

PENGOLAHAN AIR LIMBAH PRODUKSI MIE INSTAN MENGGUNAKAN METODE OKSIDASI LANJUTAN H_2O_2 DENGAN FOTOKATALIS TiO_2

Endi Adriansyah^{1*}, Ayrus Suci¹, Peppy Herawati¹, Asih Suzana¹, Marah hadi¹, Rifqi Sufra², M Syaiful³

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari Jalan Slamet Riyadi, Kota Jambi

²Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institusi Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

³Teknik Perawatan Alat Tambang, Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Sumatera Selatan, Indonesia⁵

*Email: endiadriansyah.25@gmail.com

Abstrak

Air Limbah mie instan dihasilkan dari mesin proses produksi seperti boiler, cleaning penggorengan berupa minyak goreng bekas. Karakteristik air limbahnya dapat ditentukan berdasarkan bahan baku yang digunakan sebagai bahan olahan seperti tepung terigu dengan kandungan karbohidrat, protein, vitamin dan mineral serta minyak kelapa. Kandungan tersebut dapat mengubah komposisi air sehingga berpengaruh pada nilai COD, BOD, pH, TSS, minyak dan lemak yang tidak sesuai baku mutu. Kualitas air yang menurun akan berdampak negatif jika tidak dilakukan pengolahan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi H_2O_2 dan pengaruh waktu fotokatalis TiO_2 serta efektivitas oksidasi lanjutan H_2O_2 dengan kombinasi Fotokatalis TiO_2 terhadap penurunan nilai pH, TSS, COD, Minyak dan Lemak. Waktu kontak optimal fotokatalis TiO_2 adalah 2 jam dengan konsentrasi penurunan TSS 68,10% dan minyak lemak 94,67%. Penurunan parameter COD dan BOD optimal pada waktu kontak 3 jam yaitu 31,80% dan 44,32%, Metode oksidasi lanjutan dengan penambahan H_2O_2 30% lebih efektif terhadap penurunan parameter COD dan BOD yaitu 92,56% dan 91,97%. Penurunan parameter TSS, minyak dan lemak lebih efektif menggunakan metode gabungan penambahan H_2O_2 30% dan fotokatalis TiO_2 dengan nilai efisiensi penyisihannya adalah 92,62% dan 95%.

Kata kunci: Limbah Mie, H_2O_2 , TiO_2 , COD, BOD, TSS, pH, Fotokatalis

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan produksi mie instan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya permintaan konsumen sehingga air limbah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Air Limbah mie instan dihasilkan dari mesin proses produksi seperti boiler dan *cleaning* serta limbah yang dihasilkan dari penggorengan berupa minyak goreng bekas. Karakteristik air limbahnya dapat ditentukan berdasarkan bahan baku yang digunakan sebagai bahan olahan seperti tepung terigu dengan kandungan karbohidrat, protein, vitamin dan mineral serta minyak kelapa yang memiliki asam lemak diantaranya laurat, palmitat dan oleat yang terlarut. Kandungan tersebut dapat mengubah komposisi air sehingga berpengaruh pada nilai COD, BOD, pH, TSS, minyak dan lemak yang tidak sesuai baku mutu dimana dapat menurunkan kualitas air (Damanhuri, et al., 2014). Kualitas air yang menurun akan

berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan juga makhluk hidup air (Adriansyah, et al., 2019).

Parameter COD dapat menggambarkan pencemaran air oleh senyawa organik, dimana COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroba untuk menghancurkan bahan organik secara kimia. Organisme perairan membutuhkan oksigen terlarut untuk respirasi dan penguraian zat-zat organik. Menurunnya kadar oksigen terlarut di perairan menyebabkan terganggunya ekosistem perairan dan mengakibatkan semakin berkurangnya populasi biota (Viareco, et al., 2023) Sedangkan pH, TSS, Minyak dan Lemak juga menjadi penting dimana Minyak dan Lemak sifatnya mengapung dan membentuk lapisan tipis di air yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk ke dalam air (Nora, et al., 2023)

TSS memberi efek kekeruhan sehingga mengurangi cahaya masuk ke dalam air dan terganggunya proses fotosintesis. pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena pH mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan dalam air. Sehingga, variabel pH, TSS, COD, Minyak dan Lemak sangat erat kaitannya dengan kualitas air.

