

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kuantitas dan Kualitas Air Limbah

Analisis untuk kuantitas dapat dilakukan dengan menghitung debit limbah cair dan beban pencemaran. Untuk analisa kualitas dengan cara menghitung efisiensi penurunan kadar untuk setiap parameter. Perhitungan debit limbah cair, beban pencemaran, dan efisiensi penurunan adalah sebagai berikut :

1. Debit

Menurut lampiran X pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah, perhitungan debit atau volume limbah cair maksimum dan yang di perbolehkan adalah sebagai berikut :

a. Debit / Volume Limbah Cair Maksimum

$$DM = Dm \times Pb$$

Diketahui :

$$Dm = \text{Untuk kegiatan pelayanan kesehatan RSUD kelas B dan C} \\ (\text{lampiran II nomor 2}) = 500 \text{ liter/orang/hari/bed} = 0,5 \\ \text{m}^3/\text{orang/hari/bed.}$$

$$Pb = 270 \text{ TT}$$

Sehingga :

$$DM = (0,5 \times 30) \times 270 \\ = 4050 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

b. Debit Limbah Cair Sebenarnya

$$DA = Dp \times H$$

Diketahui :

D_p = Hasil pengukuran debit limbah cair per hari adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Tabel Hasil Pengamatan Debit Perhari

HARI KE-	DEBIT (M3/HR)
1	60
2	54
3	59
4	52
5	50
6	57
7	49
8	62
9	56
10	51
11	58
RATA-RATA	55.27

Sumber : Data Primer, 2013

H = Diasumsikan jumlah hari rata-rata dalam 1 bulan = 30 hari

Sehingga :

$$\begin{aligned} DA &= 55,27 \times 30 \\ &= 1658,1 \text{ m}^3/\text{bulan} \end{aligned}$$

Penilaian untuk Debit Limbah Cair adalah DA (Debit limbah cair yang sebenarnya) tidak boleh lebih besar dari DM (Debit/volume limbah cair maksimum. Pada perhitungan debit limbah cair untuk RSUD Cilacap, DA tidak melebihi DM sehingga masih memenuhi syarat.

2. Beban pencemaran

Menurut lampiran X pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Limbah,

a. Beban Pencemaran Maksimum

$$BPM = (CM)_j \times DM \times f$$

Diketahui :

$(CM)_j$ = Dipakai baku mutu untuk air sungai kelas II

$$= (CM)_{BOD_5} = 3 \text{ mg/l}$$

$$= (CM)_{COD} = 25 \text{ mg/l}$$

$$= (CM)_{NH_3 \text{ Bebas}} = 0,06 \text{ mg/l}$$

$$= (CM)_{PO_4} = 0,2 \text{ mg/l}$$

$$= (CM)_{TSS} = 50 \text{ mg/l}$$

Dm = Untuk kegiatan pelayanan kesehatan RSUD kelas B dan C (lampiran II nomor 2) = 500 liter/orang/hari/bed = 0,5 m^3 /orang/hari/bed = 15 m^3 /bulan

$$f = \text{faktor konversi} \frac{1 \text{ kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1.000 \text{ L}}{m^3} = \frac{1}{1.000} \text{ kg/l/mg } m^3$$

Selanjutnya perhitungan beban pencemaran maksimum untuk setiap

$$\begin{aligned} \text{BPM} &= 50 \times 15 \times \frac{1}{1.000} \\ &= 0,75 \text{ kg / bulan} \end{aligned}$$

b. Beban Pencemaran Sebenarnya

$$\text{BPA} = (\text{CA})_j \times \text{DA} / \text{Pb} \times f$$

Diketahui :

(CA)_j = Kadar sebenarnya unsur pencemar dalam mg/l (diambil yang terbesar dari data selama tahun 2012 sampai 2013)

$$= (\text{CA})\text{BOD}_5 = 50 \text{ mg/l}$$

$$= (\text{CA})\text{COD} = 85 \text{ mg/l}$$

$$= (\text{CA})\text{NH}_3\text{Bebas} = 32 \text{ mg/l}$$

$$= (\text{CA})\text{PO}_4 = 38,18 \text{ mg/l}$$

$$= (\text{CA})\text{TSS} = 461 \text{ mg/l}$$

$$\text{DA} = 1658,1 \text{ m}^3/\text{bulan}$$

$$\text{Pb} = 270 \text{ TT}$$

$$f = \text{faktor konversi} = \frac{1}{1000} \text{ kgl/mg m}^3$$

Sehingga perhitungan untuk beban pencemaran sebenarnya untuk setiap parameter adalah sebagai berikut :

1) BOD₅

$$\begin{aligned} \text{BPA} &= 50 \times 1658,1 / 270 \times \frac{1}{1000} \\ &= 0,31 \text{ kg / bulan} \end{aligned}$$

2) COD

$$\begin{aligned} \text{BPA} &= 85 \times 1658,1 / 270 \times \frac{1}{1000} \\ &= 0,52 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

3) NH₃ Bebas

$$\begin{aligned} \text{BPA} &= 32 \times 1658,1 / 270 \times \frac{1}{1000} \\ &= 0,19 \text{ kg/bulan} \end{aligned}$$

4) PO₄

$$\text{BPA} = 38,18 \times 1658,1 / 270 \times \frac{1}{1000}$$

$$= 0,2345 \text{ kg/bulan}$$

5) TSS

$$\begin{aligned} \text{BPA} &= 461 \times 1658,1 / 270 \times \frac{1}{1000} \\ &= 2,83 \text{ kg / bulan} \end{aligned}$$

Penilaian untuk perhitungan beban pencemaran adalah BPA tidak boleh lebih besar dari BPM. Hasil perhitungan dan penilaian untuk beban pencemaran bisa dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.2 Beban Pencemaran Maksimum dan Beban Pencemaran Sebenarnya

PARAMETER	BPM (kg/bulan)	BPA (kg/bulan)	BPA<BPM
BOD ₅	0,045	0,31	Tidak Memenuhi Syarat
COD	0,375	0,52	Tidak Memenuhi Syarat
NH ₃ Bebas	0,0009	0,19	Tidak Memenuhi Syarat
PO ₄	0,003	0,23	Tidak Memenuhi Syarat
TSS	0,75	2,83	Tidak Memenuhi Syarat

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel hasil perhitungan beban pencemaran sebenarnya untuk semua parameter melebihi dari beban pencemaran maksimum. Sehingga beban pencemaran limbah cair di RSUD Cilacap tidak memenuhi Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, atau bisa dikatakan beban pencemaran air limbah hasil pengolahan sangat tinggi. Dikarenakan hasil dari beban pencemaran sebenarnya lebih besar dari beban pencemaran yang diperbolehkan, maka perlu dilakukan perancangan ulang untuk dimensi bangunan IPAL.

3. Efisiensi penurunan kadar

Menghitung efisiensi penurunan kadar setiap parameter air limbah

hasil pengujian laboratorium fisika kimia air dari UPT Laboratorium Kesehatan Daerah. Data hasil pengujian disajikan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Baku Mutu Air Limbah di IPAL RSUD Cilacap

BULAN	PARAMETER	SATUAN	INLET	OUTLET
			A	B
APRIL	BOD	mg/l	350	25
	COD	mg/l	731	46
	TSS	mg/l	105	29
DESEMBER	BOD	mg/l	45	20
	COD	mg/l	85	40
	TSS	mg/l	141	106
JANUARI	BOD	mg/l	120	35
	COD	mg/l	242	66
	TSS	mg/l	560	461
FEBRUARI	BOD	mg/l	150	35
	COD	mg/l	260	65
	TSS	mg/l	455	108

Sumber : Data Sekunder dari RSUD Cilacap

Dari tabel 5.4 Hasil Pengujian Baku Mutu Air Limbah di IPAL RSUD Cilacap, perhitungan efisiensi penurunan untuk masing-masing parameter adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi Penurunan Kadar BOD

$$\% \text{Efisiensi penurunan BOD} = \frac{(BOD_{inlet} - BOD_{outlet})}{BOD_{inlet}} \times 100\%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan BOD1} = \frac{(350 - 25)}{350} = 92,86 \%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan BOD2} = \frac{(45 - 20)}{45} = 55,56 \%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan BOD3} = \frac{(120 - 35)}{120} = 70,83 \%$$

$$(150 - 35) = 55,67 \%$$

2. Efisiensi Penurunan Kadar COD

$$\% \text{Efisiensi penurunan COD} = \frac{(\text{COD}_{\text{inlet}} - \text{COD}_{\text{outlet}})}{\text{COD}_{\text{inlet}}} \times 100\%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan COD1} = \frac{(731 - 46)}{731} = 93,71 \%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan COD2} = \frac{(85 - 40)}{85} = 52,94 \%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan COD3} = \frac{(242 - 66)}{242} = 72,73 \%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan COD4} = \frac{(260 - 65)}{260} = 75 \%$$

3. Efisiensi Penurunan Kadar TSS

$$\% \text{Efisiensi penurunan TSS} = \frac{(\text{TSS}_{\text{inlet}} - \text{TSS}_{\text{outlet}})}{\text{TSS}_{\text{inlet}}} \times 100\%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan TSS1} = \frac{(105 - 29)}{105} = 72,38\%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan TSS2} = \frac{(141 - 106)}{141} = 24,82\%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan TSS3} = \frac{(560 - 461)}{350560} = 17,68\%$$

$$\% \text{Efisiensi penurunan TSS4} = \frac{(455 - 108)}{455} = 76,26\%$$

Dari perhitungan efisiensi penurunan kadar BOD₅, COD, dan TSS di atas menunjukkan efisiensi kinerja IPAL. Dengan demikian efisiensi kinerja IPAL belum stabil karena efisiensi penurunan kadar mengalami naik turun dan efisiensi kinerja IPAL yang ada masih belum bisa menurunkan beberapa kadar parameter hingga baku mutu yang ditetapkan. Sehingga diperlukan perancangan ulang untuk dimensi IPAL agar dapat menurunkan kadar parameter sampai di bawah baku mutu.

