

## EVALUASI DAN RE-DESAIN UNIT *CLARIFIER* PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH KAWASAN INDUSTRI

Niken Violista dan Dwina Moentamaria

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
nviolista@gmail.com ; [dwina\_mnt@yahoo.com]

### ABSTRAK

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) kawasan industri dirancang untuk mengolah air limbah sisa proses produksi sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu unit penting dalam IPAL adalah *clarifier*, yang berfungsi memisahkan padatan tersuspensi dari cairan. Waktu detensi yang terlalu lama dalam unit *clarifier* dapat menyebabkan proses menjadi tidak efisien. Beban air limbah yang masuk ke dalam *clarifier* dapat digunakan sebagai parameter untuk menentukan waktu detensi. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendesain unit sesuai dengan kapasitas yang ada, sehingga aliran lumpur yang terjadi menuju tahap selanjutnya dapat berjalan secara optimal. Hasil perhitungan berdasarkan beban debit air limbah pada kondisi saat ini 4173,6 m<sup>3</sup>/hari dengan waktu detensi 3,78 jam dan *overflow rate* 12,06 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.detik. Dimensi *clarifier* eksisting, yaitu diameter 21 m dengan kedalaman 1,9 m diperoleh volume 657,75 m<sup>3</sup>. Tahapan perhitungan yang dilakukan untuk menentukan desain ulang meliputi, perhitungan zona *settling*, zona *inlet*, zona *thickening*, dan zona *outlet*. Hasil perhitungan ulang dengan beban eksisting diperoleh waktu detensi 2 jam dan *overflow rate* 31,51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.detik. Dimensi desain ulang *clarifier*, yaitu diameter 12,89 m dengan kedalaman 3,31 m diperoleh volume 375,75 m<sup>3</sup>. Hasil desain ulang ini menunjukkan efisiensi waktu detensi sebesar 47%. Hal ini menunjukkan bahwa desain *clarifier* di IPAL kawasan industri saat ini telah mengantisipasi lonjakan potensi peningkatan debit air limbah dimasa mendatang.

**Kata kunci:** *clarifier*, debit air limbah, dimensi, instalasi pengolahan air limbah, waktu detensi

### ABSTRACT

The industrial area Wastewater Treatment Plant (WWTP) is designed to treat wastewater from the production process before it is discharged into the environment. One of the important units in WWTP is the clarifier, which functions to separate suspended solids from liquids. Too long detention time in the clarifier unit can cause the process to be inefficient. The wastewater load entering the clarifier can be used as a parameter to determine the detention time. This study aims to design the unit according to the existing capacity, so that the sludge flow that occurs towards the next stage can run optimally. The results of the calculation are based on the wastewater discharge load under current conditions of 4173.6 m<sup>3</sup>/day with a detention time of 3.78 hours and an overflow rate of 12.06 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.sec. The dimensions of the existing clarifier, which is 21 m in diameter with a depth of 1.9 m, obtained a volume of 657.75 m<sup>3</sup>. The calculation stages carried out to determine the redesign include the calculation of the settling zone, inlet zone, thickening zone, and outlet zone. The results of the recalculation with the existing load obtained a detention time of 2 hours and an overflow rate of 31.51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.second. The clarifier redesign dimensions, which are 12.89 m in diameter with a depth of 3.31 m, obtained a volume of 375.75 m<sup>3</sup>. The results of this redesign show a detention time efficiency of 47%. This shows that the current design of the clarifier in the industrial area WWTP has anticipated the potential surge in wastewater discharge in the future.

**Keywords:** *clarifier*, wastewater flow rate, dimension, wastewater treatment plant, detention time

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini mengalami pertumbuhan pesat sebagai pusat pengembangan berbagai jenis industri. Pembangunan kawasan industri terlihat di berbagai wilayah, mencakup skala besar maupun Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) [1]. Data Produk Domestik Bruto (PDB) dapat memberikan gambaran tentang pembangunan yang telah terjadi.