Teknologi yang dapat diterapkan untuk pengolahan air limbah organik adalah *Advanced Oxidation Process* (AOP) atau oksidasi tingkat lanjut yaitu teknologi pengolahan air limbah dengan prinsip oksidasi tingkat lanjut menggunakan oksidator kuat (H_2O_2) dengan fotokatalis TiO_2 . Proses ini digunakan sebagai alternatif pengolahan air limbah yang cukup ekonomis, mampu menghemat tempat, sederhana, waktu pengolahan relatif cepat serta mudah diaplikasikan dan dikontrol. H_2O_2 relatif murah, mudah diperoleh dan cukup aman karena setelah terjadinya reaksi akan terpecah menjadi H_2 dan O_2 serta H_2O . TiO_2 merupakan fotokatalis yang stabil terhadap fotokorosi dan korosi kimia serta harganya relatif murah. (Adriansyah, et al., 2023)

Efektivitas metode oksidasi lanjutan H_2O_2 dan Fotokatalis TiO_2 serta gabungan kedua metode tersebut terhadap penurunan nilai pH, TSS, COD, minyak dan lemak dilihat dari penelitian sebelumnya dimana penurunan COD sebesar 76,6645% dengan menggunakan metode fotodegradasi TiO_2 serta oksidator kuat H_2O_2 30% pada pH 5 (Adriansyah, et al., 2019). Kemudian menurut Kholidah et al (2021), proses fotodegradasi terkatalisis TiO_2 dapat menurunkan kandungan COD pada air limbah industri mie soun menjadi 1480 mg L⁻¹ (22,92%), namun saat ditambahkan H_2O_2 pada sistem fotokatalis TiO_2 dapat meningkatkan penurunan kandungan COD menjadi 1120 mg L⁻¹ (41,67%). Penurunan COD semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi katalis TiO_2 0,4% yaitu sebesar 91,4%.

Menurut (Sufra, et al., 2019), pada saat waktu kontak 120 menit dengan penambahan hidrogen peroksida sebanyak 2,5 mL penurunan kandungan TSS yang dihasilkan sebesar 97%. Sementara itu, kandungan minyak dan lemak dapat didegradasi secara fotokatalis dengan pH 8 pada waktu kontak 120 menit, namun sejauh ini hasilnya belum efektif. Oleh karna itu, perlu dilakukan variasi metode yang digunakan dengan katalis TiO_2 dan penambahan oksidaor kuat yakni H_2O_2 sebagai bentuk eksprimen (Adriansyah, et al., 2023)

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi H_2O_2 dan pengaruh waktu fotokatalis TiO_2 serta efektivitas metode oksidasi lanjutan H_2O_2 dan Fotokatalis TiO_2 terhadap penurunan nilai pH, TSS, COD, Minyak dan Lemak.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

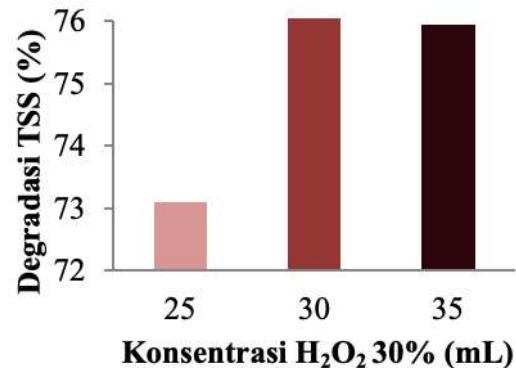
Alat-alat yang digunakan adalah gelas piala, neraca analitik, gelas ukur, sentrifugasi, magnnetik stirer, corong, kertas saring, reaktor fotokatalis. Bahan-bahan yang digunakan adalah air limbah mie instan yang diperoleh dari bak sampit industri mie instan, H_2O_2 30%, katalis Titanium dioksida TiO_2 .

