

**Optimasi Pengolahan Limbah Cair Textile Menggunakan Metode Sono-Fenton**

Riza Rizkiah, Luciana

1–10

**Pemilihan Alternatif Strategi Bisnis Pada Line Bisnis Merchandise  
di PT. Caladi Lima Sembilan (C-59) Bandung – Jawa Barat**

Dini Yulianti

11–24

**Analisis Stabilitas Tanggul Penahan Tanah Pedestrian Zona II Situ Bagendit**

Tiara Nurhuda

25–32

**Pengujian Konsentrasi Uji Aktivitas Anti Bakteri Terhadap Eschericia Coli  
dan Staphyloous Aureus dari Ekstraksi Etanol Daun Talas Bogor**

Rini Siskayanti, Muhamad Engkos Kosim, Muhammad Nitis Jiwana Ksatria

33–37

**Pengoptimalisasian Persediaan Dengan Menggunakan  
Sistem Distribution Requirement Planning (DRP) di PT XYZ**

Anggit Suryoprato, R. Kiki Abdul Muluk

38–44

**Perancangan Enterprise Architecture E-Procurement Framework  
Architecture Development Method (ADM) Pada Krakatau Steel Cilegon**

Roy Amrullah Ritonga, Anita Megayanti, Boy Muhammad Ridwan

45–59

**Pemodelan Pengeringan Menggunakan Microwave dengan Model Relative  
Energy Activation (REA) Untuk Pengeringan Kacang Hijau Berbentuk Sphere**

Johannes Martua Hutagalung

60–68

**Re-Layout of STNK Annual Tax Payment at The XXX Samsat Office  
by Promodel Simulation**

Tombak Gapura Bhagya

69–79

## Optimasi Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Metode Sono-Fenton

Riza Rizkiah<sup>1\*)</sup>, Luciana<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Prodi Teknik Kimia Tekstil, Universitas Insan Cendekia Mandiri,  
Jalan Banten No. 11 Bandung, 40272  
Email: riza.rizkiah45@gmail.com

<sup>2)</sup> Prodi Teknik Kimia Tekstil, Universitas Insan Cendekia Mandiri,  
Jalan Banten No. 11 Bandung, 40272  
Email : [lucianalaksmi679@gmail.com](mailto:lucianalaksmi679@gmail.com)

\*) Corresponding author

**Abstract:** *The tekstil and tekstil product (TPT) industry is one of the mainstay commodities that drive the economy in Indonesia. Export market opportunities are very open for this commodity, but the current problem is the waste generated from this industry. PT.Vonex is a tekstil industry with spinning and dyeing products. Tekstil liquid waste produced has a very concentrated color characteristic and when the dye enters the waters it can cover the surface of the water body so as to block sunlight from entering the waters. Tekstil wastewater treatment with the sono-Fenton method as DCA (Decolorizing Agent) can be used as an alternative choice in overcoming these problems. In this study, an analysis of the reduction of the dye was carried out by using variations in the concentration of Fenton's reagent and the length of sonication time. The variations in the concentration of Fenton's reagent used were 1:1, 2:1, 4:1, and 6:1 while the sonication time used variations of 10, 30, 60 and 90 minutes. The test results show that the use of Fenton's reagent assisted by ultrasonic waves (sonication) in tekstil wastewater treatment can reduce the levels of color values, pH, COD, BOD, and TSS. The results showed that the variation of Fenton reagent concentration 1:1 with a sonication time of 30 minutes was the optimum condition with a percentage decrease in color value of 99.61%, a decrease in pH value of 68.94%, a decrease in COD value of 90.64%, a decrease in BOD levels by 97.48%, and a decrease in TSS levels by 91.28%.*

**Keywords:** *Tekstil Industry Waste, Sono-Fenton, Decoloring Agent.*

**Abstrak:** Industri tekstil dan produk tekstil (TPT) menjadi salah satu komoditi andalan penggerak ekonomi di Indonesia. Peluang pasar ekspor sangat terbuka bagi komoditi ini, namun yang menjadi permasalahan saat ini adalah limbah yang dihasilkan dari industri ini. PT.Vonex merupakan industri tekstil dengan hasil produk pemintalan dan pencelupan benang. Limbah cair tekstil yang dihasilkan mempunyai karakteristik warna yang sangat pekat dan apabila zat warna tersebut masuk ke dalam perairan maka dapat menutupi permukaan badan air sehingga menghalangi sinar matahari untuk masuk ke dalam perairan. Pengolahan limbah cair tekstil dengan metoda sono-fenton sebagai DCA (Decolorizing Agent) dapat dijadikan alternatif pilihan dalam mengatasi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan analisis penurunan zat warna dengan menggunakan variasi konsentrasi reagen fenton dan lamanya waktu sonikasi. Adapun variasi konsentrasi reagen fenton yang digunakan adalah 1:1, 2:1, 4:1, dan 6:1 sedangkan waktu sonikasi yang digunakan menggunakan variasi 10, 30, 60 dan 90 menit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan reagen fenton yang dibantu oleh gelombang ultrasonik (sonikasi) pada pengolahan limbah cair tekstil dapat menurunkan kadar nilai warna, pH, COD, BOD, dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi konsentrasi reagen fenton 1:1 dengan lama waktu sonikasi 30 menit merupakan kondisi optimum dengan presentase penurunan nilai warna sebesar 99,61%, penurunan nilai pH sebesar 68,94%, penurunan kadar nilai COD sebesar 90,64%, penurunan kadar BOD sebesar 97,48%, dan penurunan kadar TSS sebesar 91,28%.

