

# Cleator Portable sebagai Solusi Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih

Ahmad Erlan Afiuddin<sup>1\*</sup>, Ulvi Pri Astuti<sup>1</sup>, Arwinda Praditasari<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia  
erlan.ahmad@gmail.com

**Abstrak** - Air bersih menjadi salah satu hal yang semakin langka. Kebutuhan akan air bersih semakin hari semakin meningkat, sedangkan ketersediaannya semakin sedikit. Alternatif pengolahan yang efektif dan mudah diaplikasikan sangat dibutuhkan oleh Masyarakat, khususnya daerah-daerah yang mengalami kelangkaan air bersih. Pengolahan secara kimiawi dikenal efektif untuk mengolah air limbah menjadi air bersih. Salah satu pengolahan kimiawi yang banyak digunakan di masyarakat adalah proses koagulasi dan flokulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkombinasikan pengolahan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi dalam satu unit yang dikenal dengan Clearator. Clearator yang dirancang merupakan alat portable yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air bersih. Langkah awal adalah melakukan jar test untuk menentukan besarnya dosis koagulan dan flokulan yang akan ditambahkan. Koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PAC sedangkan flokulan yang digunakan adalah polimer anionik. Hasil jar test menunjukkan dosis optimum koagulan PAC adalah 40 mg/L dan flokulan polimer anionic sebesar 3 mg/L. Debit yang digunakan dalam penelitian adalah 9,59 m<sup>3</sup>/hari. Hasil perhitungan dimensi unit Clearator Portable didapatkan bak koagulasi terdiri dari dua kompartemen (masing – masing diameter 14 cm dan tinggi 12 cm). Unit Flokulasi terdiri dari dua kompartemen (masing – masing berdiameter 14 cm dan tinggi 4,5 cm). Unit Sedimentasi berdiameter 61 cm dan tinggi 45 cm. Kompartemen upflow berdiameter 100 cm dan tinggi 45 cm. Efisiensi removal dari Clearator Portable yang dirancang yaitu mampu menyisihkan TDS sebesar 80,73%% dan warna sebesar 80,03%.

**Kata Kunci** : Clearator Portable, Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih semakin hari semakin meningkat, sedangkan ketersediaannya semakin sedikit. Menurut Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional krisis air bersih yang melanda di beberapa daerah telah mencekik dan membebani masyarakat [1]. Data BNPB per 22 Juli 2019, rincian 75 kabupaten dan kota terdampak kekeringan yaitu Jawa Barat 21

kabupaten, Banten 1, Jawa Tengah 21, DI Yogyakarta 2, Jawa Timur 10, Bali 2, NTT 15, dan NTB 9 [2]. Alternatif pengolahan yang efektif dan mudah diaplikasikan sangat dibutuhkan oleh Masyarakat, khususnya daerah-daerah yang mengalami kelangkaan air bersih.

Pengolahan secara kimiawi dikenal efektif untuk mengolah air limbah menjadi air bersih. Salah satu pengolahan kimiawi yang banyak digunakan di masyarakat adalah proses koagulasi dan flokulasi. Pada penelitian ini akan dilakukan kombinasi pengolahan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi dalam satu unit yang dikenal dengan Clearator. Clearator yang dirancang merupakan alat portable yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air bersih.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dalam penelitian ini adalah :

### A. Jar test

Jar test bertujuan untuk menentukan dosis optimum yang digunakan dalam penelitian. Koagulan yang digunakan adalah PAC dengan variasi dosis 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L, dan 35 mg/L. Sementara itu, flokulan yang digunakan adalah jenis polimer anionic dengan variasi dosis 1 mg/L, 2 mg/L, dan 3 mg/L.

### B. Perhitungan Dimensi Clearator Portable

Debit yang digunakan untuk perhitungan adalah 9,59 m<sup>3</sup>/hari. Perhitungan dimensi Clearator Portable mengacu pada beberapa kriteria desain setiap unit. Clearator Portable terdiri dari beberapa unit, yaitu :

#### 1) Unit Koagulasi

Pada unit ini terjadi pengadukan cepat yang bertujuan untuk mendestabilkan koloid. Kriteria desain yang digunakan pada unit ini terdapat pada Tabel 1.

