

EVALUASI KINERJA DAN REVIEW DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH-TOKSIK RUMAH SAKIT X



IQBAL IBNU WARDANI
NRP. 3311100032

DOSEN PEMBIMBING:
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.SC.

DOSEN CO-PEMBIMBING:
IR. DIDIK BAMBANG S., M.T.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

LATAR BELAKANG

1

Peningkatan limbah medis seiring dengan peningkatan pelayanan (Pujiati, 2006).

2

BOD₅ sebesar 36,5 mg/L

COD sebesar 108,9 mg/L

NH₃-N bebas sebesar 0,54 mg/L

PO₄³⁻ sebesar 35,8 mg/L

rasio BOD₅/COD influen kurang dari 0,5

Suparmadja (2014).

3

Belum diketahui kinerja tiap unit pengolahan IPAL-toksik RSUD Haji Surabaya

RUMUSAN MASALAH

Perlu adanya evaluasi kinerja proses pengolahan air limbah RSUD Haji Surabaya.

Review desain tiap unit bangunan pada IPAL-toksik agar efluen IPAL-toksik memenuhi dengan baku mutu yang dipersyaratkan.

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam *review* desain.

TUJUAN



Mengevaluasi kinerja proses pengolahan air limbah RSUD Haji Surabaya.



Meninjau ulang desain tiap unit bangunan pada IPAL-toksik agar efluen IPAL-toksik memenuhi dengan baku mutu yang dipersyaratkan.



Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ) dan rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam *review* desain.

RUANG LINGKUP

Lokasi

IPAL Toksik RSUD Haji Surabaya

Titik Sampling

- Inlet IPAL
- Influen RBC
- Efluen RBC
- Outlet IPAL

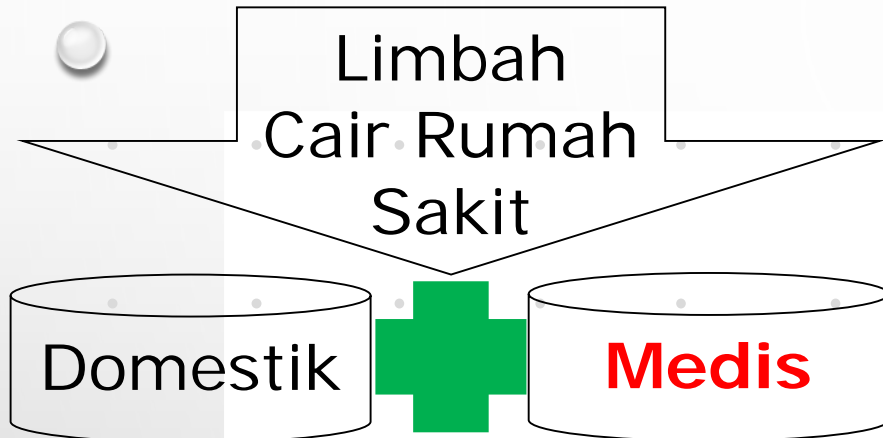
Parameter

Peraturan Gub. Jatim No. 72/2013:
Suhu, pH, TSS, BOD₅, COD, NH₃-bebas, PO₄³⁻, Total Coliform/100 ml air

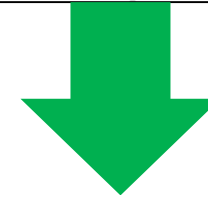
Kriteria Kajian

Evaluasi kinerja → efisiensi pengolahan
Review desain → kriteria desain

TINJAUAN PUSTAKA



Toksisitas adalah tingkat sifat mematikan dari suatu zat yang mempengaruhi metabolisme mikroorganisme

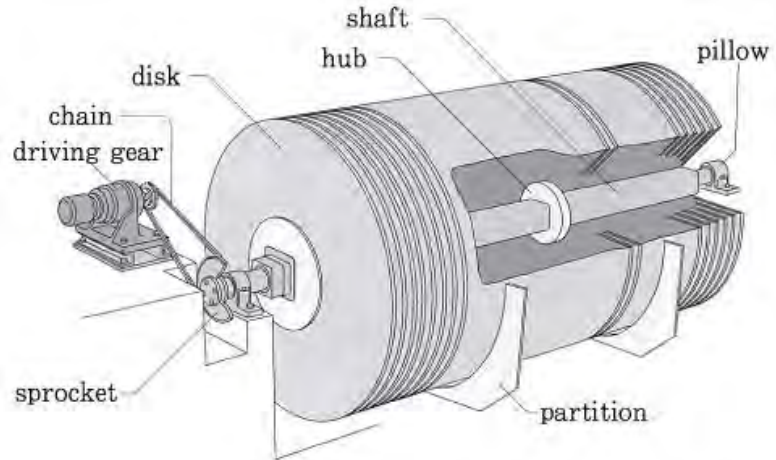
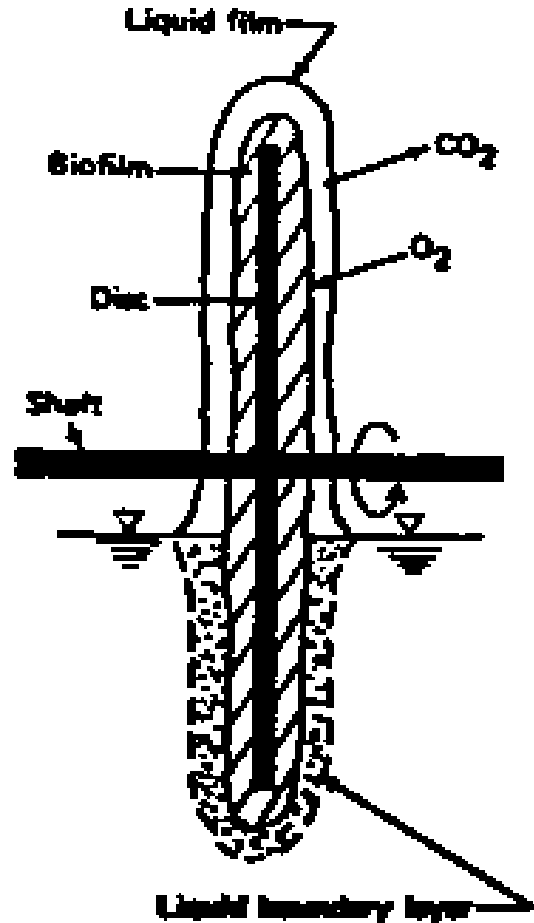


- Kamar Mandi
- Dapur Umum
- Laundry
- Ruang Inap
- Laboratorium
- Tindakan Operasi
- Instalasi Farmasi
- Radiologi

- Rasio BOD/COD dibawah 0,55 (Lin, 1999)
- Suhu optimum tidak 15°-25° dan kegagalan penyerapan nutrien N dan P (Benefield *et al.*, 1980)
- pH yang ekstrem rendah (<2) (Suprihatin dan Indrasti, 2010)

Sumber: Suprihatin dan Indrasti, (2010); Tchobanoglous, *et al.*, (2002); Pusat Sarana, Prasarana, dan Peralatan Kesehatan (2010)

TINJAUAN PUSTAKA



$\varnothing \pm 3,5 \text{ m}, P \pm 7,5 \text{ m}$

A Tipikal = 9300 m²

HLR = 0,03-0,08 m³/m².hari

OLR = 5-16 g BOD/m².hari

HRT = 1,5-4 jam

Sumber: Tchobanoglous, *et al.*, (2002); Lin, (1999)

GAMBARAN UMUM

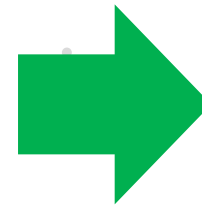


RSU Haji Surabaya dibuka secara resmi pada 17 April 1993 dan berstatus RS kelas B pendidikan



Fasilitas di Tower Arafah:

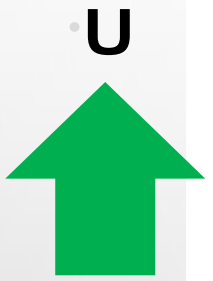
- Kantor Administrasi
- Sembilan (9) Instalasi Laboratorium
- Instalasi farmasi
- Toilet



