

EVALUASI UNIT OPERASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PT. X

OPERATION UNIT EVALUATION OF WASTE WATER TREATMENT PLAN AT PT. X

Adam Dzaky Rahman¹, Muhammad Rangga Sururi²

*¹Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas, PH.H. Mustofa
No.23, Bandung, 40124, Indonesia
E-mail: adamdzaky16@gmail.com*

ABSTRAK

Industri tekstil memiliki kontribusi yang signifikan bagi pendapatan daerah. Namun di sisi lain, air limbah yang merupakan produksi samping industri tekstil dapat menimbulkan pencemaran apabila langsung dibuang ke badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Adanya IPAL sistem terpusat di daerah kawasan industri tekstil akan membantu mengolah air limbah produksi samping industri tekstil. Studi ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi unit operasi dari IPAL PT. X dengan membandingkan data kondisi eksisting dari setiap unit instalasi pengolahan air limbah dengan kriteria desainnya. Hasil dari evaluasi unit pengolahan air limbah menyebabkan perubahan dimensi terhadap unit-unit pengolahan air limbah diantaranya perubahan dimensi panjang x lebar x tinggi pada unit bak ekualisasi (26,63 x 13,32 x 3)m, bak koagulasi (3 x 1,5 x 1)m dan bak flokulasi (10,76 x 5,38 x 4)m. selain itu, terdapat juga perubahan dimensi diameter x kedalaman dari unit bak netralisasi (26,02 x 4)m dan bak pengendap kedua (26,02 x 4)m.

Kata kunci: Industri tekstil, Unit operasi, Evaluasi IPAL.

ABSTRACT

The textile industry has a significant contribution to regional income. However, on the other hand, waste water which is a byproduct of the textile industry can cause pollution if it is directly discharged into water bodies without any treatment. The existence of a centralized WWTP system in the textile industrial area will help treat production waste water in addition to the textile industry. This study aims to evaluate the operation units of the WWTP PT. X by comparing the existing condition data of each wastewater treatment plant with the design criteria. The results of the evaluation of the wastewater treatment unit cause dimensional changes to the wastewater treatment units including changes in the dimensions of length x width x height in the equalization tank unit (26.63 x 13.32 x 3) m, the coagulation tub (3 x 1.5 x 1) m and flocculation bath (10.76 x 5.38 x 4) m. In addition, there is also a change in the dimensions of the diameter x depth of the neutralization tank unit (26.02 x 4) m and the second settling tank (26.02 x 4) m.

Keywords: Textile industry, Unit operation, Evaluate WWTP.

1. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang sangat penting di Indonesia. Industri tekstil menyumbangkan kontribusi yang signifikan bagi pendapatan daerah sehingga memiliki peran penting dalam perekonomian, salah satu contohnya yaitu di Kabupaten Bandung. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bandung (2019) mencatat Industri Tekstil (termasuk industri pengolahan) menjadi salah satu penghasil pemasukan daerah Kabupaten Bandung yang cukup signifikan (berdasarkan PDRB Kabupaten Bandung tahun 2018 atas dasar harga konstan) yaitu sebesar 3,9 miliar rupiah atau naik 1,22% dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Sedangkan bila dilihat dari kategori industri pengolahan, industri tekstil memiliki kontribusi sebesar 20.3% bagi pendapatan daerah di Kabupaten Bandung. Selain itu, Industri Tekstil Di Kabupaten Bandung juga telah menyerap tenaga kerja sebanyak 81 ribu orang (BPS, 2019).

Namun di sisi lain, air limbah dari hasil produksi industri tekstil dapat menimbulkan pencemaran apabila langsung dibuang ke badan air dikarenakan dapat menurunkan kualitas air sungai tersebut. Parameter polutan penurunan kualitas air sungai akibat limbah industri tersebut yang paling dominan adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) (Tchobanoglous dan Burton, 1991).

