

**LAMPIRAN A**  
**NERACA MASSA PENGOLAHAN WAFER *STICK***

Tabel A.1. Formulasi Opak Wafer *Stick*

<b>Bahan</b>	<b>%</b>
Tepung terigu	100
Tapioka	12
Air	160
Minyak	2,4
Gula pasir	3
Coklat bubuk	10
Vanili bubuk	0,03
Pewarna	0,01
Lesitin	0,56

Keterangan: Persen berat bahan berdasarkan berat tepung terigu  
Sumber: Matz, 1972

Tabel A.2. Formulasi Krim Wafer

<b>Bahan</b>	<b>%</b>
Gula pasir	45
Margarin	23
Coklat bubuk	27
Susu bubuk	4,8
Pewarna	0,03
<i>Essence</i>	0,1

Keterangan: Persen berat bahan berdasarkan berat total adonan  
Sumber: Matz, 1972

- Kapasitas produksi : 475.201 kemasan/hari; 4.564,91 kg terigu/hari  
Operasi pabrik : 9 jam/hari; 1 *shift* kerja  
Satuan massa : kg  
Satuan hari : hari

## 1. Pencampuran Bahan

### a. Opak Wafer *Stick*

Masuk	kg	Keluar	kg
Tepung terigu	4.564,91	Adonan opak wafer <i>stick</i> Sisa adonan (0,01% x 13.146,83)	13.145,52  1,31
Tapioka	547,78		
Air	7.303,93		
Minyak	109,45		
Gula pasir	136,93		
Coklat bubuk	456,47		
Vanili bubuk	1,36		
Pewarna	0,45		
Lesitin	25,55		
Total	13.146,83		

### b. Krim Wafer *Stick*

Masuk	kg	Keluar	kg
Gula pasir	691,89	Krim Sisa krim (0,01% x 1.535,44)	1.535,29  0,15
Margarin	353,44		
Coklat bubuk	414,89		
Susu bubuk	73,35		
Pewarna	0,44		
<i>Essence</i>	1,43		
Total	1.535,44		

## 2. Pemanggangan

Masuk	kg	Keluar	kg
Adonan wafer <i>stick</i>	13.145,52	Opak wafer <i>stick</i>	5.597,37
		Uap air (57,41% x 13.145,52)	7.546,84
		Sisa adonan (0,01% x 13.145,52)	1,31
Total	13.145,52	Total	13.145,52

**3. Pendinginan**

Masuk	kg	Keluar	kg
Opak wafer <i>stick</i>	5.597,37	Opak wafer <i>stick</i> Uap air (0,05% x 5.597,37)	5.594,58 2,79
Total	5.597,37	Total	5.597,37

**4. Filling**

Masuk	kg	Keluar	kg
Opak wafer <i>stick</i> Krim	5.594,58 1.535,29	Wafer <i>stick</i> utuh Krim yang menempel pada alat (0,01% x 1.535,29) Opak yang terbuang (0,005% x 5.594,58)	7.129,44 0,15 0,28
Total	7.129,87	Total	7.129,87

**5. Pemotongan**

Masuk	kg	Keluar	kg
Wafer <i>stick</i> utuh	7.129,44	Wafer <i>stick</i> potongan Wafer hancuran (0,01% x 7.129,44) <i>Defect</i> (0,01% x 7.129,44)	7.128,02 0,71 0,71
Total	7.129,44	Total	7.129,44

**6. Pengemasan**

Masuk	kg	Keluar	kg
Wafer <i>stick</i> potongan	7.128,02	Wafer <i>stick</i> dalam kemasan	7.128,02
Total	7.128,02	Total	7.128,02

**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN JUMLAH LIMBAH CAIR YANG DIHASILKAN**  
**PER HARI**

Menurut Cahya (2010), untuk pabrik wafer *stick* dengan kapasitas produksi 7,1 ton/hari dibutuhkan air pencuci 1.674 L/hari dengan rincian pada Tabel B.1. dan Tabel B.2.