Grey Water
+
Black Water



Diolah dalam
IPAL toksik



Tower Arafah

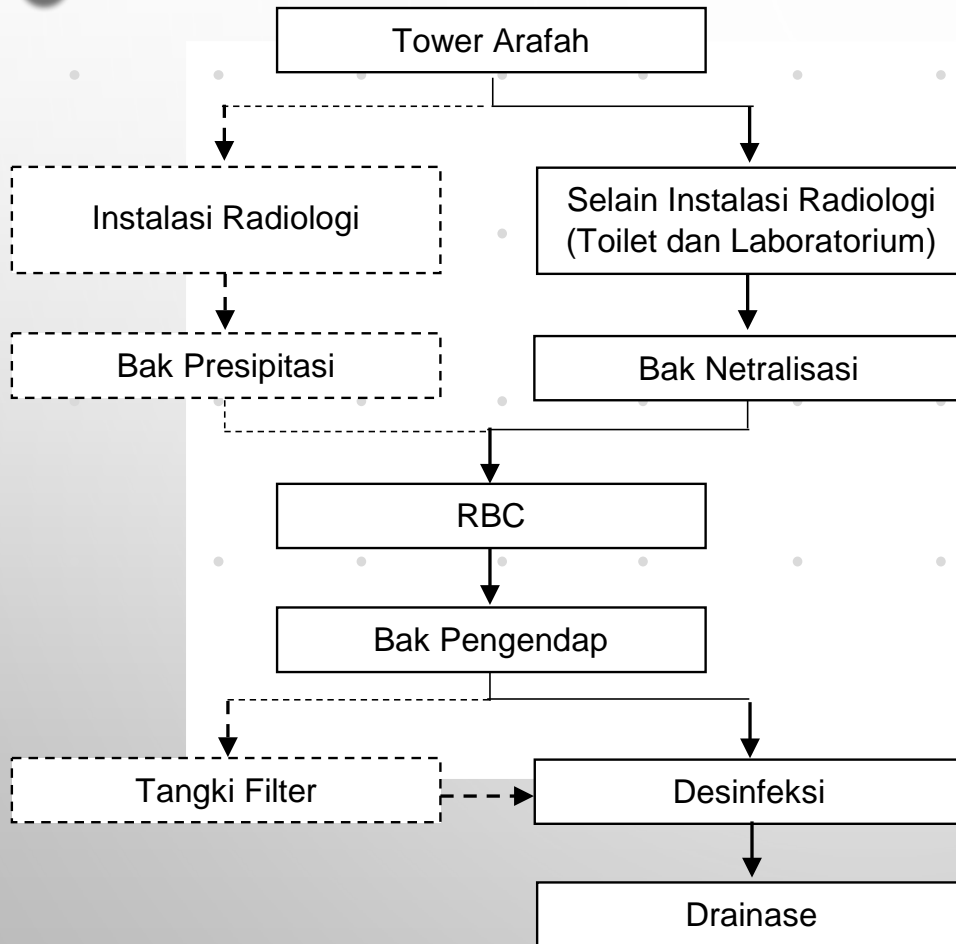
PT Siragung Megah

IPAL Toksik

H
RSUH

Masjid

SKEMA IPAL-TOKSIK



Tampak Atas IPAL Toksik



Kondisi didalam IPAL Toksik

Ket: garis putus-putus menandakan tidak digunakan

METODE PERENCANAAN

Ide Perencanaan

Rumusan Masalah

Tujuan

Studi Literatur

Pengumpulan Data

Penelitian Pendahuluan

Analisis Data dan
Pembahasan

Kesimpulan dan Saran

- Jurnal
- Textbook
- Penelitian
Sebelumnya

DIMENSI BANGUNAN

Dimensi IPAL-Toksik sebesar 8 m x 5,4 m x 5 m yang terpendam dibawah tanah. Kapasitas maksimal pengolahan sebesar 100 m³/hari.

1. Bak Netralisasi

Kompartemen 1	Kompartemen 2	Kompartemen 3
Panjang = 1,5 m	Panjang = 1 m	Panjang = 2,8 m
Lebar = 1,7 m	Lebar = 1,7 m	Lebar = 1,7 m
T Bak = 1,75 m	T bak = 1,75 m	T bak = 1,75 m
T Efektif = 1,3 m	T Efektif = 1,17 m	T Efektif = 1,12 m
Freeboard = 0,45 m	Freeboard = 0,58 m	Freeboard = 0,63 m
V Bak = 4 m ³	V. Bak = 2,97 m ³	V. Bak = 8,33 m ³
V Efektif = 3,32 m ³	V. Efektif = 2 m ³	V. Efektif = 5,33 m ³

