

## PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI DARI PT. SIER MENGGUNAKAN METODE ELEKTROFLOTASI (EF)

Dionysius Nathanael<sup>1</sup>, Keenan Michael Agape<sup>2</sup>, Adriana Anteng Anggorowati<sup>3\*</sup>, Andrew Joewono<sup>4</sup>  
Jurusan Teknik Kimia - Fakultas Teknik - Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

\*e-mail : [adrianaanteng@ukwms.ac.id](mailto:adrianaanteng@ukwms.ac.id)

### ABSTRACT

One of the methods for treating industrial waste is using the electro-flotation (EF) method. In this study, the EF method used requires stainless steel as the anode and aluminum as the cathode. Industrial wastewater treated using the EF method comes from PT. Surabaya Rungkut Industrial Estate (SIER). Liquid waste is put into the EF basin, then the power supply is turned on and then the voltage and contact time are adjusted. After the EF process, the treated wastewater was sampled in a certain amount to measure the value of Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS) and the number of bacterial colonies. Based on the calculation, the result shows that with an electric voltage of 32.5 volts and a contact time of 60 minutes, the result is the largest decrease in COD and TSS values. COD decreased from 236.66 mg / L to 24.56 mg / L or 90%, TSS decreased from 187 mg / L to 34.33 mg / L or 81.64%. While the decline in bacterial colonies from  $4,7 \cdot 10^4 \frac{\text{bacterial colonies}}{\text{sample volume (mL)}}$  to  $4,03 \cdot 10^3 \frac{\text{bacterial colonies}}{\text{sample volume (mL)}}$  or 91,42% decrease at the mains voltage of 19 volts and contact time for 20 minutes.

### ABSTRAK

Salah satu metode untuk mengolah limbah cair industri dengan menggunakan metode Elektroflotasi (EF). Pada penelitian ini metode EF yang digunakan memerlukan *stainless steel* sebagai anoda dan aluminium sebagai katoda. Limbah cair industri yang diolah dengan metode EF berasal dari PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER). Limbah cair dimasukkan ke dalam bak EF, kemudian power supply dinyalakan lalu diatur tegangan listrik dan waktu kontakannya. Setelah proses EF, limbah cair hasil pengolahan disampling dalam jumlah tertentu untuk diukur nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) dan jumlah koloni bakterinya. Berdasarkan perhitungan, diperoleh hasil bahwa dengan tegangan listrik sebesar 32,5 volt dan waktu kontak selama 60 menit menunjukkan hasil penurunan nilai COD dan TSS yang paling besar. COD mengalami penurunan dari 236,66 mg/L menjadi 24,56 mg/L atau sebesar 90%, TSS mengalami penurunan nilai dari 187 mg/L menjadi 34,33 mg/L atau sebesar 81,64%. Sedangkan penurunan koloni bakteri dari  $4,7 \times 10^4 \frac{\text{koloni bakteri}}{\text{ml sampel}}$  menjadi  $4,03 \times 10^3 \frac{\text{koloni bakteri}}{\text{ml sampel}}$  atau sebesar 91,42% pada tegangan listrik sebesar 19 volt dan waktu kontak selama 20 menit.

**Keywords:** *industrial waste; electro-flotation*

### I. Pendahuluan

Seiring pesatnya perkembangan industri modern, masalah lingkungan semakin hari semakin meningkat. Diantara berbagai macam bentuk polusi, pencemaran air berdampak serius terhadap kehidupan manusia karena air adalah salah satu elemen penting untuk mempertahankan kehidupan manusia. Penyebab utama pencemaran air adalah limbah industri yang pada umumnya mengandung polutan yang kompleks [1]. Akibat dari kurangnya suplai air bersih dan menurunnya kualitas air, maka timbul beberapa masalah khususnya di bidang kesehatan [2]. Dengan munculnya industri yang mengolah minyak nabati dan *laundry*, maka ditemukan limbah cair yang mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang cukup tinggi seperti fosfat, surfaktan, hidrokarbon, ammonia, minyak nabati, garam, padatan terlarut dan tak terlarut.

Sebagai akibatnya, kekeruhan, nilai BOD<sub>5</sub>, COD, serta TSS yang tinggi [2] [3]. Sebelum dapat dibuang ke lingkungan perairan, air limbah industri minyak nabati dan sabun harus diolah terlebih dahulu supaya sesuai dengan baku mutu yang dibuat oleh Kementerian Lingkungan Hidup.