Konsumsi air bersih industri tekstil dengan skala besar biasanya diperlukan sekitar 60 m³/ton air bersih untuk proses produksinya (Moertinah, 2008). Menurut (Reynold, 1982), kuantitas air limbah yang dihasilkan biasanya merupakan 60-80% dari penggunaan air bersih. Sehingga biasanya air limbah yang dihasilkan dari proses industri tekstil skala besar adalah sebesar 48 m³/ton. Besarnya potensi limbah yang dihasilkan, direspon oleh pemerintah dengan membangun IPAL terpusat sehingga degradasi kualitas lingkungan akibat limbah tekstil dapat dicegah. Keuntungan dengan adanya pembangunan IPAL terpusat salah satunya adalah mengurangi biaya bagi perusahaan untuk membuat IPAL sendiri.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. X ini memiliki kapasitas debit rata-rata sebesar 175 liter/detik dan kapasitas debit puncak sebesar 225 liter/detik dengan debit aktual pengoperasian 80-100 liter/detik. IPAL PT. X ini juga menerima air limbah yang berasal dari 25 industri (23 Industri tekstil dan 2 Industri Makanan). Parameter yang dominan dalam air limbah dari industri tekstil biasanya BOD, COD dan TSS (Moertinah, 2008). Sedangkan untuk industri makanan, parameter yang paling dominan biasanya Organik (Suharto, 2011). Namun demikian, efektifitas IPAL terpusat tersebut belumlah efektif. Sebagai contoh parameter BOD, COD dan TSS dalam air limbah yang telah diolah di IPAL PT. X secara berturut-turut adalah sebesar 63,7 mg/l, 252,4 mg/l dan 10,0 mg/l (13 Mei 2019). Berdasarkan Baku Mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil nilai BOD, COD dan TSS adalah sebesar 60 mg/l, 150 mg/l dan 50 mg/l. Sehingga apabila dibandingkan terhadap baku mutu, kualitas air limbah yang diolah di IPAL PT. X untuk parameter BOD dan COD tidak memenuhi baku mutu air limbah tersebut. Studi ini akan mengevaluasi unit proses dan operasi di IPAL terpusat PT. X sehingga permasalahan sisi operasi dan proses dari unit-unit yang ada di IPAL terpusat tersebut dapat teridentifikasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Studi

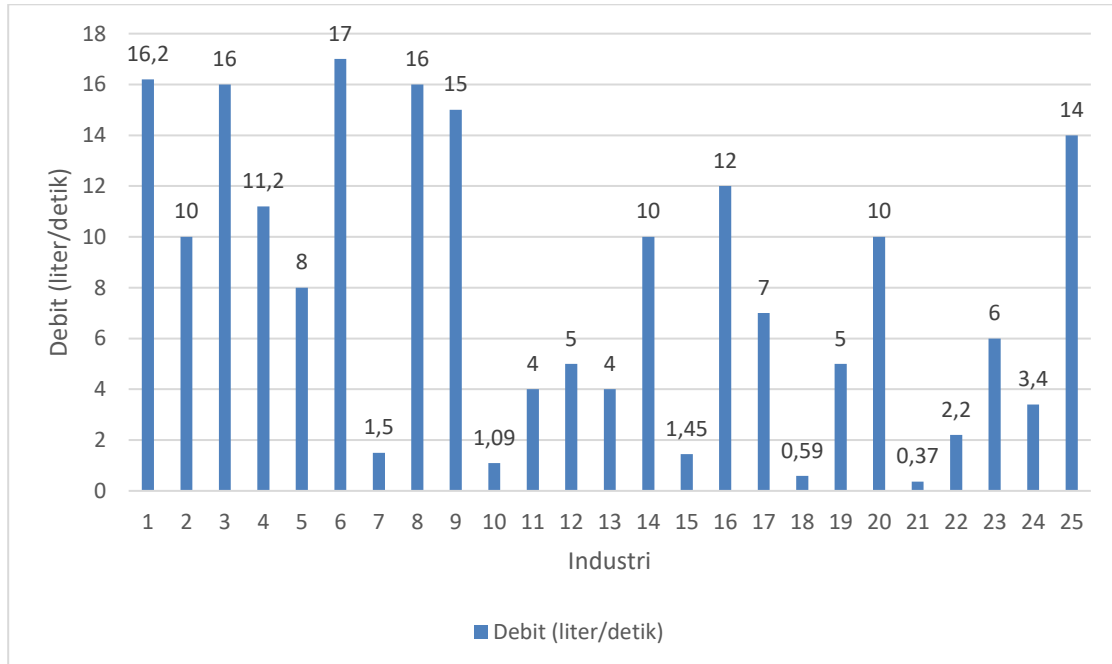
Studi ini berlokasi di IPAL terpusat PT. X yang menerima air limbah yang berasal dari 25 industri (23 Industri tekstil dan 2 Industri Makanan).

2.2. Identifikasi Unit Pengolahan di IPAL Terpusat

Identifikasi setiap unit pengolahan air limbah yang ada di PT. X seperti alur pengolahan air limbah, debit air limbah yang diolah, dimensi tiap unit pengolahan serta operasional dari setiap unit pengolahan menggunakan data sekunder yang didapatkan dari PT. X. Berikut merupakan data sekunder yang telah didapatkan :

