

Pengolahan Limbah Cair Sawit Dengan Metode Aop (*Advanced Oxidation Process*) Menggunakan Katalis LaMnO_3 Perovskite dengan Variasi Oksidan Peroxymonosulfate

Hasrul¹⁾, Edy Saputra²⁾, Khairat²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru 28293
Email : hasrul.plus@gmail.com

ABSTRACT

Processing of palm oil into Crude Palm Oil (CPO) will produce a large amount of liquid waste. To produce a ton of crude palm oil (CPO) produced 6 m³ of palm oil mill effluent. In this study, a process for removing organic compounds in wastewater using the advanced oxidation process by combining peroxymonosulfate ($2\text{KHS}_5\cdot\text{KHSO}_4\cdot\text{K}_2\text{SO}_4$) and a catalyst of LaMnO_3 Perovskite. The combination will produce sulfate free radicals that capable degrading harmful organic compounds in effluent effectively. Nanocrystalline LaMnO_3 was obtained by calcination at a temperature of 800 °C for 2 hours with an average crystal diameter of the highest peak of 17 μm in the shape of the Rhombohedral catalyst and the catalyst has qualified the catalyst with a nanoparticle structure. Several variations of oxidation process variables were performed to assess their effect on organic matter decline. Some fixed variables were oxidation reaction temperature 30 °C, reaction time 120 min, stirring speed 400 rpm, and concentration of peroxymonosulfate solution 2 g/L and catalyst concentration 0,4 g / L. Conclusion of this research is efficiency of 63.54 % for decreasing COD and efficiency by 27,4% for TOC reduction. This proved that the LaMnO_3 catalyst is capable of activating peroxymonosulfate.

Keywords : AOP, LaMnO_3 Perovskite, Oxidation, Peroxymonosulfate

1. Pendahuluan

Kelapa sawit (*Elais guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting di Indonesia. Tanaman kelapa sawit berperan dalam pembangunan perkebunan nasional karena mampu menciptakan lapangan kerja dan dapat meningkatkan devisa negara. Minyak Nabati seperti *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit. Kebutuhan CPO dari tahun ke tahun terus meningkat, baik untuk keperluan minyak industri maupun minyak untuk keperluan pangan. Produksi minyak dari tanaman kelapa sawit dapat mencapai 6 ton/ha/tahun. Produksi minyak dari kelapa sawit jika dibandingkan dengan produksi

tanaman penghasil minyak lain termasuk tinggi [Lubis, 1992].

Dengan meningkatnya kebutuhan akan minyak sawit dunia, limbah yang dihasilkan juga meningkat. Proses dalam pengekstraksian minyak sawit/CPO dibutuhkan air dalam kuantitas yang sangat besar dari buah sawit segar, dan 50% dari air tersebut menjadi limbah efluen minyak sawit atau yang dikenal dengan istilah *Palm oil-mill effluent* (POME). Limbah POME mengandung total padatan yang tinggi (40.500 mg/L), minyak dan lemak (4.000 mg/L), *chemical oxygen demand* (COD) (50.000 mg/L) dan *biological oxygen demand* (BOD) (25.000 mg/L).

Permasalahan utama dari limbah cair ini adalah tingginya konsentrasi COD, BOD, dan total padatan sehingga limbah ini

tidak dapat di buang langsung ke lingkungan. Indonesia memproduksi minyak kelapa sawit terbesar di dunia (hampir 50%) yaitu sebesar 16 juta ton CPO per tahun, sehingga dapat menghasilkan limbah cair sebanyak 48 juta ton tiap tahunnya [Hadiyanto, 2011].

Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar. Untuk menghasilkan satu ton minyak kelapa sawit (CPO) dihasilkan 6 m³ limbah cair pabrik kelapa sawit. Limbah cair tersebut berasal dari proses perebusan, klarifikasi dan hidrosiklon [Laboratorium PKS Sei Galuh, 2003].

Pembuangan limbah POME ke badan sungai dengan kualitas air limbah yang melebihi baku mutu sangat berpotensi di dalam menurunkan kualitas air sungai sebagai badan air penerima sehingga pada akhir-akhir ini banyak pengusaha PKS tidak membuang air limbah ke badan sungai tetapi memanfaatkan air limbah PKS ke lahan perkebunan kelapa sawit *Land Application*.

Beberapa peneliti sebelumnya telah mencoba menerapkan beberapa kombinasi berbagai zat oksidator untuk menangani zat warna dan senyawa organik dalam air, baik air limbah industri, limbah domestik, air permukaan, maupun air tanah. Saputra dkk., [2013], pada penelitiannya tentang menangani masalah air dengan menggunakan kombinasi *peroxymono-sulfate* dan α -Mn₂O₃-*cubic* sebagai katalis untuk mendegradasi senyawa *phenol* dalam air, ternyata mampu mereduksi senyawa organik tersebut sebesar 90,5% dengan *phenol* (25 ppm), katalis (0,4 g/L), dan *oxone* (2 g/L) pada suhu 25°C.