Pada penelitian ini, akan dikembangkan proses pengolahan air limbah cair dari SIER dengan menggunakan metode EF untuk menurunkan nilai COD, TSS dan jumlah koloni bakteri.

### II. Teori

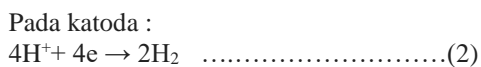
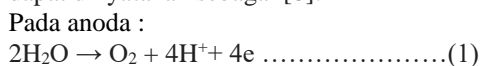
#### II.1. Air limbah Industri PT. SIER (Surabaya Industrial Estate Rungkut)

PT. SIER memiliki fasilitas IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dimana menggunakan pengolahan air limbah dengan metode fisik

(primary treatment) dan metode biologi (secondary treatment) tanpa menggunakan bahan kimia. Pengolahan air limbah dengan metode fisik bertujuan untuk mengendapkan, menyaring, serta menghilangkan partikel-partikel padatan yang tidak terlarut [4]. Pengolahan air limbah secara biologis umumnya menggunakan bantuan dari mikroorganisme. Sistem pengolahan air limbah dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme bertujuan untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air [5]. Air limbah yang memasuki IPAL PT. SIER merupakan air limbah yang banyak mengandung minyak nabati dan sabun/surfaktan. Bentuk fisik dari air limbah yang ada di IPAL PT. SIER berwarna coklat kehitaman dengan bau tak sedap, memiliki pH antara 6-7, sedikit berbusa, dan terdapat padatan-padatan yang tidak terlarut dalam air.

**II.2. Elektroflotasi (EF)**

Pengolahan limbah industri dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satu metode yang dapat digunakan adalah EF. EF merupakan proses pemisahan polutan pada cairan dengan cara mengapungkan zat atau partikel polutan terdispersi di dalam air ke permukaan oleh gaya angkat gelembung gas oksigen dan hidrogen dari hasil reaksi elektrolisis air [6]. Menurut penelitian [7], gelembung gas dapat diproduksi melalui banyak metode, misalnya, flotasi udara terlarut, penyemprotan elektrostatis udara, dan elektrolisis, yang merupakan prinsip EF. Ketika larutan elektrolit diberi dua elektroda, dan arus searah (DC) melewati kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda), maka reaksi terjadi elektrolisis yang menghasilkan gas hidrogen di katoda dan gas oksigen di anoda sesuai dengan reaksi (1) dan (2) Reaksi redoks di elektroda dapat dinyatakan sebagai [8]:

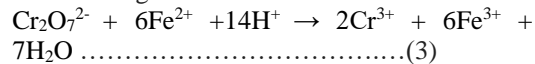


Berdasarkan penelitian Haryono [9] pengolahan limbah cat menggunakan metode EF, dan logam aluminium sebagai katoda, logam besi sebagai anoda dapat menghasilkan gelembung yang cukup kecil dan baik untuk mengapungkan partikel – partikel halus yang terdapat dalam limbah cair cat.

**II.3. Chemical Oxygen Demand (COD)**

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Menurut Boyd [10], bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dioksidasi menggunakan oksidator kuat kalium dikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator

perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai, akan teroksidasi. Menurut standar SNI pengukuran COD dapat dilakukan dengan menggunakan metode titrasi, dimana kalium dikromat (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) dititrasi dengan ferro amonium sulfat [Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] yang menggunakan indikator ferroin, reaksinya adalah sebagai berikut :



Reaksi oksidasi dinyatakan berakhir, ditandai dengan adanya perubahan warna campuran dari kuning menjadi hijau, yang menunjukkan reduksi Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> menjadi Cr<sup>3+</sup>.

**II.4. Total Suspended Solids (TSS)**

TSS adalah residu dari padatan total yang tidak tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel lebih besar dari 2 mikron, atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Kebanyakan padatan tersuspensi terbuat dari bahan anorganik [11]. Tingginya konsentrasi dari padatan tersuspensi dapat menimbulkan banyak masalah untuk aspek kesehatan dan kehidupan perairan. Tingginya TSS juga dapat meningkatkan kenaikan suhu permukaan air, karena padatan tersuspensi tersebut akan menyerap sinar matahari. TSS yang tinggi dapat menyebabkan masalah untuk perindustrian karena padatan yang tidak terlarut tersebut dapat menyumbat pipa-pipa dan mesin [12].