Tabel B.1. Jumlah Kebutuhan Larutan Detergen dan Air Pembilas

Jenis mesin	Jumlah	Asumsi @ pemakaian (L)	Frekuensi pembersihan	Kebutuhan larutan detergen (L)	Kebutuhan air pembilas (L)
Mixer adonan	4	30	1 kali tiap hari	120	240
Mixer wiecon	1	20		20	40
Storage tank	5	15		75	150
Mesin wafer <i>stick</i>	8	8		64	128
TOTAL				279	558
TOTAL LARUTAN DETERGEN DAN AIR PEMBILAS				837	

Asumsi: jumlah air pembilas adalah 2 x larutan detergen

Tabel B.2. Jumlah Kebutuhan Larutan Desinfektan dan Air Pembilas

Jenis mesin	Jumlah	Asumsi @ pemakaian (L)	Frekuensi pembersihan	Kebutuhan larutan detergen (L)	Kebutuhan air pembilas (L)
Mixer adonan	4	30	1 kali tiap hari	120	240
Mixer wiecon	1	20		20	40
Storage tank	5	15		75	150
Mesin wafer <i>stick</i>	8	8		64	128
TOTAL				279	558
TOTAL LARUTAN DESINFECTAN DAN AIR PEMBILAS				837	

Asumsi: jumlah air pembilas adalah 2 x larutan desinfektan

Total air limbah yang dihasilkan per hari adalah:

= total larutan detergen & air pembilas + total larutan desinfektan & air pembilas

= 837 + 837

$$= 1.674 \text{ L/hari}$$

$$= 1.674 \text{ kg/hari (berat jenis air = 1 kg/L)}$$

Total limbah cair yang dihasilkan per hari adalah:

$$= \text{total air limbah} + \text{total padatan}$$

$$= 1.674 + 2,92$$

$$= 1.676,92 \text{ kg}$$

Komposisi limbah cair yang dihasilkan adalah:

$$\text{Air} = \frac{1.674 \text{ kg / hari}}{1.676,92 \text{ kg / hari}} \times 100\% = 99,8\%$$

$$\text{Padatan} = \frac{2,92 \text{ kg / hari}}{1.676,92 \text{ kg / hari}} = 0,2\%$$

Selama proses pengolahan, padatan dalam limbah cair berkurang sebanyak 2,63 kg pada proses penyaringan dan 0,26 kg pada proses koagulasi. Pada akhir proses pengolahan limbah, padatan yang tersisa menjadi:

$$= 2,92 - 2,63 - 0,26$$

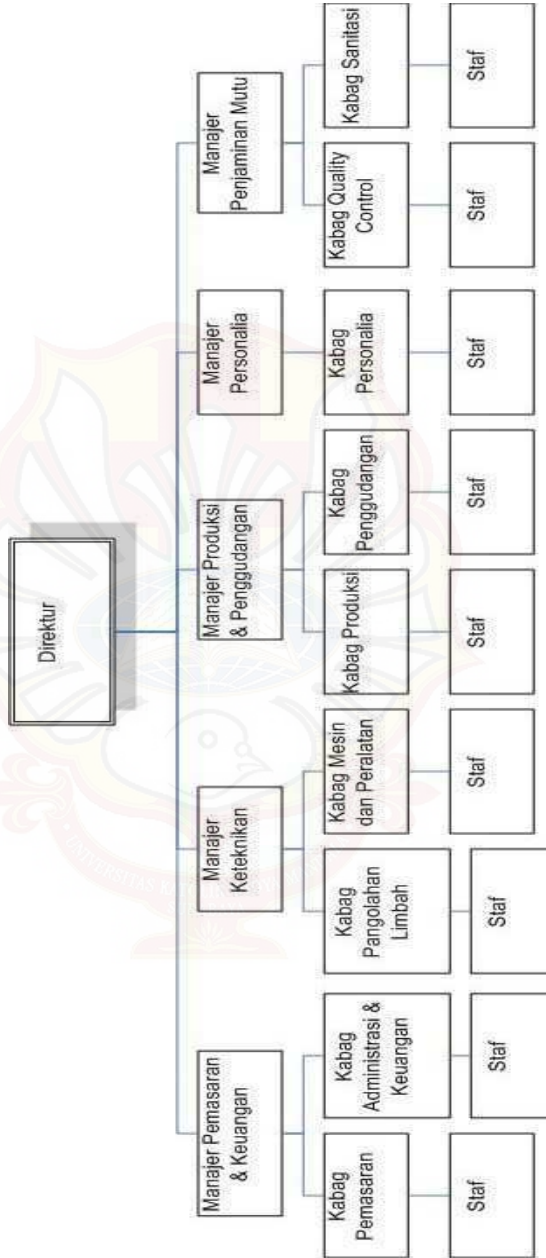
$$= 0,03 \text{ kg}$$

Limbah cair yang dialirkan ke lingkungan sebesar 1.674,36 kg dengan komposisi sebagai berikut:

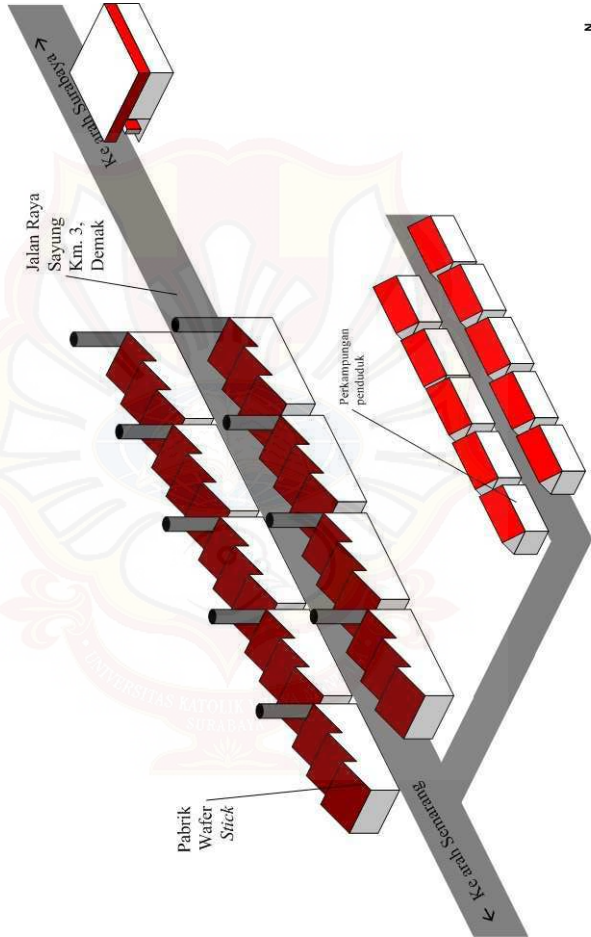
$$\text{Air} = \frac{1.674,33 \text{ kg / hari}}{1.674,36 \text{ kg / hari}} = 99,999\%$$

$$\text{Padatan} = \frac{0,03 \text{ kg / hari}}{1.674,36 \text{ kg / hari}} = 0,001\%$$