2.2.1. Debit yang masuk ke IPAL PT. X

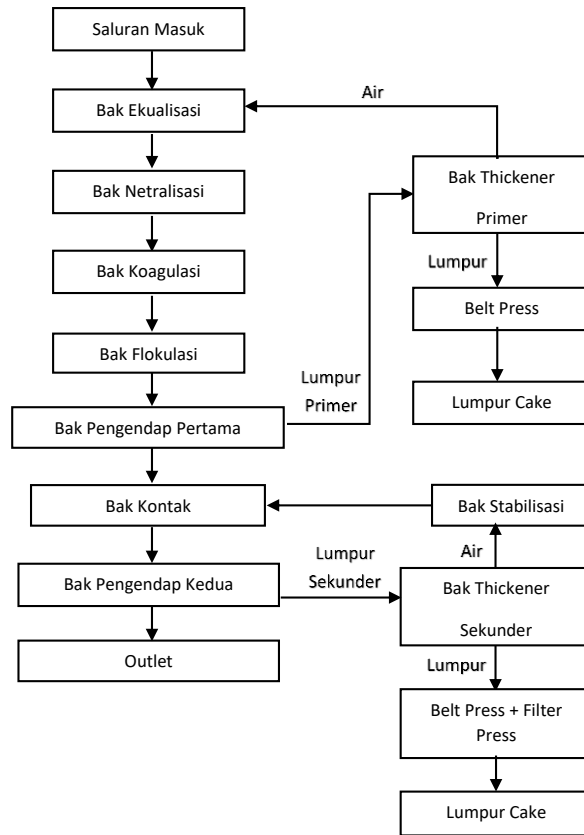
Total debit air limbah yang masuk dari 25 industri yang dilayani adalah 197 liter/detik. Debit air limbah dari tiap industri yang dilayani oleh IPAL PT. X dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini :



Gambar 1. Grafik Debit Air Limbah dari Tiap Industri yang Dilayani

2.2.2. Proses pengolahan air limbah di IPAL PT. X

Proses pengolahan air limbah di IPAL PT. X dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut ini :



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan IPAL PT. X

Air limbah dari 25 industri yang masuk ke IPAL PT. X melalui saluran masuk akan dikumpulkan di unit bak ekualisasi terlebih dahulu. Dari bak ekualisasi, air limbah akan masuk pada unit bak netralisasi untuk diatur derajat keasaman atau pH air limbahnya. Setelah melewati unit bak netralisasi, kemudian air limbah akan memasuki unit bak koagulasi dan flokulasi.

Pada unit bak koagulasi dan unit bak flokulasi, air limbah akan mengalami proses koagulasi dan flokulasi yang tujuannya untuk membentuk flok-flok yang terdapat dalam air limbah. Dari bak koagulasi dan flokulasi, selanjutnya air limbah akan memasuki unit bak pengendap pertama. Unit bak pengendap pertama ini berfungsi untuk mengendapkan flok-flok yang telah terbentuk sebelumnya pada unit bak koagulasi dan flokulasi. Pengendapan flok-flok ini akan menghasilkan lumpur primer.

Untuk air hasil olahan dari bak pengendap pertama, selanjutnya akan dialirkan menuju unit bak kontak. Unit bak kontak ini berfungsi untuk mengurai senyawa organik atau mengadsorpsi partikel tersuspensi dan partikel koloid melalui bantuan dari lumpur aktif yang bekerja dalam sistem ter-aerasi. Sistem aerasi ini adalah sistem yang bekerja dengan cara menginjeksi udara

atau oksigen ke dalam air limbah. Unit bak kontak ini akan menghasilkan lumpur yang berasal dari proses pengolahan air limbah oleh lumpur aktif. Air hasil olahan di unit bak kontak ini selanjutnya akan dilarikan menuju unit bak pengendap kedua.

Unit bak pengendap kedua ini berfungsi untuk mengendapkan lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah di unit bak kontak. Lumpur yang diendapkan tersebut dinamakan dengan lumpur sekunder. Untuk air limbah hasil olahan pada unit bak pengendap kedua ini, selanjutnya akan dibuang ke badan air penerima melalui saluran outlet.

2.2.3. Inventarisasi unit-unit instalasi pengolahan air limbah PT. X

a. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi ini memiliki dimensi panjang 83 m, lebar 10 - 16,4 m, dan kedalaman 2,6 – 5,6 m. Volume dari bak ekualisasi ini adalah 2327 m³. Bak ekualisasi ini juga memiliki aerator jenis jet pump dengan jumlah 4 buah (masing-masing 7,3 KW) dengan rata-rata kemampuan transfer oksigen sebesar 1,7 Kg O₂/KW.jam.

b. Bak Netralisasi

Bak netralisasi ini memiliki bentuk lingkaran dengan diameter lingkaran 16 m, kedalaman 2,7 m, luas permukaan 201 m² dan volume 543 m³. Dilakukan dosing zat kimia (H₂SO₄ 62%) pada air limbah yang diolah pada bak netralisasi ini. Bak netralisasi ini juga memiliki Tenaga roots blower (P) = 15 HP = 11.185,50 Nm/s.

c. Bak Koagulasi

Bak koagulasi ini memiliki dimensi panjang 2 m, lebar 2 m, dan tinggi 2,75 m. Volume bak koagulasi ini adalah 11 m³ dan luas permukaannya adalah 4 m². Bak koagulasi ini memiliki Viskositas (μ) sebesar = 8,64 x 10⁻⁴ N.s/m² dan tenaga pengadukan (P) sebesar = 2200 watt = 2200 Nm/s.