#### 2) Unit Flokulasi

Pada unit ini terjadi pengadukan lambat yang bertujuan membentuk flok – flok yang berukuran lebih besar. Kriteria



desain yang digunakan pada unit ini terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kriteria Desain Unit Koagulasi [3]

Parameter	Besaran	Satuan
Waktu detensi (Td)	15 – 60	Detik
Gradien kecepatan (G)	150-1000	/detik
Kecepatan Aliran	0,4 – 0,7	m/s
Gtd	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	
Bilangan Reynold (NRe)	>2000	
Bilangan Froude (NFr)	>10 <sup>-5</sup>	

Tabel 2. Kriteria Desain Unit Flokulasi [3]

Parameter	Besaran	Satuan
Waktu detensi (Td)	10-45	Menit
Gradien kecepatan (G)	15-120	/detik
Kecepatan aliran (v)	0,1-0,4	m/s
Gtd	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	
Bilangan Reynold (NRe)	>2000	
Bilangan Froude (NFr)	>10 <sup>-5</sup>	

3) Unit Sedimentasi

Unit Sedimentasi bertujuan mengendapkan flok – flok yang sudah terbentuk. Kriteria desain unit sedimentasi terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Desain Unit Sedimentasi

Parameter	Besaran	Satuan	Sumber
Kemiringan sudut <i>tube settler</i>	30 – 60	Derajat	clarifier design, 2015
Kedalaman sedimentasi (H)	0,40	M	
Bilangan Reynolds	<20000		
Bilangan Froude	>10 <sup>-5</sup>		
Jarak antar <i>tube settler (w)</i>	0,05	M	Annual water industry and operators, 2010
Kedalaman <i>tube settler (h)</i>	0,20	M	
Waktu tinggal	4-30	Menit	Al-Layla"Water Supply Engineering"
Kecepatan pengendapan (Vs)	10 – 30	m/hari	

C. Pembuatan Clearator Portable

Alat dan Bahan yang perlu disiapkan dalam pembuatan Clearator Portable ini adalah :

1) Alat

Alat yang disiapkan yaitu :

- Pompa Air Submersible (Power : 60 watt, Q<sub>out</sub> = 2400 L/jam, Lift Head = 2,6 m)
- Drum 200 L
- Dosing Pump
- Satu set peralatan pembuatan unit clearator seperti palu, gergaji, paku, mesin bor, dll.

2) Bahan

Bahan yang disiapkan yaitu :

- Air Limbah yang akan diuji coba
- Bahan Kimia PAC dan Polymer anionic
- Fiber Bening

D. Pengujian Unit Clearator Portable

Langkah awal dalam pengujian adalah melakukan commissioning alat untuk mengecek adanya kebocoran atau tidak. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap sampel air yang telah disiapkan. Parameter yang dianalisa adalah TDS dan warna.

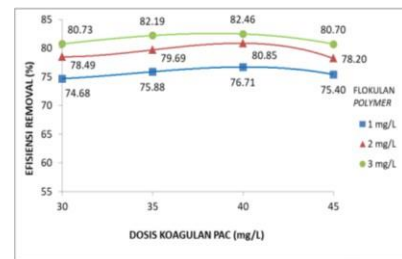
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Analisa Jar test

Hasil jar test dibedakan berdasarkan parameter yang dianalisa.