Kata Kunci : Limbah Industri Tekstil, Sono-Fenton, Decoloring Agent.

DOI: <https://doi.org/10.37577/sainteks.v3i1.388>

Received: 02, 2022. Accepted: 03, 2022

Published: 03, 2022

## PENDAHULUAN

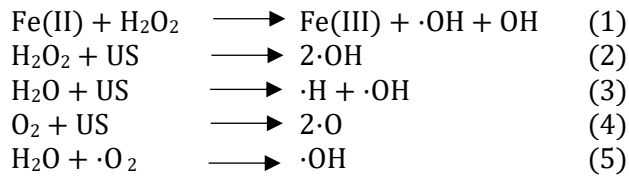
PT.Vonex merupakan industri tekstil dengan hasil produk pemintalan dan pencelupan benang yang berlokasi di Jalan Raya Bandung-Garut Bypass Cicalengka No.Km. 23,7, Linggar, Rancaekek, Bandung. Hasil proses pencelupan benang yang dilakukan di perusahaan tentunya tidak hanya menghasilkan produk berupa benang, tetapi juga menghasilkan limbah cair tekstil yang perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Setelah dilakukan analisis, limbah cair tekstil di PT.Vonex mempunyai karakteristik sebagai berikut: kadar COD (Chemical Oxygen Demand) 1935,36 mg/l, BOD (Biological Oxygen Demand) 293.37 mg/l, TSS (Total Suspended Solid) 352 mg/l, dengan warna limbah yang pekat. Limbah zat warna tekstil yang masuk ke badan perairan selalu menjadi masalah utama yang sering mendapatkan perhatian yang serius, karena apabila zat warna tersebut masuk ke dalam perairan maka menyebabkan badan perairan menjadi tertutup dan menghalangi masuknya sinar matahari, akibatnya proses reaksi kimia di dalam air akan terhambat dari mulai proses fotosintesis sampai dengan perombakan bahan organik oleh mikroorganisme dalam air tidak akan berjalan secara efisien. Industri tekstil menghasilkan sejumlah besar warna intens air limbah dengan kebutuhan oksigen kimia yang tinggi, mengandung bahan organik polutan. Pada umumnya, zat warna tekstil terbuat dari senyawa azo dan turunannya. Senyawa azo ini merupakan gugus benzena yang membutuhkan waktu yang lama untuk terurai (Elyz Zaqiyatul, Eko Malis, 2021). Selain sulit terurai zat warna tekstil pada umumnya bersifat beracun dan karsinogenik karena struktur kimianya yang kompleks dalam air. Karena itu, pembuangan air limbah industri tekstil menghasilkan masalah lingkungan (Shahmoradi et al., 2015).

Oleh karena itu, limbah pewarna tekstil harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Sehingga dibutuhkan suatu metode yang tepat dalam proses pengolahan limbah ini agar dapat memenuhi standar baku mutu lingkungan yang sudah ditetapkan. Pengolahan limbah cair tekstil dengan metoda sono-fenton sebagai DCA (Decolorizing Agent) merupakan alternatif pilihan dalam proses pengolahan limbah yang akan dapat menurunkan kadar warna, COD, BOD, dan TSS yang sesuai baku mutu limbah Kementerian Lingkungan Hidup dan Kesehatan Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019.

Proses Fenton adalah proses yang melibatkan ion fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ) sebagai katalis dan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) sebagai reagen pengoksidasi dalam kondisi asam. Reagen ini merupakan reagen yang efektif untuk pengolahan air limbah (Ion besi (II) pada reagen fenton berperan sebagai katalis untuk mempercepat penguraian hidrogen peroksida membentuk radikal hidroksil. Dalam proses oksidasi, ion fero akan teroksidasi menjadi ion feri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  akan berubah menjadi radikal bebas hidroksil ( $\cdot\text{OH}$ ). Radikal ini sangat reaktif sehingga dapat mendegradasi senyawa organik melalui mekanisme radikal bebas. Radikal senyawa organik yang dihasilkan dapat bergabung dengan radikal hidroksil yang akan membentuk senyawa lebih stabil. Pembentukan senyawa yang cenderung lebih stabil ini menjadikan metode ini cenderung lebih ramah lingkungan (Qi et al., 2020).

Proses oksidasi lanjutan menggunakan reagen fenton menghasilkan radikal hidroksil dan menghancurkan polutan organik dengan mengubahnya menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti  $\text{CO}_2$ , air dan garam anorganik (Aşçı, 2020) keuntungan dari reagen Fenton adalah efisiensi tinggi, murah, kegunaan di suhu dan tekanan sekitar, tidak beracun, dan kemampuan untuk terurai senyawa organik yang berbeda (Villegas- Guzman et al., 2017). Proses Fenton klasik memiliki beberapa kelemahan seperti: sebagai sejumlah besar produksi lumpur dan penonaktifan katalis dengan besi agen pengompleks. Dalam beberapa tahun terakhir, proses oksidasi lanjutan seperti: Fenton heterogen, fotoFenton, sonoFenton, ozonasi telah dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut (Shokoofehpoor et al., 2019).