**Tabel 1.** Tabel laju pertumbuhan PDB industri manufaktur di Indonesia

Tahun	Laju pertumbuhan PDB
2019	3,38
2020	-2,93
2021	3,39
2022	4,89
2023	4,46

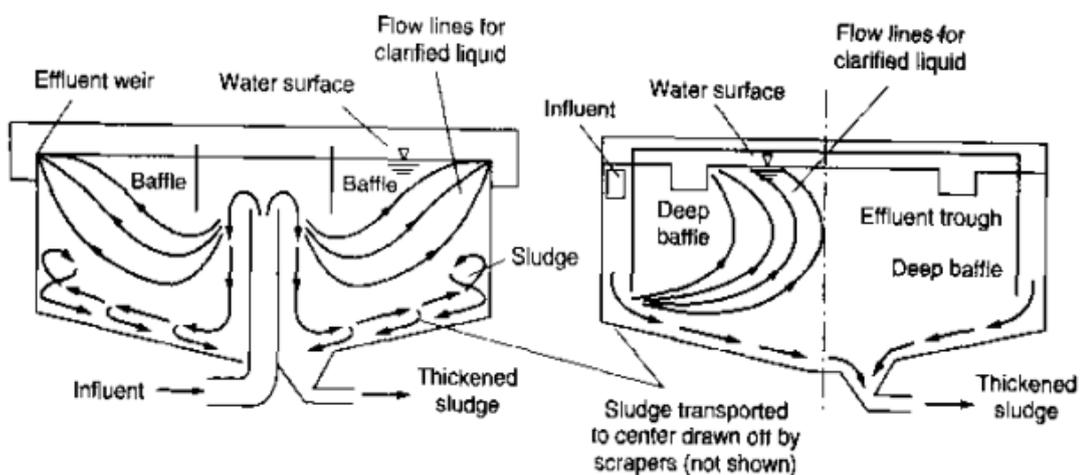
Sumber: Badan Pusat Statistik, 2023

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan PDB di Indonesia mengalami fluktuasi. Pada tahun 2020, terjadi penurunan signifikan laju PDB akibat pandemi COVID-19. Namun, pertumbuhan laju PDB kembali meningkat pada tahun 2021 hingga 2023. Pertumbuhan ini juga didorong oleh hilirisasi industri dan peningkatan efisiensi melalui digitalisasi [2]. Hal ini menunjukkan bahwa industri di Indonesia akan terus berkembang pesat dan membutuhkan infrastruktur serta strategi pengelolaan yang efektif untuk mengatasi dampak lingkungan, termasuk pengelolaan limbah cair.

Menurut UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap industri dan badan usaha harus bertanggung jawab atas pengelolaan limbah yang dihasilkan dari kegiatannya [3]. Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan salah satu solusi untuk memenuhi parameter baku mutu air limbah dan mengurangi dampak lingkungan di suatu kawasan industri. Air limbah yang dihasilkan oleh industri perlu diolah dalam IPAL yang didesain sesuai dengan kebutuhan [4]. Kebutuhan ini bergantung pada debit air limbah yang dihasilkan dari sisa proses produksi yang tidak terpakai. Pengolahan air limbah yang terjadi di IPAL secara umum terdiri dari empat tahap, yaitu pengolahan awal (*preliminary treatment*), pengolahan primer (*primary treatment*), pengolahan sekunder (*secondary treatment*), dan pengolahan tersier (*tertiary treatment*). Tahap pengolahan primer (*primary treatment*) bertujuan untuk menghilangkan sebagian besar padatan tersuspensi serta bahan organik dari air limbah melalui proses fisika, seperti penyaringan dan sedimentasi [5].

*Clarifier* adalah salah satu unit IPAL yang berfungsi untuk sedimentasi padatan tersuspensi dalam air limbah, sehingga padatan tersebut tidak ikut terbawa dalam aliran air limbah yang keluar. Pengendalian konsentrasi atau volume zat padat tersuspensi pada *clarifier* sangat penting untuk menjaga kualitas *overflow clarifier* untuk proses lanjutan dalam pengolahan air limbah. Pada penelitian sebelumnya oleh Cahyono dan Yuliasuti (2020) proses sedimentasi dapat berlangsung secara kontinu dimana *slurry* masuk dan cairan bening keluar pada saat yang bersamaan. Saat kondisi *steady state*, maka ketinggian

cairan akan selalu tetap. Kecepatan sedimentasi didefinisikan sebagai laju pengurangan atau penurunan ketinggian ( $h$ ) daerah batas antara *slurry* (endapan) dan *supernatant* (liquid jernih) pada suhu seragam untuk mencegah pergeseran fluida karena konveksi. Sedangkan, waktu ( $s$ ) yang dibutuhkan oleh partikel berbanding lurus dengan kedalaman saluran ( $m$ ) dan berbanding terbalik dengan kecepatan pengendapan partikel ( $m/s$ ). Sehingga, semakin pendek jarak pengendapan, maka waktu pengendapan juga akan semakin singkat yang berimplikasi terhadap terikutnya partikel pada aliran [6]. Sedangkan, waktu detensi merujuk pada periode di mana suatu volume air berada dalam *clarifier* dari titik *inlet* sampai titik *outlet*. Pada perancangan *clarifier* yang ideal, waktu tinggal ini disesuaikan agar sejalan dengan durasi waktu yang diperlukan untuk proses pengendapan partikel suspensi yang optimal [7].



