

Penurunan Kadar *Fluoride* dan COD pada Industri Asam Fosfat Menggunakan Kombinasi Metode Presipitasi Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium

Nadya Ayu Arianingtyas^{1*}, Adhi Setiawan¹, Novi Eka Mayangsari¹

¹Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*Email: nadyaayu@student.ppns.ac.id

Abstrak

Proses pembuatan asam fosfat akan menghasilkan air limbah yang perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Air limbah atau yang disebut dengan Acid Water (AW) dihasilkan dari *blowdown* proses SWC (*Shutdown Water Cleaning*) di unit *Phosphoric Acid Plant* (PA) dan kondensat *steam* di unit *Sulfuric Acid Plant* (SA). Proses pengolahan limbah menggunakan bahan kimia, membutuhkan perlengkapan mekanik serta biaya yang cukup besar. Teknologi pengolahan air limbah yang lain dibutuhkan sebagai alternatif pengolahan yang lebih efisien yaitu menggunakan kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi. Kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air limbah yang dapat meminimalisir bahan kimia dan biaya yang lebih murah, sehingga perlu dilakukan sebuah penelitian tentang pengolahan air limbah *fluoride* industri asam fosfat menggunakan kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi. Penelitian dilakukan menggunakan reaktor presipitasi dan elektrokoagulasi, menggunakan presipitan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, serta pelat elektroda aluminium dengan ukuran 10 cm x 20 cm. Air limbah *fluoride* yang digunakan berasal dari industri asam fosfat dengan volume sebesar 10 liter diolah secara *batch* dengan tahapan pengolahan presipitasi kemudian elektrokoagulasi lalu diukur konsentrasi dari COD dan *fluoride*. Hasil pengukuran kandungan COD dan *fluoride* dianalisis berdasarkan pengaruh dari nilai tegangan yang digunakan yakni 17 Volt, 22 Volt, dan 27 Volt. Nilai tegangan listrik yang semakin meningkat, didukung dengan kondisi pH 9 dan waktu kontak selama 60 menit, maka penurunan konsentrasi *fluoride* dan COD meningkat semakin baik. Penurunan terbesar *fluoride* adalah 99,96% dengan konsentrasi 0,58 mg/L dan COD 65,24 % dengan konsentrasi 8,87 mg/L dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 27 V.

Kata Kunci: *Fluoride*, COD, Presipitasi, Elektrokoagulasi, Tegangan

1. PENDAHULUAN

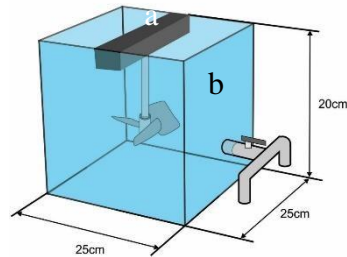
Industri asam fosfat merupakan industri yang menghasilkan asam fosfat dengan mereaksikan asam sulfat dengan batu fosfat. Dalam proses produksi dihasilkan air limbah yang mengandung *fluoride* yang cukup tinggi serta pH yang bersifat asam. *Fluoride* dengan nilai konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti osteoporosis, arthritis, tulang rapuh, kanker, kemandulan, serangan sistem otak, *syndrome alzheimer*, dan gangguan pada kelenjar *thyroid* (Mohammad dan Majumder, 2014), sehingga air limbah *fluoride* yang dihasilkan harus diolah terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke badan air agar tidak terjadi pencemaran lingkungan.