Kompartemen

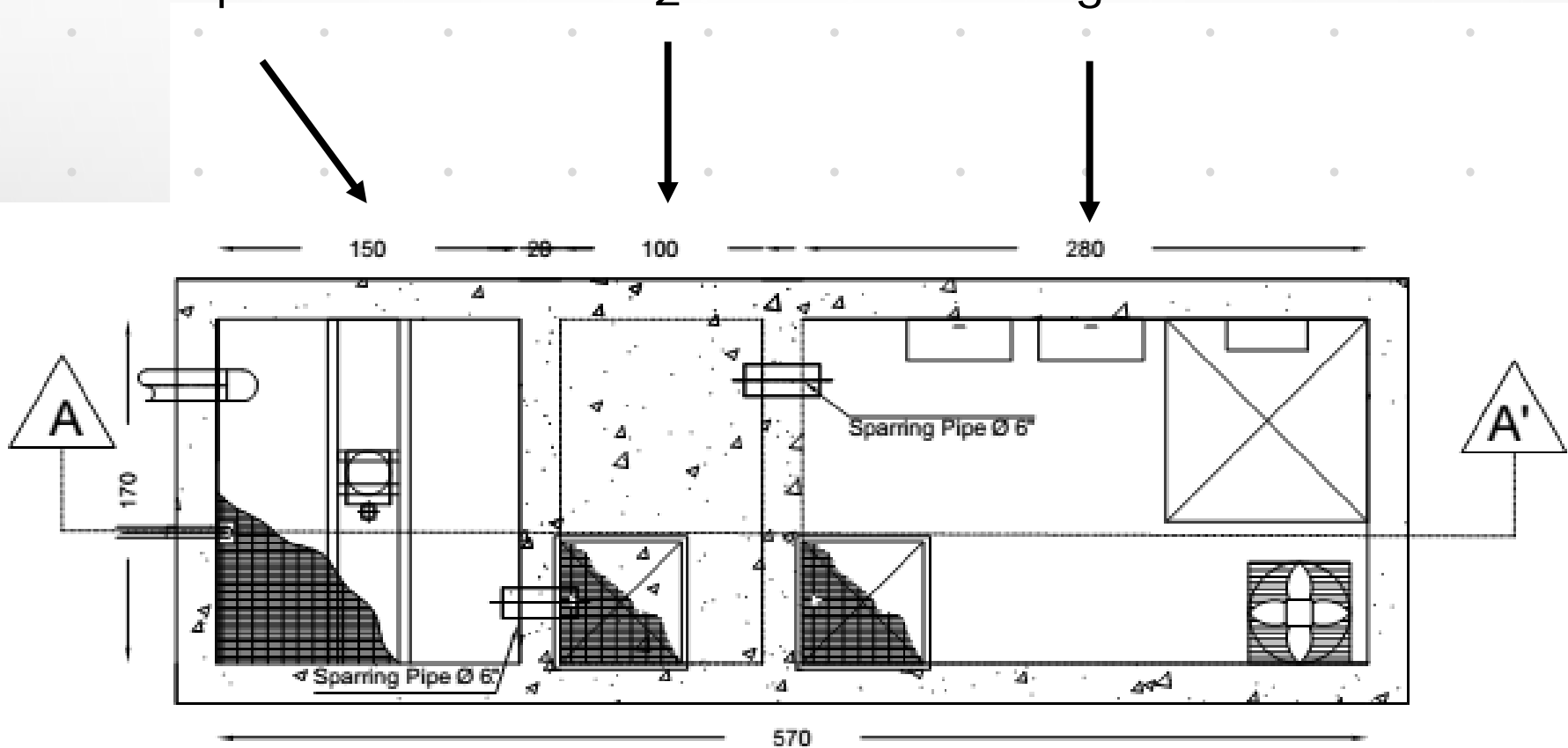
1

Kompartemen

2

Kompartemen

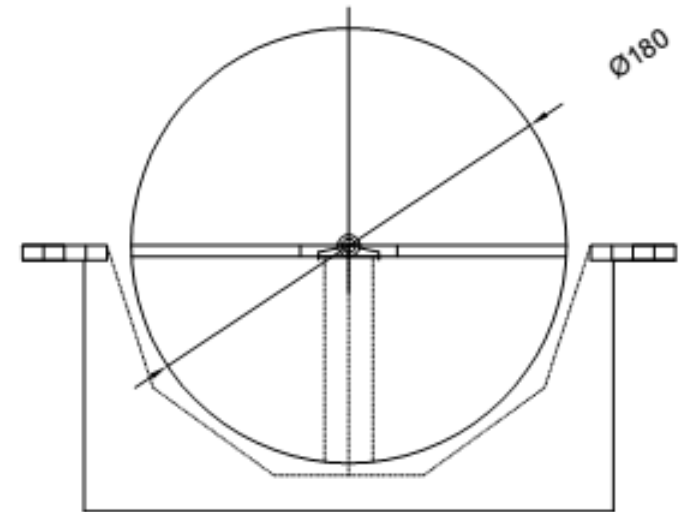
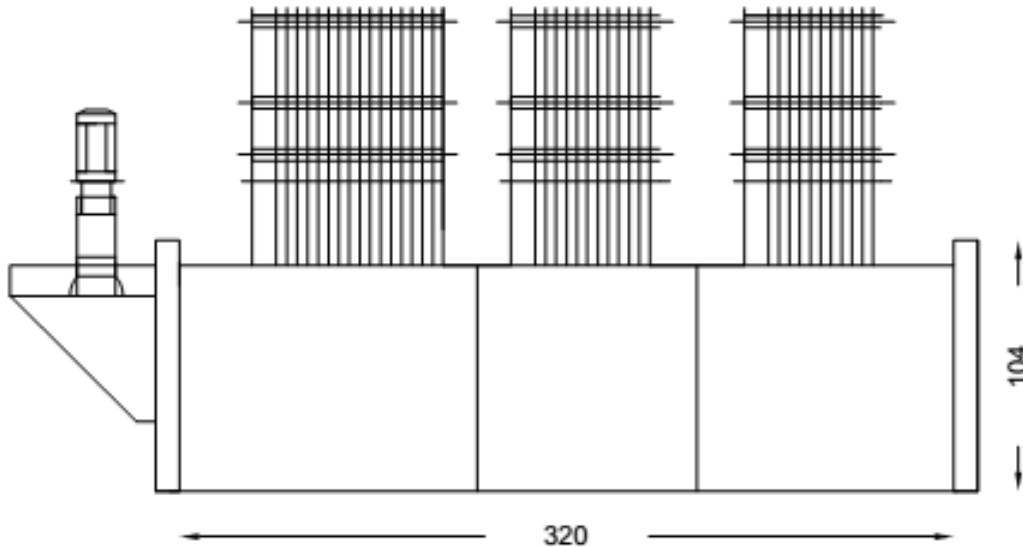
3



Tampak Atas Bak Netralisasi

2. Unit RBC

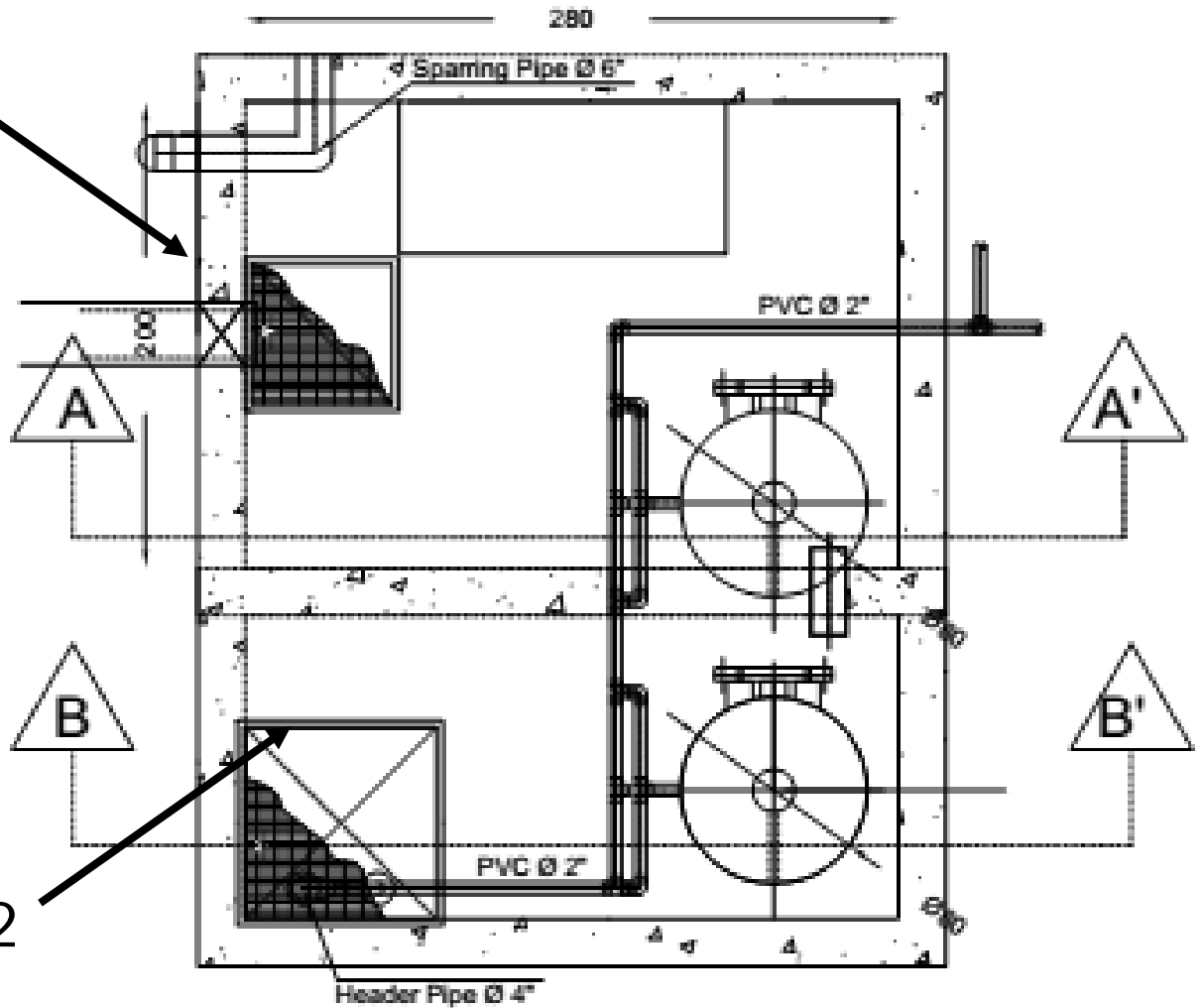
- Panjang *shaft* total = 2,88 m; $\emptyset = 1,8$ m; V. Bak = 4,53 m³
- Panjang *stage* 1 = 0,8 m
- Panjang *stage* 2 = 0,62 m
- Panjang *stage* 3 = 0,57 m
- Luas permukaan media = 610 m²
- Daya *gear* = 0,75 kwh



3. Bak Pengendap

Kompartemen 1	Kompartemen 2
Panjang = 2,8 m	Panjang = 2,8 m
Lebar = 2 m	Lebar = 1,3 m
Tinggi Bak = 2,45 m	Tinggi Bak = 2,45 m
Tinggi Efektif = 1,8 m	Tinggi Efektif = 1,8 m
Freeboard = 0,65 m	Freeboard = 0,65 m
Volume Kompartemen = 13,72 m ³	Volume Kompartemen = 6,55 m ³
Volume Efektif = 13,72 m ³	Volume Efektif = 8,92 m ³