2.2 Pengambilan Sampel Air limbah

Pengambilan sampel air limbah sebanyak 1500 mL ke dalam botol yang telah dibersihkan dengan kondisi kering dan ditutup rapat.

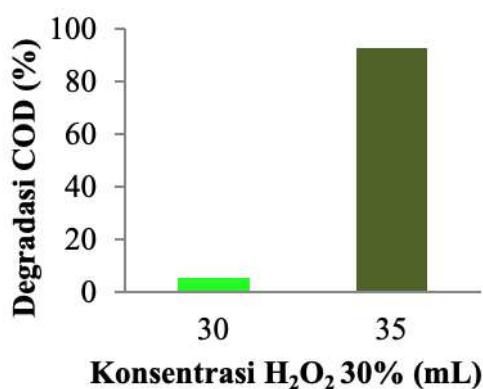
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Metode Penambahan H_2O_2 30%



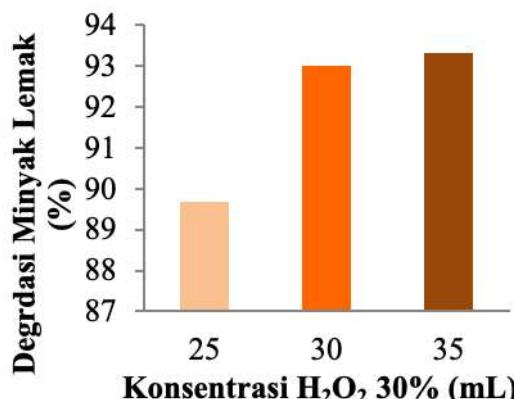
Gambar 31 Efektivitas Metode Penambahan H_2O_2 30% terhadap Parameter TSS

Nilai efisiensi penyisihan parameter TSS pada konsentrasi 25 mL H_2O_2 30% adalah 73,10%, saat konsentrasi 30 mL penurunan TSS yang dihasilkan adalah 79,52%, dan saat konsentrasi 35 mL penurunan TSS adalah 75,95%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode penambahan H_2O_2 30% lebih efektif pada konsentrasi 30 mL. Penambahan konsentrasi katalis H_2O_2 Mempengaruhi efisiensi proses pengolahan limbah (Suzana et al., 2024).



Gambar 2 Efektivitas Metode Penambahan H₂O₂ 30% terhadap Parameter COD

Nilai efisiensi penyisihan parameter COD pada konsentrasi 30 mL H₂O₂ 30% adalah 5,28%, dan saat konsentrasi 35 mL penurunan COD yang dihasilkan adalah 92,56%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode penambahan H₂O₂ 30% efektif pada konsentrasi 35 mL.



Gambar 3 Efektivitas Metode Penambahan H₂O₂ 30% terhadap Parameter Minyak dan Lemak

Nilai efisiensi penyisihan parameter minyak lemak pada konsentrasi 25 mL H₂O₂ 30% adalah 89,67%, saat konsentrasi 30 mL penurunan minyak lemak yang dihasilkan adalah 93% dan saat konsentrasi 35 mL penurunan minyak lemak adalah 93,33%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode penambahan H₂O₂ 30% lebih efektif pada konsentrasi 35 mL (Adriansyah, et al., 2019)

Reaksi Air Limbah Mie Instan dengan Metode Penambahan H₂O₂ 30%

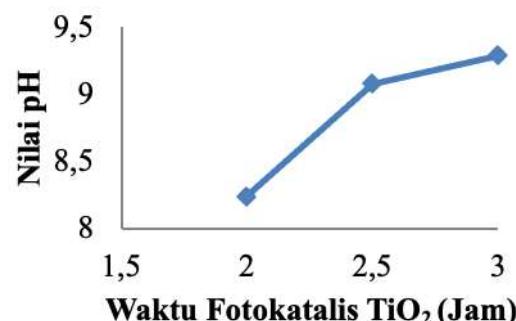
Penambahan H₂O₂ 30% pada sampel air limbah mengakibatkan perubahan warna dari abu-abu gelap kecoklatan berubah menjadi

