

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

Mega Puspitasari dan Wahyono Hadi

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: wahyohadi@yahoo.com

**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  $\text{FeCl}_3$ ) 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  $\text{FeCl}_3$  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  $\text{FeCl}_3$  terjadi pada waktu tinggal 4 menit juga yaitu sebesar 99,99%.

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

## I. PENDAHULUAN

Air merupakan senyawa penting bagi semua bentuk kehidupan yang ada di bumi ini. Meski demikian tidak semua air yang tersedia dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, salah satunya sebagai air bersih dan air minum.

Pemanfaatan air permukaan sebagai air bersih atau air minum tentunya tidak dapat dilakukan secara langsung, tetapi membutuhkan proses untuk mengolahnya agar memenuhi standar sebagai air bersih maupun air minum sehingga aman untuk digunakan atau dikonsumsi oleh masyarakat. Pada umumnya pengolahan air dilakukan secara konvensional yaitu dengan proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi [1]. Pengolahan secara konvensional tidak selamanya dapat diaplikasikan, dalam kehidupan sehari-hari, maka dari itu diperlukan pengolahan air yang lebih mudah diaplikasikan dan sederhana. Pengolahan sederhana yang dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari yaitu dengan proses koagulasi, flokulasi dan klarifikasi.

Dalam pengolahan air terutama yang berasal dari air permukaan, menurunkan atau menghilangkan zat padat tersuspensi maupun koloidal yang menyebabkan kekeruhan merupakan hal yang sangat penting [2]. Koagulasi-flokulasi merupakan cara untuk menyisihkan partikel koloid. Koagulasi adalah proses penambahan bahan kimia atau koagulan yang bertujuan untuk menghilangkan bahan-bahan limbah dalam bentuk organik yang kemudian akan membentuk flok. Koagulan yang umumnya digunakan adalah koagulan yang berbasis aluminium, yaitu  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , dan koagulan berbasis ferrum/besi, yaitu  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  dan  $\text{FeCl}_3$ . Kedua koagulan ini sering digunakan karena memiliki rentang Ph cukup besar [3].

Lanjutan dari proses koagulasi adalah flokulasi, dimana terjadinya penggumpalan mikroflok dari hasil koagulasi menjadi flok-flok yang lebih besar (makroflok) dan dapat diendapkan. Flokulator merupakan alat dimana proses flokulasi dilakukan, salah satu flokulator yang efisien yaitu flokulator dengan menggunakan media kerikil. Keuntungan dari flokulator dengan media kerikil adalah mampu mempersingkat waktu flokulasi. Waktu 3-5 menit flokulasi pada media kerikil setara dengan 15 menit pada waktu jar test hal ini dikarenakan media kerikil efektif membentuk flok-flok besar. Flok yang mengendap akan menjadi sludge yang berfungsi sebagai penyaring air untuk menjadikan air bersih.[4]

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian terhadap jenis koagulan ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  dan  $\text{FeCl}_3$ ) dan waktu tinggal untuk menurunkan kekeruhan dan total *coli* pada air baku. Dalam

penelitian ini diharapkan diperoleh variasi jenis koagulan dan variasi waktu tinggal yang paling efektif dalam menurunkan kekeruhan dan total *coli*.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Air Baku

Air baku yang digunakan adalah 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 sedangkan faktor manusia disebabkan adanya aktivitas manusia yang memanfaatkan badan air sebagai sumber air dan tempat pembuangan limbah [5]

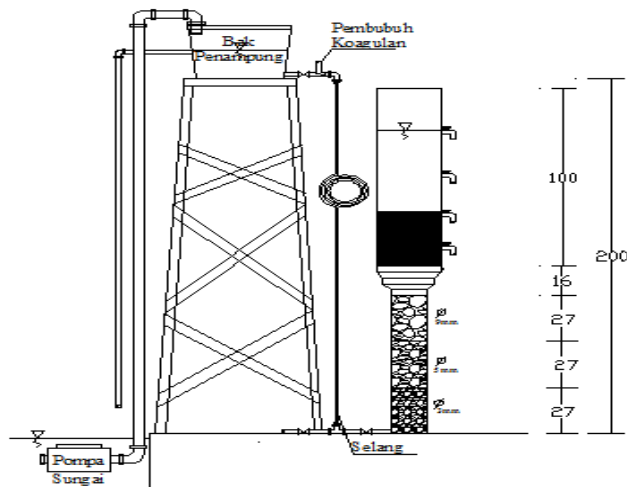
### B. Penentuan Dosis Optimum

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 ( $Al_2(SO_4)_3$  dan  $FeCl_3$ ). Penentuan dosis optimum koagulan dilakukan dengan menggunakan metode Jarrest 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.

