wafer *stick* = $1000,99 - 0,02 = 1000,79 \text{ kg}$

Rincian Perhitungan Data Neraca Massa untuk Produk Wafer *Stick*

1. **Pencampuran Bahan**

1.1 Opak wafer *stick*



Keterangan * = *Loss* berupa adonan opak wafer *stick* yang menempel pada tangki pencampur, serta pada pengaduk yang digunakan.

Formulasi Opak Wafer *Stick* dan Jumlah Bahan yang Dibutuhkan

Formulasi Opak Wafer <i>Stick</i>	% Bahan	Jumlah Bahan yang Dibutuhkan (kg)
Terigu	30	472,70
Tapioka	10	157,57
Air	54	850,87
Minyak nabati	0,8	12,61
Coklat bubuk	4,72	74,37
Vanili bubuk	0,03	0,47
Lesitin	0,13	2,05
Garam	0,32	5,04
Total	100	1575,68

Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Bahan opak wafer <i>stick</i>	1575,68	Adonan opak wafer <i>stick</i>	1575,52
		Loss (0,01%x1575,68)	0,16
Total	1575,68	Total	1575,68

1.2. Pasta coklat

Keterangan * = *Loss* berupa adonan pasta wafer *stick* yang tertinggal di alat.

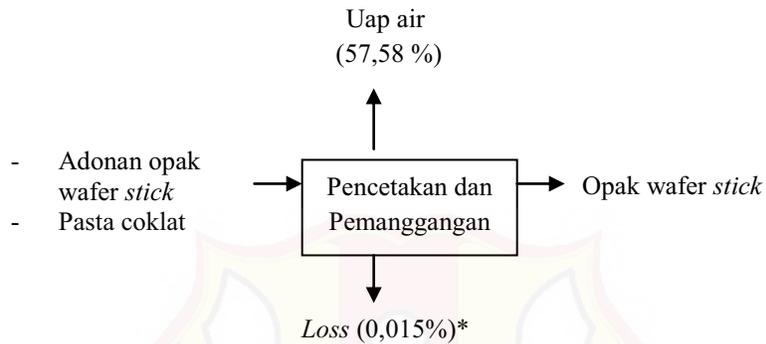
Formulasi Pasta Coklat dan Jumlah Bahan yang Dibutuhkan

Formulasi Pasta Coklat	% Bahan	Jumlah Bahan yang Dibutuhkan (kg)
Gula halus	45,08	355,16
Margarin	9,79	77,13
Minyak nabati	20,12	158,51
Coklat bubuk	20,02	157,73
Susu bubuk	4,78	37,66
Lesitin	0,13	1,02
Pewarna	0,03	0,24
<i>Flavouring agent</i>	0,05	0,39
Total	100	787,84

Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Bahan pasta coklat	787,84	Pasta coklat	787,76
		Loss (0,01%x1670,22)	0,08
Total	787,84	Total	787,84

2. Pencetakan dan Pemanggangan

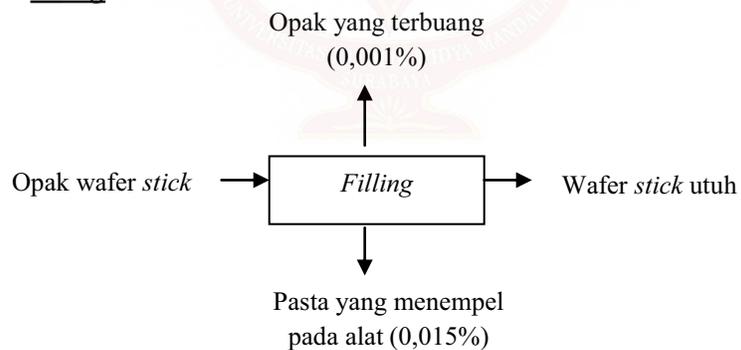


Keterangan * = *Loss* berupa opak wafer *stick* yang robek pada saat pemanggangan pada *plate*.

Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Adonan opak wafer <i>stick</i>	1575,52	Opak wafer <i>stick</i>	1002,15
Pasta coklat	787,76	Uap air (57,58% x 2363,28)	1360,78
		Loss (0,015% x 2363,28)	0,35
Total	2363,28	Total	2363,28

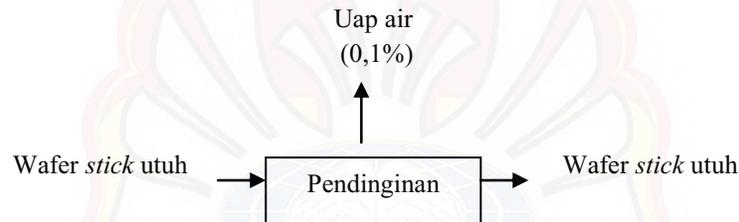
2. Filling



Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Opak wafer <i>stick</i>	1002,15	Wafer <i>stick</i> utuh	1001,99
		Pasta yang menempel pada alat (0,015% \times 1002,15)	0,15
		Opak yang terbuang (0,001% \times 1002,15)	0,01
Total	1002,15	Total	1002,15

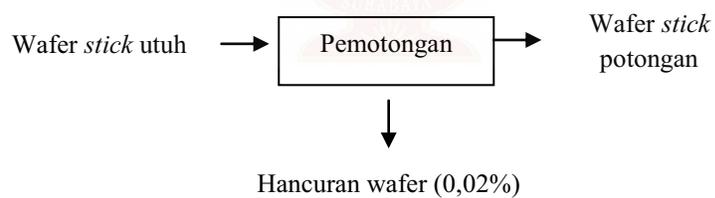
3. Pendinginan



Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Wafer <i>stick</i> utuh	1001,99	Wafer <i>stick</i> utuh	1000,99
		Uap air (0,1% \times 1001,99)	1,00
Total	1001,99	Total	1001,99

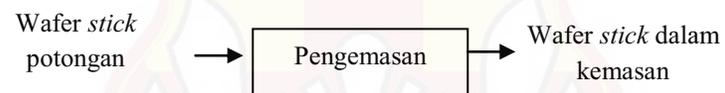
4. Pemotongan



Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Wafer <i>stick</i> utuh	1000,99	Wafer <i>stick</i> potongan Hancuran wafer (0,02 %x1000,99)	1000,79 0,20
Total	1000,99	Total	1000,99

5. Pengemasan



Perhitungan:

Masuk	kg	Keluar	kg
Wafer <i>stick</i> potongan	1000,79	Wafer <i>stick</i> dalam kemasan	1000,79
Total	1000,79	Total	1000,79

Jadi, produk wafer *stick* yang dihasilkan adalah 1000,79 kg produk/hari \approx 1000 kg produk/hari.

LAMPIRAN II
PERHITUNGAN NERACA ENERGI

Perhitungan Komposisi Bahan Penyusun Adonan Opak Wafer

Tabel II.1. Bahan Penyusun Adonan Opak Wafer

Formulasi Opak Wafer Stick	% Bahan
Terigu	30
Tapioka	10
Air	54
Minyak nabati	0,8
Coklat bubuk	4,72
Vanili bubuk	0,03
Lesitin	0,13
Garam	0,32
Total	100

Tabel II.2. Komposisi Kimia Bahan Penyusun Adonan Opak Wafer

Formulasi Opak Wafer Stick	% KH	% Protein	% Lemak	% Abu	% Air
Terigu	77,20	9,00	1,00	1,00	11,80
Tapioka	88,20	1,10	0,50	1,10	9,10
Air	0	0	0	0	100,00
Minyak nabati	0	0	100,00	0	0
Coklat bubuk	48,90	8,00	23,80	15,40	3,90
Vanili bubuk*	10,00	0,90	0,90	0	0
Lesitin	0	0	95,00	0	1,00
Garam**	0	0	0	99,80	0,20

Sumber : Tabel Komposisi Pangan Indonesia (2009)

* = USDA National Nutrient data base

** = Anecollins (2008)

Contoh Perhitungan (Bahan : Terigu) :

- a. Jumlah karbohidrat = $30\% \times 77,20 = 23,16\%$
- b. Jumlah protein = $30\% \times 9,00 = 2,70\%$
- c. Jumlah lemak = $30\% \times 1,00 = 0,30\%$
- d. Jumlah abu = $30\% \times 1,00 = 0,30\%$
- e. Jumlah air = $30\% \times 11,80 = 3,54\%$

Sehingga didapat hasil seperti tertera pada Tabel II.3.

Tabel II.3. Komposisi Bahan Penyusun Adonan Opak Wafer

Formulasi Opak Wafer Stick	% KH	% Protein	% Lemak	% Abu	% Air
Terigu	23,16	2,70	0,30	0,30	3,54
Tapioka	8,82	0,11	0,05	0,11	0,91
Air	0	0	0	0	54,00
Minyak nabati	0	0	0,80	0	0
Coklat bubuk	2,31	0,38	1,12	0,73	0,19
Vanili bubuk	0	0	0	0	0
Lesitin	0	0	0,12	0	0
Garam	0	0	0	0,32	0
JUMLAH	34,29	3,19	2,40	1,46	58,64

Perhitungan Komposisi Bahan Penyusun Opak Wafer

- a. Kadar air dalam adonan opak = 58,64%
- b. Berat adonan opak pada tahap pencampuran = 1575,68 kg
- c. Jumlah air dalam adonan opak = $1575,68 \text{ kg} \times 58,64\% = 923,98 \text{ kg}$
- d. Jumlah padatan pada adonan opak = $1575,68 - 923,98 = 651,70 \text{ kg}$
- e. Kadar air opak wafer = 2,50 %
- f. Jumlah air yang hilang selama proses pemanggangan = 57,58 %
- g. Asumsi *loss* adonan opak saat pencampuran = 0,01% dari berat adonan
= $0,01\% \times 1575,68 \text{ kg} = 0,16 \text{ kg}$

- h. Berat adonan opak yang akan dipanggang = $1575,68 - 0,16 = 1575,52$ kg
 i. Berat opak wafer yang dihasilkan = $1575,52 - (57,58 \% \times 1575,52) = 668,34$ kg

Perhitungan padatan pada opak wafer

✓ Komponen Karbohidrat

Jumlah karbohidrat dalam adonan opak = $34,29\% \times 1575,52 = 540,26$ kg

Kadar karbohidrat dalam opak wafer = $\frac{540,26 \text{ kg}}{668,34 \text{ kg}} \times 100\% = 80,84\%$

✓ Komponen Protein

Jumlah protein dalam adonan opak = $3,19\% \times 1575,52 = 50,23$ kg

Kadar protein dalam opak wafer = $\frac{50,23 \text{ kg}}{668,34 \text{ kg}} \times 100\% = 7,51\%$

✓ Komponen Lemak

Jumlah lemak dalam adonan opak = $2,40\% \times 1575,52 \text{ kg} = 37,77$ kg

Kadar lemak dalam opak wafer = $\frac{37,77 \text{ kg}}{668,34 \text{ kg}} \times 100\% = 5,65\%$

✓ Komponen Abu

Jumlah abu dalam adonan opak = $1,46\% \times 1575,52 \text{ kg} = 22,94$ kg

Kadar abu dalam opak wafer = $\frac{22,94 \text{ kg}}{668,34 \text{ kg}} \times 100\% = 3,43\%$

Sehingga dapat diperoleh Tabel II.4.