**II.5. Bakteri**

Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu prokariotik yang hidup bebas dan dapat ditemukan di beberapa lingkungan seperti udara, air, tanah, dan dapat hidup di dalam tumbuhan, tubuh hewan atau manusia. Dalam limbah cair industri pada umumnya juga terdapat banyak mikroorganisme karena mengandung senyawa organik sebagai makanannya [13]. Jenis bakteri yang banyak hidup di perairan dengan senyawa organik yang melimpah adalah jenis bakteri heterotrof. Suatu istilah yang umum digunakan sebagai ganti heterotrof adalah "saprophyte" yang mengacu pada organisme yang hidup pada bahan organik yang mati atau membusuk [14].

**II.6. Metode Standard Plate Count (SPC)**

*Standard Plate Count* (SPC) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah mikroba dalam air limbah. Metode hitungan cawan (SPC) merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam perhitungan jumlah koloni bakteri, karena koloni dapat dilihat langsung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop. Untuk menghitung total bakteri dengan metode cawan digunakan Nutrient Agar (NA) [15]. Penentuan dengan cara ini merupakan pengukuran empiris saja, oleh

karena setiap spesies bakteri membentuk koloni tersendiri dalam pertumbuhannya. Semua bakteri dari sampel akan tumbuh pada media agar dan setiap golongan bakteri akan tumbuh menjadi satu koloni yang spesifik, sehingga jumlah bakteri dapat diketahui dengan menghitung jumlah koloni. Semakin tercemar suatu badan air, semakin tinggi konsentrasi bakteri dan semakin kecil volume sampel yang diperlukan, agar jumlah koloni dapat dihitung.

### III. Metodologi Penelitian

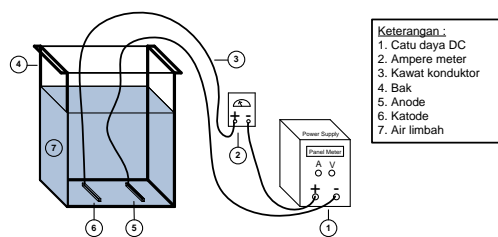
#### III.1. Elektrofotasi (EF) Limbah Cair

Sampel air limbah cair industri diolah menggunakan metode EF agar dapat diketahui penurunan nilai COD dan TSS. Limbah cair dimasukkan ke dalam bak EF, kemudian *power supply* dinyalakan lalu diatur tegangan listrik dan waktu kontakannya. Setelah proses EF, dilakukan sampling di 3 (tiga) titik, yaitu pada bagian atas, tengah dan bagian bawah bak EF. Ketiga sampel tersebut kemudian dianalisis masing-masing nilai COD, TSS, dan jumlah koloni mikroorganismenya. Perhitungan penurunan parameter limbah cair setelah EF dinyatakan dalam persentase (%) dengan persamaan (4):

Persentase Penurunan parameter limbah cair =

$$\frac{(\text{nilai parameter awal}-\text{parameter akhir})}{\text{nilai parameter awal}} \times 100\%$$

Rangkaian alat EF dapat digambarkan seperti pada Gambar III.1.



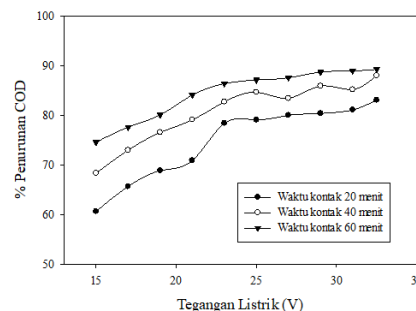
Gambar III.1. Alat EF

### IV. Hasil dan Pembahasan

#### IV. 1. Penentuan COD dan TSS

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar IV.1 didapatkan persentase (%) penurunan COD meningkat seiring dengan bertambahnya tegangan listrik dan waktu kontak. Pada tegangan listrik 32,5 volt dan waktu kontak 60 menit COD mengalami penurunan sebesar 90 %. Gejala ini dapat dijelaskan sebagai berikut, jika tegangan listrik diperbesar maka reaksi redoks dalam elektrolisis air yang terjadi didalam bak EF akan semakin cepat. Semakin cepat reaksi redoks yang terjadi maka jumlah senyawa organik yang teroksidasi juga akan semakin banyak berarti nilai COD akan semakin menurun. Penurunan COD juga dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak antara limbah cair dengan elektroda. Pada penelitian ini, semakin lama waktu kontak limbah cair dalam bak EF dapat memperbanyak gas O<sub>2</sub> yang

