

# PEMANFAATAN METODE FENTON DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI SAWIT

Diana Novita Sari, Dea Amelia, Muhammad David Ramadhon, dan Yuant Tiandho<sup>a</sup>

Jurusan Fisika, Universitas Bangka Belitung  
Kampus Terpadu UBB, Balunijuk, Kecamatan Merawang, Bangka, Provinsi Kep. Bangka Belitung 33172

<sup>a)</sup>email korespondensi: yuant@ubb.ac.id

## ABSTRAK

Negara Indonesia merupakan produsen pertama CPO (*Crude Palm Oil*) di dunia. Salah provinsi yang memiliki potensi dalam perkebunan kelapa sawit adalah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Selain mampu menciptakan kesempatan kerja, industri kelapa sawit akan meningkatkan kerusakan lingkungan perairan karena limbah cair yang dibuang begitu saja ke sungai. Hal itu dapat berpengaruh buruk pada mikroorganisme sehingga berpotensi dapat merusak lingkungan dan makhluk sekitarnya. Metode Fenton adalah salah satu pengembangan dari teknologi AOPs. Proses Fenton terjadi dari reaksi antara hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dengan ion besi ( $Fe^{2+}$  atau  $Fe^{3+}$ ) guna menghasilkan gugus hidroksi radikal yang dapat mengoksidasi senyawa organik maupun anorganik. Karakteristik air yang diamati dalam penelitian ini adalah derajat keasaman, jumlah partikel terlarut, dan tingkat kekeruhannya. Setelah dilakukan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis  $FeSO_4$  dalam metode Fenton maka semakin rendah nilai derajat keasaman dan tingkat kekeruhan air limbah kelapa sawit namun semakin tinggi nilai jumlah partikel terlarut air limbah. Berdasarkan parameter-parameter yang telah diperoleh dapat dinyatakan bahwa metode Fenton dapat memperbaiki tingkat kekeruhan air limbah kelapa sawit secara signifikan sehingga ramah lingkungan. Diharapkan dengan menggunakan metode ini dapat dikembangkan industri bersih dalam pabrik kelapa sawit.

**Kata kunci:** air limbah sawit, Fenton, baku mutu

## PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan produsen pertama CPO (*Crude Palm Oil*) di dunia (Hanum *et al.*, 2015). Salah provinsi yang memiliki potensi dalam perkebunan kelapa sawit adalah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Untuk skala perkebunan rakyat, misalnya, tercatat luas tanam 69 ribu hektare pada 2018. Sementara Jumlah perkebunan besar kelapa sawit bertambah delapan perusahaan menjadi 57 perusahaan (Dinas Komunikasi dan Informatika Babel, 2021).

Disamping memberikan dampak positif untuk perekonomian daerah, meningkatnya produksi kelapa sawit juga dapat menyebabkan peningkatan limbah industri. Kebanyakan industri membuang limbahnya ke perairan terbuka (sungai) terutama limbah yang bersifat cair. Hal itu dapat berpengaruh buruk pada mikroorganisme sehingga berpotensi dapat merusak lingkungan dan makhluk sekitarnya (Rahardja *et al.*, 2017). Berdasarkan data pengamatan (Silalahi, 2017), limbah cair yang dihasilkan sebesar  $571 m^3/hari$ . Sehingga perlu pengolahan terlebih dahulu untuk mencegah pencemaran makhluk hidup disekitarnya yaitu dengan adanya teknologi alternatif yang efektif dan efisien menjadi sangat penting dalam mengatasi permasalahan ini.

Adapun beberapa metode yang telah dilakukan untuk mengolah limbah industri kelapa sawit seperti koagulasi dan flokulasi, sedimentasi dan flotasi, fitoremediasi, dan anaerobik (Agustina *et al.*, 2016). Namun metode-metode tersebut masih kurang efektif karena membutuhkan biaya yang tinggi serta akan menggunakan energi yang banyak.