Tabel II.4. Komposisi Bahan Penyusun Opak Wafer Setelah Pemanggang

Bahan	Kadar Air	Kadar Karbohidrat	Kadar Protein	Kadar Lemak	Kadar Abu
Opak Wafer	2,50%	80,84%	7,51%	5,65%	3,43%

Perhitungan Komposisi Bahan Penyusun Adonan Pasta

Tabel II.5. Bahan Penyusun Adonan Pasta

Formulasi Pasta Coklat	% Bahan
Gula halus	45,08
Margarin	9,79
Minyak nabati	20,12
Coklat bubuk	20,02
Susu bubuk	4,78
Lesitin	0,13
Pewarna	0,03
<i>Flavouring agent</i>	0,05

Tabel II.6. Komposisi Adonan Pasta

Formulasi Pasta Coklat	% KH	% Protein	% Lemak	% Abu	% Air
Gula halus	94,00	0	0	0,60	5,40
Margarin	0,40	0,60	81,00	2,50	15,50
Minyak nabati	0	0	100,00	0	0
Coklat bubuk	48,90	8,00	23,80	15,40	3,90
Susu bubuk	36,20	24,60	30,00	5,70	3,50
Lesitin	0	0	95,00	0	1,00
Pewarna	0	0	0	0	0
<i>Flavouring agent</i>	0	0	0	0	0

Sumber : Tabel Komposisi Pangan Indonesia (2009)

Contoh Perhitungan (Bahan : Gula halus) :

- a. Jumlah karbohidrat = $45,08\% \times 94 = 42,38\%$
- b. Jumlah protein = $45,08\% \times 0 = 0\%$
- c. Jumlah lemak = $45,08\% \times 0 = 0\%$
- d. Jumlah abu = $45,08\% \times 0,60 = 0,27\%$
- e. Jumlah air = $45,08\% \times 5,40 = 2,43\%$

Sehingga didapat hasil seperti tertera pada Tabel II.7.

Tabel II.7. Komposisi Bahan Penyusun Adonan Pasta

Formulasi Pasta Coklat	% KH	% Protein	% Lemak	% Abu	% Air
Gula halus	42,38	0	0	0,27	2,43
Margarin	0,04	0,06	7,93	0,24	1,52
Minyak nabati	0	0	20,12	0	0
Coklat bubuk	9,79	1,60	4,76	3,08	0,78
Susu bubuk	1,73	1,18	1,43	0,27	0,17
Lesitin	0	0	0,12	0	0
Pewarna	0	0	0	0	0
<i>Flavouring agent</i>	0	0	0	0	0
JUMLAH	53,93	2,84	34,37	3,87	4,90

Perhitungan Panas Spesifik

Rumus perhitungan panas spesifik (c_p) untuk bahan dengan komposisi yang diketahui :

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

Keterangan:

X_w = fraksi massa air

X_c = fraksi massa karbohidrat

X_p = fraksi massa protein

X_a = fraksi massa abu

X_f = fraksi massa lemak

c_p = panas spesifik (kJ/kg°C)

Sumber: Choi dan Okos, 1986 dalam Tabil, 1996

➤ Panas spesifik bahan penyusun adonan opak

(komposisi bahan dilihat dari Tabel II. 3.)

a. Terigu

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,0354) + 1,711(0,0270) + 1,928 (0,0030) + 1,547 (0,2316) + 0,908 (0,0030)$$

$$c_p = 0,5610 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,1341 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

b. Tapioka

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,0091) + 1,711 (0,0011) + 1,928 (0,0005) + 1,547 (0,0882) + 0,908 (0,0011)$$

$$c_p = 0,1783 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,0426 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

c. Air

$$c_p \text{ air pada suhu } 25^\circ\text{C} = 4,187 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C} = 1,0007 \text{ kkal /kg}^\circ\text{C}$$

d. Minyak Nabati

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0) + 1,711 (0) + 1,928 (0,0080) + 1,547 (0) + 0,908 (0)$$

$$c_p = 0,0154 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,0037 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

e. Coklat Bubuk

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,0019) + 1,711 (0,0038) + 1,928 (0,0112) + 1,547 (0,0231) + 0,908 (0,0073)$$

$$c_p = 0,0784 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,0187 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

f. Vanili Bubuk

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0) + 1,711 (0) + 1,928 (0) + 1,547 (0) + 0,908 (0)$$

$$c_p = 0 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

g. Lesitin

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0) + 1,711 (0) + 1,928 (0,0012) + 1,547 (0) + 0,908 (0)$$

$$c_p = 0,0023 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} = 0,0006 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

h. Garam

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,0001) + 1,711 (0) + 1,928 (0,0001) + 1,547 (0) + 0,908 (0,0032)$$

$$c_p = 0,0029 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,0007 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

➤ **Panas Spesifik Adonan Opak Wafer**

Dari Tabel II.3. Fraksi massa adonan adalah sebesar :

$$X_c \text{ adonan} = 34,29 \%$$

$$X_p \text{ adonan} = 3,19 \%$$

$$X_f \text{ adonan} = 2,39 \%$$

$$X_a \text{ adonan} = 1,46 \%$$

$$X_w \text{ adonan} = 58,64 \%$$

Panas spesifik adonan opak wafer adalah =

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,5864) + 1,711 (0,0319) + 1,928 (0,0239) + 1,547 (0,3429) + 0,908 (0,0146)$$

$$c_p = 3,0955 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,7399 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

➤ **Panas Spesifik Opak Wafer**

Dari Tabel II.4. Fraksi massa opak wafer adalah sebesar :

$$X_c \text{ opak} = 80,84\%$$

$$X_p \text{ opak} = 7,51\%$$

$$X_f \text{ opak} = 5,65\%$$

$$X_a \text{ opak} = 3,43\%$$

$$X_w \text{ opak} = 2,50 \% \text{ (asumsi)}$$

Panas spesifik opak wafer akhir adalah =

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,0250) + 1,711 (0,0751) + 1,928 (0,0565) + 1,547 (0,8084) + 0,908 (0,0343)$$

$$c_p = 1,6237 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,3881 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

➤ **Panas spesifik adonan pasta wafer**

Dari Tabel II.7. Fraksi massa adonan pasta sebesar :

$$X_c \text{ pasta} = 53,93 \%$$

$$X_p \text{ pasta} = 2,84 \%$$

$$X_f \text{ pasta} = 34,37 \%$$

$$X_a \text{ pasta} = 3,87 \%$$

$$X_w \text{ pasta} = 4,90 \%$$

Panas spesifik adonan pasta adalah =

$$c_p = 4,180 X_w + 1,711 X_p + 1,928 X_f + 1,547 X_c + 0,908 X_a$$

$$c_p = 4,180 (0,0490) + 1,711(0,0284) + 1,928 (0,3437) + 1,547 (0,5393) + 0,908 (0,0387)$$

$$c_p = 1,7855 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_p = 0,4267 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$$

Panas spesifik wafer *stick* = $c_p = 0,3864 + 0,4267 = 0,8131 \text{ kkal/kg}^\circ\text{C}$

Perhitungan Neraca Energi

Kapasitas produk wafer *stick* yang dihasilkan : 1000 kg wafer *stick* per hari

Satuan panas : kkal

Basis waktu : per hari

➤ Pencetakan dan Pemanggangan



Data yang diperlukan :

- Suhu adonan masuk = 25°C
- Massa adonan opak masuk = 1575,52 kg
- Panas spesifik adonan opak = 0,7399 kkal/kg°C
- Massa adonan pasta masuk = 787,76 kg
- Panas spesifik adonan pasta = 0,4267 kkal/kg°C
- Suhu opak keluar = 170°C
- Massa opak wafer keluar = 668,34 kg
- Panas spesifik opak wafer akhir = 0,3880 kkal/kg°C
- Asumsi energi hilang selama pemanggangan = 5% dari energi *supply*
- Air hilang selama pemanggangan = 57,58% dari berat adonan = 1360,78 kg
- Suhu penguapan air = 100°C
- Panas laten penguapan (H_v) = 2676,1 kJ /kg = 639,6033 kkal /kg
(Singh dan Heldman, 1984)
- Suhu basis 0 °C

Energi Masuk

$$= H \text{ adonan} + Q \text{ supply}$$

$$= H \text{ adonan opak wafer} + H \text{ adonan pasta wafer} + Q \text{ supply}$$

$$\begin{aligned}
 &= (m_{\text{opak wafer}} \times c_{p_{\text{opak wafer}}} \times \Delta T_{\text{masuk}}) + (m_{\text{pasta wafer}} \times c_{p_{\text{pasta wafer}}} \times \Delta T_{\text{masuk}}) + \\
 &\quad Q_{\text{supply}} \\
 &= (1575,52 \times 0,7399 \times (25-0)) + (787,76 \times 0,4267 \times (25-0)) + Q_{\text{supply}} \\
 &= 29143,18 + 8403,43 + Q_{\text{supply}} = 37546,61 + Q_{\text{supply}}
 \end{aligned}$$

Energi Keluar

$$\begin{aligned}
 &= H_{\text{opak wafer}} + H_{\text{air menguap}} + 5\% Q \\
 &= (m_{\text{opak wafer}} \times c_{p_{\text{opak wafer}}} \times \Delta T_{\text{keluar}}) + (m_{\text{air hilang}} \times H_v) + 5\% Q \\
 &= (668,34 \times 0,3880 \times (170-0)) + (1360,78 \times 639,6033) + 5\% Q \\
 &= 44083,71 + 870359,38 + Q_{\text{hilang}} = 914443,09 + 5\% Q
 \end{aligned}$$

Neraca

Q masuk = Q keluar

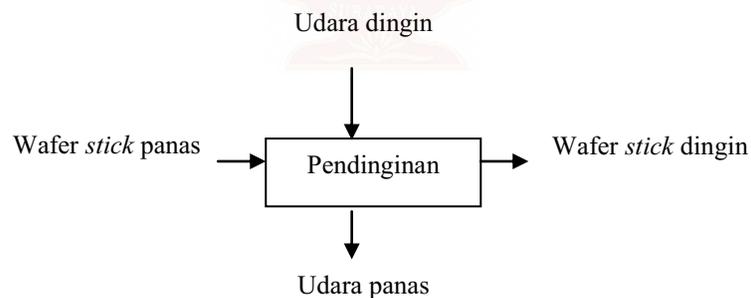
$$37546,61 + Q = 914443,09 + 0,05 Q$$

$$0,95Q = 914443,09 - 37546,61$$

$$Q = 923048,93 \text{ kkal}$$

Masuk	kkal	Keluar	kkal
Adonan opak	29143,18	Wafer <i>stick</i>	44083,71
Adonan pasta	8403,43	Air hilang	870359,38
Q <i>supply</i>	923048,93	Q hilang	46152,45
	960595,54		960595,54

➤ Pendinginan



Data yang dibutuhkan:

Wafer *stick* masuk:

1. Opak wafer

- Suhu opak wafer masuk = 40°C
- Massa opak wafer masuk = $2/3 \times 2363,28 = 1575,52$ kg
- Panas spesifik opak wafer = 0,3880 kkal/kg°C

2. Pasta wafer

- Suhu pasta wafer masuk = 30°C
- Massa pasta wafer masuk = $1/3 \times 2363,28 = 787,76$ kg
- Panas spesifik pasta wafer = 0,4267 kkal/kg°C

Wafer *stick* dingin keluar :

1. Opak wafer

- Suhu opak wafer keluar = 20 °C
- Massa opak wafer keluar = $2/3 \times 2363,28 = 1575,52$ kg
- Panas spesifik opak wafer = 0,3880 kkal/kg°C

2. Pasta wafer

- Suhu pasta wafer keluar = 20°C
- Massa pasta wafer keluar = $1/3 \times 2363,28 = 787,76$ kg
- Panas spesifik pasta wafer = 0,4267 kkal/kg°C
- Suhu udara dingin masuk = 20 °C
- Panas spesifik udara pada suhu 20°C = $1,012 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C} = 0,2420 \text{ kkal /kg}^\circ\text{C}$ (Singh dan Heldman, 1984)
- Suhu udara keluar = 30°C
- Panas spesifik udara pada suhu 30 °C = $1,013 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C} = 0,2422 \text{ kkal /kg}^\circ\text{C}$ (Singh dan Heldman, 1984)
- Suhu basis = 0°C

