

STUDI PENURUNAN KADAR COD (*CHEMICAL OXYGEN DEMAND*) MENGUNAKAN FERRI KLORIDA (FeCl_3) PADA LIMBAH CAIR TAPIOKA DI DESA NGEEMPLAK MARGOYOSO PATI

Diana Islamawati *, Yusniar Hanani Darundiati **, Nikie Astorina Dewanti **

*) Mahasiswa Peminatan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

**)Dosen Peminatan Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

Jalan Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Kota Semarang 50239, Indonesia

*) Email: dianaislamawati@gmail.com

ABSTRACT

The tapioca industry produces liquid waste with COD levels that exceed the standard of 300 mg/l. COD level in tapioca liquid waste was 14,444 and 8,519.6 mg/l. Therefore, it was necessary to wastewater treatment, one of them with coagulation-flocculation system using ferric chloride coagulant. The purpose of this study was to determine the decrease in COD levels after being treated using coagulant ferri chloride in tapioca liquid waste. This type of research was quasi experimental research with pretest posttest study design with control group. The sampel in this research was part of waste water tapioca produced by UD Sumber Makmur in the final shelter that flows into the river. Total sample for treatment (20 gr, 25 gr, 30 gr, 35 gr, and 40 gr) with 5 replication was 35 samples. Data analysis used Kruskal Wallis test showed that there was difference average in decreasing COD level of tapioka liquid waste with various dose of ferric chloride (p -value= 0.004). The result of Man Whitney test, showed that groups between dose variation that have significant difference in decreasing COD level of tapioca liquid waste ($p \leq 0.05$) was control group with all treatment groups and 20 gr with 40 gr group treatment. COD level after treatment decreased gradually as the dose of ferric chloride was added. The decrease occurred in the control group was 4,827.3 mg/l (43.3%), dose of 20 gr/l was 8,221.6 mg/l (73.8%), dose of 25 g/l was 8,757.3 mg/l (78.6%), dose of 30 gr/l was 9,043.0 mg/l (81.2%), dose of 35 gr/l was 9,544.6 mg/l (85.7%), and dose of 40 gr/l was 9,942.1 mg/l (89.2%). The greatest decrease presentage was at a dose of 40 gr/l with a decrease from COD level 11,136.2 mg/l to 1,194.1 mg/l or 89.2%. There was a decrease in COD levels using ferric chloride but the COD levels produced were still above the established quality standard.

Keywords : *Chemical Oxygen Demand (COD), ferric chloride (FeCl_3), tapioka liquid waste*

PENDAHULUAN

Salah satu industri tapioka terbesar di Desa Ngemplak adalah UD Sumber Makmur. UD Sumber

Makmur memiliki kapasitas produksi 10-50 ton ketela per hari dengan kebutuhan air bersih sebanyak 2 m³ setiap jam. Kegiatan produksi di UD Sumber Makmur berlangsung setiap

hari dengan bahan baku utama singkong KSP 4 atau yang sering disebut dengan singkong daplang.⁽¹⁾

Selain memberikan keuntungan dari segi ekonomi, industri tapioka juga memberikan kerugian yaitu limbah yang dihasilkan. Kerugian ini sangat berdampak buruk khususnya pada lingkungan sekitar. Limbah cair industri tapioka mengandung bahan organik tersuspensi yang cukup tinggi di antaranya karbohidrat sebesar 18,900%, glukosa sebesar 21,067%, vitamin C sebesar 51,040%, protein, serat, serta lemak yang mudah membusuk serta menimbulkan bau tidak sedap.⁽²⁾

Hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan di industri tapioka Desa Ngemplak Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati didapatkan bahwa sebagian besar industri tapioka belum melakukan pengolahan terhadap limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair tapioka yang dihasilkan oleh UD Sumber Makmur adalah 14,4 m³ per hari. Hasil uji pendahuluan pertama yang dilakukan pada outlet limbah cair industri tapioka di UD Sumber Makmur di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Industri (BBTPPI) Semarang pada tanggal 4 Maret 2018 kadar COD adalah 14.444 mg/L. Nilai ini berada diatas NAB yang ditetapkan menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah kadar paling tinggi COD sebesar 300 mg/L.⁽³⁾