Dalam proses sono-fenton, radikal hidroksil lebih banyak terbentuk karena reagen fenton digunakan bersama dengan ultrasound (Malakootian & Asadzadeh, 2020).



Dalam penelitian ini dilakukan analisis dengan menggunakan teknologi sono-fenton yang memakai variasi konsentrasi reagen fenton ( $\text{H}_2\text{O}_2$  :  $\text{FeSO}_4$ ) sebesar 1:1, 2:1, 4:1, dan 6:1 dan variasi waktu sonikasi 10, 30, 60 dan 90 menit dengan tujuan untuk mendapatkan hasil optimum dari penguraian air limbah terhadap nilai BOD, COD, pH TSS dan kadar warna.

## METODOLOGI

### Prosedur Percobaan Optimasi Reagen Fenton

Masing-masing botol (4 buah) diisi 100 ml limbah cair tekstil, kemudian ditambah  $\text{H}_2\text{O}_2$  1 ml dan  $\text{FeSO}_4$  pada setiap contoh uji dengan konsentrasi 1:1, 2:1, 4 :1, 8:2 pada pH 7,60. Setelah itu masing-masing botol disimpan pada Ultrasonic Cleaner dan dilakukan proses sonikasi selama 30 menit. Kemudian, didiamkan sampai terjadi endapan. Setelah itu hasil proses dianalisa Warna.

### Prosedur Percobaan Optimasi Waktu Sonikasi

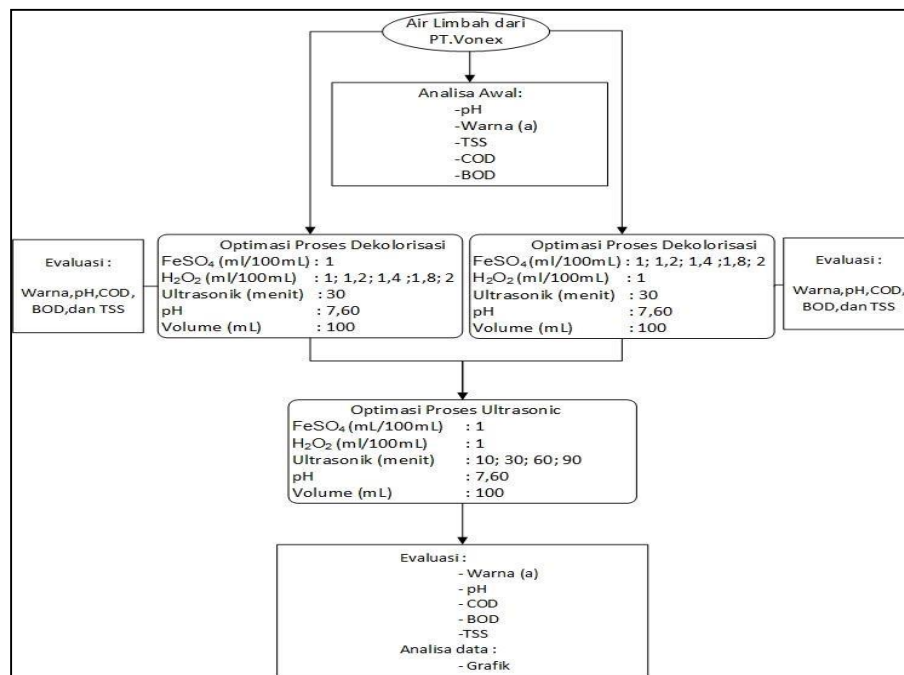
Masing-masing botol (4 buah) diisi 100 ml limbah cair tekstil, kemudian ditambah  $\text{H}_2\text{O}_2$  1 ml dan  $\text{FeSO}_4$  1 ml pada setiap contoh uji pada pH 7,60. Lalu botol disimpan pada Ultrasonic Cleaner, kemudian dilakukan proses sonikasi selama 10 menit, 30 menit, 60 menit dan 90 menit dan didiamkan sampai terjadi endapan. Hasil proses kemudian dianalisis warna, COD, BOD, dan TSS. Penentuan penurunan nilai yang diuji menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{Penurunan} = A - B/A \times 100$$

Keterangan:

A=Nilai (TSS,COD,Warna,BOD) sebelum penambahan reagen fenton

B=Nilai (TSS,COD,Warna,BOD) setelah penambahan reagen fenton



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

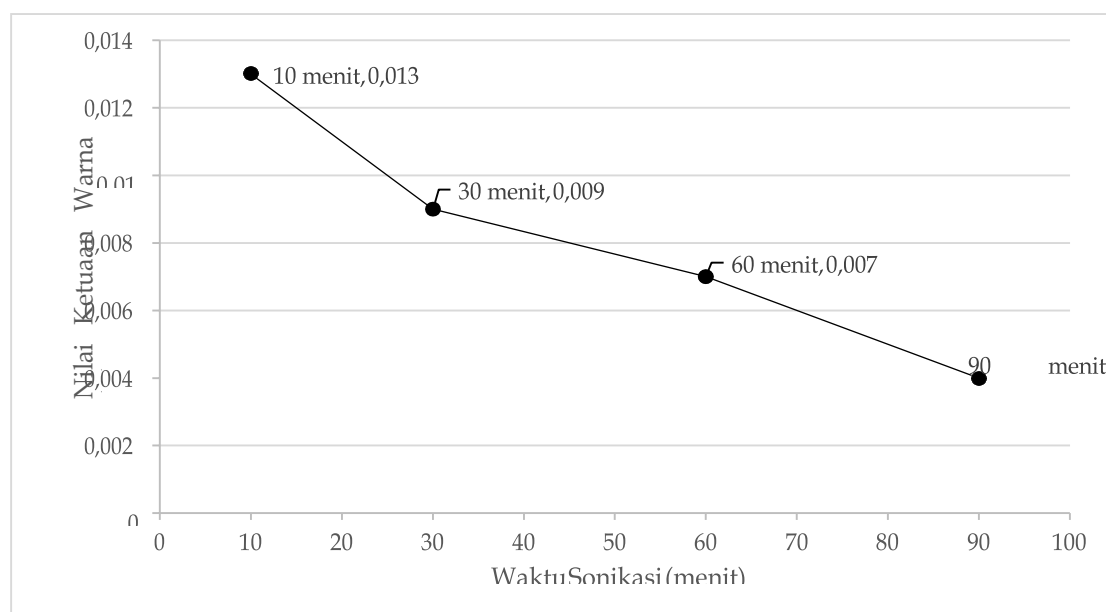
## Nilai Warna

Dalam menentukan panjang gelombang maksimum dari zat warna yang diukur, penentuan panjang gelombang maksimum didapat pada panjang gelombang 300-600 nm dengan spektrofotometer UV-VIS. Data absorbansi maksimal pada panjang gelombang tertentu akan didapat dari pengukuran yang telah dilakukan. Panjang gelombang ini yang akan digunakan sebagai standar dalam pengukuran dengan spektroskopi UV-VIS. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi larutan hasil pengolahan pada setiap variasi. Berikut adalah data hasil analisa warna yang didapatkan :

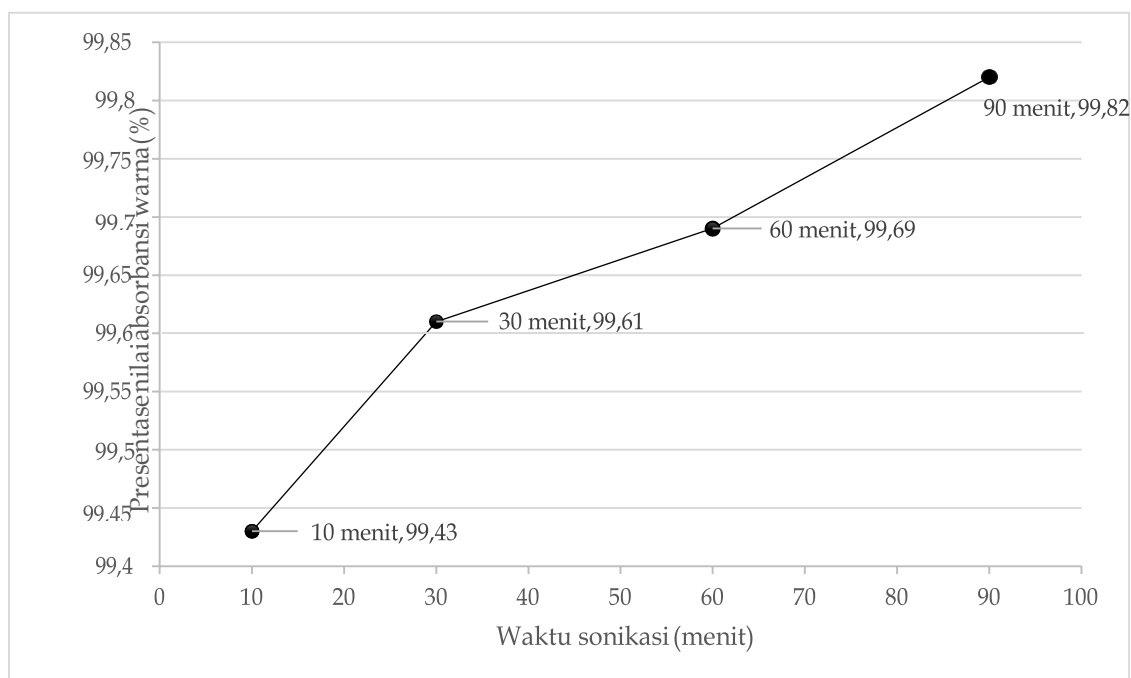
Tabel 1. Data Hasil Analisa Warna Berdasarkan Variasi Konsentrasi Reagen Fenton

| No | Konsentrasi FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O 10% (ml/100ml) | Konsentrasi H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 35% (ml/100ml) | Waktu Sonikasi (menit) | Warna sebelum proses (a) | Warna setelah Proses (a) | Penurunan nilai Warna (%) |
|----|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1. | 1                                                               | 1                                                        | 30                     | 2,318                    | 0,009                    | 99,61                     |
| 2. | 1,2                                                             | 1                                                        | 30                     | 2,318                    | 0,009                    | 99,61                     |
| 3. | 1,4                                                             | 1                                                        | 30                     | 2,318                    | 0,005                    | 99,78                     |
| 4. | 1,8                                                             | 1                                                        | 30                     | 2,318                    | 0,005                    | 99,78                     |
| 5. | 2                                                               | 1                                                        | 30                     | 2,318                    | 0,009                    | 99,61                     |