Energi Masuk

$$\begin{aligned}
 &= H \text{ opak wafer panas} + H \text{ pasta panas} + H \text{ udara masuk} \\
 &= (m_{\text{opak}} \times c_{p_{\text{opak}}} \times \Delta T_{\text{opak}}) + (m_{\text{pasta}} \times c_{p_{\text{pasta}}} \times \Delta T_{\text{pasta}}) + (m_{\text{udara masuk}} \times c_{p_{\text{udara masuk}}} \times \Delta T_{\text{udara masuk}}) \\
 &= (1575,52 \times 0,3880 \times (40-0)) + (787,76 \times 0,4344 \times (30-0)) + (m \times 0,2420 \times (20-0)) \\
 &= 24452,07 + 10266,09 + (m \times 4,840) = (34718,16 + 4,840 m) \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Energi Keluar

$$\begin{aligned}
 &= H \text{ opak wafer dingin} + H \text{ pasta dingin} + H \text{ udara keluar} \\
 &= (m_{\text{opak}} \times c_{p_{\text{opak}}} \times \Delta T_{\text{opak}}) + (m_{\text{pasta}} \times c_{p_{\text{pasta}}} \times \Delta T_{\text{pasta}}) + (m_{\text{udara keluar}} \times c_{p_{\text{udara keluar}}} \times \Delta T_{\text{udara keluar}}) \\
 &= (1575,52 \times 0,3880 \times (20-0)) + (787,76 \times 0,4344 \times (20-0)) + (m \times 0,2422 \times (30-0)) \\
 &= 12226,04 + 6844,06 + (m \times 7,266) = (19070,1 + 7,266 m) \text{ kkal}
 \end{aligned}$$

Neraca

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

$$H \text{ opak panas} + H \text{ pasta panas} + H \text{ udara masuk} = H \text{ opak dingin} + H \text{ pasta dingin} + H \text{ udara keluar}$$

$$24452,07 + 10266,09 + (m \times 4,840) = 12226,04 + 6844,06 + (m \times 7,266)$$

$$34718,16 + 4,840 m = 19070,1 + 7,266 m$$

$$15648,06 = 2,426 m$$

$$m = 6450,15 \text{ kg}$$

Masuk	Kkal	Keluar	Kkal
H opak panas	24452,07	H opak dingin	12226,04
H pasta panas	10266,09	H pasta dingin	6844,06
H udara (20°C)	31218,73	H udara (30°C)	46866,79
	65936,89		65936,89

LAMPIRAN III PERHITUNGAN UTILITAS

1. Perencanaan Kebutuhan Air untuk Sanitasi Mesin dan Peralatan.

1.1. Mesin

➤ Pencucian Mesin Pencampur Adonan Opak Wafer

Mesin pencampur adonan opak wafer ini akan dicuci dengan menggunakan air hangat setelah selesai proses produksi. Jumlah air yang diperlukan untuk proses pencucian ini diasumsikan sebesar $1/8$ volume tangki. Berdasarkan spesifikasi mesin pada bab V, diketahui bahwa volume tangki pencampur adalah 500 liter. Jumlah air yang diperlukan = $1/8 \times$ volume tangki = $1/8 \times 500$ liter = 62,5 liter. Jumlah mesin pencampur adonan opak wafer yang digunakan 1 buah, sehingga dibutuhkan total air sebanyak $1 \times 62,5$ liter = 62,5 liter.

➤ Pencucian Mesin Pencampur Adonan Pasta

Mesin pencampur adonan pasta wafer ini akan dicuci dengan menggunakan air hangat setelah selesai proses produksi. Jumlah air yang diperlukan untuk proses pencucian ini diasumsikan sebesar $1/5$ volume tangki. Berdasarkan spesifikasi mesin pada bab V, diketahui bahwa volume tangki pencampur adalah 500 liter. Kebutuhan air untuk membersihkan tangki ini lebih banyak daripada tangki pencampur adonan opak wafer, karena jika dilihat dari campuran adonan yang memiliki lemak yang lebih tinggi daripada campuran adonan opak, seperti: gula halus, margarin, minyak nabati, coklat bubuk, susu bubuk, lesitin, pewarna dan *flavouring agent*. Lemak merupakan bahan yang sulit dibersihkan, sehingga jumlah air yang diperlukan = $1/5 \times$ volume tangki = $1/5 \times 500$ liter = 100 liter. Jumlah mesin pencampur adonan opak wafer yang digunakan 1 buah, sehingga dibutuhkan total air sebanyak 1×100 liter = 100 liter.

➤ Pencucian Mesin Pemanggang sampai Pemotong Wafer *Stick*

Pencucian pada bagian pemanggang ini akan dicuci dengan menggunakan air hangat setelah selesai proses produksi. Bagian yang akan dicuci adalah bagian *plate* yang digunakan untuk mencetak opak wafer. Berdasarkan spesifikasi mesin oven wafer pada bab V, dapat dilihat bahwa mesin pemanggang opak wafer memiliki 1 buah *plate* wafer. Jika diasumsikan satu buah *plate* memerlukan air sebanyak 3 liter, maka jumlah air yang diperlukan untuk pembersihan plate wafer oven adalah sebanyak $1 \times 3 = 3$ liter. Proses pencucian juga dibantu dengan menggunakan sikat.

Pencucian pada bagian penginjek pasta akan dicuci dengan menggunakan air hangat setelah selesai proses produksi. Bagian yang akan dicuci adalah bagian injek. Diasumsikan jumlah air yang diperlukan untuk 1 injek pasta adalah sebanyak 2 liter. Jumlah penginjek pasta ada 4 buah maka jumlah air yang diperlukan untuk membersihkan injek dan wadah penampung pasta sebesar $= 2 \times 4 = 8$ liter.

Pencucian pada bagian pemotong wafer akan dicuci dengan menggunakan air hangat setelah selesai proses produksi. Bagian yang akan dicuci adalah bagian pisau pemotong wafer. Diasumsikan jumlah air yang diperlukan untuk pisau pemotong wafer adalah sebanyak 2 liter. Jumlah alat (pisau) pemotong wafer yang digunakan 4 buah, sehingga total air yang dibutuhkan adalah 2×4 liter = 8 liter.

➤ *Output Conveyor*

Mesin *output conveyor* ini akan dicuci dengan menggunakan air hangat setelah selesai proses produksi. Jumlah air yang diperlukan diasumsikan = 3 liter. Jumlah mesin pencampur adonan opak wafer yang digunakan 1 buah, sehingga dibutuhkan total air sebanyak 1×3 liter = 3 liter.

➤ Kebutuhan air total untuk sanitasi mesin yang dibutuhkan adalah:

$$= 62,5 + 100 + 3 + 8 + 8 + 3 = 184,5 \text{ liter}$$

1.2. Peralatan

➤ *Hopper* (Tangki Penampung Adonan Opak)

Berdasarkan spesifikasi peralatan pada bab V, dapat diketahui bahwa volume *hopper* yang digunakan adalah sebesar 1000 liter. Jika diasumsikan jumlah air yang diperlukan untuk membersihkan *hopper* tersebut adalah $\frac{1}{8}$ dari volume *hopper*, maka jumlah air yang diperlukan untuk proses pembersihan *hopper* adalah sebanyak $\frac{1}{8} \times 1000 = 125$ liter.

➤ *Storage tank* (Tangki Penampung Adonan Pasta)

Berdasarkan spesifikasi peralatan pada bab V, dapat diketahui bahwa volume *storage tank* yang digunakan adalah sebesar 1000 liter. Kebutuhan air untuk membersihkan tangki ini lebih banyak daripada tangki penampung adonan opak wafer, karena jika dilihat dari campuran adonan yang memiliki lemak yang lebih tinggi daripada campuran adonan opak, seperti: gula halus, margarin, minyak nabati, coklat bubuk, susu bubuk, lesitin, pewarna dan *flavouring agent* maka tangki penampung adonan pasta ini membutuhkan lebih banyak air untuk membersihkan sisa-sisa adonan yang masih menempel pada tangki. Lemak merupakan bahan pangan yang sulit dibersihkan, sehingga jumlah air yang diperlukan untuk membersihkan *storage tank* tersebut adalah $\frac{1}{5}$ dari volume *storage tank*, maka jumlah air yang diperlukan untuk proses pembersihan *storage tank* adalah sebanyak $\frac{1}{5} \times 1000 = 200$ liter.

➤ *Container* plastik

Berdasarkan spesifikasi mesin pada bab V, diasumsikan bahwa volume *container* plastik ini adalah 25 liter. Jumlah air yang diperlukan = $\frac{1}{8} \times$ volume tangki = $\frac{1}{8} \times 25$ liter = 3,13 liter. Jumlah *container* plastik yang digunakan adalah 15 buah, sehingga total air yang dibutuhkan adalah $15 \times 3,13$ liter = 46,95 liter.

➤ Wadah plastik kecil

Berdasarkan spesifikasi mesin pada bab V, diketahui bahwa diameter masing-masing wadah adalah 12 cm dan tinggi wadah adalah 15 cm, sehingga dapat diasumsikan jumlah air yang diperlukan untuk pencucian masing-masing wadah adalah sebanyak 0,5 liter. Jumlah wadah plastik kecil yang digunakan 30 buah, sehingga jumlah total air yang dibutuhkan adalah $0,5 \times 30 = 15$ liter.

➤ Kebutuhan air total untuk sanitasi peralatan yang dibutuhkan adalah:

$$= 125 + 200 + 46,95 + 15 = 386,95 \text{ liter.}$$

➤ Kebutuhan air total untuk sanitasi mesin dan peralatan yang dibutuhkan adalah: $184,5 + 386,95 = 571,45$ liter.

2. Perencanaan Kebutuhan Air untuk Sanitasi Karyawan

Kebutuhan sanitasi karyawan ini meliputi kebutuhan untuk buang air kecil, buang air besar, cuci tangan, dan wudhu.

➤ Kebutuhan Buang Air Kecil

Jumlah air yang digunakan untuk kebutuhan ini berasal dari jumlah air yang digunakan selama seorang pegawai melakukan buang air kecil. Jenis toilet yang digunakan dengan penyiram yang akan menyiramkan air sebanyak 3 liter (*Toto Close-Coupled Toilet*, 2011). Jika diasumsikan selama jam kerja seorang pegawai akan buang air kecil maksimal sebanyak 2 kali dan jumlah pegawai pada perusahaan sebanyak 25 orang, maka total air yang dibutuhkan adalah sebesar $3 \text{ liter} \times 2 \text{ kali} \times 25 \text{ orang} = 150$ liter per hari

➤ Kebutuhan Buang Air Besar

Jumlah air yang digunakan untuk kebutuhan ini berasal dari jumlah air yang digunakan selama seorang pegawai melakukan buang air besar. Jenis toilet yang digunakan dengan penyiram yang akan menyiramkan air sebanyak 6 liter (*Toto Close-Coupled Toilet*, 2011). Jika diasumsikan

selama jam kerja seorang pegawai akan buang air besar sebanyak maksimal 1 kali dan jumlah pegawai pada perusahaan sebanyak 25 orang, maka total air yang dibutuhkan adalah sebesar $6 \times 1 \times 25 = 150$ liter per hari.