1) Analisa TDS

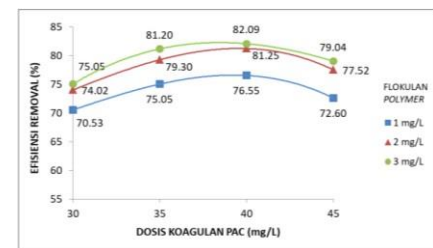
Hasil analisa TDS menunjukkan dosis optimum untuk Koagulan PAC yaitu 40 mg/L dan untuk Flokulan Anionik yaitu 3 mg/L. Selengkapnnya terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Analisa Parameter TDS

2) Analisa Warna

Hasil analisa Warna juga menunjukkan dosis optimum untuk Koagulan PAC yaitu 40 mg/L dan untuk Flokulan Anionik yaitu 3 mg/L. Selengkapnnya terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Analisa Parameter Warna

B. Perhitungan Dimensi Unit Clearator

Unit Clearator Portable terdiri dari unit Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi. Berikut hasil perhitungan masing – masing unit :

1) Unit Koagulasi

Direncanakan :



- Terdapat 2 buah kompartemen yaitu kompartemen 1 dan kompartemen 2.
- $Q = 9,59 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 0,00011 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q_{\text{skala}} = 0,000037 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 (Skala 1 : 3)
- $V = 0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $T_d = 40 \text{ detik}$
- $G = 700/\text{detik}$

Perhitungan :

- $V = Q \times T_d$   
 $= 0,000037 \text{ m}^3/\text{detik} \times 40 \text{ detik}$   
 $= 0,00148 \text{ m}^3$
- Viskositas kinematis =  $9,05 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$  (suhu 26 °C)
- Viskositas dinamik =  $0,000903 \text{ kg/m} \cdot \text{detik}$  (suhu 26 °C)
- Densitas =  $1000 \text{ kg/m}^3$
- $g = 9,81 \text{ m/s}$
- $\sum$  lubang komp. 1 = 4 lubang
- $\varnothing$  lubang komp. 1 = 2 cm
- $\sum$  lubang komp. 2 = 4 lubang
- $\varnothing$  lubang komp. 1 = 1,27 cm

a) Perhitungan dimensi bak

- $H_{\text{tangki}} = 0,1 \text{ m}$  (direncanakan)
- $\varnothing$  tangki =  $\left[ \frac{\text{volum bak} \times 4}{\pi \times h_{\text{tangki}}} \right]^{1/2}$   
 $= \left[ \frac{0,00148 \times 4}{3,14 \times 0,1} \right]^{1/2}$   
 $= 0,1372 \text{ m} = 13,7 \text{ cm}$
- $H_{\text{freeboard}} = \frac{h_{\text{bak hidrolis}} \times 20}{100}$   
 $= \frac{0,1 \text{ m} \times 20}{100} = 0,02 \text{ m}$
- $H_{\text{tangki}} = h_{\text{ruang kosong}} + h_{\text{bak hidrolis}}$   
 $= 0,02 \text{ m} + 0,1 \text{ m}$   
 $= 0,12 \text{ m}$
- $t_{\text{terjunan}} = \left[ \frac{2 \times h_{\text{bak hidrolis}} (\text{terjunan})}{g} \right]^{1/2}$   
 $= \left[ \frac{2 \times 0,1 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2} \right]^{1/2}$   
 $= 0,142 \text{ detik}$
- $v_{\text{aliran}} = \frac{h_{\text{bak hidrolis}} (\text{terjunan})}{\text{waktu terjun}}$   
 $= \frac{0,1 \text{ m}}{0,142 \text{ detik}}$   
 $= 0,7 \text{ m/detik}$
- $G = \left[ \frac{\rho \times g \times Q \times h_{\text{bak hidrolis}}}{\text{visk dinamik} / V_{\text{bak}} / n_{\text{lubang}}} \right]^{1/2}$   
 $= \left[ \frac{1000 \text{ kg} \times 9,81 \times 0,00111 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,1 \text{ m}}{0,000903 \text{ kg} \cdot \text{detik} / 0,00148 \text{ m}^3} \right]^{1/2}$   
 $= 285,444 / \text{detik}$  (Ok 200-1000)

- $G_{td} = \text{cek } (G) \times t_d$   
 $= 285,444/\text{detik} \times 40 \text{ detik}$   
 $= 11417,768$  (Ok  $10^4 - 10^5$ )