Dari data tersebut, kemudian dilakukan uji sonikasi, proses optimasi dekolorisasi terhadap waktu sonikasi, proses dekolorisasi dilakukan pada variasi konsentrasi optimum yaitu pada perbandingan reagen fenton 1:1 pada waktu sonikasi (10; 30; 60 dan 90 menit). Kemudian diukur nilai ketuanan warna dan presentasi nilai absorbansi penurunan warna. Berikut adalah grafik nilai absorbansi terhadap perubahan warna :

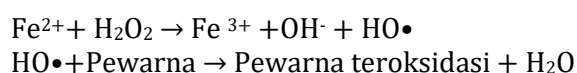


Gambar 2. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap nilai absorbansi warna



Gambar 3. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap presentase penurunan nilai absorbansi warna

Dari hasil penelitian didapat bahwa proses dekolorisasi optimum terjadi pada waktu sonikasi 90 menit. Hal tersebut terjadi karena sebagian padatan tersuspensi sudah terendapkan sehingga menjadikan warna limbah cair menjadi lebih jernih. Adanya reaksi antara reagen fenton yang mendegradasi kandungan senyawa organik terlarut pada limbah, menyebabkan perubahan nilai presentase absorbansi. Campuran antara peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dengan ion fero atau  $\text{Fe}(\text{II})$  atau besi(II) dapat menghasilkan radikal hidroksil seperti reaksi berikut (Fathul Jannah, Arya Rezagama, 2017):



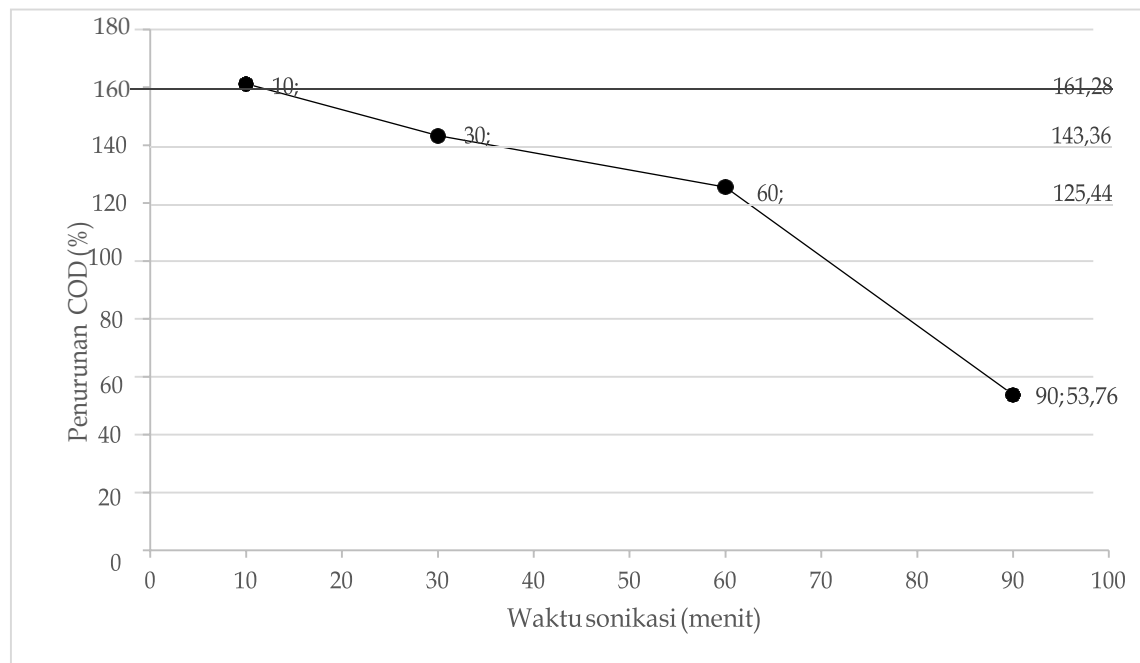
Dalam reaksi terbentuknya radikal hidroksil terjadi akibat reaksi antara ion besi [II] ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sehingga mendegradasi molekul-molekul pewarna menjadi molekul yang lebih kecil (Fu et al., 2010). Disamping itu, dengan adanya bantuan gelombang ultrasonik tumbukan antar partikel reagen fenton dengan zat warna yang terjadi juga cenderung lebih homogen sehingga menyebabkan proses dekolorisasi lebih efisien.