Teknologi yang digunakan dalam mengolah air limbah *fluoride* industri asam fosfat adalah koagulasi flokulasi kimia. Metode ini memiliki tingkat kebutuhan bahan kimia dan produksi sludge yang tinggi. Selain itu, koagulan dan flokulan membutuhkan proses *chemical preparation*, lahan dan berbagai peralatan yang membutuhkan biaya yang cukup mahal. Berbagai studi tentang efisiensi *removal* metode elektrokoagulasi dilakukan untuk berbagai macam air limbah seperti limbah bahan berbahaya dan beracun Cr (VI) dengan efisiensi *removal* 65,2% (Jati dan Aviandharie, 2015), air limbah artifisial penambahan NaF dengan efisiensi *removal fluoride* sebesar 92 % (Shivayogimath dan Punage, 2014), air limbah industri asam fosfat dengan efisiensi *removal* COD sebesar 640,675 mg/l; dan *fluoride* sebesar 15,615 mg/liter (Bimantara, dkk, 2018). Berdasarkan penelitian di atas nilai efisiensi proses cukup tinggi dalam mendegradasi kandungan COD dan *fluoride* pada berbagai macam air limbah. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaruh tegangan listrik yang digunakan terhadap penurunan konsentrasi COD dan *fluoride* setelah dilakukan proses pengolahan menggunakan kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi.

2. METODE

e. Alat dan bahan

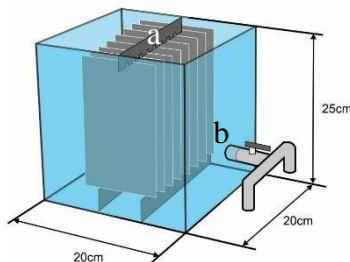
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium, kemudian untuk reaktor presipitasi menggunakan *propeller* dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. DC *power supply* 30 V dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dengan konsentrasi 25%.



Gambar 1. Desain Reaktor Presipitasi

Keterangan :

- a : Pengaduk dengan kecepatan pengadukan 100 rpm
- b : Kran air sebagai titik sampling
- Reaktor terbuat dari bahan Akrilik dengan tebal 5 mm
- Dimensi reaktor 25 cm x 25 cm x 20 cm
- Kapasitas reaktor 12,5 L



Gambar 2. Desain Reaktor Elektrokoagulasi

Keterangan :

- a : Elektroda Aluminium dengan ukuran 10 cm x 20 cm
- b : Kran air sebagai titik sampling
- Reaktor terbuat dari bahan Akrilik dengan tebal 5 mm
- Dimensi reaktor 25 cm x 20 cm x 20 cm
- Kapasitas reaktor 10 Liter

f. Prosedur Percobaan

Air limbah *fluoride* industri asam fosfat dengan volume 10 L dimasukkan ke dalam reaktor presipitasi lalu ditambahkan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hingga mencapai pH 9. Kemudian dilanjutkan dengan proses elektrokoagulasi, dengan memasukkan air hasil olahan presipitasi sebanyak 7 L ke dalam reaktor elektrokoagulasi. Reaktor elektrokoagulasi dipersiapkan dengan memasang pelat elektroda aluminium pada penyangga elektroda. Jarak antar pelat elektroda diatur 1 cm. Selanjutnya *power supply* dipersiapkan dengan menghubungkannya ke sumber listrik lalu nilai tegangan diatur sesuai dengan variasi tegangan yang akan digunakan dalam penelitian ini yakni 17 Volt, 22 Volt, dan 27 Volt. Kemudian memasang *aligator probe* pada masing-masing elektroda dan dihubungkan ke *power supply* dengan menggunakan kabel pada elektroda. *Power supply* dinyalakan bersamaan dengan dimulainya *stopwatch*. Apabila sudah mencapai waktu kontak 60 menit maka air olahan di sampling dan *power supply* dimatikan. Air limbah di sampling melalui kran lalu disaring menggunakan kertas saring. Air yang telah disaring akan diukur kandungan COD dan *Fluoride*.

g. Pengujian Hasil Proses Elektrokoagulasi

Air limbah *fluoride* industri asam fosfat baik sebelum maupun sesudah diolah dengan kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi dianalisis kandungan COD dan *fluoride*, sehingga dapat diketahui penurunan konsentrasi COD dan *fluoridenya*. Konsentrasi COD diukur dengan metode titrimetri sesuai dengan SNI 6989.73:2009. Konsentrasi *fluoride* diukur dengan spektrofotometri dengan larutan SPADNS berdasarkan SNI 06-6989.29-2005 dan analisis pH menggunakan pH meter sesuai dengan SNI 06-6989.11-2004.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