Metode Fenton adalah salah satu pengembangan dari teknologi AOPs. Proses Fenton terjadi dari reaksi antara hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) dengan ion besi ( $Fe^{2+}$  atau  $Fe^{3+}$ ) guna menghasilkan gugus hidroksi radikal yang dapat mengoksidasi senyawa organik maupun anorganik. Reagen Fenton merupakan larutan yang berisi campuran hidrogen peroksida dan katalis garam besi [II] atau besi [III] pada pH asam, digunakan dalam proses Fenton sebagai sumber radikal hidroksil. Diantara metode AOPs, metode Fenton adalah metode yang paling efektif karena mampu menghemat tempat dan energi, biayanya murah, mudah di aplikasikan, aman, sederhana, proses pengolahan cepat dan efektif. Metode ini juga dapat menguraikan senyawa-senyawa berbahaya yang bersifat *non-biodegradable* dalam limbah melalui oksidasi (Guo, *et al.*, 2018).

Berdasarkan kondisi tersebut maka di dalam penelitian ini dilakukan pengembangan metode pengolahan limbah cair industri kelapa sawit menggunakan metode Fenton. Dalam penelitian ini terdapat beberapa parameter yang diamati meliputi tingkat keasaman (pH), jumlah partikel terlarut (TDS), dan kekeruhan.

## METODE PENELITIAN

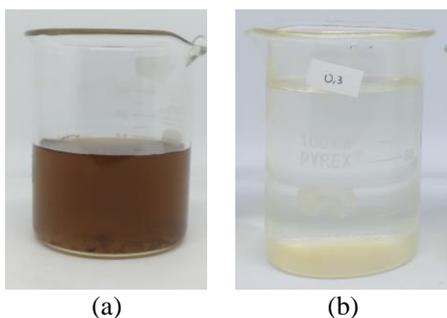
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Bangka Belitung. Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah kelapa sawit yang berasal dari salah satu pabrik kelapa sawit di Kepulauan Bangka Belitung,  $H_2SO_4$ ,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , dan  $H_2O_2$ . Adapun alat-alat yang digunakan dalam pengolahan air limbah kelapa sawit dengan metode Fenton adalah gelas beaker, corong, gelas ukur, kertas saring filtrasi, dan pengaduk kaca. Sedangkan untuk

pengambilan data digunakan alat ukur seperti pH-meter, TDS-meter, dan turbidimeter.

Proses awal dalam metode Fenton dilakukan pencampuran reagen Fenton dengan air limbah kelapa sawit dengan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$  pada gelas beaker. Masing-masing sampel menggunakan 100 ml air limbah dan 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  sedangkan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$  yakni sebesar 0,1 gram; 0,5 gram; 0,5 gram; 0,7 gram dan 1 gram sehingga ada 5 sampel yang akan diuji. Setelah pencampuran, sampel diaduk menggunakan pengaduk kaca selama 5 menit. Kemudian didiamkan selama 24 jam setelah itu dilakukan proses filtrasi. Air limbah kelapa sawit yang sudah disaring akan dianalisis karakteristiknya, yaitu pH, TDS, dan tingkat kekeruhan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan limbah dengan metode Fenton sangat dipengaruhi oleh jumlah reagen Fenton. Setelah dilakukan analisis dan pengujian parameter fisika dan kimia terhadap sampel limbah cair maka diperoleh objek visual sebelum dan sesudah perlakuan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Tampak bahwa setelah melalui pengolahan dengan metode Fenton air limbah kelapa sawit mengalami degradasi warna secara signifikan. Oleh karena itu, secara visual dapat dinyatakan bahwa metode Fenton efektif untuk digunakan dalam pengolahan air limbah kelapa sawit.



**Gambar 1.** Air limbah kelapa sawit: (a) sebelum dilakukan proses Fenton dan (b) setelah dilakukan mekanisme Fenton, menunjukkan bahwa proses Fenton dapat menjernihkan air limbah secara signifikan.

