

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Debit Air Limbah

Debit air limbah industri penyamakan kulit didapatkan dari hasil pengukuran langsung secara manual dengan menggunakan metode apung. Benda apung berupa *styrofoam* dilewatkan disaluran *sewerage* dengan batasan panjang tertentu dan dihitung kecepatannya. Setelah itu menghitung luas penampang dari saluran tersebut. Alat yang digunakan berupa roll meter dan stopwatch. Pengukuran ini dilakukan pada pukul 09.00-16.00 WIB selama dua hari. Selain itu untuk mencocokkan data debit, lalu dilakukan perhitungan jumlah air yang digunakan selama produksi pada hari tersebut. Hasil perhitungan debit air limbah industri penyamakan kulit dengan pengukuran secara manual bisa dilihat pada tabel 5.1. Sedangkan perhitungan debit air limbah berdasarkan total proses produksi dapat dilihat pada tabel 5.2.

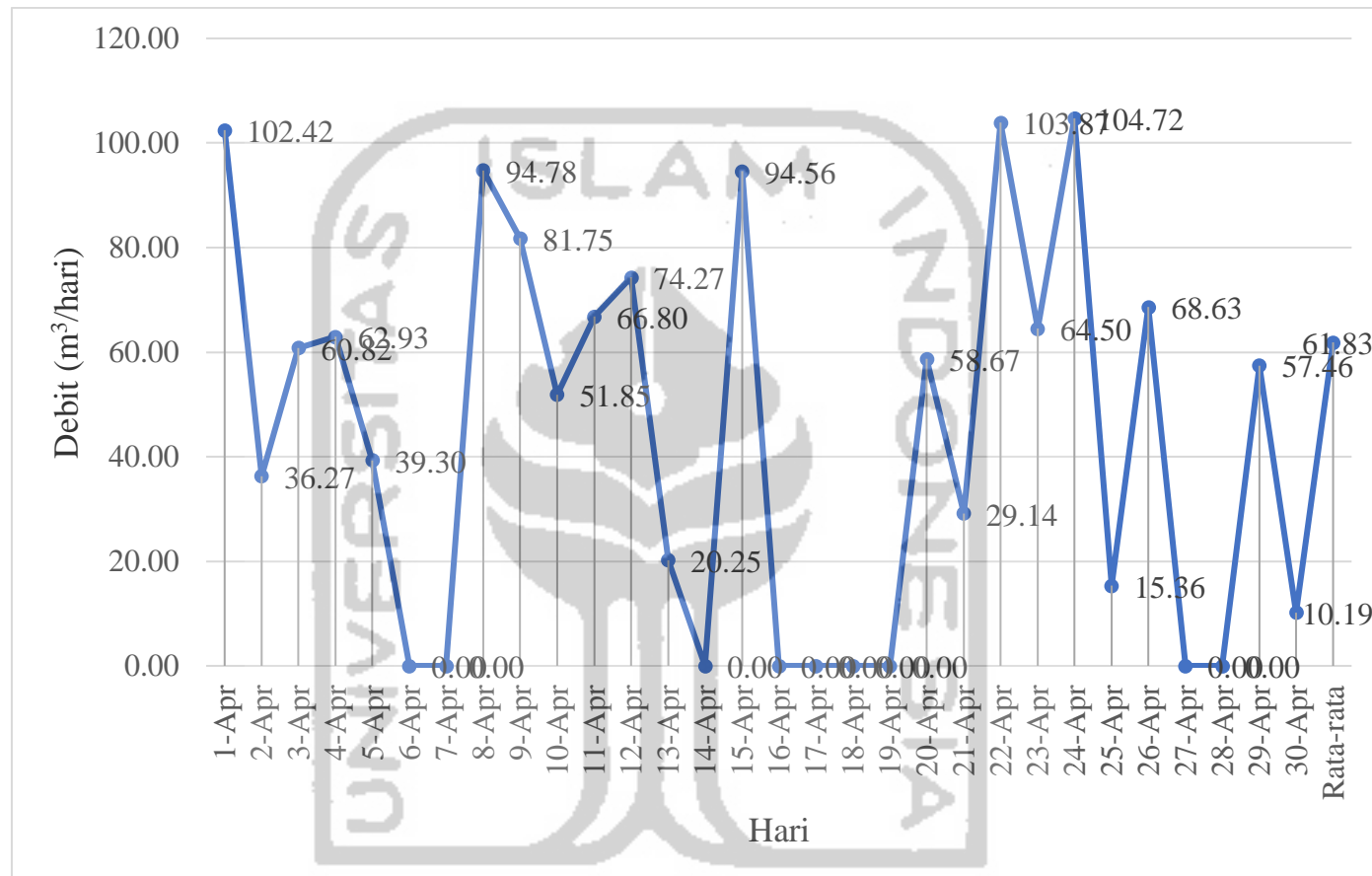
Tabel 5. 1 Hasil Pengukuran Debit Air Limbah

Jam	Senin			Selasa			Rata-rata (L/det)
	V (m/det)	A (m ²)	Q (L/det)	V (m/det)	A (m ²)	Q (L/det)	
9:00:00 AM	0.115	0.044	5.066	0.162	0.044	7.153	6.110
10:00:00 AM	0.151	0.033	4.927	0.038	0.033	1.224	3.076
11:00:00 AM	0.073	0.033	2.365	0.016	0.033	0.520	1.443
12:00:00 PM	0.067	0.033	2.181	0.016	0.033	0.520	1.351
1:00:00 PM	0.149	0.034	5.002	0.042	0.034	1.420	3.211
2:00:00 PM	0.034	0.039	1.332	0.098	0.039	3.841	2.587
3:00:00 PM	0.056	0.033	1.837	0.056	0.033	1.182	1.509
4:00:00 PM	0.023	0.039	0.900	0.126	0.039	4.978	2.939

Tabel 5. 2 Data Total Produksi Bulan April 2019

Tanggal	Produksi Total		Kebutuhan Air		Limbah			Debit L/det	Debit m ³ /hari	Debit Efluen m ³ /hari
			Tanning	Dyeing	Tanning	Dyeing	Total			
	Lembar	Kg	liter	liter	liter	liter	liter			
1-Apr-19	7487,00	4492,20	26953,20	75468,96	26953,20	75468,96	102422,16	3,56	102,42	199
2-Apr-19	2651,00	1590,60	9543,60	26722,08	9543,60	26722,08	36265,68	1,26	36,27	185
3-Apr-19	4446,00	2667,60	16005,60	44815,68	16005,60	44815,68	60821,28	2,11	60,82	207
4-Apr-19	4600,00	2760,00	16560,00	46368,00	16560,00	46368,00	62928,00	2,19	62,93	182
5-Apr-19	2873,00	1723,80	10342,80	28959,84	10342,80	28959,84	39302,64	1,36	39,3	188
6-Apr-19								0	0	0
7-Apr-19								0	0	0
8-Apr-19	6928,00	4156,80	24940,80	69834,24	24940,80	69834,24	94775,04	3,29	94,78	191
9-Apr-19	5976,00	3585,60	21513,60	60238,08	21513,60	60238,08	81751,68	2,84	81,75	198
10-Apr-19	3790,00	2274,00	13644,00	38203,20	13644,00	38203,20	51847,20	1,8	51,85	189
11-Apr-19	4883,00	2929,80	17578,80	49220,64	17578,80	49220,64	66799,44	2,32	66,8	213
12-Apr-19	5429,00	3257,40	19544,40	54724,32	19544,40	54724,32	74268,72	2,58	74,27	210
13-Apr-19	1480,00	888,00	5328,00	14918,40	5328,00	14918,40	20246,40	0,7	20,25	175
14-Apr-19								0	0	0
15-Apr-19	6912,00	4147,20	24883,20	69672,96	24883,20	69672,96	94556,16	3,28	94,56	176
16-Apr-19								0	0	0
17-Apr-19								0	0	0
18-Apr-19								0	0	0
19-Apr-19								0	0	0
20-Apr-19	4289,00	2573,40	15440,40	43233,12	15440,40	43233,12	58673,52	2,04	58,67	184
21-Apr-19	2130,00	1278,00	7668,00	21470,40	7668,00	21470,40	29138,40	1,01	29,14	195
22-Apr-19	7593,00	4555,80	27334,80	76537,44	27334,80	76537,44	103872,24	3,61	103,87	219
23-Apr-19	4715,00	2829,00	16974,00	47527,20	16974,00	47527,20	64501,20	2,24	64,5	177

Tanggal	Produksi Total		Kebutuhan Air		Limbah			Debit L/det	Debit m ³ /hari	Debit Efluen m ³ /hari
			Tanning	Dyeing	Tanning	Dyeing	Total			
	Lembar	Kg	liter	liter	liter	liter	liter			
24-Apr-19	7655,00	4593,00	27558,00	77162,40	27558,00	77162,40	104720,40	3,64	104,72	190
25-Apr-19	1123,00	673,80	4042,80	11319,84	4042,80	11319,84	15362,64	0,53	15,36	163
26-Apr-19	5017,00	3010,20	18061,20	50571,36	18061,20	50571,36	68632,56	2,38	68,63	183
27-Apr-19								0	0	0
28-Apr-19								0	0	0
29-Apr-19	4200,00	2520,00	15120,00	42336,00	15120,00	42336,00	57456,00	2,00	57,46	178
30-Apr-19	745,00	447,00	2682,00	7509,60	2682,00	7509,60	10191,60	0,35	10,19	194
Jumlah Total	94922,00	56953,20	341719,20	956813,76	341719,20	956813,76	1298532,96			
Rata-Rata/hari	4520,10	2712,06	16272,34	45562,56	16272,34	45562,56	61834,90	2,15	61,83	190,29
Debit air limbah										



Dari kedua data tersebut, disimpulkan debit yang akan digunakan adalah data yang mengacu dari produksi total selama sebulan karena lebih mewakili jumlah air limbah yang dibuang. Debit puncak didapat dari jumlah produksi terbanyak di bulan tersebut.