kuning keruh. Perubahan warna dimulai dari dasar sampel dalam gelas piala sehingga perlahan warna sampel berubah secara keseluruhan. Metode ini menggunakan bantuan magnetic stirrer 1000 rpm pada suhu ruang untuk menghomogenkan larutan sampel dan mempercepat suatu reaksi. Larutan sampel yang homogen disaring menggunakan kertas saring whatman 45 µm menghasilkan residu berwarna abu-abu keputihan serta filtrat berwarna kuning kejinggaan dan bening.(Sufra et al., 2024)

3.2 Hasil Uji Air Limbah Metode Fotokatalis TiO₂

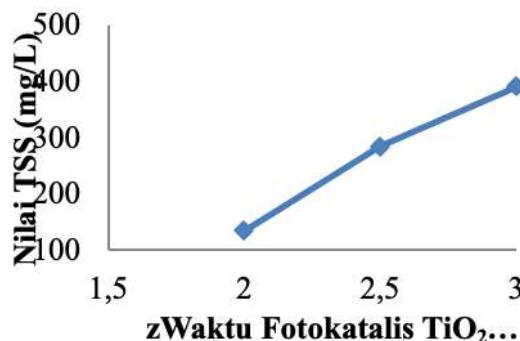
Waktu kontak fotokatalis TiO₂ selama 2 jam parameter pH dan TSS memenuhi standar baku mutu yaitu 8,24 dan 134 mg/L. Sedangkan waktu kontak 2,5 jam dan 3 jam parameter pH dan TSS tidak memenuhi standar baku mutu yaitu 9,08 dan 9,29 untuk nilai pH serta 284 mg/L dan 391 mg/L untuk nilai TSS. Parameter COD pada variasi waktu kontak fotokatalis TiO₂ tidak memenuhi standar baku mutu yaitu 524 mg/L, 526 mg/L, 504 mg/L. Namun sebaliknya, parameter minyak dan lemak pada variasi waktu kontak fotokatalis TiO₂ memenuhi standar baku mutu yaitu 3,2 mg/L, 3,6 mg/L dan 4 mg/L. semakin lama waktu kontak semakin agus juga limbah yang akan diolah (Adriansyah, et al., 2023)

Parameter pH



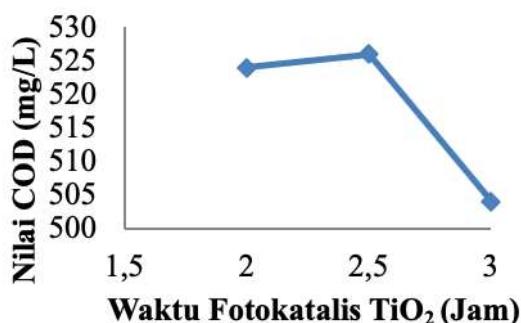
Gambar 4 Hubungan Parameter pH dengan Waktu Kontak Fotokatalis TiO₂

Grafik di atas menunjukkan bahwa pH berbanding lurus dengan lamanya waktu kontak fotokatalis TiO₂. Semakin lama waktu kontak fotokatalis TiO₂ maka pH semakin tinggi. Sampel air limbah mie instan hasil pengolahan menggunakan metode fotokatalis TiO₂ dikatakan basa atau alkali dikarenakan nilai pH yang dihasilkan lebih dari tujuh (Adriansyah, et al., 2023)