B. Evaluasi Kualitas Air Limbah

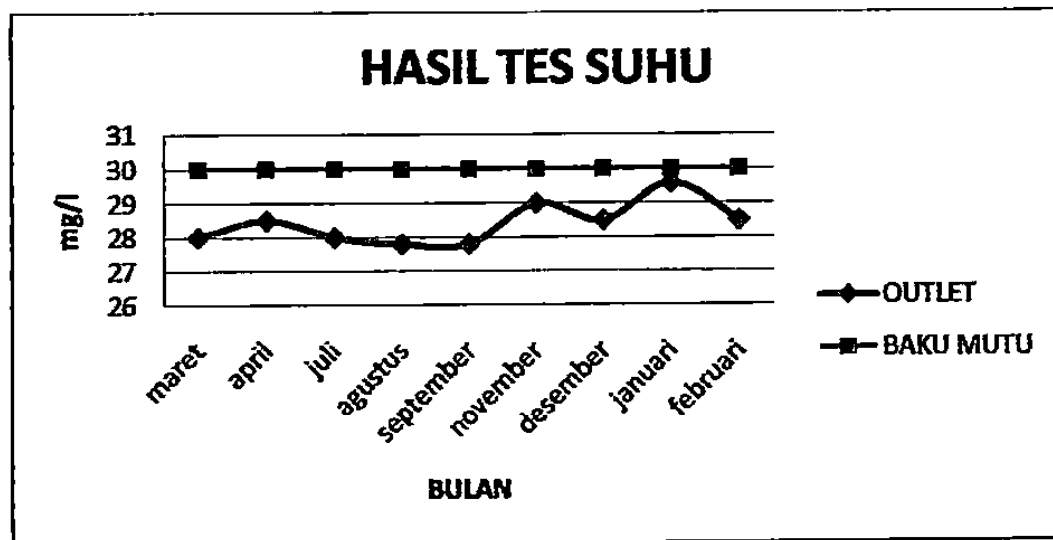
Parameter yang diuji di laboratorium untuk kualitas air limbah adalah suhu, pH, BOD₅, COD, TSS, NH₃ Bebas, Phospat (PO₄), dan kuman golongan coli. Untuk mengevaluasi kualitas air limbah hasil pengolahan, parameter yang ada dibandingkan dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 10 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran IV. Hasil analisa untuk setiap parameter adalah sebagai berikut :

1. Suhu

Hasil pemeriksaan suhu dari *outlet* IPAL RSUD Cilacap dibandingkan dengan baku mutu yang digunakan dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 5.4 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter Suhu

Bulan	Hasil Tes Suhu	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	30	28
April	30	28.5
Juli	30	28
Agustus	30	27.8
September	30	27.8
November	30	29
Desember	30	28.5
Januari	30	29.6
Februari	30	28.5



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Hasil Pemeriksaan Suhu

Hasil pemeriksaan suhu menunjukkan bahwa setiap hasil pemeriksaan berada di bawah standar baku mutu, sehingga memenuhi syarat baku mutu. Hal ini menunjukkan bahwa parameter air limbah untuk suhu sudah baik.

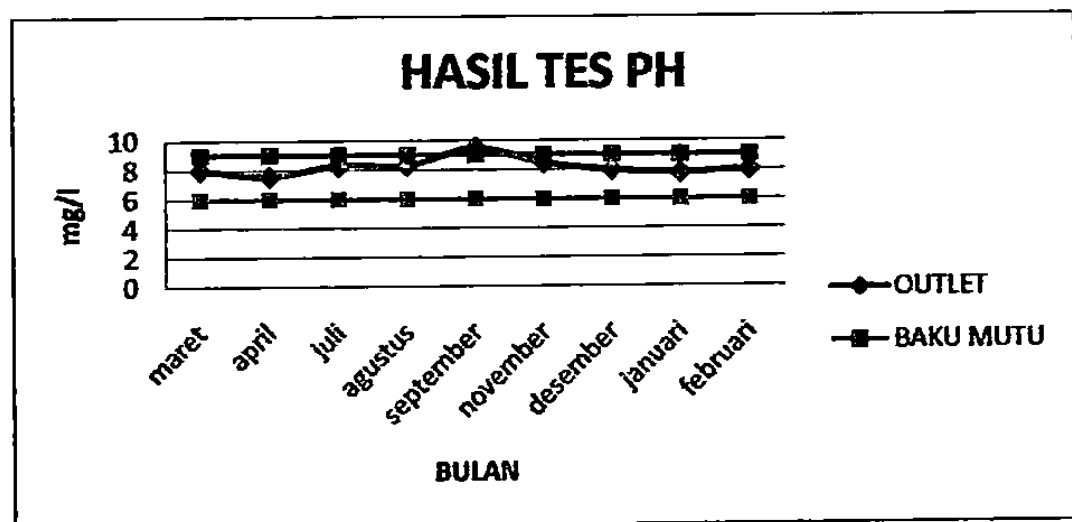
2. pH

Hasil pemeriksaan pH dari *outlet* IPAL RSUD Cilacap dibandingkan

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter pH

Bulan	Hasil Tes pH	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	6 S/D 9	8
April	6 S/D 9	7.58
Juli	6 S/D 9	8.3
Agustus	6 S/D 9	8.3
September	6 S/D 9	9.48
November	6 S/D 9	8.45
Desember	6 S/D 9	7.95
Januari	6 S/D 9	7.76
Februari	6 S/D 9	7.98

Sumber : UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Cilacap



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Hasil Pemeriksaan pH

Untuk hasil pemeriksaan parameter pH ada yang berada di atas baku mutu yang digunakan, itu menunjukkan bahwa saat bulan September air limbah berada pada kondisi basa yang berlebih.

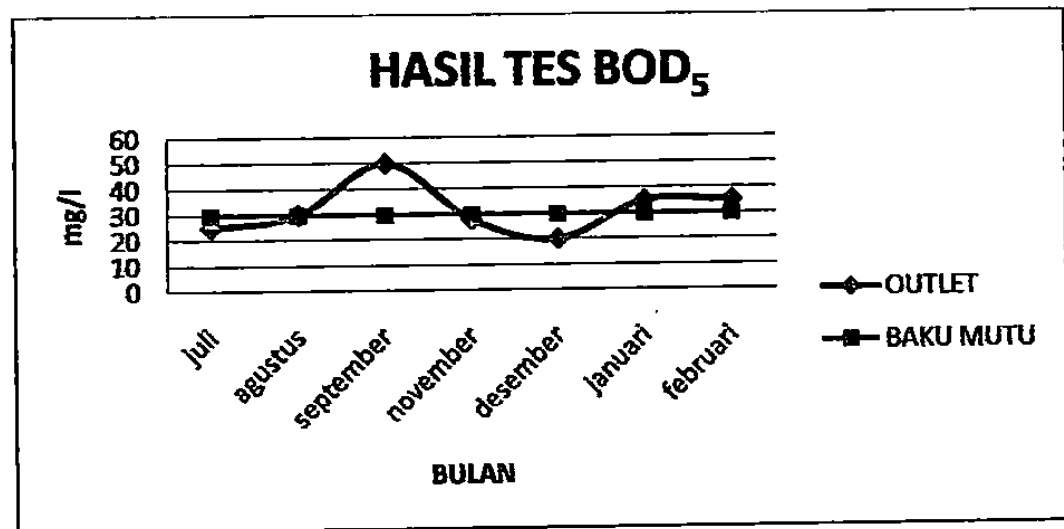
3. BOD₅

Hasil pemeriksaan BOD₅ dari outlet IPAL RSUD Cilacap

Tabel 5.6 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter BOD₅

Bulan	Hasil Tes BOD ₅	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	30	17.1
April	30	25
Juli	30	25
Agustus	30	30
September	30	50
November	30	28
Desember	30	20
Januari	30	35
Februari	30	35

Sumber : UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Cilacap

Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Hasil Pemeriksaan BOD₅

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa parameter BOD₅ di beberapa bulan dalam kondisi melebihi baku mutu yang dibolehkan, sehingga tidak memenuhi syarat baku mutu. Penurunan kadar BOD₅ disebabkan karena proses aerasi, aerasi adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan akan dapat dihilangkan sama sekali (Sugiharto, 1987). Sehingga bila kadar BOD₅ masih tinggi atau di atas