**Gambar 1.** Sketsa prinsip kerja *clarifier* [8]

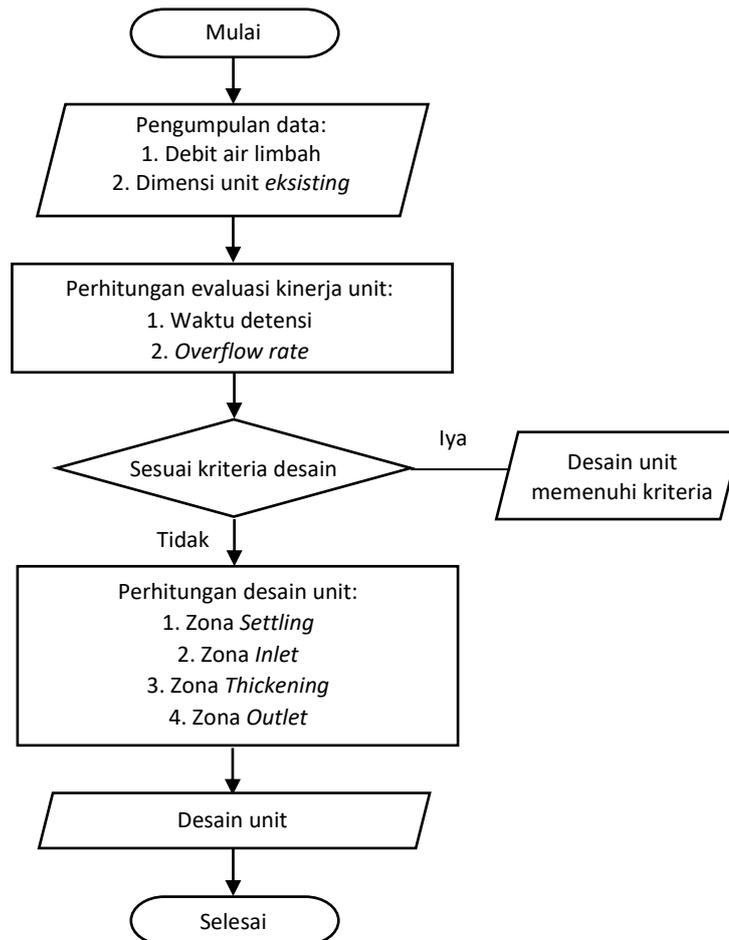
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Metclaf dan Eddy (2003), kriteria desain yang optimal untuk waktu detensi berkisar antara 1,5 hingga 2,5 jam [8]. Rentang waktu ini dianggap ideal untuk mencapai efisiensi maksimal dalam proses pemisahan dan pengolahan limbah [8]. Namun pada kondisi *eksisting* waktu detensi yang didapat sebesar 3,782 jam melebihi dari kriteria desain. Maka, perlu menaikkan kecepatan aliran yang masuk atau menurunkan volume unit agar waktu detensi menjadi lebih cepat [9]. Pada kondisi *eksisting*, volume unit *clarifier* didapatkan sebesar 657,75 m<sup>3</sup>, dimana volume tersebut terlalu besar untuk menampung air limbah yang masuk. Langkah ini diambil oleh industri sebagai tindakan antisipasi terhadap lonjakan potensi peningkatan debit air limbah di masa mendatang, mengingat laju pertumbuhan industri yang pesat sebagaimana dijelaskan sebelumnya. Tindakan ini bertujuan untuk menghindari kebutuhan pembangunan ulang fasilitas pengolahan, sehingga dapat meminimalkan biaya dan memanfaatkan desain yang sudah ada. Namun, langkah ini juga dapat menyebabkan ketidakefisienan dalam waktu pengolahan air limbah, menghasilkan waktu detensi yang cukup lama.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendesain unit yang sesuai dengan kapasitas yang ada, sehingga aliran lumpur yang terjadi menuju tahap selanjutnya dapat berjalan secara optimal. Desain ulang unit *clarifier* secara umum

memerlukan pengumpulan dan pengolahan data yang melibatkan perhitungan debit air limbah serta penentuan dimensi unit *clarifier*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan pendahuluan yang telah dijelaskan sebelumnya, metodologi penelitian yang digunakan dalam menghitung evaluasi dan re-desain unit *clarifier* mencakup pendekatan eksperimental. Berikut adalah tahapan dalam melaksanakan penelitian ini:



**Gambar 2.** Skema kerja evaluasi dan re-desain unit *clarifier*

### 2.1. Kriteria Desain Unit *Clarifier*

Kriteria desain berfungsi untuk menentukan dimensi dan kinerja *clarifier* yang efektif dalam mengolah air limbah. Kriteria ini mencakup berbagai aspek penting seperti kedalaman, waktu detensi, dan *overflow rate*. Menetapkan kriteria yang tepat, *clarifier* dapat memisahkan padatan dari cairan secara efisien, memastikan kualitas air olahan memenuhi standar lingkungan, dan mengoptimalkan proses pengolahan secara keseluruhan. Berikut adalah kriteria desain yang telah ditetapkan berdasarkan beberapa literatur [8, 10, 11].