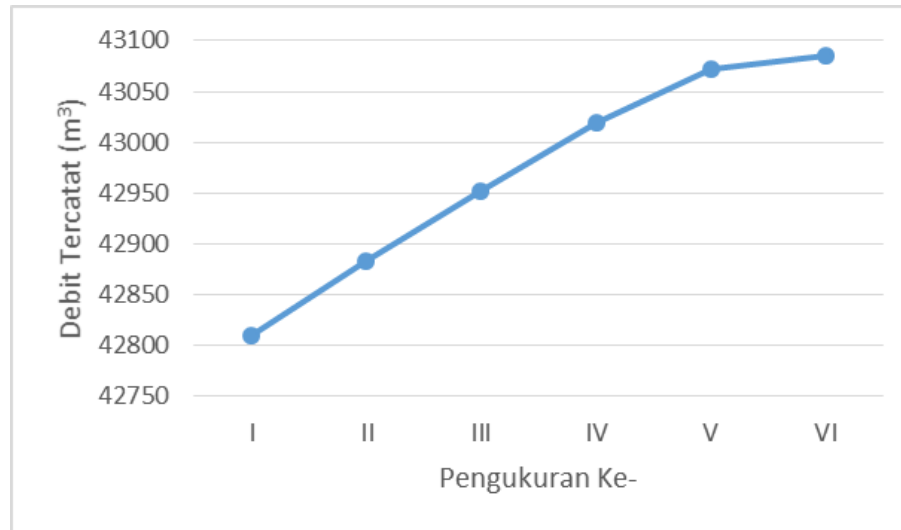
Kompartemen 1



Kompartemen 2

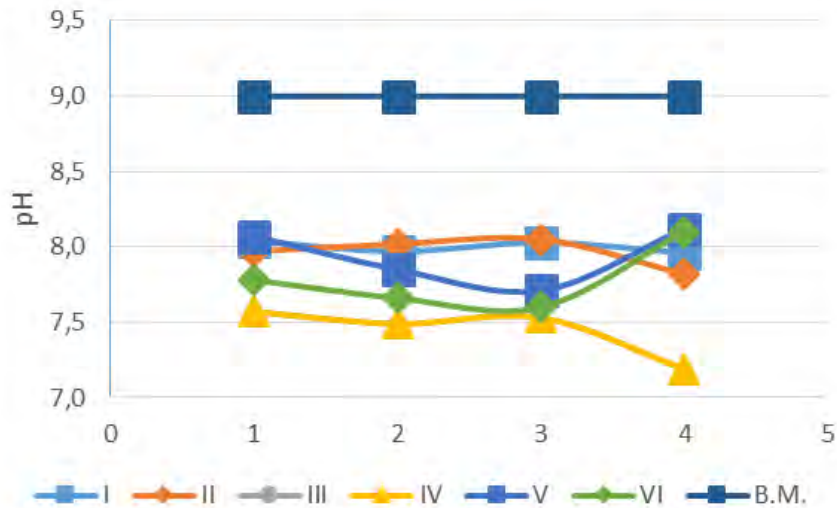
PENELITIAN PENDAHULUAN

Pengukuran Debit

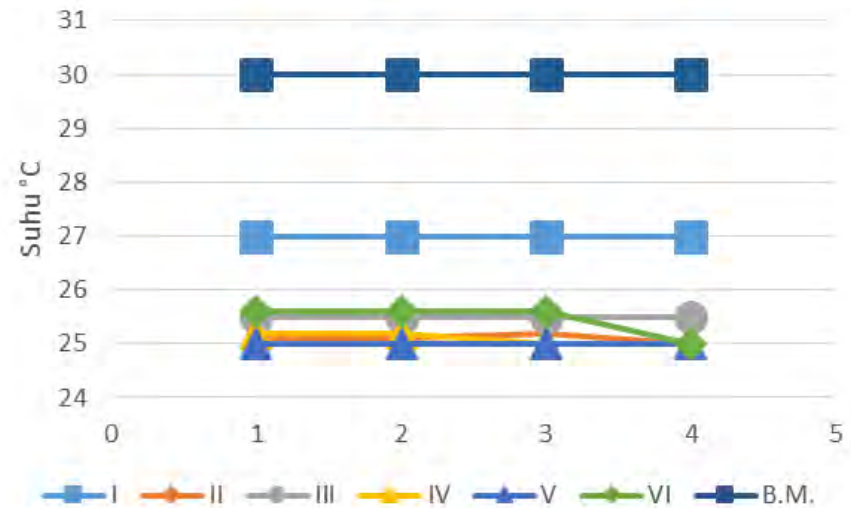


Pengukuran ke-	Debit Tercatat (m ³ /hari)	Debit Terolah (m ³ /hari)
I	42809,07	13,14
II	42883,21	74,14
III	42951,60	68,39
IV	43019,32	67,72
V	43071,68	26,18
VI	43084,82	13,14
Rata-rata		43,78

Pengukuran pH



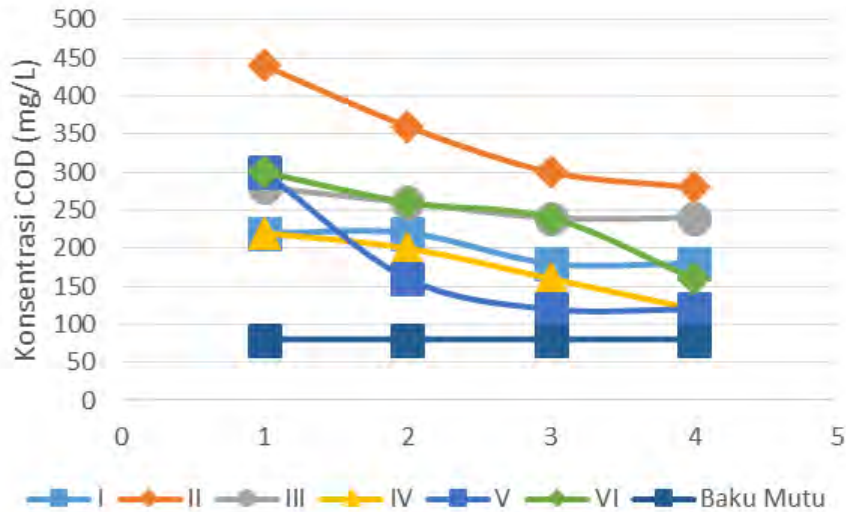
Pengukuran Suhu



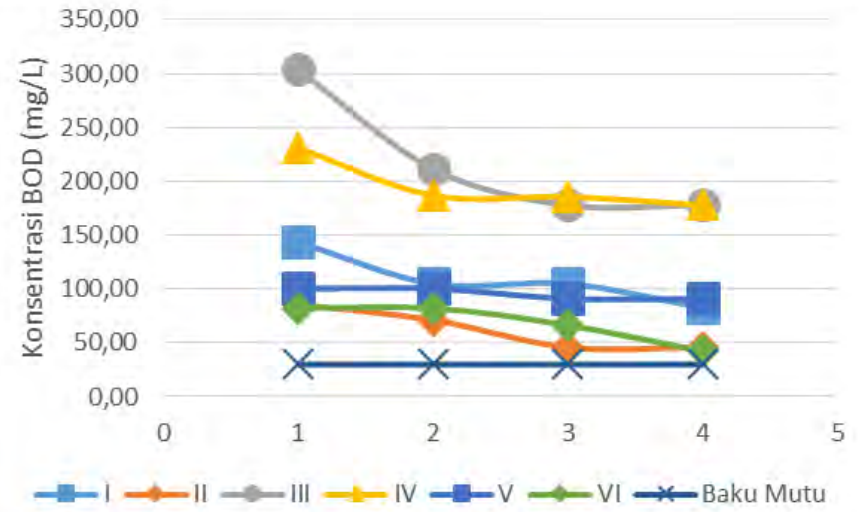
Nilai pH Rata-rata				Baku Mutu
Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	
7,7	7,7	7,7	7,7	6 - 9

Suhu Rata-rata (°C)				Baku Mutu
Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	
25,5	25,5	25,5	25,4	30°C

Pengukuran COD



Pengukuran BOD₅



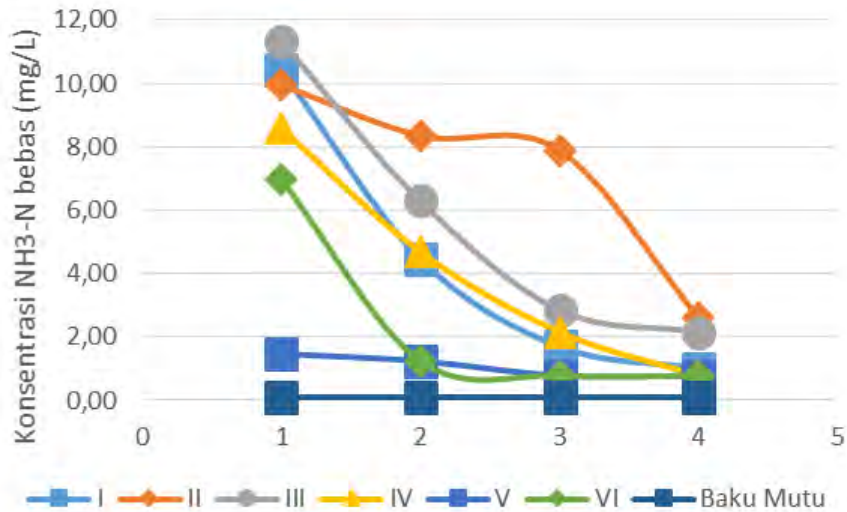
Konsentrasi COD Rata-rata (mg/L)

Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	Baku Mutu
293	260	206	183,3	80 mg/L

