

Efektifitas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3 Dalam Pengolahan Air Menggunakan *Gravel Bed Flocculator* Ditinjau Dari Parameter Kekeruhan dan Total *Coli*

Nama : Mega Puspitasari

NRP : 3310100019

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph. D.

Abstrak

Air permukaan yang ada di bumi ini tidak selamanya dapat dimanfaatkan menjadi air bersih, karena kondisinya masih jauh dari standar kualitas baku mutu air. Air permukaan tersebut masih banyak mengandung zat padat tersuspensi maupun koloid. Pada pengolahan air bersih, proses yang dapat meremoval zat-zat padat tersebut adalah koagulasi dan flokulasi. Pada proses koagulasi dan flokulasi dilakukan penambahan koagulan yang berfungsi untuk membentuk flok yang kemudian diendapkan. *Gravel Bed Flocculator* adalah salah satu alat flokulasi yang menggunakan pengadukan secara hidrolis. Pengadukan hidrolis adalah pengadukan dengan memanfaatkan gerakan air sebagai energi pengaduk seperti energi gesek media butiran. Keuntungan dari *gravel bed flocculator* adalah mampu mengendapkan flok dalam waktu singkat berkisar 3-5 menit yang setara dengan waktu 15 menit uji jar test atau sekitar 25 menit waktu proses flokulasi yang berlangsung secara konvensional

Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel yaitu variasi jenis koagulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3) dan variasi waktu tinggal (waktu tinggal 3 menit dan waktu tinggal 4 menit) dengan jenis aliran pada penelitian ini adalah aliran *upflow*. Hasil penelitian menunjukkan efektifitas removal tertinggi pada koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap parameter kekeruhan terjadi pada waktu tinggal 4 menit yaitu sebesar 93,28% sedangkan untuk koagulan FeCl_3 terjadi pada waktu tinggal 4 menit juga yaitu sebesar 93,50% dan efektifitas removal tertinggi pada koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

terhadap parameter *coliform* terjadi pada waktu tinggal 4 menit yaitu sebesar 99,74% sedangkan untuk koagulan FeCl_3 terjadi pada waktu tinggal 4 menit juga yaitu sebesar 99,99%.

Kata Kunci : Flokulasi, Koagulasi, *Gravel Bed flocculator*

Effectivity of $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ and FeCl_3 In Water Treatment With Gravel Bed Flocculator Using Observed Parameter of Turbidity and Total *Coli*

Nama : Mega Puspitasari

NRP : 3310100019

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Wahyono Hadi, M.Sc., Ph. D.

Abstract

Surface water on earth is not always able to be utilized as clean water, because the conditions are far from the standard of water quality. The surface water still contains a lot of suspended solids and colloids. In water treatment, the process can be remove solids are coagulation and flocculation. In the process of coagulation and flocculation, the addition of a coagulant that functions to form a floc which is then precipitated. Gravel Bed flocculator is one tool that uses hydraulic stirring. Stirring hydraulic is stirring by using movement of water as a stirrer energy as frictional energy granular media. The advantage of the gravel bed flocculator is able to precipitate floc in a short time range of 3-5 min which is equivalent to 15 minutes of test jar test, or about 25 minutes of time that the process takes place in conventional flocculation.

In this study, using two variables the variation type of coagulant ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ and FeCl_3) and the variation type of time detention (3 minutes and 4 minutes) with the upflow stream in this study. The results showed the highest removal effectiveness of the coagulant $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ on the parameters turbidity occurs at a time detention of 4 minutes is equal to 93.28% while for FeCl_3 coagulant occurs at a time detention of 4 minutes is also in the amount of 93.50% and the highest removal effectiveness coagulant $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ of the coliform parameters occurs at a time detention of 4 minutes is equal to 99.74% while the coagulant

FeCl₃ occur on time detention 4 minutes also in the amount of 99.99%

Kata Kunci : Flocculation, Coagulation, Gravel Bed Flocculator

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Koagulasi

Koagulasi adalah proses destabilisasi muatan koloidal padatan tersuspensi termasuk virus dan bakteri dengan menambahkan koagulan yang akan membentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Pengadukan cepat (flash mixing) merupakan bagian integral dari proses koagulasi (Hamzani 2013). Sedangkan menurut Goerge dan Burton (1991); Eckenfelder (2000) koagulasi merupakan proses destabilisasi muatan tersuspensi dan koloid. Penambahan koagulan berfungsi untuk mengikat muatan partikel dan memperkecil ketebalan lapisan difusi di sekitar partikel hingga mudah menggabungkan partikel menjadi agregat yang lebih besar dan dapat diendapkan (Stumm dan Morgan, 1996). Faktor yang dapat mempengaruhi proses koagulasi yaitu, pH, dosis koagulan, serta kekeruhan larutan (Rachmawati dkk., 2009)

Tujuan utama dari pengadukan cepat adalah untuk mempercepat dan meratakan penyebaran zat kimia (koagulan) di dalam air yang diolah. Koagulan yang umum dipakai adalah aluminium sulfat, feri sulfat, fero sulfat, dan PACl. Pengadukan cepat yang efektif dengan menggunakan koagulan PACl dan tawas karena prosesnya hidrolisnya cepat hanya dalam hitungan detik dan selanjutnya terjadi partikel koloid (Sutrisno, 2006).

Menurut Jiang (2001), koagulasi merupakan suatu proses yang digunakan di dalam pengolahan air minum yang dapat menghilangkan warna, kekeruhan, bahan organik alami dan zat organik yang terlarut dalam air baku. Dalam prosesnya, partikel kecil dan koloid digabungkan menjadi partikel yang berukuran lebih besar yang dapat dihilangkan melalui proses klarifikasi, sedangkan materi organik alami dan senyawa terlarut dihilangkan oleh adsorpsi ke permukaan flok dan kemudian dipisahkan dari ai

2.2 Flokulasi

Flokulasi adalah proses pembentukan flok yang lebih besar melalui pengadukan lambat dan kemudian dapat mengendap dengan cepat (Pusteklim, 2007). Menurut Stumm dan Morgan (1996) flokulasi merupakan proses lanjutan dari koagulasi, dimana terjadi proses penggumpalan mikroflok dari hasil koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar (makroflok) dan diendapkan. Proses pengumpulan ini dipengaruhi oleh waktu dan pengadukan lambat dalam air. Kecepatan aliran untuk pengolahan berkisar 0,45-0,9 m/detik (Joko, 2010).

Pada proses flokulasi nilai G berkisar 10-100/ detik dan Gtd berkisar 10000-100000 (Fair dkk., 1971). Koagulasi-flokulasi merupakan suatu proses yang tidak bisa dipisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari kondisi pengadukan cepat dengan pembubuhan kimia atau koagulan..

Uji coba koagulasi-flokulasi-filter (CCF) oleh Mcconnachie dkk. (1998), pengolahan air dengan menggunakan biji kelor dan tawas sebagai koagulan mampu mengurangi kekeruhan suatu sungai memenuhi standar kualitas air minum ,5NTU dari air baku dengan nilai waktu kontak berkisar 15-5600 NTU. Flokulator hidrolis telah banyak digunakan selama bertahun-tahun, hal yang perlu diperhatikan dari dari flokulator ini adalah gradien kecepatan, waktu kontak, dan jumlah tumbukan antar partikel (Montgomery,1985).

2.3 Gradien Kecepatan

Gradien kecepatan (G) merupakan satuan yang berbanding lurus dengan banyaknya tumbukan, sehingga semakin besar berarti semakin banyak tumbukan yang terjadi dan semakin besar ukuran flok yang terbentuk, dan karena ukuran yang besar berarti kecepatan pengendapan yang lebih besar, maka flok-flok pada debit ini lebih mudah tersisihkan.

2.3.1 Pengadukan Cepat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan aliran air yang turbulen sehingga dapat mencampurkan bahan kimia yang dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradient kecepatan besar 300 sampai 1000 detik⁻¹ selama 5 hingga 60 detik. Secara spesifik, nilai G dan td bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat. Untuk proses koagulasi-flokulasi:

- Waktu detensi = 20-60 detik⁻¹
- $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

2.3.2 Pengadukan Lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara lambat sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradient kecepatan kecil (20-100 detik⁻¹). Untuk menghasilkan flok yang baik, gradient kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpulan yang lebih besar. Secara spesifikasi, nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut:

Air Sungai :

- Waktu detensi = minimum 20 menit
- $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$

Air waduk :

- Waktu detensi = 30 menit
- $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$

Air Keruh:

- Waktu dan G lebih rendah

2.4 Pengadukan Hidrolis

Pengadukan pada proses koagulasi-flokulasi adalah pemberian energi agar terjadi tumbukan antar partikel tersuspensi dan koloid, sehingga terbentuk gumpalan atau biasanya yang disebut flok yang dapat mengendap. Pengadukan hidrolis adalah pengadukan dengan memanfaatkan gerakan air sebagai energi pengaduk seperti energi gesek media butiran, energi jatuhnya atau ada lompatan hidrolis dalam aliran (Masduqi dan Slamet, 2002).

Upflow clarifiers merupakan unit yang menggabungkan pengadukan cepat, flokulasi dan pengendapan ke dalam suatu unit reaktor yang didesain khusus untuk mengolah padatan flok menjadi lebih besar. Air dari hasil proses flokulasi dapat meninggalkan unit reaktor dengan aliran keatas melewati sludge blanket, dimana flok tertahan karena terjadi kontak antara padatan terflokulasi dengan sludge blanket. (Citra, 2011)

Reynold dan Richards (1996) Gradien kecepatan (G) merupakan fungsi dari ukuran batu/kerikil, debit aliran, luas penampang flokulator dan headloss. Pada pengadukan cepat hidrolis diperlukan intensitas atau gradien kecepatan (G) dan lama pengadukan ($t_d = V/Q$). Kriteria perencanaan yang cukup penting adalah Gt_d yaitu banyaknya tumbukan imajiner 10000-100000 dan tidak ada zona stagnan. Jenis pengadukan cepat hidrolis yang digunakan adalah turbulent pipe flow mixer adalah proses pencampuran yang terjadi di dalam saluran tertutup dengan waktu pengadukan optimum sebesar 1 detik. Pembubuhan koagulan dibutuhkan diameter pipa berkisar 0,6-1,3 cm. Pengadukan lambat hidrolis dibuat model pengadukan dengan gravel bed flocculator. sifat flokulator ini mampu mengendapkan flok diantara batuan dan waktu kontak relatif singkat 3-5 menit, setara dengan waktu 15 menit uji jar tes atau sekitar 25 menit waktu proses flokulasi yang berlangsung secara konvensional (Hadi, 2012). Menurut Masduqi dan Slamet (2002), perhitungan tenaga yang diperlukan dalam pengadukan hidrolis dapat menggunakan rumus seperti pada persamaan 2.1

$$P = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = tenaga (N-m/detik)

Q = debit aliran (m³/detik)

ρ = Berat jenis (kg/m³)

g = percepatan gaya gravitasi (9,8 m/detik²)

h = tinggi jatuhan/ kehilangan energi akibat gesekan atau head loss (m)

Fair dkk.(1968) menyatakan bahwa kecepatan penggabungan dua partikel dengan diameter yang berbeda akan sebanding dengan konsentrasi partikel, gradien kecepatan dan jumlah jari-jari dari partikel yang bergabung seperti dapat dilihat persamaan 2.2

$$G_{kl} = \frac{1}{6} n_k \cdot n_l (d_k + d_l)^3 \frac{dv}{dz} \quad (2.2)$$

Persamaan di atas, G_{kl} adalah banyak tumbukan (volume per waktu), n_k dan n_l adalah banyak partikel k dan l, d_k dan d_l adalah diameter partikel k dan l, serta dv/dz adalah gradien geseran yang dapat diganti dengan G (gradien kecepatan). Reynold dan Richards (1996) menyebutkan bahwa Camp dan Stein telah mengembangkan persamaan untuk menghitung besar energi dan waktu dengan konsep (G) seperti pada persamaan 2.3

$$G = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot hf}{\mu \cdot V}} = \sqrt{\frac{g \cdot hf}{\mu \cdot td}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

$\nu = \rho/\mu$, viskositas kinematik (m²/detik)

td = V/Q, waktu detensi (detik)

G = gradien kecepatan (detik⁻¹)

P = daya yang diberikan (kg m²/detik³). (J/detik)

μ = viskositas absolut zat cair (kg/m/detik)

V = volume reaktor (m³)

ε = total daya yang ditimbulkan per satuan massa cairan

ρ = massa jenis air (kg/m³)

g = percepatan gaya gravitasi (9,8 m/detik²)

hf = kehilangan tekanan yang terjadi (m)

Q = debit aliran (m³/detik)

2.4.1 Karakteristik Aliran Hidrolis

1) Analisis Kecepatan

Aliran yang mengalir dalam pipa fluida bergerak dengan kecepatan yang tidak sama, dimana aliran dekat poros mempunyai kecepatan yang lebih besar dari aliran yang dekat dinding. Kecepatan aliran turbulen hampir sama atau dikatakan nol (0) pada dinding, tetapi naik dengan cepat pada jarak pendek dari dinding. Distribusi kecepatan arah melintang pipa aliran turbulen tergantung N_{re} (Reynold dan Richards, 1996)

2) Kehilangan Tekanan Pada Pipa

Kecepatan distribusi aliran pada aliran turbulen dapat berubah karena adanya rintangan pada belokan atau dinding melengkung. Perubahan distribusi ini memperbesar kehilangan tekanan dan meningkatkan intensitas turbulensi. Kehilangan tekanan terjadi pada pipa melingkar akan lebih besar jika dibandingkan pipa lurus dengan panjang yang sama, Menurut Puteri (2011), perhitungan kehilangan tekanan pada pipa dapat dilihat pada persamaan 2.4; 2.5 dan 2.6.

$$\Delta H - \lambda \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{L}{d} \quad (2.4)$$

$$\text{Nilai } \lambda = \frac{20}{NRe^{0,65}} \left(\frac{d}{d_c} \right)^{0,175} \quad (2.5)$$

$$\text{Untuk } 50 < Nre \left(\frac{d}{d_c} \right)^{1/2} < 600 \quad (2.6)$$

Keterangan :

ΔH = kehilangan tekanan dalam pipa melingkar (m)

V = kecepatan rata-rata (m/detik)

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

Λ = faktor koreksi

D_c = diameter lingkaran

D_s = diameter lingkaran

3) Kehilangan Tekanan Primer dan Sekunder

Kehilangan tekanan primer adalah kehilangan energi akibat gesekan dengan dinding pipa bagian atau sebelah dalam, sedangkan kehilangan tekanan sekunder adalah kehilangan energi setempat akibat dari pembesaran penampang, pengecilan penampang atau adanya belokan pipa (Sanggapramana, 2010)

2.4.2 Head Losses

Head Losses adalah kerugian yang terjadi dalam aliran pipa yang terdiri dari atas mayor losses dan minor losses seperti pada persamaan 2.7 (Tahara dan Sularso, 2000).

$$H = H_f + H_m \quad (2.7)$$

Keterangan :

H = Head losses (m)

H_f = Mayor losses (m)

H_m = Minor losses (m)

Mayor Losses

Kerugian mayor adalah kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. Aliran fluida yang melalui pipa akan selalu mengalami kehilangan head. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (Zainudin dkk., 2012)

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.8)$$

Keterangan:

H_f = Head mayor (m)

f = Faktor Gesek (bisa diperoleh dari diagram Mody)

L = Panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan (m/detik)

g = gravitasi bumi (m/detik²)

Minor Losses

Kerugian minor adalah kehilangan tekan akibat gesekan yang bisa terjadi pada katup-katup, sambung tee, sambungan belokan dan pada luas penampang yang tidak konstan. (White dkk., 1988).

$$H_m = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.9)$$

Keterangan :

H_m = Head minor (m)

K = koefisien kerugian pada fitting

v = Kecepatan (m/detik)

g = gravitasi bumi (m/detik²)

2.4.3 Sifat-sifat pada Fluida

1. Densitas

Densitas adalah jumlah suatu zat pada suatu unit volume, densitas dapat dinyatakan dalam bentuk densitas massa ρ atau biasanya disebut dengan berat jenis yaitu perbandingan jumlah massa dengan jumlah volume.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2.10)$$

Keterangan:

M = massa (kg)

V = volume (m³)

ρ = densitas massa atau berat jenis (kg/m³)

Besarnya berat jenis air dipengaruhi oleh temperatur air, pada temperatur 30 C adalah sebesar 996 kg/m³.

2. Viskositas

Viskositas adalah kekentalan suatu fluida yang sifatnya menentukan besar daya tahannya terhadap gaya gesek sebuah fluida terhadap perubahan bentuk bawah tekanan shear. Kekentalan terutama diakibatkan pengaruh antara molekul-molekul fluida. Viskositas dinyatakan dalam dua bentuk yaitu :

Viskositas Dinamik merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya viskositas dinamik untuk air bervariasi sesuai dengan temperatur, pada temperatur 30oC adalah $0,8 \times 10^{-3}$ kg/m.detik.

Viskositas Kinematik merupakan perbandingan viskositas dinamik terhadap kerapatan (densitas) massa (ρ). (Rachmat, 2011).