Mahfuza [2005], pada penelitiannya menggunakan kombinasi antara *hydrogen peroxide* (H₂O₂), dan sinar UV sebagai oksidator untuk mereduksi COD dan zat warna pada limbah cair tekstil, ternyata dari proses tersebut mampu menurunkan kadar COD sebesar 71%.

Hermansyah [2012], melakukan penelitian tentang pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan menggunakan Sinar UV dan Fe²⁺ sebagai katalis dapat menurunkan COD sebesar 27,74 %, TSS 34,88 % dan TDS 37,04 % dengan waktu pemaparan selama 8 jam, pH 9±0,2 dan aerasi 100l/menit.

Pada penelitian ini, akan dilakukan proses oksidasi lanjutan terhadap limbah cair. Pada prosesnya, AOP yang akan diterapkan adalah dengan meng-kombinasikan *peroxymonosulfate* (2KHS₅.KHSO₄.K₂SO₄) dan katalis berupa nano-partikel LaMnO₃ *Perovskite*. Kombinasi tersebut diharapkan akan menghasilkan sulfat radikal bebas yang mampu mendegradasi senyawa organik berbahaya dalam air limbah dengan efektif.

2. Metodologi Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini yaitu persiapan katalis LaMnO₃ oleh reaksi solid-state di panas rendah menggunakan La(NO₃)₃.6H₂O, MnSO₄.H₂O, dan Na₂CO₃.10H₂O sebagai bahan awal. Alat untuk membuat katalis menggunakan mortir dan batu giling, oven, dan *furnace*. Unit reaksi oksidasi menggunakan *magnetic stirrer*,

Adapun tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah persiapan bahan, pembuatan katalis, analisa katalis menggunakan Analisa SEM kemudian analisa hasil terhadap penurunan zat organik dengan analisa kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TOC (*Total Organic Carbon*).

Limbah cair diperoleh dari kolam *Land Application* atau kolam yang terdapat limbah setelah mengalami pengolahan secara biologis di IPAL PT. Perkebunan Nusantara V PKS Sei Galuh sebanyak 10 L. Tahap awal yaitu menganalisa nilai pH, COD, dan TOC limbah. Nanokristalin LaMnO₃ *perovskite* dapat dibuat dengan cara kimia yang tidak menggunakan komponen yang beracun. Pendahuluan persiapan katalis LaMnO₃ oleh reaksi solid-state di panas rendah menggunakan

La(NO₃)₃.6H₂O, MnSO₄. H₂O, dan Na₂CO₃.10H₂O sebagai bahan awal. Dalam sintesis, La(NO₃)₃.6H₂O (35,81 g), MnSO₄.H₂O (13,98 g), Na₂CO₃.10H₂O (70,99 g), dan surfaktan polietilen glikol (PEG) 400 (3,0 mL, 50 vol.%) Ditempatkan di mortir, dan sepenuhnya digiling dengan batu giling selama 40 menit. Reaktan tercampur secara bertahap dan kemudian terbentuk pasta dengan cepat. Campuran reaksi dijaga pada 30°C selama 1 jam. Campuran dicuci dengan aquades untuk menghilangkan larutan garam anorganik. Padatan kemudian dicuci dengan sejumlah kecil etanol anhidrat dan dikeringkan pada suhu 75°C selama 3 jam. Nanokristalin LaMnO₃ diperoleh melalui kalsinasi pada suhu 800°C selama 2 jam [Wenwei *et al*, 2013]. Katalis yang dihasilkan, dianalisa dengan menggunakan SEM.

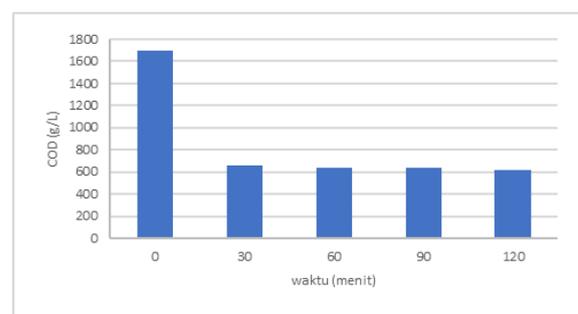
Reaksi oksidasi dilakukan dengan cara berikut. Ke dalam 500 ml limbah pada suhu 30 ditambahkan *peroxymonosulfate* dengan konsentrasi 0,8 gr/L dan katalis dengan konsentrasi 0,4 g/L. Campuran direaksikan dengan pengadukan tetap, yaitu 400 rpm menggunakan *magnetic stirrer*. Sampel diambil sebanyak 10 ml melalui “*sampling pot*” dalam selang waktu 30 menit selama 120 menit. Kemudian sampel yang telah diambil dianalisa kadar zat organik yaitu nilai COD dan waktu 120 menit untuk nilai TOC nya.