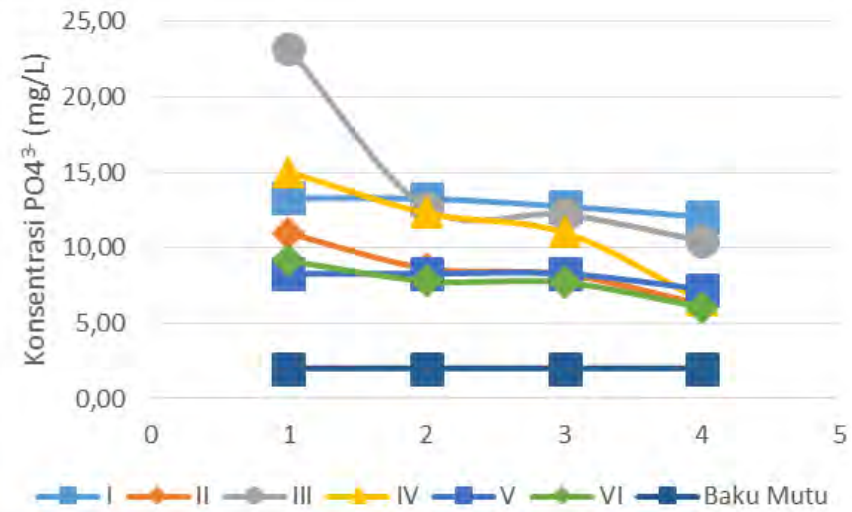
Konsentrasi BOD Rata-rata (mg/L)

Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	Baku Mutu
158,1	126,1	113,5	102,8	30 mg/L

Pengukuran NH₃-N Bebas



Pengukuran PO₄³⁻



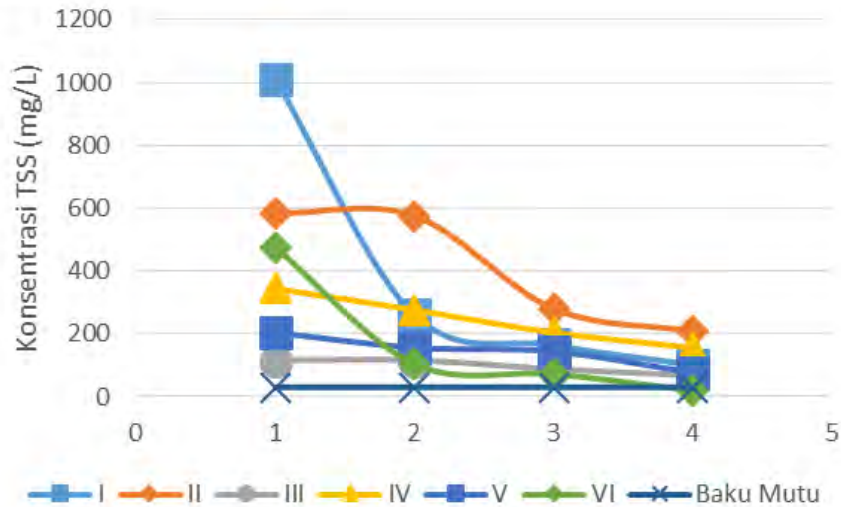
Konsentrasi NH₃-N Rata-rata (mg/L)

Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	Baku Mutu
8,1	4,4	2,7	1,4	0,1 mg/L

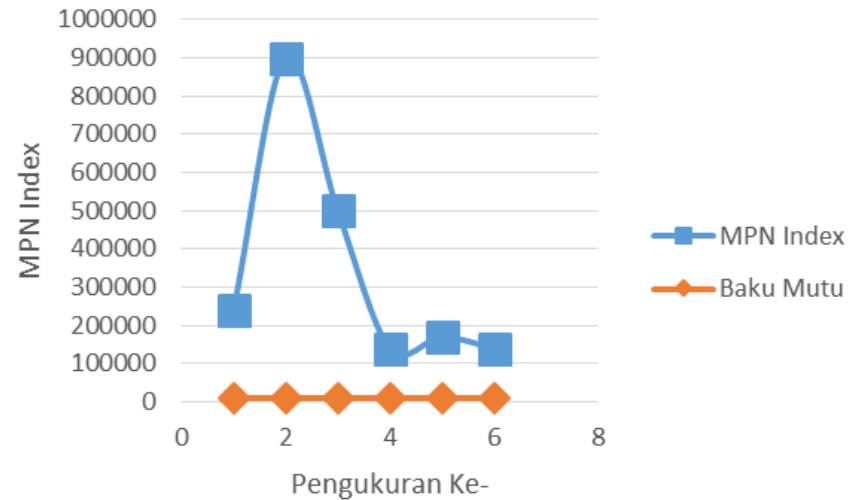
Konsentrasi PO₄³⁻ Rata-rata (mg/L)

Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	Baku Mutu
13,4	10,5	10,0	8,1	2 mg/L

Pengukuran TSS

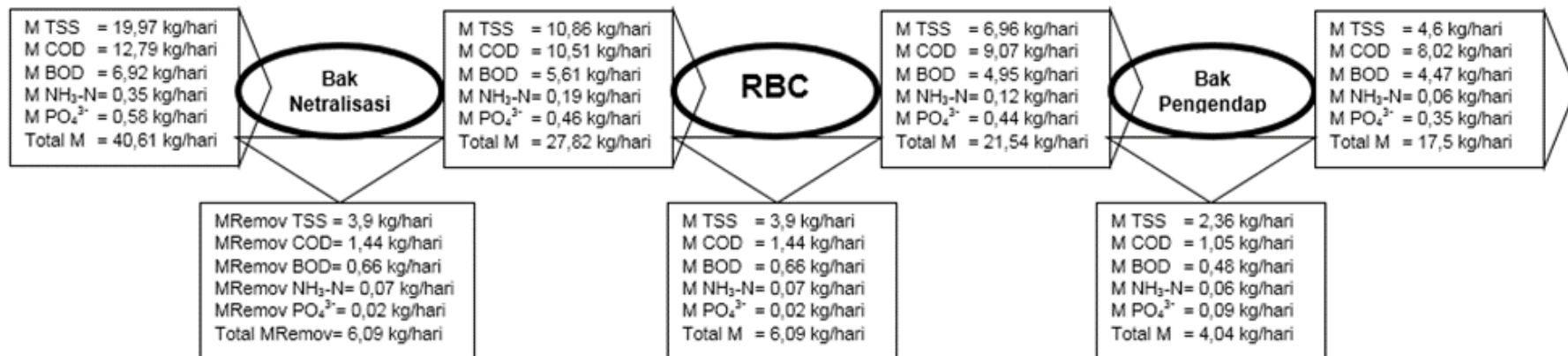


Pengukuran Total Coliform/100 ml air



Konsentrasi TSS Rata-rata (mg/L)				Baku Mutu
Inlet	Inf RBC	Ef RBC	Outlet	
450	248	158	104,8	30 mg/L
MPN Index Rata-rata			Baku mutu	
Inlet	Outlet			
1600000	348333		10000	

Parameter	Konsentrasi	
	Baku mutu	Titik Outlet IPAL
pH	6-9	7,7
Suhu	25°C-30°C	25,4°C
TSS	30 mg/L	104,8 mg/L
COD	80 mg/L	183,3 mg/L
BOD	30 mg/L	102,8 mg/L
NH ³ -N bebas	0,1 mg/L	1,4 mg/L
PO ₄ ³⁻	2 mg/L	8,1 mg/L
Total Coliform	10000 MPN indeks	348333 MPN indeks
	Tidak memenuhi baku mutu	



Mass Balance

EVALUASI KINERJA

Evaluasi kinerja berdasarkan efisiensi removal:

- $\%R = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100\%$

Dimana:

$\%R$ = persentase *removal* polutan pada unit tersebut (%)

A = konsentrasi polutan yang masuk (mg/L)

B = konsentrasi polutan yang keluar (mg/L)

EVALUASI KINERJA

- Bak Netralisasi

Parameter	Kriteria Desain (Qasim, 1985)	Kondisi Eksisting
BOD	30 – 40%	20,0%
TSS	50 – 65%	45,6%
COD	30 – 40%	11,4%
NH ₃ -N bebas	0%	46,1%
PO ₄ ³⁻	10 – 20%	21,3%
	Tidak Sesuai	

Proses pengendapan pada kompartemen 2 dan 3 belum berjalan sesuai kriteria desain.

EVALUASI KINERJA

- Unit RBC

Parameter	Kriteria Desain (Qasim, 1985)	Kondisi Eksisting
BOD	80 – 90 %	11,3%
TSS	70 – 90%	36,0%
COD	80 – 90%	20,5%
NH ₃ -N bebas	> 90%	38,5%
PO ₄ ³⁻	75 – 85%	4,3%
	Tidak Sesuai	

Terjadi proses nitrifikasi pada RBC.