Beberapa dampak yang dapat ditimbulkan oleh tingginya kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) limbah tapioka apabila dibuang langsung ke badan air tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu antara lain membahayakan

kesehatan mahluk hidup; menimbulkan kerusakan pada bangunan maupun tanah; merusak kehidupan biota air; serta menimbulkan bau yang tidak sedap dan merusak pemandangan.⁽²⁾

Pengolahan kimia yang dapat dilakukan salah satunya yaitu dengan proses koagulasi flokulasi. Hal yang sangat penting dalam pengolahan limbah menjadi air bersih adalah menurunkan serta menghilangkan zat padat tersuspensi serta zat organik.⁽⁵⁾ Koagulan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Ferri klorida (FeCl₃). Koagulan ferri klorida biasa digunakan dalam pengolahan air limbah industri. Koagulan FeCl₃ berfungsi efektif untuk pH yang lebih tinggi dari 4,5. Bahan ini sesuai untuk limbah cair tapioka yang memiliki kesadahan rendah serta intensitas warna yang tinggi. Koagulan FeCl₃ memberikan rentang kondisi optimum yang lebih lebar daripada aluminium sulfat (4-9).

Maka berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membuktikan kemampuan ferri klorida (FeCl₃) sebagai koagulan dalam proses pengolahan air limbah industri tapioka dengan parameter uji COD (*Chemical Oxygen Demand*).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimen semu (*quasi eksperimen*), yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat dengan cara melibatkan kelompok kontrol disamping kelompok eksperimen. Sedangkan rancangan penelitiannya adalah rancangan eksperimen ulang (*pretest and posttest with control group design*).

Populasi dari penelitian ini adalah seluruh air limbah Industri tepung tapioka yang dihasilkan oleh UD Sumber Makmur Desa Ngemplak Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati. Sampel dari penelitian ini adalah air limbah industri tepung tapioka yang berada di penampungan akhir sebelum dialirkan ke badan air melalui pipa di UD Sumber Makmur. Adapun metode pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *grab sampling*.

Pengolahan sampel dirancang dengan 5 kali pengulangan. Sehingga di dalam penelitian ini sampel yang akan diperiksa adalah sebanyak 25 sampel, ditambah 5 sampel sebagai kontrol dan 5 sampel sebagai *pretest* yang diambil pada setiap pengulangan. Jadi total sampel yang digunakan adalah 35 sampel.

Pengambilan sampel dilakukan pada hari yang berbeda setiap pengulangan menggunakan jerigen pada rentang waktu pukul 11.00 hingga 11.30 WIB. Kemudian, dilakukan pemberian perlakuan di Laboratorium Kesehatan Lingkungan FKM UNDIP. Sampel juga dilakukan pengukuran pH dan suhu dengan indikator pH. Pada hari selanjutnya dilakukan pengukuran COD di Laboratorium Teknik Lingkungan dengan menggunakan alat spektrofotometer.

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu ferri klorida (FeCl_3) dengan dosis 20 gr/l, 25 gr/l, 30 gr/l, 35 gr/l, 40 gr/l. Variabel erikat dalam penelitian ini yaitu kadar COD limbah cair industri tepung tapioka. Sedangkan variabel pengganggu yaitu pH, suhu, lama pengadukan dan kecepatan pengadukan. pH dan suhu diukur, suhu diukur

menggunakan *thermometer* dengan satuan $^{\circ}\text{C}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kadar COD limbah tapioka sebelum pengolahan

Hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan pada industri tapioka UD Sumber Makmur di Desa Ngemplak Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati, yang dilakukan pada outlet limbah cair industri tapioka di pada tanggal 4 Maret 2018, dengan beban produksi 45 ton perhari menghasilkan kadar COD sebesar 14.444 mg/L dengan nilai pH 7 dan suhu $26,3^{\circ}\text{C}$. Kemudian hasil uji pendahuluan kedua dilakukan pada tanggal 24 April 2018, dengan beban produksi 30 ton per hari menghasilkan kadar COD sebesar 8.519,6 mg/l dengan pH 7 dan suhu $25,9^{\circ}\text{C}$. Perbedaan kadar COD awal limbah tapioka ini disebabkan oleh seberapa banyak jumlah produksi yang dilakukan pada saat pengambilan sampel.