3. Hasil dan Pembahasan

Adapun morfologi dan komposisi permukaan katalis LaMnO₃ *Perovskite* dapat diketahui menggunakan analisa *Field Emission Scanning Electron Microscope* (FESEM). Dalam analisa ini, dapat dilihat bahwa butiran katalis yang di buat berhasil membentuk struktur yang berbentuk kristal *rhombohedral*.

menunjukkan hasil karakterisasi morfologi permukaan katalis menggunakan FESEM pada perbesaran 1000 kali, dapat dilihat bahwa struktur katalis yang terbentuk berbentuk kristal yang berukuran rata-rata 17 µm

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proses degradasi limbah cair sawit. Konsentrasi katalis yang digunakan adalah 0,4 g/L pada suhu 30° C, penambahan *peroxymonosulfate* 0,8 g/L dan waktu reaksi 120 menit. Reaksi yang terjadi pada proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar zat organik di dalam limbah yang ditunjukkan dengan penurunan nilai COD. Hal ini dilakukan untuk memperbaiki kualitas air yang tercemar oleh senyawa organik berbahaya tersebut. Pengaruh variasi konsentrasi katalis pada reaksi oksidasi zat organik limbah cair sawit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Penurunan nilai COD terhadap waktu pada reaksi oksidasi

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan zat organik yaitu dengan penurunan nilai COD dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis dan *peroxymonosulfate* telah mampu mendegradasi zat organik di dalam limbah cair. Pada gambar tersebut terlihat semakin lama waktu oksidasi, semakin banyak zat organik yang terdegradasi. Pada mulanya penurunan nilai COD cukup signifikan, yaitu pada 30 menit pertama terjadi pengurangan sekitar 61 % yaitu dari COD awal 17007,7 mg/L menjadi 661,2 mg/L, hingga 120 menit pengurangan tidak lagi signifikan yaitu berkisar 63,54 %.

TOC (*Total Organic Carbon*) atau Karbon organik total mengukur semua bahan yang bersifat organik. TOC diukur dengan konversi karbon organik dalam air limbah secara oksidasi katalitik pada suhu 900° C menjadi karbon dioksida. Metode pengukuran polusi ini cepat (5-10 menit) dan dapat diulang, memberikan perkiraan

kadar karbon organik dari air limbah secara cepat [Laksmi, 1983].

Alat yang digunakan untuk mengukur TOC pada penelitian ini adalah Spectroquant 300 di Laboratorium PT. Bina Marga Provinsi Riau. Kondisi operasi yang dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar TOC ini adalah pada kondisi optimum penurunan kadar COD yaitu pada suhu 30 °C, waktu reaksi 120 menit, pengadukan 400 rpm, penambahan *peroxy-monosulfate* 2 g/L dan katalis 0,4 g/L.

Nilai TOC menurun dari limbah awal yaitu 117 mg/L menjadi 85,2 mg/L. Penurunan ini menunjukkan bahwa metode AOP menggunakan katalis LaMnO_3 *Perovskite* pada penelitian ini dapat menurunkan nilai kadar TOC yaitu dengan efisiensi penurunan 27,4 %.

4. Kesimpulan

Nanokristalin LaMnO_3 diperoleh melalui kalsinasi pada suhu 800°C selama 2 jam dengan diameter kristal rata-rata 17 μm dengan bentuk katalis Rhombohedral dan katalis ini telah memenuhi syarat katalis dengan struktur nanopartikel.

Pada penelitian ini, untuk reaksi oksidasi memiliki efisiensi sebesar 63,54% untuk penurunan kadar COD yaitu dari 1700,7 mg/L menjadi 620 mg/L dan efisiensi sebesar 15,6% untuk penurunan kadar TOC yaitu dari 117 mg/L menjadi 85,2 mg/L. Hal ini membuktikan katalis LaMnO_3 mampu mengaktifkan *peroxymonosulfate*.

Daftar Pustaka

- Departemen Pertanian. (2006). **Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit**. Subdit Pengelolaan Lingkungan Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian Ditjen PPHP. Jakarta.
- Hadiyanto. (2011). Potensi Limbah Cair Kelapa Sawit (POME) untuk penyediaan Bioenergi dan feed suplemen. **Jurnal Seminar Tjipto Utomo**. Semarang.
- Hermansyah. (2012). Pengaruh Sinar Ultra Violet (UV) Untuk Menurunkan Kadar COD, TSS Dan TDS Dari Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit. **Tesis**. Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Laksmi, B.S. (1993). **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Kanisius. Jakarta.
- Lubis, A. U. (1992). **Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Indonesia**. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat-Bandar Kuala. Sumatera Utara.
- Mahfuza, Y.B. (2005). Proses Oksidasi Lanjutan (Advanced Oxidation Processes) sebagai Pra Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. **Tesis**. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Saputra, E., Muhammad, S., Sun, H., Ang, H. M., Tadé, M. O., & Wang, S. (2013). A comparative study of spinel structured Mn_3O_4 , Co_3O_4 and Fe_3O_4 nanoparticles in catalytic oxidation of phenolic contaminants in aqueous solutions. **Journal of Colloid and Interface Science**, 407, 467–473.
- Wenwei, W., Jinchao, C., Xuehang, W., Sen, L., Kaituo, W., & Lin, T. (2013). Nanocrystalline LaMnO_3 preparation and kinetics of crystallization process. **Advanced Powder Technology**, 24(1), 154–159.