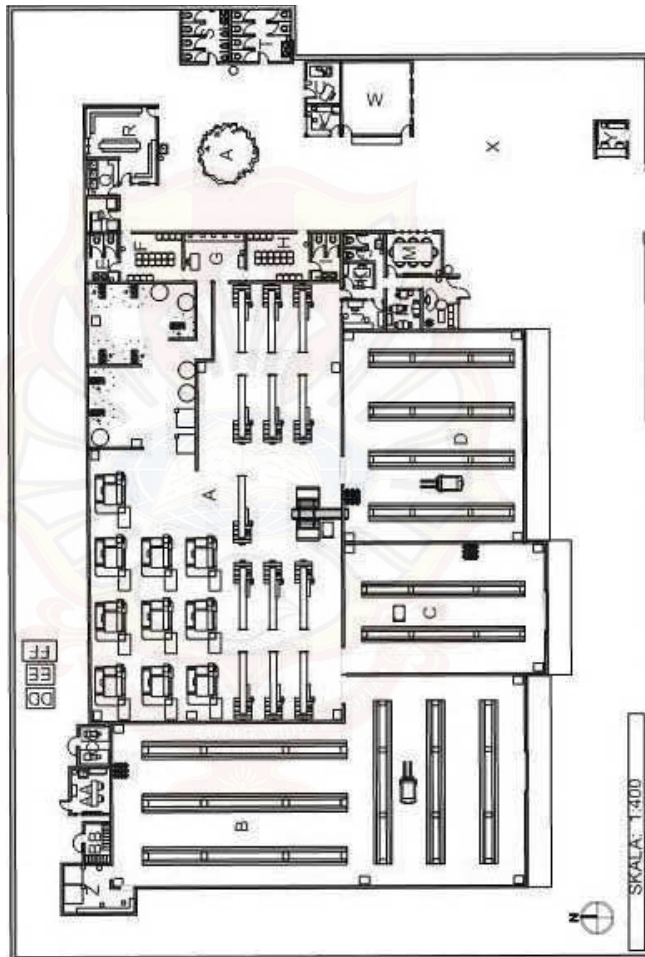
**LAMPIRAN C**  
**STRUKTUR ORGANISASI PABRIK WAFER STICK**



**LAMPIRAN D**  
**LOKASI PABRIK WAFER STICK**



LAMPIRAN E  
TATA LETAK PABRIK WAFER STICK





## Keterangan:

- A : Ruang Produksi
- B : Gudang Bahan Baku
- C : Gudang bahan pengemas
- D : Gudang bahan jadi
- E : Toilet pria
- F : Ruang ganti pria
- G : Ruang sanitasi pekerja
- H : Ruang ganti wanita
- I : Toilet wanita
- J : Laboratorium QC
- K : Ruang kepala *Plant Manager*
- L : Toilet kantor
- M : Ruang rapat
- N : Ruang karyawan
- O : Lobi kantor
- P : Ruang cuci
- Q : Dapur makan
- R : Ruang makan
- S : Toilet luar pria
- T : Toilet luar wanita
- U : Poliklinik
- V : Koperasi
- W : Musholla
- X : Area parkir
- Y : Pos satpam
- Z : Ruang formulasi
- AA : Kantor pengolahan limbah
- BB : Gudang penyimpanan bahan kimia
- CC : Ruang generator
- DD : Bak penyaringan
- EE : Bak koagulasi
- FF : Bak penampungan sementara

## LAMPIRAN F

### PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

#### 1. Filter (Saringan)

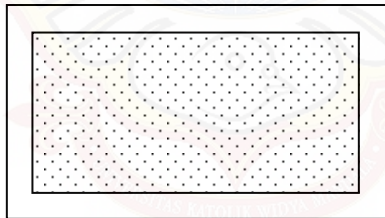
Tahap awal dari pengolahan limbah cair adalah menghilangkan zat padat yang mempunyai ukuran partikel besar dengan cara melewatkan limbah cair tersebut melalui filter. Perencanaan peralatan filter adalah sebagai berikut.

Bahan : *stainless steel*

Spesifikasi :

- Lebar lubang saringan 5 mm
- Jarak antar lubang 24,40 mm
- Kecepatan alir 0,3-0,6 m/s

(Sumber: Metcalf dan Eddy, 1979)



#### 2. Bak Penyaringan dan Bak Koagulasi

Bak penyaringan dan bak koagulasi berfungsi untuk menampung dan mengolah limbah cair.