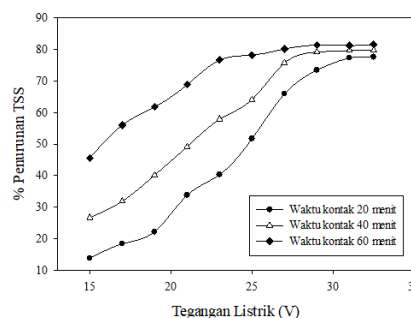
terbentuk. Sehingga senyawa organik yang terurai akan semakin banyak dan mengakibatkan penurunan COD.



Gambar IV.1. Penurunan COD (%) pada berbagai tegangan listrik (Volt) untuk waktu kontak 20 menit, 40 menit, dan 60 menit

#### IV.2. Pengukuran TSS

Pada Gambar IV.2. menunjukkan bahwa nilai *Total Suspended Solid* (TSS) semakin meningkat dengan bertambahnya tegangan listrik dan lamanya waktu kontak. Penurunan TSS yang terbesar yaitu 81,64% terjadi pada tegangan listrik 32,5 volt dan waktu kontak selama 60 menit.

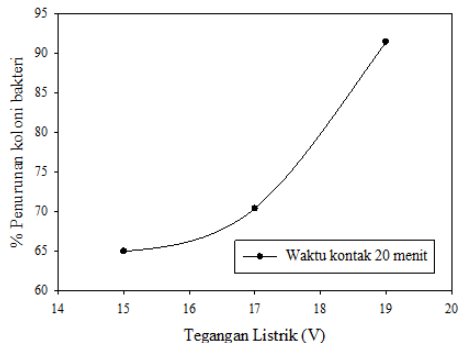


Gambar IV.2. Penurunan TSS (%) pada berbagai tegangan listrik (Volt) untuk waktu kontak 20 menit, 40 menit, dan 60 menit

Penurunan TSS dikarenakan suspensi padat yang terkandung dalam limbah cair mengalami *floating* atau terangkat ke permukaan bak EF dengan bantuan gelembung gas O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> hasil elektrolisis air. Semakin besar tegangan listrik maka gelembung gas yang dihasilkan akan semakin banyak sehingga partikel-partikel tersuspensi dalam limbah cair menempel pada gelembung gas. Gelembung gas inilah yang berperan dalam menurunkan TSS pada air limbah. Penurunan TSS juga dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak antara air limbah industri dengan elektroda. Semakin lama waktu elektrolisis akan menyebabkan semakin banyak jumlah gelembung-gelembung udara atau gas yang terbentuk. Jika sebagian padatan tersuspensi terflotasi maka padatan tersuspensi yang terdapat di air limbah semakin berkurang dan warna limbah cair semakin terlihat jernih.

#### IV.3. Perhitungan jumlah koloni bakteri

Berdasarkan Gambar IV.3., dapat dilihat bahwa persentase penurunan jumlah koloni bakteri dalam limbah cair semakin meningkat dengan bertambahnya tegangan listrik pada waktu kontak 20 menit. Penurunan jumlah koloni bakteri pada limbah cair dapat terjadi karena sebagian besar bakteri yang terdapat dalam limbah cair adalah heterotrof.



**Gambar IV.3.** Penurunan jumlah koloni bakteri (%) pada berbagai tegangan listrik (Volt) untuk waktu kontak 20 menit

Bakteri heterotrof mendapatkan energi dengan mengonsumsi molekul organik yang terdapat di lingkungannya. Bakteri akan bertahan hidup dengan memanfaatkan senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair. Apabila senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair sebagian sudah teroksidasi, maka jumlah bakteri mengalami penurunan yang mengakibatkan bakteri tidak dapat berkembang biak dan mati.