5.2 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah

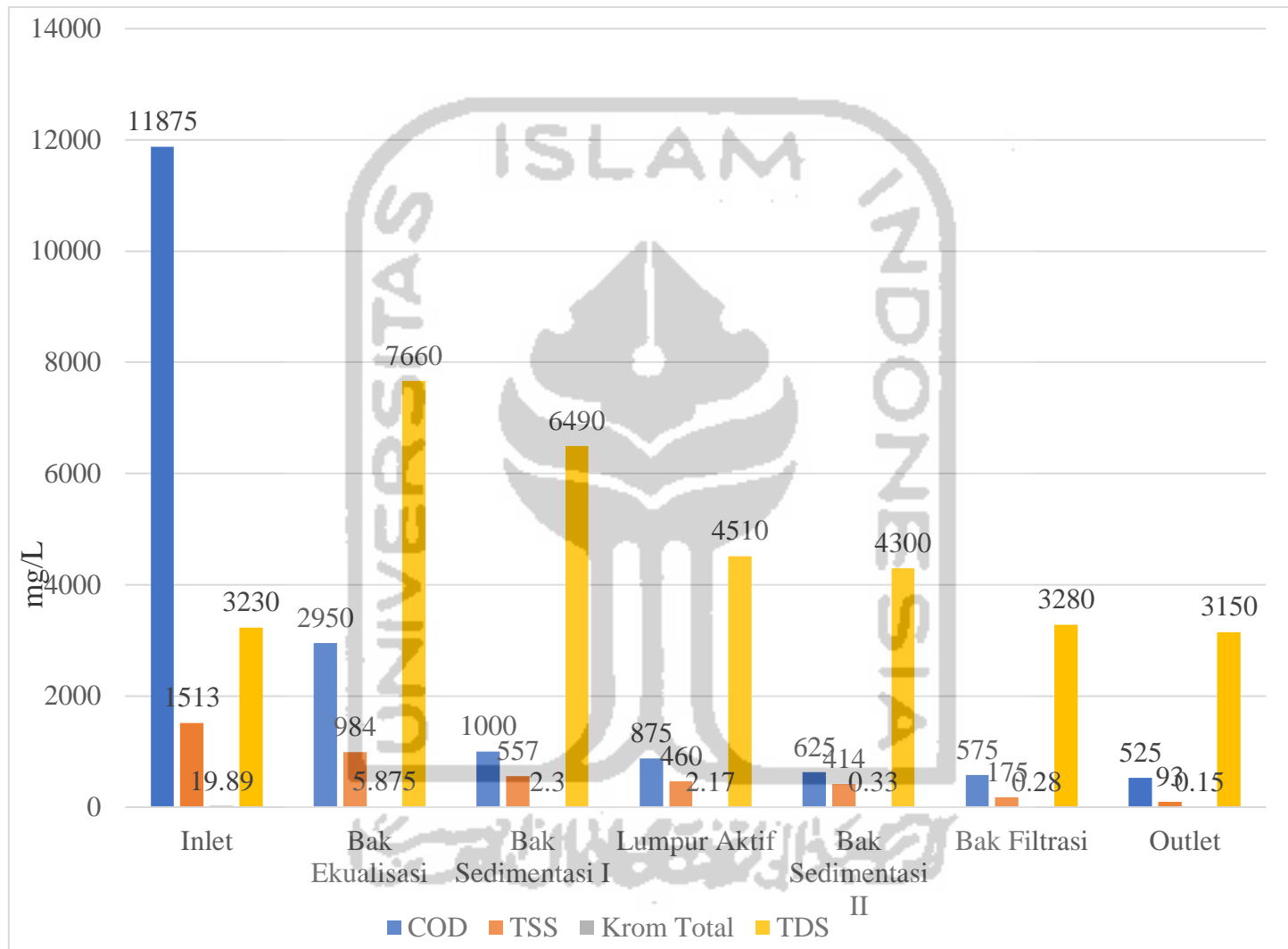
Pengujian karakteristik air limbah industri penyamakan kulit dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia pada bulan April hingga Juni 2019. Pengujian ini dilakukan selama beberapa kali sampel air limbah. Namun untuk air limbah yang masuk ke inlet IPAL dianalisis oleh pihak lain. Hasil uji karakteristik air limbah industri penyamakan kulit untuk tiap unit pengolahan IPAL bisa dilihat pada tabel 5.3. Sedangkan hasil uji karakteristik untuk efluen bisa dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5. 3 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah di Unit IPAL

Unit	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	TDS (mg/L)	Cr (mg/L)	pH	Suhu
Inlet	11875	1513	3230	19,89	6	30
Bak Ekualisasi & Netralisasi	2950	984	7670	5,875	7,7	29,3
Bak Sedimentasi I	1000	557	6490	2,295	8	30
Bak Lumpur Aktif	875	460	4510	2,175	8,8	30,6
Bak Sedimentasi II	625	414	4300	0,329	8	27,6
Bak Filtrasi	575	175	3280	0,279	8,4	29,8
Outlet	525	93	3150	0,149	9	31,9

Tabel 5. 4 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah di Outlet IPAL

No	Parameter	Konsentrasi (mg/L)	Baku mutu (mg/L)	Kesimpulan
1	BOD	25,17	50	Memenuhi
2	COD	525	110	Tidak memenuhi
3	TSS	93	50	Tidak memenuhi
4	TDS	3150	2000	Tidak memenuhi
5	S ⁻	0,208	0,5	Memenuhi
6	Cr	0,149	0,5	Memenuhi
7	NH ₃	0,232	0,5	Memenuhi
8	Minyak lemak	0,268	5	Memenuhi
9	Suhu	31,9	±3 dari suhu udara	Memenuhi
10	pH	9	6-9	Memenuhi



Tabel 5. 5 Total Removal di IPAL

Parameter		Bak	Koagulasi	Bak		Koagulasi	Bak	Bak	Outlet	% Removal
		Ekualisasi	Flokulasi I	Sedimentasi I	Lumpur Aktif	Flokulasi II	Sedimentasi II	Filtrasi		
COD (mg/L)	Influen	11875	2950	3500	1000	875	1800	625	575	95,58%
	Efluen	2950	3500	1000	875	1800	625	575	525	
	%Removal	75,16%	-4,63%	21,05%	1,05%	-7,79%	9,89%	0,42%	0,42%	
TSS (mg/L)	Influen	1513	984	625	557	460	433	414	175	93,85%
	Efluen	984	625	557	460	433	414	175	93	
	%Removal	34,96%	23,73%	4,49%	6,41%	1,78%	1,26%	15,80%	5,42%	
Krom total (mg/L)	Influen	19,89	5,88	6,91	2,30	2,18	0,21	0,33	0,28	86,96%
	Efluen	5,88	6,91	2,30	2,18	0,21	0,33	0,28	0,15	
	%Removal	70,46%	-17,52%	23,20%	0,60%	9,90%	-0,60%	0,25%	0,65%	

Tabel 5. 6 Removal di Tiap Unit IPAL

Parameter		Bak Ekualisasi	Koagulasi Flokulasi I	Bak Sedimentasi I	Lumpur Aktif	Koagulasi Flokulasi II	Bak Sedimentasi II	Bak Filtrasi	Outlet
COD (mg/L)	Influen	11875	2950	3500	1000	875	1800	625	575
	Efluen	2950	3500	1000	875	1800	625	575	525
	%Removal	75,16%	-18,64%	71,43%	12,50%	-105,71	65,28%	8,00%	8,70%
	Referensi	38,6% (Desyana, 2017)	-	76% (Lofrano <i>et al.</i> , 2006) 40% (Song, Williams and Edyvean, 2004) 60%-70% (Kabdash, Tiinay and Orhon, 1999)	58,1%-66,1% (Desyana, 2017) 54%-78% (Gisi, Galasso and Feo, 2009)	-	76% (Lofrano <i>et al.</i> , 2006) 40% (Song, Williams and Edyvean, 2004) 60%-70% (Kabdash, Tiinay and Orhon, 1999)	8,6%-20% (Desyana, 2017)	-
TSS (mg/L)	Influen	1513	984	625	557	460	433	414	175
	Efluen	984	625	557	460	433	414	175	93
	%Removal	34,96%	36,48%	10,88%	17,41%	5,87%	4,39%	57,73%	46,86%
	Referensi	41,5% (Desyana, 2017)	-	98% (Lofrano <i>et al.</i> , 2006) 69% (Song, Williams and Edyvean, 2004)	69,4%-71,8 (Desyana, 2017)	-	98% (Lofrano <i>et al.</i> , 2006) 69% (Song, Williams and Edyvean, 2004)	4,3%-16,7% (Desyana, 2017)	-
Krom total (mg/L)	Influen	19,89	5,88	6,91	2,30	2,18	0,21	0,3288	0,28
	Efluen	5,88	6,91	2,30	2,18	0,21	0,33	0,28	0,15
	%Removal	70,46%	-17,52	66,79%	5,01%	90,37%	-56,57%	15,16%	46,51%
	Referensi	-	-	74%-99% (Song, Williams and Edyvean, 2004)	-	-	74%-99% (Song, Williams and Edyvean, 2004)	-	-