Bentuk : kotak persegi panjang

Bahan : beton

Kemiringan untuk mengambil lumpur 7,5°

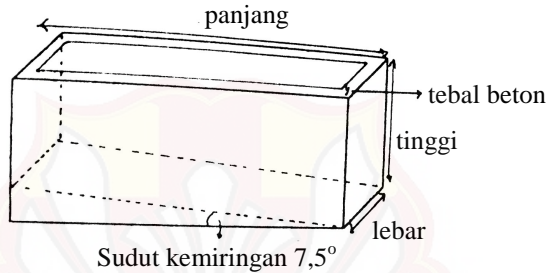
Kapasitas limbah 1.676,92 kg

$$\rho \text{ limbah cair} = 996,38 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Debit air limbah} = \frac{1.674 \text{ kg / hari}}{996,38 \text{ kg / m}^3}$$

$$= 1,6801 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume bak yang direncanakan} = p \times l \times t = 2 \times 1 \times 1,5 = 3 \text{ m}^3$$



### 3. Bak Penampungan Sementara

Bak ini berfungsi untuk menampung limbah cair yang telah mengalami proses penyaringan dan koagulasi yang kemudian akan dibuang ke sungai.

$$\text{Volume bak yang direncanakan} = p \times l \times t = 2 \times 1 \times 2 = 4 \text{ m}^3$$

### 4. Pompa

$$\begin{aligned} \text{Laju aliran (Q)} &= 1.680,1 \text{ L/hari} \\ &= 1,6801 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1,6801 \text{ m}^3/9 \text{ jam} \\ &= 0,1867 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6,5925 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 0,1099 \text{ ft}^3/\text{menit} \\ &= 0,8222 \text{ gpm} \end{aligned}$$

$$\rho \text{ limbah cair} = 996,38 \text{ kg/m}^3 = 62,20 \text{ lbm/ft}^3$$

$$\mu \text{ air} = 0,7924 \text{ cp (asumsi suhu limbah cair} = 30^\circ\text{C)}$$

Asumsi aliran turbulen: Diameter pipa = 2 inch nominal

Diameter dalam = 2,067 inch (Singh, Table 2.3)

$$\text{Luas daerah alir per pipa (A)} = \frac{1}{4} \pi \times \text{ID}^2 = \frac{1}{4} \pi \times 2,067^2 = 3,35 \text{ inch}^2$$

$$\begin{aligned} \text{kecepatan alir rata-rata (V)} &= \frac{Q \times 145}{A \times 60} \\ &= \frac{0,1099 \times 145}{3,35 \times 60} = 0,0793 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

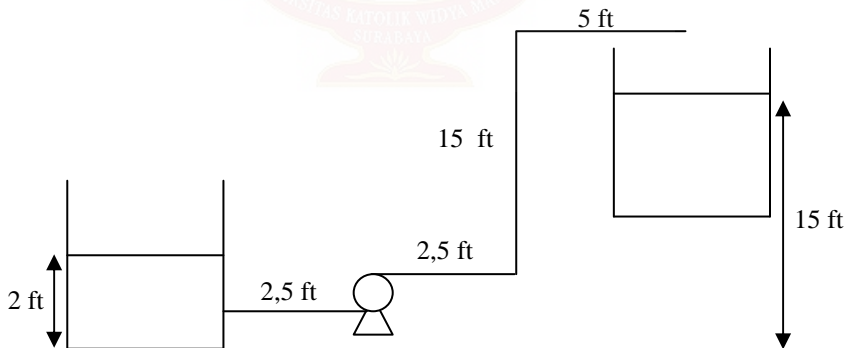
$$\begin{aligned} \text{NRe} &= \frac{\rho \times V \times \text{ID}}{\mu \times 0,000672 \times 12} \\ &= \frac{62,20 \times 0,0793 \times 2,067}{0,7924 \times 0,000672 \times 12} \\ &= 1.595,55 \end{aligned}$$

Faktor friksi (f) = 0,0100 (Singh, Figure 2.16)

Asumsi digunakan :