d. Bak Flokulasi

Bak flokulasi yang terdapat di IPAL PT. MCAB berjumlah 2 buah, masing-masing bak memiliki panjang 5 m, lebar 4,25 m, dan tinggi 4 m. Volume bak flokulasi ini adalah 85 m³. Bak flokulasi ini memiliki Viskositas (μ) = 8,64 x 10⁻⁴ N.s/m², Power pengadukan (P) = 2000 watt = 2000 Nm/s, Diameter impeller (Di) = 1,5 m, dan Konstanta impeller (Kt) = 6,3.

e. Bak Pengendap Pertama

Bak pengendap pertama pada IPAL berjumlah 3 buah (2 operasi, 1 cadangan) dengan tiap bak memiliki panjang 28 m, lebar 6 m, dan tinggi 5 m. Bak pengendap pertama ini juga memiliki volume bak = 840 m³, viskositas kinematis (ν) = 8,64 x 10⁻⁴ m²/s, konstanta pengendapan (k) = 0,05, spesifik gravitasi (S) = 1,25, ukuran partikel (d) = 100 μ m = 100 x 10⁻⁶ m, dan faktor gesekan Darcy-weisbach (f) = 0,025.

f. Bak Pengendap Kedua

Bak pengendap kedua ini memiliki bentuk lingkaran dengan diameter lingkaran 15 m, kedalaman 3 m, luas permukaan 177 m² dan volume 530 m³.

2.3. Evaluasi Unit Operasi IPAL Terpusat PT. X

Evaluasi yang dilakukan pada studi ini adalah dengan membandingkan data kondisi eksisting dari setiap unit instalasi pengolahan air limbah dengan kriteria desainnya. Kriteria desain didapatkan dari berbagai

literatur yang telah dikumpulkan. Untuk unit yang tidak sesuai dengan kriteria desainnya dilakukan evaluasi dengan cara merubah dimensi tertentu pada unit tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Bak Ekualisasi

Evaluasi unit bak ekualisasi yang dilakukan mengacu kepada kriteria desain yang tercantum pada **Tabel 1** berikut ini

Tabel 1. Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Waktu detensi	Td	<2	Jam	Metcalf & Eddy, 1991
Kedalaman	H	1-3*	meter	Qasim, 1985

*Keterangan: bila lebih dari 3 meter maka tangki ekualisasi membutuhkan pengaduk seperti aerator atau pengaduk hidrolis

Berikut merupakan perhitungan pada unit bak ekualisasi :

a. Kedalaman

Berdasarkan data kondisi eksisting, kedalaman bak ekualisasi yaitu sebesar 2,6-5,6 m. jika mengacu pada kriteria desain, tentunya kedalaman bak ekualisasi ini tidak sesuai dengan kriteria desain yang telah ditentukan. Tetapi, pada kriteria desain disebutkan jika kedalamannya lebih dari 3 meter maka bak ekualisasi membutuhkan pengaduk seperti aerator dan pada bak ekualisasi ini memiliki aerator yang berjumlah 4 buah. Sehingga, untuk kriteria kedalaman ini memenuhi kriteria desain.

b. Waktu detensi

- $td = \frac{Volume}{Q}$
- $= \frac{2327m^3}{0,197m^3/detik} = 11812,18 \text{ detik} \approx 3,28 \text{ jam (tidak sesuai kriteria)}$

c. Transfer oksigen

Kebutuhan oksigenasi dari aerator

- $= (4 \text{ aerator} \times 7,3 \text{ KW}) \times 1,7 \text{ KgO}_2/\text{KW.jam}$
- $= 49,6 \text{ KgO}_2/\text{jam}$

Oksigen yang ditransfer ke air selama di dalam unit bak ekualisasi

- $Jumlah O_2 = td \times \text{kebutuhan oksigenasi}$
- $= 3,28 \text{ jam} \times 49,6 \text{ KgO}_2/\text{jam}$
- $= 162,69 \text{ KgO}_2$

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi diatas, parameter desain yang tidak memenuhi kriteria desain adalah waktu detensi (td). Waktu detensi yang tidak memenuhi kriteria desain akan membuat konsentrasi air limbah tidak bercampur secara homogen pada unit bak ekualisasi. Agar waktu detensi dapat memenuhi kriteria desain, evaluasi dilakukan dengan cara memodifikasi volume unit. Perubahan volume unit akan menyebabkan perubahan dimensi pada unit tersebut.

a. Waktu detensi

Diasumsikan waktu detensi adalah 1,5 jam (kriteria desain <2 jam)

- $td = \frac{Volume}{Q}, Volume = Q \times td$
- $Volume = 0,197m^3/detik \times 5400\ detik$
- $= 1063,8\ m^3$

Berdasarkan perhitungan diatas, volume unit untuk memenuhi kriteria desain adalah 1063,8 m³.