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.11)$$

Keterangan :

v = viskositas kinematik (m²/detik)

ρ = densitas massa (kg/m³)

μ = viskositas dinamik (kg/m.detik)

3. Bilangan Reynold (Nre)

Bilangan reynold digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda yaitu turbulen (>4000) dan laminar (<2000) seperti pada persamaan 2.12

$$Nre = \frac{va \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{va \cdot D}{\nu} = \frac{4Q}{\pi \cdot m \cdot D} \quad (2.12)$$

Keterangan :

Nre = bilangan Reynold

va = kecepatan rata-rata (m/detik)

D = diameter dalam pipa (m)

ν = viskositas kinematik (m²/detik)

ρ = densitas massa (kg/m³)

μ = viskositas dinamik (kg/m.detik)

Q = debit m³/detik)

(Reynold dan Richards, 1996)

2.4.4 Hidrolika Aliran Media

Notodarmodjo dkk. (2004) menyebutkan bahwa perhitungan headloss dengan persamaan Kozney yang dikembangkan dari persamaan Darcy untuk aliran laminar dapat dilihat pada persamaan 2.13 dan 2.14

$$Hf = \frac{K \cdot v \cdot vd(1-n)^2}{g - n^3} \left[\frac{6}{\Psi d} \right] 2 L \quad (2.13)$$

Keterangan :

K = koefisien Kozeny, tak berdimensi

ν = kekentalan kinetik (m²/detik)

n = porositas

vd = kecepatan Darcy (m/detik)

Ψ = faktor sperisitas, tak berdimensi

d = diameter kerikil rata-rata (m)

L = panjang media dimana air mengalir (m)

g = kecepatan gravitasi (m/detik²)

f = porositas efektif

Jika bilangan Reynold (Nre) > 10, maka persamaan menjadi :

$$Hf = L \frac{v \cdot vd}{g \cdot f} + \frac{0,55 \cdot vd^2}{g \sqrt{f}} L \quad (2.14)$$

Sedangkan menurut Masduqi dan Slamet (2002); Hadi (2012), perhitungan bilangan reynold (Nre), faktor gesekan (f), headloss (HL) dan gradien kecepatan (G) media berbutir dengan asumsi aliran laminer dapat menggunakan rumus seperti pada persamaan 2.15; 2.16; 2.17 dan 2.18

$$Nre = \frac{d.V.\rho.\theta}{\mu} \quad (2.15)$$

$$f = 150 \left[\frac{1-\alpha}{LNRc} \right] + 175 \quad (2.16)$$

$$h = \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{d} \right) \left(\frac{v^2}{g} \right) \quad (2.17)$$

$$G = \left[\left(\frac{h.\rho.g.Q}{\mu.\alpha.V} \right) \right]^{1/2} \quad (2.18)$$

Keterangan :

Nre = bilangan Reynold

F = faktor friksi/gesek

HL = headloss (m)

G = Gradien kecepatan (detik -1)

d = rerata diameter butiran (m)

v = kecepatan aliran atau beban permukaan (m/detik)

ρ = berat jenis air

μ = kekentalan dinamis air

α = porositas butiran

θ = faktor bentuk

L = kedalaman media butiran (m)

G = konstanta gravitasi

Q = debit aliran (m³/detik)

V = volume (m³)

Porositas dan ukuran butir merupakan faktor penting dalam menentukan kecepatan aliran dan headloss media berpori. Media butiran memiliki void konstan dan berkisar 0,35 dan 0,6, sedangkan untuk media berukuran seragam, void berkisar 0,4. Faktor penting lainnya adalah viskositas air, yang bergantung pada suhu (Stephenson dan Judd, 2008). Nilai berat jenis dan kekentalan dinamis (viskositas) air bergantung pada perubahan suhu dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai Berat Jenis dan Viskositas Air

Suhu ^o C	Berat Jenis Air (ρ) Kg/m ³	Viskositas (μ) Kg/m.detik
10	999,73	$1,3097 \times 10^{-3}$
15	999,13	$1,1447 \times 10^{-3}$
20	998,23	$1,0087 \times 10^{-3}$
25	997,07	$0,8949 \times 10^{-3}$
30	995,68	$0,8007 \times 10^{-3}$
35	994,06	$0,7225 \times 10^{-3}$
40	992,25	$0,6560 \times 10^{-3}$
45	990,25	$0,5988 \times 10^{-3}$
50	988,07	$0,5494 \times 10^{-3}$

Sumber : Stephenson dan Judd (2008)

Desain reaktor pada proses flokulasi media berbutir (gravel bed flocculator) serupa dengan desain reaktor pada roughing filter atau filter kasar. Pada roughing filter yang memiliki aliran upflow, lapisan terbawah terbesar dan mengecil ke atas, sedangkan pada gravel bed flocculator beraliran upflow yaitu lapisan terbawah berdiameter kecil dan membesar ke atas (Rod,1999)

2.4.5 Hidrolika Pipa

Konsep pengaliran pada saluran pipa bertekanan jumlah energi sepanjang pipa dinyatakan sama antara titik satu dengan titik kedua . Energi atau tekanan pada pipa akan berkurang jika

terjadi gesekan antara zat cair dengan dinding pipa, sehingga terjadi kehilangan tekanan (Headloss). Kehilangan tekanan pada saluran tertutup dapat dihitung seperti persamaan 2.19.

Persamaan Hazen William

$$\text{Headloss} = \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \quad (2.19)$$

Dimana:

Headloss	= kehilangan tekanan (m)
Q	= debit (m ³ /detik)
C	= koefisien kekasaran pipa
D	= diameter pipa (cm)
L	= panjang pipa (m)

2.5 Koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang digunakan untuk koagulasi. dalam pengolahan air minum koagulan yang sering digunakan adalah alumunium sulfat. Kapur dapat berfungsi sebagai koagulan karena mampu menghasilkan flok yang kuat atau presipitat yang terdiri dari atas kalsium karbonat dan megnesium hidroksida. Presipitat ini memiliki sifat sebagai koagulasi-flokulasi (Reynold, 1982).

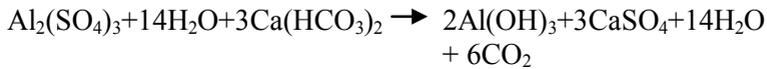
Pemilihan suatu koagulan harus memperhatikan beberapa faktor, agar proses koagulasi dapat berjalan dengan baik. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan koagulan, sebagai berikut :

- Keadaan alami air baku dan kualitasnya.
- Variasi kualitas air baku (harian atau musiman, khususnya yang berkaitan dengan suhu).
- Kualitas yang dibutuhkan dan penggunaan air terolah.
- Treatment setelah koagulasi.
- Derajat kemurnian reagen.

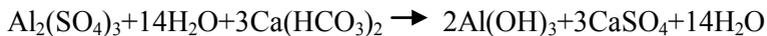
(Degreemont, 1978)

2.5.1 Alumunium sulfat/Tawas

Tawas/ alum merupakan bahan koagulan yang paling banyak digunakan untuk pengolahan air karena harganya yang relatif murah, mudah diperoleh di pasaran serta mudah penyimpanannya. Garam alumunium sulfat ini jika ditambahkan ke dalam air dengan mudah larut bereaksi dengan asam karbonat (HCO_3^-) menghasilkan alumunium hidroksida yang mempunyai muatan positif. Sementara partikel-partikel koloid yang terdapat dalam air baku biasanya bermuatan negatif dan sukar mengendap karena adanya gaya tolak menolak antar partikel koloid tersebut. Adanya alumunium hidroksida yang bermuatan positif, maka akan terjadi tarik menarik dengan partikel koloid yang bermuatan negatif untuk membentuk gumpalan partikel yang makin lama makin besar dan berat hingga cepat mengendap. Berikut reaksi sederhana pemebentukan flok :



Jika alkalinitas air baku tidak cukup untuk dapat bereaksi dengan alum, maka dapat ditambahkan kapur (lime) atau soda abu agar reaksi berjalan dengan baik. Berikut reaksi penambahan kapur :



Rentang pH optimum untuk alum adalah 4.5 sampai dengan 8.0, karena aluminium hidroksida relatif tidak larut pada rentang tersebut.

2.5.2 Ferri Klorida (FeCl_3)

Ferri klorida merupakan salah satu koagulan senyawa besi yang biasanya digunakan untuk pembubuhan. Koagulan senyawa besi memiliki kemampuan membentuk flok yang lebih kuat

dibandingkan dengan koagulan alum. Reaksi pembentukan flok koagulan Ferri klorida sebagai berikut:



Keuntungan penggunaan ferri klorida dibandingkan dengan alum adalah ferri klorida bekerja pada rentang pH yang lebih luas yaitu pada pH 4-12. Rentang pH yang lebih luas dengan menggunakan koagulan ferri klorida sangat menguntungkan dalam proses operasi IPA, mengingat kondisi pH air baku yang bervariasi. Penggunaan koagulan ferri klorida mampu meredam variasi pH dan tidak menyebabkan kegagalan dalam unit koagulasi-flokulasi-sedimentasi. (Rachmawati dkk, 2009)

2.6 Uji Jar tes

Uji Jar tes adalah cara untuk menentukan dosis optimum koagulan yang akan digunakan dalam proses flokulasi (Alearts dan Santika, 1984). Dikutip dari Depkes RI (1992) bahwa jartes digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan dengan menggunakan alat percobaan flokulator yang dilengkapi dengan alat-alat gelas dan pengadukan yang sempurna. Menurut Kemmer (2002) dan Gozan (2006) jartes yaitu suatu metode standar dilakukan untuk menguji proses koagulasi, dimana data yang didapat antara lain dosis optimum penambahan koagulan.

Penelitian Dihang dkk. (2007) menyatakan bahwa setelah 5 menit agitasi 230 rpm, koagulan ditambahkan setetes demi setetes untuk membekukan partikel selama 5 menit. Kemudian kecepatan pengadukan dikurangi menjadi 30 rpm selama 15 menit, selanjutnya dibiarkan mengendap selama 30 menit. Jartes ini digunakan untuk mengetahui tingkat kinerja koagulasi-flokulasi secara simulasi di laboratorium dan mengetahui tingkat kekeruhan sampel air yang diolah di lapangan. Standar uji jartes ini untuk mengevaluasi pengolahan dalam rangka mengurangi bahan-bahan terlarut, kolid, dan yang tidak dapat mengendap

dalam air dengan menggunakan bahan kimia dalam proses koagulasi-flokulasi, yang dilanjutkan dengan pengendapan secara gravitasi. Variabel yang bisa dikaji yaitu bahan kimia pembantu, pH dan temperatur. Menurut Hogg (2000) bahwa uji coba proses koagulasi dengan alat uji jartes menggunakan bahan tambahan flokulan memberikan hasil yang lebih baik dari pada tanpa kombinasi bahan.

2.7 Kekeruhan dalam Air

Kekeruhan adalah ukuran bahan tersuspensi dan koloid dalam air seperti lempung, lumpur dan bahan organik. Kekeruhan pada dasarnya karena ada zat-zat koloid yang terapung dan terurai secara halus. Penyebab kekeruhan karena adanya kehadiran zat organik yang terurai secara halus, jasad-jasad renik, lumpur, tanah liat dan zat koloid yang serupa benda terapung yang tidak mengendap dengan segera (Alearts dan Santika, 1984). Material penyebab kekeruhan adalah silt atau clay dan bahan organik yang berasal dari limbah, mikroorganisme seperti algae (peavy dkk., 1985)

Kekeruhan air dapat juga disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang bersifat organik. Zat anorganik biasanya berasal dari pelapukan batuan dan logam, sedang zat organik berasal dari kekeruhan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangan biaknya. Bakteri ini juga merupakan zat organik tersuspensi sehingga pertumbuhannya akan menambah pula kekeruhan air. Demikian pula dengan algae karena adanya zat hara N,P,K akan menambah kekeruhan air (Said, 2010). Pada musim kemarau air sungai lebih jernih dibandingkan pada musim hujan, meskipun n belum tentu lebih mudah dijernihkan dengan bahan koagulan. Kekeruhan maksimum yang diperbolehkan untuk air minum menurut Departemen Kesehatan RI adalah 5 NTU (Hadi,2012).

2.8 *Coliform*

Bakteri coliform adalah jenis bakteri yang umum digunakan sebagai indikator penentuan kualitas sanitasi makanan dan air. Coliform sendiri sebenarnya bukan penyebab penyakit – penyakit bawaan air, namun bakteri jenis ini mudah untuk dikultur dan keberadaannya dapat digunakan sebagai indikator keberadaan organisme patogen seperti bakteri lain, virus atau protozoa yang banyak merupakan parasit yang hidup dalam sistem pencernaan manusia serta terkandung dalam feases. Organisme indikator digunakan karena ketika seseorang terinfeksi oleh bakteri patogen, orang tersebut akan mengekskresikan organisme indikator jutaan kali lebih banyak dari pada organisme patogen, ini yang menjadi kesimpulan bila tingkat keberadaan organisme indikator rendah maka organisme patogen akan jauh lebih rendah atau bahkan tidak ada sama sekali.

Jenis bakteri ini berbentuk bulat, gram negatif, tidak berspora serta menfermentasi laktosa dengan menghasilkan asam dan gas apabila di inkubasi pada 35-37°C. Bakteri ini banyak terdapat banyak pada feases organisme berdarah panas. Apabila terdapat bakteri *coliform* pada badan air maka badan air tersebut sudah tercemar oleh feases.

Bakteri coliform dijadikan sebagai bakteri indikator karena tidak patogen, mudah serta cepat dikenal dalam tes laboratorium serta dapat dikuantifikasikan, tidak berkembang biak saat bakteri patogen tidak berkembang biak, jumlahnya dapat dikorelasikan dengan probabilitas adanya bakteri patogen, serta bertahan lebih lama daripada bakteri patogen dalam lingkungna yang tidak memungkinkan. (Badiamurti dan Muntalif,)

2.9 Netralisasi pH

pH merupakan salah satu parameter yang perlu diukur dalam pengolahan air karena parameter ini penting dalam penentuan kelayakan. Netralisasi pH adalah suatu upaya agar pH air menjadi normal dengan mengatur taraf keasaman atau

kebasaan, setelah pH air mendekati normal barulah proses pengolahan dapat dilakukan secara efektif.

Ada dua metode pengukuran pH yaitu dengan metode kolorimetri dan metode potensiometri. Metode kolorimetri adalah suatu cara pengukuran pH yang menggunakan indikator warna sebagai alat ukur. Metode ini sering dipakai dalam titrasi asam basa, atau alat pengukuran dengan lakmus, kertas pH indikator dan sebagainya. Metode potensiometri adalah metode pengukuran pH yang didasarkan atas perbedaan tegangan pada kedua ujung potensial (Risdianto, 2007)

2.10 Partikel dalam Larutan

Koloid merupakan partikel yang sangat halus dan memiliki ukuran partikel 1 mikrometer sampai dengan 10 nanometer. Hal ini menyebabkan koloid susah dibedakan menjadi zat terlarut. Sehingga disini perlu dibedakan antara keduanya dengan mengetahui ciri-ciri pada koloid, yaitu:

- Menyebabkan larutan menjadi tidak jernih.
- Bersifat antara homogenya dan heterogen.
- Tidak dapat disaring.
- Sulit mengendap

BAB 3 METODE PENELITIAN

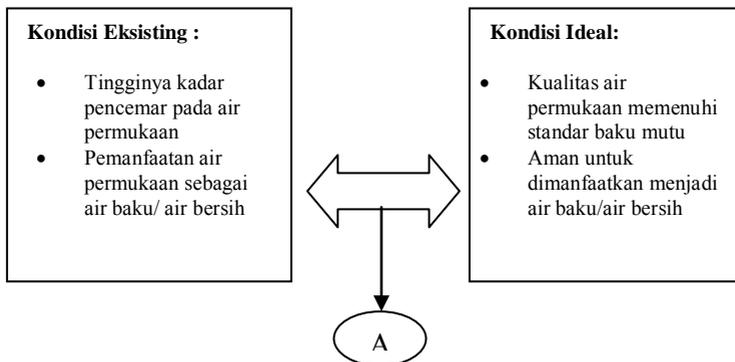
1.1 Umum

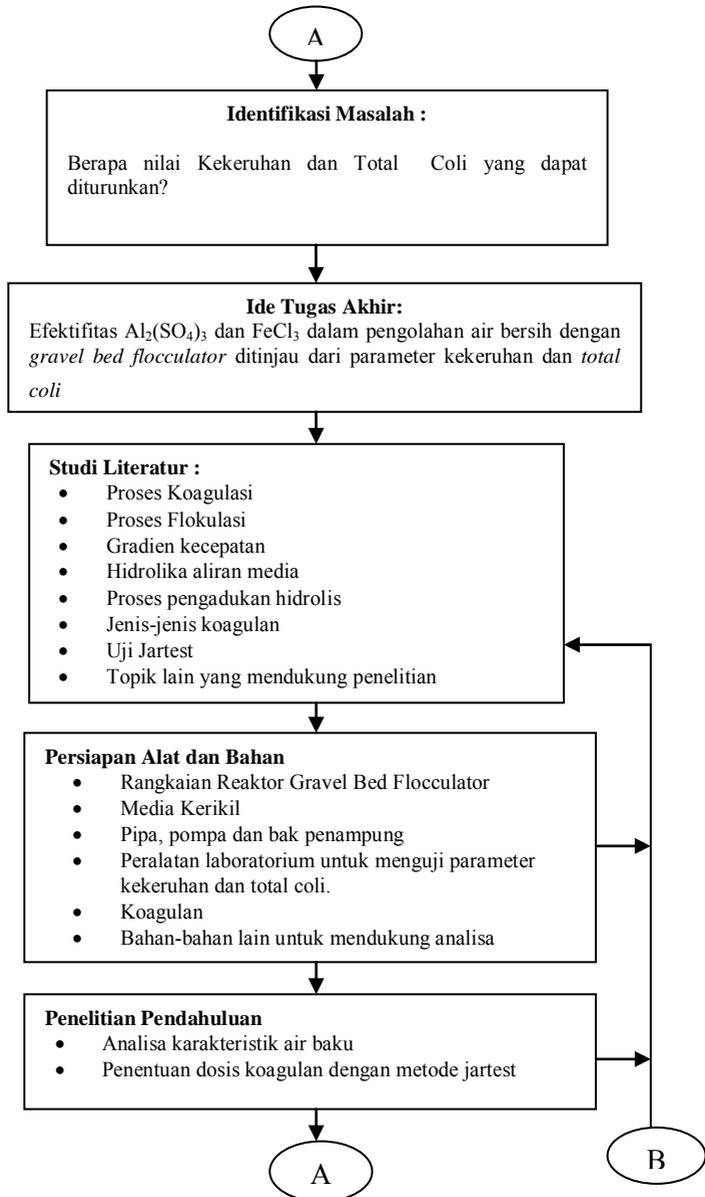
Metode Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan dalam memahami pelaksanaan serta langkah-langkah terkait dalam penyusunan tugas akhir. Dengan mengikuti langkah-langkah metodologi penelitian diharapkan penelitian akan berjalan secara sistematis dan mengurangi terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan penelitian.