Limbah cair industri tapioka bersumber dari rangkaian kegiatan pengolahan tapioka yaitu proses pencucian singkong, pencucian alat, dan pemisahan larutan pati. Komponen pati dari bahan baku yang tidak terekstrak dan komponen bukan pati yang terlarut dalam air menyebabkan limbah cair tapioka mengandung senyawa organik yang tinggi di antaranya karbohidrat, pati, serat, protein, gula, dan lemak.⁽⁸⁾

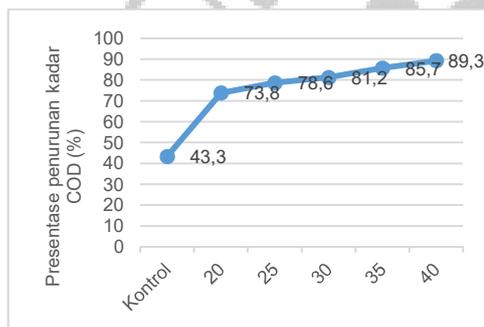
b. Penurunan Kadar COD limbah cair tapioka

Hasil pemeriksaan kadar COD sesudah perlakuan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pemeriksaan kadar COD dengan berbagai variasi dosis FeCl₃

Ulang an ke-	Pretest (mg/l)	Postest (mg/l)					
		Kontrol	20 gr/l	25 gr/l	30 gr/l	35 gr/l	40 gr/l
	12.716,2	8.878,8	4.410,9	4.002,1	3.660,0	1.718,4	1.098,1
2	10.324,7	5.186,6	2.878,7	2.261,6	1.925,5	1.609,4	1.303,4
3	10.568,9	5.320,4	1.962,3	1.657,9	1.333,5	1.320,8	1.166,3
4	12.549,0	6.350,6	3.260,1	2.325,2	2.149,6	2.124,5	1.340,2
5	9.522,0	5.808,4	2.061,0	1.647,9	1.397,1	1.184,7	1.062,6
Rata-rata	11.136,2	6.308,9	2.914,6	2.378,9	2.093,2	1.591,6	1.194,1

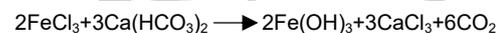
Pada penelitian ini terjadi penurunan kadar COD setelah perlakuan menggunakan ferri klorida. Presentase penurunan kadar COD pada limbah cair tapioka mengalami kenaikan seiring dengan penambahan koagulan ferri klorida dapat dilihat pada diagram berikut:



Partikel koloid yang terdapat pada air limbah tapioka bermuatan negatif, sehingga penambahan koagulan ferri klorida diperlukan untuk menetralkan muatan koloid dan mengikat partikel tersebut sehingga siap dan mudah membentuk flok atau gumpalan. Partikel netral akan saling berikatan sehingga membentuk flok-flok besar dari partikel koloid yang berukuran sangat kecil. Koloid dibentuk dari dua gaya yaitu gaya tarik menarik antar partikel yang disebut dengan gaya *Van der Waals* cenderung membentuk agregat yang lebih besar, dan gaya tolak menolak yang disebabkan oleh pertumpangtindihan lapisan tanda elektrik yang bermuatan sama yang

mengakibatkan kekokohan dispersi koloid.⁽⁷⁾

Ferri klorida adalah oksidator yang sangat baik yang juga dapat menghilangkan H₂S, rasa, dan bau pada limbah cair tapioka. Reaksi ferri klorida dengan limbah cair tapioka dipergunakan sebagai koagulan dan membentuk endapan hidroksida besi. Reaksi yang terjadi pada proses koagulasi menggunakan ferri klorida pada limbah cair tapioka dengan pH antara 6-7 adalah:⁽⁹⁾



Ketika pengadukan cepat dengan *jar test* koagulan ferri klorida akan bereaksi dengan natural alkalinity yang terdapat dalam air limbah tapioka biasanya Ca(HCO₃)₂ untuk membentuk ion aquometik 2 Fe(OH)₃ atau nama lain dari flok. Pada kondisi sebenarnya ada beberapa tahapan reaksi yang terjadi yang harus dilalui yaitu ionisasi FeCl₃ dalam air untuk pembentukan anion dan kation diikuti dengan reaksi hidrolisis antara Fe dengan H₂O untuk membentuk ion aquometik dan ion hidrogen.⁽¹⁰⁾ Maka dari itu terjadi penurunan kadar COD setelah perlakuan seiring dengan penambahan ferri klorida. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Larasati pada tahun 2017 yang menyatakan bahwa penurunan COD terjadi secara linier

(bertingkat) seiring dengan bertambahnya dosis koagulan ferri klorida.