5.3 Perhitungan *Mass Balance*

Karakteristik air limbah industri penyamakan kulit PT. X didapat sebagai berikut:

$$\text{COD} = 11875 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = 1513 \text{ mg/L}$$

$$\text{Krom total} = 6,275 \text{ mg/L}$$

Sedangkan untuk karakteristik air limbah setelah diolah di IPAL didapat sebagai berikut:

$$\text{COD} = 525 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = 93 \text{ mg/L}$$

$$\text{Krom total} = 0,149 \text{ mg/L}$$

Baku mutu air limbah industri penyamakan kulit mengacu pada Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta No.7 Tahun 2016, sebagai berikut:

$$\text{COD} = 110 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS} = 50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Krom total} = 0,5 \text{ mg/L}$$

Untuk perhitungan debit air limbah industri penyamakan kulit didapatkan sebagai berikut:

$$Q_{\text{rata-rata}} = 2,147 \text{ L/detik} = 61,835 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{puncak}} = 3,636 \text{ L/detik} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

5.3.1 Karakteristik Awal Air Limbah

Kualitas atau karakteristik air limbah sebelum memasuki unit-unit pengolahan di IPAL dapat dilihat sebagai berikut:

○ COD

$$Q_{\text{rata-rata}} = 61,835 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{COD} = 11.875 \text{ mg/L}$$

$$= 11,875 \text{ kg/m}^3$$

$$M \text{ COD} = Q_{\text{rata-rata}} \times \text{COD}$$

$$= 61,835 \text{ m}^3/\text{hari} \times 11,875 \text{ kg/m}^3$$

$$= 734,29 \text{ kg/hari}$$

○ TSS

$$Q_{\text{rata-rata}} = 61,835 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{TSS} = 1513 \text{ mg/L}$$

$$= 1,513 \text{ kg/m}^3$$

$$M \text{ TSS} = Q_{\text{rata-rata}} \times \text{TSS}$$

$$= 61,835 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,513 \text{ kg/m}^3$$

$$= 93,55 \text{ kg/hari}$$

○ Krom total

$$Q_{\text{rata-rata}} = 61,835 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Krom} = 19,89 \text{ mg/L}$$

$$= 0,01989 \text{ kg/m}^3$$

$$M \text{ Krom} = Q_{\text{rata-rata}} \times \text{Krom}$$

$$= 61,835 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,01989 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1,35 \text{ kg/hari}$$

5.3.2 Mass Balance Bak Ekualisasi dan Netralisasi

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit ekualisasi dan netralisasi sebagai berikut:

○ COD

Influen:

$$M \text{ COD} = 734,29 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$M \text{ COD} = 75,16\% \times M \text{ COD}$$

$$= 75,16\% \times 734,29 \text{ kg/hari}$$

$$= 551,89 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M COD} = \text{M COD}_{\text{influen}} - \text{M COD}_{\text{removal}}$$

$$= 734,29 \text{ kg/hari} - 551,89 \text{ kg/hari}$$

$$= 182,39 \text{ kg/hari}$$

○ TSS

Influen:

$$\text{M TSS} = 93,55 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\text{M TSS} = 34,96\% \times \text{M TSS}$$

$$= 34,96\% \times 93,55 \text{ kg/hari}$$

$$= 32,71 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M TSS} = \text{M TSS}_{\text{influen}} - \text{M TSS}_{\text{removal}}$$

$$= 93,55 \text{ kg/hari} - 32,71 \text{ kg/hari}$$

$$= 60,84 \text{ kg/hari}$$

○ Krom

Influen:

$$\text{M Krom} = 1,35 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\text{M Krom} = 70,46\% \times \text{M Krom}$$

$$= 70,46\% \times 1,35 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,95 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M Krom} = \text{M Krom}_{\text{influen}} - \text{M Krom}_{\text{removal}}$$

$$= 1,35 \text{ kg/hari} - 0,95 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,4 \text{ kg/hari}$$

5.3.3 Mass Balance Koagulasi Flokulasi I

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit koagulasi flokulasi I sebagai berikut:

○ COD

Influen:

$$M \text{ COD} = 182,39 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ COD} &= -18,64\% \times M \text{ COD} \\ &= -18,64\% \times 182,39 \text{ kg/hari} \\ &= -33,99 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ COD} &= M \text{ COD}_{\text{influen}} - M \text{ COD}_{\text{removal}} \\ &= 182,39 \text{ kg/hari} - (-33,99 \text{ kg/hari}) \\ &= 216,38 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

o TSS

Influen:

$$M \text{ TSS} = 60,84 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ TSS} &= 36,48\% \times M \text{ TSS} \\ &= 36,48\% \times 60,84 \text{ kg/hari} \\ &= 22,19 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ TSS} &= M \text{ TSS}_{\text{influen}} - M \text{ TSS}_{\text{removal}} \\ &= 60,84 \text{ kg/hari} - 22,19 \text{ kg/hari} \\ &= 38,64 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

o Krom

Influen:

$$M \text{ Krom} = 0,4 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ Krom} &= -17,52\% \times M \text{ Krom} \\ &= -17,52\% \times 0,4 \text{ kg/hari} \\ &= -0,07 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ Krom} &= M \text{ Krom}_{\text{influen}} - M \text{ Krom}_{\text{removal}} \\ &= 0,4 \text{ kg/hari} - (-0,07 \text{ kg/hari}) \\ &= 0,47 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

5.3.4 Mass Balance Bak Sedimentasi I

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit sedimentasi I sebagai berikut:

○ COD

Influen:

$$M \text{ COD} = 216,38 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ COD} &= 71,43\% \times M \text{ COD} \\ &= 71,43\% \times 216,38 \text{ kg/hari} \\ &= 154,56 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ COD} &= M \text{ BOD}_{\text{influen}} - M \text{ BOD}_{\text{removal}} \\ &= 216,38 \text{ kg/hari} - 154,56 \text{ kg/hari} \\ &= 61,82 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

○ TSS

Influen:

$$M \text{ TSS} = 38,64 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ TSS} &= 10,88\% \times M \text{ TSS} \\ &= 10,88\% \times 38,64 \text{ kg/hari} \\ &= 4,2 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ TSS} &= M \text{ TSS}_{\text{influen}} - M \text{ TSS}_{\text{removal}} \\ &= 38,64 \text{ kg/hari} - 4,2 \text{ kg/hari} \\ &= 34,43 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

○ Krom

Influen:

$$M \text{ Krom} = 0,47 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ Krom} &= 66,79\% \times M \text{ Krom} \\ &= 66,79\% \times 0,47 \text{ kg/hari} \\ &= 0,31 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ Krom} &= M \text{ Krom}_{\text{influen}} - M \text{ Krom}_{\text{removal}} \\
 &= 0,47 \text{ kg/hari} - 0,31 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,16 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

5.3.5 Mass Balance Lumpur Aktif

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit lumpur aktif sebagai berikut:

○ COD

Influen:

$$M \text{ COD} = 61,82 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned}
 M \text{ COD} &= 12,5\% \times M \text{ COD} \\
 &= 12,5\% \times 61,82 \text{ kg/hari} \\
 &= 7,73 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ COD} &= M \text{ BOD}_{\text{influen}} - M \text{ BOD}_{\text{removal}} \\
 &= 61,83 \text{ kg/hari} - 7,73 \text{ kg/hari} \\
 &= 54,1 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

○ TSS

Influen:

$$M \text{ TSS} = 34,43 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned}
 M \text{ TSS} &= 17,41\% \times M \text{ TSS} \\
 &= 17,41\% \times 34,43 \text{ kg/hari} \\
 &= 6 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ TSS} &= M \text{ TSS}_{\text{influen}} - M \text{ TSS}_{\text{removal}} \\
 &= 34,44 \text{ kg/hari} - 6 \text{ kg/hari} \\
 &= 28,44 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

○ Krom

Influen:

$$M \text{ Krom} = 0,16 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$M \text{ Krom} = 5,01\% \times M \text{ Krom}$$

$$= 5,01\% \times 0,16 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,008016 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M Krom} = \text{M Krom}_{\text{influen}} - \text{M Krom}_{\text{removal}}$$

$$= 0,16 \text{ kg/hari} - 0,008016 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,152 \text{ kg/hari}$$

5.3.6 Mass Balance Koagulasi Flokulasi II

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit koagulasi flokulasi II sebagai berikut:

o COD

Influen:

$$\text{M COD} = 54,1 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\text{M COD} = -105,71\% \times \text{M COD}$$

$$= -105,71\% \times 54,1 \text{ kg/hari}$$

$$= -57,18 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M COD} = \text{M BOD}_{\text{influen}} - \text{M BOD}_{\text{removal}}$$

$$= 54,1 \text{ kg/hari} - (-57,18 \text{ kg/hari})$$

$$= 111,28 \text{ kg/hari}$$

o TSS

Influen:

$$\text{M TSS} = 28,44 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\text{M TSS} = 5,87\% \times \text{M TSS}$$

$$= 5,87\% \times 34,43 \text{ kg/hari}$$

$$= 2,02 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M TSS} = \text{M TSS}_{\text{influen}} - \text{M TSS}_{\text{removal}}$$

$$= 28,44 \text{ kg/hari} - 2,02 \text{ kg/hari}$$

$$= 26,2 \text{ kg/hari}$$

- Krom

Influen:

$$M \text{ Krom} = 0,152 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ Krom} &= 90,37\% \times M \text{ Krom} \\ &= 90,37\% \times 0,152 \text{ kg/hari} \\ &= 0,137 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ Krom} &= M \text{ Krom}_{\text{influen}} - M \text{ Krom}_{\text{removal}} \\ &= 0,152 \text{ kg/hari} - 0,137 \text{ kg/hari} \\ &= 0,014 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