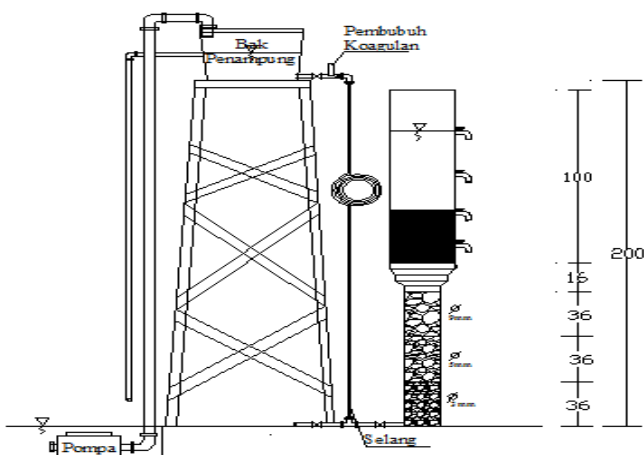
### C. Reaktor Gravel bed flocculator

Dalam penelitian ini digunakan reaktor *gravel bed flocculator* dengan diameter 14 cm. Sebuah reaktor *gravel bed flocculator* terdiri dari selang *circular*, variasi diameter kerikil, dan proses klarifikasi. Pada selang *circular* berdiameter 1 cm berfungsi untuk proses koagulasi yang mempercepat dan meratakan penyebaran zat kimia (koagulan) di dalam air yang diolah untuk membentuk inti flok. Variasi diameter kerikil pada reaktor disusun secara bertahap dengan diameter kerikil paling bawah 3 mm, 5mm, dan 9mm yang bertujuan untuk menghasilkan perbedaan gradien kecepatan yang sudah ditentukan, dimana perbedaan gradien kecepatan akan membentuk flok yang lebih besar melalui pengadukan lambat dan kemudian dapat mengendap cepat, sedangkan pada proses klarifikasi terjadi pengendapan flok yang kemudian membentuk *sludge blanket* yang berfungsi mengadsorpsi partikel-partikel yang tidak terikat pada proses koagulasi dan flokulasi pada di air baku.

Reaktor gravel bed flocculator yang digunakan sebanyak 2 unit dimana pada reaktor unit 1 (td 3) memiliki diameter 14 cm dengan ketinggian masing-masing media 27 cm dan pada reaktor unit 2 (td 4) memiliki diameter 14 cm dengan ketinggian masing-masing media 36 cm.



Gambar. 1. Reaktor unit 1 dengan menggunakan td 3 menit



Gambar. 2. Reaktor Unit 2 dengan Menggunakan td 4 menit

Langkah – langkah penelitian sebagai berikut:

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 tetap konstan.
2. Air dari bak dibubuhkan koagulan  $Al_2(SO_4)_3$  atau  $FeCl_3$  sesuai dengan dosis optimum yang telah didapatkan dari hasil analisa Jarrest untuk beberpa 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  $300 \text{ detik}^{-1}$ ).
4. Proses flokulasi berlangsung di dalam reaktor yang berdiameter 14 cm, dimana media gravel bed yang digunakan berupa kerikil dengan variasi diameter.
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.

#### D. Pengambilan dan Analisis Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 titik sampling pada setiap unit reaktor. Titik ke 1 pada inlet dan titik ke 2 pada outlet, kemudian dari titik sampling tersebut dilakukan analisa kekeruhan dengan menggunakan metode turbidimetri dan analisa total *coli* dengan menggunakan metode MPN.

### III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. 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  
 Total *Coli* :  $8 \times 10^5$  –  $300 \times 10^5$ / 100 ml sampel

#### B. Pengoprasian Gravel Bed Flocculator

Pada penelitian 1 dilakukan selama 7 hari pertama dengan penentuan debit 2000l/hr menggunakan koagulan jenis  $Al_2(SO_4)_3$  dan variasi waktu tinggal 3 menit dan 4 menit. Proses dengan variasi td 3 menit berjalan pada reaktor unit 1, dimana pada reaktor unit 1 ketinggian masing-masing media kerikil 27 cm sedangkan proses dengan variasi td 4 menit berjalan pada reaktor unit 2 dengan ketinggian masing-masing media kerikil 36 cm.