### Nilai COD (Chemical Oxygen Demand)

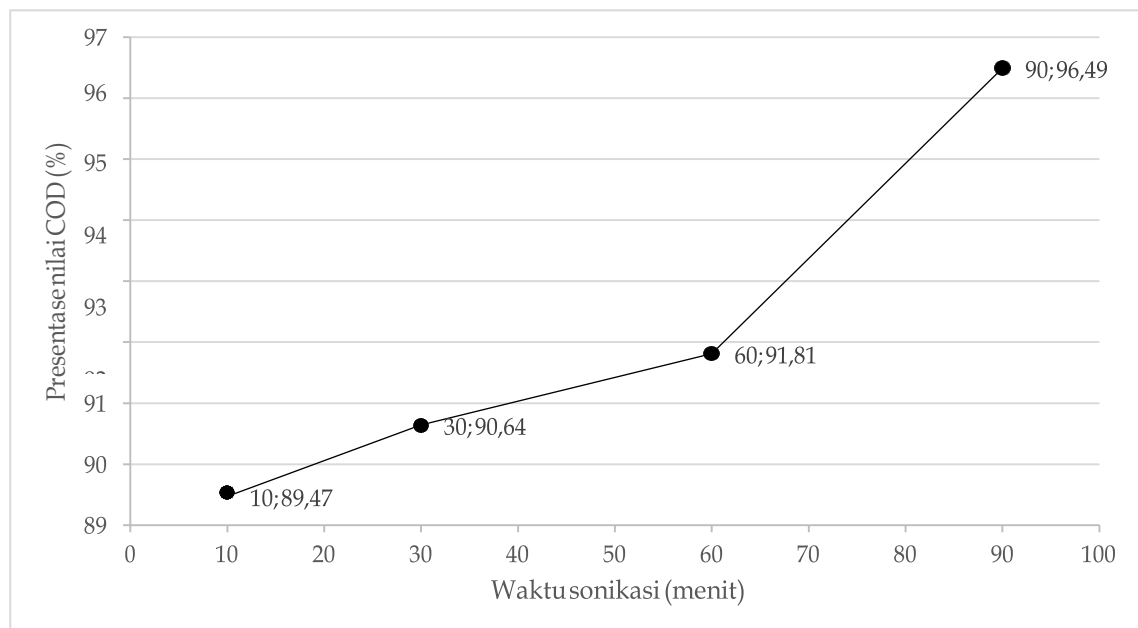
Chemical Oxygen Demand merupakan banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada didalam air secara kimia (Andika et al., 2020). Hasil pengukuran COD pada limbah cair yang dihasilkan dari PT. VONEX, berkisar 1935,36 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dengan konsentrasi reagen fenton optimum yaitu di perbandingan 1:1 dan variasi waktu sonikasi 10, 30, 60, 90 menit, maka dihasilkan pengukuran COD berkisar antara 161,28 mg/L – 53,76 mg/L. Berikut adalah hasil Analisa COD yang didapat :

Tabel 2. Data Hasil Analisa COD

| No | Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ml/100ml) | Konsentrasi $\text{H}_2\text{O}_2$ (ml/100ml) | COD Sonikasi (menit) | COD sebelum proses (mg/L) | COD setelah Proses (mg/L) | Penurunan kadar COD (%) |
|----|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1. | 1                                                                | 1                                             | 10                   | 1532,16                   | 161,28                    | 89,47                   |
| 2. | 1                                                                | 1                                             | 30                   | 1532,16                   | 143,36                    | 90,64                   |
| 3. | 1                                                                | 1                                             | 60                   | 1532,16                   | 125,44                    | 91,81                   |
| 4. | 1                                                                | 1                                             | 90                   | 1532,16                   | 53,76                     | 96,49                   |



Gambar 4. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap penurunan kadar COD



Gambar 5. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap presentase penurunan kadar COD

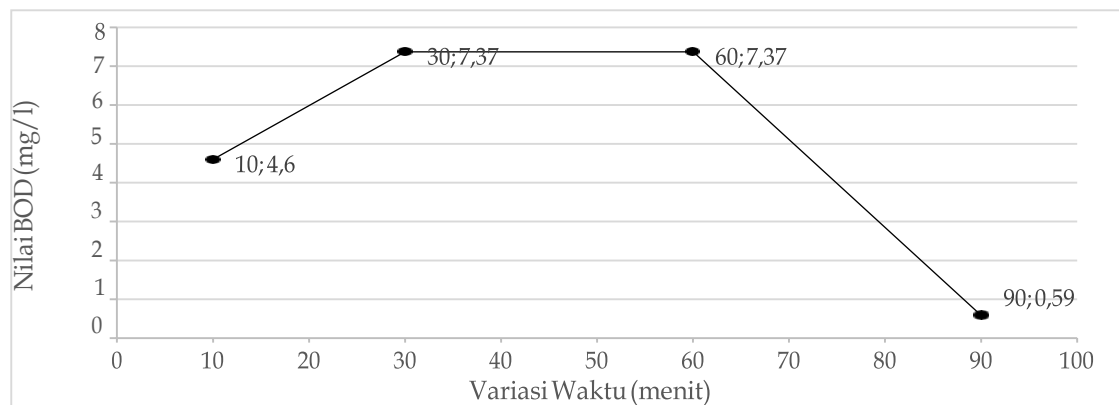
Dari grafik diatas menunjukan bahwa tahap radikal hidroksil untuk mengoksidasi zat organik membutuhkan waktu sonikasi yang relatif lama hal ini disebabkan oleh struktur dari zat organik yang sangat kompleks dalam limbah dan mekanisme reaksi yang bertahap. Waktu sonikasi dibawah 30 menit menunjukan tahap reaksi yang belum sempurna sehingga penurunan COD masih kurang maksimal. Sedangkan waktu sonikasi lebih dari 30 menit menunjukan mulai terjadi peningkatan nilai presentase COD. Data pada waktu sonikasi 90 menit menunjukan bahwa nilai COD yang didapat adalah sebesar 53,76 dan hal ini menunjukan bahwa nilai COD yang didapata telah jauh melebihi memenuhi baku mutu menurut SK. Gub. Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kesehatan Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 yang diatur sebesar 150 mg/l.