5.3.7 Mass Balance Bak Sedimentasi II

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit sedimentasi II sebagai berikut:

- COD

Influen:

$$M \text{ COD} = 111,28 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ COD} &= 65,28\% \times M \text{ COD} \\ &= 65,28\% \times 111,28 \text{ kg/hari} \\ &= 72,64 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M \text{ COD} &= M \text{ COD}_{\text{influen}} - M \text{ COD}_{\text{removal}} \\ &= 111,28 \text{ kg/hari} - 72,64 \text{ kg/hari} \\ &= 38,64 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

- TSS

Influen:

$$M \text{ TSS} = 26,2 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M \text{ TSS} &= 4,39\% \times M \text{ TSS} \\ &= 4,39\% \times 26,2 \text{ kg/hari} \\ &= 1,15 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ TSS} &= M \text{ TSS}_{\text{influen}} - M \text{ TSS}_{\text{removal}} \\
 &= 26,2 \text{ kg/hari} - 1,15 \text{ kg/hari} \\
 &= 25,05 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

○ Krom

Influen:

$$M \text{ Krom} = 0,014 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned}
 M \text{ Krom} &= -56,57\% \times M \text{ Krom} \\
 &= -56,57\% \times 0,014 \text{ kg/hari} \\
 &= -0,00828 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ Krom} &= M \text{ Krom}_{\text{influen}} - M \text{ Krom}_{\text{removal}} \\
 &= 0,014 \text{ kg/hari} - (-0,00828 \text{ kg/hari}) \\
 &= 0,022 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

5.3.8 Mass Balance Bak Filtrasi

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di unit filtrasi sebagai berikut:

○ COD

Influen:

$$M \text{ COD} = 38,64 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned}
 M \text{ COD} &= 8\% \times M \text{ COD} \\
 &= 8\% \times 38,64 \text{ kg/hari} \\
 &= 3,09 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ COD} &= M \text{ BOD}_{\text{influen}} - M \text{ BOD}_{\text{removal}} \\
 &= 38,64 \text{ kg/hari} - 3,09 \text{ kg/hari} \\
 &= 35,55 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

○ TSS

Influen:

$$M \text{ TSS} = 25,05 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$M \text{ TSS} = 57,73\% \times M \text{ TSS}$$

$$= 57,73\% \times 25,05 \text{ kg/hari}$$

$$= 14,46 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M TSS} = \text{M TSS}_{\text{influen}} - \text{M TSS}_{\text{removal}}$$

$$= 25,05 \text{ kg/hari} - 14,46 \text{ kg/hari}$$

$$= 10,58 \text{ kg/hari}$$

- Krom

Influen:

$$\text{M Krom} = 0,022 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\text{M Krom} = 15,16\% \times \text{M Krom}$$

$$= 15,16\% \times 0,022 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,00333 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M Krom} = \text{M Krom}_{\text{influen}} - \text{M Krom}_{\text{removal}}$$

$$= 0,022 \text{ kg/hari} - 0,00333 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,018 \text{ kg/hari}$$

5.3.9 Mass Balance di Outlet

Perhitungan *mass balance* yang terjadi di outlet sebagai berikut:

- COD

Influen:

$$\text{M COD} = 35,55 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\text{M COD} = 8,7\% \times \text{M COD}$$

$$= 8,7\% \times 35,55 \text{ kg/hari}$$

$$= 3,09 \text{ kg/hari}$$

Efluen:

$$\text{M COD} = \text{M COD}_{\text{influen}} - \text{M COD}_{\text{removal}}$$

$$= 35,55 \text{ kg/hari} - 3,09 \text{ kg/hari}$$

$$= 32,45 \text{ kg/hari}$$

- TSS

Influen:

$$M_{TSS} = 10,58 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M_{TSS} &= 46,86\% \times M_{TSS} \\ &= 46,86\% \times 10,58 \text{ kg/hari} \\ &= 4,95 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M_{TSS} &= M_{TSS_{influen}} - M_{TSS_{removal}} \\ &= 10,58 \text{ kg/hari} - 4,95 \text{ kg/hari} \\ &= 5,62 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

o Krom

Influen:

$$M_{Krom} = 0,018 \text{ kg/hari}$$

Removal:

$$\begin{aligned} M_{Krom} &= 46,51\% \times M_{Krom} \\ &= 46,51\% \times 0,018 \text{ kg/hari} \\ &= 0,00837 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Efluen:

$$\begin{aligned} M_{Krom} &= M_{Krom_{influen}} - M_{Krom_{removal}} \\ &= 0,018 \text{ kg/hari} - 0,00837 \text{ kg/hari} \\ &= 0,00962 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

5.3.10 Cek Mass Balance

o COD

$$M_{COD_{masuk}} = 734,29 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} M_{COD_{keluar}} &= M_{COD_{masuk}} \times \text{Total\%}_{removal} \\ &= 734,29 \text{ kg/hari} \times 95,58\% \\ &= 701,83 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } COD_{keluar} &= \text{Removal}_{bak \text{ ekualisasi}} + \text{Removal}_{koagulasi \text{ flokulasi I}} + \text{Removal}_{bak} \\ &\quad \text{sedimentasi I} + \text{Removal}_{bak \text{ lumpur aktif}} + \text{Removal}_{koagulasi \text{ flokulasi II}} + \\ &\quad \text{Removal}_{bak \text{ sedimentasi II}} + \text{Removal}_{filtrasi} + \text{Removal}_{outlet} \\ &= 551,89 \text{ kg/hari} + (-33,99 \text{ kg/hari}) + 154,56 \text{ kg/hari} + 7,73 \\ &\quad \text{kg/hari} + (-57,18 \text{ kg/hari}) + 72,64 \text{ kg/hari} + 3,09 \text{ kg/hari} + 3,09 \\ &\quad \text{kg/hari} \end{aligned}$$

$$= 701,83 \text{ kg/hari}$$

○ TSS

$$M \text{ TSS}_{\text{masuk}} = 93,55 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} M \text{ TSS}_{\text{keluar}} &= M \text{ TSS}_{\text{masuk}} \times \text{Total\%}_{\text{removal}} \\ &= 93,55 \text{ kg/hari} \times 93,85\% \\ &= 87,79 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek TSS}_{\text{keluar}} &= \text{Removal}_{\text{bak ekualisasi}} + \text{Removal}_{\text{koagulasi flokulasi I}} + \text{Removal}_{\text{bak sedimentasi I}} \\ &\quad + \text{Removal}_{\text{bak lumpur aktif}} + \text{Removal}_{\text{koagulasi flokulasi II}} + \\ &\quad \text{Removal}_{\text{bak sedimentasi II}} + \text{Removal}_{\text{filtrasi}} + \text{Removal}_{\text{outlet}} \\ &= 32,71 \text{ kg/hari} + 22,19 \text{ kg/hari} + 4,2 \text{ kg/hari} + 6 \text{ kg/hari} + 2,02 \\ &\quad \text{kg/hari} + 1,15 \text{ kg/hari} + 14,46 \text{ kg/hari} + 4,95 \text{ kg/hari} \\ &= 87,68 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