Pada penelitian 2 dilakukan selama 7 hari minggu kedua dengan penentuan debit 2000l/hr menggunakan koagulan jenis  $FeCl_3$  dan variasi waktu tinggal 3 menit dan 4 menit. Proses dengan variasi td 3 menit berjalan pada reaktor unit 1, dimana pada reaktor unit 1 ketinggian masing-masing media kerikil 27 cm sedangkan proses dengan variasi td 4 menit berjalan pada reaktor unit 2 dengan ketinggian masing-masing media kerikil 36 cm.

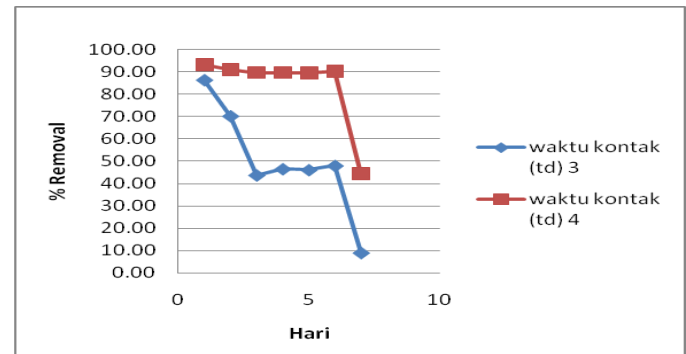
#### C. Penyisihan Kekeruhan dan Total. *Coli*

Kekeruhan merupakan salah satu parameter penting kualitas air karena kekeruhan merupakan 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 [6].

Total *coli* merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui kualitas air baku karena bakteri coliform adalah jenis bakteri yang umum digunakan sebagai indikator penentuan kualitas sanitasi air. Coliform sendiri sebenarnya bukan penyebab penyakit bawaan air, namun bakteri jenis ini

mudah untuk dikultur dan keberadaannya dapat digunakan sebagai indikator keberadaannya organisme patogen. 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 lebih rendah maka organisme patogen akan jauh lebih rendah atau bahkan tidak ada sama sekali.

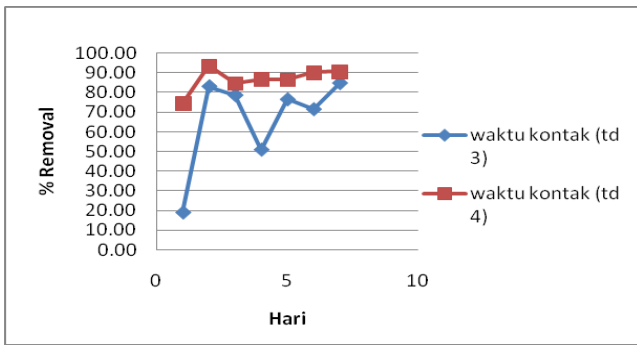
Hasil analisa pengolahan air limbah daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan ( $Al_2(SO_4)_3$  dan variasi waktu tinggal 3 menit dan 4 menit yang ditinjau dari parameter Kekeruhan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar. 3. Efisiensi Removal Koagulan Tawas Terhadap Parameter Kekeruhan.

Pada 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  $300 \text{ detik}^{-1}$  dan nilai  $G$  pada proses flokulasi diturunkan secara bertahap yaitu  $30 \text{ detik}^{-1}$ ,  $20 \text{ detik}^{-1}$ , dan  $10 \text{ detik}^{-1}$ . 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 [10]. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien 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.

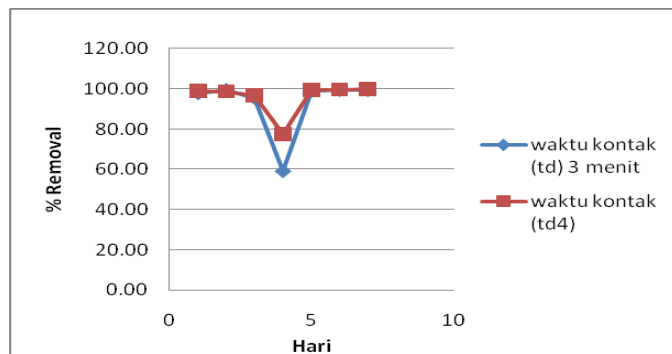
Hasil analisa pengolahan air limbah daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan  $FeCl_3$  dan variasi waktu tinggal 3 menit dan 4 menit ditinjau dari parameter kekeruhan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar. 4. Efisiensi Removal Koagulan FeCl<sub>3</sub> Terhadap Parameter Kekeruhan

Gambar 4 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. Koagulan besi mampu menghasilkan flok yang lebih kuat dibandingkan flok yang terbentuk oleh koagulan aluminium sulfat, maka dari itu koagulan FeCl<sub>3</sub> mampu menurunkan kekeruhan secara efektif [7]. 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.

Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan ( Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dan variasi waktu kontak ( 3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter *total coli* dapat dilihat pada gambar 5.



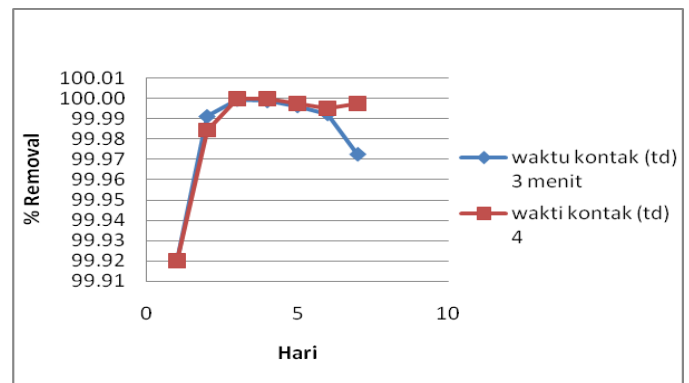
Gambar. 5. Efisiensi Removal Koagulan Tawas Terhadap Parameter Coliform

Gambar c menunjukkan 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.

Hasil analisa pengolahan air limbah (*grey water*) daerah mulyosari dengan menggunakan koagulan FeCl<sub>3</sub> dan variasi waktu kontak ( 3 menit dan 4 menit) yang ditinjau dari parameter *total coli* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar. 6. Efisiensi Removal Koagulan FeCl<sub>3</sub> Terhadap Parameter Coliform

Pada gambar d 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 prosentase removal *coliform* pada reaktor (td 3) tidak sebesar reaktor (td 4). koagulan besi mampu menghasilkan flok yang lebih kuat dibandingkan flok yang terbentuk dari koagulan alum, maka dari itu koagulan FeCl<sub>3</sub> 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.

#### D. 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  
= 240 gr/hr x Rp 9/gr  
= Rp 2160- / hari

Biaya kebutuhan  $FeCl_3$ /hari = bahan koagulan x harga/gr  
= 240 gr/hr x Rp 25/gr  
= Rp 6000,-/ hari

pengolahannya dan selisih persentase removal yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan koagulan  $Al_2(SO_4)_3$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saputri, A.W. (2011), *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA) Babakan PDAM Tirta Kerta Raharja Kota Tangerang*, Tugas Akhir Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia.
- [2] Notodarmojo, S., Astuti, A. dan Juliah, (2004), *Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH*, ITB Sains&Tek, Vol. 36 A, No.2, hal. 97-115.
- [3] Rachmawati, S.W., Iswanto, B., dan Winarni (2009), "Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida", *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.5, No.2, hal.40-45.
- [4] Hamzani, S. (2013). *Proses Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Gravel Bed Flocculator Untuk Pengolahan Air Sungai Martapura di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan*, Tesis Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] George, T. dan Burton, F.L. (1991), *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse 3th ed.*, Mc Graw Hill Book Co., Singapore.
- [6] Alearts, G. dan Santika, S.S (1984), *Metode Penelitian Air*, Penerbit Usaha Nasional, Surabaya.
- [7] Puteri, A.R. (2011), *Studi Penurunan Kekeruhan Air Kali Surabaya dengan Proses Flokulasi dalam Bentuk Flokulator Pipa Circular*, Tugas Akhir Teknik Lingkungan, FTSP-ITS, Surabaya.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Persentase efisiensi removal yang efektif analisa kekeruhan terhadap  $Al_2(SO_4)_3$  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%.
2. Persentase efisiensi removal yang efektif analisa coliform terhadap  $Al_2(SO_4)_3$  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%.
3. Hasil analisa yang efektif dengan menggunakan variasi koagulan dan waktu tinggal ditinjau dari segi biaya yaitu dengan menggunakan  $Al_2(SO_4)_3$  dengan menggunakan td 4, meski koagulan  $FeCl_3$  memiliki persentase removal yang lebih besar dibanding dengan  $Al_2(SO_4)_3$  koagulan tersebut membutuhkan biaya yang lebih mahal dalam