**Tabel 2.** Kriteria desain *clarifier*

Parameter	Standar	Satuan
Diameter	3 - 60	m
Kedalaman	3 - 4,6	m
Waktu detensi	1,5 - 2,5	jam
<i>Overflow rate</i>	30 - 40	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
Viskositas kinematik	0,8394 x 10 <sup>-6</sup>	m <sup>2</sup> /detik
MLSS	4000 - 12000	mg/L
Bilangan reynolds	< 2000	Tidak ada
Bilangan froude	> 10 <sup>-5</sup>	Tidak ada

Sumber: [8, 10]

## 2.2. Perhitungan Evaluasi Kinerja Unit *Clarifier*

Perhitungan unit *clarifier* merujuk pada kriteria desain yang diambil dari buku "Metclaf & Eddy: *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, Third edition*" [8]. Data yang digunakan dalam melakukan perhitungan yaitu nilai debit air limbah masuk dan dimensi unit *clarifier* secara *eksisting*. Dimana debit air limbah rata-rata sebesar 4173,6 m<sup>3</sup>/hari dan dimensi unit, yaitu diameter 21 m dengan kedalaman sebesar 1,9 m. Berdasarkan data yang diperoleh dilakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut [8].

$$\text{Overflow Rate, OFR} = \frac{Q}{A} \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} \quad (1)$$

$$\text{Volume, } V = \pi \times r^2 \times H \text{ (m}^3\text{)} \quad (2)$$

$$\text{Waktu Detensi, } t_d = \frac{V}{Q} \text{ (jam)} \quad (3)$$

## 2.3. Perhitungan Re-desain Unit *Clarifier*

Perhitungan re-desain unit *clarifier* ini merujuk pada kriteria desain yang diambil dari buku "Metcalf & Eddy: *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, Third Edition*" [8]. Kriteria desain yang ditetapkan untuk unit *clarifier* dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan kriteria perencanaan yang akan dibuat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Kriteria perencanaan re-desain *clarifier*

Parameter	Perencanaan	Satuan
<b>Zona Settling</b>		
Waktu detensi	2	jam
Viskositas kinematik	0,8394 x 10 <sup>-6</sup>	m <sup>2</sup> /detik
<i>Overflow rate</i>	32	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<i>Freeboard</i>	5	%
Diameter <i>inlet wall</i>	15	%
<b>Zona Inlet</b>		
Pipa <i>inlet</i>	220	mm
<b>Zona Thickening</b>		
Kons. MLSS	4000	mg/L

Parameter	Perencanaan	Satuan
Kons. MLVSS	2500	mg/L
<b>Zona Outlet</b>		
V notch	90	°
<b>Zona Outlet</b>		
Jarak antar V notch	0,5	m
Kecepatan aliran <i>weir</i>	0,3	m/detik
Kecepatan aliran pipa	1	m/detik

(lanjutan)

Berdasarkan kriteria desain dan perencanaan untuk re-desain unit *clarifier* dalam Tabel 2 dan 3, rumus yang digunakan untuk perhitungan yaitu pertama dengan menghitung zona *settling*, zona *inlet*, zona *thickening*, dan zona *outlet* [10, 11].

**a. Zona *settling clarifier***

Perhitungan zona *settling clarifier* ditunjukkan pada rumus di bawah ini. Dalam rumus tersebut, Q merupakan debit air limbah masuk, OFR adalah *overflow rate*, π sebagai faktor koreksi, Fb merupakan *freeboard*, r adalah jari-jari unit *clarifier*,  $v_k$  merupakan viskositas kinematik, dan g menunjukkan percepatan gravitasi.

$$\text{Luas surface area, } A_s = \frac{Q}{OFR} \text{ (m}^2\text{)} \tag{4}$$

$$\text{Diameter, } D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_s}{\pi}} \text{ (m)} \tag{5}$$

$$\text{Kedalaman, } H = \frac{Q \cdot t_d}{A_s} \text{ (m)} \tag{6}$$

$$\text{Freeboard, } F_b = 5 \% \cdot D \text{ (m)} \tag{7}$$

$$\text{Kedalaman total, } H_{total} = H + F_b \text{ (m)} \tag{8}$$

$$\text{Diameter inlet wall, } D' = 15 \% \cdot D \text{ (m)} \tag{9}$$

$$\text{Luas area inlet wall, } A_{in} = \frac{1}{4} \times \pi \times (D')^2 \text{ (m)} \tag{10}$$

$$\text{Overflow Rate, } OFR = \frac{Q}{A_s + A_{in}} \text{ (m}^3\text{/m}^2\text{.hari)} \tag{11}$$

$$\text{Volume, } V = \pi \times r^2 \times H \text{ (m}^3\text{)} \tag{12}$$

$$\text{Waktu detensi, } t_d = \frac{V}{Q} \text{ (jam)} \tag{13}$$

$$\text{Kecepatan pengendapan partikel, } V_s = \frac{H}{t_d} \text{ (m/detik)} \tag{14}$$

$$\text{Kecepatan horizontal, } V_h = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot H} \text{ (m/detik)} \tag{15}$$

$$\text{Jari-jari hidraulis, } R = \frac{r \cdot H}{r + (2 \cdot H)} \text{ (m)} \tag{16}$$

$$\text{Bilangan reynolds, } N_{Re} = \frac{D \cdot V_s}{v_k} \tag{17}$$

$$\text{Bilangan froud, } N_{Fr} = \frac{V_h^2}{g \cdot D} \tag{18}$$

**b. Perhitungan zona *inlet***

Perhitungan zona *inlet* ditunjukkan dalam rumus berikut.