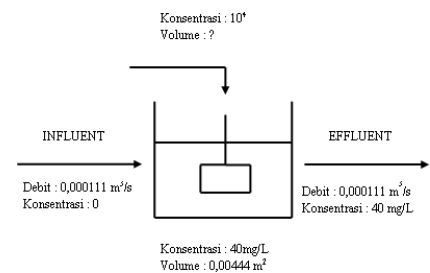
b) Kontrol aliran

- $Jari_2 \text{ hidrolis} = \frac{\left( \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)}{\left( \pi \times (D_{\text{tangki}}/2) \right)}$   
 $= \frac{\left( \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 0,1372 \text{ m} \right)}{\left( \frac{22}{7} \times \frac{0,1372 \text{ m}}{2} \right)}$   
 $= 0,034 \text{ m}$

- $N_{re} = \frac{\text{kecepatan terjunan} \times r}{\text{viskositas kinematis}}$   
 $= \frac{0,7 \frac{\text{m}}{\text{detik}} \times 0,034 \text{ m}}{9,055 \times 10^{-7}}$   
 $= 26538,085$  (Ok >2000)

- $N_{Fr} = \text{kecepatan terjunan} / g \times r$   
 $= 0,7 \text{ m/detik} \times 9,81 \text{ m/s} \times 0,034$   
 $= 2,0807$  (Ok > $10^{-5}$ )

c) Perhitungan mass balance koagulan  
 Perhitungan mass balance koagulan diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mass Balance Koagulan

d) Konsentrasi Koagulan

$$\frac{1 \text{ gr}}{100 \text{ mL}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{gr}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} = 10000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 10^4 \text{ mg/L} = 0,01 \text{ kg/L}$$

e) Perhitungan Mass Balance Koagulan

$$(F_{in} \times C_{in})_1 + (F_{in} \times C_{in})_2 = F_{out} \times C_{out}$$

$$(0,000111 \text{ m}^3/\text{det} \times 0 \text{ mg/L}) + (10^4 \text{ mg/L} \times V) = 0,000111 \text{ m}^3/\text{det} \times 40 \text{ mg/L}$$

$$\text{Volume} = \frac{4,44 \times 10^{-3} \text{ mg} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} \text{ det}}{10^4 \text{ mg/L}}$$

$$\text{Volume} = 4,44 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$= 0,444 \text{ mL/det}$$



- f) Perhitungan Kadar Koagulan  
 Pada perencanaan bangunan koagulasi, koagulan yang digunakan adalah PAC (*Poly Aluminium Chloride*). Berikut ini adalah perhitungan kadar koagulan.

Direncanakan :

- Dosis PAC = 40 mg/L
- $\rho_{\text{PAC}} = 1,2 \text{ Kg/cm}^3$   
 Konsentrasi koagulan PAC (C)  
 =  $10^4 \text{ mg/L} = 0,01 \text{ kg/L}$
- Kecepatan aliran (v) = 0,1 ml/det
- $Q_{\text{koagulasi}} = 0,000111 \text{ m}^3/\text{det}$

Perhitungan :

- Massa koagulan yang mengalir  
 =  $F \times C$   
 =  $0,444 \text{ mL/detik} \times 10000 \text{ mg/L}$   
 =  $4440 \text{ mg/detik} = 383,61 \text{ gr/hari}$   
 =  $15,98 \text{ gr/jam}$
- Volume Air (dalam 1 hari)  
 =  $\frac{\text{massa koagulan}}{\text{konsentrasi koagulan}}$   
 =  $\frac{0,38 \text{ kg/hari}}{0,01 \text{ kg/L}}$   
 =  $38 \text{ L/hari} = 0,038 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Volume Air (dalam 1 jam)  
 =  $\frac{\text{massa koagulan}}{\text{konsentrasi koagulan}} = \frac{0,015 \text{ kg/jam}}{0,01 \text{ kg/L}}$   
 =  $1,5 \text{ L/jam} = 1500 \text{ mL/jam}$

## 2) Unit Flokulasi

Direncanakan :