Maka dimensi unit menjadi :

Kedalaman bak ekualisasi diasumsikan 3 m (kriteria desain 1-3 m)

- Panjang = 2 lebar
- $V = p \times l \times t$
- $1063,8\ m^3 = 2l \times l \times 3\ m$
- $l = \sqrt{\frac{1063,8\ m^3}{3\ m \times 2}} = 13,32\ m$
- $p = 2 \times l = 2 \times 13,32\ m = 26,63\ m$

3.2. Bak Netralisasi

Evaluasi unit bak netralisasi yang dilakukan mengacu kepada kriteria desain yang tercantum pada **Tabel 2** berikut ini

Tabel 2. Kriteria Desain Bak Netralisasi

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Sumber
<i>Overflow rate</i>	OR	m ³ /m ² .hari	30-40	Tchobanougous,1991
<i>Solid loading</i>	SL	kg/m ² .jam	0,5-5	Tchobanougous,1991
<i>Weir loading</i>	WR	m ³ /m ² .hari	125-500	Tchobanougous,1991
Kedalaman	H	M	3,5-5	Tchobanougous,1991
Diameter	D	M	3-60	Tchobanougous,1991
Waktu detensi	Td	Jam	2-6	Qasim, 1985

Berikut merupakan perhitungan pada unit bak netralisasi :

a. Diameter (D)

Berdasarkan data kondisi eksisting, diameter bak netralisasi yaitu sebesar 16m. jika mengacu pada kriteria desain, kedalaman bak netralisasi ini memenuhi dari kriteria desain yang telah ditentukan (3-60 m).

b. Kedalaman (H)

Berdasarkan data kondisi eksisting, kedalaman bak netralisasi yaitu sebesar 2,7 m. jika mengacu pada kriteria desain, tentunya kedalaman bak netralisasi ini tidak memenuhi dari kriteria desain yang telah ditentukan (3,5-5 m).

c. Waktu detensi (td)

- $td = \frac{Volume}{Q}$
- $= \frac{543m^3}{0,197m^3/detik} = 2756,35\ detik \approx 0,77\ jam\ (tidak\ sesuai\ kriteria)$

d. *Overflow rate (OR)*

- $OR = \frac{Q}{A}$
- $= \frac{0,197m^3/detik}{201m^2}$
- $= \frac{17020,8 m^3/hari}{201m^2} = 84,68 m^3/m^2.hari$ (tidak sesuai kriteria)

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi diatas, parameter desain yang tidak memenuhi kriteria desain adalah kedalaman, waktu detensi (td) dan overflow rate (OR). Tidak sesuainya ketiga parameter tadi dengan kriteria desain akan membuat dosing zat kimia pada bak netralisasi ini (H₂SO₄ 62%) tidak akan bercampur sempurna dengan air limbah. Agar ketiga parameter desain dapat memenuhi kriteria desain, evaluasi dilakukan dengan cara memodifikasi volume unit. Perubahan volume unit akan menyebabkan perubahan dimensi pada unit tersebut.

a. Waktu detensi (td)

- Diasumsikan waktu detensi adalah 3 jam (kriteria desain 2-6 jam)
- $td = \frac{Volume}{Q}, Volume = Q \times td$
- $Volume = 0,197m^3/detik \times 10800 detik$
- $= 2127,6 m^3$

b. Kedalaman (H)

- Diasumsikan kedalaman 4 m (kriteria desain 3,5-5 m)
- $v = \pi x r^2 x H$
- $r = \sqrt{\frac{v}{\pi x H}} = \sqrt{\frac{2127,6m^3}{\pi x 4m}} = 13,01 m, diameter = 2 \times r = 26,02 m$

c. *Overflow rate (OR)*

- $A = \pi x r^2$
- $A = \pi x (13,01m)^2 = 532 m^2$
- $OR = \frac{Q}{A}$
- $= \frac{0,197m^3/detik}{532m^2}$
- $= \frac{17020,8 m^3/hari}{532m^2} = 31,99 \approx 32 m^3/m^2.hari$ (sesuai kriteria)

3.3. Bak Koagulasi

Evaluasi unit bak koagulasi yang dilakukan mengacu kepada kriteria desain yang tercantum pada **Tabel 3** berikut ini

Tabel 3. Kriteria Desain Bak Koagulasi

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Sumber
Bilangan champ	Gtd	-	10^4 - 10^6	Kawamura, 2000
Gradien	G	detik ⁻¹	700-1000	Reynold, 1982
Kecepatan				
Waktu detensi	td	detik	10-3600	Eckenfelder, 2000

Berikut merupakan perhitungan pada unit bak koagulasi :

a. Gradien kecepatan (G)

- $G = \sqrt{\frac{P}{\mu x V}}$
- $G = \sqrt{\frac{2200 \text{ Nm/detik}}{8,64 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2 \times 11 \text{ m}^3}} = 481,13/\text{detik}$ (tidak memenuhi kriteria)

b. Waktu detensi (td)