➤ **Kebutuhan Cuci Tangan**

Jumlah air yang digunakan untuk cuci tangan diasumsikan sebesar 1,5 liter. Cuci tangan akan dilakukan oleh setiap pegawai terutama para pegawai yang bekerja di proses produksi. Cuci tangan akan dilakukan setiap sebelum masuk ke dalam ruang proses produksi, saat di ruang produksi (keringat), sebelum dan setelah makan, sesudah buang air baik kecil maupun besar. Kegiatan cuci tangan ini akan sering dilakukan mengingat suhu ruangan produksi yang akan mencapai 180°C . Suhu yang tinggi menyebabkan terjadinya oksidasi pada masing-masing karyawan produksi. Air oksidasi bisa dikeluarkan melalui keringat dan juga pernafasan. Oleh karena itu, karyawan diharuskan sering mencuci tangan supaya keringat yang keluar tidak mengontaminasi produk. Total perkiraan rata-rata cuci tangan yang dilakukan selama jam kerja adalah sebanyak 10 kali untuk tiap pegawai. Jika air yang digunakan untuk mencuci tangan adalah sebanyak 1,5 liter dan jumlah pegawai pada perusahaan adalah sebanyak 25 orang, maka total kebutuhan air untuk mencuci tangan adalah sebesar $1,5 \times 10 \times 25 = 375$ liter per hari.

➤ **Untuk Beribadah**

Untuk beribadah misalnya Wudhu dilakukan oleh setiap pegawai yang beragama Islam sebelum melakukan ibadah. Dalam satu jam kerja, diasumsikan dilakukan 2 kali wudhu untuk tiap pegawai yang beragama Islam, yaitu pada saat pk.12.00 dan pk.15.00. Jumlah air yang digunakan untuk keperluan wudhu diasumsikan 5 liter per orang dan diasumsikan jumlah pegawai muslim adalah sebanyak 80 % dari total pegawai sehingga

jumlah air yang diperlukan untuk wudhu adalah $2 \times 5 \times (80\% \times 25) = 200$ liter per hari.

➤ Penggunaan Air untuk Minum Karyawan

Air juga digunakan untuk keperluan minum karyawan. Orang dewasa dianjurkan untuk minum air 2-2,5 L per hari (Muchtadi, 1988). Jika dalam satu hari kerja tiap karyawan bekerja di pabrik selama 8 jam, dengan suhu ruangan produksi yang tinggi dan mencapai suhu 180°C maka dapat diasumsikan seorang karyawan akan meminum air sebanyak 2 L untuk mengganti cairan tubuh yang hilang akibat dehidrasi. Terdapat 25 orang karyawan yang membutuhkan air minum, sehingga total AMDK yang diperlukan sebanyak 50 L air minum/hari. Air yang digunakan untuk keperluan minum karyawan ini digunakan air minum dalam kemasan galon dengan isi setiap kemasan sebanyak 19 L air. Jadi, jumlah air dalam kemasan yang harus disediakan untuk minum karyawan setiap harinya adalah sebanyak 2,63 atau ≈ 3 kemasan.

➤ Kebutuhan air total untuk sanitasi karyawan yang dibutuhkan adalah:
 $= 150 + 150 + 375 + 200 + 50 = 925$ liter

3. Perencanaan Kebutuhan Air untuk Sanitasi Gedung

Kebutuhan air untuk sanitasi gedung sangat dipengaruhi oleh luas bangunan yang akan dibersihkan. Luas bangunan adalah $35 \text{ m} \times 34 \text{ m}$, sehingga di dapatkan luas bangunan 1190 m^2 , dengan luas bangunan hanya 25%, maka luas bangunan yang akan dibersihkan di lantai 1 adalah $1190 - (1190/4) = 892,5 \text{ m}^2$. Di Lantai 2 bangunan yang akan dibersihkan luasnya diasumsikan luasnya adalah $1/3$ dari luas bangunan yang harus dibersihkan di lantai 1, yaitu $1/3 \times 892,5 \text{ m}^2 = 297,5 \text{ m}^2$ sehingga luas area yang harus dibersihkan adalah $892,5 \text{ m}^2 + 297,5 \text{ m}^2 = 1190 \text{ m}^2$, sehingga jika diasumsikan kebutuhan air/ m^2 adalah 0,4 liter, maka untuk sanitasi total diperlukan air sebesar 476 liter.

4. Perhitungan Air untuk Tandon

4.1. Tandon Air Bawah

Kebutuhan air total selama satu hari sebesar = Kebutuhan air sanitasi mesin + Kebutuhan air sanitasi pekerja + Kebutuhan air untuk proses produksi + Kebutuhan air sanitasi ruang = $571,45 + 925 + 853,34 + 476 = 2825,79$ liter air.

→ Rata-rata kebutuhan air per jam (dengan 10 jam kerja)

$$= 2825,79 \text{ liter} : 10 \text{ jam}$$

$$= 282,579 \text{ liter per jam} \approx 282,58 \text{ liter per jam}$$

Tandon air ini didisain untuk dapat menampung air untuk keperluan pabrik selama 5 jam, yaitu sebanyak $282,58 \times 5 \text{ jam} = 1412,90$ liter. Tandon bawah ini akan dihubungkan dengan pipa PDAM dan terus terisi sesuai dengan debit air pipa PDAM. Asumsi ruang kosong dalam tandon sebesar 10%.

Volume atau ukuran tandon yang diperlukan sebesar = a liter

$$a = 1412,90 + 10\% a$$

$$a = 1569,89 \text{ liter} = 1,57 \text{ m}^3.$$

Tandon ini didisain berbentuk kotak dan ditanam di bawah tanah dengan $p \times l = 2 \times 1,5$ meter, maka dimensi tandon yang harus dibuat adalah sebesar:

$$1,57 = 2 \times 1,5 \times t = 0,52 \text{ m}$$

t = kedalaman tandon

$$\text{Kedalaman tandon} = 0,52 \text{ meter.}$$

Spesifikasi tandon yang dibuat ini adalah sebagai berikut :

Fungsi : Untuk menampung seluruh kebutuhan air untuk lima jam

Bentuk : Kotak

Material : Beton dan Tegel

Kapasitas maks : $1569,89 \text{ liter} = 1,57 \text{ m}^3$

Dimensi ($p \times l \times t$) : $2 \times 1,5 \times 0,52 \text{ m}$

4.2. Tandon Air Atas

4.2. Tandon Air Atas

Tandon air ini didisain untuk dapat menampung air untuk keperluan pabrik, yang terdiri dari tandon air produksi dan tandon air non produksi.

a. Tandon air untuk proses non produksi

Tandon ini didisain untuk dapat menampung air non produksi dari tandon bawah selama 3 jam, yang meliputi air untuk kebutuhan sanitasi pekerja dan untuk sanitasi ruangan, yaitu sebanyak $= 925 + 476 = 1401$ liter/hari

➤ kebutuhan air ini digunakan selama 10 jam kerja, sehingga per jam kerja kebutuhan air adalah sebanyak $= 1401 : 10 = 140,1$ liter/jam

➤ untuk kebutuhan air selama 3 jam $= 140,1 \times 3 \text{ jam} = 420,3$ liter/3jam.

Untuk tandon atas ini digunakan tandon air berbahan *stainless steel* kapasitas 500 liter yang dihubungkan dengan tandon bawah. Air yang dialirkan dari tandon bawah ke tandon atas akan dialirkan dengan menggunakan pompa air.

b. Tandon air untuk proses produksi

Tandon ini didisain untuk menampung air produksi yang sudah melalui *water treatment* dari tandon bawah selama 3 jam. Air yang perlu melalui *water treatment* sebelum digunakan adalah air untuk produksi dan air untuk pencucian mesin dan peralatan, yaitu sebanyak $= 853,34 + 571,45 = 1424,79$ liter/hari

➤ kebutuhan air ini digunakan selama 10 jam kerja, sehingga per jam kerja kebutuhan air adalah sebanyak $= 1424,79 : 10 = 142,48$ liter/jam

➤ untuk kebutuhan air selama 3 jam $= 142,48 \times 3 \text{ jam} = 427,44$ liter/3jam.

Untuk tandon atas ini digunakan tandon air berbahan *stainless steel* dengan kapasitas 500 liter.

5. Perhitungan Kebutuhan Daya Pompa Air

a. Perhitungan Daya Pompa untuk air non produksi

Perhitungan Daya Pompa:

Suhu air (T) : 25°C

Densitas air (ρ) (T= 25°C) : 997,1 kg/ m³

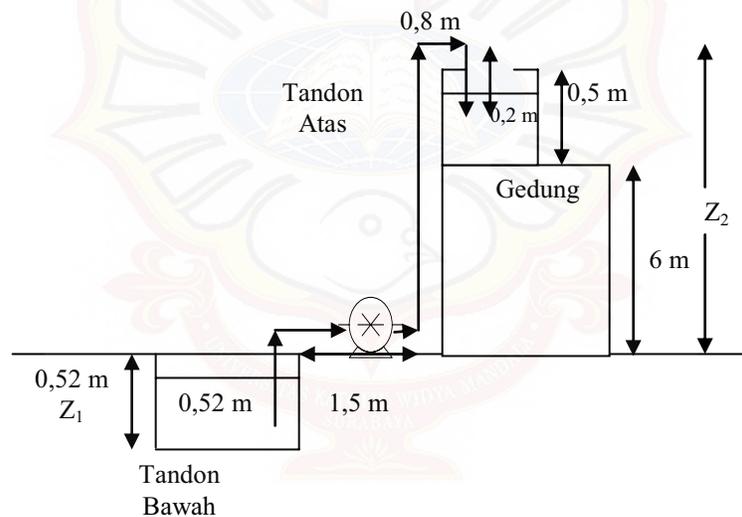
= 62,2412 lbm/ft³ (Singh dan Heldman,1984).

Viskositas (μ) air (T = 25°C) : 880,637 x 10⁻⁶ Pa

Kebutuhan air sebesar : 420,3 liter/3jam. Kebutuhan air ini diharapkan terpenuhi dalam 1 jam, sehingga:

Debit (q) air : 420,3 liter / 1 jam = 0,4203 m³/ 1 jam = 1,17 x 10⁻⁴ m³/s

= 0,0041 ft³/s



Gambar III.1.a. Skema Rancangan Aliran Air Non Produksi dari Tandon Bawah ke Tandon Atas

Perhitungan diameter pipa (D)

Menurut Peter dan Timmerhaus (1991), diameter pipa optimum yang digunakan untuk fluida dengan densitas (ρ) sebesar 62,2412 lbm/ft³ dan debit (q) sebesar 0,0116 ft³/s, dapat dihitung dengan rumus :

$$D_{\text{optimum}} = 3,9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$D_{\text{optimum}} = 3,9 \times 0,0041^{0,45} \times 62,2412^{0,13} = 0,56 \text{ inch}$$

Perhitungan kecepatan aliran air (u)

Berdasarkan Tabel *Steel-pipe Dimensions* dalam (Singh dan Heldman, 1984), pipa *stainless* dengan nominal ukuran pipa sebesar $\frac{3}{4}$ inch, *schedule 40* memiliki luas aliran per pipa (A) sebesar 0,02093 m. Kecepatan aliran fluida atau *velocity* (u) dapat dihitung dengan rumus:

$$u = \frac{q}{A} = \frac{q}{1/4 \times \pi \times ID^2} = \frac{1,17 \times 10^{-4}}{1/4 \times \pi \times (0,02093)^2} = 0,3402 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan aliran air dari tandon bawah ke tandon atas adalah sebesar 0,3402 m/s.