$$\text{Luas penampang pipa, } A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \quad (\text{m}^2) \quad (19)$$

$$\text{Kecepatan aliran pipa, } Vp = \frac{Q}{As} \quad (\text{m/detik}) \quad (20)$$

$$\text{Kecepatan aliran pada inlet zone, } Vin = \frac{Q}{As} \quad (\text{m/detik}) \quad (21)$$

**c. Perhitungan Zona Thickening**

Perhitungan zona *thickening* ditunjukkan dalam rumus di bawah dengan menghitung *Mixed Liquor Volatile Suspended Solids* (MLVSS), dan *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS).

Asumsi nilai % *biological* dalam unit *clarifier Active Sludge* (AS) sebesar 30%

$$MLVSS_{AS} = 30 \% \cdot MLVSS_{tot} \quad (\text{mg/L}) \quad (22)$$

$$MLVSS_{clarifier} = MLVSS_{tot} - MLVSS_{AS} \quad (\text{mg/L}) \quad (23)$$

$$M_{SOLID\ TOTAL} = MLVSS_{clarifier} \times V_{clarifier} \quad (\text{mg/L}) \quad (24)$$

$$\text{Kedalaman, } H = \frac{M_{solid\ total}}{MLSS \cdot A} \quad (\text{m}) \quad (25)$$

**d. Perhitungan Zona Outlet**

Perhitungan zona *outlet*, ditunjukkan pada rumus di bawah.

$$\text{Panjang pelimpah (weir), } L = \pi \cdot D \quad (\text{m}) \quad (26)$$

$$\text{Jumlah V notch, } n = \frac{L_{weir}}{\text{Jarak antar weir}} \quad (\text{m}) \quad (27)$$

$$\text{Debit melalui V notch, } Q_{vn} = \frac{Q}{n} \quad (\text{m}^3/\text{detik}) \quad (28)$$

Tinggi limpasan melalui V notch, asumsi dengan nilai *cd* sebesar 0,6

$$Q = \frac{8}{15} \times cd \times \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{\frac{5}{2}} \quad (\text{m}^3/\text{detik}) \quad (29)$$

$$\text{Luas permukaan salurah pelimpah, } A = \frac{Q}{v} \quad (\text{m}^2) \quad (30)$$

Dimensi saluran pelimpah, asumsi nilai rasio saluran pelimpah *W : H = 2 : 1*

$$\text{Kedalaman, } H = \sqrt{\frac{A}{W}} \quad (\text{m}^2) \quad (31)$$

$$\text{Lebar salurah, } W = 2 \times H \quad (\text{m}) \quad (32)$$

$$\text{Luas permukaan pipa outlet, } A = \frac{Q_{in}}{v} \quad (\text{m}^2) \quad (33)$$

$$\text{Diameter pipa, } D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad (\text{mm}) \quad (34)$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perhitungan evaluasi kinerja unit *clarifier* digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian waktu detensi dan *overflow rate* dengan standar kriteria desain yang telah ditetapkan. Pada Tabel 4 terlihat bahwa kondisi *eksisting* waktu detensi dan *overflow rate* tidak memenuhi standar kriteria desain yang diacu dari buku “*Metcalf & Eddy: Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse, Third Edition*” [8]. Waktu detensi yang terukur lebih tinggi dan *overflow rate* lebih rendah daripada yang diharapkan. Penyebabnya adalah volume unit yang terlalu besar dan debit air limbah yang masuk terlalu kecil. Oleh karena itu, perlu dilakukan peningkatan kecepatan aliran debit air limbah atau pengurangan volume unit untuk meningkatkan efisiensi waktu detensi. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain ulang unit *clarifier* dengan menyesuaikan debit air limbah saat ini, agar proses aliran lumpur menuju tahap selanjutnya dapat berlangsung secara optimal.