Efisiensi removal PO₄³⁻ yang rendah dapat diakibatkan dari komposisi nutrisi mikroorganismenya tidak sesuai (Lin, 1999)

EVALUASI KINERJA

- Bak Pengendap

Parameter	Kriteria Desain (Qasim, 1985)	Kondisi Eksisting
BOD	80 – 85%	8,1%
TSS	80 – 90%	33,9%
COD	80 – 85%	11,3%
NH ₃ -N bebas	8 – 15%	32,6%
PO ₄ ³⁻	10 – 25%	19,7%
	Tidak Sesuai	

Rendahnya proses pengendapan material organik

- Unit Desinfeksi

Parameter	Kriteria Desain	Kondisi Eksisting
Total Coliform	10000 MPN index	348333 MPN index
Efisiensi Removal	Harus mampu menekan total coliform hingga 10000 MPN index	78,2% (efluen akhir sebesar 348333 MPN index)

Klorinasi belum mampu menurunkan Total Coliform

REVIEW DESAIN

• Bak Netralisasi (Kompartemen 1)

Q maksimal pengolahan	=	$100 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$
Volume selama 1 jam	=	$1,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600$
	=	$4,176 \text{ m}^3$
Q terendah saat pengukuran	=	$13,14 \text{ m}^3/\text{hari}$
Volume selama 1 jam	=	$1,53 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} \times 3600$
	=	$0,551 \text{ m}^3$
Selisih volume	=	$4,176 \text{ m}^3 - 0,551 \text{ m}^3$
	=	$3,625 \text{ m}^3$
Volume bak	=	$P \times l \times t \text{ bak (kompartemen 1)}$
	=	$1,5 \text{ m} \times 1,7 \text{ m} \times 1,75 \text{ m}$
	=	$4,46 \text{ m}^3$
Waktu tinggal (td) saat Q maksimal pengolahan terjadi	=	$\frac{\text{Volume}}{Q \text{ maks pengolahan}}$
	=	$\frac{3,625 \text{ m}^3}{0,00116 \text{ m}^3/\text{detik}}$
	=	3125 detik
	=	$0,036 \text{ hari}$

**t bak sebesar 1,75 m,
t efektif sebesar 1,3 m**

Bak Netralisasi mampu menampung air limbah

- Bak Netralisasi (Kompartemen 2 dan 3)

Parameter		Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Rekomendasi
HRT	=	4 jam	1,5 – 2,5 jam	Penambahan debit dari air bekas wudu dan <i>greywater</i> masjid sebesar 0,0006 m ³ /detik pada Inlet bak netralisasi.
HLR	=	6,8 m³/m².hari	16 – 24 m ³ /m ² .hari	
NRe	=	145,57	< 2000	
NFr	=	1,38 x 10 ⁻⁸	< 10 ⁻⁵	
Kecepatan horizontal (Vh)	=	1,14 x 10 ⁻⁴ m/detik	Vh < VSc	
Kecepatan scouring (Vsc)	=	0,068 cm/detik		

Penerapan Rekomendasi:

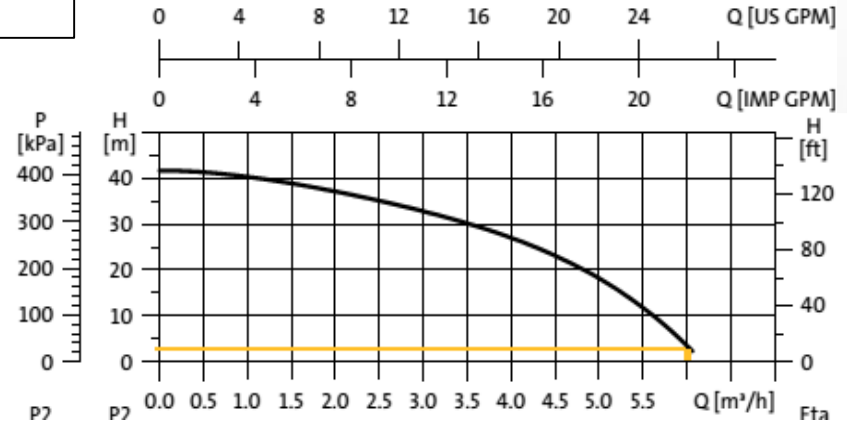
- Pemasangan **Pompa Penambah Debit** pada Inlet bak netralisasi
- Pemasangan **Pompa Lumpur** untuk pengurasan lumpur
- Pengolahan lumpur dengan **Filter Press**

- Pemasangan **Pompa Penambah Debit** pada Inlet bak netralisasi

Perhitungan Q tambahan yang dibutuhkan

HLR rencana	=	16 m³/m².hari	← Kriteria Desain sebesar 16 – 24 m³/m².hari
A surface	=	6,46 m ²	
Q yang dibutuhkan	=	HLR x A surface	
	=	0,0012 m ³ /detik	
HRT rencana	=	$\frac{Volume}{Q \text{ yang dibutuhkan}}$	
	=	1,75 jam (memenuhi)	
Q rata-rata	=	0,00051 m³/detik	
Q yang dibutuhkan	=	0,0012 m ³ /detik	
Q tambahan	=	Q yang dibutuhkan - Q rata-rata	
	=	0,0012 m ³ /detik - 0,00051 m ³ /detik	
	=	0,0007 m ³ /detik	
	=	59 m³/hari	

Penentuan pompa yang digunakan



Merk
 Jenis pompa
 Daya
 Head pipa
 (berdasarkan pengukuran)
 Q pompa
 (berdasarkan kurva performa)
 Ø Discharge
 v pipa
 HRT cek
 HLR cek

= **Grundfos NS Basic 3-40**
 = Twin Impeller Pump
 = 800 Watt
 = 2,0 m
 = 0,0016 m³/detik
 = 0,01 m³/menit
 = 1 ½"
 = 1,4 m/detik (memenuhi)
 = **1,75 jam (memenuhi)**
 = **18,5 m³/m².hari (memenuhi)**

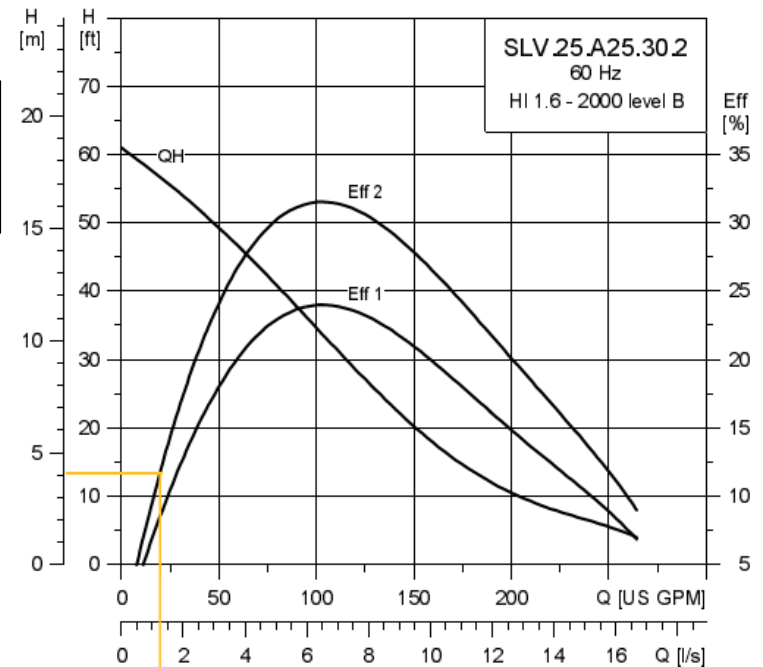
- Pemasangan **Pompa Lumpur** untuk pengurasan Lumpur

Perhitungan Q dan Volume Zona

Lumpur

Massa BOD removal	= 1,31 kg/hari
Massa COD removal	= 2,28 kg/hari
Massa TSS removal	= 9,11 kg/hari
Massa NH ³ -N bebas removal	= 0,16 kg/hari
Massa PO ₄ ³⁻ removal	= 0,12 kg/hari
Massa lumpur total	= 12,98 kg/hari
Densitas lumpur	= Densitas solid x 3% = 42 kg/m ³
Q lumpur	= $\frac{\text{massa solid}}{\text{densitas lumpur}}$ = 0,31 m ³ /hari
Volume zona lumpur	= Q lumpur x Frekuensi pengurasan (1 kali sehari) = 310 L

Penentuan pompa yang digunakan



Merk
Jenis pompa
Daya
Head Pompa
(berdasarkan pengukuran)
Q pompa
(berdasarkan kurva performa)
Ø Discharge
v pipa
Waktu pengurasan

= **Grundfos SLV.25.A25.30**
 = **Sludge Submersible Pump**
 = **2900 Watt**
 = **4,0 m**
 = **1,4 L/detik**
 = **0,0014 m³/detik**
 = **0,084 m³/menit**
 = **2 1/2"**
 = **0,5 m/detik**
 = **(memenuhi)**
 = ***Volume lumpur***
 = **$\frac{Q \text{ pompa}}{0,37 \text{ menit}}$**