Penurunan COD juga terjadi pada kelompok kontrol yang hanya dilakukan proses pengadukan menggunakan *jar test*. Penurunan kadar COD ini dapat disebabkan oleh proses pengadukan. Menurut Penelitian yang dilakukan Said pada tahun 2010, proses pengadukan dengan kecepatan tertentu dapat meningkatkan *supply* oksigen sehingga menyebabkan kandungan oksigen meningkat.⁽¹¹⁾ *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mendegradasi bahan-bahan organik secara kimia dalam air, maka dari itu dengan meningkatnya jumlah oksigen yang disebabkan oleh proses pengadukan maka kebutuhan oksigen semakin berkurang sehingga menurunkan kandungan COD pada sampel limbah tapioka pada kelompok kontrol. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sayuti pada tahun 2015 menyatakan bahwa kadar COD mengalami penurunan pada kelompok dengan perlakuan pengadukan dan pengendapan (sedimentasi) tanpa penambahan koagulan $FeCl_3$.⁽¹²⁾

Kecepatan pengadukan mempengaruhi proses koagulasi flokulasi dimana bila kecepatan terlalu lambat maka pembentukan flok akan lambat pula sedangkan kecepatan pengadukan yang terlalu cepat menyebabkan pecahnya flok yang telah terbentuk. Pada penelitian ini dilakukan dengan pengadukan cepat dengan kecepatan 100 rpm dan pengadukan lambat dengan kecepatan 50 rpm. Kecepatan tumbukan antara koloid dengan koagulan berbanding lurus

dengan percepatan, apabila percepatan besar maka akan menghasilkan gaya geser yang berlebihan dan mencegah susunan flok yang diinginkan.⁽¹³⁾

Sama halnya dengan kecepatan, waktu pengadukan juga berpengaruh terhadap pembentukan flok saat proses koagulasi flokulasi. Waktu pengadukan akan mempengaruhi proses sedimentasi atau pengendapan. Bila pembentukan flok 50% dan waktu pengadukan optimum lebih besar dari atau lebih kecil dari maka efisiensi pengendapan akan berkurang. Dalam penelitian ini waktu yang digunakan untuk pengadukan cepat adalah 1 menit sedangkan untuk pengadukan lambat adalah 15 menit. Waktu pengendapan berkaitan dengan ukuran flok-flok yang terbentuk dimana ukuran flok yang lebih besar akan lebih cepat mengendap.⁽¹²⁾ Maka dari itu seiring dengan bertambahnya waktu pengadukan akan terjadi peningkatan efisiensi penurunan kadar COD. Apabila waktu pengadukan terlalu lama akan mengakibatkan pecahnya flok yang telah terbentuk namun apabila waktu pengadukan terlalu cepat maka akan mengganggu proses pembentukan flok karena tidak maksimal.⁽¹⁴⁾

Penelitian dengan rangkaian proses koagulasi flokulasi dan faktor-faktor yang mempengaruhinya menyebabkan kadar COD pada limbah tapioka dapat berkurang. Maka dari itu sejalan dengan bertambahnya dosis ferri klorida yang diberikan, maka penurunan kadar COD semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Larasati pada tahun 2017 bahwa pada setiap

pengulangan kandungan COD setelah diberi koagulan cenderung mengalami penurunan secara linier (bertingkat) seiring dengan semakin banyaknya koagulan yang diberikan. Hal ini terjadi karena semakin besar dosis koagulan yang dibubuhkan ke dalam sampel akan semakin tinggi pula pengikatan antar flok (anion dan kation) melalui reaksi hidrolisis dan ionisasi terhadap bahan organik yang terdapat dalam air limbah tapioka.⁽¹⁵⁾

Presentase penurunan kadar COD limbah tapioka pada penelitian terjadi pada dosis tertinggi 40 gr/l yaitu 89,2%, penurunan ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Larasati pada tahun 2017 yang menyatakan bahwa penggunaan ferri klorida dosis 1,5 gr/l dapat menurunkan kadar COD hingga 74,1% pada limbah laundry.⁽¹⁰⁾ Perbedaan efisiensi penurunan yang terjadi pada limbah cair tapioka dibandingkan dengan limbah cair laundry menggunakan ferri klorida menunjukkan bahwa koagulan ferri klorida lebih sesuai penggunaannya terhadap limbah cair tapioka yang memiliki karakteristik kesadahan yang rendah dan intensitas warna yang tinggi dan kurang sesuai dengan limbah laundry yang memiliki intensitas warna rendah.