### 3.1. Perhitungan Perbandingan Kondisi *Eksisting* dan Re-desain

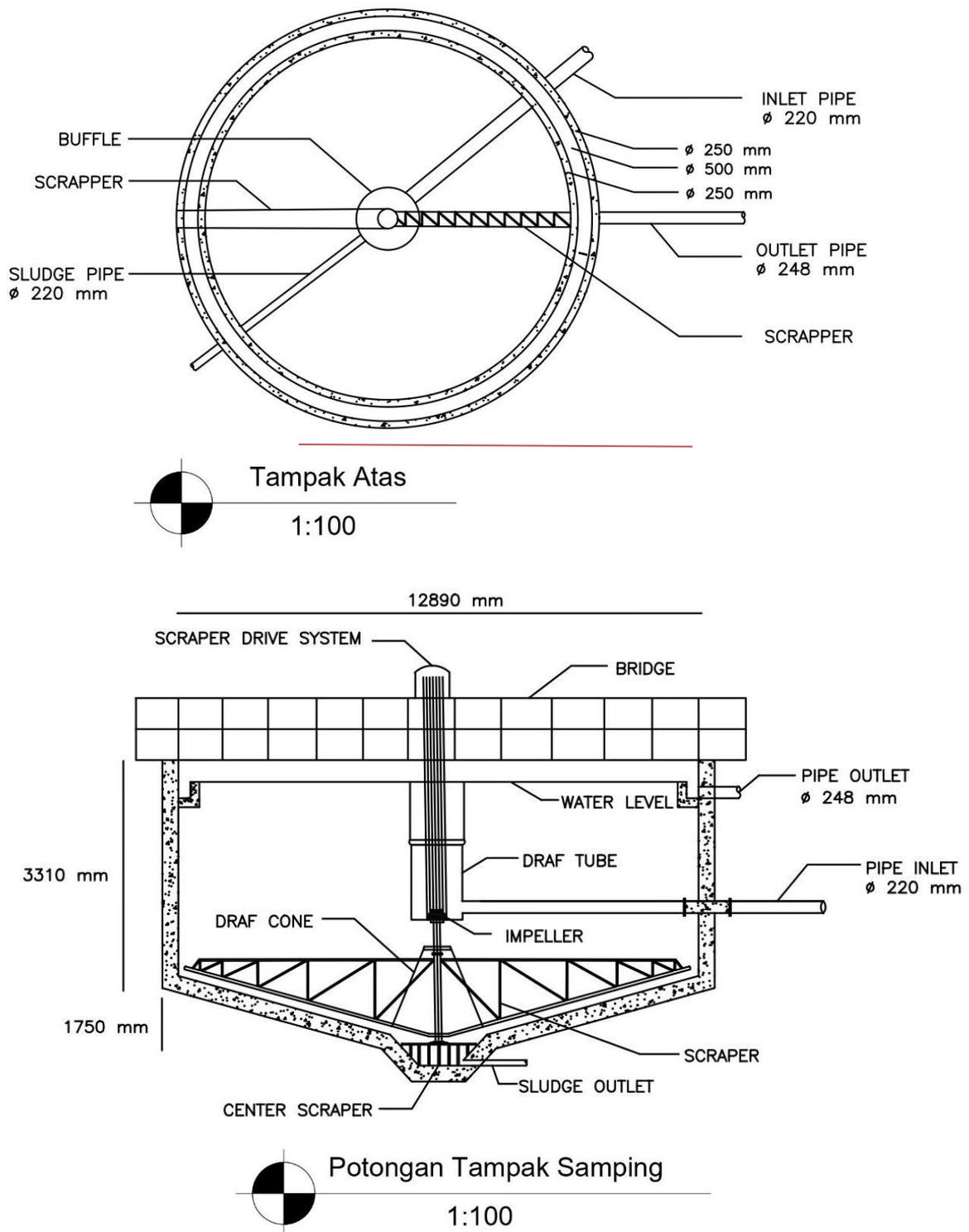
Hasil perhitungan perbandingan kondisi *eksisting* dan perhitungan desain unit *clarifier* ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan perbandingan kondisi *eksisting* dan re-desain unit *clarifier*

Parameter	Standar	Kondisi <i>Eksisting</i>	Re-desain	Satuan
<b>Zona Settling</b>				
Debit air limbah		4173,6	4173,6	m <sup>3</sup> /hari
Luas <i>surface area</i>		346,07	130,43	m <sup>2</sup>
Diameter unit	3 – 60	21	12,89	m
<i>Overflow rate</i>	30 – 40	12,06	31,51	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
Diameter <i>inlet wall</i>		Tidak tersedia	1,93	m
Volume unit		657,75	347,8	m <sup>3</sup>
Kedalaman	3 – 4,6	1,9	2,67	m
Kedalaman total		Tidak tersedia	3,31	m
Waktu detensi	1,5 – 2,5	3,782	2	jam
Kecepatan pengendapan partikel		0,00026	0,00037	m/detik
Kecepatan horizontal		0,00039	0,00045	m/detik
Jari-jari hidraulis		1,40	1,46	m
Aliran N <sub>Re</sub>	< 2000	660,19	568,74	
Aliran N <sub>Fr</sub>	> 10 <sup>-5</sup>	0,7 x 10 <sup>-9</sup>	1,6 x 10 <sup>-9</sup>	
<b>Zona Inlet</b>				
Pipa inlet		Tidak tersedia	220	mm
Luas penampang pipa		Tidak tersedia	0,038	m <sup>2</sup>
Kecepatan aliran pipa		Tidak tersedia	1,27	m/detik
<b>Zona Thickening</b>				
H zona <i>thickening</i>		0,7	1,75	m
<b>Zona Outlet</b>				
Panjang <i>weir</i>		Tidak tersedia	40,47	m
Jumlah V notch		Tidak tersedia	81	buah
Debit V notch		Tidak tersedia	0,000596	m <sup>3</sup> /detik
Tinggi limpasan melalui V notch		Tidak tersedia	0,0513	m
Saluran pelimpah				
- Kedalaman saluran		Tidak tersedia	0,284	m
- Lebar saluran		Tidak tersedia	0,567	m
Diameter pipa		Tidak tersedia	0,248	m