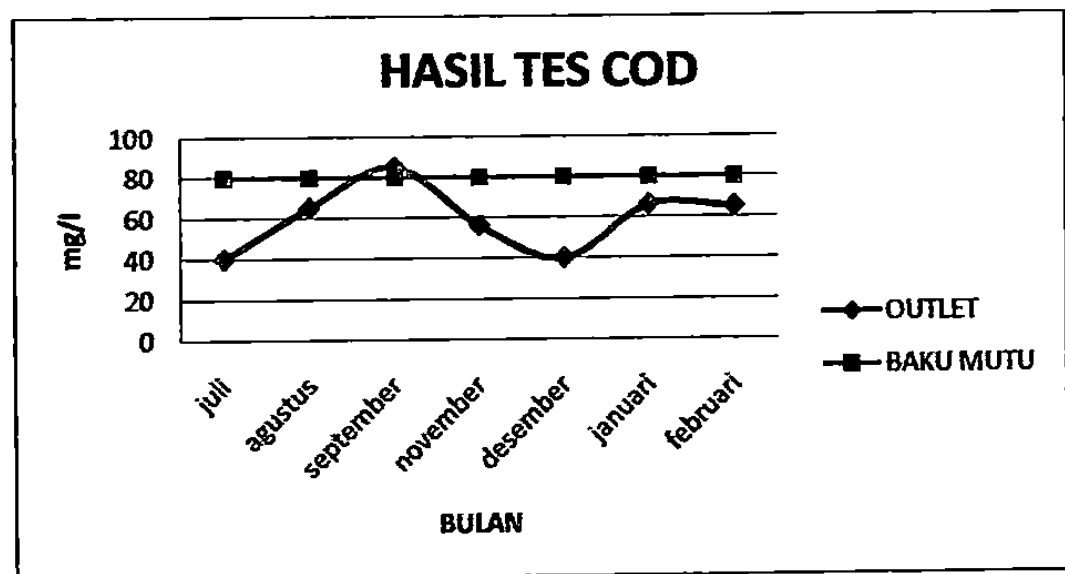
4. COD

Hasil pemeriksaan untuk parameter COD dan perbandingannya dengan baku mutu bisa dilihat dalam table dan grafik di bawah ini :

Table 5.7 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter COD

Bulan	Hasil Tes COD	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	80	44
April	80	46
Juli	80	40
Agustus	80	65
September	80	85
November	80	56
Desember	80	40
Januari	80	66
Februari	80	65

Sumber : UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Cilacap



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Hasil Pemeriksaan COD

Untuk hasil pemeriksaan COD ada 1 data yang berada sedikit di atas baku mutu yang digunakan, yaitu ada bulan September. Hal itu bisa disebabkan karena hal yang sama seperti penyebab tingginya kadar

Proses aerasi adalah proses penambahan oksigen (Sugiharto, 1987). Dengan menambahkan oksigen maka kadar COD akan mengalami perubahan sehingga proses aerasi dapat menurunkan kadar COD.

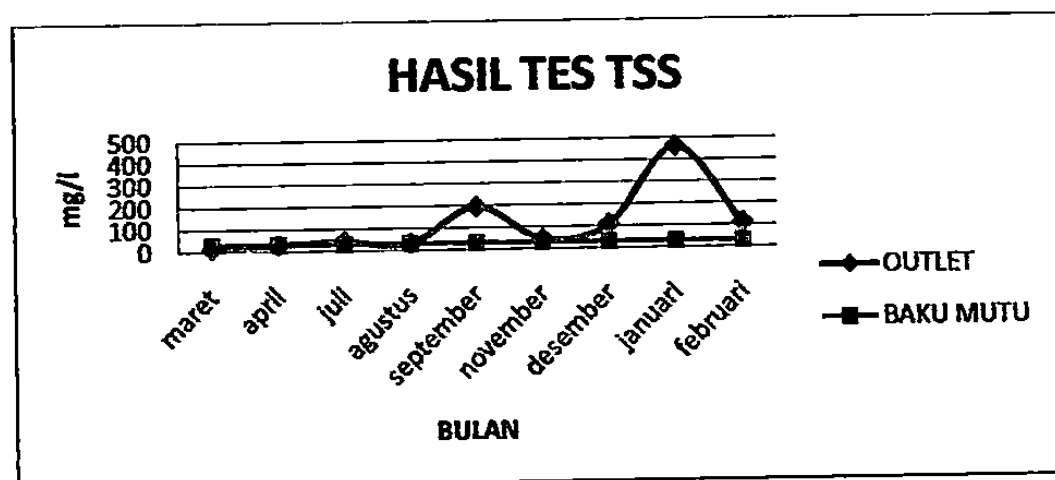
5. TSS

Hasil pemeriksaan parameter TSS dan perbandingannya dengan baku mutu dapat dilihat dalam table dan grafik di bawah ini :

Table 5.8 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter TSS

Bulan	Hasil Tes TSS	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	30	12
April	30	29
Juli	30	42
Agustus	30	30
September	30	195
November	30	44
Desember	30	106
Januari	30	461
Februari	30	108

Sumber : UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Cilacap



Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Hasil Pemeriksaan TSS

Pada tabel dan grafik di atas hasil pemeriksaan untuk parameter TSS masih tidak memenuhi syarat standar baku mutu, karena masih banyak yang melebihi baku mutu. Penurunan kadar TSS dipengaruhi oleh waktu tinggal, waktu tinggal yang baik pada bak pengendapan

yang masih tinggi bisa disebabkan karena kurang lamanya waktu tinggal pada bak pengendapan karena debit air limbah yang masuk melebihi dari debit maksimum bak.

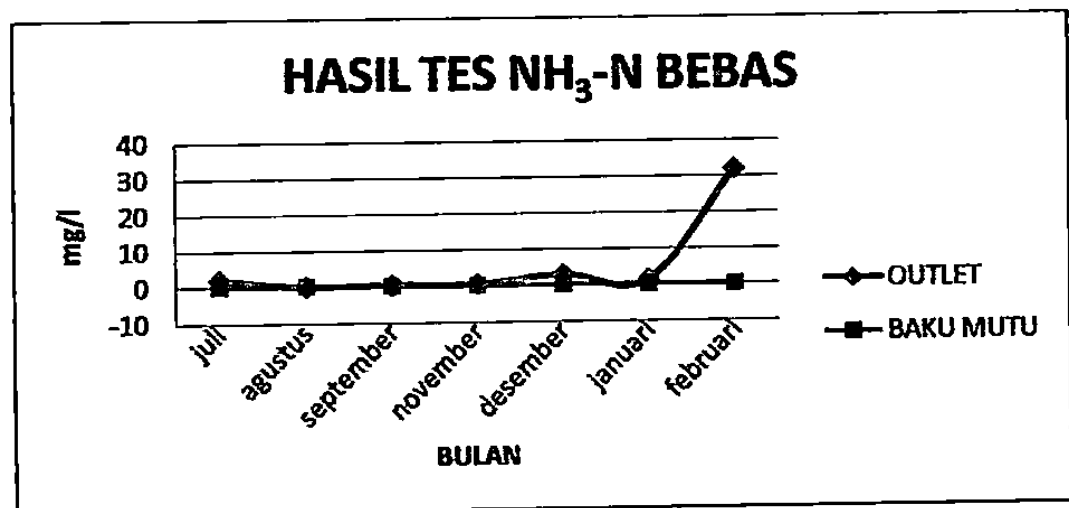
6. NH_3 Bebas

Tabel dan grafik perbandingan antara hasil pemeriksaan parameter NH_3 Bebas dengan baku mutu dapat dilihat di bawah ini :

Table 5.9 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter NH_3 Bebas

Bulan	Hasil Tes NH_3 Bebas	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	0.1	1.48
April	0.1	0.02
Juli	0.1	2
Agustus	0.1	0.08
September	0.1	0.47
November	0.1	0.4
Desember	0.1	2.9
Januari	0.1	1.3
Februari	0.1	32

Sumber : UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Cilacap



Pada hasil pemeriksaan parameter NH_3 Bebas, di beberapa bulan terakhir hasilnya tidak memenuhi syarat standar baku mutu. Proses yang mempengaruhi penurunan NH_3 Bebas yaitu proses aerobik dan anaerobik. Sehingga tingginya hasil pemeriksaan untuk parameter NH_3 Bebas bisa dikarenakan proses aerobik dan anaerobik tidak optimal.