Pada penelitian ini terjadi penurunan kadar COD pada limbah cair industri tapioka setelah diberikan perlakuan menggunakan berbagai dosis ferri klorida. Penurunan terbesar terjadi pada dosis 40 gr/l. Data pada tabel 1 dapat diketahui bahwa kadar COD pada setiap pengulangan memiliki nilai yang berfluktuatif. Pada tabel

tersebut kadar COD pada pretest atau sebelum diberikan perlakuan dengan nilai tertinggi ada pada pengulangan ke -1 yaitu sebesar 12.716,2 mg/l dengan beban produksi 40 ton singkong per hari. Sedangkan kadar COD pada pretest dengan nilai terendah ada pada pengulangan ke -5 yaitu sebesar 9.522,0 mg/l dengan beban produksi 30 ton singkong per hari. Perbedaan angka COD awal ini tergantung pada seberapa besar kapasitas produksi pada saat pengambilan sampel.

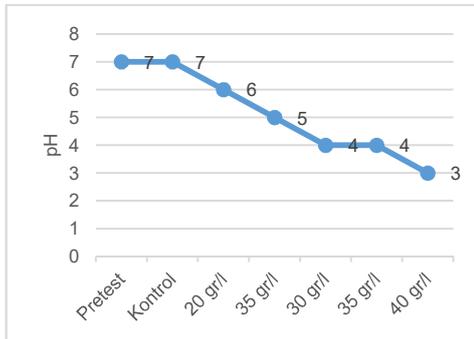
c. Pemeriksaan pH

Hasil pemeriksaan pH pada sampel sebagai berikut:

Ulangan ke	pH						
	Pre-test	Postes! Kontrol	Postes! 20 gr/l	Postes! 25 gr/l	Postes! 30 gr/l	Postes! 35 gr/l	Postes! 40 gr/l
1	7	7	6	5	5	4	4
2	7	7	6	5	4	3	3
3	7	7	6	5	4	4	3
4	6	6	5	4	4	3	3
5	7	7	6	5	5	4	3
Rata-rata	7	7	6	5	4	4	3

Tabel 2 Hasil pemeriksaan pH

Faktor yang mempengaruhi proses koagulasi flokulasi dalam penelitian ini adalah pH. Koagulan ferri klorida sangat efektif pada rentang pH 4-9 sehingga cocok untuk limbah cair tapioka yang memiliki pH di antara rentang optimal tersebut yaitu antara 6 dan 7.⁽⁶⁾ Kecocokan pH ini akan berpengaruh terhadap stabilitas koloid untuk berubah bentuk menjadi flok pada proses pengadukan.



Pada limbah cair tapioka terjadi penurunan pH seiring dengan penambahan koagulan ferri klorida. Penggunaan koagulan ferri klorida untuk proses pengolahan limbah cair tapioka akan menjadikan hasil akhir yang asam, karena pembentukan asam klorida akan menurunkan pH pada limbah cair tapioka. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Larasati pada tahun 2017 yang menyatakan bahwa Nilai pH limbah cair setelah penambahan ferri klorida menunjukkan terjadinya penurunan kadar pH.

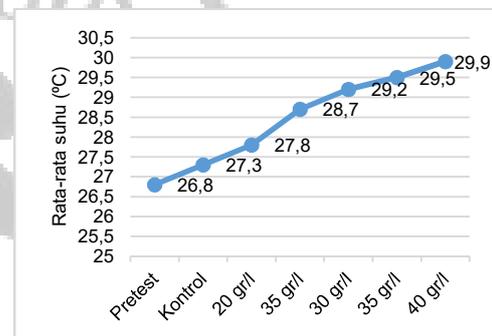
d. Pemeriksaan suhu

Hasil pemeriksaan suhu pada sampel sebagai berikut:

Ulangan ke	Suhu						
	Pre-test	Postes Kontrol	Postes 20 gr/l	Postes 25 gr/l	Postes 30 gr/l	Postes 35 gr/l	Postes 40 gr/l
1	26,8	27,1	27,8	28,2	28,8	29,2	29,7
2	26,1	26,9	27,7	28,9	29,2	29,8	30,1
3	27,7	27,9	28,2	29,3	29,7	29,4	29,9
4	27,2	27,9	28,4	29,0	29,6	29,8	30,3
5	26,3	26,9	27,1	28,5	29,1	29,3	29,8
Rata-rata	26,8	27,3	27,8	28,7	29,2	29,5	29,9

Tabel 3 Hasil pemeriksaan suhu

Suhu merupakan faktor yang mempengaruhi proses koagulasi flokulasi dimana suhu yang rendah akan menurunkan proses koagulasi karena peningkatan kekentalan (viskositas) dan terjadi perubahan struktur menjadi kecil. Sedangkan pada suhu tinggi memiliki kerapatan yang kecil sehingga akan mengalir ke dasar kolam dan merusak timbunan lumpur.⁽¹⁶⁾

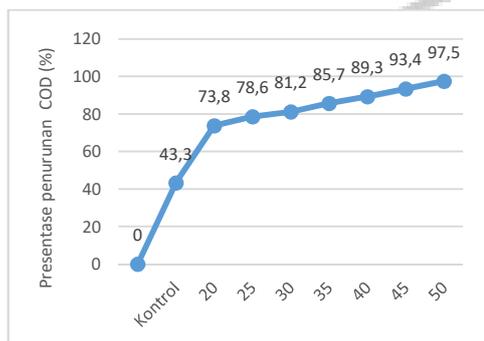


Suhu pada sampel limbah tapioka setelah perlakuan mengalami kenaikan seiring dengan dosis koagulan ferri klorida yang ditambahkan, hal ini disebabkan oleh proses hidrolisis yang terjadi apabila ferri klorida dilarutkan ke dalam air akan membentuk reaksi eksotermis dan akan menghasilkan panas.⁽¹⁶⁾ Hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sayuti pada tahun 2015 menyatakan bahwa penambahan koagulan ferri klorida tidak mempengaruhi suhu air limbah cair batik.⁽¹²⁾

e. Perkiraan dosis efektif

Dosis 40 gr/l dalam penelitian ini merupakan dosis optimum yang dapat digunakan untuk proses pengolahan limbah tapioka dalam penelitian ini yang memiliki presentase penurunan terbesar dibanding dengan dosis lain. Namun

penggunaan dosis ini belum efektif untuk diterapkan di industri tapioka UD Sumber Makmur karena nilai COD yang dihasilkan masih belum memenuhi nilai ambang batas (NAB). Perkiraan dosis efektif yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar COD hingga dibawah 300 mg/l sebagai berikut:



Perkiraan dosis efektif didapatkan dari hasil perhitungan dengan persamaan. Diagram tersebut menunjukkan bahwa dengan dosis 55 gr/l dapat menurunkan kadar COD hingga memenuhi baku mutu sebesar 300 mg/l atau 97,5% dengan COD awal 11.136,2 mg/l menjadi 278,4 mg/l.

KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

- 1) Kadar COD pada limbah industri tapioka UD Sumber Makmur Desa Ngemplak Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati sebelum dilakukan pengolahan adalah 14.444 mg/l, 8.519,6 mg/l, 12.716,2 mg/l, 10.324,7 mg/l, 10.568,9 mg/l, 12.549,0 mg/l, dan 9.522,0 mg/l.
- 2) Kadar COD air limbah industri tapioka rata-rata setelah diberi perlakuan berbagai dosis ferri klorida (FeCl_3) sebesar 20 gr/l, 25

gr/l, 30 gr/l, 35 gr/l, 40 gr/l secara berturut-turut adalah 2.914,6 mg/l, 2.378,9 mg/l, 2.093,2 mg/l, 1.591,6 mg/l, dan 1.194,1 mg/l sedangkan pada kelompok kontrol sebesar 6.308,9 mg/l.

- 3) Penurunan atau selisih kadar COD sebelum dan setelah diberi perlakuan berbagai dosis ferri klorida (FeCl_3) sebesar 20 gr/l, 25 gr/l, 30 gr/l, 35 gr/l, 40 gr/l berturut-turut sebesar 8.221,6 mg/l, 8.757,3 mg/l, 9.043,0 mg/l, 9.544,6 mg/l, dan 9.942,1 mg/l sedangkan pada kelompok kontrol sebesar 4.827,3 mg/l.