- Terdapat 2 buah kompartemen yaitu kompartemen 3 dan kompartemen 4.
- $Q = 9,59 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 =  $0,00011 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q_{\text{skala}} = 0,000037 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 (Skala 1 : 3)
- $V = 0,4 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $T_d = 30 \text{ menit} = 1800 \text{ detik}$
- $G = 70/\text{detik}$

Perhitungan :

- $V = Q \times T_d$   
 =  $0,00037 \times 1800 \text{ detik}$   
 =  $0,666 \text{ m}^3$
- Viskositas kinematis =  $9,05 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$  (suhu  $26^\circ\text{C}$ )
- Viskositas dinamik =  $0,000903 \text{ kg/m} \cdot \text{detik}$  (suhu  $26^\circ\text{C}$ )
- Densitas =  $1000 \text{ kg/m}^3$

- $g = 9,81 \text{ m/s}$
- $\sum \text{ lubang komp. 3} = 6 \text{ lubang}$
- $\varnothing \text{ lubang komp. 3} = 1 \text{ cm}$
- $\sum \text{ lubang komp. 4} = 8 \text{ lubang}$
- $\varnothing \text{ lubang komp. 4} = 1 \text{ cm}$

## a) Dimensi bak kompartemen 3 dan 4

- $H_{\text{tangki}} = \frac{\text{volume bak} \times 4}{\frac{22}{7} \times D_{\text{tangki}}^2}$   
 =  $\frac{0,000333 \text{ m}^3 \times 4}{\frac{22}{7} \times 0,14^2 \text{ m}}$   
 =  $0,045 \text{ m} = 4,5 \text{ cm}$
- $\varnothing \text{ tangki} = \left[ \frac{\text{volume bak} \times 4}{\pi \times h_{\text{tangki}}} \right]^{1/2}$   
 =  $\left[ \frac{0,00148 \times 4}{3,14 \times 0,1} \right]^{1/2}$   
 =  $0,1372 \text{ m} = 13,7 \text{ cm}$
- $t_{\text{terjunan}} = \left[ \frac{2 \times h_{\text{bak hidrolis (terjunan)}}}{g} \right]^{1/2}$   
 =  $\left[ \frac{2 \times 0,05 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2} \right]^{1/2}$   
 =  $0,0957 \text{ detik}$
- $v_{\text{aliran}} = \frac{h_{\text{bak hidrolis (terjunan)}}}{\text{waktu terjun}}$   
 =  $\frac{0,045 \text{ m}}{0,0957 \text{ detik}}$   
 =  $0,404 \text{ m/detik}$
- Cek G kompartemen 3  
 $G = \left[ \frac{\rho \times g \times Q \times h_{\text{bak hidrolis}}}{\text{visk dinamik} \times V_{\text{bak}} / n_{\text{tubang}}} \right]^{1/2}$   
 =  $\left[ \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \times 0,000111 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,05 \text{ m}}{0,000903 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{detik} / 0,00148 \text{ m}^3/6} \right]^{1/2}$   
 =  $28,544 / \text{detik}$  (Ok  $10 - 1200$ )

## • Cek Gtd Kompartemen 3

$$\begin{aligned} \text{Gtd} &= \text{cek (G)} \times t_d \\ &= 28,544/\text{detik} \times 1800 \text{ detik} \\ &= 51379,960 \quad (\text{Ok } 10^4 - 10^5) \end{aligned}$$

## • Cek G Kompartemen 4

$$\begin{aligned} G &= \left[ \frac{\rho \times g \times Q \times h_{\text{bak hidrolis}}}{\text{visk dinamik} \times V_{\text{bak}} / n_{\text{tubang}}} \right]^{1/2} \\ &= \left[ \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \times 0,000111 \text{ m}^3/\text{detik} \times 0,05 \text{ m}}{0,000903 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{detik} / 0,00148 \text{ m}^3/6} \right]^{1/2} \\ &= 10,091/\text{detik} \end{aligned}$$

## • Cek Gtd Kompartemen 4

$$\begin{aligned} \text{Gtd} &= \text{cek (G)} \times t_d \\ &= 10,091 / \text{detik} \times 1800 \text{ detik} \\ &= 18165,559 \quad (\text{Ok } 10^4 - 10^5) \end{aligned}$$