Pada Gambar 3, menunjukkan hasil re-desain unit *clarifier* pada proses pengolahan air limbah yang telah dilengkapi dengan keterangan. Berdasarkan hasil perhitungan desain unit *clarifier* untuk proses sedimentasi menggunakan desain berbentuk *circular* dilengkapi dengan *scraper* yang berputar secara horizontal. *Scraper* bekerja untuk menimbulkan gaya sentrifugasi yang dapat mempercepat proses pengendapan [12]. Proses pengendapan partikel dalam *clarifier* memanfaatkan gaya gravitasi dimana partikel biomassa yang memiliki massa lebih besar dibandingkan dengan air akan mengendap lebih cepat [13]. Air bersih dipisahkan dari endapan melalui *overflow* di tepi *clarifier*, yang juga dikenal dengan istilah

pelimpah (*weir*), sedangkan endapan dikumpulkan dan dikeluarkan melalui bagian bawah *clarifier* [14].



**Gambar 3.** Desain unit *clarifier*

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana efisiensi kerja unit *clarifier* dalam mengendapkan partikel padatan dari air limbah dengan mengukur apakah waktu

detensi yang dibutuhkan sesuai dengan kriteria desain yang telah ditetapkan. Berdasarkan Metcalf dan Eddy (2003), waktu detensi yang dianggap ideal untuk desain unit *clarifier* berada dalam rentang 1,5 hingga 2,5 jam [8]. Waktu detensi yang terukur saat ini melebihi standar yang ditetapkan, yaitu sebesar 3,782 jam. Oleh karena itu, diperlukan re-desain untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan air limbah. Hasil perhitungan re-desain menunjukkan waktu detensi sebesar 2 jam, yang telah sesuai dengan kriteria desain. Jika waktu detensi kurang dari kriteria desain, penyesuaian dapat dilakukan dengan mengurangi kecepatan aliran masuk atau menambah volume unit agar waktu detensi mencapai standar yang diinginkan. Namun, waktu detensi yang terlalu lama juga dapat menimbulkan masalah berupa penumpukan lumpur di dalam unit, sehingga diperlukan bantuan bakteri untuk menguraikan endapan lumpur yang terbentuk [15]. *Overflow rate* (OFR) adalah parameter penting selain waktu detensi dalam menilai kinerja unit *clarifier*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa OFR saat ini sebesar 12,045 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari, yang lebih rendah dari rentang kriteria desain yang disarankan oleh Metcalf dan Eddy (2003), yaitu 30-40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari [8]. Hal ini disebabkan oleh desain unit *clarifier* yang lebih besar dari yang diperlukan untuk menangani debit air limbah, sehingga mengakibatkan OFR menjadi lebih kecil dari nilai yang diinginkan.

Desain ulang unit *clarifier* dilakukan dengan mengacu pada buku *Metcalf & Eddy: Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Fourth Edition (2003)* [8]. Perhitungan ini menggunakan beban air limbah masuk yang sama dengan yang ada saat ini. Hasil perhitungan menghasilkan dimensi unit *clarifier* dengan diameter 12,89 m dan kedalaman 3,31 m. Dimensi ini memenuhi kriteria desain dengan OFR sebesar 31,51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari dan waktu detensi 2 jam. Hasil desain ulang menunjukkan efisiensi waktu detensi meningkat sebesar 47%. Peningkatan efisiensi waktu detensi sebesar 47% ini berimplikasi pada peningkatan kualitas air hasil olahan, karena partikel-partikel tersuspensi memiliki cukup waktu untuk mengendap sepenuhnya. Volume unit *clarifier* yang dioptimalkan memastikan bahwa air limbah yang diproses memiliki tingkat kejernihan yang lebih tinggi dan kadar padatan tersuspensi yang lebih rendah, sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh A. S. Shihab and A. M. Ahmad (2019), yang menunjukkan bahwa desain yang tepat dari unit *clarifier* dapat meningkatkan kualitas air keluaran hingga 50% [16]. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi kinerja, dapat disimpulkan bahwa desain unit *clarifier* masih mampu menangani debit air limbah yang lebih besar dari debit saat ini dengan waktu detensi yang lebih lama. Hal ini merupakan langkah antisipatif terhadap kemungkinan lonjakan debit di masa depan. Strategi ini bertujuan untuk menghindari kebutuhan pembangunan ulang fasilitas pengolahan di kemudian hari serta untuk meminimalkan biaya dengan memanfaatkan desain yang ada, meskipun mungkin akan mengakibatkan biaya operasional yang lebih tinggi.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan waktu detensi dan *overflow rate* berdasarkan data debit air limbah yang masuk menunjukkan bahwa efisiensi proses pengolahan di unit *clarifier* saat ini tidak memenuhi standar kriteria desain yang ditetapkan. Penyebab utama ketidakefisienan ini adalah desain *clarifier* yang lebih besar dari kebutuhan sebenarnya, yang dirancang sebagai tindakan antisipasi terhadap pesatnya laju pertumbuhan industri. Setelah dilakukan