Perhitungan bilangan Reynolds (NRe)

Berdasarkan Tabel *Steel-pipe Dimensions* dalam (Singh dan Heldman, 1984), pipa *stainless* dengan nominal ukuran pipa sebesar $\frac{3}{4}$ inch, *schedule 40* memiliki diameter dalam (ID) sebesar 0,02093 m. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{\rho \times ID \times u}{\nu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,02093 \times 0,3402}{880,637 \times 10^{-6}} = 8062,05 \end{aligned}$$

Menurut Singh dan Heldman (1984), aliran fluida di pipa dengan $NRe > 4000$ termasuk aliran turbulen. Dari data bahwa NRe pada pipa tersebut sebesar 8062,05 lebih besar dari 4000, sehingga dapat disimpulkan bahwa aliran air di pipa tersebut termasuk aliran turbulen.

Perhitungan faktor friksi

Menurut Singh dan Heldman (1984), perhitungan faktor friksi atau (f) menggunakan diagram Moody, dengan menggunakan data Bilangan Reynolds (NRe) dan nilai kekasaran relatif pipa (ε/D). Nilai kekasaran ekuivalen (*equivalent roughness*) pipa stainless (ε) adalah $45,7 \times 10^{-6}$ (Singh dan Heldman, 1984).

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{45,7 \times 10^{-6}}{0,02093} = 0,0022$$

Dari pembacaan diagram *Moody* (Singh dan Heldman, 1984) didapat faktor friksi pipa sebesar 0,0062

Perhitungan panjang ekuivalen pipa (L_e) untuk *fittings* dan *valves*

Diasumsikan pipa yang digunakan :

- Total panjang pipa lurus (L)
 $L = 0,52 + 1,5 + 6 + 0,5 + 0,8 + 0,2 = 9,52 \text{ m}$
- 4 *standard elbows* 90°
 dengan nilai $L_e/D = 32$ (Peter dan Timmerhaus, 1991)
- 1 *gate valve, open*
 dengan nilai $L_e/D = 7$ (Peter dan Timmerhaus, 1991)

Jadi, total L_e untuk *fittings* dan *valve* :

$$L_e = (4 \times 32 \times 0,02093) + (1 \times 7 \times 0,02093) = 2,8256 \text{ m}$$

Perhitungan energi friksi di sepanjang pipa (E_f)

Energi friksi di sepanjang pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$E_f = 2f \frac{u^2 L}{D}, \text{ dengan } L = L + L_e$$

(Singh dan Heldman, 1984)

$$E_f = 2f \frac{u^2 L}{D}$$

$$E_f = 2 \times 0,0062 \times \frac{0,3402^2 \times (9,52 + 2,8256)}{0,02093} = 0,8465 \text{ J / kg}$$

Jadi, energi friksi yang dihasilkan di sepanjang pipa sebesar 0,8465 J/kg.

Perhitungan energi friksi yang disebabkan kontraksi tiba-tiba (E_{f_2})

Energi friksi di sepanjang pipa yang disebabkan oleh kontraksi tiba-tiba dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E_f = K_f \frac{u^2}{2}, \text{ dimana } K_f = 0,4x(1,25 - \frac{D_2^2}{D_1^2}), \text{ dengan } \frac{D_2^2}{D_1^2} < 0,715$$

(Singh dan Heldman, 1984).

$$E_f = 0,4x(1,25 - \frac{D_2^2}{D_1^2})x \frac{u^2}{2}$$

$$E_f = 0,4x(1,25 - 0)x \frac{0,3402^2}{2} = 0,0289 \text{ J / kg}$$

Jadi, energi friksi yang dihasilkan karena kontraksi tiba-tiba = 0,0289 J/kg.

Perhitungan energi mekanik pompa (E_p)

Menurut Singh dan Heldman (1984), energi mekanik pompa yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_p = \Delta PE + \Delta KE + \frac{\Delta P}{\rho} + E_f, \text{ dimana } \Delta PE = \text{energi potensial} = g (Z_2 - Z_1)$$

$$\Delta KE = \text{energi kinetik} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2\alpha} \rightarrow \alpha = 1,0 \text{ untuk aliran } \textit{turbulent}$$

$$\begin{aligned} E_p &= g(Z_2 - Z_1) + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2\alpha} + \frac{\Delta P}{\rho} + E_{f_1} + E_{f_2} \\ &= 9,8(6,5 - 0,52) + \frac{0,3402^2 - 0}{2x1} + 0 + (0,8465 + 0,0289) \\ &= 58,604 + 0,0579 + 0,8752 \\ &= 59,5371 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Jadi, energi mekanik pompa yang dibutuhkan sebesar 59,5371 J/kg.

Perhitungan kecepatan massa aliran (\dot{m})

Menurut Singh dan Heldman (1984), kecepatan massa aliran fluida dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \rho A u = \rho q \\ &= 997,1 \times 1,17 \times 10^{-4} = 0,1167 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Jadi, kecepatan aliran massa air adalah 0,1167 kg/s.

Perhitungan daya pompa dan daya motor

Daya merupakan energi yang dibutuhkan persatuan waktu (Singh dan Heldman, 1984). Daya pompa yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned}\text{Power} = P &= E_p \times \dot{m} = 59,5371 \times 0,1167 = 6,9480 \text{ J/s} \\ &= 6,9480 \text{ Watt} = 0,0007 \text{ kW} = 0,0009 \text{ HP}\end{aligned}$$

Menurut Fletcher (2007), efisiensi motor untuk pompa air yang paling baik 85%, sedangkan efisiensi total 65%, maka efisiensi pompa (z) adalah:

Efisiensi total = (efisiensi pompa x efisiensi motor) x 100%

$$65\% = (z \times 85\%) \times 100\%$$

$$z = 76\%, \text{ sehingga dapat dihitung daya pompa}$$

$$\text{Dayapompa} = \frac{0,0009}{0,76} = 0,0012 \text{ HP}$$

$$\text{Dayamotor} = \frac{0,0012}{0,85} = 0,0014 \text{ HP} \approx 0,01 \text{ HP}$$

Jadi, pompa air yang akan digunakan adalah pompa dengan daya motor sebesar 0,01 HP = 0,0007 kW.

b. Perhitungan Daya Pompa untuk air produksi

Perhitungan Daya Pompa:

Suhu air (T) : 25°C

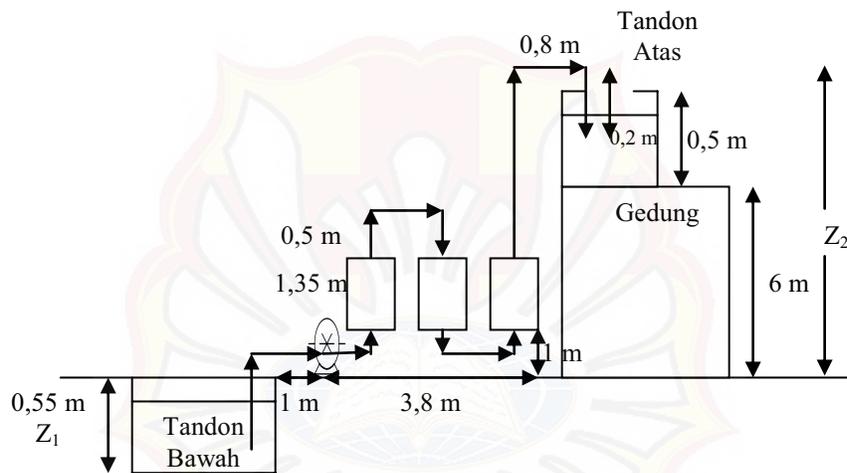
Densitas air (ρ) (T= 25°C) : 997,1 kg/ m³
= 62,2412 lbm/ft³ (Singh dan Heldman,1984).

Viskositas (μ) air (T = 25°C) : 880,637 x 10⁻⁶ Pa

Kebutuhan air sebesar : 427,44 liter/3jam

Kebutuhan air ini diharapkan terpenuhi dalam 1 jam, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Debit (q) air} &: 427,44 \text{ liter/1 jam} = 0,4274 \text{ m}^3/\text{1 jam} = 1,19 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,0043 \text{ ft}^3/\text{s} \end{aligned}$$



Gambar III.1.b. Skema Rancangan Aliran Air Produksi dari Tandon Bawah ke Tandon Atas

Perhitungan diameter pipa (D)

Menurut Peter dan Timmerhaus (1991), diameter pipa optimum yang digunakan untuk fluida dengan densitas (ρ) sebesar $62,2412 \text{ lbm/ft}^3$ dan debit (q) sebesar $0,0072 \text{ ft}^3/\text{s}$, dapat dihitung dengan rumus :

$$D_{\text{optimum}} = 3,9 \times q^{0,45} \times \rho^{0,13}$$

$$D_{\text{optimum}} = 3,9 \times 0,0043^{0,45} \times 62,2412^{0,13}$$

$$= 0,5746 \text{ inch}$$

Perhitungan kecepatan aliran air (u)

Berdasarkan Tabel *Steel-pipe Dimensions* dalam (Singh dan Heldman, 1984), pipa *stainless* dengan nominal ukuran pipa sebesar $\frac{3}{4}$ inch, *schedule* 40 memiliki luas aliran per pipa (A) sebesar 0,02093 m. Kecepatan aliran fluida atau *velocity* (u) dapat dihitung dengan rumus:

$$u = \frac{q}{A} = \frac{q}{1/4 \times \pi \times ID^2} = \frac{1,19 \times 10^{-4}}{1/4 \times \pi \times (0,02093)^2} = 0,3461 \text{ m/s}$$

Jadi, kecepatan aliran air dari tandon bawah ke tandon atas adalah sebesar 0,3461 m/s.

Perhitungan bilangan Reynolds (NRe)

Berdasarkan Tabel *Steel-pipe Dimensions* dalam (Singh dan Heldman, 1984), pipa *stainless* dengan nominal ukuran pipa sebesar $\frac{3}{4}$ inch, *schedule* 40 memiliki diameter dalam (ID) sebesar 0,02093 m. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} NRe &= \frac{\rho \times ID \times u}{\nu} \\ &= \frac{997,1 \times 0,02093 \times 0,3461}{880,637 \times 10^{-6}} = 8201,87 \end{aligned}$$

Menurut Singh dan Heldman (1984), aliran fluida di pipa dengan $NRe > 4000$ termasuk aliran turbulen. Dari data bahwa NRe pada pipa tersebut sebesar 8201,87 lebih besar dari 4000, sehingga dapat disimpulkan bahwa aliran air di pipa tersebut termasuk aliran turbulen.

Perhitungan faktor friksi

Menurut Singh dan Heldman (1984), perhitungan faktor friksi atau (f) menggunakan diagram Moody, dengan menggunakan data Bilangan Reynolds (NRe) dan nilai kekasaran relatif pipa (ϵ/D). Nilai kekasaran ekuivalen (*equivalent roughness*) pipa *stainless* (ϵ) adalah $45,7 \times 10^{-6}$ (Singh dan Heldman, 1984).

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{45,7 \times 10^{-6}}{0,02093} = 0,0022$$

Dari pembacaan diagram *Moody* (Singh dan Heldman, 1984) didapat faktor friksi pipa sebesar 0,0062

Perhitungan panjang ekuivalen pipa (L_e) untuk *fittings* dan *valves*

Diasumsikan pipa yang digunakan :

- Total panjang pipa lurus (L)
 $L = 0,55 + 1 + 1,35 + 0,5 + 0,5 + 1,35 + 1,35 + 3,8 + 4,15 + 0,8 + 0,2$
 $= 15,55 \text{ m}$
- 4 *standard elbows* 90°
 dengan nilai $L_e/D = 32$ (Peter dan Timmerhaus, 1991)
- 1 *gate valve, open*
 dengan nilai $L_e/D = 7$ (Peter dan Timmerhaus, 1991)

Jadi, total L_e untuk *fittings* dan *valve* :

$$L_e = (4 \times 32 \times 0,02093) + (1 \times 7 \times 0,02093) = 2,8256 \text{ m}$$

Perhitungan energi friksi di sepanjang pipa (E_{f_1})

Energi friksi di sepanjang pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$E_f = 2f \frac{u^2 L}{D}, \text{ dengan } L = L + L_e$$

(Singh dan Heldman, 1984)

$$E_f = 2f \frac{u^2 L}{D}$$

$$E_f = 2 \times 0,0062 \times \frac{0,3461^2 \times (15,55 + 2,8256)}{0,02093} = 1,3041 \text{ J / kg}$$

Jadi, energi friksi yang dihasilkan di sepanjang pipa sebesar 1,3041 J/kg.