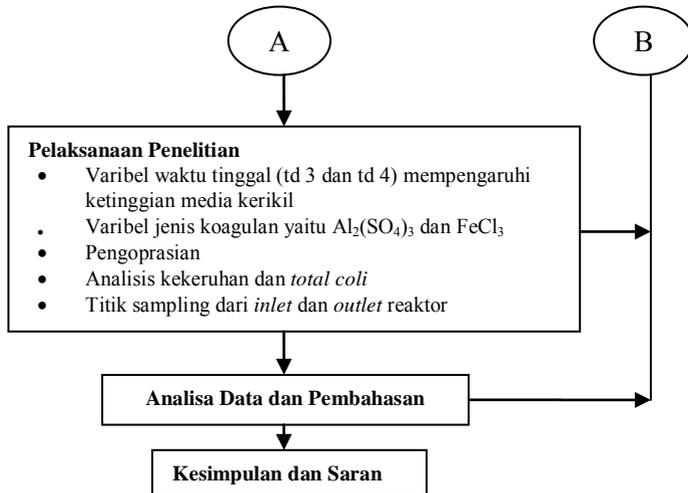
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan jenis koagulan $Al_2(SO_4)_3$ dan $FeCl_3$ dengan menggunakan waktu tinggal pada proses flokulasi yang divariskan dengan waktu tinggal (td) 3 menit dan (td) 4 menit. Dari hasil penelitian nantinya didapatkan besarnya efisiensi removal variasi jenis koagulan dan variasi waktu tinggal (td) yang ditinjau dari parameter kekeruhan dan *total coli*.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini menjelaskan langkah - langkah untuk menyusun tugas akhir. Adapun langkah – langkah penyusun dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini:







Gambar 3.1 Diagram Kerangka Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Air permukaan memiliki tingkat kekeruhan dan pencemar yang bervariasi dan cenderung tinggi. Pemanfaatan air permukaan atau air baku menjadi air bersih tidak dapat dilakukan secara langsung melainkan perlu adanya suatu proses pengolahan terlebih dahulu agar air yang diolah dapat memenuhi standar air bersih dan aman untuk digunakan. Proses koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan gravel bed flocculator adalah pengolahan yang dapat diterapkan, karena dalam proses tersebut mampu menurunkan kekeruhan dan beberapa parameter air lainnya yang biasanya banyak terkandung di air permukaan, seperti zat organik, warna, *Coliform*, dll.

Gravel bed flocculator merupakan suatu alat flokulasi dengan media kerikil yang menggunakan tenaga hidrolis. Flokulator Hidrolis dapat menghemat penggunaan listrik, karena tidak menggunakan tenaga listrik dalam prosesnya. Salah satu

keunggulan dari *gravel bed flocculator* adalah mampu mempersingkat waktu flokulasi, hal ini dikarenakan media kerikil efektif membentuk flok-flok yang berukuran besar.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk membantu proses penyusunan laporan penelitian dan sebagai teori dasar yang dapat dijadikan konsep yang kuat pada sebuah penelitian. Sumber studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi buku, jurnal penelitian, artikel penunjang penelitian, dan beberapa sumber informasi yang dapat menunjang penelitian.

3.5 Penelitian Pendahuluan

Dalam penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik air baku yang akan digunakan. Selain itu, penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui dosis optimum yang dapat menurunkan kekeruhan optimal pada air baku dengan cara jartest.

3.5.1 Penentuan karakteristik Air Baku

Penentuan karakteristik air baku ini dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter yang terkandung di dalamnya, hal ini memastikan bahwa air baku tersebut memang layak untuk diolah dengan menggunakan *gravel bed flocculator*. Parameter yang diteliti pada air baku ini meliputi kekeruhan, warna, zat organik dan *total coli*. Berikut hasil dari penelitian :

Kekeruhan	: 10,7 – 16,3 NTU
Warna	: 49 – 130,54 TCU
Zat Organik	: 16,43 – 44,56 mg/l
<i>Total Coli</i>	: 8×10^5 – 300×10^5

3.5.2 Penentuan Dosis Optimum

Penentuan dosis optimum bertujuan untuk mengetahui dosis koagulan optimum yang nantinya akan digunakan untuk proses koagulasi dan flokulasi. Dosis optimum merupakan dosis

yang paling efektif untuk meremoval partikel koloid. Pada penelitian ini menggunakan 2 jenis koagulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3). Penentuan dosis optimum koagulan dilakukan dengan menggunakan metode Jar test yang dilakukan selama 5 hari. Lima hari ini menunjukkan variasi kekeruhan yang terjadi pada air baku yang akan digunakan sehingga didapatkan dosis optimum dari semua hasil variasi kekeruhan.

3.6 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Peralatan Jar tes.
- Peralatan analisis kekeruhan.
- Peralatan analisis *Total Coli*.
- Peralatan rangkaian *gravel bed flocculator*.
- Koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3 .
- Mesin Pompa.

3.7 Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan 2 variabel yaitu variasi jenis koagulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3) dan variasi waktu tinggal pada flokulator (3 menit dan 4 menit). Berikut variasi variabel penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Td	Td 3 (A)	Td 4 (B)
Koagulan		
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (1)	A1	B1
FeCl_3 (2)	A2	B2

Penggunaan variabel jenis koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan FeCl_3 dalam penelitian ini dikarenakan koagulan tersebut memiliki

keunggulan masing-masing, dimana untuk koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ mudah didapatkan dan memiliki harga yang relatif murah sehingga cukup efisien untuk digunakan sebagai koagulan, sedangkan untuk koagulan FeCl_3 memiliki rentang pH yang lebih besar dibandingkan dengan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sehingga dapat menghasilkan flok yang lebih kuat. Penggunaan variabel jenis waktu tinggal 3 menit dan 4 menit ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh waktu tinggal dalam proses flokulasi.

3.7.1 Pengambilan Sampel Air

Air sampel yang digunakan adalah air limbah (*Grey water*) yang berada di daerah Mulyosari. Pemeriksaan sampel air sungai untuk parameter kekeruhan dan *total coli* di laboratorium Kualitas Pemulihan Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Metode sampling yang dilakukan adalah pengambilan sampel langsung pada badan air yang dialirkan melalui pompa menuju bak penampung yang kemudian dimasukkan ke dalam reaktor. Air yang ditampung pada bak penampung ini bertujuan untuk menjaga debit air yang masuk ke dalam reaktor tetap konstan.

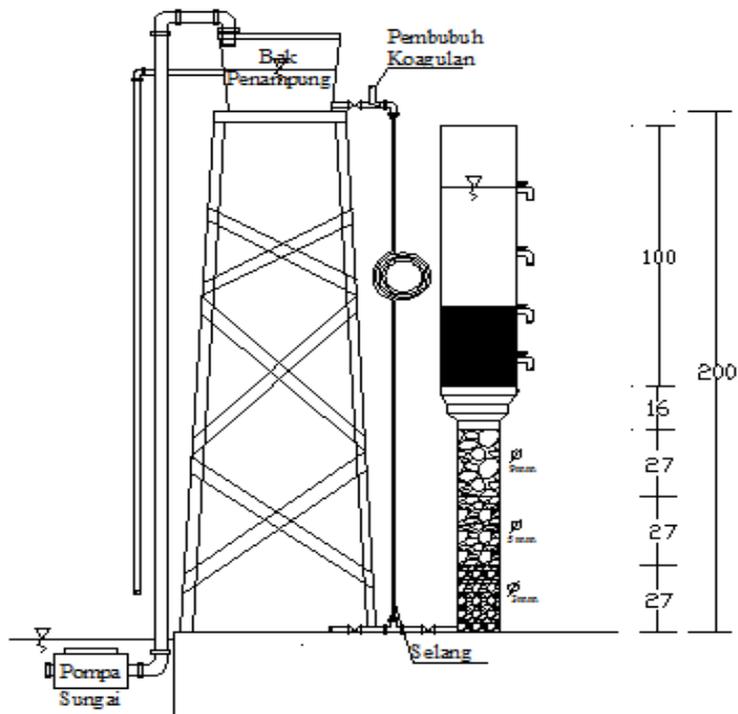
3.7.2 Penambahan Koagulan

Koagulan adalah bahan kimia yang digunakan untuk koagulasi, sehingga perlu penambahan koagulan pada penelitian ini. Penambahan koagulan didapatkan dari dosis optimum yang telah dilakukan pada uji pendahuluan jarrest, dengan mengetahui dosis optimum suatu koagulan maka berapa banyak kebutuhan koagulan dapat diketahui. Dari hasil pendahuluan uji jarrest digunakan koagulan dengan konsentrasi 1% yang dimaksudkan yaitu 10 gram koagulan dilarutkan dalam 1 liter air bersih, artinya dosis 1 ml yang dilarutkan setara dengan 10 mg/l.

3.7.3 Perlakuan Pengolahan Air Baku

Perlakuan pengolahan air baku ini dilakukan dengan menggunakan 2 macam reaktor yaitu reaktor 1 dengan waktu tinggal (td) 3 menit dan reaktor 2 dengan waktu tinggal (td) 4 menit. Alat ini dijalankan selama dua minggu, dimana setiap 1 variabel membutuhkan waktu 1 minggu untuk pengoperasiannya. Hasil dari penelitian ini dianalisa setiap harinya untuk mengetahui nilai kekeruhan dan *total coli* yang dapat diturunkan dari proses tersebut. Adapun langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

Reaktor 1 (td 3 menit)

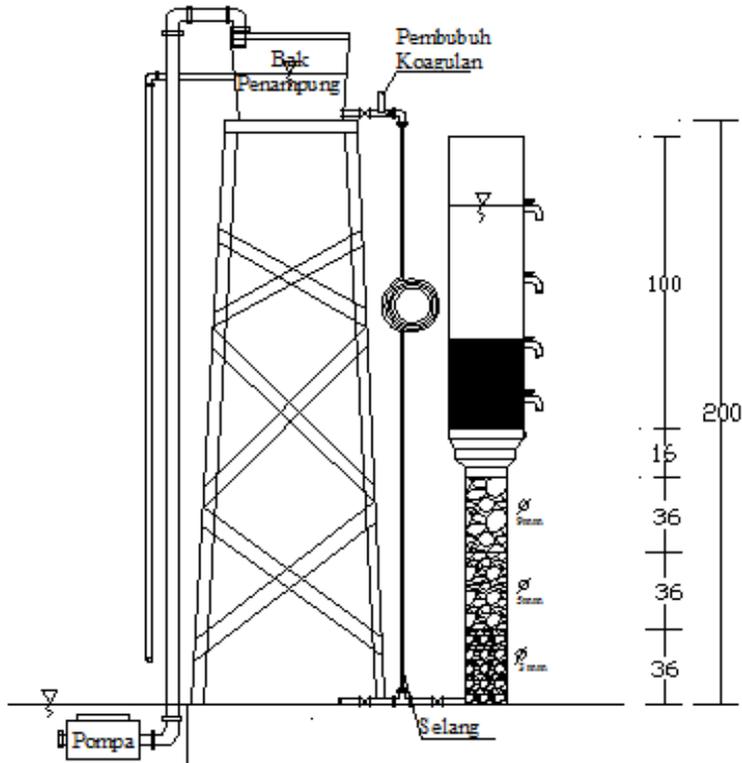


Gambar 3.3 Set Up Alat td 3

Langkah-langkah penelitian :

1. Air baku langsung diserap dengan menggunakan pompa air yang kemudian dialirkan pada bak penampung yang sudah diatur waktu tinggalnya untuk menjaga debit yang ada di dalam bak akan selalu konstan.
2. Air dari bak dibubuhkan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ atau FeCl_3 sesuai dengan dosis optimum yang telah didapatkan dari hasil analisa Jarrest untuk beberapa variasi kekeruhan.
3. Proses koagulasi berlangsung dalam aliran pipa circular berupa selang transparan dengan diameter 10 mm; panjang selang 15 meter. Hasil perhitungan desain diperoleh harga G hitung $301,03 \text{ detik}^{-1}$ (setara dengan geoteoritis 300 detik^{-1}).
4. Proses flokulasi dengan waktu kontak 3 menit berlangsung didalam reaktor yang berdiameter 14 cm dan tinggi 200 cm, dimana media gravel bed yang digunakan berupa pasir dengan variasi diameter. Media 1 memiliki diameter 3 mm dan ketebalan media 27 cm, media 2 memiliki diameter 5 mm dan ketebalan media 27 cm, dan media 3 memiliki diameter 9 mm dan ketebalan media 27cm.
5. Air hasil dari proses koagulasi akan masuk kedalam reaktor dengan aliran upflow. Air dipastikan dapat mengalir ke atas disebabkan adanya tekanan. Flok-flok yang terbentuk dari proses flokulasi akan membentuk *sludge blanket*.
6. *Sludge Blanket* ini akan tertahan pada ketinggian tertentu dan tekanan tertentu, yang kemudian berfungsi untuk proses klarifikasi.
7. Titik sampling yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 2 titik. Titik 1 pada inlet dan titik 2 pada outlet dari proses koagulasi, flokulasi dan klarifikasi.

Reaktor 2 (td 4 menit)



Gambar 3.4 Set Up Alat td 4

Langkah-langkah penelitian :

1. Air baku langsung diserap dengan menggunakan pompa air yang kemudian dialirkan pada bak penampung yang sudah diatur waktu tinggalnya untuk menjaga debit yang ada di dalam bak akan selalu konstan..

2. Air dari bak dibubuhkan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ atau FeCl_3 sesuai dengan dosis optimum yang telah didapatkan dari hasil analisa Jarrest untuk beberapa variasi kekeruhan.
3. Proses koagulasi berlangsung dalam aliran pipa circular berupa selang transparan dengan diameter 10 mm; panjang selang 15 meter. Hasil perhitungan desain diperoleh harga G hitung $301,03 \text{ detik}^{-1}$ (setara dengan geoteoritis 300 detik^{-1})
4. Proses flokulasi dengan waktu kontak 4 menit berlangsung di dalam reaktor yang berdiameter 14 cm dan tinggi 200 cm, dimana media gravel bed yang digunakan berupa pasir dengan variasi diameter. Media 1 memiliki diameter 3 mm dan ketebalan media 36 cm, media 2 memiliki diameter 5 mm dan ketebalan media 36 cm, dan media 3 memiliki diameter 9 mm dan ketebalan media 36 cm.
5. Air hasil dari proses koagulasi akan masuk kedalam reaktor dengan aliran upflow. Air dipastikan dapat mengalir ke atas disebabkan adanya tekanan. Flok-flok yang terbentuk dari proses flokulasi akan membentuk *sludge blanket*.
6. Sludge Blanket ini akan tertahan pada ketinggian tertentu dan tekanan tertentu, yang kemudian berfungsi untuk proses klarifikasi.
7. Titik sampling yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 2 titik. Titik 1 pada inlet dan titik 2 outlet dari proses koagulasi dan flokulasi.

Adapun foto rangkaian reaktor pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran B no 1-8

3.7.4 Perhitungan Reaktor

Rangkaian dan dimensi reaktor didapatkan dari perhitungan berdasarkan hidrolika aliran serta hidrolika pipa, yang dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini :

Reaktor 1**Perhitungan Koagulasi**

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 Q &= 2000 \text{ l/hari} \\
 &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\
 G &= 300 \text{ detik}^{-1} \\
 \rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30 \text{ }^\circ\text{C)} \\
 \mu &= 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{detik} \\
 t_d &= 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned}
 Gt_d &= G \times t_d \\
 &= 300 \text{ detik}^{-1} \times 60 \text{ detik} \\
 &= 18000 \quad (\text{kd: } 10.000\text{-}100.000)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air (V)} &= Q \times t_d \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 60 \text{ detik} \\
 &= 0,0014 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter selang (Ds)} = 0,01 \text{ m}$$

$$\text{Diamater lingk. Selang (Dc)} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Panjang selang (Ls)} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran (Va)} = Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}\right)} = 0,3 \text{ m/detik}$$

$$\text{Bilangan Reynold (Nre)} = \frac{D_s \cdot V_a}{\nu} = \frac{0,01 \times 0,3}{0,0014} = 3485,6$$

$$\text{Faktor gesekan (f)} = \lambda = \frac{20}{NRe^{0,65}} \left(\frac{D_s}{D_c}\right) \times 0,175$$

$$= \frac{20}{3485,6^{0,65}} \left(\frac{0,01}{0,2}\right) \times 0,175 = 0,06$$

$$\text{Hf mayor} = \lambda \cdot \frac{Va^2}{2g} \cdot \frac{Ls}{D} = 0,06 \cdot \frac{0,3^2}{2,9,8} \cdot \frac{15}{0,01} = 0,393 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kel. Lingk. selang} &= \pi \times Dc \\ &= 3,14 \times 0,2 \text{ m} \\ &= 0,628 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Juml. Lingk. selang} &= Ls / \text{keliling} \\ &= 15\text{m} / 0,628 \text{ m} \\ &= 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K total} &= K \times \text{Juml. elbow} \times \text{juml. Lingk. Selang} \\ &= 0,25 \times 2 \times 24 \\ &= 12 \end{aligned}$$

$$\text{Hf minor} = k \cdot \frac{Va^2}{2g} = 12 \times \frac{0,3^2}{2,9,8} = 0,053 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf total} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} \\ &= 0,393 \text{ m} + 0,053 \text{ m} = 0,44\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot V} \right) \right]^{1/2} \\ &= \left[\left(\frac{0,44 \cdot 996 \cdot 9,8 \cdot 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,0014} \right) \right]^{1/2} \\ &= 301,03/\text{detik} \approx 300/\text{detik} \end{aligned}$$

Perhitungan Flokuasi

Flokulasi 1 (Waktu Kontak : 3 menit)