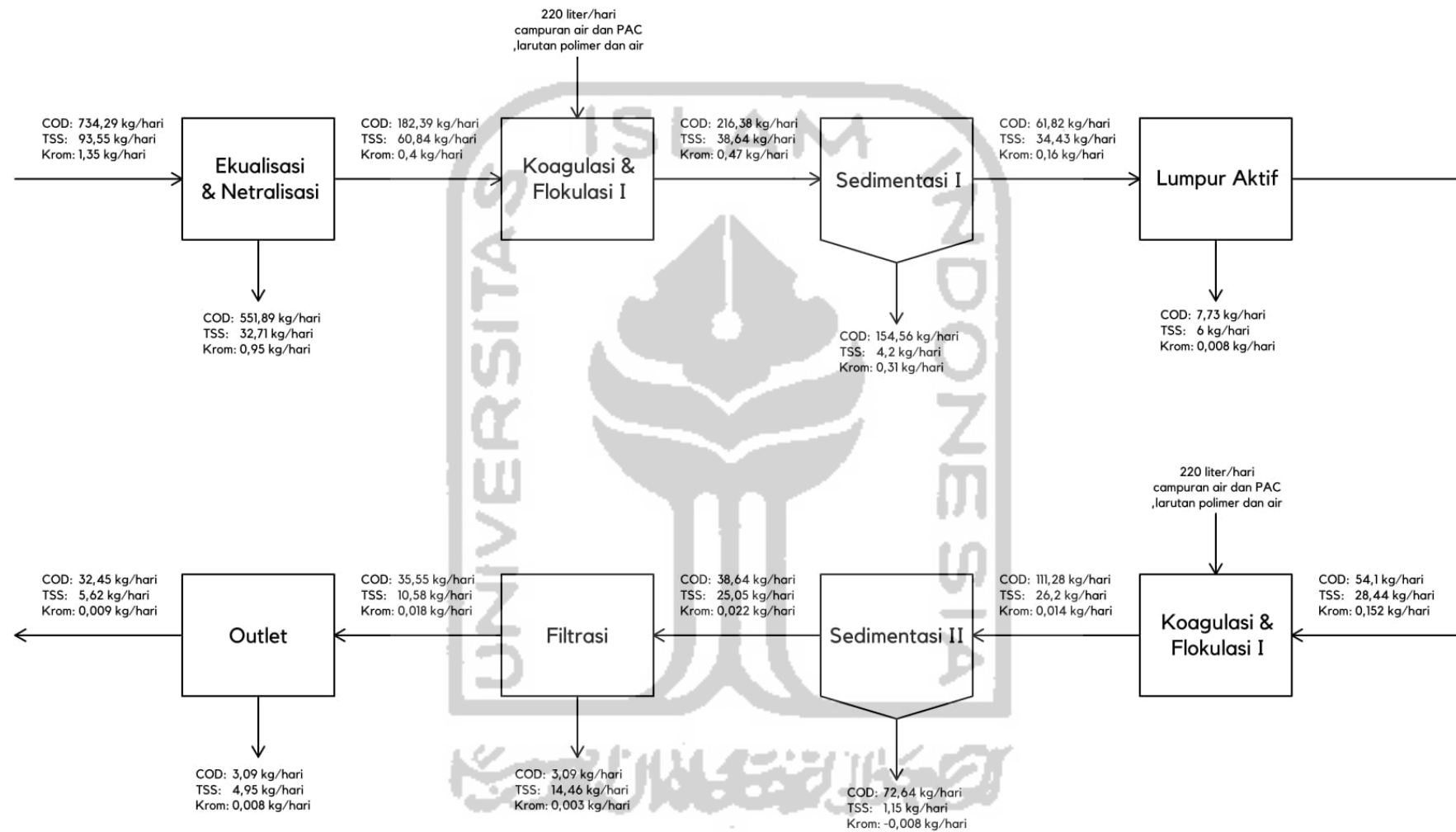
○ Krom

$$M \text{ Krom}_{\text{masuk}} = 1,35 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} M \text{ Krom}_{\text{keluar}} &= M \text{ Krom}_{\text{masuk}} \times \text{Total\%}_{\text{removal}} \\ &= 1,35 \text{ kg/hari} \times 86,96\% \\ &= 1,17 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek Krom}_{\text{keluar}} &= \text{Removal}_{\text{bak ekualisasi}} + \text{Removal}_{\text{koagulasi flokulasi I}} + \text{Removal}_{\text{bak sedimentasi I}} \\ &\quad + \text{Removal}_{\text{bak lumpur aktif}} + \text{Removal}_{\text{koagulasi flokulasi II}} + \\ &\quad \text{Removal}_{\text{bak sedimentasi II}} + \text{Removal}_{\text{filtrasi}} + \text{Removal}_{\text{outlet}} \\ &= 0,95 \text{ kg/hari} + (-0,07 \text{ kg/hari}) + 0,31 \text{ kg/hari} + 0,008 \text{ kg/hari} + \\ &\quad (-0,008 \text{ kg/hari}) + 0,003 \text{ kg/hari} + 0,008 \text{ kg/hari} + 7,906 \times 10^{-3} \\ &\quad \text{kg/hari} \\ &= 1,33 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kesimpulan dari perhitungan neraca massa pengolahan air limbah industri penyamakan kulit diatas bisa dilihat pada gambar 5.1 dibawah ini.



Gambar 5. 1 Neraca Massa Beban Pengolahan Air Limbah

5.4 Evaluasi IPAL

Pada evaluasi ini hal yang akan dibahas adalah dimensi tiap unit di IPAL, *Organic Loading Rate* (OLR) di unit lumpur aktif, *hydraulic loading rate* (HLR) pada tiap unit bangunan pengolahan serta evaluasi kinerja masing-masing unit bangunan berdasarkan kriteria desain.

5.4.1 Dimensi Unit Bangunan

Dimensi atau ukuran tiap unit bangunan pengolah air limbah industri penyamakan kulit di PT. X didapatkan dengan cara melakukan pengukuran manual secara langsung menggunakan *roll meter*. Hasil pengukuran dibandingkan dengan data perencanaan IPAL perusahaan. Hasilnya yaitu nilai pengukuran langsung tidak berbeda jauh dengan data perusahaan. Hasil pengukuran dimensi tiap unit bangunan dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut.

Tabel 5. 7 Dimensi Tiap Unit Bangunan IPAL

No	Unit	Dimensi			Kedalaman (m)	Volume (m ³)
		Panjang (m)	Lebar (m)	Diameter (m)		
1	Bak Ekualisasi Bak Pengendap	8,7	5,76	-	4	200,45
2	I (a) Bak Pengendap	-	-	3,5	3	28,85
	I (b)	-	-	3	3	21,2
3	Bak Aerasi (a) Bak Aerasi (b)	16,3	4,43	-	4	288,84
		16,3	4,52	-	4	294,7
4	Bak Pengendap II	5,4	5,2	-	4	122,32
5	Bak Filtrasi	5,82	2,6	-	0,8	35,39

Sedangkan kapasitas IPAL di industri ini sebesar 250 m³/hari. Nilai ini didapat dari data perusahaan. Sedangkan nilai aktual sebesar 61,83 m³/hari dalam kondisi debit rata-rata dan 104,72 m³/hari dalam kondisi puncak. Jika dibandingkan dengan nilai perhitungan debit maka dapat disimpulkan bahwa IPAL di industri penyamakan kulit ini masih bisa mengolah debit yang lebih besar lagi.

5.4.2 Organic Loading Rate (OLR) dan *Hydraulic Loading Rate* (HLR)

Perhitungan *Organic Loading Rate* (OLR) hanya di unit lumpur aktif sedangkan perhitungan *Hydraulic Loading Rate* (HLR) di tiap unit bangunan. Berikut perhitungannya dibawah ini:

○ *Organic Loading Rate* (OLR)

a. Bak Aerasi

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$BOD_{\text{masuk}} = 0,19881 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\text{Volume} = 288,84 \text{ m}^3$$

Perhitungan:

$$OLR = \frac{Q_{\text{puncak}} \times BOD_{\text{masuk}}}{\text{Volume}}$$

$$OLR = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,19881 \text{ kg}/\text{m}^3}{288,84 \text{ m}^3}$$

$$OLR = 0,072 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{hari}$$

○ *Hydraulic Loading Rate* (HLR)

a. Bak Ekualisasi dan Netralisasi

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A_s = 8,7 \text{ m} \times 5,76 \text{ m}$$

$$= 50,11 \text{ m}^2$$

Perhitungan:

$$HLR = \frac{Q}{A}$$

$$HLR = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{50,11 \text{ m}^2}$$

$$HLR = 2,09 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

b. Bak Sedimentasi I (a)

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A_s = \Pi \times r^2$$

$$= 3,14 \times (1,75)^2$$

$$= 9,61 \text{ m}^2$$

Perhitungan:

$$HLR = Q/A$$

$$HLR = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{9,61 \text{ m}^2}$$

$$HLR = 10,9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

c. Bak Sedimentasi I (b)

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \Pi \times r^2 \\ &= 3,14 \times (1,5)^2 \\ &= 7,06 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$HLR = Q/A$$

$$HLR = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{7,06 \text{ m}^2}$$

$$HLR = 14,83 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

d. Bak Aerasi

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 16,3 \text{ m} \times 4,43 \text{ m} \\ &= 72,21 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$HLR = Q/A$$

$$HLR = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{72,21 \text{ m}^2}$$

$$HLR = 1,45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

e. Bak Sedimentasi II

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} A_s &= 5,4 \text{ m} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 28,08 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$HLR = Q/A$$

$$\text{HLR} = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{28,08 \text{ m}^2}$$

$$\text{HLR} = 3,73 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

f. Bak Filtrasi

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A_s = 2,7 \text{ m} \times 2,6 \text{ m}$$

$$= 7,02 \text{ m}^2$$

Perhitungan:

$$\text{HLR} = \frac{Q}{A}$$

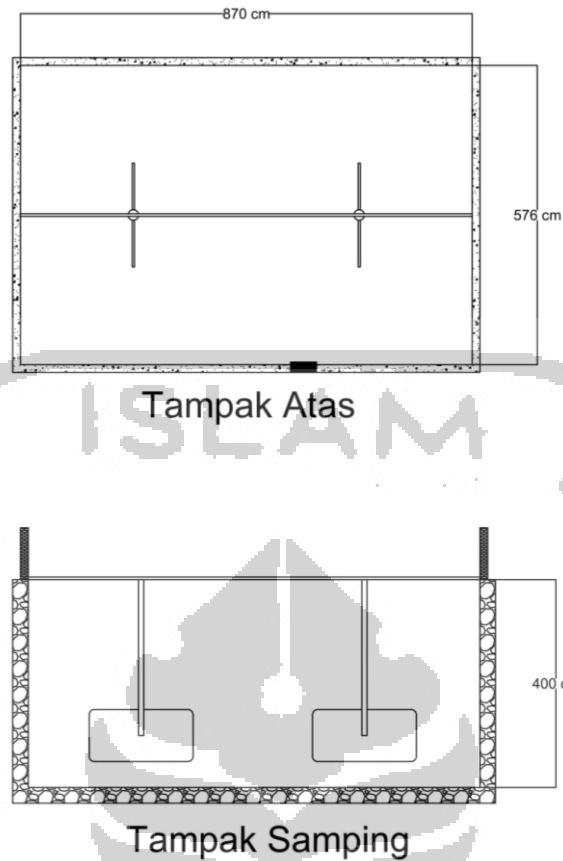
$$\text{HLR} = \frac{104,72 \text{ m}^3/\text{hari}}{7,02 \text{ m}^2}$$

$$\text{HLR} = 14,92 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

5.4.3 Evaluasi Unit

1. Bak Ekualisasi dan Netralisasi

Bak ini berfungsi untuk menampung sementara limbah, mengontrol debit dan beban air limbah serta netralisasi air limbah. Di dalam bak ini terdapat penambahan NaOH lalu perlakuan pengadukan untuk netralisasi. Gambar unit bak ekualisasi dan netralisasi bisa dilihat pada gambar 5.2 dibawah ini.