Perhitungan energi friksi yang disebabkan kontraksi tiba-tiba (E_{f_2})

Energi friksi di sepanjang pipa yang disebabkan oleh kontraksi tiba-tiba dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E_f = K_f \frac{u^2}{2}, \text{ dimana } K_f = 0,4 \times \left(1,25 - \frac{D_2^2}{D_1^2}\right), \text{ dengan } \frac{D_2^2}{D_1^2} < 0,715$$

(Singh dan Heldman, 1984).

$$E_f = 0,4 \times \left(1,25 - \frac{D_2^2}{D_1^2}\right) \times \frac{u^2}{2}$$

$$E_f = 0,4 \times (1,25 - 0) \times \frac{0,3461^2}{2} = 0,0299 \text{ J/kg.}$$

Jadi, energi friksi yang dihasilkan karena kontraksi tiba-tiba = 0,0299 J/kg.

Perhitungan energi mekanik pompa (E_p)

Menurut Singh dan Heldman (1984), energi mekanik pompa yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan :

$$E_p = \Delta PE + \Delta KE + \frac{\Delta P}{\rho} + E_f, \text{ dimana } \Delta PE = \text{energi potensial} = g(Z_2 - Z_1)$$

$$\Delta KE = \text{energi kinetik} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2\alpha} \rightarrow \alpha = 1,0 \text{ untuk aliran } \textit{turbulent}$$

$$\begin{aligned} E_p &= g(Z_2 - Z_1) + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2\alpha} + \frac{\Delta P}{\rho} + E_{f_1} + E_{f_2} \\ &= 9,8(6,5 - 0,55) + \frac{0,3461^2 - 0}{2 \times 1} + 0 + (1,3041 + 0,0299) \\ &= 58,31 + 0,0599 + 1,334 \\ &= 59,7039 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Jadi, energi mekanik pompa yang dibutuhkan sebesar 59,7039 J/kg.

Perhitungan kecepatan massa aliran (\dot{m})

Menurut Singh dan Heldman (1984), kecepatan massa aliran fluida dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \rho A u = \rho q \\ &= 997,1 \times 1,19 \times 10^{-4} = 0,1187 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Jadi, kecepatan aliran massa air adalah 0,1187 kg/s.

Perhitungan daya pompa dan daya motor

Daya merupakan energi yang dibutuhkan persatuan waktu (Singh dan Heldman, 1984). Daya pompa yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\begin{aligned} Power = P &= E_p \times \dot{m} = 59,7039 \times 0,1187 = 7,0869 \text{ J/s} \\ &= 7,0869 \text{ Watt} = 0,0071 \text{ kW} = 0,0095 \text{ HP} \end{aligned}$$

Menurut Fletcher (2007), efisiensi motor untuk pompa air yang paling baik 85%, sedangkan efisiensi total 65%, maka efisiensi pompa (z) adalah: Efisiensi total = (efisiensi pompa x efisiensi motor) x 100%

$$65\% = (z \times 85\%) \times 100\%$$

$$z = 76\%, \text{ sehingga dapat dihitung daya pompa}$$

$$Dayapompa = \frac{0,0095}{0,76} = 0,0125 \text{ HP}$$

$$Dayamotor = \frac{0,0125}{0,85} = 0,0147 \text{ HP} \approx 0,01 \text{ HP}$$

Jadi, pompa air yang akan digunakan adalah pompa dengan daya motor sebesar 0,01 HP = 0,0071 kW.

6. Perhitungan Kebutuhan Listrik Untuk Penggunaan Lampu

Lampu yang dibutuhkan ini digunakan untuk menerangi seluruh area perusahaan. Selain itu, lampu ini juga menghasilkan panas dari cahaya yang dipancarkan. Panas ini dapat digunakan dan berpengaruh terhadap suhu dan kelembaban ruangan. Jumlah lampu yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan luas ruangan, *foot candles*, lumen, dan jenis lampu (Higgins dan Mobley, 2001).

Menurut Teicholz (2001), lumen adalah jumlah cahaya yang dapat diberikan untuk suatu intensitas cahaya sebesar 1 *foot candle* per-1 *square feet* ruangan. *Foot candle* adalah minimum intensitas cahaya yang dapat digunakan sebagai kecukupan intensitas cahaya dalam suatu ruangan. Lumen setara dengan satu *foot candle* yang jatuh pada tiap luasan area

tertentu (ft²) (Bryant,1997). Berdasarkan pengertian tersebut maka lumen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\text{Lumen} = \text{foot candles} \times \text{luas area,}$$

$$\rightarrow \text{luas area dalam satuan feet kuadrat (ft}^2\text{)}.$$

Menurut Higgins dan Mobley (2001), jenis lampu yang sering digunakan dalam industri adalah lampu TL 20 W (lumen output per lampu = 800), lampu TL 40 W (lumen output per lampu = 1960), dan lampu merkuri 250 W (lumen output per lampu = 10000). Tabel kebutuhan listrik untuk penerangan ruangan dapat dilihat pada **Tabel III.2**, dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

Contoh Perhitungan

1. Lampu Halaman

$$\text{Luas area} = 290 \text{ m}^2 = 3121,64 \text{ ft}^2$$

Foot candle lampu yang akan digunakan = 5 *foot candles*

$$\text{Lumen} = 3121,64 \text{ ft}^2 \times 5 = 15608,18$$

Daya lampu yang digunakan : 100 watt dengan lumen lampu = 3900

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Jumlah Lampu yang Dibutuhkan} &= \frac{\text{lumen}}{\text{lumenlampu}} \\ &= \frac{15608,18}{3900} \approx 4\text{buah} \end{aligned}$$

\rightarrow Lama Penggunaan Lampu Sehari = 12 jam

Daya yang dibutuhkan per hari

$$= \text{Daya Lampu} \times \Sigma \text{Lampu} \times \Sigma \text{Jam} \times \Sigma \text{Ruangan}$$

$$= \frac{100}{1000} \times 4 \times 12 \times 1 = 4,8 \text{ kWh}$$

2. Lampu Toilet

$$\text{Luas area} = 4 \text{ m}^2 = 43,06 \text{ ft}^2$$

Foot candle lampu yang akan digunakan = 5 *foot candles*

$$\text{Lumen} = 43,06 \text{ ft}^2 \times 5 = 215,29$$

Daya lampu yang digunakan : 40 watt dengan lumen lampu = 1960

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Jumlah Lampu yang Dibutuhkan} &= \frac{\text{lumen}}{\text{lumenlampu}} \\ &= \frac{215,29}{1960} \approx 1\text{buah} \end{aligned}$$

\rightarrow Lama Penggunaan Lampu Sehari = 10 jam

Daya yang dibutuhkan per hari

= Daya Lampu x Σ Lampu x Σ Jam x Σ Ruangan

$$= \frac{40}{1000} \times 1 \times 10 \times 5 = 2kWh$$

3. Lampu Ruang Produksi Bawah

Luas area = $224 \text{ m}^2 = 2411,19 \text{ ft}^2$

Foot candle lampu yang akan digunakan = 10 foot candles

Lumen = $2411,19 \text{ ft}^2 \times 10 = 24111,95$

Daya lampu yang digunakan : 100 watt dengan lumen lampu = 3900

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Jumlah Lampu yang Dibutuhkan} &= \frac{\text{lumen}}{\text{lumenlampu}} \\ &= \frac{2411,95}{3900} \approx 7\text{buah} \end{aligned}$$

\rightarrow Lama Penggunaan Lampu Sehari = 10 jam

Daya yang dibutuhkan per hari

= Daya Lampu x Σ Lampu x Σ Jam x Σ Ruangan

$$= \frac{100}{1000} \times 7 \times 10 \times 1 = 7kWh$$

7. Perhitungan Kebutuhan Listrik Untuk Pendingin Ruangan

1. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin ruangan

Pendingin ruangan yang dipergunakan adalah *Air Conditioner* (AC).

Menurut Prarismawan dan Wibowo (2008), kebutuhan standar pendingin ruangan adalah 500 BTU/hr per satuan luas ruangan (dalam m^2), sedangkan

AC 1 PK setara dengan 9000 BTU/hr (Koll, 2006). Ruangan yang

memerlukan pendingin ruangan adalah ruang direktur dan ruang sekretaris, ruang administrasi, ruang rapat, ruang atas, ruang umum, ruang penimbangan dan laboratorium. Perincian perhitungan kebutuhan listrik untuk AC adalah sebagai berikut:

1. Ruang Direktur dan Ruang Sekretaris

$$\text{Luas} = 15 \text{ m}^2$$

$$\text{KebutuhanAC} = 500 \times 15 = 7500 \text{ Btu/hr} \approx \frac{7500}{9000} \approx 1 \text{ PK}$$

2. Ruang Administrasi

$$\text{Luas} = 21 \text{ m}^2$$

$$\text{KebutuhanAC} = 500 \times 21 = 10500 \text{ Btu/hr} \approx \frac{10500}{9000} \approx 1 \text{ PK}$$

3. Ruang Rapat

$$\text{Luas} = 21 \text{ m}^2$$

$$\text{KebutuhanAC} = 500 \times 21 = 10500 \text{ Btu/hr} \approx \frac{10500}{9000} \approx 1 \text{ PK}$$

4. Ruang Atas

$$\text{Luas} = 15 \text{ m}^2$$

$$\text{KebutuhanAC} = 500 \times 15 = 7500 \text{ Btu/hr} \approx \frac{7500}{9000} \approx 1 \text{ PK}$$

5. Ruang Umum

$$\text{Luas} = 10 \text{ m}^2$$

$$\text{KebutuhanAC} = 500 \times 10 = 5000 \text{ Btu/hr} \approx \frac{5000}{9000} \approx 1 \text{ PK}$$

6. Ruang Penimbangan

$$\text{Luas} = 6 \text{ m}^2$$

$$\text{KebutuhanAC} = 500 \times 6 = 3000 \text{ Btu/hr} \approx \frac{3000}{9000} \approx 1/3 \text{ PK}$$

7. Laboratorium

Luas = 6 m²

$$\text{Kebutuhan AC} = 500 \times 6 = 3000 \text{ Btu/hr} \approx \frac{3000}{9000} \approx 1/3 \text{ PK}$$

Berdasarkan perhitungan kebutuhan pendingin ruangan tersebut diketahui bahwa ruang direktur dan ruang sekretaris, ruang administrasi, ruang rapat, ruang atas, dan ruang umum masing-masing memerlukan AC 1 PK. Namun ada ruangan-ruangan seperti ruang direktur dan ruang sekretaris, ruang administrasi dan ruang rapat yang membutuhkan AC lebih dari 1 PK. Masing – masing ruangan tersebut dapat diatasi dengan hanya menggunakan AC dengan kapasitas 2 PK sebanyak 1 buah. Meskipun ruang atas dan ruang umum memerlukan AC 1 PK, tapi dapat diatasi dengan AC dengan kapasitas lebih kecil yaitu ¾ PK. Hal ini disebabkan karena ruang atas dan ruang umum jarang digunakan. Sementara untuk ruang penimbangan dan laboratorium dibutuhkan AC dengan kapasitas yang lebih kecil, yaitu 1/3 PK, dapat diatasi dengan menggunakan AC ¼ PK sebanyak 1 buah karena mengingat besar ruangan yang cukup terjangkau dengan AC ¼ PK.