Direncanakan:

$$Q = 2000 \text{ l/hari}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\
 G &= 30 \text{ detik}^{-1} \\
 \rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30^\circ\text{C)} \\
 \mu &= 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m.detik} \\
 td &= 3 \text{ menit} = 180 \text{ detik} \\
 \alpha &= 0,4
 \end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned}
 Gtd &= G \times td \\
 &= 30 \text{ detik}^{-1} \times 180 \text{ detik} \\
 &= 5400 \text{ (kd:10.000-100.000)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter gravel (Dg)} &= 3 \text{ mm} = 0,003 \text{ m} \\
 \text{Diameter drum (Dd)} &= 0,14 \text{ m} \\
 \text{Jari-jari drum (r)} &= 0,07 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air (V) Bak kosong} &= Q \times td \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 180 \text{ detik} \\
 &= 0,0042 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Td \text{ (berisi media)} &= td \text{ (bak kosong)} \times \alpha \\
 &= 180 \text{ detik} \times 0,4 \\
 &= 72 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air berisi media} &= Q \text{ bak kosong} \times td \text{ (berisi media)} \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 72 \text{ detik} \\
 &= 0,00166 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi media (Lgravel)} = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0,0042}{3,14 \times 0,07^2} = 0,27 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran (Va)} = Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4}\right)}$$

$$= 0,0015 \text{ m/detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold (Nre)} &= \frac{Dg \cdot Va \cdot \rho \cdot \theta}{\mu} \\ &= \frac{0,003 \times 0,0015 \times 996 \times 0,8}{0,0008} = 4,5 \\ &(\text{Kd : aliran laminer} < 2000) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor gesekan (f)} &= 150 \left[\frac{1-\alpha}{NRe} \right] + 1,75 \\ &= 150 \left[\frac{1-0,4}{4,5} \right] + 1,75 = 21,77 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss (HL)} &= \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{Dg} \right) \left(\frac{Va^2}{g} \right) \\ &= \frac{21,77}{0,8} \left[\frac{1-0,4}{0,4^3} \right] \left(\frac{0,27}{0,003} \right) \left(\frac{0,0015^2}{9,8} \right) \\ &= 0,0053 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot \alpha \cdot V} \right) \right]^{1/2} \\ &= \left[\left(\frac{0,0053 \times 996 \times 9,8 \times 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,4 \times 0,0042} \right) \right]^{1/2} \\ &= 30,02 \text{ detik}^{-1} \approx 30 \text{ detik}^{-1} \end{aligned}$$

Flokulasi 2 (Waktu Kontak : 3 menit)

Direncanakan:

$$\begin{aligned} Q &= 2000 \text{ l/hari} \\ &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\ G &= 20 \text{ detik}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30^\circ\text{C)} \\ \mu &= 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m.detik} \\ td &= 3 \text{ menit} = 180 \text{ detik} \\ \alpha &= 0,4\end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned}\text{Gtd} &= G \times td \\ &= 20 \text{ detik}^{-1} \times 180 \text{ detik} \\ &= 3600 \text{ (kd:10.000-100.000)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter gravel (Dg)} &= 5 \text{ mm} = 0,005 \text{ m} \\ \text{Diameter drum (Dd)} &= 0,14 \text{ m} \\ \text{Jari-jari drum(r)} &= 0,07 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air (V) bak kosong} &= Q \times td \\ &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 180 \text{ detik} \\ &= 0,0042 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Td (berisi media)} &= td \text{ (bak kosong)} \times \alpha \\ &= 180 \text{ detik} \times 0,4 \\ &= 72 \text{ detik}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume air berisi media} &= Q \text{ bak kosong} \times td \text{ (berisi media)} \\ &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 72 \text{ detik} \\ &= 0,00166 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi media (Lgravel)} = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0,0042}{3,14 \times 0,07^2} = 0,27 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan aliran (Va)} &= Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4}\right)} \\ &= 0,0015 \text{ m/detik}\end{aligned}$$

$$\text{Bilangan Reynold (Nre)} = \frac{Dg \cdot Va \cdot \rho \cdot \theta}{\mu}$$

$$= \frac{0,005 \times 0,0015 \times 996 \cdot 0,8}{0,0008} = 7,5$$

(Kd : aliran laminer < 2000)

$$\begin{aligned} \text{Faktor gesekan (f)} &= 150 \left[\frac{1-\alpha}{NRe} \right] + 1,75 \\ &= 150 \left[\frac{1-0,4}{7,5} \right] + 1,75 = 13,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Headloss (HL)} &= \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{Dg} \right) \left(\frac{Va^2}{g} \right) \\ &= \frac{13,76}{0,8} \left[\frac{1-0,4}{0,4^3} \right] \left(\frac{0,27}{0,005} \right) \left(\frac{0,0015^2}{9,8} \right) \\ &= 0,0020 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot \alpha \cdot V} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[\left(\frac{0,0020 \times 996 \times 9,8 \times 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,4 \times 0,0042} \right) \right]^{1/2} \\ &= 18,5 \text{ detik}^{-1} \approx 20 \text{ detik}^{-1} \end{aligned}$$

Flokulasi 3 (Waktu Kontak : 3 menit)

Direncanakan:

$$\begin{aligned} Q &= 2000 \text{ l/hari} \\ &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$G = 10 \text{ detik}^{-1}$$

$$\rho = 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30^\circ\text{C)}$$

$$\mu = 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{detik}$$

$$td = 3 \text{ menit} = 180 \text{ detik}$$

$$\alpha = 0,4$$

Dihitung:

$$\begin{aligned} Gtd &= G \times td \\ &= 10 \text{ detik-1} \times 180 \text{ detik} \\ &= 1800 \text{ (kd:10.000-100.000)} \end{aligned}$$

$$G \text{ teoritis} = \frac{1800}{100 \text{ detik}} = 10 \text{ detik-1}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter gravel (Dg)} &= 9 \text{ mm} = 0,009 \text{ m} \\ \text{Diameter drum (Dd)} &= 0,14 \text{ m} \\ \text{Jari-jari drum(r)} &= 0,07 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air (V) bak kosong} &= Q \times td \\ &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 180 \text{ detik} \\ &= 0,0042 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Td \text{ (berisi media)} &= td \text{ (bak kosong)} \times \alpha \\ &= 180 \text{ detik} \times 0,4 \\ &= 72 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air berisi media} &= Q \text{ bak kosong} \times td \text{ (berisi media)} \\ &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 72 \text{ detik} \\ &= 0,00166 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi media (Lgravel)} = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0,0042}{3,14 \times 0,07^2} = 0,27 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (Va)} &= Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4}\right)} \\ &= 0,0015 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bilangan Reynold (Nre)} &= \frac{Dg \cdot Va \cdot \rho \cdot \theta}{\mu} \\ &= \frac{0,009 \times 0,0015 \times 996 \times 0,8}{0,0008} = 13,49 \end{aligned}$$

(Kd : aliran laminer < 2000)

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor gesekan (f)} &= 150 \left[\frac{1-\alpha}{NR_e} \right] + 1,75 \\
 &= 150 \left[\frac{1-0,4}{13,49} \right] + 1,75 = 8,42 \\
 \text{Headloss (HL)} &= \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{Dg} \right) \left(\frac{Va^2}{g} \right) \\
 &= \frac{8,42}{0,8} \left[\frac{1-0,4}{0,4^3} \right] \left(\frac{0,27}{0,009} \right) \left(\frac{0,0015^2}{9,8} \right) \\
 &= 0,00068\text{m} \\
 \text{G hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot \alpha \cdot V} \right) \right]^{1/2} \\
 &= \left[\left(\frac{0,00068 \times 996 \times 9,8 \times 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,4 \times 0,0042} \right) \right]^{1/2} \\
 &= 10,78 \text{ detik}^{-1} \approx 10 \text{ detik}^{-1}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Dimensi Bak dan Headloss

Headloss pipa dari sungai ke bak

Direncanakan :

$$Q = 2000 \text{ L/hr}$$

$$\text{Diameter pipa} = 42 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 2,5 \text{ m}$$

Dihitung :

$$\begin{aligned}
 \text{Hf discharge} &= \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times (D)^{2,63}} \right)^{1,85} \times L \\
 &= \left(\frac{0,000023 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00155 \times 120 \times (4,2)^{2,63}} \right)^{1,85} \times 2,5\text{m} \\
 &= 1,4 \times 10^{-10} \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hf minor pipa ke bak

Direncanakan :

$$2 \text{ belokan (K)} = 0,3$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = 1 \text{ m/s}$$

Dihitung:

$$\text{Hf minor} = k \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= 0,3 \times \frac{1 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hf total} &= \text{Hf discharge} + \text{Hf minor} \\
 &= 1,4 \times 10^{-10} \text{ m} + 0,031 \text{ m} \\
 &= 0,0306 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Bak

Direncanakan :

$$Q = 2000 \text{ l/hr}$$

$$= 0,023 \text{ L/s}$$

$$= 0,000023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$td = 3 \text{ menit}$$

$$= 180 \text{ s}$$

Dihitung :

$$\text{Volume} = Q \times td$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,000023 \text{ m}^3/\text{s} \times 180 \text{ s} \\
 &= 0,0042 \text{ m}^3 \\
 V &= \pi r^2 \times t \\
 0,0042 \text{ m}^3 &= 3,14 (0,1)^2 \times t \\
 t &= \frac{0,0042 \text{ m}^3}{3,14 (0,1)^2} \\
 &= 0,132 \text{ m} \approx 0,14 \text{ m} \approx 14 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimensi bak 2

$$t = 14 \text{ cm}$$

$$r = 10 \text{ cm}$$

Hsisa tekan

$$\text{Head statis} = 200 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hsisa tekan} &= \text{Head statis} - \text{Hf koagulasi} - \text{Hf Flokulasi} - \\
 &\text{Lgravel total} \\
 &= 200 \text{ cm} - 45 \text{ cm} - 1 \text{ cm} - 81 \text{ cm} \\
 &= 73 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi reaktor} &= \text{H sisa tekan} + \text{Lgravel total} \\
 &= 73 \text{ cm} + 81 \text{ cm} \\
 &= 154 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tinggi reaktor ditambahkan 46 c m untuk proses klarifikasi, sehingga tinggi reaktor menjadi 200 cm

Reaktor 2

Perhitungan Koagulasi

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 Q &= 2000 \text{ l/hari} \\
 &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\
 G &= 300 \text{ detik}^{-1} \\
 \rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30^\circ\text{C)} \\
 \mu &= 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{detik} \\
 t_d &= 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Gtd} &= G \times \text{td} \\ &= 300 \text{ detik}^{-1} \times 60 \text{ detik} \\ &= 18000 \quad (\text{kd: } 10.000\text{-}100.000) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume air (V)} &= Q \times \text{td} \\ &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 60 \text{ detik} \\ &= 0,0014 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter selang (Ds)} &= 0,01 \text{ m} \\ \text{Diamater lingk. Selang (Dc)} &= 0,2 \text{ m} \\ \text{Panjang selang (Ls)} &= 15 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan aliran (Va)} = Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}\right)} = 0,3 \text{ m/detik}$$

$$\text{Bilangan Reynold (Nre)} = \frac{Ds \cdot Va}{\nu} = \frac{0,01 \times 0,3}{0,0014} = 3485,6$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor gesekan (f)} &= \lambda = \frac{20}{NRe^{0,65}} \left(\frac{Ds}{Dc}\right) \times 0,175 \\ &= \frac{20}{3485,6^{0,65}} \left(\frac{0,01}{0,2}\right) \times 0,175 = 0,06 \end{aligned}$$

$$\text{Hf mayor} = \lambda \cdot \frac{Va^2}{2g} \cdot \frac{Ls}{D} = 0,06 \cdot \frac{0,3^2}{2,9,8'} \cdot \frac{15}{0,01} = 0,393 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kel. Lingk. selang} &= \pi \times Dc \\ &= 3,14 \times 0,2 \text{ m} \\ &= 0,628 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Juml. Lingk. selang} &= Ls / \text{keliling} \\ &= 15 \text{ m} / 0,628 \text{ m} \\ &= 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K total} &= K \times \text{Juml. elbow} \times \text{juml. Lingk. Selang} \\ &= 0,25 \times 2 \times 24 \end{aligned}$$

$$= 12$$

$$\text{Hf minor} = k \cdot \frac{Va^2}{2g} = 12 \times \frac{0,3^2}{2,98} = 0,053 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf total} &= \text{Hf mayor} + \text{Hf minor} \\ &= 0,393 \text{ m} + 0,053 \text{ m} = 0,44 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{G hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot V} \right) \right]^{1/2} \\ &= \left[\left(\frac{0,44 \cdot 996 \cdot 9,8 \cdot 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,0014} \right) \right]^{1/2} \\ &= 301,03/\text{detik} \approx 300/\text{detik} \end{aligned}$$

Perhitungan Flokuasi

Flokulasi 1 (Waktu Kontak : 4 menit)

Direncanakan:

$$\begin{aligned} Q &= 2000 \text{ l/hari} \\ &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\ G &= 30 \text{ detik}^{-1} \\ \rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30^\circ \text{ C)} \\ \mu &= 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{detik} \\ td &= 4 \text{ menit} = 240 \text{ detik} \\ \alpha &= 0,4 \end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Gtd} &= G \times td \\ &= 30 \text{ detik}^{-1} \times 240 \text{ detik} \\ &= 7200 \text{ (kd: } 10.000\text{-}100.000\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter gravel (Dg)} &= 3 \text{ mm} &= 0,003 \text{ m} \\ \text{Diameter drum (Dd)} &= 0,14 \text{ m} \\ \text{Jari-jari drum (r)} &= 0,07 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air (V) bak kosong} &= Q \times t_d \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 240 \text{ detik} \\
 &= 0,0056 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Td (berisi media)} &= t_d (\text{bak kosong}) \times \alpha \\
 &= 240 \text{ detik} \times 0,4 \\
 &= 96 \text{ detik} \\
 \\
 \text{Volume air berisi media} &= Q \text{ bak kosong} \times t_d (\text{berisi media}) \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 96 \text{ detik} \\
 &= 0,00221 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Tinggi media (Lgravel)} &= \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0,0056}{3,14 \times 0,07^2} = 0,36 \text{ m} \\
 \\
 \text{Kecepatan aliran (Va)} &= Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4}\right)} \\
 &= 0,0015 \text{ m/detik} \\
 \\
 \text{Bilangan Reynold (Nre)} &= \frac{Dg \cdot Va \cdot \rho \cdot \theta}{\mu} \\
 &= \frac{0,003 \times 0,0015 \times 996 \times 0,8}{0,0008} = 4,5 \\
 &(\text{Kd : aliran laminar} < 2000) \\
 \\
 \text{Faktor gesekan (f)} &= 150 \left[\frac{1-\alpha}{NRe} \right] + 1,75 \\
 &= 150 \left[\frac{1-0,4}{4,5} \right] + 1,75 = 21,77 \\
 \\
 \text{Headloss (HL)} &= \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{Dg} \right) \left(\frac{Va^2}{g} \right) \\
 &= \frac{21,77}{0,8} \left[\frac{1-0,4}{0,4^3} \right] \left(\frac{0,36}{0,003} \right) \left(\frac{0,0015^2}{9,8} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0071 \text{ m}$$

G hitung

$$= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot \alpha \cdot V} \right) \right]^{1/2}$$

$$= \left[\left(\frac{0,0071 \times 996 \times 9,8 \times 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,4 \times 0,0042} \right) \right]^{1/2}$$

$$= 30,02 \text{ detik}^{-1} \approx 30 \text{ detik}^{-1}$$

Flokulasi 2 (Waktu Kontak : 4 menit)

Direncanakan:

Q	= 2000 l/hari
	= 0,023 l/detik = $2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$
G	= 20 detik ⁻¹
ρ	= 996 kg/m ³ (suhu 30o)
μ	= $8 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{detik}$
td	= 4 menit = 240 detik
α	= 0,4

Dihitung:

Gtd	= G x td
	= 20 detik ⁻¹ x 240 detik
	= 4800 (kd:10.000-100.000)

Diameter gravel (Dg)	= 5 mm = 0,005 m
----------------------	------------------

Diameter drum (Dd)	= 0,14 m
--------------------	----------

Jari-jari drum(r)	= 0,07 m
-------------------	----------

Volume air (V) bak kosong	= Q x td
	= $2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 240 \text{ detik}$
	= 0,0056 m ³

$$\begin{aligned}
 \text{Td (berisi media)} &= \text{td (bak kosong)} \times \alpha \\
 &= 240 \text{ detik} \times 0,4 \\
 &= 96 \text{ detik} \\
 \\
 \text{Volume air berisi media} &= Q \text{ bak kosong} \times \text{td (berisi media)} \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 96 \text{ detik} \\
 &= 0,00221 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Tinggi media (Lgravel)} &= \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0.0056}{3.14 \times 0,07^2} = 0,36 \text{ m} \\
 \\
 \text{Kecepatan aliran (Va)} &= Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4}\right)} \\
 &= 0,0015 \text{ m/detik} \\
 \\
 \text{Bilangan Reynold (Nre)} &= \frac{Dg \cdot Va \cdot \rho \cdot \theta}{\mu} \\
 &= \frac{0,005 \times 0,0015 \times 996,08}{0,0008} = 7,5 \\
 \\
 &(\text{Kd : aliran laminar} < 2000) \\
 \text{Faktor gesekan (f)} &= 150 \left[\frac{1-\alpha}{NRe} \right] + 1,75 \\
 &= 150 \left[\frac{1-0,4}{7,5} \right] + 1,75 = 13,76 \\
 \\
 \text{Headloss (HL)} &= \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{Dg} \right) \left(\frac{Va^2}{g} \right) \\
 &= \frac{13,76}{0,8} \left[\frac{1-0,4}{0,4^3} \right] \left(\frac{0,36}{0,005} \right) \left(\frac{0,0015^2}{9,8} \right) \\
 &= 0,0027 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G \text{ hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot \alpha \cdot V} \right) \right]^{1/2} \\
 &= \left[\left(\frac{0,0027 \times 996 \times 9,8 \times 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,4 \times 0,0042} \right) \right]^{1/2} \\
 &= 18,5 \text{ detik}^{-1} \approx 20 \text{ detik}^{-1}
 \end{aligned}$$

Flokulasi 3 (Waktu Kontak : 4 menit)

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 Q &= 2000 \text{ l/hari} \\
 &= 0,023 \text{ l/detik} = 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \\
 G &= 10 \text{ detik}^{-1} \\
 \rho &= 996 \text{ kg/m}^3 \text{ (suhu } 30^\circ \text{ C)} \\
 \mu &= 8 \times 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{detik} \\
 td &= 4 \text{ menit} = 240 \text{ detik} \\
 \alpha &= 0,4
 \end{aligned}$$