Gambar 5. 2 Unit Ekualisasi dan Netralisasi

Tabel 5. 8 Kriteria Perencanaan Bak Ekualisasi

Kriteria perencanaan	
Tinggi	< 4 meter
Laju pemompaan	0,01 – 0,015 m ³ /m ³ .menit

Sumber: Metcalf and Eddy, 2003

Data Perencanaan:

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 13,09 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Panjang} = 8,7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 5,76 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 4 \text{ m}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{permukaan}} &= P \times L \\
 &= 8,7 \text{ m} \times 5,76 \text{ m} \\
 &= 50,11 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{cross}} &= L \times T \\
 &= 5,76 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 23,04 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{bak}} &= P \times L \times T \\
 &= 8,7 \text{ m} \times 5,76 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 200,45 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= \text{Volume}/Q \\
 &= \frac{200,45 \text{ m}^3}{13,09 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\
 &= 15,31 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Laju pemompaan} &= \text{Laju pemompaan} \times \text{volume bak} \\
 &= 0,01 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{menit} \times 200,45 \text{ m}^3 \\
 &= 2 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat kesimpulan bahwa unit bak ekualisasi memerlukan t_d (waktu tinggal) sebesar 15,31 jam sedangkan laju pemompaan yang dibutuhkan sebesar $2 \text{ m}^3/\text{menit}$. Untuk laju pemompaan sudah memenuhi kebutuhan karena pompa yang digunakan berkapasitas maksimal $3,5 \text{ m}^3/\text{menit}$.

2. Bak Koagulasi Flokulasi I

Bak ini terjadi proses penambahan bahan koagulan serta dilakukan pengadukan cepat dan lambat agar membentuk flok-flok. Pengadukan yang dilakukan secara mekanik.

Data Perencanaan:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{puncak}} &= 104,72 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 13,09 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah unit} = 2 \text{ bak}$$

Perhitungan:

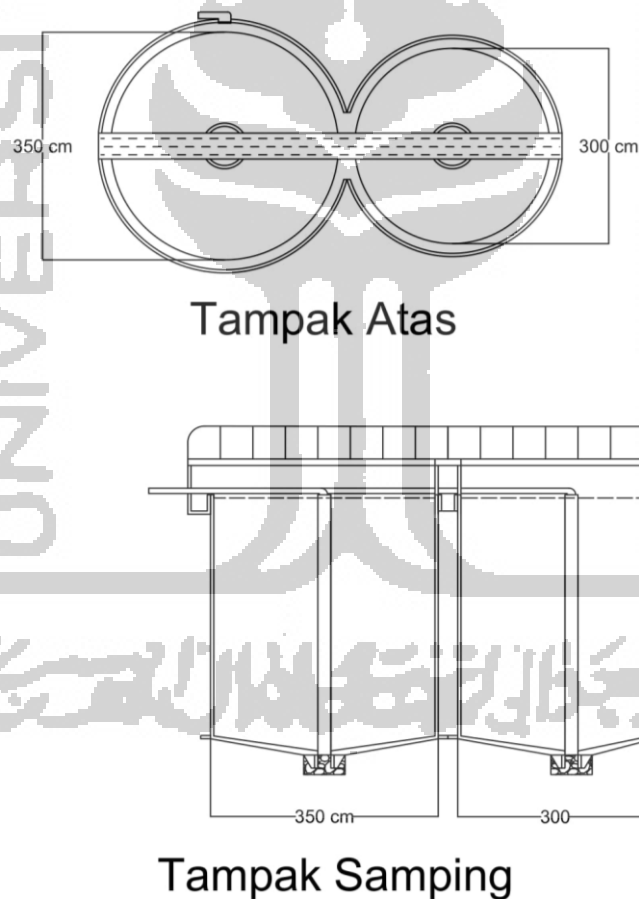
$$\text{Volume} = P \times L \times T$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\
 &= 8 \text{ m}^3 \\
 T_d &= Q/V \\
 &= \frac{13,09 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}{8 \text{ m}^3} \\
 &= 1,63 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Nilai volume dan T_d bak koagulasi flokulasi sebesar 8 m^3 dan 1,63 jam

3. Bak Sedimentasi I (a)

Bak ini berbentuk *circular* atau bulat, berfungsi untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk di unit koagulasi-flokulasi agar mempermudah proses selanjutnya yaitu pengolahan sekunder atau pengolahan biologis. Gambar unit sedimentasi I dan II bisa dilihat gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5. 3 Unit Sedimentasi I dan II

Tabel 5. 9 Kriteria Perencanaan Bak Sedimentasi (*Circular*)

Kriteria perencanaan		
Waktu tinggal (T_d)	1,5 - 2,5 jam (Metcalf & Eddy, 1979)	2 jam (Metcalf & Eddy, 1979)
	30-50 m ³ /m ² .hari (Metcalf & Eddy, 1979)	40 m ³ /m ² .hari (Metcalf & Eddy, 1979)
<i>Overflow rate</i>	80-120 m ³ /m ² .hari (Metcalf & Eddy, 2003)	100 m ³ /m ² .hari (Metcalf & Eddy, 2003)
<i>Weir loading</i>	125 – 500 m ³ /m.hari (Metcalf & Eddy, 1979)	250 m ³ /m.hari (Metcalf & Eddy, 1979)

Data Perencanaan:

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 13,09 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Diameter} = 3,5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah unit} = 1 \text{ bak}$$

Perhitungan:

$$\text{Volume bak} = \Pi \times R^2 \times T$$

$$= 3,14 \times (1,75)^2 \times 3 \text{ m}$$

$$= 28,85 \text{ m}^3$$

$$T_d = \text{Volume}/Q$$

$$= \frac{28,85 \text{ m}^3}{13,09 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}$$

$$= 2,2 \text{ jam}$$

$$\text{Over flow rate} = Q/A_{\text{permukaan}}$$

$$= \frac{104,72 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3,14 \times 1,75^2}$$

$$= 10,89 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan kesimpulan bahwa t_d (waktu tinggal) telah memenuhi kriteria desain sedangkan OFR (*overflow rate*) belum memenuhi kriteria desain.

4. Bak Sedimentasi I (b)

Kriteria perencanaan		
Waktu tinggal (T_d)	1,5 - 2,5 jam (Metcalf & Eddy, 1979)	2 jam (Metcalf & Eddy, 1979)
	30-50 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 1979)	40 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 1979)
<i>Overflow rate</i>	80-120 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 2003)	100 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 2003)
<i>Weir loading</i>	125 – 500 m^3/m .hari (Metcalf & Eddy, 1979)	250 m^3/m .hari (Metcalf & Eddy, 1979)

Data Perencanaan:

$$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 13,09 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Diameter} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah unit} = 1 \text{ bak}$$

Perhitungan:

$$\text{Volume bak} = \pi \times R^2 \times T$$

$$= 3,14 \times (1,5)^2 \times 3 \text{ m}$$

$$= 21,19 \text{ m}^3$$

$$T_d = \text{Volume}/Q$$

$$= \frac{21,19 \text{ m}^3}{13,09 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}}$$

$$= 1,62 \text{ jam}$$

$$\text{Over flow rate} = Q/A_{\text{permukaan}}$$

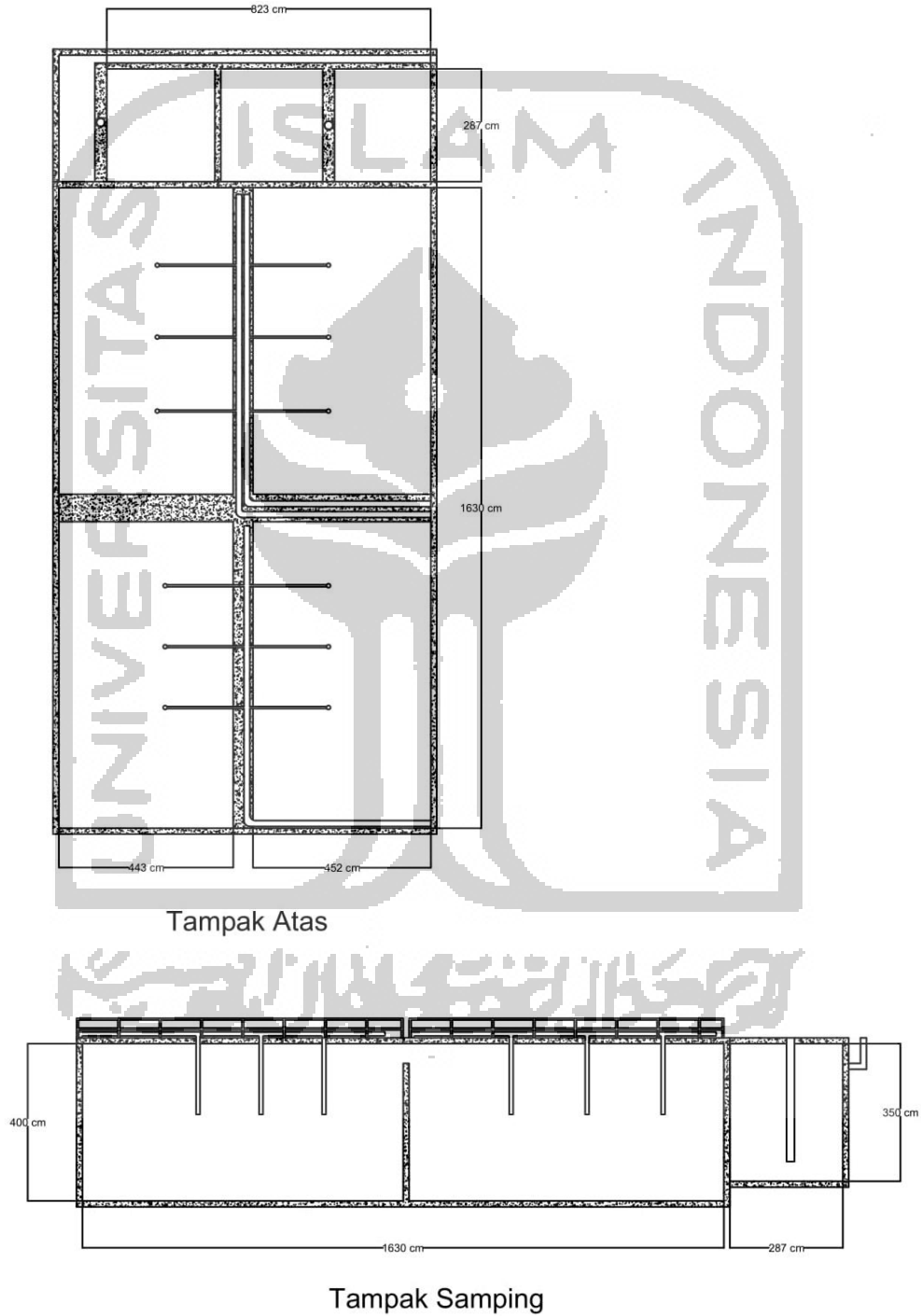
$$= \frac{104,72 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{3,14 \times 1,5^2}$$