Tabel III.2. Kebutuhan Listrik untuk Penggunaan Lampu

No	Nama Ruangan	Luas (m ²)	Luas (ft ²)	FC	Lumen	Watt	Lumen output lampu	Σ Lampu	Lama Pemakaian (jam)	Σ Ruang	Daya (kWh)/hari	Jenis Lampu
1	Pos Satpam	12	129,17	10	1291,71	40	1.960	1	12	1	0,48	TL40
2	Halaman	290	3121,64	5	15608,18	100	3.900	4	12	1	4,80	TL100
3	Kantin	15	161,46	10	1614,64	40	1.960	1	5	1	0,16	TL40
4	Toilet	4	43,06	5	215,29	40	1.960	1	10	5	2,00	M40
5	Tempat Ibadah	9	96,88	5	484,39	40	1.960	1	5	1	0,20	TL40
6	Ruang Direktur dan Ruang Sekretaris	15	161,46	10	1614,64	40	1.960	1	8	1	0,32	TL40
7	Ruang Administrasi	21	226,05	15	3390,74	40	1.960	2	8	1	0,64	TL40
8	Dapur	4	43,06	5	215,29	20	800	1	10	1	0,20	TL20
9	Ruang Kesehatan	6	64,59	5	322,93	40	1.960	1	10	1	0,40	TL40
10	Lobby	81	871,91	10	8719,05	40	1.960	5	10	2	4,00	TL40
11	Ruang Ganti Karyawan	12	129,17	5	645,86	20	800	1	2	1	0,04	TL20
12	Gudang Bahan Baku	36	387,51	20	7750,27	100	3.900	2	10	1	2,00	TL100
13	Gudang Produk Jadi	25	269,11	20	5382,13	100	3.900	2	10	1	2,00	TL100
14	Gudang Bahan	21	226,05	20	4520,99	100	3.900	2	10	1	2,00	TL100

**LAMPIRAN IV
PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI**

1. Perhitungan Harga Bahan Baku dan Bahan Pembantu

Harga bahan baku dan bahan pembantu yang diperlukan untuk proses pengolahan wafer *stick* dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1. Harga Bahan Baku dan Bahan Pembantu untuk Proses

Bahan	Jumlah/ hari (kg)	Jumlah/ bulan* (kg)	Harga/ kg (Rp)	Harga/ Bulan (Rp)	Harga/ tahun (Rp)
Tepung terigu	472,70	10399,40	8700	90.474.780,00	1.085.697.360,00
Tapioka	157,57	3466,54	6000	20.799.240,00	249.590.880,00
Minyak nabati	171,12	3764,64	11500	43.293.360,00	519.520.320,00
Coklat bubuk	232,10	5106,20	20000	102.124.000,00	1.225.488.000,00
Vanili bubuk	0,47	10,34	110000	1.137.400,00	13.648.800,00
<i>Emulsifier</i>	3,07	67,54	60000	4.052.400,00	48.628.800,00
Garam	5,04	110,88	2500	277.200,00	3.326.400,00
Gula	355,16	7813,52	11000	85.948.720,00	1.031.384.640,00
Margarin	77,13	1696,86	18000	30.543.480,00	366.521.760,00
Susu bubuk	37,66	828,52	27000	22.370.040,00	268.440.480,00
Pewarna <i>caramel</i>	0,24	5,28	52200	275.616,00	3.307.392,00
<i>Flavouring agent</i>	0,39	8,58	35000	300.300,00	3.603.600,00
Total				401.596.536,00	4.819.158.432,00

* 1 bulan (30 hari) = 22 hari kerja

2. Perhitungan Harga Bahan Pengemas

Wafer *stick* yang direncanakan akan dikemas dengan kemasan primer berupa plastik *multilayer* yang diisi dengan 9 batang wafer *stick*, panjang 10 cm, diameter 8 mm dan berat 7 g per wafer *stick*. Kemasan primer dibeli dalam bentuk roll ukuran 1000 m x 0,015 m sehingga satu roll kemasan primer dapat menghasilkan 47.500 kemasan wafer *stick* berukuran (pxlxt) 14 cm x 8 cm x 2 cm. Barulah setelah selesai, kemasan primer dikemas dengan kemasan sekunder yaitu karton kecil dengan tebal 0,5 mm yang memiliki ukuran (pxlxt) 12 cm x 8 cm x 2,5 cm. Setiap 12 karton kecil dilakukan pengemasan dengan kemasan tersier dengan menggunakan karton yang lebih tebal dan besar, yaitu dengan tebal karton 3 mm dengan ukuran (pxlxt) 24 cm x 30 cm x 16 cm, untuk menjaga keutuhan wafer *stick* dari tekanan dan guncangan selama penyimpanan dan pendistribusian.

Kemasan Primer

- ✓ Harga bahan pengemas = Rp. 550.000,00 per roll
- ✓ 1 roll menghasilkan 47.500 kemasan wafer *stick*
- ✓ Biaya pengemas untuk satu kemasan = $\text{Rp. } 550.000,00 / 47500 = \text{Rp. } 11,58$
- ✓ Wafer *stick* yang dihasilkan per hari = 15873 kemasan.
- ✓ Biaya pengemasan primer per hari = $\text{Rp. } 11,58 \times 15873 = \text{Rp. } 183.809,34$

Kemasan Sekunder

- ✓ Harga karton untuk kemasan sekunder = Rp. 100,00
- ✓ Ukuran karton (pxlxt) adalah 12 cm x 8 cm x 2,5 cm
- ✓ Wafer *stick* yang dihasilkan per hari = 15873 kemasan
- ✓ Biaya pengemasan sekunder per hari
= $\text{Rp. } 100,00 \times 15873 = \text{Rp. } 1.587.300,00$

Kemasan Tersier

- ✓ Harga karton untuk kemasan tersier = Rp. 700,00
- ✓ Ukuran karton (pxlxt) adalah 24 cm x 30 cm x 16 cm

- ✓ Wafer *stick* yang dihasilkan per hari = 15873 kemasan sekunder.
- ✓ Kebutuhan karton (kemasan tersier) per hari = 15873 : 12 = 1323 karton.
- ✓ Biaya pengemasan tersier per hari = Rp. 700,- x 1323 = Rp. 926.100,00

Isolasi

Isolasi satu roll = 15 m, diasumsikan per karton membutuhkan 0,3 m isolasi, maka jumlah roll yang dibutuhkan untuk 1323 karton adalah

$$= (0,3 \text{ m} \times 1323) : 15$$

$$= 26,46 \approx 27$$

Harga satu roll isolasi adalah Rp 6.000,00

Biaya isolasi/hari = 27 roll x Rp 6000 = Rp 162.000,00

→ Total biaya pengemasan/hari:

$$= \text{biaya pengemasan primer, sekunder, dan tersier} + \text{biaya isolasi}$$

$$= \text{Rp.183.809,34} + \text{Rp.1.587.300,00} + \text{Rp.926.100,00} + \text{Rp.162.000,00}$$

$$= \text{Rp 2.859.209,34}$$

→ Total biaya bahan pengemasan/bulan:

$$= \text{Rp 2.859.209,34} \times 22 \text{ hari} = \text{Rp 62.902.605,48/bulan}$$

→ Total biaya bahan pengemasan/tahun:

$$= \text{Rp 62.902.605,48} \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp 745.831.265,80/tahun}$$

3. Perhitungan Harga Mesin dan Peralatan

• Untuk Keperluan Proses Produksi

Tabel IV.2. Harga Mesin untuk Keperluan Proses Produksi

Nama Mesin	Jumlah	Harga Satuan (USD)*	Harga/ Satuan (Rp)**	Total Harga (Rp)
Penggiling Gula	1	46	404.110	404.110
<i>Vertical Dough Mixer</i>	1	2.000	17.570.000	17.570.000
Mesin Pemanggang sampai Pematang Wafer Stick	1	28.000	245.980.000	245.980.000
<i>Output Conveyyor</i>	1		40.000.000	40.000.000
Mesin Pengemas	1	7.000	61.495.000	61.495.000
Total				365.449.110

Tabel IV.3. Harga Peralatan untuk Keperluan Proses Produksi

Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan (USD)*	Harga/ Satuan (Rp)**	Total Harga (Rp)
Timbangan Kapasitas Besar	2		1.000.000	2.000.000
Timbangan Digital Kapasitas Kecil	2		195.000	390.000
<i>Ball Mill Machine</i>	1		175.000.000	175.000.000
Hopper (Tangki Penampung Adonan Opak)	1	6.500	57.102.500	57.102.500
Tangki Penampung Adonan Pasta	1	7.800	68.523.000	68.523.000
Hand Pallet (Kereta Dorong)	5		1.500.000	7.500.000
Container Plastik Tertutup	10		50.000	500.000
Container Plastik Terbuka	5		60.000	300.000
Wadah Plastik Kecil	30		15.000	450.000
Hand Forklift	1	470	4.128.950	4.128.950
Pemanas Air (<i>water heater</i>)	1	300	2.635.500	2.635.500
Generator	1	15.000	131.775.000	131.775.000
Lift Hidrolik	1		4.500.000	4.500.000
Lift Barang	1		80.000.000	80.000.000
Pompa Air	2		1.250.000	2.500.000
Tandon Air Atas	2		1.250.000	2.500.000
Tandon Air Bawah	1		3.500.000	3.500.000
Pallet Kayu	10		85.000	850.000
<i>Water Treatment</i>	1		2.000.000	2.000.000
Total				546.154.950

* Harga pada Maret 2011

** dengan nilai tukar 8785 IDR per 1 US\$ (11 Maret 2011)

→ Jadi Total Harga Mesin dan Peralatan Adalah
 $= 365.449.110 + 546.154.950 = 911.604.060$

• **Untuk Keperluan Lampu dan Peralatan Lain-Lain**

Harga barang untuk lampu yang digunakan dan kebutuhan peralatan lain-lain, seperti AC dan peralatan kantor dapat dilihat pada Tabel IV.4.