- 4) Penurunan kadar COD pada limbah cair tapioka menggunakan berbagai dosis ferri klorida (FeCl_3) terbesar terjadi pada dosis 40 gr/l, dimana dosis ini dapat menurunkan kadar COD hingga 9.942,1 mg/l atau sebesar 89,2 % dengan rata-rata COD awal 11.136,2 mg/l menjadi 1.194,1 mg/l. Namun angka ini masih berada diatas nilai ambang batas (NAB) menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah untuk industri tapioka yaitu 300 mg/l.

b. Saran

- 1) Bagi peneliti lain Dilakukan uji pendahuluan dengan variasi dosis ferri klorida pada rentang dosis yang lebih besar agar dosis efektif yang diperkirakan untuk uji lanjutan bisa tepat sehingga didapatkan dosis efektif untuk menurunkan

kadar COD limbah tapioka hingga kadarnya memenuhi nilai ambang batas (NAB).

- 2) Bagi pemilik industri
Pemilik industri tapioka UD Sumber Makmur Desa Ngemplak Kecamatan Margoyoso Kabupaten Pati dapat melakukan pengolahan terhadap limbah cair yang dihasilkan sebelum dibuang ke badan air menggunakan proses koagulasi flokulasi dengan dosis ferri klorida 55 gr/l hingga kadar COD berada di bawah nilai ambang batas (NAB), agar tidak mencemari lingkungan dan kualitas badan air tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mustafa A. Analisis Proses Pembuatan Pati Ubi Kayu Tapioka Berbasis Neraca Massa. *Jurnal Agrotek*. 2015;9(2):127-33.
2. Djarwati I, Fauzi, Sukani. *Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka secara Kimia Fisika*. Departemen Perindustrian RI. Semarang, 1993.
3. Gubernur Jawa Tengah. *Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Semarang, 2012.
4. Monahan SE. *Fundamentals of Environmental Chemistry*. London: Lewis Publishers, 1993.
5. Notodarmojo S, Astuti, Juliah. *Kajian Unit Pengolahan Menggunakan Media Berbutir dengan Parameter Kekeruhan, TSS, Senyawa Organik dan pH*. *Jurnal ITB Sains&Tek*. 2004; 36 A(2): 97-115.
6. Rachmawati SW, Iswanto B, Winarni. Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2009; 5(2): 40-45.
7. Chamdan A dan Purnomo A. Kajian Kinerja Teknis Proses Dan Operasi Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi Pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kedunguling Pdam Sidoarjo. *Jurnal Teknik Pomits*. 2013;2(2):2301-9271.
8. Effendi H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelola Sumber Daya Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.
9. Baeza A, Fernandez M, Herranz M, et all. Emelination of Man-Made Radionuclides from Natural Waters by Applying a Standard Coagulation-Flocculation Process. *Jurnal Radioanal Nucl Chem*;6(1)260-321.
10. Saswita N, Sulistiyani, Setiani O. Penggunaan Kapur Tohor (Cao) Dalam Penurunan Kadar Logam Fe Dan Mn Pada Limbah Cair Pewarnaan Ulang Jeans Kabupaten Magelang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Januari 2017;16(1):2356-3346.
11. Hammer, M.J., *Water and Wastewater Technology 2 ed.*, New York: John Wiley and Sons Inc, 1986.
12. Sayuti PA. Kefektifan Ferri Chlorida (FeCl₃) dalam menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Cair Industri

- Batik CV. Brotoseno Masaran Sragen. Naskah Publikasi [available at eprints.ums.ac.id/40158/1/NA_SKAH%20PUBLIKASI.pdf]. 2015. (Diakses pada 10 April 2018)
13. Faust SD, Osman. Chemistry of Water Treatment. United States of Amerika: CRC Press, 1998.
14. Larasati A, Darundiati YH, Dangiran HL. Efektivitas Ferri Klorida ($FeCl_3$) Dalam Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry. Jurnal Kesehatan Masyarakat. Oktober 2017;5(5): 2356-3346.
15. Fessenden. Kimia Organik. Jakarta: Erlangga, 2006.
16. Winarni. Pengaruh Pengadukan pada Koagulasi Menggunakan Alum. Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Trisakti. 6 Des 2011;5(6):201-206.