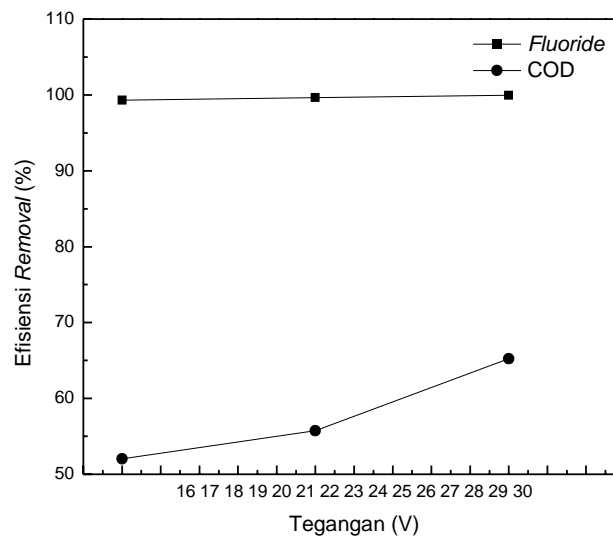
Efisiensi *removal fluoride* dan COD dengan menggunakan kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi merupakan selisih konsentrasi antara konsentrasi air limbah sebelum dan sesudah diolah dengan kombinasi

metode presipitasi elektrokoagulasi. Hasil dari analisis konsentrasi *fluoride* dan COD pada air limbah *fluoride* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil Analisis Konsentrasi COD dan *Fluoride* Sebelum dan Sesudah Metode Kombinasi

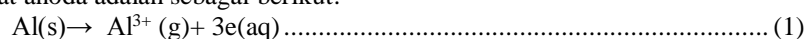
Nama Sampel		Konsentrasi	
		COD (mg/L)	<i>Fluoride</i> (mg/L)
Sebelum Proses Metode Kombinasi		25,5	1470,46
Sesudah Proses Metode Kombinasi	17 V	12,33	9,84
	22 V	11,29	5,11
	27 V	8,87	0,58

Berdasarkan dari hasil analisis konsentrasi *fluoride* dan COD, selisih konsentrasi yang selanjutnya dapat dibuat tren penurunan, sehingga dapat diidentifikasi pengaruh dari nilai tegangan listrik yang digunakan dalam proses kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi terhadap penurunan konsentrasi *fluoride* dan COD. Pengaruh nilai tegangan listrik terhadap penurunan konsentrasi *fluoride* dan COD dengan menggunakan kombinasi metode presipitasi elektrokoagulasi dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. 1 Pengaruh Nilai Tegangan Listrik Terhadap Efisiensi *Removal Fluoride* dan COD Setelah Proses Kombinasi Metode Presipitasi Elektrokoagulasi

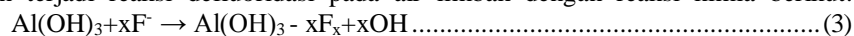
Berdasarkan Gambar 3.1, efisiensi *removal fluoride* dan COD menurun seiring dengan bertambahnya nilai tegangan listrik yang digunakan. Penurunan tertinggi *fluoride* adalah sebesar 99,96% dengan konsentrasi yaitu 0,56 mg/liter dan COD sebesar 65,24% dengan konsentrasi yaitu 8,87 mg/liter dengan menggunakan tegangan listrik 27 Volt. Nilai tegangan listrik yang semakin meningkat menyebabkan penurunan yang semakin besar. Berdasarkan persamaan dari Hukum Faraday I mengenai konsumsi elektroda, jumlah elektroda yang terlarut berbanding lurus dengan nilai arus listrik yang ada pada sistem elektrokoagulasi. Apabila ditinjau dari hukum Ohm, maka kuat arus listrik berbanding lurus dengan nilai tegangan listrik. Oleh karena itu semakin tinggi nilai tegangan listrik yang digunakan maka penurunan konsentrasi setelah melalui proses elektrokoagulasi akan semakin besar. Selain itu, tegangan listrik yang diaplikasikan pada proses elektrokoagulasi menentukan jumlah Al(OH)_3 yang terbentuk dan pembentukan gelembung yang mana sangat berpengaruh terhadap pengadukan air limbah (Farhadi dkk, 2012). Pada pelat elektroda aluminium terjadi reaksi oksidasi pada anoda. Reaksi oksidasi yang terjadi pada pelat anoda adalah sebagai berikut:



Pelat anoda aluminium teroksidasi menjadi ion Al^{3+} yang berfungsi sebagai koagulan dalam air limbah. Ion Al^{3+} yang telah dihasilkan akan mendestabilisasi polutan dalam air limbah sehingga dapat dipisahkan. Di dalam air limbah akan terjadi reaksi kimia berikut:



Kemudian akan terjadi reaksi defluoridasi pada air limbah dengan reaksi kimia berikut:



Berdasarkan reaksi diatas maka seiring dengan bertambahnya $Al(OH)_3$ yang terbentuk dari pelat elektroda aluminium maka jumlah *fluoride* yang diendapkan dalam bentuk $Al(OH)_3 - xF_x$ juga semakin banyak. Senyawa $Al(OH)_3$ yang telah terbentuk akan mengadsorpsi senyawa organik dan menangkap partikel koloid sehingga akan mudah untuk dipisahkan. Berkurangnya kandungan senyawa organik dan partikel koloid menyebabkan kandungan COD menurun (Bratby, 2006). Pelat katoda aluminium juga mengalami reaksi reduksi dengan reaksi kimia berikut:



Reaksi reduksi pada pelat katoda aluminium diatas menghasilkan gas H_2 atau hidrogen. Terbentuknya gas hidrogen akan mengakibatkan tereduksinya material organik. Sebagian molekul yang terdapat pada limbah ditangkap $Al(OH)_3$ kemudian penyisihan oleh H_2 sebagai senyawa organik membentuk gelembung yang dapat menurunkan COD (Setianingrum dkk, 2016).

4. KESIMPULAN

Nilai tegangan listrik yang semakin meningkat dan didukung dengan kondisi pH 9 dan waktu kontak selama 60 menit, maka penurunan konsentrasi fluoride dan COD meningkat semakin baik. Penurunan terbesar fluoride adalah 99,96% dengan konsentrasi 0,58 mg/L dan COD 65,24 % dengan konsentrasi 8,87% dengan menggunakan tegangan listrik sebesar 27 V.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bimantara, H. A., Setiawan, A. dan Mayangsari, N. E. (2018) ‘Penurunan Konsentrasi COD , TSS , dan Fluoride pada Limbah Cair Industri Asam Fosfat Menggunakan Elektrokoagulasi’, (2623), pp. 145–148.
- Bratby, J. (2006). Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment Second Edition. London: IWA.
- Farhadi, S., Aminzadeh, B., Torabian, A., Khatibikamal, V., & Fard, M. A. (2012). Comparison of COD removal from pharmaceutical wastewater by electrocoagulation, photoelectrocoagulation, peroxi-electrocoagulation and peroxi-photoelectrocoagulation processes. *Journal of Hazardous Materials*, 219-220.
- Jati, B. N. dan Aviandharie, S. A. (2015). Kombinasi Teknologi Elektrokoagulasi dan Fotokatalisis dalam Mereduksi Limbah Berbahaya dan Beracun Cr (VI). Jakarta Timur. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian.
- Mohammad, & Majumder, C. B. (2014). Removal of Fluoride from Synthetic Waste Water by Using "Bio Adsorbent". *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 776-785.
- Setianingrum, Novie Putri. dkk. (2016). Pengaruh Tegangan dan Jarak Antar Elektroda Terhadap Pewarna Remazol Red RB dengan Metode Elektrokoagulasi. 93-97.
- Shivayogimath, C. B., & Punage, S. (2014). Optimization of Parameters for Fluoride Removal by Electrocoagulation using Aluminum Electrodes in Monopolar Parallel Combination. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1276-1280.
- Takdastan, A., Tabar, S. E., Islam, A., Bazafkan, M., & Naisi, A. (2015). The Effect Of The Electrode In Fluoride Removal From Drinking Water By Electrocoagulation Process.