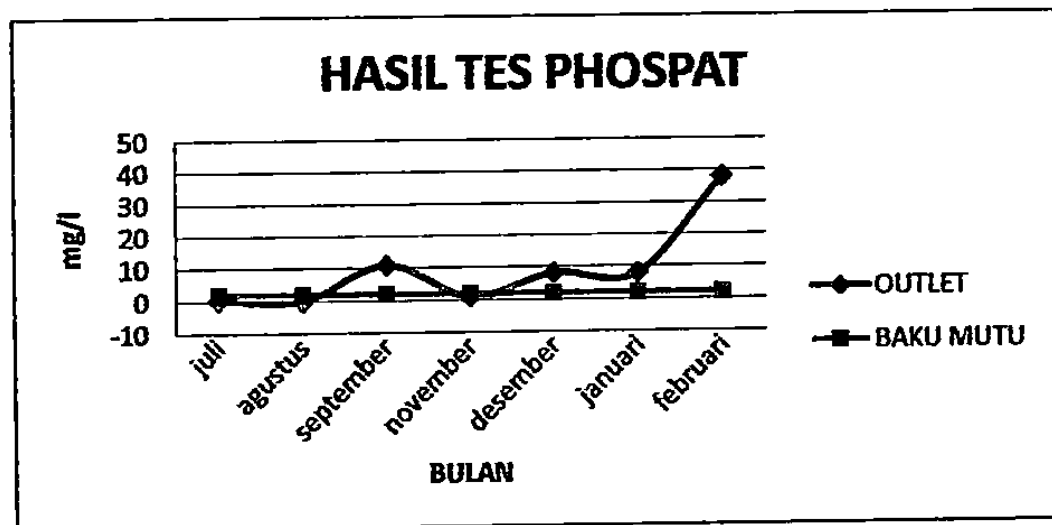
7. Phospat (PO_4)

Hasil pemeriksaan untuk parameter Phospat dan perbandingannya dengan baku mutu bisa dilihat dalam table dan grafik di bawah ini :

Table 5.10 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter Phospat (PO_4)

Bulan	Hasil Tes Phospat	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	2	2.013
April	2	0.47
Juli	2	0.39
Agustus	2	0.05
September	2	11
November	2	0.966
Desember	2	8.17
Januari	2	8.06
Februari	2	38.18

Sumber : UPT. Laboratorium Kesehatan Daerah Cilacap



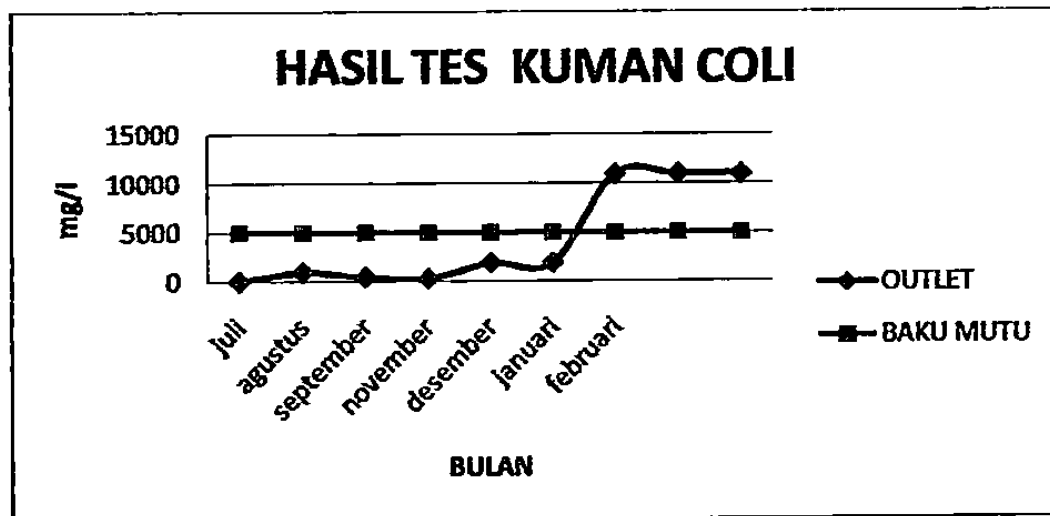
Untuk hasil pemeriksaan parameter phospat tidak memenuhi syarat baku mutu, karena masih banyak yang berada di atas baku mutu. Penurunan nilai phospat juga dikarenakan oleh proses aerobik dan anaerobik. Oleh karena itu penyebab masih tingginya nilai phospat dikarenakan pada pengolahan aerobik dan anaerobik masih kurang optimal.

8. Kuman Golongan Coli

Hasil pemeriksaan untuk parameter Kuman golongan coli dan perbandingannya dengan baku mutu bisa dilihat dalam table dan grafik di bawah ini :

Tabel 5.11 Hasil Pemeriksaan untuk Parameter Kuman Golongan Coli

Bulan	Hasil Tes Kuman Coli	
	Baku Mutu	Outlet
Maret	5000	-
April	5000	950
Juli	5000	440
Agustus	5000	290
September	5000	1900
November	5000	1900
Desember	5000	11000
Januari	5000	11000
Februari	5000	11000



Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Hasil Pemeriksaan Kuman Golongan Coli

Pada tabel dan grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai kuman golongan coli masih sangat tinggi, jauh di atas baku mutu. Sehingga untuk parameter kuman golongan coli tidak memenuhi standar baku mutu. Kadar kuman golongan coli yang masih tinggi disebabkan karena tidak adanya bak klorinasi, karena bak klorinasi berfungsi untuk mendesinfeksi air limbah sebelum dibuang ke saluran badan air atau sungai.

C. Perancangan Dimensi Bangunan IPAL

Dari analisa untuk kuantitas air limbah perhitungan untuk beban pencemaran sebenarnya hasilnya lebih besar dari beban pencemaran maksimum yang diperbolehkan, dengan debit maksimal bila bed terisi penuh, dan hasil analisa kualitas air limbah untuk beberapa parameter seperti BOD₅ dan TSS masih berada di atas baku mutu. Untuk menurunkan kadar parameter air limbah hasil pengolahan yang masih tinggi, dilakukan perancangan ulang dimensi setiap bak pengolahan, dan menambah bak pengolahan yang sudah ada. Perancangan dimensi bangunan pengolahan air limbah, berdasarkan atas waktu tinggal atau waktu detensi (*detention time*) pada setiap pengolahan dengan debit maksimum

1. Bak pengumpul (*inlet*)

Dengan kriteria analisis perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 t_d(\text{waktu}) &= \text{diasumsikan } 4 \text{ jam} = 4 \times 60 \times 60 = 14400 \text{ detik} \\
 Q_{\text{rata-rata}} &= DM = 4050 \text{ m}^3/\text{bulan} \\
 &= 4050 / (30 \times 24 \times 60 \times 60) \\
 &= 1,5625 \text{ l/detik} \approx 2 \text{ l/detik}
 \end{aligned}$$

Dengan asumsi faktor puncak 1,5 maka debit puncak :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{max}} &= 1,5 \times 2 \\
 &= 3 \text{ l/detik}
 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 Q &= V / t_d \\
 3 \text{ l/detik} &= \text{volume} / 14400 \text{ detik} \\
 V &= 3 \times 14400 \\
 &= 43200 \text{ l} = 43,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dengan tinggi rencana = 4 m

Perbandingan p : l = 1 : 1

Maka :

$$p = l$$

$$\text{Volume} = p \times l \times h$$

$$43,2 \text{ m}^3 = l^2 \times 4$$

$$10,8 \text{ m}^3 = l^2$$

$$l = 3,28 \text{ m} \approx 3,5 \text{ m}$$

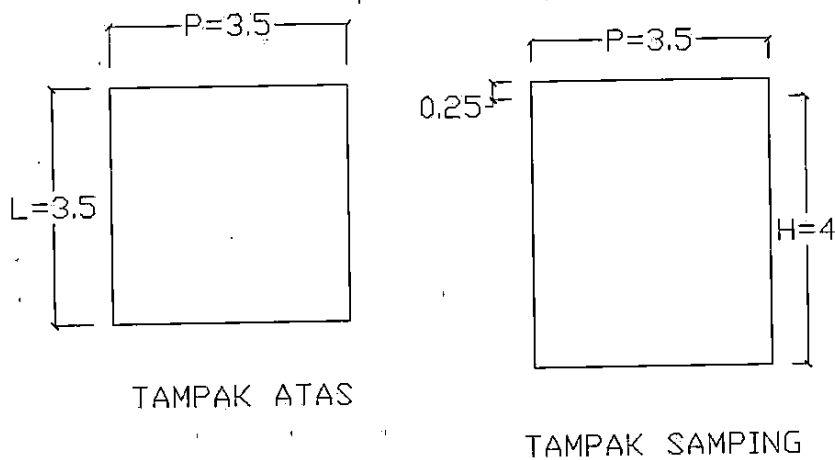
sehingga p = 3,5 m

Jadi dimensi bangunan adalah :

Tabel 5.12 Perbandingan Dimensi Bak Pengumpul

Dimensi	Desain ulang	Yang tersedia
Panjang	3,5 m	3 m
Lebar	3,5 m	3 m
Tinggi	4 m	4 m

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.9 Dimensi Bak Pengumpul

Dari tabel di atas untuk dimensi bangunan bak pengumpul atau penampung awal dengan debit maksimum yang diprediksi dan waktu tinggal diasumsi 4 jam, bangunan yang ada tidak dapat lagi menampung.