Parameter TSS

Gambar 5 Penurunan Parameter TSS dengan Waktu Kontak Fotokatalis TiO₂

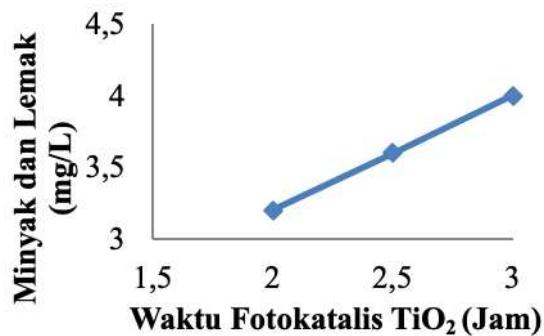
Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu fotokatalis TiO₂ maka penurunan parameter TSS semakin berkurang. Penurunan TSS maksimal terjadi pada waktu 2 jam. Hal ini terjadi karena pembentukan radikal hidroksil telah maksimal (Gowda, et al., 2018) sehingga tidak dapat meningkatkan reaksi fotodegradasi. Selain itu, diperkirakan terjadinya kompetisi reaksi fotodegradasi antara senyawa organik dalam limbah dengan produk intermediet yang dihasilkan. Lambatnya laju reaksi fotodegradasi terjadi karena sulitnya reaksi antara radikal hidroksil dengan senyawa alifatik rantai pendek yang dihasilkan saat proses fotodegradasi, serta deaktivasi situs aktif fotokatalis akibat deposisi produk samping (Sufra *et al.*, 2024).

Parameter COD

Gambar 6 Penurunan Parameter COD dengan Waktu Kontak Fotokatalis TiO₂

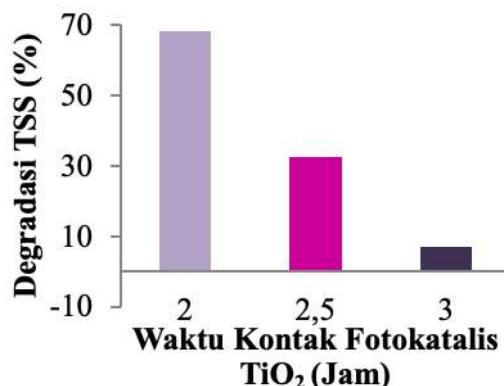
Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu fotokatalis TiO₂ maka penurunan parameter COD semakin besar. Penurunan parameter COD maksimal terjadi pada waktu kontak 3 jam. Semakin lama waktu kontak fotokatalis TiO₂ maka ketersediaan energi foton yang mengaktifkan molekul TiO₂ semakin banyak, sehingga jumlah radikal hidroksil yang

dihasilkan semakin banyak untuk penguraian zat organik.

Parameter Minyak dan Lemak

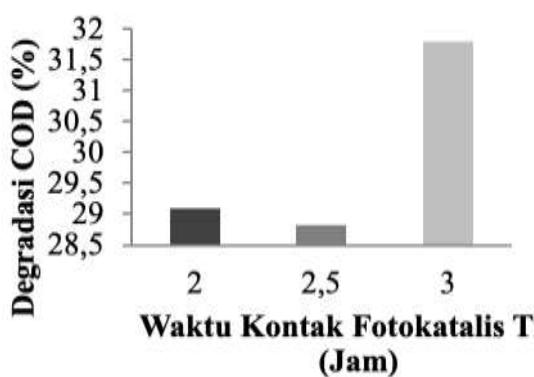
Gambar 7 Penurunan Parameter Minyak dan Lemak dengan Waktu Kontak Fotokatalis TiO₂

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin lama waktu fotokatalis TiO₂ maka penurunan parameter minyak dan lemak semakin berkurang. Penurunan minyak dan lemak maksimal terjadi pada waktu 2 jam. Hal ini terjadi karena pembentukan radikal hidroksil telah maksimal sehingga tidak dapat meningkatkan reaksi fotodegradasi.