- Unit RBC

Parameter	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Rekomendasi
Kecepatan rotasi	2 rpm	1-10 rpm	-
Media RBC	HDPE	Styrofoam Polycarbonate Sheet, HDPE	-
Ketebalan Biofilm	0,5 mm	0,5-4,5 mm	-
Suhu	25°C	> 13°C	-
Transfer Oksigen	1,5 kg/kWh	1 – 2 kg/kWh	-
% Celupan Media	50%	> 40%	-
Rasio BOD/COD	0,49	> 0,5	-
Rasio BOD:N:P	143:5:11	100:5:1	-
G Value	8,24	5 – 9 L/m ²	-
BOD Surface Rate	11,17 g BOD/m ² .hari	8 – 20 g BOD/m ² .hari	-
DO Level	5,4	min 2 mg DO/L	-
Ketebalan biofilm	0,5	0,5 – 4 mm	-
HLR	0,072 m ³ /m ² .hari	0,03 – 0,081 m ³ /m ² .hari	-
HRT	2,75 jam	1,5 – 4 jam	-

Unit RBC telah memenuhi
Kriteria Desain

- Bak Pengendap

Parameter		Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Rekomendasi
HRT	=	10,3 jam	1,5 – 2,5 jam	Penambahan debit dari air bekas wudu dan <i>greywater</i> masjid sebesar 0,0006 m ³ /detik pada Inlet bak netralisasi.
HLR	=	4,7 m³/m².hari	16 – 24	
NRe	=	145,57	< 2000	
NFr	=	1,38 x 10 ⁻⁸	< 10 ⁻⁵	
Kecepatan horizontal (Vh)	=	1,14 x 10 ⁻⁴ m/detik	Vh < VSc	
Kecepatan scouring (Vsc)	=	0,068 cm/detik		

Penerapan Rekomendasi

- Pemasangan **Pompa Lumpur** untuk pengurasan lumpur
- Pengolahan lumpur dengan **Filter Press**

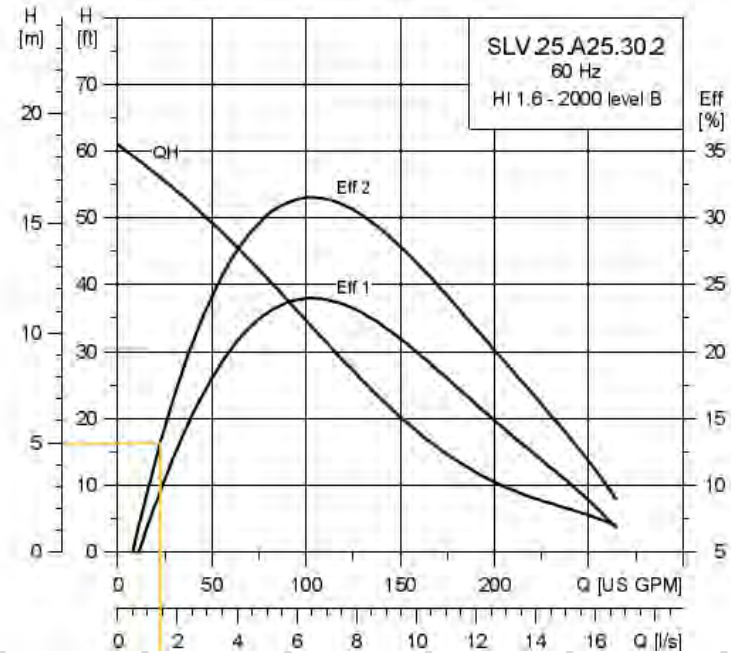
- Pemasangan **Pompa Lumpur** untuk pengurasan Lumpur

Perhitungan Q dan Volume Zona

Lumpur

Massa BOD terendapkan	= 0,48 kg/hari
Massa COD terendapkan	= 1,05 kg/hari
Massa TSS terendapkan	= 2,36 kg/hari
Massa NH ³ -N bebas terendapkan	= 0,06 kg/hari
Massa PO ₄ ³⁻ terendapkan	= 0,09 kg/hari
Massa solid total	= 4,04 kg/hari
Densitas lumpur	= Densitas solid x 3% = 34,5 kg/m ³
Q lumpur	= $\frac{\text{massa solid}}{\text{densitas lumpur}}$ = 0,12 m ³ /hari
Volume zona lumpur	= Q lumpur x frek. = 0,12 m ³

Penentuan pompa yang digunakan



Merk
Jenis pompa
Daya
Head Pompa
 (berdasarkan pengukuran)
Q pompa
 (berdasarkan kurva performa)
Ø Discharge
v pipa

= **Grundfos SLV.25.A25.30**
 = Sludge Submersible Pump
 = 2900 Watt
 = 4,9 m

= 1,5 L/detik
 = 0,0015 m³/detik
 = 2 ½"

= 0,6 m/detik
 (memenuhi)

= *Volume lumpur*

$$= \frac{Q \text{ pompa}}{v \text{ pipa}}$$
 = **2,2 menit**

Waktu pengurasan

- Pengolahan lumpur dengan **Filter Press**



Tekanan yang diberikan saat proses *pressing* sebesar 700 kPa dengan waktu sekitar 1 – 3 jam (Tchobanoglous *et al.*, 2002)

Merk	= General Electric ½ ft³ Manual Mini Filter Press
Luas Permukaan Total Plate	= 0,5 ft ³ = 0,014 m ³
Dimensi	= 0,96 m x 0,25 m x 0,61 m
Jumlah Plate	= 29
Ukuran Plate	= 175 mm

• Unit Desinfeksi

Ø tabung klor	=	0,4 m
Tinggi tabung klor	=	1 m
Volume tabung klor	=	0,126 m ³
Dosis klor	=	10 mg/L
Q rata-rata	=	43,78 m ³ /hari
Kebutuhan klor	=	Dosis klor x Q x 0,001
	=	0,44 kg/hari
Konsentrasi NaOCl	=	12%
	=	120 kg/m ³
Volume NaOCl	=	0,0037 m³/hari
Lama penyimpanan NaOCl	=	$\frac{\text{Volume tabung}}{\text{Volume NaOCl}}$
	=	34 hari
Kebutuhan NaOCl	=	0,44 kg/hari x 34 hari
	=	15 kg

Parameter	Kondisi Eksisting	Kriteria Desain	Rekomendasi
Volume NaOCl	Tidak Rutin	0,0037 m ³ /hari	Penyediaan NaOCl rutin dengan jumlah 0,0037 m ³ /hari
Volume tangki	34 hari	Minimal stok 7 hari mencukupi	-

BOQ - RAB

Penentuan BOQ dan RAB berdasarkan rekomendasi dari evaluasi kinerja dan *review* desain:

Unit	Harga Total
Bak Netralisasi	Rp. 56.800.684
Bak Pengendap	Rp. 17.934.409
Grand Total	Rp. 74.735.093

Biaya operasional bulanan adalah biaya tetap yang harus dikeluarkan tiap bulannya agar operasional dapat berjalan berdasarkan *review* desain.

Kebutuhan	Harga Total
Listrik untuk Pompa Penambah Debit	Rp. 467.460
Listrik untuk Pompa Lumpur	Rp. 147
Penyediaan NaClO	Rp. 33.000
Grand Total	Rp. 500.607

KESIMPULAN (1)

- Efisiensi removal bak netralisasi sebesar 20,0% untuk parameter BOD, 45,6 % untuk parameter TSS, 11,4% untuk parameter COD, 46,1% untuk parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas, dan 21,3% untuk parameter PO_4^{3-} .
- Efisiensi removal unit RBC sebesar 11,3% untuk parameter BOD, 36,0% untuk parameter TSS, 20,5% untuk parameter COD, 38,5% untuk parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas, dan 4,3% untuk parameter PO_4^{3-} .
- Efisiensi removal bak pengendap sebesar 8,1% untuk parameter BOD, 33,9% untuk parameter TSS, 11,3% untuk parameter COD, 49,7% untuk parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas, dan 19,2% untuk parameter PO_4^{3-} .

KESIMPULAN (2)

- Efisiensi removal unit desinfeksi sebesar 78,2% untuk parameter total coliform/100 ml air.
- Efisiensi removal IPAL-toksik dalam mengolah air limbah sebesar 68,2 % untuk parameter TSS, 36,2% untuk parameter COD, 61% untuk parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas, 34,9% untuk parameter PO_4^{3-} , dan 78,2% untuk total coliform/100 ml air.
- Efluen IPAL-Toksik RSUD Haji Surabaya belum memenuhi baku mutu sesuai Pergub Jatim no. 72/2013.

KESIMPULAN (3)

- Hasil rekomendasi *review desain* menunjukkan bahwa IPAL-Toksik Rumah Sakit X membutuhkan pompa penambahan debit untuk mengalirkan debit air bekas wudu dan *greywater* kamar mandi masjid dari drainase, pompa penguras lumpur dan penyediaan NaClO.
- Biaya yang dikeluarkan dalam penerapan rekomendasi *review desain* sebesar Rp. 74.735.093 dan biaya operasional bulanan yang dikeluarkan sebesar Rp. 500.607 per bulan.