2. Bak pengendapan (bak pengolahan awal)

Kriteria analisis perhitungan adalah sebagai berikut :

$$Q_{\max} = 3 \text{ l/detik} = 0,003 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Direncanakan : overflow rate} = 45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}$$

Maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} A &= Q / \text{overflow rate} \\ &= (0,003 \text{ m}^3/\text{detik} \times 86400 \text{ detik/hari}) / (45 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}) \\ &= 5,76 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan tinggi rencana + *free board* (h) = 2 m

Perbandingan p : l = 1 : 1

Maka :

$$p = 1$$

$$A = l^2$$

$$5,76 = l^2$$

$$l = 2,4 \text{ m} \approx 2,5 \text{ m}$$

Sehingga $p = 2,5 \text{ m}$

Cek waktu tinggal :

$$\begin{aligned} \text{Pada saat } Q_{\max} : t_d = V/Q &= (2,5 \times 2,5 \times 2) \text{ m}^3 / (0,003 \text{ m}^3/\text{detik}) \\ &= 4166,67 \text{ detik} = 1,16 \text{ jam} \approx 1,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Cek *sludge zone*

$$\text{BOD masuk} = 350 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS masuk} = 560 \text{ mg/l}$$

$$\text{Direncanakan : } \quad \text{BOD removal} = 50\%$$

$$\quad \quad \quad \text{TSS removal} = 95\%$$

$$\text{BOD keluar} = 350 (1-0,5) = 175 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS keluar} = 560 (1-0,95) = 28 \text{ mg/l}$$

Beban BOD keluar dari bak pengendapan

$$\begin{aligned} &= (350 \times (1-0,5)) \text{ mg/l} \times \frac{1}{1000} \text{ kg/gr} \times (0,003 \times 86400) \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 45,36 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Beban TSS keluar dari bak pengendapan

$$\begin{aligned} &= (560 \times (1-0,95)) \text{ mg/l} \times \frac{1}{1000} \text{ kg/gr} \times (0,003 \times 86400) \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 7,25 \text{ kg / hari} \end{aligned}$$

TSS removal di bak pengendapan

$$\begin{aligned} &= (560 \times 0,95) \text{ mg/l} \times \frac{1}{1000} \text{ kg/gr} \times (0,003 \times 86400) \text{ m}^3/\text{hr} \\ &= 137,89 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Direncanakan : } \quad \text{Periode pengurasan lumpur} = 2 \text{ hari}$$

$$\quad \quad \quad \text{Kadar solid dalam lumpur} = 4\%$$

$$\quad \quad \quad \text{Berat jenis lumpur} = 1,03 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat lumpur} = \text{TSS removal} \times t / \text{kadar solid}$$

$$= 6894,5 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \text{Berat lumpur} / \text{Berat jenis} \\ &= 2905 \text{ kg} / (1,03 \times (\frac{1}{1000} \times 10^6)) \text{ kg/m}^3 \\ &= 6,69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ruang lumpur berbentuk limas terpancung dengan

$$\text{Luas permukaan atas } A = 2 \times 2 = 4 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas permukaan bawah } A' = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi ruang lumpur : } V_{\text{lumpur}} &= 1/3 t (A + A' + \sqrt{A \times A'}) \\ t &= 3V / (A + A' + \sqrt{A \times A'}) \\ &= 3 \times 6,69 / (4 + 1 + \sqrt{4 \times 1}) \\ &= 2,86 \text{ m} \approx 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Cek waktu pengurasan lumpur pada saat lumpur penuh :

$$\begin{aligned} \text{Volume ruang lumpur} &= 1/3 t (A + A' + \sqrt{A \times A'}) \\ &= 1/3 \times 3 (4 + 1 + \sqrt{4 \times 1}) \\ &= 7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume = berat lumpur / berat jenis

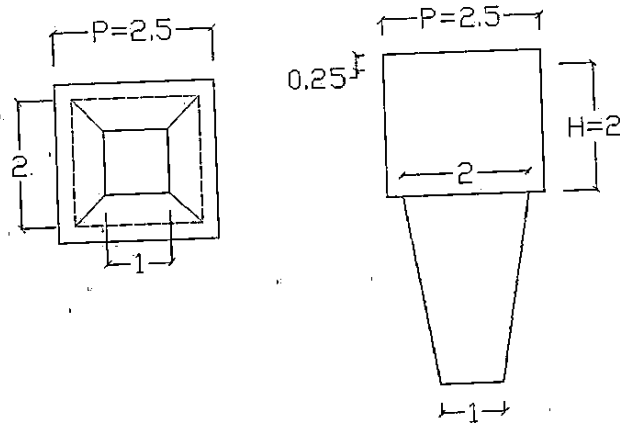
$$7 \text{ m}^3 = 6894,5 \text{ kg/hari} \times t \text{ hari} / (4\% \times (1,03 \times (\frac{1}{1000} \times 10^6)) \text{ kg/m}^3)$$

$$\begin{aligned} t &= (7 \times 4\% \times (1,03 \times (\frac{1}{1000} \times 10^6))) / 6894,5 \\ &= 2,48 \text{ hari} \approx 2,5 \text{ hari} \end{aligned}$$

Jadi dimensi bangunan adalah :

Tabel 5.13 Perbandingan Dimensi Bak Pengendapan

Dimensi	Desain ulang	Yang tersedia
Panjang	2,5 m	1,5 m
Lebar	2,5 m	1 m
Tinggi	2 m	2 m



TAMPAK ATAS

TAMPAK SAMPING

Gambar 5.10 Dimensi Bak Pengendapan dan *Sludge Zone*

Pada pengolahan bak pengendapan dimensi hasil analisa lebih besar dari dimensi yang ada sehingga perlu adanya perbaikan dimensi. Pada pengolahan dengan waktu tinggal 1,5 jam direncanakan dapat menurunkan kadar BOD dari 350 mg/l menjadi 175 mg/l dan kadar TSS dari 560 mg/l menjadi 28 mg/l. Kemudian menghasilkan volume lumpur sebesar 6,69 m³ yang dapat ditampung pada *sludge zone* dengan dimensi hasil analisa sebagai berikut :

Penampang atas : Panjang = 2 m

Lebar = 2 m

Penampang bawah : Panjang = 1 m

Lebar = 1 m

Tinggi ruang lumpur = 3 m

3. Bak Aerasi

Sebaiknya air limbah berada pada tangki aerasi adalah selama 6-8 jam dan kebutuhan udara yang harus disediakan adalah 40-80 m³/kg BOD (Sugiharto, 2008). Kriteria analisis perhitungan adalah sebagai berikut :

td(waktu) = 6-8 jam

$$Q_{\max} = 3 \text{ l/detik} = 259,2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kedalaman rencana (h)} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Perbandingan p : l} = 1 : 1$$

$$\text{MLSS} = 2000 \text{ mg/l}$$

$$R/Q = 0,25 - 0,5 \text{ dipakai } 0,5 \text{ jadi}$$

$$R = 0,5 \times Q = 1,5 \text{ l/detik}$$

$$\text{BOD masuk} = 175 \text{ mg/l (hasil perhitungan BOD yang keluar dari bak pengendapan I)}$$

Dengan asumsi :

Jika direncanakan BOD keluar adalah 3 mg/l

$$\text{Efisiensi penurunan BOD} = (175 - 3)/175 = 98\%$$

$$\text{Cek waktu tinggal : } \frac{ct}{co} = e^{-0,5K\Theta}$$

$$\text{Dimana : } ct = \text{konsentrasi BOD keluar} \\ = 3 \text{ mg/l}$$

$$co = \text{konsentrasi BOD masuk} \\ = 175 \text{ mg/l}$$

$$K = \text{konstanta} = 0,4343$$

$$\Theta = \text{waktu tinggal}$$

$$\text{Jadi } \frac{ct}{co} = e^{-0,5K\Theta}$$

$$\frac{3}{175} = e^{-0,5 \times 0,4343 \times \Theta}$$

$$\text{Log } \frac{3}{175} = -0,5 \times 0,4343 \times \Theta$$

$$-1,76 = -0,5 \times 0,4343 \times \Theta$$

$$\Theta(t_d) = 8 \text{ jam}$$

Volume dan dimensi bak dapat dilihat pada hitungan di bawah ini :

$$V = (Q+R) \times t_d \\ = (3+1,5) \text{ l/detik} \times 8 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 60 \text{ detik} \\ = 129600 \text{ l} = 129,6 \text{ m}^3$$

$$A = V/h$$

$$= 129,6 / 6$$

$$= 21,6 \text{ m}^2$$

$$A = p \times l$$

$$21,6 = l^2$$

$$l = 4,6 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

$$p = l = 5 \text{ m}$$

Cek F/M Rasio

$$F/M = \text{BOD limbah} \times Q_{\text{max/hari}} / (V \times \text{MLSS})$$

$$= (175 - 3 \text{ mg/l}) \times 259,2 \text{ m}^3/\text{hari} / (97,2 \text{ m}^3 \times 2000 \text{ mg/l})$$

$$= 0,229 / \text{hari}$$

Nilai F/M harus menghasilkan angka 0,2-0,3, hasil tersebut masuk dalam toleransi yang ada.