1 buah valve,  $Le/D = 7$

2 buah standart elbow  $90^\circ$ ,  $Le/D = 32$



$$\begin{aligned}
 \text{Panjang pipa ekuivalen (Le)} &= (2 \times 32 \times 2,067/12) + (1 \times 7 \times 2,067/12) \\
 &= 11,024 + 1,206 \\
 &= 12,230 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang pipa lurus (L)} = 2,5 + 2,5 + 15 + 5 = 25 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{2 \times f \times V^2 \times (L + Le)}{g \times ID / 12} \\
 &= \frac{2 \times 0,0100 \times 0,0793^2 \times (25 + 12,230)}{32,741 \times 2,067 / 12} \\
 &= 0,0008 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Wf &= \left( \sum z \times \frac{g}{gc} \right) + \frac{\Delta V^2}{2gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + F \\
 &= \left( (15 - 2) \times \frac{32,174}{32,174} \right) + \frac{0,0793^2}{2 \times 32,174} + \frac{(1 - 1)}{62,20} + 0,0008 \\
 &= 13,0009 \text{ ft.lbf/lbm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{HP yang dibutuhkan} &= \frac{Wf \times Q \times \rho}{60 \times 7,481 \times 550} \\
 &= \frac{13,0009 \times 0,8222 \times 62,20}{60 \times 7,481 \times 550} \\
 &= 0,0027 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Efisiensi pompa = 20% (Peters, Figure 13-27)

$$\text{Brake HP} = \frac{0,0027}{0,2} = 0,014 \text{ HP}$$

Efisiensi motor = 75% (Peters, Figure 13-27)

$$\text{HP} = \frac{0,014}{0,75} = 0,019 \text{ HP}$$

## LAMPIRAN G

### CARA KERJA PENGUJIAN MUTU LIMBAH CAIR

Keterangan: Seluruh pengujian mutu limbah cair menggunakan 2 sampel limbah cair yaitu limbah sebelum diproses (*inlet*) dan limbah setelah diproses (*outlet*).

#### **A. Pengujian pH**

1. Masukkan  $\pm 200$  ml sampel limbah cair ke *beaker glass* 250 ml.
2. Bilas bagian ujung pH meter dengan menggunakan akuades kemudian keringkan dengan menggunakan kertas *tissue*.
3. Celupkan bagian ujung pH meter ke dalam sampel hingga angka yang ditunjukkan konstan.
4. Catat angka tersebut sebagai pH sampel.

#### **B. Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

1. Pastikan alat yang digunakan dalam keadaan bersih, kering, dan steril.
2. Pipet 5 ml sampel limbah cair, masukkan ke labu takar 50 ml.
3. Tambahkan akuades hingga mencapai tanda *terra*.
4. Pipet 5 ml sampel dalam labu takar 50 ml, masukkan ke dalam erlenmeyer.
5. Tambahkan 15 ml akuades.
6. Tambahkan 0,5 gram  $\text{HgSO}_4$  dan beberapa batu didih ( $\pm 1$  gram).
7. Tambahkan 10 ml larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,25 N.
8. Hubungkan dengan pendingin Liebig.
9. Tambahkan 30 ml larutan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  melalui bagian atas pendingin Liebig sedikit demi sedikit.

10. Panaskan di atas pemanas listrik selama 2 jam, matikan pemanas dan dinginkan.
11. Tambahkan 2-3 tetes indikator ferroin.
12. Titrasi sampel dengan larutan ferro amonium sulfat (FAS) 0,1 N hingga warna merah kecoklatan.
13. Catat volume titrasi.
14. Lakukan langkah 6-12 terhadap akuades sebagai blanko (jumlah akuades yang digunakan 20 ml).
15. Menghitung COD dengan rumus:

$$COD(\text{miligram/ Liter } O_2) = \frac{(A - B)8000N f}{ml \text{ contoh}}$$

Keterangan: A = Volume FAS untuk blanko

B = Volume FAS untuk uji

N = Normalitas FAS

f = faktor pengenceran bahan uji

### C. Pengujian Total Padatan Tersuspensi

1. Mengoven cawan porcelain dan kertas saring dengan suhu 103-105°C selama 1 jam.
2. Memasukkan cawan porcelain dan kertas saring ke dalam desikator selama 30 menit.
3. Menimbang berat cawan porcelain dan kertas saring (berat awal).
4. Meletakkan kertas saring di atas corong dan menuangkan sampel.
5. Mengoven cawan porcelain dan kertas saring yang telah diberi sampel selama 1 jam dan memasukkan ke dalam desikator selama 30 menit.
6. Menimbang berat cawan porcelain dan kertas saring (berat akhir).
7. Menghitung TSS dengan rumus:

$$TSS = (\text{berat akhir} - \text{berat awal}) \times 10000$$

**LAMPIRAN H**  
**KEBUTUHAN ALAT DAN BAHAN PENGUJIAN MUTU LIMBAH CAIR**

**A. Pengujian pH**

1. pH meter

Fungsi : untuk mengukur pH limbah cair

Jumlah : 1

2. *Beaker glass* 250 ml

Fungsi : untuk menampung sampel limbah cair yang akan diukur dengan pH meter

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*

Jumlah : 3 + 7 cadangan = 10

3. Akuades

Fungsi : untuk membilas elektroda pada pH meter

Kebutuhan : 15,6 L/tahun

4. Kertas tissue

Fungsi : untuk mengeringkan elektroda pada pH meter setelah dibilas dengan menggunakan akuades

Kebutuhan : 12 *roll*/tahun

**B. Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)**

1. Labu takar 50 ml

Fungsi : untuk mengencerkan sampel limbah cair yang akan dianalisa

Merek : Schott Duran



Bahan : *glass*

Jumlah : 2 + 8 cadangan = 10

2. Botol semprot

Fungsi : untuk menampung akuades

Bahan : plastik

Jumlah : 1 + 4 cadangan = 5

3. Pipet volume 5 ml

Fungsi : untuk memipet sampel limbah cair yang akan dianalisa

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*

Jumlah : 4 + 6 cadangan = 10

4. Erlenmeyer 250 ml

Fungsi : tempat sampel dan bahan-bahan kimia yang telah direaksikan dan akan dititrasi

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*

Jumlah : 3 + 7 cadangan = 10

5. Gelas ukur 50 ml

Fungsi : untuk mengukur akuades dan  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*

Jumlah : 2 + 8 cadangan = 10

6. Pipet volume 10 ml

Fungsi : untuk memipet  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*

Jumlah : 1 + 9 cadangan = 10

7. *Beaker glass* 100 ml

Fungsi : untuk menampung  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  sebelum dituang ke pendingin liebig dan tempat untuk membuat indikator ferroin

Merek : Pyrex

Bahan : *glass*

Jumlah : 5 + 5 cadangan = 10

## 8. Pendingin liebig + selang

Fungsi : sebagai pendingin balik

Bahan : *glass*

Jumlah : 3 + 1 cadangan = 4

## 9. Pemanas listrik

Fungsi : untuk mereflux uap dengan kondensor agar zat organik volatil tidak lenyap

Jumlah : 3 + 1 cadangan = 4

## 10. Pipet tetes

Fungsi : untuk menambahkan larutan ataupun akuades sampai tepat garis batas dan untuk memipet indikator ferroin

Bahan : *glass*

Jumlah : 5 + 15 cadangan = 20

## 11. Buret 50 ml

Fungsi : alat untuk menitrasi sampel limbah cair

Bahan : *glass*

Jumlah : 2 + 3 cadangan = 5

12. *Beaker glass* 1 L

Fungsi : tempat untuk membuat larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dan Ferro Amonium Sulfat

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*  
Jumlah : 3 + 3 cadangan = 6