Dihitung:

$$\begin{aligned}
 Gtd &= G \times td \\
 &= 10 \text{ detik}^{-1} \times 240 \text{ detik} \\
 &= 2400 \text{ (kd:10.000-100.000)}
 \end{aligned}$$

$$\text{Diameter gravel (Dg)} = 9 \text{ mm} = 0,009 \text{ m}$$

$$\text{Diameter drum (Dd)} = 0,14 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari drum (r)} = 0,07 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air (V) bak kosong} &= Q \times td \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 180 \text{ detik} \\
 &= 0,0042 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Td (berisi media)} &= td \text{ (bak kosong)} \times \alpha \\
 &= 240 \text{ detik} \times 0,4 \\
 &= 96 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air berisi media} &= Q \text{ bak kosong} \times t \text{d (berisi media)} \\
 &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik} \times 96 \text{ detik} \\
 &= 0,00221 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Tinggi media (Lgravel)} &= \frac{V}{\pi r^2} = \frac{0,0042}{3,14 \times 0,07^2} = 0,27 \text{ m} \\
 \\
 \text{Kecepatan aliran (Va)} &= Q/A = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right)} = \frac{2,3 \times 10^{-5}}{\left(\frac{\pi \cdot 0,14^2}{4}\right)} \\
 &= 0,0015 \text{ m/detik} \\
 \\
 \text{Bilangan Reynold (Nre)} &= \frac{Dg \cdot Va \cdot \rho \cdot \theta}{\mu} \\
 &= \frac{0,009 \times 0,0015 \times 996 \times 0,8}{0,0008} = 13,49 \\
 &(\text{Kd : aliran laminar} < 2000) \\
 \\
 \text{Faktor gesekan (f)} &= 150 \left[\frac{1-\alpha}{NRe} \right] + 1,75 \\
 &= 150 \left[\frac{1-0,4}{13,49} \right] + 1,75 = 8,42 \\
 \\
 \text{Headloss (HL)} &= \frac{f}{\theta} \left[\frac{1-\alpha}{\alpha^3} \right] \left(\frac{L}{Dg} \right) \left(\frac{Va^2}{g} \right) \\
 &= \frac{8,42}{0,8} \left[\frac{1-0,4}{0,4^3} \right] \left(\frac{0,36}{0,009} \right) \left(\frac{0,0015^2}{9,8} \right) \\
 &= 0,0009 \text{ m} \\
 \\
 \text{G hitung} &= \left[\left(\frac{h \cdot \rho \cdot g \cdot Q}{\mu \cdot \alpha \cdot V} \right) \right]^{1/2}
 \end{aligned}$$

$$= \left[\left(\frac{0,0009 \times 996 \times 9,8 \times 2,3 \times 10^{-5}}{0,0008 \times 0,4 \times 0,0042} \right) \right]^{1/2}$$

$$= 10,78 \text{ detik}^{-1} \approx 10 \text{ detik}^{-1}$$

Perhitungan Dimensi Bak dan Headloss

Headloss pipa dari sungai ke bak

Direncanakan :

$$Q = 2000 \text{ l./hr}$$

$$\text{Diameter pipa} = 42 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pipa (L)} = 2,5 \text{ m}$$

Dihitung :

$$H_f \text{ discharge} = \left(\frac{Q}{0,00155 \times C \times (D)^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

$$= \left(\frac{0,000023 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00155 \times 120 \times (4,2)^{2.63}} \right)^{1.85} \times 2,5 \text{ m}$$

$$= 1,4 \times 10^{-10} \text{ m}$$

Hf minor pipa ke bak

Direncanakan

$$2 \text{ belokan (K)} = 0,3$$

$$\text{Kecepatan Aliran (v)} = 1 \text{ m/s}$$

Dihitung:

$$H_f \text{ minor} = k \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= 0,3 \times \frac{1 \text{ m/s}^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,03 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_f \text{ total} &= H_f \text{ discharge} + H_f \text{ minor} \\
 &= 1,4 \times 10^{-10} \text{ m} + 0,031 \text{ m} \\
 &= 0,0306 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dimensi Bak

Direncanakan :

$$\begin{aligned}
 Q &= 2000 \text{ l/hr} \\
 &= 0,023 \text{ L/s} \\
 &= 0,000023 \text{ m}^3/\text{s} \\
 t_d &= 3 \text{ menit} \\
 &= 180 \text{ s}
 \end{aligned}$$

Dihitung :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume} &= Q \times t_d \\
 &= 0,000023 \text{ m}^3/\text{s} \times 180 \text{ s} \\
 &= 0,0042 \text{ m}^3 \\
 V &= \pi r^2 \times t \\
 0,0042 \text{ m}^3 &= 3,14 (0,1)^2 \times t \\
 t &= \frac{0,0042 \text{ m}^3}{3,14 (0,1)^2} \\
 &= 0,132 \text{ m} \approx 0,14 \text{ m} \approx 14 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimensi bak 2

$$\begin{aligned}
 t &= 14 \text{ cm} \\
 r &= 10 \text{ cm} \\
 H_{\text{sisatekan}} &= \text{Head statis} - H_f \text{ koagulasi} - H_f \text{ Flokulasi} - \\
 &\quad L_{\text{gravel total}} \\
 &= 200 \text{ cm} - 45 \text{ cm} - 1 \text{ cm} - 108 \text{ cm} \\
 &= 46 \text{ cm} \\
 \text{Tinggi reaktor} &= H_{\text{sisatekan}} + L_{\text{gravel total}} \\
 &= 46 \text{ cm} + 108 \text{ cm} \\
 &= 154 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tinggi reaktor ditambahkan 46 c m untuk proses klarifikasi, sehingga tinggi reaktor menjadi 200 cm

3.7 Analisa dan Pembahasan

Analisa data dan pembahasan dilakukan, jika data sudah didapatkan dari hasil analisa penelitian yang telah dilakukan. Data yang telah didapatkan dapat disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik. Pembahasan pada penelitian ini meliputi efektifitas jenis koagulan dalam meremoval kekeruhan & *Coliform* dan seberapa besar efektifitas gravel bed flocculator dalam meremoval kekeruhan dan & *Coliform*. Untuk mengetahui hal tersebut dapat dilihat dari data hasil penelitian yang sudah dilakukan.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang diambil didapatkan dari hasil analisa data penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dan dapat menjawab dari tujuan penelitian, sedangkan saran didapatkan setelah ditarik kesimpulan dari penelitian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

4.1.1 Kualitas Air baku

Kualitas air limbah (grey water) Mulyosari yang berada pada kelurahan Kalisari, kecamatan Mulyorejo, kota Surabaya ini berfluktuasi selama waktu penelitian. Menurut hasil penelitian kekeruhan air limbah (grey water) Mulyosari ini berkisar 10,7 – 16,3 NTU. Faktor yang dapat mempengaruhi perubahan kekeruhan air adalah adanya faktor alam dan manusia. Faktor alam dikarenakan oleh siklus hidrologi dan perubahan musim yang menyebabkan perubahan kualitas sumber-sumber air secara alamiah (Karnaningroem, 2006), sedangkan faktor manusia disebabkan adanya aktivitas manusia yang memanfaatkan badan air sebagai sumber air dan tempat pembuangan limbah (Gauhey, 1986). Kekeruhan air sungai pada saat banjir banyak dipengaruhi oleh bahan-bahan tersuspensi lapisan permukaan tanah yang terbawa oleh aliran air hujan. Hasil penelitian coliform pada air limbah (grey water) Mulyosari cenderung semakin hari semakin meningkat, yakni pada hari pertama sampling didapatkan total coliform sebanyak $11 \times 10^5 / 100$ ml hingga sampai akhir sampling jumlah *coliform* meningkat hingga $50 \times 10^5 / 100$ ml. Bakteri *coliform* banyak terdapat pada feases organisme berdarah panas, apabila suatu badan air memiliki peningkatan jumlah bakteri coliform maka dapat disimpulkan bahwa badan air tersebut sudah tercemar oleh feases.

4.1.2 Hasil Uji Pendahuluan Jartest

Uji jartest adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan dengan menggunakan alat percobaan flokulator yang dilengkapi oleh alat-alat gelas dan pengadukan sempurna, dimana gambar alat dan bahan analisa jartest dapat dilihat pada lampiran B no 9-12. Pengadukan pada jartest dilakukan secara bertahap, pada pengadukan pertama atau

yang biasanya disebut koagulasi berjalan dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit sedangkan pengadukan kedua atau biasanya disebut flokulasi berjalan dengan kecepatan rendah yaitu 40 – 60 rpm selama 15 menit. Flok-flok yang sudah terbentuk kemudian diendapkan selama 15 menit. Uji jartest dilakukan 2 tahap, dimana tahap 1 menggunakan koagulan tawas/ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan tahap 2 dengan menggunakan koagulan FeCl_3 .

Uji jartest tahap 1 menggunakan konsentrasi 1% koagulan tawas dengan variasi dosis 1ml, 4ml, 8ml, 12ml, 20ml, dan 25 ml, yang kemudian uji tersebut dilakukan selama 5 hari. Lima hari adalah waktu untuk memperoleh variasi kekeruhan pada air baku yang akan digunakan, karena kekeruhan pada air baku berfluktuatif. Koagulan tawas dalam bentuk larutan dimasukkan kedalam masing-masing beaker glass untuk dilakukan uji jartes, kemudian sesudah di uji dilakukan pengukuran kekeruhan.

Hasil pemeriksaan laboratorium uji jartest tahap 1 dapat dilihat pada Tabel 4.1 – Tabel 4.5

Tabel 4.1 Hasil Uji Jartest Tahap 1 Hari ke 1

Dosis Tawas (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	7,8	31,58	6,62
40	4,2	63,16	6,84
80	2,4	78,95	6,91
120	0,95	91,67	6,89
200	1,09	90,44	6,69
250	1,28	88,77	6,62

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 11,4 NTU dan pH 6,82

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 11,4 NTU. Persentase

penurunan kekeruhan terbesar yaitu 91,67% dengan penambahan dosis tawas sebesar 120 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 11,4 NTU menjadi 0,95 NTU dan menaikkan pH awal 6,82 menjadi 6,89 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Tabel 4.2 Hasil Uji Jarrest Tahap 1 Hari ke 2

Dosis Tawas (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	8,3	37,12	6,66
40	5,6	57,58	6,82
80	3,8	71,21	6,90
120	1,95	85,23	6,84
200	2,09	84,17	6,72
250	2,43	81,59	6,68

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 13,2 NTU dan pH 6,7

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 13,2 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar yaitu 85,23% dengan penambahan dosis tawas sebesar 120 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 13,2 NTU menjadi 1,95 NTU dan menaikkan pH 6,7 menjadi 6,84 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih

Tabel 4.3 Hasil Uji Jarrest Tahap 1 Hari ke 3

Dosis Tawas (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	19,9	8,29	7,25
40	18,2	16,13	7,17
80	9,58	55,85	7,39
120	6,3	70,97	7,09
200	2,47	88,62	6,99
250	3,78	82,58	6,84

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 21,7 NTU dan pH 7,26

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 21,7 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar yaitu 88,62% dengan penambahan dosis tawas sebesar 200 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 21,7 NTU menjadi 2,47 NTU dan menurunkan pH awal 7,26 menjadi 6,99 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Tabel 4.4 Hasil Uji Jartest Tahap 1 Hari ke 4

Dosis Tawas (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	Ph
10	15,2	6,40	6,82
40	12,8	21,18	6,94
80	6,1	62,44	7,15
120	4,19	74,20	7,23
200	2,41	85,16	7,18
250	2,56	84,24	7,06

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 16,24 NTU dan pH 6,9

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 16,24 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 85,16% dengan penambahan dosis tawas sebesar 200 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 16,24 NTU menjadi 2,41 NTU dan menaikkan pH awal 6,9 menjadi 7,18 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Tabel 4.5 Hasil Uji Jartest Tahap 1 Hari ke 5

Dosis Tawas (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	10,78	11,28	6,67

Lanjutan Tabel 4.5 Hasil Uji Jartest Tahap 1 Hari

ke 5

Dosis Tawas (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
40	7,54	37,94	6,73
80	4,31	64,53	6,78
120	2,09	82,80	6,84
200	2,21	81,81	6,80
250	2,44	79,92	6,76

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 12,15 NTU dan pH 6,9

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 12,15 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 82,80% dengan penambahan dosis tawas sebesar 120 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 12,15 NTU menjadi 2,09 NTU dan menurunkan pH awal 6,9 menjadi 6,84 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Hasil pemeriksaan uji jartest tahap 1 yang dilakukan selama 5 hari dapat ditentukan dosis optimum koagulan tawas untuk kekeruhan 11,4 – 13,2 NTU adalah dengan penambahan dosis tawas 120 mg/l sedangkan untuk kekeruhan 16,24 – 21,7 NTU dengan penambahan dosis tawas 200 mg/l.

Uji jartest tahap 2 menggunakan konsentrasi 1% koagulan FeCl_3 dengan variasi dosis 10 mg/l, 40 mg/l, 80 mg/l, 120 mg/l, 200 mg/l, dan 250 mg/l, yang kemudian uji tersebut dilakukan selama 5 hari. Lima hari adalah waktu untuk memperoleh variasi kekeruhan pada air baku yang akan digunakan, karena kekeruhan pada air baku berfluktuatif. Koagulan FeCl_3 dalam bentuk larutan dimasukkan kedalam masing-masing beaker glass untuk dilakukan uji jartes, kemudian sesudah di uji dilakukan pengukuran kekeruhan.

Hasil pemeriksaan laboratorium uji jartest tahap 2 dapat dilihat pada Tabel 4.6 – Tabel 4.10

Tabel 4.6 Hasil Uji Jartest Tahap 2 Hari ke 1

Dosis FeCl ₃ (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	5,58	51,05	7,07
40	2,27	80,09	6,55
80	2,03	82,19	7,06
120	0,72	93,68	6,82
200	1,29	88,68	6,92
250	4,77	58,16	6,96

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 11,4 NTU dan pH 6,82

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 11,24 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 93,68% dengan penambahan dosis tawas sebesar 120 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 11,4 NTU menjadi 0,72 NTU dan pH menjadi 6,82 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Tabel 4.7 Hasil Jartest Tahap 2 Hari ke 2

Dosis FeCl ₃ (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	6,97	47,20	6,72
40	3,58	72,88	6,71
120	1,18	91,06	6,64
200	1,47	88,86	6,54
250	1,85	85,98	6,52

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 13,2 NTU dan pH 6,7

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 13,2 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 91,06% dengan penambahan dosis

tawas sebesar 120 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 13,2 NTU menjadi 1,18 NTU dan menaikkan pH awal 6,7 menjadi 6,84 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Tabel 4.8 Hasil Uji Jartest Tahap 2 Hari ke 3

Dosis FeCl ₃ (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	17,8	17,97	7,26
40	14,1	35,02	7,27
80	7,92	63,50	7,23
120	6,8	68,66	7,02
200	2,62	87,93	6,90
250	2,95	86,41	7,11

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 21,7 NTU dan pH 7,26

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 21,7 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 87,93 % dengan penambahan dosis tawas sebesar 200 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 21,7 NTU menjadi 2,62 NTU dan menurunkan pH awal 7,26 menjadi 6,90 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Tabel 4.9 Hasil Uji Jartest Tahap 2 Hari ke 4

Dosis FeCl ₃ (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	14,87	8,44	6,98
40	11,43	29,62	6,81
80	7,96	50,99	6,57
120	5,22	67,86	6,77
200	2,18	86,58	6,84
250	2,33	85,65	6,96

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 16,24 NTU dan pH 6,9

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 16,24 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 86,58 % dengan penambahan dosis tawas sebesar 200 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 16,24 NTU menjadi 2,18 NTU dan menurunkan pH awal 6,9 menjadi 6,84 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

4.10 Hasil Uji Jartest Tahap 2 Hari ke 5

Dosis FeCl ₃ (mg/l)	Kekeruhan (NTU)	% Penurunan Kekeruhan	pH
10	10,52	13,42	7,03
40	8,12	33,17	6,95
80	4,37	64,03	6,88
120	2,13	82,47	6,79
200	2,28	81,23	6,64
250	2,53	79,18	6,73

Keterangan: Kekeruhan air baku yang diuji 12,15 NTU dan pH 6,9

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa semua dosis koagulan dapat menurunkan kekeruhan awal air baku 12.15 NTU. Persentase penurunan kekeruhan terbesar 82,47 % dengan penambahan dosis tawas sebesar 120 mg/l yang mampu menurunkan kekeruhan awal 12,15 NTU menjadi 2,28 NTU dan menurunkan pH awal 6,9 menjadi 6,79 memenuhi standar persyaratan kualitas air bersih.

Hasil pemeriksaan uji jartest tahap 2 yang dilakukan selama 5 hari dapat ditentukan dosis optimum koagulan FeCl₃. Dosis optimum pada FeCl₃ menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan dosis optimum pada Tawas/ Al₂(SO₄)₃ untuk kekeruhan 11,4 – 13,2 NTU adalah dengan penambahan dosis FeCl₃ 120 mg/l sedangkan untuk kekeruhan 16,24 – 21,7 NTU dengan penambahan dosis FeCl₃ 200 mg/l.