Efektivitas Metode Fotokatalis TiO₂

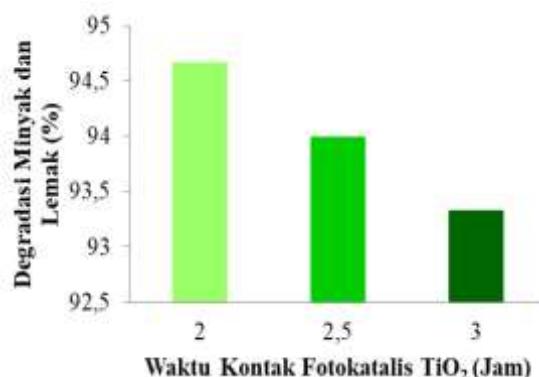
Gambar 8 Efektivitas Metode Fotokatalis TiO₂ terhadap Parameter TSS

Nilai efisiensi penyisihan parameter TSS pada waktu kontak fotokatalis selama 2 jam adalah 68,10%, saat waktu kontak 2,5 jam penurunan TSS yang dihasilkan adalah 32,38% dan saat waktu kontak 3 jam penurunan TSS adalah 6,90%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode fotokatalis TiO₂ efektif pada waktu kontak selama 2 jam.



Gambar 9 Efektivitas Metode Fotokatalis TiO₂ terhadap Parameter COD

Nilai efisiensi penyisihan parameter COD pada waktu kontak fotokatalis selama 2 jam adalah 29,09%, saat waktu kontak 2,5 jam penurunan COD yang dihasilkan adalah 28,82% dan saat waktu kontak 3 jam penurunan COD adalah 31,80%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode fotokatalis TiO₂ tidak efektif pada penurunan parameter COD (Kang, et al., 2000)



Gambar 10 Efektivitas Metode Fotokatalis TiO₂ terhadap Parameter Minyak dan Lemak

Nilai efisiensi penyisihan parameter minyak lemak pada waktu kontak fotokatalis selama 2 jam adalah 94,67%, saat waktu kontak 2,5 jam penurunan minyak lemak yang dihasilkan adalah 94% dan saat waktu kontak 3 jam penurunan minyak lemak adalah 93,33%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode fotokatalis TiO₂ lebih efektif pada waktu kontak selama 2 jam. (Kholidah, et al., 2021)

Reaksi Air Limbah Mie instan dengan Metode Fotokatalis TiO₂

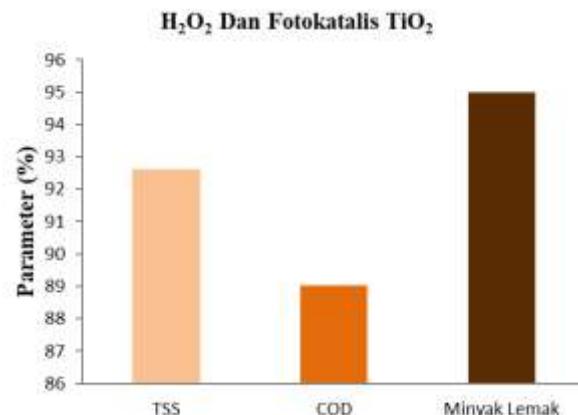
Metode ini menggunakan bantuan *magnetic stirrer* 1000 rpm pada suhu 200 °C selama proses fotokatalis TiO₂. Pengadukan ini

berfungsi untuk mempercepat reaksi fotokatalis TiO₂ dan peran suhu juga sangat penting untuk laju reaksi pada proses fotokatalis TiO₂ sehingga proses ini dapat berjalan dengan baik. (Ozturk, et al., 2003)

Jumlah TiO₂ yang digunakan adalah 5 gram untuk sampel air limbah 1500 mL. Semakin meningkat massa TiO₂ yang digunakan maka ketersediaan situs aktif pada permukaan TiO₂ semakin meningkat. Massa TiO₂ yang terlalu besar dapat menyebabkan kekeruhan larutan. Peningkatan kekeruhan larutan akan mengurangi penetrasi sinar UV ke dalam larutan sampel, sehingga mengurangi jumlah foton yang dapat mengaktifasi molekul TiO₂ dan mengakibatkan berkurangnya jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan (Agustina, et al., 2016). Terjadinya penghamburan sinar, aglomerasi, serta deaktivasi molekul TiO₂ akibat tumbukan dengan molekul TiO₂ pada keadaan dasar dan dapat mengurangi situs aktif pada permukaan TiO₂ (Kholidah et al., 2021).