Pada Gambar 2 disajikan air limbah kelapa sawit yang telah melalui proses Fenton namun belum di filtrasi. Dari gambar tersebut tampak bahwa pada air sampel uji terdapat endapan yang berkaitan dengan hasil samping degradasi pewarna limbah. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa pada metode Fenton, terjadi mekanisme koagulasi dari ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang tidak bereaksi dengan  $\text{H}_2\text{O}_2$  (dalam membentuk  $\text{OH}\cdot$ ) dan berikatan langsung dengan koloid/partikel suspensi di air limbah yang selanjutnya terjadi adsorpsi partikel tersuspensi/koloid membentuk flok-flok kemudian mengendap (Cristiany, 2017).

Setelah dilakukan filtrasi pada Gambar 3, tampak dengan jelas bahwa dosis  $\text{FeSO}_4$  sangat mempengaruhi degradasi warna air limbah kelapa sawit. Berdasarkan gambar tersebut hasil paling optimum ditunjukkan pada perlakuan dosis  $\text{FeSO}_4$  sebanyak 0,3 gram untuk 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan 100 ml air limbah. Hal tersebut terjadi karena kombinasi antara  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam sistem Fenton harus seimbang supaya menghasilkan pengolahan yang optimum. Dalam proses kombinasi,

baik  $\text{OH}\cdot$ ,  $\text{OH}\cdot\text{O}_2^-$ , atau  $\text{HO}_2$  merupakan agen pengoksidasi yang sangat efisien dalam mengoksidasi bahan organik dan mengurainya menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (Fauzi dan Agung, 2018). Degradasi warna yang tinggi terjadi karena molekul warna telah teroksidasi. Dengan meningkatnya rasio molar reagen Fenton maka akan meningkatkan jumlah radikal hidroksil (Wang *et al*, 2019).

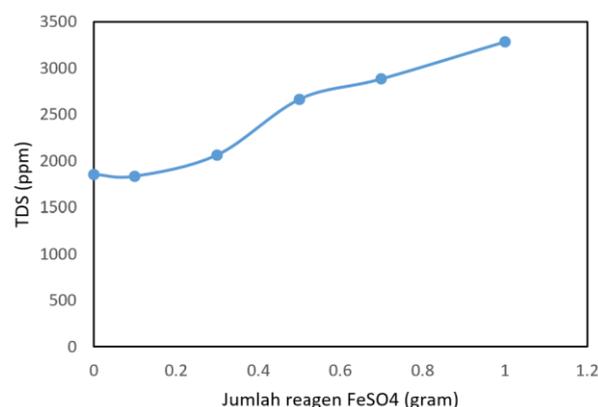


**Gambar 2.** Pengolahan air limbah kelapa sawit dengan metode Fenton sebelum proses filtrasi terdapat endapan



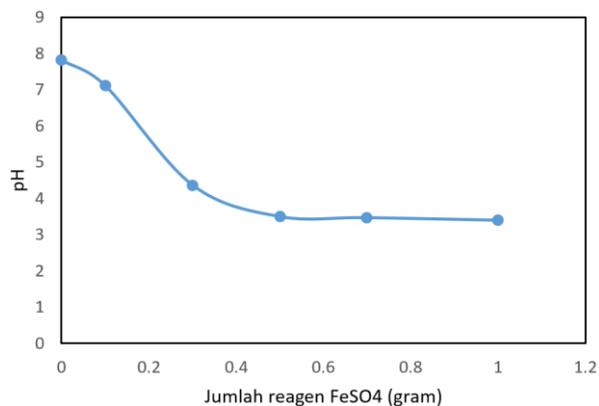
**Gambar 3.** Pengolahan air limbah kelapa sawit dengan metode Fenton setelah proses filtrasi