### Nilai BOD (Biology Oxygen Demand)

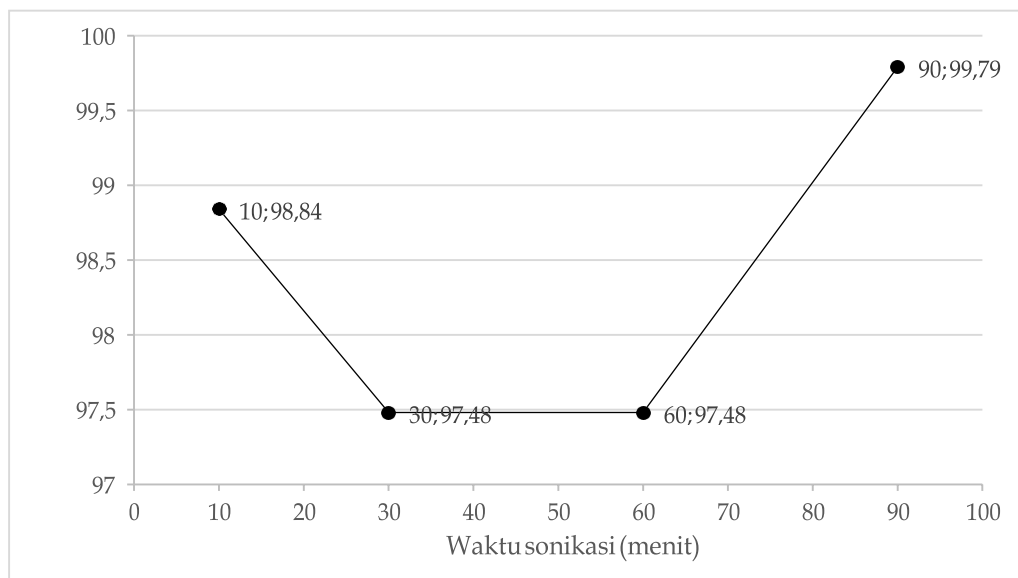
BOD atau sering disebut Biological Oxygen Demand merupakan banyaknya kandungan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018). BOD limbah cair tekstil berasal dari bahan baku yang sebagian besar merupakan bahan organik. Nilai BOD awal pada PT.VONEX berkisar 293.37 mg/l. Sedangkan nilai BOD yang diperoleh setelah dilakukan pengolahan, nilainya berkisar antara 0.59 – 7.37 mg/l, Hydrogen peroksida akan membantu mendegradasi zat warna yang terkandung dalam limbah. Akan tetapi jika penggunaan hydrogen peroksida berlebih, akan mengurangi kinerja proses degradasi.

Tabel 3. Data Hasil Analisa BOD

| No | Konsentrasi $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (ml/100ml) | Konsentrasi $\text{H}_2\text{O}_2$ (ml/100ml) | Waktu Sonikasi (menit) | BOD sebelum proses (mg/L) | BOD setelah Proses (mg/L) | Penurunan kadar BOD (%) |
|----|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 1. | 1                                                                | 1                                             | 10                     | 293,37                    | 4,6                       | 98,84                   |
| 2. | 1                                                                | 1                                             | 30                     | 293,37                    | 7,37                      | 97,48                   |
| 3. | 1                                                                | 1                                             | 60                     | 293,37                    | 7,37                      | 97,48                   |
| 4. | 1                                                                | 1                                             | 90                     | 293,37                    | 0,59                      | 99,79                   |



Gambar 6. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap penurunan kadar BOD