## b) Kontrol aliran

$$\bullet \text{ Jari2 hidrolis} = \frac{\left( \frac{1}{4} \pi \times D \right)^2}{\left( \pi \times (D_{\text{tangki}}/2) \right)}$$



$$= \frac{\left(\frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 0,14 \text{ m}\right)}{\frac{22 \times 0,14 \text{ m}}{7 \times (2)}} = 0,034 \text{ m}$$

- $N_{re} = \frac{\text{kecepatan terjunan } \times r}{\text{viskositas kinematis}}$   

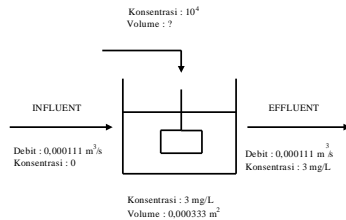
$$= \frac{0,469 \text{ m} \times 0,034 \text{ m}}{\frac{\text{detik}}{9,055 \times 10^{-7}}}$$

$$= 17802,3 \quad (\text{Ok} > 2000)$$
- $N_{Fr} = \text{kecepatan terjunan} / g / r$   

$$= 0,469 \text{ m/detik} \times 9,81 \text{ m/s} \times 0,034$$

$$= 1,395 \quad (\text{Ok} > 10^{-5})$$

c) Perhitungan *mass balance* flokulan  
 Perhitungan *mass balance* flokulan diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Mass Balance* Flokulan

- d) Konsentrasi Flokulan
- $$\frac{1 \text{ gr}}{100 \text{ mL}} \times 1000 \frac{\text{mg}}{\text{gr}} \times 1000 \frac{\text{mL}}{\text{L}} = 10000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 10^4 \text{ mg/L} = 0,01 \text{ kg/L}$$
- e) Perhitungan *Mass Balance* Flokulan
- $$(F_{in} \times C_{in})_1 + (F_{in} \times C_{in})_2 = F_{out} \times C_{out}$$
- $$(0,000111 \text{ m}^3/\text{det} \times 0 \text{ mg/L}) + (10^4 \text{ mg/L} \times V) = 0,000111 \text{ m}^3/\text{det} \times 3 \text{ mg/L}$$
- $$\text{Volume} = \frac{3,33 \times 10^{-4} \text{ mg} \cdot \text{L} \cdot \text{det}}{10^4 \text{ mg/L}} = 3,33 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{det} = 0,33 \text{ mL/det}$$
- f) Perhitungan Kadar Flokulan  
 Pada perencanaan bangunan flokulasi, flokulan yang digunakan adalah polimer anionik. Berikut ini adalah perhitungan kadar flokulan.

- Direncanakan :
- Dosis flokulan = 3 mg/L
  - $P_{flokulan} = 1,189 \text{ Kg/cm}^3$
  - Konsentrasi flokulan (C) =  $10^4 \text{ mg/L} = 0,01 \text{ kg/L}$
  - Kecepatan aliran (v) = 0,1 ml/det

- $Q_{koagulasi} = 0,000111 \text{ m}^3/\text{det}$
- Perhitungan :
- Massa flokulan yang mengalir  

$$= F \times C = 0,333 \text{ mL/detik} \times 10000 \text{ mg/L}$$

$$= 3330 \text{ mg/detik} = 287,7 \text{ gr/hari}$$

$$= 11,95 \text{ gr/jam}$$

- Volume Air (dalam 1 hari)  

$$= \frac{\text{massa koagulan}}{\text{konsentrasi koagulan}} = \frac{0,287 \text{ kg/hari}}{0,01 \text{ kg/L}}$$

$$= 28,7 \text{ L/hari} = 0,0287 \text{ m}^3/\text{hari}$$
- Volume Air (dalam 1 jam)  

$$= \frac{\text{massa koagulan}}{\text{konsentrasi koagulan}} = \frac{0,012 \text{ kg/jam}}{0,01 \text{ kg/L}}$$

$$= 1,2 \text{ L/jam} = 1200 \text{ mL/jam}$$

### 3) Unit Sedimentasi

Direncanakan :