4.2 Hasil Penelitian Lanjutan

4.2.1 Hasil Analisa Kekeruhan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

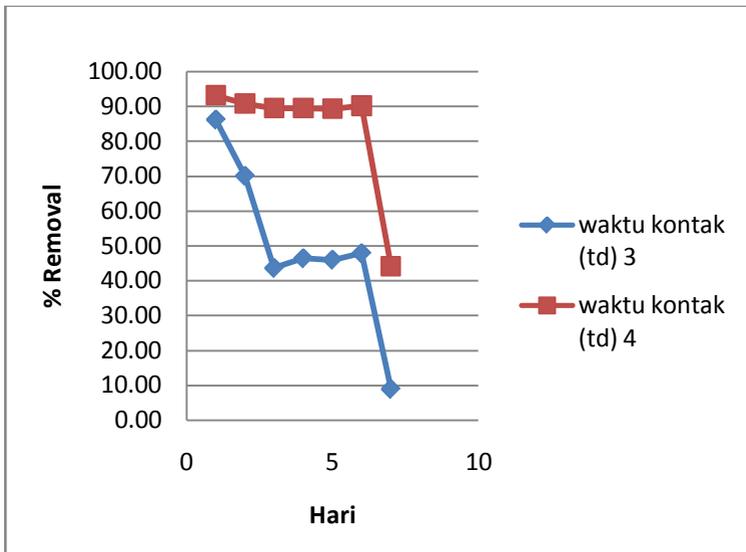
Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan variasi waktu kontak (3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter Kekeruhan dengan menggunakan metode turbidimetri (Alat analisa kekeruhan terdapat pada lampiran B no 26) dapat dilihat dari tabel 4.11

Tabel 4.11 Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Ditinjau Dari Kekeruhan

Hari	Dosis (mg/l)	Inlet	td 3	td 4	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	12,8	1,75	0,86	86,33	93,28
2	120	12,4	3,7	1,13	70,16	90,89
3	120	13,7	7,72	1,42	43,65	89,64
4	120	16,3	8,73	1,69	46,44	89,63
5	120	14,6	7,88	1,54	46,03	89,45
6	120	12,9	6,72	1,26	47,91	90,23
7	120	10,7	9,75	5,98	8,88	44,11

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa dengan dosis koagulan tawas 120 mg/l mampu menurunkan kekeruhan awal air baku yang berkisar 10,7 – 16,3 NTU. Penentuan dosis 120 mg/l dilakukan melalui uji pendahuluan jartest. Pada reaktor (td 3)

efisiensi removal tertinggi terjadi pada hari pertama yaitu mencapai 86,33%, dimana kekeruhan awal air baku 12,8 NTU turun menjadi 1,75 NTU dan pada reaktor (td 4) efisiensi removal tertinggi pada hari yang sama dengan reaktor (td 3) yaitu hari pertama sebesar 93,28% yang mampu menurunkan kekeruhan awal 12,8 NTU menjadi 0,86 NTU sesuai dengan persyaratan baku mutu air bersih. Reaktor td 4 rata-rata memiliki persentase removal yang lebih besar dibandingkan dengan reaktor td 3. Waktu kontak (td) dinyatakan sebagai lama pengadukan yang mempengaruhi nilai G.td. Menurut hasil penelitian Puteri (2011) Semakin kecil nilai G.td menunjukkan terjadi penurunan pembentukan flok yang disebabkan nilai td kecil, sehingga proses kurang berjalan sempurna. Berikut hasil efisiensi removal kekeruhan pengolahan air baku dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar 4.1

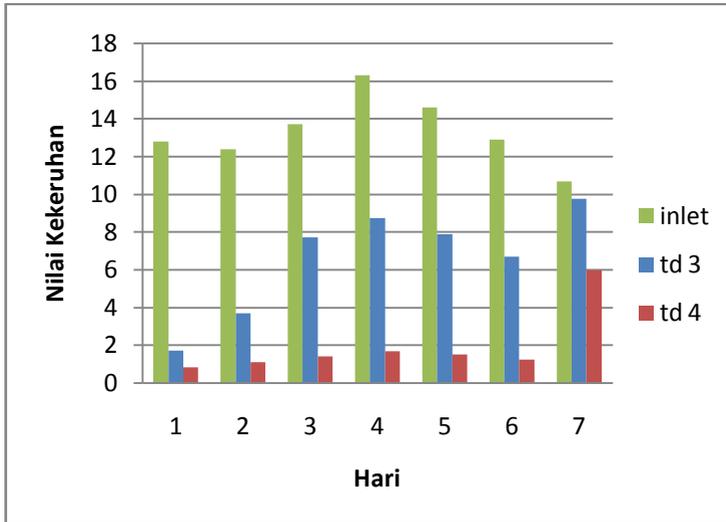


Gambar 4.1 Efisiensi Removal Koagulan Tawas Terhadap Parameter Kekeruhan

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa grafik efisiensi removal kekeruhan menurun selama penelitian. Penurunan efisiensi removal terjadi karena adanya masalah pada proses pembentukan flok yang kurang sempurna. Berjalannya alat secara optimal mampu membentuk flok yang banyak, hal ini disebabkan air baku yang telah bercampur dengan koagulan masuk secara kontinyu melewati proses koagulasi pada *pipa circular* dan proses flokulasi pada media kerikil, dimana pada proses tersebut ada perbedaan nilai gradien kecepatan (G). Nilai G pada proses koagulasi sebesar 300 detik^{-1} dan nilai G pada proses flokulasi diturunkan secara bertahap yaitu 30 detik^{-1} , 20 detik^{-1} , dan 10 detik^{-1} . Menurut Puteri 2011, gradien kecepatan (G) merupakan satuan yang berbanding lurus dengan banyaknya tumbukan sehingga semakin besar G semakin banyak tumbukan yang terjadi dan semakin besar ukuran flok yang terbentuk. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradient kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang terbentuk tidak pisah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Pembentukan flok secara sempurna mempunyai kemampuan adsorpsi yang cukup besar sehingga akan mempengaruhi hasil akhir analisa kekeruhan.

Dalam grafik reaktor waktu kontak (td 3) dan reaktor waktu kontak (td 4) menunjukkan penurunan yang signifikan pada hari ketujuh yaitu persentase removal hanya 8,88%, pada reaktor (td 3) dan 44,11% pada reaktor (td 4) hal ini dikarenakan terjadi kesalahan pada teknis pompa air ke bak penampung mengalami penyumbatan oleh partikel yang berada pada air baku sehingga pompa tidak mampu menyerap air, ini yang mengakibatkan distribusi air dari bak penampung ke reaktor tidak berjalan secara kontinyu sehingga flok yang terbentuk tidak sempurna, dimana flok-flok tersebut akan berkumpul membentuk *sludge blanket* yang memiliki kemampuan adsorpsi.

Analisa kekeruhan dilakukan selama 7 hari, berikut grafik analisa kekeruhan selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Hasil Analisa Kekeruhan

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa kekeruhan air baku (inlet) selama penelitian 7 hari berfluktuatif, rentan kekeruhan pada inlet 10,7 NTU -16,3 NTU. Hasil analisa kekeruhan dilihat selama 7 hari penelitian sudah cukup efektif karena kekeruhan inlet dapat turun dengan adanya pengolahan melalui variasi koagulan dan waktu kontak, hal ini ditunjukkan dengan diagram antara inlet dengan reaktor td 3 dan reaktor td 4 semakin turun. Dari grafik di atas diketahui bahwa koagulan tawas mampu menurunkan kekeruhan hingga 0,86 NTU

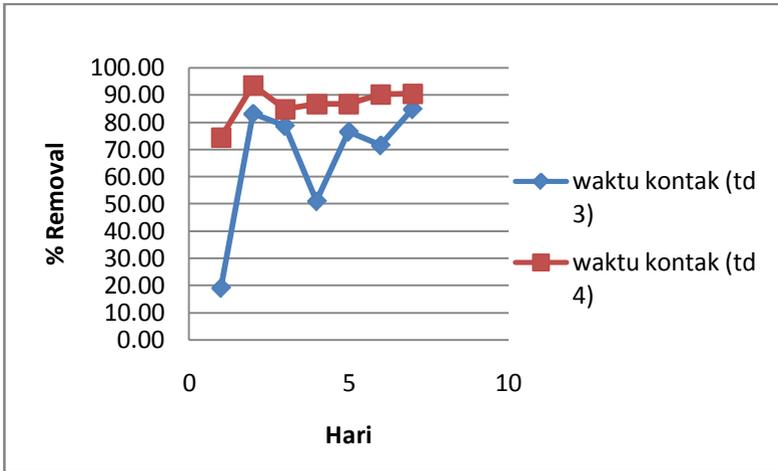
4.2.2 Hasil Analisa Kekeruhan (FeCl_3)

Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan FeCl_3 dan variasi waktu kontak (3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter Kekeruhan (Alat analisa kekeruhan terdapat pada lampiran B no 26) dapat dilihat dari tabel 4.12

Tabel 4.12 Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan FeCl_3
Ditinjau Dari Kekeruhan

Hari	Dosis (mg/l)	Inlet (NTU)	td 3 (NTU)	td 4 (NTU)	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	10,4	8,41	2,66	19,13	74,42
2	120	11,7	1,98	0,76	83,08	93,50
3	120	11,4	2,44	1,74	78,60	84,74
4	120	14,4	7,06	1,91	50,97	86,74
5	120	13,7	3,22	1,83	76,50	86,64
6	120	14,9	4,25	1,46	71,48	90,20
7	200	21,3	3,25	2,02	84,74	90,52

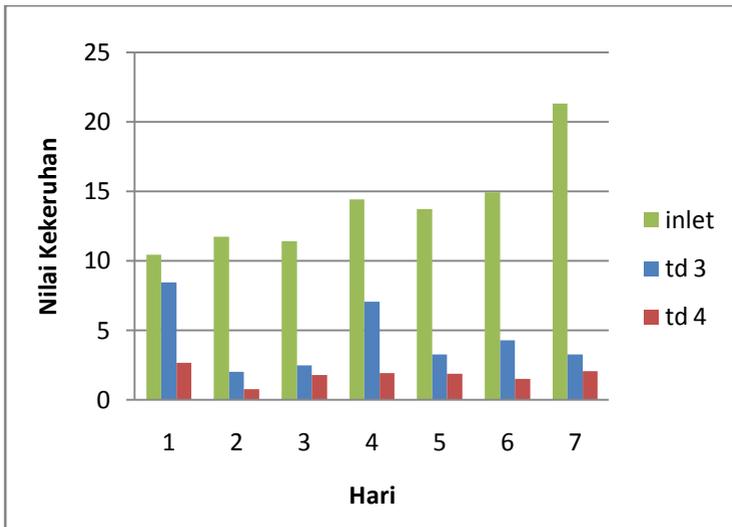
Tabel 4.12 menunjukkan bahwa dosis 120 mg/l dan 200 mg/l FeCl_3 mampu menurunkan kekeruhan air baku awal yang berkisar 10,4 – 21,3. Penentuan dosis didapatkan melalui uji pendahuluan jartest. Pada reaktor (td3) persentase removal tertinggi terjadi di hari ke 7 yaitu sebesar 84,74% dimana kekeruhan awal 21,3 NTU turun menjadi 3,25 NTU, sedangkan pada reaktor (td 4) persentase removal tertinggi terjadi di hari ke 2 yaitu sebesar 93,50% dimana kekeruhan awal 11,7NTU turun menjadi 0,76 NTU sesuai menurut standar baku mutu air bersih. Menurut tabel di atas persentase reaktor (td 4) rata-rata lebih besar dibandingkan dengan reaktor (td 3), hal ini dikarenakan reaktor (td 4) mampu menghasilkan flok yang lebih banyak karena nilai $G \cdot t_d$ lebih besar. Semakin besar nilai $G \cdot t_d$ pembentukan flok akan semakin banyak yang disebabkan nilai t_d besar, sehingga proses berjalan sempurna. Berikut hasil efisiensi removal kekeruhan FeCl_3 dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Efisiensi Removal Koagulan FeCl_3 Terhadap Parameter Kekeruhan

Gambar 4.3 menunjukkan persentase efisiensi removal kekeruhan naik selama penelitian. Kenaikan persentase efisiensi removal ini menunjukkan proses yang terjadi pada reaktor selama penelitian berjalan dengan baik. Flok-flok yang dihasilkan dari proses koagulasi-flokulasi terbentuk dengan baik, sehingga flok mampu menurunkan kekeruhan. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradient kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang terbentuk tidak pisah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Pembentukan flok secara sempurna mempunyai kemampuan adsorpsi yang cukup besar sehingga akan mempengaruhi hasil akhir analisa kekeruhan. Menurut (Puteri, 2011) Koagulan besi mampu menghasilkan flok yang lebih kuat dibandingkan flok yang terbentuk oleh koagulan aluminium sulfat, maka dari itu koagulan FeCl_3 mampu menurunkan kekeruhan secara efektif. Pada hari keempat terjadi penurunan persentase removal yang

dikarenakan proses pembentukan flok tidak berjalan secara sempurna. Flok yang terbentuk secara sempurna jumlahnya akan semakin banyak dan pori-pori flok juga semakin mengecil sehingga mempunyai kemampuan adsorpsi yang cukup besar. Berikut hasil analisa kekeruhan selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Hasil Analisa Kekeruhan FeCl_3

Gambar 4.4 menunjukkan kekeruhan air baku awal berfluktuatif. Kekeruhan air baku awal terendah terjadi pada hari ke 1 yaitu 10,4 dan kekeruhan tertinggi terjadi pada hari ke 7 yaitu sebesar 21,3. Hasil analisa kekeruhan dilihat selama 7 hari penelitian sudah cukup efektif karena kekeruhan inlet dapat turun dengan adanya pengolahan melalui variasi koagulan dan waktu kontak, hal ini ditunjukkan dengan diagram antara inlet dengan reaktor td 3 dan reaktor td 4 semakin turun. Menurut grafik di atas koagulan FeCl_3 mampu menurunkan kekeruhan hingga 0,76 NTU.

4.2.3 Hasil Analisa *Coliform* ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

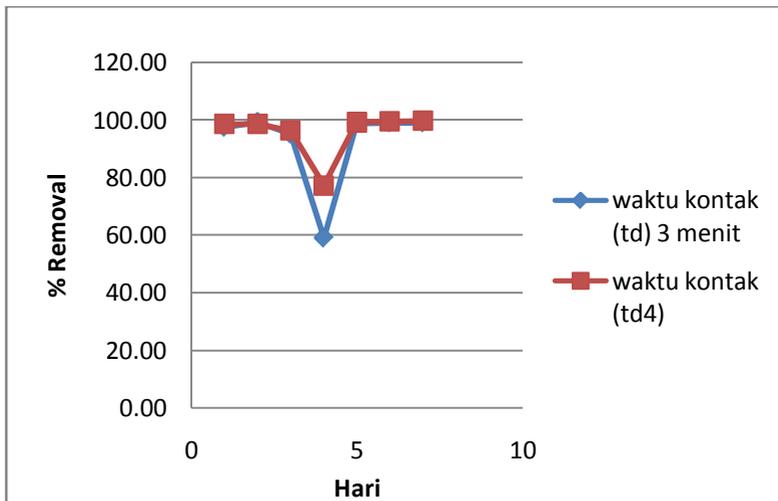
Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan variasi waktu kontak (3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter *coliform* (bahan dan alat analisa coliform ada pada lampiran B no 13-25) dapat dilihat dari tabel 4.13

Tabel 4.13 Hasil Pengolahan Air Baku Dengan Menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Ditinjau Dari Coliform

Hari	Dosis (mg/l)	inlet (100/ml sampel)	td 3 (100/ml sampel)	td 4 (100/ml sample)	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	1100000	26000	14000	97,64	98,73
2	120	1200000	8000	17000	99,33	98,58
3	120	1700000	80000	60000	95,29	96,47
4	120	2200000	900000	500000	59,09	77,27
5	120	2700000	30000	21000	98,89	99,22
6	120	3400000	27000	17000	99,21	99,50
7	120	5000000	40000	13000	99,20	99,74

Tabel 4.13 menunjukkan nilai *total coliform* reaktor (td 3) rata-rata lebih banyak dibanding dengan nilai *total coliform* reaktor (td 4). Pada reaktor (td 3) efisiensi removal tertinggi terjadi pada hari kedua mencapai 99,33%, dimana jumlah *total coliform* awal $12 \times 10^5/100$ ml sampel turun hingga $8 \times 10^3/100$ ml sampel dan pada reaktor (td 4) efisiensi removal tertinggi terjadi pada hari ke tujuh mencapai 99,74%, dimana jumlah *total coliform* awal $50 \times 10^5/100$ ml sampel turun hingga $13 \times 10^3/100$ ml sampel. Kemampuan reaktor (td 4) dalam meremoval *coliform* lebih besar dibanding dengan reaktor (td 3) hal ini diakibatkan reaktor (td 4) menghasilkan flok lebih banyak, yang dipengaruhi

oleh nilai $G.td$, dimana semakin besar nilai $G.td$ pembentukan flok akan semakin banyak yang disebabkan nilai td besar, sehingga proses pembentukan flok optimal. Pembentukan flok yang optimal dapat mempengaruhi hasil akhir analisa *coliform*. Berikut hasil efisiensi removal *coliform* dapat dilihat pada gambar 4.5

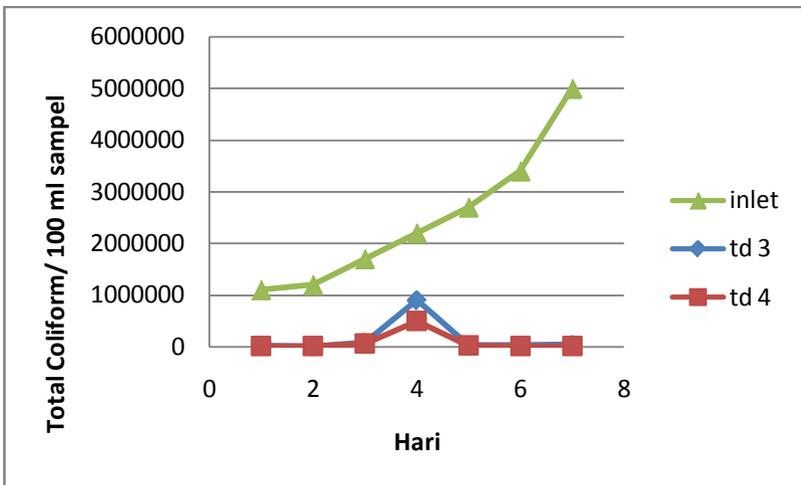


Gambar 4.5 Efisiensi Removal Koagulan Tawas Terhadap Parameter Coliform

Pada Gambar 4.5 prosentase removal *coliform* relatif stabil dan mendekati 100 %. Dilihat dari prosentase efisiensi removal tersebut menunjukkan proses dalam reaktor berjalan dengan baik, meskipun pada hari keempat mengalami penurunan yang cukup drastis. Flok – flok yang dihasilkan dari proses koagulasi dan flokulasi terbentuk secara sempurna yang kemudian menggumpal membentuk *sludge blanket* pada satu titik. Penurunan jumlah *coliform* ini disebabkan adanya proses penyaringan pada *sludge blanket*. *Sludge blanket* adalah endapan dari kumpulan flok-flok yang terbentuk dari hasil koagulasi dan

flokulasi yang memiliki rongga pori serta memiliki kemampuan menyaring zat-zat organik termasuk bakteri *coliform*. Selain penyaringan terjadi pada *sludge blanket*, penyaringan bakteri *coliform* juga terjadi pada media kerikil yang juga memiliki pori.

Penurunan prosentase efisiensi removal pada hari keempat ini diakibatkan ukuran pori pada *sludge blanket* lebih besar dibandingkan dengan ukuran bakteri *coliform*, sehingga bakteri tersebut dapat lolos melewati pori *sludge blanket*. Selain itu penurunan ini diakibatkan flok yang terbentuk kurang sempurna, dimana flok yang terbentuk secara sempurna akan memiliki kemampuan adsorpsi yang cukup besar.