Reaksi yang terjadi ditunjukkan dengan adanya perubahan warna pada sampel air limbah yaitu dari warna abu-abu gelap kecoklatan berubah menjadi warna kuning keputihan dan keruh, limbah tersebut mengalami proses oksidasi dan kadar pencemar limbah akan berkurang (Adriansyah, et al., 2023).

Efektivitas Metode H₂O₂ 30% dan Fotokatalis TiO₂



Gambar 11 Efektivitas Metode Fotokatalis TiO₂ terhadap Parameter Uji

Efisiensi penyisihan parameter TSS, COD, BOD, minyak dan lemak paling tinggi adalah 92,62%, 89,04%, 55,12% dan 95%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa metode gabungan penambahan H₂O₂ 30% dan

fotokatalis TiO_2 efektif dalam menurunkan parameter TSS, COD, minyak dan lemak pada air limbah mie instan (Suryandri, et al., 2019) dan metode kombinasi ini efektif untuk mengolah limbah mie (Sufra et al., 2023).

Reaksi Air Limbah Mie Instan dengan Metode Penambahan H_2O_2 30% dan Fotokatalis TiO_2

Degradasi air limbah mie instan menggunakan metode gabungan mengacu pada metode sebelumnya dengan nilai optimal penurunan parameter uji pada variasi konsentrasi H_2O_2 30% dan variasi waktu kontak fotokatalis TiO_2 . Konsentrasi H_2O_2 30% yang digunakan adalah 30 mL dan waktu kontak fotokatalis TiO_2 adalah 2 jam. Hasil olahan sampel air limbah pada metode penambahan H_2O_2 30% dilanjutkan pada proses fotokatalis TiO_2 , dimana sampel sebelum perlakuan penambahan H_2O_2 30% berwarna abu-abu gelap kecoklatan dan bau menyengat berubah menjadi warna kuning kejinggaan, sedikit bening dan bau. Proses fotokatalis TiO_2 dimana sampel berwarna kuning kejinggaan, bening dan sedikit bau menghasilkan hasil akhir berwarna sedikit kuning, bening dan tidak berbau.

Radikal hidroksil yang dihasilkan pada metode ini menjadi lebih banyak sehingga zat organik terdegradasi menjadi semakin banyak. Hal ini memungkinkan kualitas air hasil pengolahan menjadi lebih baik. (Suryandri, et al., 2019)

4. KESIMPULAN

Semakin tinggi waktu kontak akan semakin baik parameter pH. Waktu kontak optimal fotokatalis TiO_2 adalah 2 jam dengan konsentrasi penurunan TSS 68,10% dan minyak lemak 94,67%. Penurunan parameter COD dan BOD optimal pada waktu kontak 3 jam yaitu 31,80% dan 44,32%. Metode oksidasi lanjutan dengan penambahan H_2O_2 30% lebih efektif terhadap penurunan parameter COD dan BOD yaitu 92,56% dan 91,97%. Penurunan parameter TSS, minyak dan lemak lebih efektif menggunakan metode gabungan penambahan H_2O_2 30% dan fotokatalis TiO_2 dengan nilai efisiensi penyisihannya adalah 92,62% dan 95%. Untuk metode fotokatalis TiO_2 tersendiri kurang efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Mengucapkan Terima kasih kepada Universitas Batanghari dan Institut Teknologi Sumatera.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, E., Agustina, T. E., & Arita, S. (2019). Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton method and adsorption. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v4.i1.20>
- Adriansyah, E., Kasman, M., Prabasari, I. G., & Permana, E. (2019). Korelasi parameter pencemar fisika dan mikrobiologi dalam leachate dengan response surface methodology. *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3), 86–89. <https://doi.org/10.36706/jtk.v25i3.132>
- Adriansyah, E., Herawati, P., Viareco, H., & Sufra, R. (2023). *Jurnal Presipitasi Advanced Treatment of Tofu Wastewater using Multilevel Filtration and TiO_2 Photocatalysis as Promising Approach for Effective Wastewater Remediation*. 20(3), 560–571.
- Adriansyah, E., Herawati, P., Suzana, A., & Pratama, A. I. (2023). *Decreasing pH, COD and TSS of Domestic Liquid Waste Using Photocatalysis TiO_2 (Titanium Dioxide)*. 3(2), 11–15.
- Agustina T E, Bustomi A & Manaloon J (2016) Pengaruh Konsentrasi TiO_2 dan Konsentrasi Limbah pada Proses Pengolahan Limbah Pewarna Sintetik Procion Red dengan Metode UV/Fenton/ TiO_2 *Jurnal Teknik Kimia* 22 1 65-72
- E. Damanhuri, W. Handoko and T. Padmi. (2014). Municipal Solid Waste Management in Asia and The Pacific Islands, Springer, Singapore
- Gowda, S.T. and Yashaswini, (2018). Optimization of Fenton Process. *International Journal of Advances In science Engineering and Technology*, Bengaluru. 6, pp. 46-48.
- Kang, Y.W. and Hwang, K.Y. (2000). Effects of Reaction Conditions on The Oxidation Efficiency In The Fenton Process. *Water Res. Kidlington*. 34: pp. 2786-2790.
- Kholidah., E. T. Wahyuni dan E. Sugiharto. 2021. Fotodegradasi Terkatalisis TiO_2 - H_2O_2 pada Pengolahan Air limbah Industri mie Soun. *Jurnal Teknik Kimia*