Menghitung *sludge wasting rate* (banyaknya lumpur yang dibuang) dari bak aerasi dalam l/detik

$$\text{Wasting rate} = V / \Theta_c$$

$$= (129,6 \times 1000) / (8 \text{ hari} \times 86400 \text{ detik/hari})$$

$$= 0,19 \text{ l/detik}$$

Cek power aerator yang dibutuhkan :

Kebutuhan oksigen/hari :

$$N = (Q \times (\text{BOD masuk} - \text{BOD keluar}) / f) - 1,42P_x$$

Dengan : $f = \text{rasio ML VSS/MLSS} = 0,68$

$$P_x = Y_{\text{obs}} \times Q \times (S_0 - S)$$

$$= (Y / (1 + K_d \cdot \Theta_c)) \times Q \times (S_0 - S)$$

$$= (0,703 / (1 + 0,07 \cdot 8)) \times (0,0045 \times 86400) \times (175 - 3) / 1000$$

$$= 30,13$$

$$N = (259,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times (175 - 3) / 0,68) - (1,42 \times 30,13)$$

$$= 65519,56 \text{ mg/hari}$$

$$= 65,52 \text{ kg/hari}$$

Kebutuhan oksigen di lapangan :

$$\text{SOR} = N / [(C'_{\text{sw}} \beta F_a - C) / C_{\text{sw}}] (1,024)^{T-20} \alpha$$

$$65,52 / [(1,5 / (1,22 \times 0,9) - 0,05) / 2] / (0,171 (1,024)^{28-20} \times 0,85)$$

$$= 122,97 \text{ kg / hari}$$

Untuk suplai udara digunakan surface aerator dengan transfer rate

$$= 1,2 \text{ kg O}_2/\text{kwh}$$

$$= 1,2 \times 24 \text{ hari}$$

$$= 28,8 \text{ kg O}_2 / \text{kw hari}$$

$$\text{Power aerator yang dibutuhkan} = \text{SOR/transfer rate}$$

$$= 122,97 / 28,8$$

$$= 4,27 \text{ KW}$$

$$= 4,27 * 1,341$$

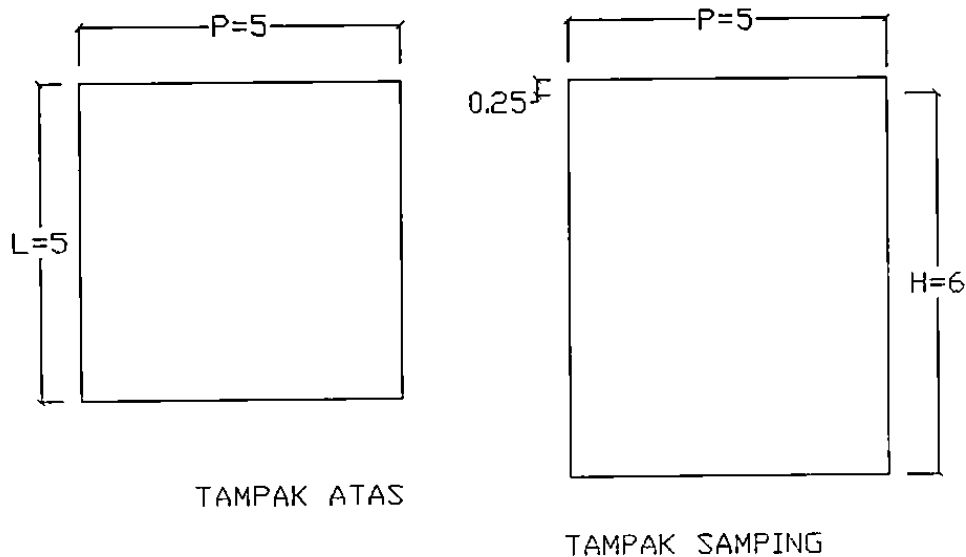
$$= 5,72 \text{ hp} \approx 6 \text{ hp}$$

Jadi dimensi bangunan adalah :

Tabel 5.14 Perbandingan Dimensi Bak Aerasi

Dimensi	Desain ulang	Yang tersedia
Panjang	5 m	2 m
Lebar	5 m	2 m
Tinggi	6 m	2 m
Aerator	1 buah dengan power 6hp	2 buah

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 5.11 Dimensi Bak Aerasi

Pada pengolahan bak aerasi dimensi hasil analisa lebih besar dari dimensi yang ada sehingga perlu adanya perbaikan dimensi.

menurunkan kadar BOD₅ dari 175 mg/l menjadi 3 mg/l. Dengan banyaknya lumpur yang dibuang dari bak aerasi sebanyak 0,19 l/detik = 16,416 m³/hari. Untuk proses aerasi tersebut dibutuhkan aerator dengan power 6hp

4. Bak Filtrasi

Pada pengolahan ini menggunakan sistem saringan pasir cepat. Kecepatan aliran penyaringan yang dihasilkan sebesar 1,3 l/m²/detik (Sugiharto, 2008). Kriteria analisis perhitungan adalah sebagai berikut :

$$Q_{\max} = 3 \text{ l/detik}$$

$$\text{Kecepatan aliran penyaringan sebanyak} = 1,3 \text{ l/m}^2/\text{detik}$$

Sehingga luas penampang penyaring adalah :

$$\begin{aligned} A &= Q_{\max}/v \\ &= 3 \text{ l/detik} / 1,3 \text{ l/m}^2/\text{detik} \\ &= 2,31 \text{ m}^2 \approx 2,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dengan } p : l = 1 : 1$$

$$\text{Tinggi rencana (h)} = 1 \text{ m}$$

$$A = p^2$$

$$2,5 = p^2$$

$$p = 1,6 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

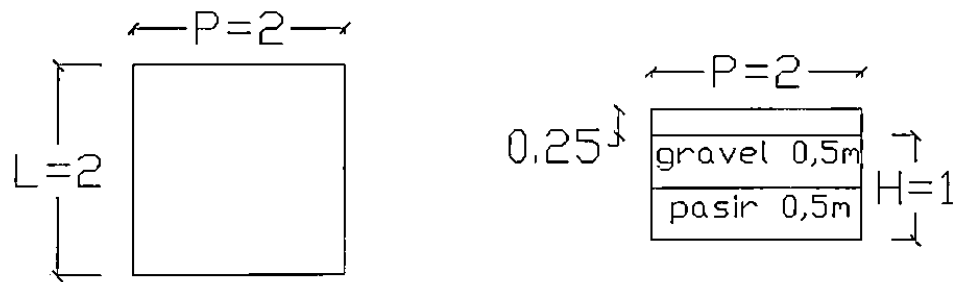
$$\text{Maka } l = 2 \text{ m}$$

Cek waktu penyaringan :

$$\begin{aligned} t &= V/Q \\ &= (2 \times 2 \times 1) \text{ m}^3 / (0,003 \text{ m}^3/\text{detik}) \\ &= 1333,33 \text{ detik} = 0,37 \text{ jam} \approx 0,5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Tabel 5.15 Perbandingan Dimensi Bak Filtrasi

Dimensi	Desain ulang	Yang tersedia
Panjang	2 m	2,5 m
Lebar	2 m	2,5 m
Tinggi	1 m	2 m



TAMPAK SAMPING

TAMPAK ATAS

Gambar 5.12 Dimensi Bak Filtrasi

Dari hasil perhitungan dimensi bak filtrasi masih dapat menampung debit yang ada. Saringan ini berisikan 0,5 m pasir dengan diameter 0,4 – 0,8 mm dan 0,5 m gravel.

5. Bak klorinasi

Proses desinfektan diperlukan untuk memusnahkan bakteri pathogen. Kriteria untuk perencanaan bak klorinasi adalah sebagai berikut :

Waktu kontak ≥ 25 menit

Kecepatan aliran = 15 – 30 cm/detik

a. Kebutuhan kaporit :

Digunakan kaporit dengan kadar Cl 60%

$Q_{max} = 3$ l/detik

Direncanakan : Kadar Nitrogen = 5,5 mg/l

 Sisa Klor = 0,5 mg/l

Dosis klor = 5,5 + 0,5
 = 6 mg/l

Dosis kaporit = $1/0,6 \times 6$
 = 10 mg/l

Kaporit yang dibutuhkan = 10 mg/l x 3 l/detik
 = 30 mg/detik
 = 25,92 kg / hari \approx 26 kg/hari

Dit. Kebutuhan massa jenuh Ca (Ocl) = 1,2 kg/l

$$\begin{aligned}\text{Volume Ca(OCl)}_2 &= 25,92 \text{ kg/hari} \times 1 \text{ hari} / 1,2 \text{ kg/l} \\ &= 21,6 \text{ l} \\ &= 0,022 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. Kebutuhan air pelarut