$$= 14,82 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan kesimpulan bahwa t_d (waktu tinggal) telah memenuhi kriteria desain sedangkan OFR (*overflow rate*) belum memenuhi kriteria desain.

5. Bak Aerasi

Bak aerasi ini berfungsi untuk mengolah air limbah secara biologis tersuspensi. Bak aerasi yang diteliti adalah salah satu dari dua bak aerasi yang digunakan di IPAL ini. Gambar unit bak aerasi dan pengendapan biologis bisa dilihat pada gambar 5.4 dibawah ini.



Gambar 5. 4 Unit Lumpur Aktif

Tabel 5. 10 Kriteria Perencanaan Bak Aerasi

Kriteria perencanaan	
Rasio F/M	0,2-0,5 kg BOD/kg MLSS.hari (Said, 2017)
	0,2-0,4 kg BOD/kg MLSS.hari (Nopol, 1998)
SVI	50-150 mL/gr (Said, 2017)
	50-200 mL/gr (Nopol, 1998)
BOD – MLSS loading	< 100 mL/gr (Metcalf & Eddy, 2003)
	0,2 – 0,4 kg/kg MLVSS.hari (Said, 2017)
BOD – Volume loading	0,3 - 0,8 kg BOD/m ³ .hari (Said, 2017)
	0,3 – 0,6 kg BOD/m ³ .hari (Nopol, 1998)
MLSS	1500-2000 mg/L (Said, 2017)
	2000-6000 mg/L (Nopol, 1998)
Umur lumpur	2-4 hari (Said, 2017)
	5-10 hari (Nopol, 1998)
Waktu aerasi	6-8 jam (Said, 2017)
	20-40% (Said, 2017)
Rasio sirkulasi lumpur	30-100% dan 50-150% (Nopol, 1998)
<i>Hydraulic retention time</i>	2-24 jam (Nopol, 1998)
Kebutuhan udara	1,2 – 1,4 kg O ₂ /kg BOD (Nopol, 1998)

Data Perencanaan:

Q _{rata-rata}	= 61,83 m ³ /hari
Q _{resirkulasi}	= 34,25 m ³ /hari
Q _{masuk}	= 18,93 m ³ /hari
Panjang	= 16,3 m
Lebar	= 4,43 m
Kedalaman	= 4 m
Volume	= 16,3 m × 4,43 m × 4 m = 288,84 m ³
Jumlah unit	= 1 bak
BOD _{influen}	= 198,81 mg/L

$$\text{BOD}_{\text{efluen}} = 148,98 \text{ mg/L}$$

$$\text{MLSS} = 3308 \text{ mg/L}$$

$$\text{MLVSS} = 2720 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS efluen} = 460 \text{ mg/L}$$

$$\text{Debit efluen} = 190,28 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{SVI} &= \frac{SV_{30} \times 1000}{\text{MLSS}} \\ &= \frac{650 \text{ ml} \times 1000}{3307 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \\ &= 196 \text{ mL/gr} \end{aligned}$$

Nilai *Sludge Volume Index* (SVI) masih tergolong besar karena telah melebihi kriteria. Nilai ini menunjukkan bahwa lumpur terlalu gembur yang menyebabkan buruknya pengendapan. Nilai SVI lebih dari 150 mL/gr menunjukkan adanya pertumbuhan organisme *filamentous*. Sedangkan jika nilai SVI yang rendah bisa disebabkan karena rendahnya oksigen terlarut di bak aerasi, terbatasnya nutrient, dan rendahnya nilai F/M. Keseimbangan nutrient dalam air limbah industri idealnya BOD:N:P sebesar 100:5:1 agar mendapat pengendapan yang maksimal (Nopol, 1998).

$$\begin{aligned} \text{Rasio F/M} &= \frac{Q \times (\text{BOD}_{\text{influen}} - \text{BOD}_{\text{efluen}})}{V \times \text{MLSS}} \\ &= \frac{61,83 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times (198,81 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 148,98 \frac{\text{mg}}{\text{L}})}{288,84 \text{ m}^3 \times 3308 \frac{\text{mg}}{\text{L}}} \\ &= 0,27 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \end{aligned}$$

Nilai rasio F/M sudah memenuhi kriteria, namun masih tergolong rendah. Rasio F/M yang rendah dapat menunjukkan bahwa mikroorganisme di dalam bak aerasi dalam kondisi lapar, semakin rendah nilainya maka pengolahan air limbah semakin efisien (Said, 2017). Menurut penelitian (Gisi, Galasso and Feo, 2009) nilai rasio F/M dalam industri penyamakan kulit berkisar 0,37-0,76 kg/m³.hari. Nilai rasio F/M dapat dikontrol dengan cara mengatur laju sirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan biologis di resirkulasikan ke bak aerasi. Semakin tinggi laju resirkulasi maka semakin besar nilai F/M (Said, 2017). Selain itu untuk mengatur kadar MLSS di bak aerasi juga dapat dilakukan mengatur laju pembuangan lumpur sisa di bak pengendapan biologis.

$$\text{Rasio Resirkulasi} = \frac{Q_{\text{resirkulasi}}}{Q_{\text{masuk}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{34,25 \frac{m^3}{hari}}{18,93 \frac{m^3}{hari}} \\
 &= 1,81 \\
 &= 181\%
 \end{aligned}$$

Nilai rasio resirkulasi lumpur masih belum memenuhi kriteria. Hal ini bisa diatur dengan menambah debit masuk air limbah ke bak aerasi atau memperlambat laju resirkulasi lumpur. Solusinya bisa dengan memperkecil laju lumpur yang dikembalikan ke bak aerasi agar nilai rasio F/M juga mengecil. Serta membuang sisa lumpur di bak sedimentasi biologis.

$$\begin{aligned}
 \text{Umur Lumpur} &= \frac{MLSS \times V}{(X_w \times Q_w) + (X_e \times Q_e)} \\
 &= \frac{3,3079 \frac{kg}{m^3} \times 288,84 m^3}{\left(3,3079 \frac{kg}{m^3} \times 34,25 \frac{m^3}{hari}\right) + \left(0,46 \frac{kg}{m^3} \times 190,29 \frac{m^3}{hari}\right)} \\
 &= 4,7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Nilai umur lumpur sudah memenuhi kriteria yang ideal. Nilai kadar umur lumpur sangat bergantung pada nilai sisa buangan lumpur (*waste sludge*).

$$\begin{aligned}
 HRT &= \frac{V}{Q_{masuk}} \\
 &= \frac{288,84 m^3}{2,37 \frac{m^3}{jam}} \\
 &= 121 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