- $td = \frac{\text{Volume}}{Q}$
- $= \frac{11 \text{ m}^3}{0,197 \text{ m}^3/\text{detik}} = 55,84 \text{ detik}$ (sesuai kriteria)

c. Bilangan champ (Gtd)

- $Gtd = G \times td$
- $Gtd = 481,13/\text{detik} \times 55,84 \text{ detik}$
- $Gtd = 2,68 \times 10^4$ (sesuai kriteria)

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi diatas, parameter desain yang tidak memenuhi kriteria desain adalah gradien kecepatan (G). Gradien kecepatan yang tidak memenuhi kriteria desain karena terlalu lambat ini akan membuat partikel koloid tidak terdestabilisasi dengan sempurna. Agar gradien kecepatan dapat memenuhi kriteria desain, evaluasi dilakukan dengan cara memodifikasi volume unit. Perubahan volume unit akan menyebabkan perubahan dimensi pada unit tersebut.

a. Gradien kecepatan (G)

- Diasumsikan nilai G adalah 750/detik (kriteria desain 700-1000 /detik)
- $G = \sqrt{\frac{P}{\mu x V}} \quad V = \frac{P}{\mu x G^2}$
- $V = \frac{2200 \text{ Nm/detik}}{8,64 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2 \times (750/\text{detik})^2} = 4,53 \text{ m}^2$

Berdasarkan perhitungan diatas, volume unit untuk memenuhi kriteria desain adalah $4,53 \text{ m}^3$.

Maka dimensi unit menjadi :

Kedalaman bak koagulasi diasumsikan 1 m

- Panjang = 2 lebar
- $V = p \times l \times t$

- $4,53 m^3 = 2l \times l \times 1 m$
 - $l = \sqrt{\frac{4,53 m^3}{1 m \times 2}} = 1,5 m$
 - $p = 2xl = 2 \times 1,5 m = 3 m$
- b. Waktu detensi (td)
- $td = \frac{Volume}{Q}$
 - $= \frac{4,53m^3}{0,197m^3/detik} = 23 detik (sesuai kriteria)$
- c. Bilangan champ (Gtd)
- $Gtd = G \times td$
 - $Gtd = 750/detik \times 23 detik$
 - $Gtd = 1,72 \times 10^4 (sesuai kriteria)$

3.4. Bak Flokulasi

Evaluasi unit bak flokulasi yang dilakukan mengacu kepada kriteria desain yang tercantum pada **Tabel 4** berikut ini

Tabel 4. Kriteria Desain Bak Flokulasi

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Sumber
Bilangan champ	Gtd	-	10^4-10^6	Kawamura, 2000
Gradien	G	detik ⁻¹	20-120	Metcalf and eddy, 1991
Kecepatan				
Waktu detensi	td	detik	10-3600	Eckenfelder, 2000
Kecepatan	n	rpm	10-30	Metcalf and eddy, 1991
Putaran				

Berikut merupakan perhitungan pada unit bak flokulasi :

- a. Gradien kecepatan (G)
- $G = \sqrt{\frac{P}{\mu x V}}$
 - $G = \sqrt{\frac{2000 Nm/detik}{8,64 \times 10^{-4} N.s/m^2 \times 85m^3}} = 165/detik (tidak memenuhi kriteria)$
- b. Waktu detensi (td)
- $td = \frac{Volume}{Q}$
 - $= \frac{85m^3}{0,197m^3/detik} = 431,47 detik (sesuai kriteria)$
- c. Bilangan champ (Gtd)
- $Gtd = G \times td$
 - $Gtd = 165/detik \times 431,47 detik$
 - $Gtd = 7,12 \times 10^4 (sesuai kriteria)$

d. Kecepatan putaran impeller (n)

- $P = Kt \times n^3 \times Di^5 \times \rho$
- $n = \sqrt[3]{\frac{P}{Kt \times Di^5 \times \rho}}$
- $n = \sqrt[3]{\frac{2000 \text{ Nm/detik}}{6,3 \times (1,5 \text{ m})^5 \times 1000 \text{ kg/m}^3}} = 0,35 \text{ rps} = 21 \text{ rpm (sesuai kriteria)}$

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi diatas, parameter desain yang tidak memenuhi kriteria desain adalah gradien kecepatan (G). Gradien kecepatan yang tidak memenuhi kriteria desain karena terlalu cepat ini akan membuat inti flok yang bergabung menjadi flok yang berukuran lebih besar menjadi pecah kembali menjadi flok yang berukuran kecil, sehingga flok tersebut tidak dapat diendapkan. Agar gradien kecepatan dapat memenuhi kriteria desain, evaluasi dilakukan dengan cara memodifikasi volume unit. Perubahan volume unit akan menyebabkan perubahan dimensi pada unit tersebut.

a. Gradien kecepatan (G)

- Diasumsikan nilai G adalah 100/detik (kriteria desain 20-120 /detik)
- $G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \quad V = \frac{P}{\mu \times G^2}$
- $V = \frac{2000 \text{ Nm/detik}}{8,64 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2 \times (100/\text{detik})^2} = 231,48 \text{ m}^2$