perhitungan ulang didapatkan nilai diameter 12,89 m, kedalaman 3,31 m dengan volume 375,75 m<sup>3</sup> menghasilkan waktu detensi 2 jam dan laju *overflow rate* 32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. Penelitian ini menunjukkan bahwa waktu detensi yang sesuai sangat penting untuk memastikan partikel-partikel tersuspensi memiliki waktu yang cukup untuk mengendap sebelum air limbah dipindahkan ke tahap berikutnya. Volume unit *clarifier* yang tidak memadai dapat memperpendek waktu detensi, mengurangi efisiensi pengendapan, dan meningkatkan kadar padatan tersuspensi dalam air keluaran.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan perhitungan lebih lanjut mengenai perencanaan desain *clarifier* untuk debit air limbah masuk sesuai dengan kondisi yang ada. Selain itu, dalam menilai evaluasi kinerja unit *clarifier* sudah optimal, perlu dipertimbangkan parameter-parameter tambahan selain waktu detensi dan *overflow rate* dalam perhitungan re-desain unit. Tujuan dari saran ini adalah untuk meningkatkan perencanaan desain *clarifier* agar lebih sesuai dengan kebutuhan operasional.

## REFERENSI

- [1] T. Supratman, "IPAL untuk Lingkungan Hidup yang lebih Berkualitas," *STANDAR Better Stand. Better Living*, vol. 2, no. 6, hal. 9–14, 2023.
- [2] Badan Pusat Statistik, "Laju Pertumbuhan PDB Industri Manufaktur," 2023.
- [3] A. P. Sari dan A. Yuniarto, "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Agar-agar," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, hal. D92–D97, 2016.
- [4] J. Y. Ho, J. Ooi, Y. K. Wan, dan V. Andiappan, "Synthesis of wastewater treatment process (WWTP) and supplier selection via Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)," *Journal of Cleaner Production*, vol. 314, no. 128104, hal. 1-12, 2021
- [5] A. Astiti, "Pengolahan Air Limbah Menggunakan Bioreaktor Membran (BRM)," *Jurnal Ilmiah Maksitek*, vol. 5, no. 4, hal. 162–168, 2020.
- [6] H. B. Cahyono dan R. Yuliasuti, "Pengendalian Lumpur Pada Tangki Klarifier Ipal Laboratorium," *Seminar Nasional Penelitian Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 1, hal. 79–83, 2020.
- [7] R. P. A. Rakhmat dan N. Karnaningroem, "Performance Efficiency Evaluation Unit Installation Clearator In Pdam Ngagel I Surabaya," 2014.
- [8] Metclaf dan Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse," *Chemical Engineering*, vol. 111, no. 7, hal. 10–12, 2004.
- [9] R. U. Wulandari dan R. K. H. Putro, "Evaluasi Kapasitas Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit (Studi Pada Rumah Sakit X Kota Surabaya) Evaluation Of Hospital Wastewater Treatment Capacity (Study At X Hospital, Surabaya City)," *Nusantara Hasana Journal*, vol. 2, no. 8, hal. 205-211, 2023.
- [10] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 6774:2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air," 2008.
- [11] T. D. Reynolds dan P. A. Richards, "Unit Operations and Processes in Environmental Engineering," *PWS Publishing Company*, 1996.
- [12] G. Tchobanoglous, F. L. Burton, dan H. D. Stensel, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse (Fourth Edition)," 2014.
- [13] S. A. Alsadilla, "Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Pt X di Kecamatan Cikarang Barat Kabupaten Bekasi," 2023.

- [14] M. Fikri, "Penggunaan Teknologi Clarifier Tank pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit," *Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9*, vol. 9, hal. 803–810, 2021.
- [15] A. Shihab dan A. Ahmad, "Statistical Model for Tube Settler Clarifier at Different Operational Conditions," *Nature Environment Pollution Technology*, vol. 22, no. 1, hal. 503–509, 2023.