Asumsi konsentrasi larutan = 10%

$$\begin{aligned}\text{Volume pelarut} &= (90\% / 10\%) \times 0,022 \\ &= 0,198 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= 0,022 + 0,198 \\ &= 0,22 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dimensi bak :

$$\text{Tinggi} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Jika } p : l = 1 : 1$$

$$A = l^2$$

$$0,22 / 0,5 = l^2$$

$$l = 0,66 \text{ m} \approx 0,7 \text{ m}$$

$$p = 0,7 \text{ m}$$

Tabel 5.16 Perbandingan Dimensi Bak Klorinasi

Dimensi	Desain ulang	Yang tersedia
Panjang	0,7 m	-
Lebar	0,7 m	-
Tinggi	0,5 m	-

Sumber : Hasil Perhitungan



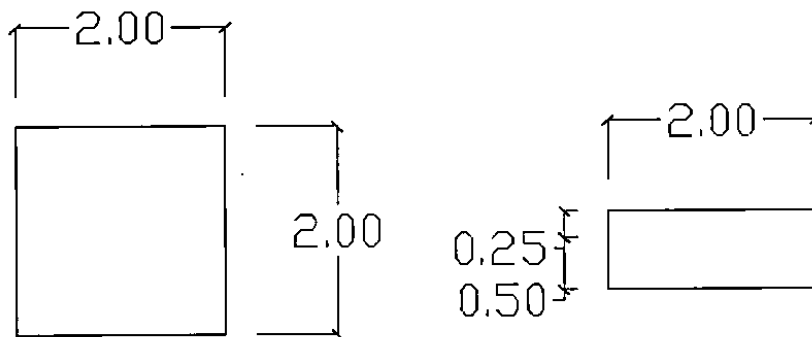
TAMPAK ATAS TAMPAK SAMPING

Dalam pengolahan yang tersedia belum adanya bak klorinasi / bak desinfektan. Bak klorinasi seharusnya dibuat, untuk membunuh bakteri yang masih terlarut dalam air limbah dari bak filtrasi. Dari perhitungan didapat dimensi bak klorinasi seperti pada tabel di atas. Dengan kaporit yang dibutuhkan sekitar 26 kg/hari.

6. Kolam ikan

Kolam maturasi direncanakan dibuat kolam ikan dengan dimensi sebagai berikut :

Panjang = 2 m
 Lebar = 2 m
 Tinggi = 0,5 m



TAMPAK ATAS TAMPAK SAMPING

Gambar 5.14 Dimensi Kolam Ikan

Dengan adanya kolam ikan dapat menjadi indikator air limbah sudah aman untuk makhluk hidup dan lingkungan. Setelah dari kolam ikan air di buang ke saluran air kota.

7. Bak pengering lumpur

Bak pengering lumpur atau *sludge drying bed* direncanakan dengan kriteria – kriteria berikut ini :

TSS *removal* dari bak pengendapan = 137,89 kg/hari

Lumpur dari bak aerasi
 = $0,14 \text{ l/detik} \times 2000 \text{ gr/m}^3 / 1000\text{gr/kg}$ = 0,28 kg/hari

T = 11 hari = 137,89 + 0,28

$$= 138,17 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis lumpur} &= 1,03 \text{ gr/cm}^3 \times 10^6 \text{ cm}^3/\text{m}^3 \times \frac{1}{1000} \text{ kg/gr} \\ &= 1030 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Konsentrasi lumpur} = 4\%$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= 138,17 \text{ kg/hari} / (1030 \text{ kg/m}^3 \times 4\%) \\ &= 3,36 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu pengurasan lumpur di bak pengendapan dan bak aerasi} \\ &= 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu pengeringan lumpur} = 10 \text{ hari}$$

$$\text{Volume lumpur selama 2 hari} = 3,36 \times 2 = 6,72 \text{ m}^3$$

$$\text{Diambil tebal lumpur} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Pasir} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Kerikil} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Luas permukaan bed} = 6,72 / 0,2 = 33,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Dengan asumsi } p : l = 2 : 1$$

$$p = 2l$$

$$A = 2l \times l = 2l^2$$

$$33,6 \text{ m}^2 = 2l^2$$

$$l^2 = 16,8$$

$$l = 4,1 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m}$$

$$p = 2 \times l = 2 \times 4,5 = 9 \text{ m}$$

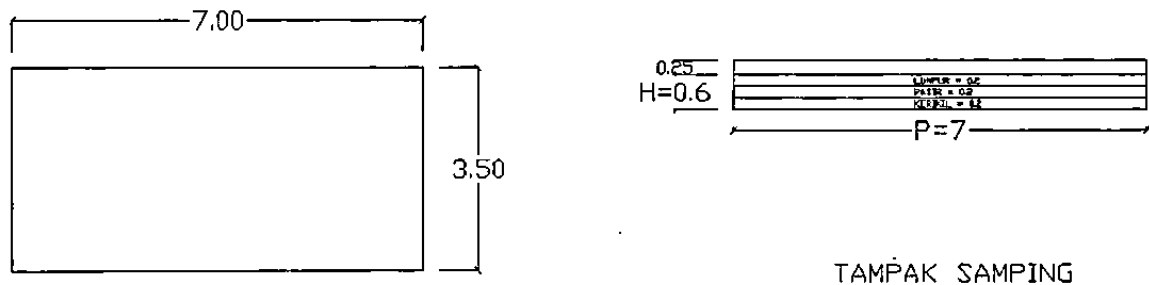
$$\begin{aligned} \text{Tinggi total} &= h \text{ lumpur} + h \text{ pasir} + h \text{ kerikil} + h \text{ freeboard} \\ &= 0,2 + 0,2 + 0,2 + 0,25 \\ &= 0,85 \text{ m} = 85 \text{ cm} \end{aligned}$$

Agar lumpur benar-benar kering, maka dibuat 5 buah bed dengan dimensi bed panjang = 9 m dan lebar = 4,5 m

Tabel 5.17 Perbandingan Dimensi Bak Pengering lumpur

Dimensi	Desain ulang
Jumlah	5 bed
Panjang tiap bed	7 m
Lebar tiap bed	3,5 m
Luas permukaan total	122,5 m ²

Sumber : Hasil Perhitungan



TAMPAK ATAS

TAMPAK SAMPING

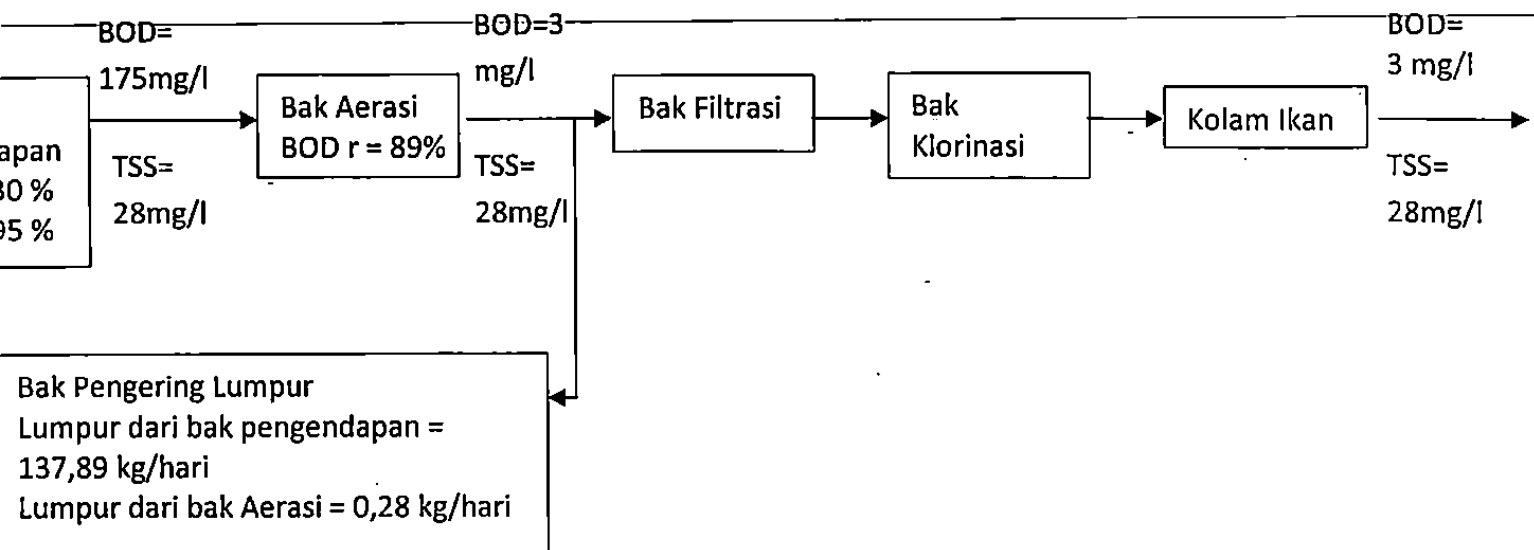
Gambar 5.15 Dimensi Bed Pengering Lumpur

Dengan dibuatnya 5 bed, tiap bed di isi 2 hari sekali secara bergantian, sehingga waktu pengeringan dapat berlangsung selama 10 hari penuh, dan lumpur menjadi kering.