Gambar 4.6 Hasil Analisa Coliform ($Al_2(SO_4)_3$)

Gambar 4.6 menunjukkan jumlah total coliform pada air baku awal jumlahnya semakin meningkat setiap harinya. Jumlah total coliform terendah pada hari ke 1 yaitu sebesar $1.1 \times 10^5 / 100$ ml sampel dan total coliform tertinggi pada hari ke 7 yaitu sebesar $5.0 \times 10^5 / 100$ ml sampel. Hasil analisa *coliform* dilihat selama 7 hari penelitian sudah cukup efektif karena kekeruhan inlet dapat

turun dengan adanya pengolahan melalui variasi koagulan dan waktu kontak, hal ini ditunjukkan dengan diagram antara inlet dengan reaktor td 3 dan reaktor td 4 semakin turun. Menurut grafik di atas koagulan tawas mampu menurunkan coliform hingga $8 \times 10^3 / 100$ ml sampel.

4.2.4 Hasil Analisa Coliform (FeCl_3)

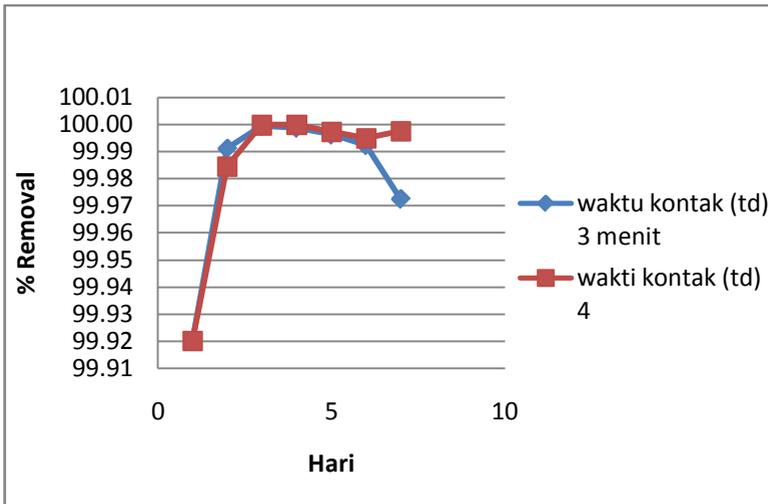
Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan FeCl_3 dan variasi waktu kontak (3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter *coliform* (bahan dan alat analisa coliform ada pada lampiran B no 13-25) dapat dilihat dari tabel 4.14

Tabel 4.14 Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan FeCl_3 Ditinjau Dari Coliform

Hari	Dosis (mg/l)	inlet (100/ml sampel)	td 3 (100/ml sampel)	td 4 (100/ml sampel)	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	5000000	4000	4000	99,92	99,92
2	120	9000000	800	1400	99,99	99,98
3	120	30000000	170	60	99,99	99,99
4	120	24000000	300	20	99,99	99,99
5	120	8000000	300	210	99,99	99,99
6	120	3400000	260	170	99,99	99,99
7	200	800000	220	20	99,97	99,99

Tabel 4.14 menunjukkan nilai *total coliform* reaktor (td 3) rata-rata lebih banyak dibanding dengan nilai *total coliform* reaktor (td 4). Pada reaktor (td 3) efisiensi removal mencapai 99,99% pada hari ke 2 hingga hari ke 6 dimana jumlah *total*

coliform awal $80 \times 10^5/100$ ml sampel – $300 \times 10^5/100$ ml sampel turun hingga $17 \times 10/100$ ml sampel – $8 \times 10^2/100$ ml sampel dan pada reaktor (td 4) efisiensi removal mencapai 99,99% pada hari ke 3 hingga hari ke 7, dimana jumlah *total coliform* awal $8 \times 10^5/100$ ml sampel – $300 \times 10^5/100$ ml sampel turun hingga $2 \times 10/100$ ml sampel – $21 \times 10/100$ ml sampel. Berikut hasil efisiensi removal coliform dapat dilihat pada gambar 4.7

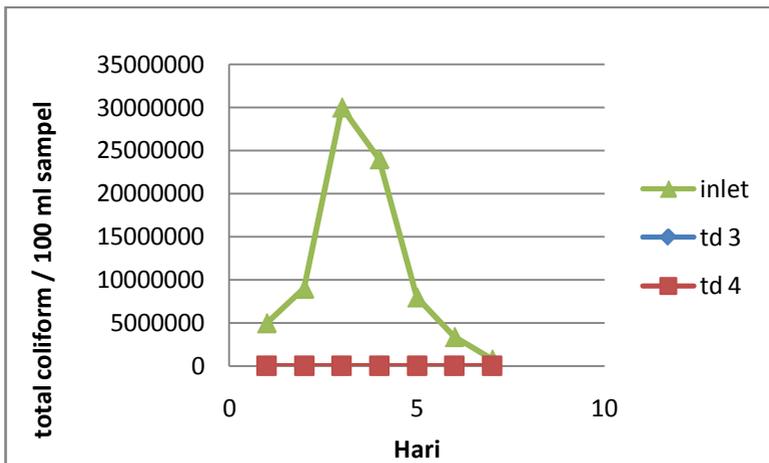


Gambar 4.7 Efisiensi Removal Koagulan FeCl_3 Terhadap Parameter Coliform

Pada gambar 4.7 prosentase removal coliform mengalami kenaikan, meskipun pada reaktor (td 3) pada hari ke 7 mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan, selisih penurunan persentase hanya sebesar 0,02%. Dilihat dari grafik reaktor (td 4) memiliki kemampuan meremoval *coliform* lebih besar, hal ini dikarenakan reaktor (td 4) menghasilkan jumlah flok yang lebih banyak untuk mengendap menjadi *sludge blanket* sehingga kemampuan *sludge blanket* dalam menyaring partikel zat organik

termasuk bakteri *coliform* juga lebih besar. Pembentukan flok ini dipengaruhi oleh nilai $G.td$, dimana semakin besar nilai $G.td$ pembentukan flok akan semakin banyak yang disebabkan nilai td besar, sehingga proses pembentukan flok optimal. Nilai $G.td$ pada reaktor (td 3) lebih kecil dibandingkan reaktor (td 4), maka dari itu flok yang dihasilkan dari reaktor (td 3) tidak sebanyak reaktor (td 4) sehingga kemampuan flok untuk menyaring partikel zat organik juga tidak optimal, ini yang menyebabkan persentase removal *coliform* pada reaktor (td 3) tidak sebesar reaktor (td 4). Menurut Puteri (2011) koagulan besi mampu menghasilkan flok yang lebih kuat dibandingkan flok yang terbentuk dari koagulan alum, maka dari itu koagulan $FeCl_3$ mampu menurunkan kekeruhan secara efektif.

Pada hari ke 7 pada reaktor (td 3) mengalami penurunan, meskipun tidak terlalu signifikan. Penurunan ini diakibatkan flok yang terbentuk kurang sempurna, dimana flok yang terbentuk secara sempurna akan memiliki kemampuan adsorpsi yang cukup besar. Berikut hasil analisa *coliform* selama penelitian dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4.8 Hasil Analisa Coliform ($FeCl_3$)

Gambar 4.8 menunjukkan jumlah *total coliform* pada air baku awal jumlahnya berfluktuatif setiap harinya. Jumlah total *coliform* terendah pada hari ke 7 yaitu sebesar $8 \times 10^5 / 100$ ml sampel dan total *coliform* tertinggi pada hari ke 3 yaitu sebesar $300 \times 10^5 / 100$ ml sampel. Hasil analisa *coliform* dilihat selama 7 hari penelitian sudah cukup efektif karena kekeruhan inlet dapat turun dengan adanya pengolahan melalui variasi koagulan dan waktu kontak, hal ini ditunjukkan dengan diagram antara inlet dengan reaktor td 3 dan reaktor td 4 semakin turun. Menurut grafik di atas koagulan FeCl_3 mampu menurunkan *coliform* hingga $2 \times 10 / 100$ ml sampel.

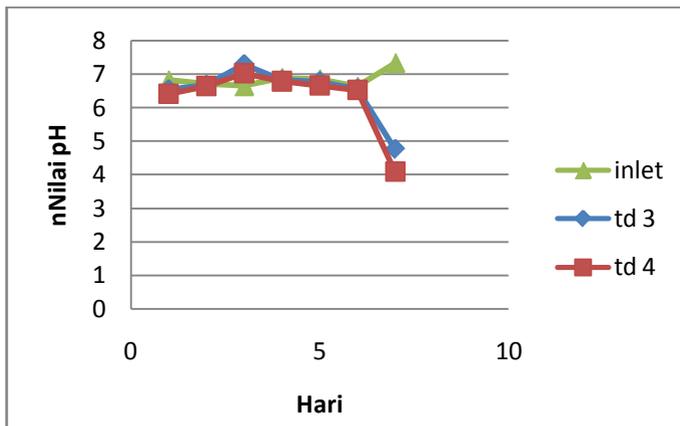
4.2.5 Hasil Analisa pH terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

pH merupakan salah satu parameter yang diukur dalam penelitian ini karena dalam pengolahan air, parameter ini penting dalam penentuan kelayakan. Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan variasi waktu kontak (3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter pH dapat dilihat dari tabel 4.15

Tabel 4.15 Hasil Analisa pH Menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Hari	Inlet	td 3	td 4
1	6,83	6,55	6,42
2	6,71	6,68	6,65
3	6,66	7,30	7,03
4	6,90	6,83	6,79
5	6,86	6,79	6,67
6	6,64	6,57	6,53
7	7,34	4,76	4,09

Tabel 4.15 menunjukkan hasil pH pada inlet cenderung asam, meskipun pada hari ke 7 pH inlet bersifat basa. Nilai pH netral adalah 7, jika nilai pH dibawah 7 bersifat asam sedangkan nilai pH diatas 7 bersifat basa. Menurut Puteri (2011), Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ akan lebih efektif bekerja pada rentang pH 4,5 – 8, hal ini dikarenakan alumunium hidroksida relatif tidak larut pada rentang pH tersebut selain itu $Al(OH)_3$ pada rentang pH yg optimal akan cenderung bereaksi dengan partikel koloid yang bermuatan negatif. Partikel koloid memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga tidak dapat mengendap secara gravitasi. Reaksi $Al(OH)_3$ dengan partikel koloid menyebabkan partikel kolid tersebut mengendap karena partikel mempunyai ukuran yang lebih besar. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Hasil analisa pH pada reaktor (td 3) dan reaktor (td 4) rata-rata nilai pH sudah mendekati netral maka dari itu nilai pH akhir sudah memenuhi standar baku mutu air bersih dimana rentang pH yang ditetapkan adalah 6,5 – 9,0. Berikut hasil analisa kekeruhan dapat dilihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Hasil Analisa pH ($Al(SO_4)_3$)

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai pH selama penelitian cenderung stabil mendekati nilai pH netral, namun pada hari ke 7 terjadi penurunan pH yang signifikan yaitu pada reaktor (td 3) nilai pH 4,76 dan pada reaktor (td 4) nilai pH 4,09 hal ini dikarenakan oleh masalah teknis yang dikarenakan pompa air tersumbat sehingga air baku tidak dapat masuk ke dalam reaktor secara maksimal sedangkan koagulan tawas tetap masuk secara terus menerus akibatnya jumlah koagulan yang masuk ke dalam reaktor tidak sebanding dengan air baku yang masuk ke dalam reaktor. Menurut Amir dan Isnaniawardhana (2008) penurunan pH biasanya disebabkan oleh peningkatan kadar sulfur, dalam hal ini sulfur yang berasal dari koagulan tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Penambahan koagulan berbanding lurus dengan perubahan penurunan pH, semakin besar dosis koagulan yang ditambahkan maka penurunan pH juga semakin besar.

4.2.6 Hasil Analisa pH terhadap FeCl_3

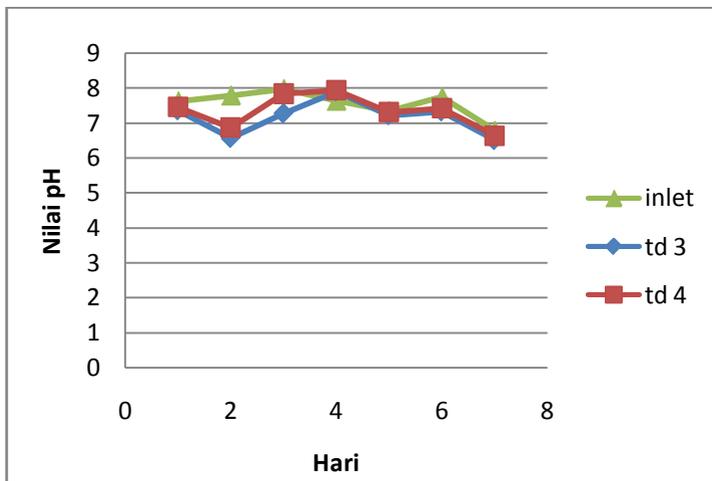
Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan FeCl_3 dan variasi waktu kontak (3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter pH dapat dilihat dari tabel 4.16

Tabel 4.16 Hasil Analisa pH Menggunakan FeCl_3

Hari	Inlet	td 3	td 4
1	7,62	7,36	7,46
2	7,79	6,57	6,87
3	7,97	7,27	7,83
4	7,64	7,9	7,93
5	7,34	7,22	7,31
6	7,74	7,33	7,42
7	6,78	6,51	6,64

Tabel 4.16 menunjukkan nilai pH pada inlet cenderung basa meskipun pada hari ke 7 pH inlet asam. Nilai pH netral

adalah 7, jika nilai pH dibawah 7 bersifat asam sedangkan nilai pH diatas 7 bersifat basa. Menurut Puteri (2011), Koagulan FeCl_3 akan lebih efektif bekerja pada rentang pH 4 – 12, hal ini dikarenakan Ferri Hidroksida relatif tidak larut pada rentang pH tersebut selain itu $\text{Fe}(\text{OH})_3$ pada rentang pH yg optimal akan cenderung bereaksi dengan partikel koloid yang bermuatan negatif. Partikel koloid memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga tidak dapat mengendap secara gravitasi. Reaksi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dengan partikel koloid menyebabkan partikel koloid tersebut mengendap karena partikel mempunyai ukuran yang lebih besar. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Hasil analisa pH pada reaktor (td 3) dan reaktor (td 4) rata-rata nilai pH sudah mendekati netral. Berikut hasil analisa kekeruhan dapat dilihat pada gambar 4.10



Gambar 4.10 Hasil Analisa pH (FeCl_3)

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai pH selama penelitian cenderung stabil mendekati nilai pH netral maka dari

itu nilai pH akhir sudah memenuhi standar baku mutu air bersih dimana rentang pH yang ditetapkan adalah 6,5 – 9,0.

Adapun prosedur penelitian, data analisa dan gambar alat bahan pada analisa kekeruhan dan *total coli* dapat dilihat pada Lampiran A, B, dan D

4.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan dan Biaya Koagulan

Perhitungan kebutuhan bahan dan biaya koagulan $Al_2(SO_4)_3$ dan $FeCl_3$ untuk konsentrasi 1% pada pengolahan air limbah (*grey water*) Mulyosari adalah sebagai berikut :

Larutan tawas 1% = 10 gram/ 1 liter air

Debit air = 2000L/hr

Dosis Optimum = 12 ml/L

Volume larutan koagulan = 12 ml/L x 2000L/hr

= 24000 ml/hr

= 24 L/hr

Kebutuhan koagulan = 10 gr/L x 24 L/hr

= 240 gr/hr

Biaya Koagulan :

Harga Tawas = Rp.9.000,- /kg

Harga Tawas = Rp.9.000,- / 1000 gr

= Rp.9 /gr

Harga $FeCl_3$ = Rp.25.000,-/kg

Harga $FeCl_3$ = Rp.25.000,-/1000 gr

= Rp.25/gr

Biaya bahan koagulan per hari:

Biaya kebutuhan tawas/hari = bahan koagulan x harga/gr

$$\begin{aligned} &= 240 \text{ gr/hr} \times \text{Rp } 9/\text{gr} \\ &= \text{Rp } 2160\text{- / hari} \end{aligned}$$

Biaya kebutuhan FeCl_3 /hari

$$\begin{aligned} &= \text{bahan koagulan} \times \text{harga/gr} \\ &= 240 \text{ gr/hr} \times \text{Rp } 25/\text{gr} \\ &= \text{Rp } 6000\text{,-/ hari} \end{aligned}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Persentase efisiensi removal yang efektif analisa kekeruhan terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan menggunakan td 3 sebesar 86,33% sedangkan untuk td 4 sebesar 93,28%; persentase efisiensi removal yang efektif analisa kekeruhan terhadap FeCl_3 dengan menggunakan td 3 sebesar 84,74% sedangkan untuk td 4 sebesar 93,50%.
- Persentase efisiensi removal yang efektif analisa coliform terhadap $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan menggunakan td 3 sebesar 99,33% sedangkan untuk td 4 sebesar 99,74%; persentase efisiensi removal yang efektif analisa coliform terhadap FeCl_3 dengan menggunakan td 3 sebesar 99,99% sedangkan untuk td 4 sebesar 99,99%.
- Hasil analisa yang efektif dengan menggunakan variasi koagulan dan waktu tinggal ditinjau dari segi biaya yaitu dengan menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan menggunakan td 4, meski koagulan FeCl_3 memiliki persentase removal yang lebih besar dibanding dengan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ koagulan tersebut membutuhkan biaya yang lebih mahal dalam pengolahannya dan selisih persentase removal yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

5.2 Saran

- Perlunya penambahan desinfektan, agar bakteri dapat tereduksi secara sempurna.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISA

PROSUDER ANALISA *TOTAL COLI*

Bahan-bahan yang digunakan pada analisis E.coli adalah sebagai berikut :

- a) Media *Lactose Broth* (Larutan berwarna oranye)
1 liter media lactose Brith terdiri dari:
 - BBL = 3 gram
 - Pepton = 5 gram
 - Loctose = 5 gramBahan kemudian dicampur dan diencerkan dengan aquadest 1 liter
- b) Air pengencer (bening tidak berwarna)
1 liter terdiri dari 8,5 NaCl dan air garam
- c) Media BGLBB (larutan berwarna hijau)
BGLBB sebanyak 40 gram dan diencerkan dengan aquadest hingga 1 liter.
- d) Media EMB (Sebelum dipanaskan berwarna hijau, setelah dipanaskan berwarna merah)

PERSIAPAN MEDIA *LACTOSE BROTH*

1. Media lactose broth dimasukkan ke dalam tiap-tiap tabung reaksi sebanyak 10 mL.
2. Tabung durham dimasukkan ke dalam tabung yang telah diisi media *lactose broth* dengan posisi terbalik.
3. Tabung disumbat dengan kapas dan dimasukkan ke dalam beaker glass kemudian ditutup dengan kertas coklat dan diikat
4. Tabung berisi media disterilkan dengan menggunakan autoclave.