- Debit (Q) =  $0,00111 \text{ m}^3/\text{det}$
- $T_d \text{ desain} = 4 \text{ menit} = 240 \text{ detik}$
- $V_s \text{ desain} = 30 \text{ m/hari}$   

$$= 3,4 \times 10^{-4} \text{ m/det}$$
- Kedalaman (H) =  $0,45 \text{ m} = 0,45 \text{ cm}$
- Freeboard =  $0,05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$
- $\sum$  lubang sedimentasi = 18 lubang
- $\varnothing$  lubang sedimentasi = 1 cm

Perhitungan :

- Volume =  $Q \times T_d$   

$$= 0,00111 \text{ m}^3/\text{det} \times 240 \text{ detik} = 0,267 \text{ m}^3$$
- Diameter bak  

$$= \left[ \frac{\text{Volume bak} \times 4}{\pi \times h_{\text{tangkai}}} \right]^{1/2}$$

$$= \left[ \frac{0,267 \text{ m}^3 \times 4}{3,14 \times 0,45} \right]^{1/2} = 0,610 \text{ m} = 61 \text{ cm}$$
- Jumlah Lubang sedimentasi (n)  

$$n = \frac{360}{\text{sudut } 20^\circ} = 18 \text{ lubang}$$

#### a) Perhitungan *Tube Settler*

Direncanakan:

- Debit (Q) =  $0,00111 \text{ m}^3/\text{det}$
- Tinggi *Tube settler* (h) =  $\frac{1}{2} \times H$   

$$= \frac{1}{2} \times 0,45 \text{ m} = 0,20 \text{ m}$$
- Jarak antar *tube settler* (w) = 5 cm  

$$= 0,05 \text{ m}$$



- Kemiringan *tube settler* ( $\alpha$ ) =  $60^\circ$
- $N_{re} < 2000$  (tidak terjadi aliran turbulen).
- $N_{fr} > 10^{-5}$  (tidak terjadi aliran pendek).

Perhitungan :

$$A = \frac{Q \cdot x}{V_s \cdot h \cos \alpha + w \cos^2 \alpha}$$

$$= \frac{0,00111 \text{ m}^3/\text{det}}{3,4 \times 10^{-4} \text{ m/det} \cdot 0,20 \text{ m} \cos 60 + 0,05 \text{ m} \cos^2 60}$$

$$= 1,028 \text{ m}^2$$

- Kecepatan pengendapan ( $V_o$ )

$$V_o = \frac{Q_{bak}}{A \sin \alpha}$$

$$= \frac{0,00111 \text{ m}^3/\text{det}}{1,028 \text{ m}^2 \times \sin 60}$$

$$= 0,00124 \text{ m/detik}$$

- Kontrol  $N_{re}$  dan  $N_{fr}$

$$- R = w/2 = 0,05 \text{ m}$$

$$= 0,025 \text{ m}$$

$$- N_{re} = \frac{V_o \cdot R}{\nu}$$

$$= \frac{0,00124 \text{ m/det} \times 0,025 \text{ m}}{0,905 \times 10^{-6}}$$

$$= 34,254 < 2000 \text{ (memenuhi)}$$

$$- N_{fr} = \frac{V_o^2}{g \cdot R} = \frac{(0,00124 \text{ m/det})^2}{9,81 \times 0,025 \text{ m}}$$

$$= 6,210 \times 10^{-5} > 10^{-5} \text{ (memenuhi)}$$

- Cek % *removal* pengendapan

$$\frac{t}{td} = \frac{V_o \text{ settler}}{\left(\frac{Q}{A}\right) \text{ settler}}$$

$$= \frac{0,00124 \text{ m/detik}}{\frac{0,00111 \text{ m}^3/\text{det}}{1,028 \text{ m}^2}}$$

$$= 4,8$$

- b) Perhitungan Zona Outlet

Zona *outlet* direncanakan untuk unit *clearator* adalah pipa pvc dengan diameter  $\frac{1}{2}$  inci atau 1,27 cm.