SARAN

- Perlu pembuatan *Standard Operational Procedures* (SOP) yang berkaitan dengan operasional maupun perawatan IPAL-Toksik. Sehingga efisiensi kinerja dari masing-masing unit pengolahan dapat terjaga dan tidak mengganggu.
- Perlu ada kajian mengenai penggunaan bersama *sludge drying bed* pada IPAL-Non Toksik, sehingga lumpur dari IPAL-Toksik dapat terolah lebih sempurna.
- Perlu adanya kajian secara teknis maupun kelembagaan mengenai penggunaan insenerator rumah sakit untuk insenerasi lumpur IPAL-Toksik.

DAFTAR PUSTAKA (1)

- AKBAR, A. E., DAN SUDARMAJI. 2012. "EFEKTIVITAS SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DAN KELUHAN KESEHATAN PADA PETUGAS DI RSUD. DR. M. SOEWANDHIE SURABAYA". **GDLHUB 1**, NO. 112: 82-89.
- ANONIM. 2013. **PERATURAN GUBERNUR JAWA TIMUR NOMOR 72 TAHUN 2013 TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI INDUSTRI DAN/ATAU KEGIATAN USAHA LAINNYA.**
- ANONIM. 2014. **PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR 31 TAHUN 2014 TENTANG TARIF TENAGA LISTRIK YANG DISEDIAKAN OLEH PERUSAHAAN PERSEROAN (PERSERO) PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA..**
- BENEFIELD, D., L., AND C. W. RANDALL. 1980. **BIOLOGICAL PROCESS DESIGN FOR WASTEWATER TREATMENT. ENGLEWOOD CLIFF: PRENTICE-HALL, INC.**
- CORTEZ, S., P. TEIXEIRA, R. OLIVEIRA, AND M. MOTA. 2008. "ROTATING BIOLOGICAL CONTACTORS: A REVIEW ON MAIN FACTORS AFFECTING PERFORMANCE". **REV ENVIRON SCI BIOTECHNOL 7**: 155-172.
- DEBLONDE, T., C. COSSU-LEGUILLE, AND P. HARTEMANN. 2011. "EMERGING POLLUTANTS IN WASTEWATER: A REVIEW OF THE LITERATURE". **INTERNATIONAL JOURNAL OF HYGIENE AND ENVIRONMENTAL HEALTH**: 442-448.
- DEMETRIOS, N. H., D. M. IOANNIS, AND G. G. SOTIRIOS. 2004. "ORGANIC AND NITROGEN REMOVAL IN A TWO-STAGE ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR TREATING MUNICIPAL WASTEWATER". **BIORESOURCE TECHNOLOGY 93**: 91-98.
- EBRAHIMI, A., M. ASADI, AND G. D. NAJAFPOUR. 2009. "DAIRY WASTEWATER TREATMENT USING THREE-STAGE ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR (RBC). **IJE TRANSACTIONS B: APPLICATION NO 2**: 107-114.

DAFTAR PUSTAKA (2)

- ENVIRO WASTE & WATER TREATMENT. 2007. **SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RS HAJI – SURABAYA**, BEKASI.
- ESCHER, B. I., R. BAUMGARTNER, M. KOLLER, K. TREYER, J. LIENERT, AND C. S. MCARDELL. 2010. "ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND RISK ASSESSMENT OF PHARMACEUTICALS FROM HOSPITAL WASTEWATER". **WATER RESEARCH**: 75-92.
- GOEL, R. K., J. R. V. FLORA, AND J. P. CHEN. 2005. **PHYSICO-CHEMICAL TREATMENT PROCESSES**. TOTOWA: THE HUMANA PRESS.
- KOLIBU, F. K., DAN F. B. TEWAL. "KUALITAS LIMBAH CAIR RUMAH SAKIT GMIM BETHESDA TOMOHON". **JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT FKM UNIVERSITAS SAM RATULANGI** 02, 21: 6-10.
- KORZENIEWSKA, E, A. KORZENIEWSKA, AND M. HARNISZ. 2013. "ANTIBIOTIC RESISTANT ESCHERICHIA COLI IN HOSPITAL AND MUNICIPAL SEWAGE AND THEIR EMISSION TO THE ENVIRONMENT". **ECOTOXICOLOGY AND ENVIRONMENTAL SAFETY**: 96-102.
- LEMBAGA PENGADAAN SECARA ELEKTRONIK. 2015. **HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN 2015 KOTA SURABAYA**. SURABAYA
- LIN, S. D. 1999. **HANDBOOK OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING CALCULATIONS**. NEW YORK CITY: MCGRAW HILL HIGHER EDUCATION.
- MANAN, Z. A., S. R. WAN-ALWI., AND Z. UJANG. 2006. "WATER PINCH ANALYSIS FOR AN URBAN SYSTEM: A CASE STUDY ON THE SULTAN ISMAIL MOSQUE AT THE UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA (UTM)". **DESALINATION** NO. 194: 52-68.

DAFTAR PUSTAKA (3)

- MELLEEN, R. C. DAN W. J. PUDJIRAHARDJO. 2013. "FAKTOR PENYEBAB DAN KERUGIAN AKIBAT STOCKOUT DAN STAGNANT OBAT DI UNIT LOGISTIK RSU HAJI SURABAYA". **JURNAL ADMINISTRASI KESEHATAN INDONESIA**, NO 1: 99-107.
- NAJAFPOUR, G. D., A. A. L. ZINATIZADEH, AND L. K. LEE. 2006. "PERFORMANCE OF A THREE-STAGE AEROBIC RBC REACTOR IN FOOD CANNING WASTEWATER TREATMENT". **BIOCHEMICAL ENGINEERING JOURNAL** NO. 30: 297-302.
- OLIVEIRA S. C. AND M. VON SPERLING. 2011. "PERFORMANCE EVALUATION OF DIFFERENT WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGIES OPERATING IN A DEVELOPING COUNTRY". **JOURNAL OF WATER, SANITATION AND HYGIENE FOR DEVELOPMENT** NO. 01.1: 37-56.
- PUSAT SARANA, PRASARANA, DAN PERALATAN KESEHATAN. 2010. **SERI PERENCANAAN: PEDOMAN TEKNIS SARANA DAN PRASARANA RUMAH SAKIT KELAS B**. JAKARTA: KEMENTERIAN KESEHATAN.
- QASIM, S. R. 1985. **WASTEWATER TREATMENT PLANTS: PLANNING, DESIGN, AND OPERATION, 2ND**. NEW YORK: CRC PRESS.
- RAHMAWATI, A. A., DAN R. AZIZAH. 2005. "PERBEDAAN KADAR BOD, COD, TSS DAN MPN COLIFORM PADA AIR LIMBAH, SEBELUM DAN SESUDAH PENGOLAHAN DI RSUD NGANJUK". **JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN 2**, NO. 1: 97-110.
- SAID, N. I. 2005. "PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN SISTEM REAKTOR BIOLOGIS PUTAR (*ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*) DAN PARAMETER DESAIN". **JURNAL AKUAKULTUR INDONESIA 1**, NO. 2: 178-188.

DAFTAR PUSTAKA (3)

- SCHONEKER, D. R. 2013. "COLORING AGENTS FOR USE IN PHARMACEUTICALS". **ENCYCLOPEDIA OF PHARMACEUTICAL SCIENCE AND TECHNOLOGY 1**, NO. 4: 541-562.
- SPONZA, D. T., AND P. DEMIRDEN. 2010. "RELATIONSHIPS BETWEEN CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) COMPONENTS AND TOXICITY IN A SEQUENTIAL ANAEROBIC BAFFLED REACTOR/AEROBIC COMPLETELY STIRRED REACTOR SYSTEM TREATING KEMICETINE". **JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS**: 64-75.
- SUPARMADJA, A. 2014. **THESIS: ANALISIS RESIKO DAN OPTIMASI KINERJA IPAL RUMAH SAKIT MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE ANALYSIS**. SURABAYA: JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN ITS SURABAYA
- SUPRIHATIN, DAN N. S. INDRASTI. 2010. "PENYISIHAN LOGAM BERAT DARI LIMBAH CAIR LABORATORIUM DENGAN METODE PRESIPITASI DAN ADSORPSI". **MAKARA, SAINS 14**, NO. 1: 44-50.
- TCHOBANOGLOUS, G., F. L. BURTON, AND H. D. STENSEL. 2002. **WASTEWATER ENGINEERING: TREATMENT AND REUSE. 4TH**. NEW YORK CITY: MCGRAW HILL HIGHER EDUCATION.



TERIMA KASIH