- dan Lingkungan.* Volume 5. Nomor 2. Halaman: 164-174
- Nora, F., Adriansyah, E., Suzana, A., Pramono, M. S., Sufra, R., & Syaiful, M. (2023). *Tofu Wastewater Treatment Using Biocoagulant Moringa Seed Powder (Moringa Oleifera L.).* 3(3), 41–45.
- Ozturk, I., Altinbas, M., Koyuncu, I., Arikan, O., Gomec-Yangin, C. (2003). Advanced Physico-Chemical Treatment Experiences on Young Municipal Landfill Leachates. *Journal Waste Management.* 23 : 441–446.
- Sufra, R., Latifah, L., Susilo, N. A., Adriansyah, E., Wati, L. A., Yulia, A., Syaiful, M., Viareco, H., Marhadi, M., Ghony, M. A., & Herawati, P. (2023). Pemanfaatan Sisa Kulit Kayu sebagai Karbon Aktif dalam Pengolahan Air Lindi Industri Pulp and Paper. *Jurnal Civronlit Unbari,* 8(1), 17. <https://doi.org/10.33087/civronlit.v8i1.106>
- Suryandari A S, Mustai, A, Pratama, D W & Maula I (2019) Studi Aktivitas Reaksi Fotokatalisis Berbasis Katalis TiO₂-Karbon Aktif terhadap Mutu Air Limbah Power Plant JTKL 3 2 95-101
- Sufra, R., Panjaitan, J. R. ., Alhanif, M., Mustafa, M., Yusupandi, F., Adriansyah, E., Rahmadini, G., Raqin, M. R., Herawati, P., & Suzana, A. (2024). Intensifikasi Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Melalui Proses Koagulasi dan Adsorpsi Studi Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Kombinasi Fisika-Kimia. *Jurnal Talenta Sipil,* 7(1), 266. <https://doi.org/10.33087/talentasi.pil.v7i1.460>.
- Suzana, A., Adriansyah, E., Herawati, P., Marhadi, M., Silvina, T., & Sufra, R. (2024). Pengolahan Air Limbah Batik Jambi Menggunakan Filtrasi dan Fotokatalisis TiO₂ (Titanium Dioksida). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi,* 24(1), 578. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v24i1.4958>
- Viareco, H., Adriansyah, E., & Sufra, R. (2023). Potential Sequencing Batch Reactor in Leachate Treatment for Organic and Nitrogen Removal Efficiency. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN,* 15(2), 143–151.
- <https://doi.org/10.20473/jkl.v15i2.2023.143-151>