Pada Gambar 4 ditampilkan grafik hubungan antara dosis  $\text{FeSO}_4$  dengan jumlah zat padat terlarut (TDS) dalam air limbah kelapa sawit. Tampak bahwa dari pengujian TDS tinggi dosis  $\text{FeSO}_4$  maka semakin tinggi nilai TDS dalam air limbah. Sebelum air limbah kelapa sawit ditambah reagen Fenton, nilai TDSnya sebesar 1850 ppm. Pada perlakuan reagen Fenton 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$  sebanyak 0,1 g; 0,3 g; 0,5 g; 0,7 g; dan 1 g pada air limbah maka masing-masing sampel menghasilkan nilai TDS sebesar 1830 ppm, 2060 ppm, 2660 ppm, 2880 ppm dan 3280 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa metode Fenton kurang efektif dalam menurunkan nilai TDS dari air limbah kelapa sawit dan belum memenuhi standar baku mutu air berdasarkan PERMENKES RI No. 32 Tahun 2017 yaitu maksimal nilai zat pada terlarut adalah sebesar 1000 ppm.



**Gambar 4.** Hubungan antara jumlah partikel terlarut air limbah kelapa sawit dengan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$

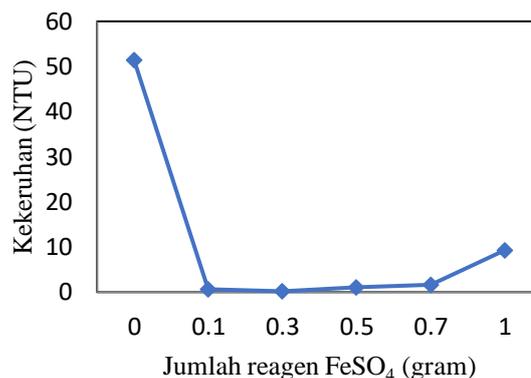
Pada Gambar 5 ditunjukkan pola perubahan derajat keasaman air limbah kelapa sawit dengan proses Fenton. Melalui grafik diatas dapat diketahui bahwa proses Fenton dapat menurunkan pH air limbah kelapa sawit. Sebelum dilakukan pengolahan dengan metode Fenton, derajat keasaman air limbah adalah sebesar 7,81. Pada perlakuan dosis  $\text{FeSO}_4$  0,1 gram didapat pH sebesar 7,11. Pada sampel dengan dosis 0,3 gram  $\text{FeSO}_4$  menghasilkan pH sebesar 4,36. Derajat keasaman pada sampel dengan dosis 0,5 gram  $\text{FeSO}_4$  adalah sebesar 3,49. Pada sampel yang dimasukan 0,7 gram  $\text{FeSO}_4$  menghasilkan nilai pH sebesar 3,46. Sedangkan pada sampel dengan 1 gram  $\text{FeSO}_4$  menghasilkan pH sebesar 3,39. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis  $\text{FeSO}_4$  maka semakin rendah derajat keasaman yang dihasilkan. Derajat keasaman berdasarkan Nomor P.16/MENLHK / SETJEN / KUM. 1/4/2019 standar baku mutu air limbah industri kelapa sawit adalah 6,0-9,0. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan dosis  $\text{FeSO}_4$  0,1 gram untuk 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan 100 ml air limbah kelapa sawit telah memenuhi standar baku mutu air akan tetapi untuk dosis  $\text{FeSO}_4$  0,3-1 gram belum bisa memenuhi standar baku mutu air.



**Gambar 5.** Hubungan antara tingkat keasaman air limbah kelapa sawit setelah proses Fenton dengan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$