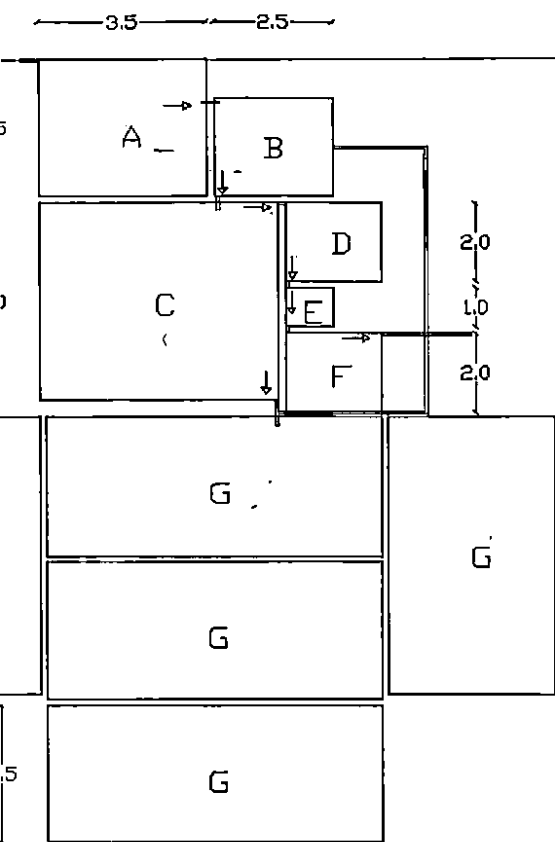
Dengan perancangan tersebut air limbah hasil pengolahan untuk parameter BOD dan TSS berada di bawah baku mutu, dan aman untuk sungai kelas 2. Perbedaan – perbedaan dari IPAL yang sudah ada dengan IPAL hasil perancangan ulang adalah sebagai berikut :

Tabel 5.18 Perbedaan IPAL RSUD Cilacap dengan IPAL perancangan ulang

NO	IPAL yang ada	IPAL hasil perancangan ulang
1	Q = 55,27 m ³ /hari	Q max = 135 m ³ /hari
2	Menurunkan BOD dari 350 mg/l menjadi 25 mg/l	Menurunkan BOD dari 350 mg/l menjadi 3 mg/l
3	Menurunkan TSS dari 560 mg/l menjadi 461 mg/l	Menurunkan TSS dari 560 mg/l menjadi 28 mg/l
4	Pada bak aerasi memakai 2 buah aerator	Pada bak aerasi diperlukan 1 aerator dengan power 7HP

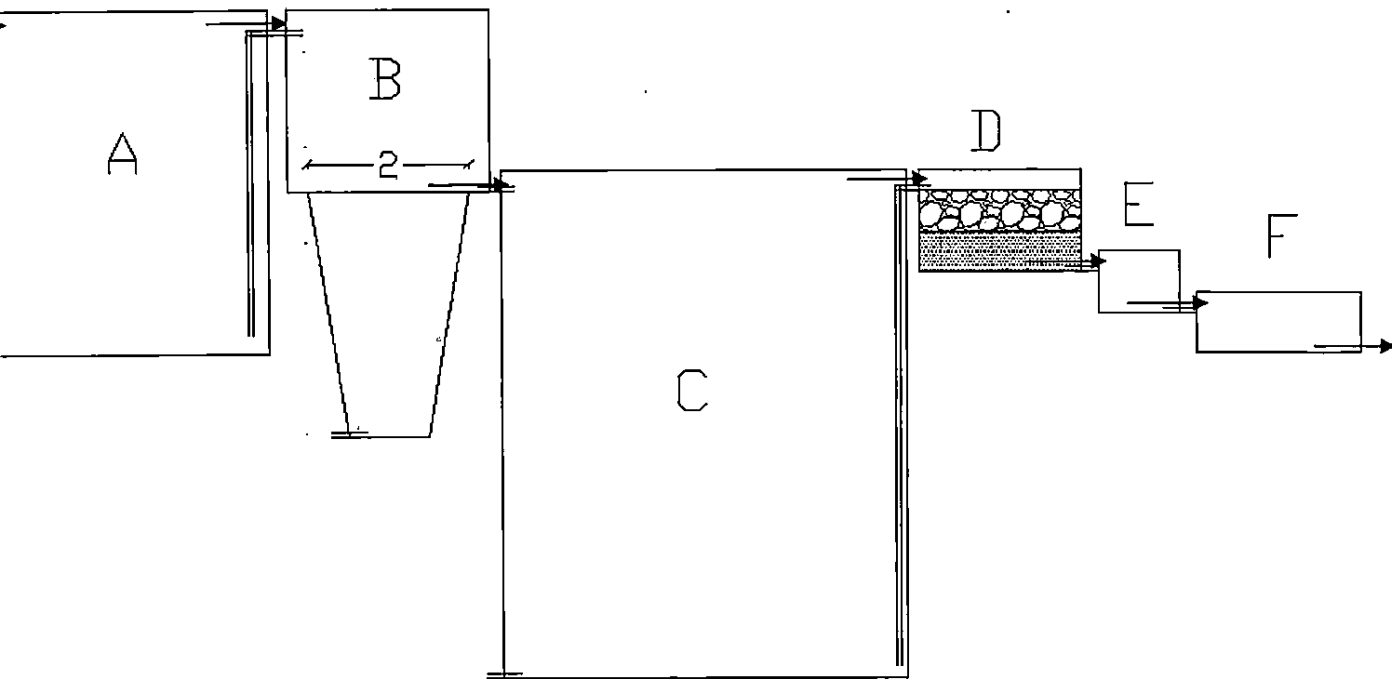


Gambar 5.16 Skema Pengolaha Air Limbah Hasil Perancangan Ulang



- KETERANGAN :
- A = BAK PENGUMPUL
 - B = BAK PENGENDAPAN
 - C = BAK AERASI
 - D = BAK FILTRASI
 - E = BAK KLOORINASI
 - F = KOLAM IKAN
 - G = BAK PENGERING LUMPUR
 - == = PIPA

Gambar 5.17 Denah IPAL Hasil Perancangan



Gambar 5.18 Proses Pengolahan Air Limbah

= Bak Pengumpul

D = Bak Filtrasi

= Bak Pengendapan

E = Bak Klorinasi

= Bak Aerasi

F = Kolam Ikan

Dari skema di atas dan proses sistem pengoperasian pengolahan air limbah yang disarankan adalah sebagai berikut :

1. Air limbah dari segala sumber masuk ke bak pengumpul dengan dimensi bak 3,5m x 3,5m x 4m, setelah 4 jam di bak pengumpul kemudian dialirkan ke bak pengolahan awal dengan menggunakan pompa.
2. Dimensi bak pengolahan awal adalah 2,5m x 2,5m x 2m, dalam bak pengolahan awal terjadi proses pengendapan selama 1,5 jam, proses pengendapan ini menggunakan sistem gravitasi, lumpur yang dihasilkan pada proses pengendapan ini, tertampung pada *sludge zone* yang berbentuk limas terpancung dengan dimensi sebagai berikut : Penampang atas 2m x 2m dan penampang bawah 1 m x 1 m dan tinggi antara penampang atas dan bawah adalah 3m. Untuk pemeliharaan *sludge zone* dengan cara dikuras atau diambil lumpur setiap 2 hari sekali.
3. Dari bak pengendapan air limbah mengalir secara gravitasi ke bak aerasi dengan dimensi 5m x 5m x 6m, di bak aerasi terjadi proses penambahan oksigen menggunakan 1 aerator dengan power 7hp selama 5,5 jam. Dari bak aerasi juga dihasilkan lumpur, dan lumpur dikuras setiap 2 hari sekali.
4. Kemudian setelah dari bak aerasi air limbah dialirkan ke bak filtrasi dengan dimensi 1m x 1m x 4m, waktu yang dibutuhkan untuk melewati bak filtrasi adalah 0,5 jam. Bak filtrasi berisi pasir setebal 0,5m dan gravel 0,5m. Pencucian pasir dan gravel dengan cara *back washing* selama 5 – 10 menit, yang dilakukan setelah terjadi waktu penyaringan selama ± 24 jam.
5. Dari bak filtrasi air di alirkan pada bak klorinasi dengan dimensi 0,7m x 0,7m x 0,5m menggunakan sistem gravitasi. Pada bak klorinasi air limbah di tambahkan dengan kaporit sebanyak 26 kg/hari dengan waktu kontak selama 25 menit, untuk membunuh bakteri pathogen yang masih terbawa pada air limbah yang telah diolah.
6. Setelah melewati bak klorinasi, air limbah dialirkan ke kolam ikan dengan

air limbah. Bila ikan masih hidup dan bergerak secara normal berarti air limbah sudah ramah untuk makhluk hidup dan lingkungan sekitar.

7. Lumpur yang berasal dari bak pengendapan dan bak aerasi dikuras setiap 2 hari sekali, kemudian ditampung pada bak pengering lumpur dengan dimensi 7m x 3,5m x 0,85m. Lama pengeringan lumpur dibutuhkan 10 hari. Sehingga dibuat 5 bed pengering lumpur agar setiap 2 hari dapat menampung hasil pengurasan, dan lumpur pada setiap bed dapat kering. Setelah lumpur kering dapat dilakukan pengolahan selanjutnya yaitu dengan cara dibakar