Berdasarkan perhitungan diatas, volume unit untuk memenuhi kriteria desain adalah 231,48 m³. Maka dimensi unit menjadi :

Kedalaman bak flokulasi diasumsikan 4 m

- Panjang = 2 lebar
- $V = p \times l \times t$
- $231,48 \text{ m}^3 = 2l \times l \times 4 \text{ m}$
- $l = \sqrt{\frac{231,48 \text{ m}^3}{4 \text{ m} \times 2}} = 5,38 \text{ m}$
- $p = 2 \times l = 2 \times 5,38 \text{ m} = 10,76 \text{ m}$

b. Waktu detensi (td)

- $td = \frac{\text{Volume}}{Q}$
- $= \frac{231,48 \text{ m}^3}{0,197 \text{ m}^3/\text{detik}} = 1175 \text{ detik (sesuai kriteria)}$

c. Bilangan champ (Gtd)

- $Gtd = G \times td$
- $Gtd = 100/\text{detik} \times 1175 \text{ detik}$
- $Gtd = 1,175 \times 10^5 \text{ (sesuai kriteria)}$

d. Kecepatan putaran impeller (n)

- $P = Kt \times n^3 \times Di^5 \times \rho$

- $n = \sqrt[3]{\frac{P}{Kt \times Di^5 \times \rho}}$
- $n = \sqrt[3]{\frac{2000 \text{ Nm/detik}}{6,3 \times (1,5 \text{ m})^5 \times 1000 \text{ kg/m}^3}} = 0,35 \text{ rps} = 21 \text{ rpm (sesuai kriteria)}$

3.5. Bak Pengendap Pertama

Evaluasi unit bak pengendap pertama yang dilakukan mengacu kepada kriteria desain yang tercantum pada **Tabel 5** berikut ini

Tabel 5. Kriteria Desain Bak Pengendap Pertama

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Sumber
Bilangan Fraude	NFr	-	$>10^{-5}$	Eckenfelder, 2000
Bilangan Reynolds	NRe	-	<2000	Eckenfelder, 2000
Waktu detensi	td	Jam	1-3	Kawamura, 2000
Kecepatan horizontal	Vh	m/detik	<1	Eckenfelder, 2000
Kedalaman bak	H	m	3-5	Metcalf and eddy, 1991

Berikut merupakan perhitungan pada unit bak pengendap pertama :

- Waktu detensi (td)
 - $td = \frac{Volume}{Q}$
 - $= \frac{840 \text{ m}^3}{0,197 \text{ m}^3/detik} = 4264 \text{ detik} = 1,18 \text{ jam (sesuai kriteria)}$
- Kecepatan horizontal (Vh)
 - $Vh = \left(\frac{8 \times k \times (S-1) \times g \times d}{f} \right)^2$
 - $Vh = \left(\frac{8 \times 0,05 \times (1,25-1) \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 100 \times 10^{-6}}{0,025} \right)^{0,5}$
 - $Vh = 0,063 \text{ m/s (sesuai kriteria)}$
- Jari-jari hidrolis (R)
 - $R = \frac{Luas \text{ basah (A)}}{Keliling \text{ basah (P)}} = \frac{B \times H}{2H+B}$
 - $R = \frac{6 \text{ m} \times 5 \text{ m}}{(2 \times 5 \text{ m}) + 6 \text{ m}} = 1,875$
- Bilangan reynolds (NRe)
 - $NRe = \frac{Vh \times R}{\nu}$
 - $NRe = \frac{0,063 \text{ m/s} \times 1,875}{8,64 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}} = 135,94 \text{ (sesuai kriteria)}$
- Bilangan fraude (Nfr)

- $NFr = \frac{vh^2}{g \times R}$
- $NFr = \frac{(0,063 \text{ m/s})^2}{9,81 \text{ m/s}^2 \times 1,875} = 2,13 \times 10^{-4}$ (sesuai kriteria)

3.6. Bak Pengendap Kedua

Evaluasi unit bak pengendap kedua yang dilakukan mengacu kepada kriteria desain yang tercantum pada **Tabel 6** berikut ini

Tabel 6. Kriteria Desain Bak Pengendap Kedua

Parameter	Simbol	Satuan	Nilai	Sumber
<i>Overflow rate</i>	OR	m ³ /m ² .hari	30-40	Tchobanougous,1991
<i>Solid loading</i>	SL	kg/m ² .jam	0,5-5	Tchobanougous,1991
<i>Weir loading</i>	WR	m ³ /m ² .hari	125-500	Tchobanougous,1991
Kedalaman	H	M	3,5-5	Tchobanougous,1991
Diameter	D	M	3-60	Tchobanougous,1991
Waktu detensi	Td	Jam	2-6	Qasim, 1985