Pada Gambar 6 disajikan hasil analisis tingkat kekeruhan air limbah setelah dilakukan proses Fenton. Pada air limbah kelapa sawit yang belum dilakukan proses Fenton, tingkat kekeruhannya sebesar 51,4 NTU. Pada perlakuan dosis  $\text{FeSO}_4$  0,1 gram nilai kekeruhan sebesar 0,6 NTU. Nilai kekeruhan pada perlakuan 0,3 gram  $\text{FeSO}_4$  memiliki kekeruhan sebesar 0,2 NTU. Pada perlakuan 0,5 gram  $\text{FeSO}_4$  memiliki nilai kekeruhan sebesar 1,1 NTU. Ketika penggunaan dosis 0,7 gram  $\text{FeSO}_4$  dihasilkan nilai kekeruhan sebesar 1,7 NTU. Sedangkan pada perlakuan 1 gram  $\text{FeSO}_4$  menunjukkan hasil nilai kekeruhan sebesar 9,3 NTU. Hasil ini juga sesuai dengan hasil visualisasi pada Gambar 3. Oleh karena itu, dari data-data tersebut dapat dinyatakan bahwa penggunaan dosis  $\text{FeSO}_4$  sebanyak 0,1-1 gram untuk 1 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan 100 ml air limbah kelapa sawit sangat efektif dalam koagulasi dan degradasi warna partikel yang terkandung dalam air limbah kelapa sawit dan semua perlakuan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$  telah memenuhi standar baku mutu air bersih maksimal yaitu 25 NTU (Sandi, dkk., 2019). Hal ini mengindikasikan bahwa metode Fenton dapat

memperbaiki kualitas air limbah kelapa sawit.



**Gambar 6.** Hubungan antara penyisihan kekeruhan air limbah kelapa sawit dengan variasi dosis  $\text{FeSO}_4$

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis  $\text{FeSO}_4$  dalam metode Fenton maka semakin rendah nilai derajat keasaman dan tingkat kekeruhan air limbah kelapa sawit namun semakin tinggi nilai TDS air limbah. Berdasarkan parameter-parameter yang telah diperoleh dapat dinyatakan bahwa metode Fenton dapat memperbaiki tingkat kekeruhan air limbah kelapa sawit secara signifikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemdikbud) atas bantuan pendanaan penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa Bidang Riset Eksakta Tahun 2021 (PKM-RE 2021) dan Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung atas pembiayaan publikasi artikel ilmiah ini

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Ahmad B, & Jantan, M. 2016. Pengaruh Konsentrasi  $\text{TiO}_2$  dan Konsentrasi Limbah Pada Proses Pengolahan Limbah Pewarna Sintetik Procion Red Dengan Metode Uv/Fenton/ $\text{TiO}_2$ . *Jurnal Teknik Kimia*, Vol 1(22): 65-72.
- Dinas Komunikasi dan Informatika Kepulauan Bangka Belitung. 2021. *babelprov.go.id*
- Ewaldo, E. 2015. Analisis Ekspor Minyak Kelapa Sawit Di Indonesia. *E-Jurnal Perdagangan, Industri Dan Moneter*, Vol 3(1): 10-15.
- Fauzi, A. R., dan Agung, T. R., 2018. Kombinasi Fenton Dan Fotokatalis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal Envirotek*. 10(1): 37-45.
- Guo, Y., Xue, Q., Zhang, H., Wang, N., Chang, S., Wang, H., PanG, H., dan Chen, H. 2018. Treatment of Real Benzene Dye Intermediates Wastewater by The Fenton Method: Characteristics and Multi-Response Optimization. *The Royal Society of Chemistry*. 80-90.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16 Tahun 2019 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan dan Persyaratan Kesehatan Air.

- Rahardja, I. B., & Ambarita, S. R. (2017). Rencana Pengelolaan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) untuk Land Application. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 9(1), 9-16.
- Sandi, Nurdandi, D., Afriani, F., dan Tiandho, Y. 2019. Pengaruh Jarak Antar Plat dalam Penjernihan Limbah Batik Cual dengan Metode Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat*. 12-14.
- Silalahi, Brury Marco & Supijatno. 2017. Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Angsana Estate, Kalimantan Selatan. *Bul. Agrohorti*, Vol 5(3): 373-383.
- Wang, Y., Wang, Z., Pan, J., dan Liu, Y. 2019. Removal of Gaseous Hydrogen Sulfide Using Fenton Reagent in A Spraying Reactor. *Fuel*. 239: 70–75.