13. *Bulb*

Fungsi : menyedot sampel dan bahan kimia yang digunakan  
Bahan : karet  
Jumlah : 5

## 14. Spatula

Fungsi : untuk menghomogenkan larutan  
Bahan : kaca  
Jumlah : 10

## 15. Akuades

Fungsi : untuk mengencerkan sampel, sebagai blanko analisa,  
dan untuk membilas alat-alat analisa

Kebutuhan : 48 L/tahun

16.  $\text{HgSO}_4$ 

Fungsi : untuk menghilangkan gangguan klorida dalam sampel

Kebutuhan :  $0,5 \text{ g/hr} \times 3 \text{ sampel} \times 26 \text{ hr/bln} \times 12 \text{ bln/thn}$   
 $= 468 \text{ g/tahun}$

## 17. Batu didih

Fungsi : untuk membuat pemanasan agar merata

Kebutuhan :  $1 \text{ g/hr} \times 3 \text{ sampel} \times 26 \text{ hr/bln} \times 12 \text{ bln/thn}$   
 $= 936 \text{ g/tahun}$

18.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 

Fungsi : sebagai oksidator

Kebutuhan :  $114,74 \text{ g} \approx 115 \text{ g/tahun}$   
(9.360 ml dengan konsentrasi 0,25 N)

19.  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ 

Fungsi : sebagai katalisator

Kebutuhan : 438,048 g  $\approx$  439 g  
(28.080 ml dengan konsentrasi 0,1 N)

## 20. Ferroin

Fungsi : sebagai indikator untuk menentukan titik akhir titrasi

Kebutuhan : 3,12 g/tahun  
(312 ml dengan konsentrasi 1%)

## 21. Ferro Amonium Sulfat (FAS)

Fungsi : larutan untuk menitrasi sampel limbah cair

Kebutuhan : 730,08 g  $\approx$  731 g/tahun  
(18.720 ml dengan konsentrasi 0,1 N)

**C. Pengujian Total Padatan Tersuspensi**

## 1. Timbangan analitis

Fungsi : menimbang berat cawan porcelain, kertas saring, dan suspensi

Merek : Metler Toledo

Bahan : *stainless steel*

Jumlah : 1

## 2. Desikator

Fungsi : untuk menyimpan cawan porcelain setelah dipanaskan

Jumlah : 1 + 1 cadangan = 2

## 3. Oven

Fungsi : mengeringkan sampel yang akan diukur total padatan tersuspensinya

Merek : LabDepot

Tipe : OV47425

Temperatur : 10 – 250°C

Jumlah : 1

4. Cawan porcelain

Fungsi : sebagai tempat sampel dan kertas saring

Jumlah : 2 + 8 cadangan = 10

5. Corong

Fungsi : untuk menyaring sampel limbah cair

Bahan : kaca

Jumlah : 2 + 8 cadangan = 10

6. Erlenmeyer 100 ml

Fungsi : tempat menampung hasil penyaringan sampel limbah cair

Merek : Schott Duran

Bahan : *glass*

Jumlah : 2 + 8 cadangan = 10

7. Pipet volume 20 ml

Fungsi : untuk memipet sampel limbah cair yang akan disaring

Merek : Pyrex

Bahan : *glass*

Jumlah : 2 + 8 cadangan = 10

8. Penjepit

Fungsi : untuk menjepit cawan porcelain saat dimasukkan dan dikeluarkan dari oven

Bahan : *stainless steel*

Jumlah : 1 + 4 cadangan = 5

9. *Beaker glass* 100 ml

Fungsi : sebagai tempat menampung sampel limbah cair sebelum disaring

Merek : Pyrex  
Bahan : *glass*  
Jumlah : 2 + 3 cadangan = 5

10. Kertas saring Whatman no. 40

Fungsi : untuk menyaring sampel limbah cair dan mendapatkan suspensi dalam sampel

Kebutuhan : 2 lmbr/hr x 26 hr/bln x 12 bln/thn  
= 624 lembar/tahun