Berikut merupakan perhitungan pada unit bak pengendap kedua :

- Diameter (D)
Berdasarkan data kondisi eksisting, diameter bak pengendap kedua yaitu sebesar 15 m. jika mengacu pada kriteria desain, kedalaman bak pengendap kedua ini memenuhi dari kriteria desain yang telah ditentukan (3-60 m).
- Kedalaman (H)
Berdasarkan data kondisi eksisting, kedalaman bak pengendap kedua yaitu sebesar 3 m. jika mengacu pada kriteria desain, kedalaman bak pengendap kedua ini tidak memenuhi dari kriteria yang telah ditentukan (3,5-5 m).
- Waktu detensi (td)
 - $td = \frac{Volume}{Q}$
 - $= \frac{530m^3}{0,197m^3/detik} = 2690,35 \text{ detik} \approx 0,75 \text{ jam}$ (tidak sesuai kriteria)
- Overflow rate* (OR)
 - $OR = \frac{Q}{A}$
 - $= \frac{0,197m^3/detik}{177m^2}$
 - $= \frac{17020,8 \text{ m}^3/hari}{177m^2} = 96,16 \text{ m}^3/m^2.hari$ (tidak sesuai kriteria)

Berdasarkan perhitungan diatas, parameter desain yang tidak memenuhi kriteria desain adalah kedalaman, waktu detensi (td) dan overflow rate (OR). Tidak sesuainya ketiga parameter tadi dengan kriteria desain akan membuat partikel yang seharusnya diendapkan di bak pengendap kedua tidak semuanya terendapkan, sehingga pada outlet bak pengendap kedua masih banyak mengandung partikel

kontaminan. Agar ketiga parameter desain tersebut dapat memenuhi kriteria desainnya, evaluasi dilakukan dengan cara memodifikasi volume unit. Perubahan volume unit akan menyebabkan perubahan dimensi pada unit tersebut.

- a. Waktu detensi (td)
 - Diasumsikan waktu detensi adalah 3 jam (kriteria desain 2-6 jam)
 - $td = \frac{Volume}{Q}, Volume = Q \times td$
 - $Volume = 0,197m^3/detik \times 10800 \text{ detik}$
 - $= 2127,6 m^3$
- b. Kedalaman (H)
 - Diasumsikan kedalaman 4 m (kriteria desain 3,5-5 m)
 - $v = \pi x r^2 \times H$
 - $r = \sqrt{\frac{v}{\pi x H}} = \sqrt{\frac{2127,6m^3}{\pi x 4m}} = 13,01 m, diameter = 2 \times r = 26,02 m$
- c. *Overflow rate* (OR)
 - $A = \pi x r^2$
 - $A = \pi x (13,01m)^2 = 532 m^2$
 - $OR = \frac{Q}{A}$
 - $= \frac{0,197m^3/detik}{532m^2}$
 - $= \frac{17020,8 m^3/hari}{532m^2} = 31,99 \approx 32 m^3/m^2 \cdot hari$ (sesuai kriteria)

4. KESIMPULAN

Evaluasi terhadap unit pengolahan air limbah yang dilakukan didasarkan atas keadaan aktual debit air limbah yang masuk dan diolah di IPAL yaitu sebesar 197 liter/detik. Hasil dari evaluasi unit pengolahan air limbah tersebut adalah perubahan dimensi terhadap unit-unit pengolahan air limbah. Evaluasi unit pengolahan air limbah yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja IPAL dalam mengolah air limbah sehingga dapat memperbesar efisiensi pengolahan IPAL dalam menyisihkan parameter-parameter kontaminan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aritonang, D., Sutisna, M., dan Sururi, M. (2013). Domestic wastewater treatment using moringa oleifera seeds biokoagulan lam and rapid sand filter. *Journal of the National Institute of Technology, 1*(2), 1-12.
- Eckenfelder Jr, W. Wesley. 2000. *Industrial Water Pollution Control third edition*. Singapore : Mc Graw Hill Book Co.
- Kawamura, S. 2000. *Integrated Desain and Operation of Water Treatment Facilities*. John Wiley & Sons : New York.

- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering : Treatment, Disposal, Reuse*. Mc Graw Hill Book.Co : Singapore.
- Moertinah, S. 2008. Peluang-Peluang Produksi Bersih pada Industri Tekstil Finishing Bleaching (Studi Kasus Pabrik Tekstil Finishing Bleaching PT. Damaitex Semarang). Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Qasim, Syed. 1985. *Wastewater Treatment Plants*. New York : CBS Collage Publishing.
- Reynold. 1982. *Unit Operation and Processes In Environmental Engineering*. Texas A&M University : Brook/Cole Engineering Division. California.
- Suharto.2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Yogyakarta : Andi.
- Tchobanoglous, G. dan Burton, F.L. 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse, Series Water Resource and Environmental Engineering 6th Edition*. Mc Graw Holl Book Co : Singapore.

Halaman ini sengaja dikosongkan