PERSIAPAN MEDIA BGLBB

1. Media BGLBB dimasukkan ke dalam masing –masing tabungreaksi sebanyak 10

2. Tabung durham dimasukkan ke dalam tabung yang telah diisi dengan media BGLBB dengan posisi terbalik.
3. Tabung disumbat dengan kapas dan dimasukkan ke dalam beaker glass kemudian ditutup dengan kertas coklat dan diikat
4. Tabung berisi media disterilakan dengan menggunakan autoclave.

PENANAMAN SAMPEL PADA MEDIA

1. Sampel diencerkan, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi media *lactose broth*. Sampel yang dimasukkan sebesar 0,1 mL; 1 mL; 10 mL masing-masing sebanyak 5 tabung dengan menggunakan pipet volumetrik yang telah disterilkan dan secara aseptik
2. Tabung yang telah diisi sampel disumbat kembali dengan kapas kemudian diinkubasi di dalam inkubator selama 24 jam.
3. Cek kandungan gas setelah diinkubator selama 24 jam. Tabung yang mengandung gas berarti positif terdapat bakteri *coliform*, sedangkan yang tidak berarti negatif.
4. Tabung yang positif kemudian ditanamkan ke dalam media BGLBB menggunakan jarum ose yang dibakar pada api spiritus. Penanaman media harus berada disekitar api (secara aseptik) agar tidak terkontaminasi bakteri lain. Jarum ose dicelupkan dari media lactose broth ke dalam media BGLBB sebanyak tiga kali, kemudian media BGLBB disumbat dengan kapas kembali.
5. Tabung BGLBB yang sudah ditanami, dimasukkan ke dalam beaker glass kemudian ditutup dengan kertas coklat dan diikat. Media berisi sampel diinkubasi di inkubator selama 24 jam.
6. Setelah 24 jam, cek tabung apakah ada gelembung gas pada tabung durham. Tabung durham yang mengandung gas berarti positif.

7. Tabung yang terdapat gelembung gas kemudian dapat dihitung dengan menggunakan Tabel MPN

PROSEDUR ANALISA KEKERUHAN

1. Diambil sampel yang akan dianalisa. Sampel berasal dari titik inlet, titik outlet $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2$, serta titik outlet $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2$.
2. Alat yang digunakan dalam analisa kekeruhan merupakan turbidimeter. Sebelum digunakan, terlebih dahulu kuvet dari turbidimeter dibersihkan dengan menggunakan aquades dan tissue agar tidak terkontaminasi oleh pemakaian sebelumnya.
3. Dimasukkan air sampel ke dalam kuvet, kemudian bagian luar kuvet dibersihkan dengan tissue dan kuvet dimasukkan ke dalam turbidimeter.
4. Hasil dari analisa dapat terlihat pada angka yang ada di turbidimete

LAMPIRAN B GAMBAR PENELITIAN

Gambar Pelaksanaan Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1		Rangkain Reaktor
2		Bak penampung dan bak pembubuh koagulan
3		Selang Circular

4		Valve untuk mengatur debit yang masuk ke dalam reaktor
5		Sludge blanket di dalam reaktor
6		Sisa sludge blanket ketika dikuras

7	 Three glass bottles with white caps are lined up on a grey stone ledge. The water in the bottles shows a progression of turbidity from left to right: the first is clear, the second is slightly cloudy, and the third is significantly more turbid and yellowish.	Air hasil pengolahan dengan menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
8	 Three plastic bottles with blue caps and labels are lined up on a light-colored surface. The water in the bottles shows a progression of turbidity from left to right: the first is clear, the second is slightly cloudy, and the third is significantly more turbid and yellowish.	Air hasil pengolahan dengan menggunakan FeCl_3

Gambar Alat dan Bahan Analisa Jartest

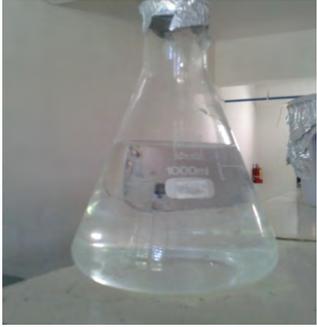
No	Gambar	Keterangan
9		Larutan Koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan konsentrasi 1%
10		Larutan Koagulan FeCl_3 dengan konsentrasi 1%
11		Alat pengaduk yang digunakan dalam jartest

	Gambar	Keterangan
12		Proses pengadukan dengan metode jar test

Gambar Alat dan Bahan Analisa Total coli

No	Gambar	Keterangan
13		Media Lactose Broth
14		NaCl

15		Aquadres
16		Tabung Reaksi
17		Labu pengencer

18		Erenmeyer berisi air pengencer
19		Neraca Analitik
20		Kapas Lemak

21		Propipet
22		Pipet Volumetrik
23		Sipiritus

24		Autoclave
25		Inkubator

Gambar Alat Analisa Kekeruhan

No	Gambar	Keterangan
26		Turbidimeter

LAMPIRAN C



Lampiran
Peraturan Menteri Kesehatan
Nomor : 492/Menkes/Per/IV/2010
Tanggal : 19 April 2010

PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

I. PARAMETER WAJIB

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO ₂ ⁻)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃ ⁻)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kepadatan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5



MENTERI KESEHATAN
REPUBLIK INDONESIA

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

II. PARAMETER TAMBAHAN

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	KIMIAWI		
a.	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	Carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2-Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethenes		
	1,2-Dichloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/l	0,0006

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia
Nomor : 416/MENKES/PER/IX/1990 Tanggal : 3 September 1990

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No.	PARAMETER	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
A.	FISIKA			
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1.500	-
3.	Kekeruhan	Skala NTU	25	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°C	Suhu udara ± 3°C	-
6.	Warna	Skala TCU	50	-
B.	KIMIA			
1.	Air raksa	mg/L	0,001	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan pH minimum 5,5
2.	Arsen	mg/L	0,05	
3.	Besi	mg/L	1,0	
4.	Fluorida	mg/L	1,5	
5.	Kadmium	mg/L	0,005	
6.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	
7.	Klorida	mg/L	600	
8.	Kromium, Valensi 6	mg/L	0,05	
9.	Mangan	mg/L	0,5	
10.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
12.	pH	-	6,5 - 9,0	
13.	Selenium	mg/L	0,01	
14.	Seng	mg/L	15	
15.	Sianida	mg/L	0,1	
16.	Sulfat	mg/L	400	
17.	Timbal	mg/L	0,05	
	Kimia Organik			
1.	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2.	Benzena	mg/L	0,01	
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4.	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	
5.	Coloroform	mg/L	0,03	
6.	2,4 D	mg/L	0,10	
7.	DDT	mg/L	0,03	
8.	Detergen	mg/L	0,5	
9.	1,2 Discloroethane	mg/L	0,01	
10.	1,1 Discloroethane	mg/L	0,0003	
11.	Heptaclor dan heptaclor epoxide	mg/L	0,003	
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13.	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14.	Methoxychlor	mg/L	0,10	
15.	Pentachlorophanol	mg/L	0,01	
16.	Pestisida Total	mg/L	0,10	
17.	2,4,6 urichlorophenol	mg/L	0,01	
18.	Zat organik (KMnO ₄)	mg/L	10	

No.	PARAMETER	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4	5
C.	<u>Mikro biologik</u> Total koliform (MPN)	Jumlah per 100 ml Jumlah per 100 ml	50 10	Bukan air perpipaan Air perpipaan
D.	<u>Radio Aktivitas</u>			
1.	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
2.	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1.0	

Keterangan :

mg = miligram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

NTU = Nephelometrik Turbidity Units

TCU = True Colour Units

Logam berat merupakan logam terlarut

Ditetapkan di : J A K A R T A
 Pada tanggal : 3 September 1990
 Menteri Kesehatan Republik Indonesia

ttd

Dr. Adhyatma, MPH

LAMPIRAN D
Data Hasil Analisa

Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Ditinjau Dari Kekeruhan

Hari	Dosis (mg/l)	Inlet	td 3	td 4	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	12.8	1.75	0.86	86.33	93.28
2	120	12.4	3.7	1.13	70.16	90.89
3	120	13.7	7.72	1.42	43.65	89.64
4	120	16.3	8.73	1.69	46.44	89.63
5	120	14.6	7.88	1.54	46.03	89.45
6	120	12.9	6.72	1.26	47.91	90.23
7	120	10.7	9.75	5.98	8.88	44.11

Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan FeCl_3 Ditinjau
Dari Kekeruhan

Hari	Dosis (mg/l)	Inlet (NTU)	td 3 (NTU)	td 4 (NTU)	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	10.4	8.41	2.66	19.13	74.42
2	120	11.7	1.98	0.76	83.08	93.50
3	120	11.4	2.44	1.74	78.60	84.74
4	120	14.4	7.06	1.91	50.97	86.74
5	120	13.7	3.22	1.83	76.50	86.64
6	120	14.9	4.25	1.46	71.48	90.20
7	200	21.3	3.25	2.02	84.74	90.52

Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Ditinjau Dari Coliform

Hari	Dosis (mg/l)	inlet (100/ml sampel)	td 3 (100/ml sampel)	td 4 (100/ml sample)	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	1100000	26000	14000	97.64	98.73
2	120	1200000	8000	17000	99.33	98.58
3	120	1700000	80000	60000	95.29	96.47
4	120	2200000	900000	500000	59.09	77.27
5	120	2700000	30000	21000	98.89	99.22
6	120	3400000	27000	17000	99.21	99.50
7	120	5000000	40000	13000	99.20	99.74

Hasil Analisa Air Baku Dengan Menggunakan FeCl_3 Ditinjau
Dari Coliform

Hari	Dosis (mg/l)	inlet (100/ml sampel)	td 3 (100/ml sampel)	td 4 (100/ml sampel)	% efisiensi removal td 3	% efisiensi removal td 4
1	120	5000000	4000	4000	99.92	99.92
2	120	9000000	800	1400	99.99	99.98
3	120	30000000	170	60	99.99	99.99
4	120	24000000	300	20	99.99	99.99
5	120	8000000	300	210	99.99	99.99
6	120	3400000	260	170	99.99	99.99
7	200	800000	220	20	99.97	99.99

Hasil Analisa pH Menggunakan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Hari	Inlet	td 3	td 4
1	6.83	6.55	6.42
2	6.71	6.68	6.65
3	6.66	7.30	7.03
4	6.90	6.83	6.79
5	6.86	6.79	6.67
6	6.64	6.57	6.53
7	7.34	4.76	4.09

Hasil Analisa pH Menggunakan FeCl_3

Hari	Inlet	td 3	td 4
1	7.62	7.36	7.46
2	7.79	6.57	6.87
3	7.97	7.27	7.83
4	7.64	7.9	7.93
5	7.34	7.22	7.31
6	7.74	7.33	7.42
7	6.78	6.51	6.64

LAMPIRAN F
Tabel MPN (Most Probable Number)

Combination of Positives	MPN Index/ 100 mL	95% Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index/ 100 mL	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper			Lower	Upper
0-0-0	<2	—	—	4-2-0	22	9.0	56
0-0-1	2	1.0	10	4-2-1	26	12	64
0-1-0	2	1.0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1.0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
				5-0-0	23	9.0	86
1-0-0	2	1.0	11	5-0-1	30	10	110
1-0-1	4	1.0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-0	4	1.0	15	5-1-0	30	10	120
1-1-1	6	2.0	18	5-1-1 ✓	50	20	170
1-2-0	6	2.0	18	5-1-2	80	30	180
				5-2-0	50	20	170
2-0-0	4	1.0	17	5-2-1	70	30	210
2-0-1	7	2.0	20	5-2-2	90	40	250
2-1-0	7	2.0	21	5-3-0	80	30	250
2-1-1 ✓	9	3.0	24	5-3-1	110	40	300
2-2-0	9	3.0	25	5-3-2	140	60	360
2-3-0	12	5.0	29				
				5-3-3	170	80	410
3-0-0	8	3.0	24	5-4-0	130	50	390
3-0-1	11	4.0	29	5-4-1	170	70	480
3-1-0	11	4.0	29	5-4-2	220	100	580
3-1-1	14	6.0	35	5-4-3	280	120	690
3-2-0	14	6.0	35	5-4-4	350	160	820
3-2-1	17	7.0	40				
				5-5-0	240	100	940
4-0-0	13	5.0	38	5-5-1	300	100	1300
4-0-1	17	7.0	45	5-5-2	500	200	2000
4-1-0	17	7.0	46	5-5-3	900	300	2900
4-1-1	21	9.0	55	5-5-4	1600	600	5300
4-1-2	26	12	63	5-5-5	≥1600	—	—

BERITA ACARA
SEMINAR TUGAS AKHIR
Periode Wisuda September 2014

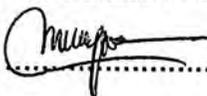
Pada

Hari, tanggal : Selasa, 10 Juni 2014
Jam : 09.30 - 11.00
Tempat : TL 105

telah dilaksanakan Seminar Tugas Akhir :

Judul : Efektifitas $Al_2(SO_4)_3$ dan $FeCl_3$ Dalam Pengolahan Air
Menggunakan Gravel Bed Flocculator Ditinjau Dari Parameter
Kekeruhan dan Coliform.

Nama Mahasiswa : Mega Puspitasari
Nrp. : 3310100019
Program Studi : S-1 Teknik Lingkungan
Bidang Tugas Akhir : Perencanaan / Penelitian / Studi Pustaka *

Tanda Tangan : 

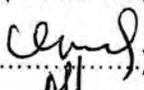
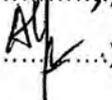
Berdasarkan hasil evaluasi pengujian, dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut :

1. dapat mengikuti ujian Tugas Akhir
2. tidak dapat mengikuti ujian Tugas Akhir

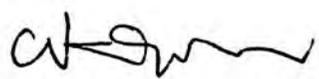
Saran-saran perbaikan :

- Wf*
- Air ~~dan~~ *dan* itu apa?
 - Perhitungan reaksi agar dicek lagi → G teoritis dan dalam ml?
 - Tujuan dan kesimpulan diperbaiki
 - Perhitungan biaya dikaji kembali
 - Saran ditinjau kembali

Tim Penguji :

- | Nama | (Tanda Tangan) |
|----------------------|---|
| 1. DR. Ali Masduki |  |
| 2. Alfian Purnomo MT |  |

Pembimbing,


Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD

Keterangan:

* : Coret yang tidak perlu

BERITA ACARA
SEMINAR PROPOSAL TUGAS AKHIR
Semester Genap 2013/2014

Pada

Hari, tanggal : Jum at, 28 Februari 2014
Jam : 08.00-09.30
Tempat : Ruang Sidang TL.

telah dilaksanakan Seminar Proposal Tugas Akhir :

Tema Tugas Akhir : Pengolahan Air Bersih dengan Proses Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Gravel Bed Flocculator Terhadap Parameter Kekeruhan dan Zat Organik

Nama Mahasiswa : Mega Puspitasari
Nrp. : 3310100019
Program Studi : S-1 Teknik Lingkungan
Bidang Tugas Akhir : Perencanaan Penelitian Studi Pustaka *

Tanda Tangan : 

Berdasarkan hasil evaluasi penguji, dinyatakan bahwa proposal tersebut :

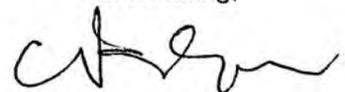
1. diterima
2. ditolak

Saran-saran perbaikan :

Ump
27/3
- Hindari Copy - paste
- Lihat koreksi di buku Proposal

- Jadwal diperbaiki
 - Disarankan menggunakan air Fali Surabaya
 - Peranturan dosis optimum dicoba untuk > 20 ml dosis *kesagulan*
 - Teori Fellz ditambahkan
 - Disarankan tambah parameter pH
- 28/3/14*

Pembimbing,



Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD

Tim Penguji :

- Nama (Tanda Tangan)
1. DR. Ahi Masduki (*Ump*)
 2. Alfau Purnomo MT (*Alf*)

BERITA ACARA
UJIAN/SIDANG TUGAS AKHIR/TESIS*
Periode Wisuda September 2014

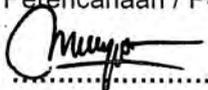
Pada

Hari, Tanggal : Jum at, 11 Juli 2014
Jam : 08.00 - 10.00
Tempat : TL 105

telah dilaksanakan Ujian Tugas Akhir :

Judul : Efektifitas Al₂(SO₄)₃ dan FeCl₃ Dalam Pengolahan Air
Menggunakan Gravel Bed Flocculator Ditinjau Dari
Parameter Kekeruhan dan Coliform.

Nama Mahasiswa : Mega Puspitasari
Nrp. : 3310100019
Program Studi : S-1 Teknik Lingkungan
Bidang Tugas Akhir : Perencanaan / Penelitian / Studi Pustaka *

Tanda Tangan : 

Berdasarkan hasil evaluasi penguji, mahasiswa tersebut dinyatakan:

LULUS / TIDAK LULUS*

Saran-saran perbaikan:

• Perubahan rumus, tabel, lampiran dll di cet

• Mengapa menggunakan Al₂(SO₄)₃ & FeCl₃
• Model di desain dg rangkaian 3

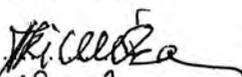
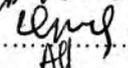
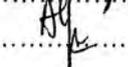
- Tanda titik dan koma digunakan secara konsisten y. Mu 24/7/14
- Reaksi kimia koagulan dilengkapi

- Tujuan & kesimpulan → efektif

- kesalahan teknis → tidak boleh dipikani

Tim Penguji :

Nama (Tanda Tangan)

1. Ir. Hariyanto Indragito M. Sc. 
2. DR. Ali Masduki ST. MT 
3. Alfian Purnomo ST. MT 

Pembimbing,



Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc, PhD

Keterangan:

*: Coret yang tidak perlu