## V. Kesimpulan

Tegangan listrik dan waktu kontak antara limbah cair dengan elektroda menggunakan metode EF dapat mempengaruhi nilai COD dan TSS. Tegangan listrik sebesar 32,5 volt dan waktu kontak selama 60 menit menunjukkan penurunan nilai COD dan TSS yang paling besar. COD mengalami penurunan dari 236,66 mg/L menjadi 24,56 mg/L atau sebesar 90%. Sedangkan TSS mengalami penurunan nilai dari 187 mg/L menjadi 34,33 mg/L atau sebesar 81,64%.

Tegangan listrik pada metode EF mempengaruhi jumlah koloni bakteri dalam limbah cair industri. Pada tegangan listrik sebesar 19 volt dan dengan waktu kontak 20 menit didapatkan hasil penurunan koloni bakteri dari  $4,7 \times 10^4 \frac{\text{koloni bakteri}}{\text{ml sampel}}$  menjadi  $4,03 \times 10^3 \frac{\text{koloni bakteri}}{\text{ml sampel}}$  atau sebesar 91,42%.

## Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memfasilitasi penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] X. Zhang, M. Lin and X. Z. C. W. H. Z. H. Y. B. Lin, "Polypyrrole-Enveloped Pd and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticle Binary Hollow and Bowl-Like Superstructures as Recyclable Catalysts for Industrial Wastewater Treatment," *ACS Applied Materials and Interfaces*, pp. 1-9, 2013.
- [2] D. Gumelar, Y. Hendrawan and R. Yulianingsih, "Pengaruh aktivator dan waktu kontak terhadap kinerja arang aktif berbahan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) pada penurunan COD limbah cair laundry," *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, pp. 15-23, 2015.
- [3] A. Asatekin and A. N. Mayes, "Oil Industry Wastewater Treatment with Fouling Resistant Membranes Containing Amphiphilic Comb Copolymers," *Environmental Science and Technology*, pp. 4487-4492, 2009.
- [4] F. A. Yanitra, A. T. S. Haji and B. Suharto, "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Surabaya Industril Estate Rungkut - Manajemen of Pasuruan Industrial Estate Rembang," *Jurnal Sumber Daya Alan dan Lingkungan*, pp. 18-26, 2016.
- [5] I. N. I. Said, "Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Proses Biologis," in *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*, Jakarta, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2002, pp. 78-148.
- [6] B. Tadesse, B. Albijanac, F. Makuei and R. Bowner, "Recovery of Fine and Ultrafine Mineral Particles by Electroflotation – A Review, Mineral Processing And Extractive Metallurgy Review," *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, pp. 1-16, 2018.
- [7] S. E. Y. S. T. C. Burns, " Microbubble generation for environmental and industrial separations," *Separation and purification technology*, vol. 11, pp. 221-232, 1997.
- [8] M. E. G. M. D. S. W. Sarkar, "Bubble size measurement in electroflotation," *Minerals Engineering* 23, p. 1058–1065, 2010.
- [9] F. D. M. L. N. C. & R. A. Haryono, "PENGOLAHAN LIMBAH ZAT WARNA

TEKSTIL TERDISPERSI DENGAN METODE EF," *Jurnal Kimia dan Pendidikan* Vol. 3, pp. 94-105, 2018.

- [10] C. Boyd, *Water Quality in Pond For Aquaculture*, Alabama: Auburn University, 1990.
- [11] I. Fondriest Environmental, "Turbidity, Total Suspended Solids & Water Clarity," 13 June 2014. [Online]. Available: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/#Turbid1>.
- [12] M. K. Mitchell and W. B. Stapp, *Field manual for water quality monitoring : an environmental education program for schools*, Dubuque: Kendall-Hunt for GREEN (Global Rivers Environmental Education Network), 1992.
- [13] Irnaningtyas, *Biologi untuk SMA/ MA Kelas XI*, Jakarta: Erlangga, 2013.
- [14] Toprak, "Waste Water Engineering Design," 2006. [Online]. Available: <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/4ani.html>.
- [15] Nurhayati and I. M. Samallo, "Analisis Degradasi Polutan Limbah Cair Pengolahan Rajungan (*Portulus Pelagicus*) dengan Menggunakan Mikroba Komersial," *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Limit's*, pp. 1-3, 2013.