Tabel IV.4. Harga Peralatan Lain-Lain

Nama Alat	Jumlah	Harga Satuan (USD)*	Harga/ Satuan (Rp)**	Total Harga (Rp)
Air Conditioner (¼ PK)	2		2.600.000	5.200.000
Air Conditioner (¾ PK)	2		2.625.000	5.250.000
Air Conditioner (2 PK)	3		4.100.000	12.300.000
Exhaust-fan	9		205.000	1.845.000
Tabung LPG	1		367.750	367.750
Tandon Air Bawah	1		3.500.000	3.500.000
Tandon Air Atas	2		1.250.000	2.500.000
Lampu 20 watt	4	4,86	42.695	170.780
Lampu 40 watt	18	4,99	43.837	789.069
Lampu 100 watt	49	15,00	131.775	6.456.975
Komputer	5		4.600.000	23.000.000
Meja Kantor Besar	1		1.200.000	1.200.000
Kursi Kantor Besar	1		800.000	800.000
Meja Kantor	10		265.000	2.650.000
Kursi Kantor	22		130.000	2.860.000
Telepon	7		70.000	490.000
Dispenser Air	3		225.000	675.000
Set Alat Kebersihan	2		450.000	900.000
Fire Extinguisher	4		500.000	2.000.000
Locker Karyawan	15		1.100.000	16.500.000
Total				89.454.574

* Harga pada Maret 2011

** dengan nilai tukar 8785 IDR per 1 US\$ (11 Maret 2011)

4. Perhitungan Harga Utilitas

a. Air

• Untuk keperluan sanitasi dan produksi

Kebutuhan air per hari = 2825,79 liter air (Lampiran III)

Kebutuhan air per bulan (22 hari kerja) = 2825,79 liter air x 22 = 62,1674 m³

Tarif biaya air per m³ berdasarkan data dari PDAM untuk industri sedang di Kabupaten Mojokerto tahun 2011 adalah sebagai berikut:

$$0 - 10 \text{ m}^3 = \text{Rp } 6.200,00$$

$$>10 \text{ m}^3 = \text{Rp } 7.400,00$$

Biaya Sewa meteran = Rp. 3.300,00

Pajak sewa meteran = Rp. 650,00

Total biaya yang harus dibayar

$$= (10 \text{ m}^3 \times 6.200) + ((62,1674 - 10) \text{ m}^3 \times 7.400) + 3300 + 650$$

$$= \text{Rp. } 451.988,76 / \text{bulan} = \text{Rp. } 5.423.865,12 / \text{tahun} \approx \text{Rp. } 5.423.866 / \text{tahun}$$

• Untuk keperluan minum karyawan

Jumlah galon air yang diperlukan per hari = 3 galon (Lampiran III)

Jumlah galon air yang diperlukan per bulan (22 hari kerja) = 66 galon

Harga 1 galon air (merek Club) = Rp. 8.500,00

Total biaya yang harus dibayar :

$$= 66 \times 8500 = \text{Rp. } 561.000,00 / \text{bulan}$$

$$= \text{Rp. } 6.732.000,00 / \text{tahun}$$

b. Listrik

Kebutuhan listrik per hari = 710,6928 kW (Bab 8). Cadangan listrik = 25% dari kebutuhan listrik Total listrik yang harus dipenuhi = 125% x 710,6928 = 888,366 kW = 1033,4666 kVA

Kebutuhan listrik per bulan (22 hari kerja) = 22.736,2652 kVA

Golongan tarif : I-3 yaitu golongan industri dengan batas daya pemakaian listrik diatas 200 kVA (PT. PLN, 2003).

Tarif listrik golongan I-3 (bulan Februari 2011):

Biaya beban (Rp./kVA/bulan) = Rp. 31500,00

Biaya pemakaian (Rp./kWh) = Rp. 680,00

Biaya beban per bulan

$$= 200 \text{ kVA} \times \text{Rp. } 31.500 = \text{Rp. } 6.300.000,00$$

Biaya beban per tahun

$$= \text{Rp. } 6.300.000,00 \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp. } 75.600.000,00$$

Biaya pemakaian listrik per bulan

$$= 22.736,2652 \text{ kVA} \times \text{Rp. } 680,00 = \text{Rp. } 15.460.660,34$$

Total biaya listrik per bulan

$$= \text{Rp. } 6.300.000,00 + \text{Rp. } 15.460.660,34 = \text{Rp. } 21.760.660,34$$

Biaya pemakaian listrik per tahun

$$= \text{Rp. } 21.760.660,34 \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp. } 261.127.924,00$$

Total biaya listrik per tahun

$$= \text{Rp. } 75.600.000,00 + \text{Rp. } 261.127.924,00 = \text{Rp. } 336.727.924,00$$

c. Solar

Kebutuhan solar per bulan = 611,4 liter/bulan (Bab 8)

Harga solar (PT. Epsom Mobile, 2011) Januari 2011 = Rp. 7400 / liter

$$\text{Total biaya solar per bulan} = 611,4 \times 7400 = \text{Rp. } 4.524.360,00$$

$$\text{Total biaya solar per tahun} = 12 \times \text{Rp. } 4.524.360,00 = \text{Rp. } 54.292.320,00$$

d. LPG

Kebutuhan LPG per hari = 1 tabung LPG 50 kg/ hari (Bab 8)

Kebutuhan LPG per bulan (22 hari kerja) = $22 \times 1 = 22$ tabung/bulan

Harga LPG 50 kg (PT. Pertamina, 2011) Januari 2011 = Rp. 367.750,00

$$\text{Total biaya LPG per bulan} = 22 \times \text{Rp. } 367.750,00 = \text{Rp. } 8.090.500,00$$

$$\text{Total biaya LPG per tahun} = 8.090.500,00 \times 12 = \text{Rp. } 97.086.000,00$$

5. Perhitungan Harga Tanah dan Bangunan

Berdasarkan denah lokasi dan tata letak pabrik pada Bab 6, dapat dilihat bahwa pabrik ini direncanakan didirikan di atas tanah seluas 1190 m² dengan luas bangunan lantai dasar sebesar 892,5 m² dan luas *mezanin* seluas 200 m².

- Harga Tanah

Luas area pabrik : 1190m²

Perkiraan harga tanah : Rp. 350.000,00/m²

$$\text{Harga tanah total} : 1190 \times 350.000 = \text{Rp. } 416.500.000,00$$

- Harga Bangunan

Luas bangunan lantai dasar : $892,5 \text{ m}^2$

Perkiraan harga bangunan lantai dasar/ m^2 : Rp. 1.700.000,00

Harga bangunan lantai dasar : $892,5 \times 1.700.000 = \text{Rp. } 1.517.250.000,00$

Luas *mezanin* : 200 m^2

Perkiraan harga bangunan *mezanin*/ m^2 : Rp. 1.450.000,00

Harga bangunan *mezanin*: $200 \times 1.450.000 = \text{Rp. } 290.000.000,00$

Harga bangunan total

= $\text{Rp. } 1.517.250.000,00 + \text{Rp. } 290.000.000,00 = \text{Rp. } 1.807.250.000,00$

Total biaya bangunan dan tanah

= $\text{Rp. } 416.500.000,00 + \text{Rp. } 1.807.250.000,00 = \text{Rp. } 2.223.750.000,00$

6. Perhitungan Gaji Pegawai

Berdasarkan struktur organisasi dan sistem penggajian pegawai pada Bab 7, perincian jumlah gaji yang diberikan pada pegawai setiap bulan dapat dilihat pada Tabel 7.5. Berdasarkan tabel tersebut, maka total gaji yang dibayarkan pada seluruh pegawai adalah sebesar Rp. 43.650.000,00 per bulan dan sebesar $\text{Rp. } 43.650.000,00 \times 12 = \text{Rp. } 523.800.000,00$ per tahun.

7. Perhitungan Harga Jual Produk Wafer *Stick*

Hasil Penjualan Produksi Wafer *Stick* (SC/Sales Cost)

Jumlah wafer *stick* yang dihasilkan per hari = $1000 \text{ kg} \approx 15873$ bungkus

Netto wafer *stick* per bungkus = 63 g wafer *stick*

Jumlah yang diproduksi per bulan

= $15873 \text{ bungkus} \times 22 \text{ hari kerja} = 349.206$ bungkus wafer *stick*

Jumlah yang diproduksi per tahun

= $349.206 \times 12 \text{ bulan} = 4.190.472$ bungkus

Total Production Cost (TPC) = Rp. 9.243.861.730,26

Production Cost per bungkus

$$= \frac{9.243.861.730,26}{4.190.472} = Rp.2.205,92$$

→ Perkiraan harga jual produk setelah ditambah dengan pajak penjualan sebesar 10% adalah Rp. 2850,00

→ Harga jual produk sebelum pajak adalah x

$$x + 10\% x = 2850$$

$$x = Rp. 2590,91$$

Harga jual sebelum pajak adalah Rp. 2590,91

→ Keuntungan yang diperoleh dengan harga jual Rp. 2590,91 adalah:

$$= Rp. 2590,91 - Rp. 2.205,92 = Rp. 384,99$$

→ Jadi keuntungan yang diperoleh adalah sebesar:

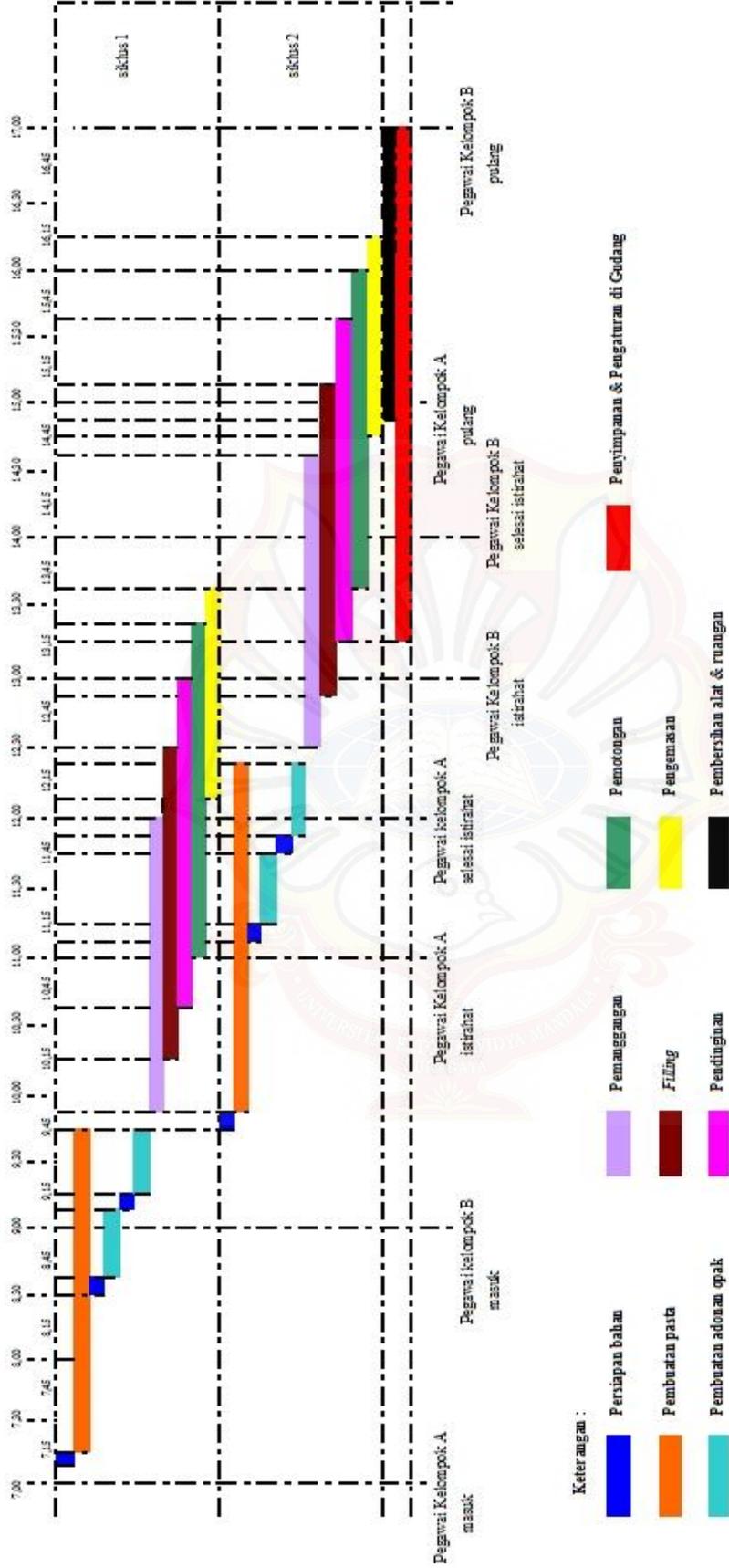
$$= \frac{384,99}{2.205,92} \times 100\% = 17,45\%$$

→ **Hasil penjualan produk per tahun (SC/Sales Cost)** adalah:

$$= Rp. 2590,91 \times 4.190.472$$

$$= \mathbf{Rp. 10.857.135.810,00}$$

LAMPIRAN V. PEMBAGIAN JAM KERJA KARYAWAN



Proses penimbangan dilakukan pada hari khusus yaitu hari Sabtu