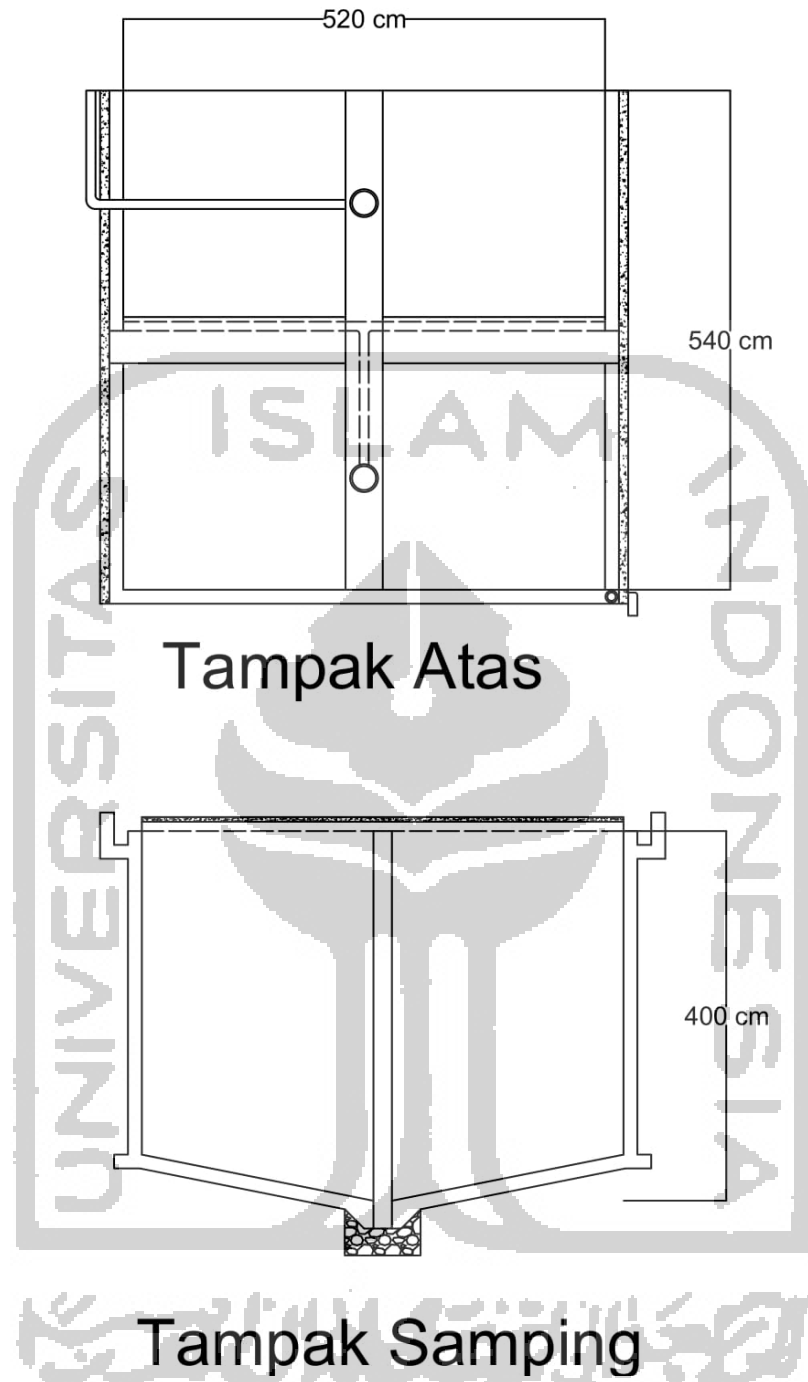
Nilai *hydraulic retention time* belum memenuhi nilai yang ideal dikarenakan debit yang masuk ke dalam bak aerasi masih terlalu kecil. Dalam penelitian (Gisi, Galasso and Feo, 2009) nilai HRT dalam industri penyamakan kulit sebesar 30 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Beban BOD} &= \frac{Q \times BOD_{masuk}}{V} \\
 &= \frac{61,83 \frac{m^3}{hari} \times 0,198 \frac{kg}{m^3}}{288,84 m^3} \\
 &= 0,04 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

Nilai beban BOD masih belum memenuhi nilai pada kriteria.

6. Bak Sedimentasi II

Bak Sedimentasi II memiliki fungsi yang sama dengan bak sedimentasi I namun hanya berbeda bentuknya. Untuk bak ini berbentuk persegi panjang atau *rectangular*. Gambar unit sedimentasi II bisa dilihat pada gambar 5.5 dibawah ini.



Gambar 5. 5 Unit Sedimentasi II

Tabel 5. 11 Kriteria Perencanaan Bak Sedimentasi (*Rectangular*)

Kriteria perencanaan		
Waktu tinggal (T_d)	1,5 - 2,5 jam (Metcalf & Eddy, 1979)	2 jam (Metcalf & Eddy, 1979)
	30-50 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 1979)	40 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 1979)
Overflow rate	80-120 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 2003)	100 m^3/m^2 .hari (Metcalf & Eddy, 2003)
Weir loading	125-500 m^3/m .hari (Metcalf & Eddy, 1979)	250 m^3/m .hari (Metcalf & Eddy, 1979)
Dimensi		
Panjang	15-90 m (Metcalf & Eddy, 1979)	25-40 (Metcalf & Eddy, 1979)
Lebar	3-24 m (Metcalf & Eddy, 1979)	6-10 m (Metcalf & Eddy, 1979)
Kedalaman	3-5 m (Metcalf & Eddy, 1979)	3,6 m (Metcalf & Eddy, 1979)

Data Perencanaan:

$Q_{\text{puncak}} = 104,72 \text{ m}^3/\text{hari}$

Panjang = 5,4 m

Lebar = 5,2 m

Kedalaman = 4 m

Jumlah unit = 1 bak

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 A_{\text{permukaan}} &= P \times L \\
 &= 5,4 \text{ m} \times 5,2 \text{ m} \\
 &= 28,08 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek } V_o &= Q/A \\
 &= \frac{104,72 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{28,08 \text{ m}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 3,73 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\ \text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 5,4 \text{ m} \times 5,2 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 112,32 \text{ m}^3 \\ \text{Cek } T_d &= V/Q \\ &= \frac{112,32 \text{ m}^3}{13,09 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}}} \\ &= 8,58 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan ini didapatkan kesimpulan bahwa bak sedimentasi II belum memenuhi kriteria desain. Nilai OFR (*overflow rate*) dan waktu tinggal (t_d) masih melebihi standar kriteria desain. Kesimpulan dari evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di industri penyamakan kulit PT. X dapat dilihat pada tabel 5.12.



Tabel 5. 12 Resume Evaluasi IPAL

Evaluasi			
Unit	Memenuhi kriteria	Tidak memenuhi kriteria	Masukan
Bak Ekualisasi	Kedalaman (H) = 4 m	Waktu tinggal (t_d) = 15,31 jam	Bak ekualisasi ini masih bisa menampung debit yang lebih tinggi dibanding debit eksisting.
	Laju pemompaan = 2 m ³ /menit		
Bak Koagulasi Flokulasi I	Volume = 8m ³		Perlu adanya pengukuran kecepatan pengadukan dan dosis koagulan dan flokulan yang digunakan.
	T_d = 1,63 jam		
Bak Sedimentasi I (<i>circular</i>)	Kedalaman (H) = 4 m	$Overflow\ rate\ (OFR) = 10,89$ m ³ /m ² .hari	Bak sedimentasi masih bisa menerima debit yang lebih tinggi dari kondisi eksisting untuk memenuhi nilai OFR.
	Diameter (D) = 3 m dan 3,5 m		
	Waktu tinggal (T_d) = 2,2 jam		
Bak Aerasi	Rasio F/M = 0,27 kg/m ³ .hari Umur lumpur = 4,7 hari	SVI = 196 mL/gram	Gangguan parameter fisik (pH dan suhu), kekurangan makanan, dan adanya zat racun (logam berat). Selain itu juga

Evaluasi			
Unit	Memenuhi kriteria	Tidak memenuhi kriteria	Masukan
			karena pembuangan lumpur sisa di bak sedimentasi biologis.
		Rasio resirkulasi lumpur = 181%	Mengatur debit air limbah yang masuk ke bak aerasi atau memperlambat debit resirkulasi.
		Beban BOD = 0,04 kg/m ³ .hari	Beban masih dibawah kriteria desain karena debit masih kecil.
		Hydraulic retention time = 121 jam	Nilai HRT besar/lama karena debit air limbah masuk ke bak aerasi masih kecil, debit masih bisa dinaikkan.
Bak Sedimentasi II (<i>rectangular</i>)	Lebar = 5,2 m	Overflow rate (OFR) = 3,73 m ³ /m ² .hari	Debit yang digunakan masih kecil, unit ini masih bisa menampung debit yang lebih besar.
	Kedalaman = 4 m	Waktu tinggal (t _d) = 8,58 jam	

5.4.4 *Standard Operational Procedure (SOP)*

Standard Operational Procedure (SOP) ini hanya berlaku untuk unit lumpur aktif. SOP yang harus dilakukan sebagai berikut:

- 1) Mengukur secara rutin laju pengendapan/nilai Sludge Volume Index (SVI).
- 2) Apabila laju pengendapan lumpur untuk SVI rendah maka cek keberadaan organisme filamen, DO (*dissolved oxygen*), suhu dan pH.
- 3) Mengatur nilai rasio F/M dengan cara mengontrol laju sirkulasi lumpur aktif dari bak pengendapan biologis ke bak aerasi dan lumpur sisa di bak pengendapan akhir. Semakin cepat laju resirkulasi maka nilai F/M semakin besar.
- 4) Apabila terjadi buih putih yang mengambang di permukaan air di bak aerasi maka perlu mengatur kadar F/M (*food to microorganism*) sesuai kriteria desain.
- 5) Mengatur rasio resirkulasi lumpur dengan cara menambah debit masuk air limbah ke bak aerasi atau memperlambat laju resirkulasi lumpur.

5.4.5 Masukan untuk IPAL

Sedangkan saran untuk IPAL secara umum meliputi:

- 1) Mengoptimalisasi unit koagulasi-flokulasi yaitu mengenai pengukuran dan pemantauan dosis koagulan-flokulan yang digunakan serta kecepatan putaran *paddle* saat pengadukan.
- 2) Mengoptimalisasi unit biofilter anaerobik-aerobik untuk mendegradasi polutan organik dan anorganik.
- 3) Apabila memang diperlukan, perlu penambahan unit tambahan berupa *constructed wetlands* setelah unit filtrasi untuk mengurangi kadar logam berat krom.
- 4) Perlunya pengukuran debit air limbah yang masuk ke IPAL. Pengukuran dapat menggunakan flow meter atau secara manual.
- 5) Perlunya pengecekan pH di tiap unit pengolahan secara rutin.