- $Q = 0,00111 \text{ m}^3/\text{det}$
- Jumlah lubang pipa = 18 lubang
- $H = 0,5 \text{ cm} = 0,005 \text{ m}$
- Diameter lubang =  $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$
- Jarak antar lubang =  $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$
- Jumlah pipa ( $n$ ) =  $\frac{360}{\text{sudut } 20^\circ} = 18$  buah
- $V = (2 \times g \times h)^{0,5}$
- $= (2 \times 9,81 \times 0,005)^{0,5} = 0,3 \text{ m/s}$

- C. Hasil Analisa Running Unit Clearator

Langkah terakhir dalam penelitian ini adalah melakukan running alat dengan mengalirkan debit sebesar  $9,59 \text{ m}^3/\text{hari}$  selama 1 jam. Hasil analisa parameter TDS dan warna menunjukkan unit *clearator portable* mampu meremoval

TDS sebesar 80,73% dan warna sebesar 80,03%. Kualitas air yang dihasilkan dapat dimanfaatkan menjadi air bersih. Rancangan unit *Clearator Portable* yang telah didesain terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Unit Clearator Portable

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

- A. Dosis koagulan PAC yang optimum adalah  $40 \text{ mg/L}$  sedangkan dosis flokulan polimer anionik sebesar  $3 \text{ mg/L}$
- B. Unit *Clearator* terdiri dari unit Koagulasi, Flokulasi, dan Sedimentasi.

1) Unit Koagulasi memiliki gradient

kecepatan  $285,445 \text{ /detik}$  dengan waktu detensi 40 detik. Dimensi unit koagulasi menggunakan 2 kompartemen yaitu diameter 14 cm dan tinggi 12 cm.

2) Unit Flokulasi memiliki gradien kecepatan kompartemen ketiga yaitu  $28,544 \text{ /detik}$  dan gradient kecepatan kompartemen keempat yaitu  $10,091 \text{ /detik}$  yang digunakan dengan waktu detensi 30 menit. Diameter 14 cm dan tinggi 4,5 cm.

3) Sedimentasi didesain dengan waktu detensi 4 menit. Dimensi unit sedimentasi diameter 61 cm dan tinggi 45 cm. kompartemen upflow diameter 100 cm menggunakan *tube settler* dengan kemiringan  $60^\circ$ .

- C. Unit *Clearator Portable* mampu menyisihkan parameter TDS hingga 80,73% dan parameter warna hingga 80,03%.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brodjonegoro, B. 2019. *BAPPENAS : Krisis Air Bersih di Beberapa Daerah Bebani Rakyat Miskin*. (Online : 23 Juli 2019).<https://www.antaraneews.com/berita/972088/bappenas-krisis-air-bersih-di-beberapa-daerah-bebani-rakyat-miskin>
- [2] Wibowo, A. 2019. *55 Wilayah Kabupaten dan Kota Tetapkan Status Siaga Darurat Kekeringan*. (Online : 22 Juli 2019). <https://www.bnpb.go.id/55-wilayah-kabupaten-dan-kota-tetapkan-status-siaga-darurat-kekeringan>
- [3] Masduqi, A., & Assomadi, A. (2012). *Unit Operasi & Proses Pengolahan Air*. Surabaya Indonesia: ITS Press.
- [4] Kawamura, S. (2012). In *Integrated Design and Operation Of Water Treatment Facilities*. Canada: John Wiley & Sons.
- [5] Mayangsari, R., & Hastarina, M. (2018, Oktober). Universitas Muhammadiyah Palembang. *Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Studi Kasus PDAM Tirta Musi Palembang)*, 3(2), 2654 - 5551.
- [6] Nurkomala, A., Nurdiani, D., Padmadinata, L. D., Ahmad, M. N., & Budiastuti, H. (2017). *Evaluasi Kinerja Unit Koagulasi Flokulasi Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Penyamakan Kulit di Garut*. Rekayasa Proses Industri Kimi, 1. Malang



**Halaman ini sengaja dikosongkan**