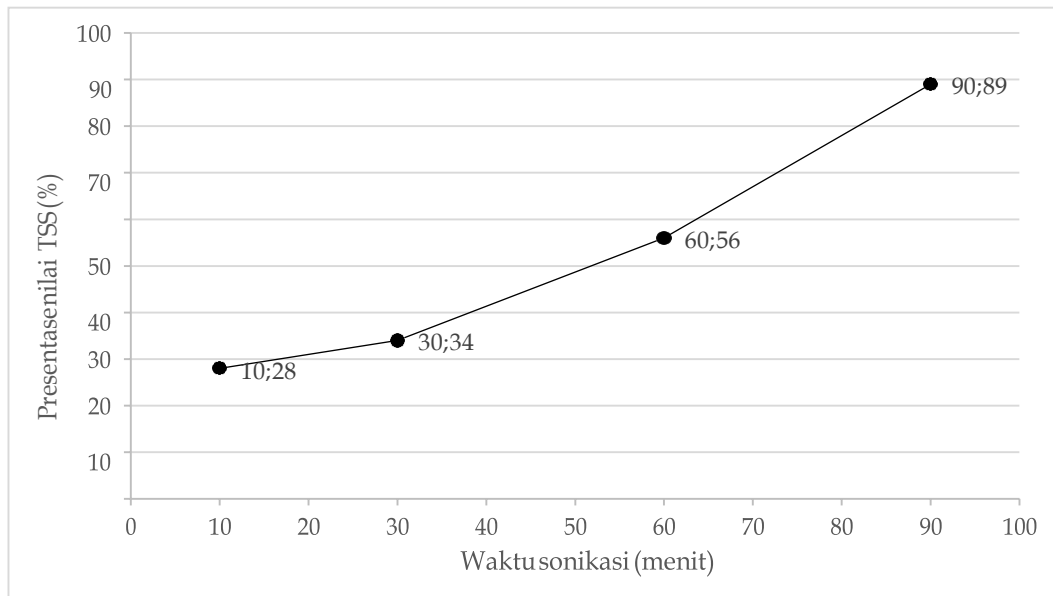


Gambar 7. Grafik hubungan waktu terhadap presentase penurunan kadar BOD

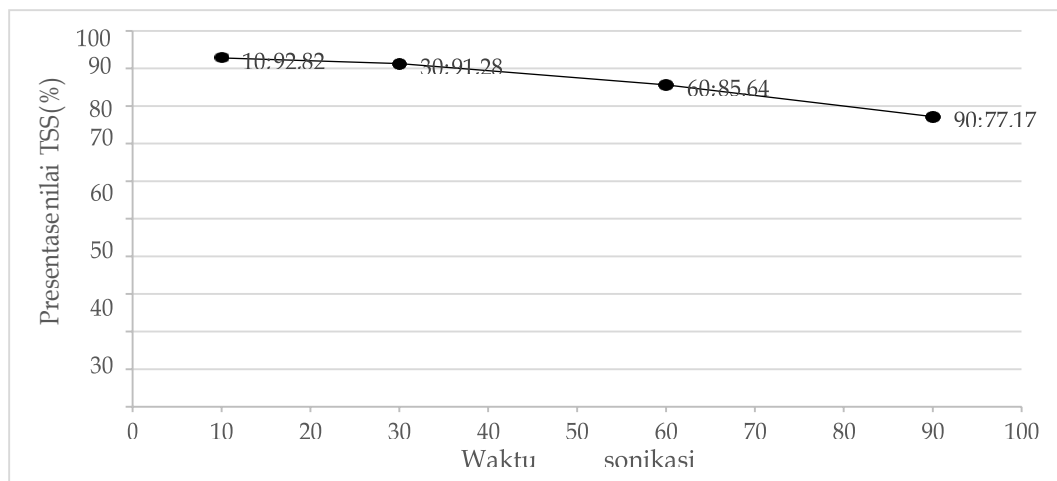
Penurunan nilai BOD yang terkandung dalam limbah berlangsung dengan baik, hal ini disebabkan karena adanya mikroorganisme yang mampu menguraikan kandungan polutan organik pada air limbah serta adanya proses sonikasi sehingga jumlah kandungan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme tersedianya dengan cukup.

### Nilai TSS (Total Suspended Solid)

Nilai TSS dari hasil pengukuran air limbah industri PT. VONEX sebelum diolah adalah berkisar 390 mg/l. Sedangkan nilai TSS yang diukur setelah pengolahan nilainya berkisar 28-89 mg/l. Penurunan diduga terjadi karena adanya proses dekolorisasi yang berjalan dengan baik, serta proses pengendapan, sehingga dapat mengurangi padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah. Nilai kisaran ini sudah berada di bawah baku mutu limbah industri tekstil yaitu 50 mg/l (SK.Gub. Jawa Barat No.6 Tahun 1999) :



Gambar 8. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap penurunan kadar TSS



Gambar 9. Grafik hubungan waktu sonikasi terhadap presentase penurunan kadar TSS

Hal ini disebabkan lamanya waktu sonikasi menimbulkan adanya kinerja dari  $H_2O_2$  yang mengoksidasi zat warna secara berkelanjutan atau mempercepat kinerja  $H_2O_2$  untuk mengoksidasi sisa zat organik.

## KESIMPULAN

Kondisi optimum pada penurunan beban pencemaran limbah cair tekstil dengan menggunakan sono-fenton adalah konsentrasi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  10% 1 ml/100mL dan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  35% 1 ml/100mL dengan waktu sonikasi selama 30 menit, dimana nilai warna turun sebesar 99,61%, kadar COD turun sebesar 90,64% , kadar BOD turun sebesar 97,48%, dan kadar TSS turun sebesar 91,28%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aşçı, Ş. K. & Y. (2020). *Advanced Oxidation Process To Different Industrial Wastewaters : SonoFenton*. December.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit ( Ppks ) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22. <https://ejurnalunsam.id/index.php/JQ>
- Elyz Zaqqiyatul , Eko Malis, R. R. (2021). *PEMANFAATAN BIOMASA KANGKUNG AIR (IPOMOEA AQUATICA FORSK) UNTUK ADSORPSI PEWARNA TEKSTIL*. 3.
- Fathul Jannah, Arya Rezagama, F. arianto. (2017). 4 0,25. 6(3), 1–11.
- Fu, F., Wang, Q., & Tang, B. (2010). Effective degradation of C.I. Acid Red 73 by advanced Fenton process. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1–3), 17–22. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2009.09.009>
- Malakootian, M., & Asadzadeh, S. N. (2020). Oxidative removal of tetracycline by sono fenton-like oxidation process in Aqueous media. *Desalination and Water Treatment*, 193, 392–401. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25810>
- Santoso, A. D. (2018). Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur. In *Jurnal Teknologi Lingkungan* (Vol. 19, Issue 1, p. 89). <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2511>
- Shahmoradi, B., Maleki, A., & Byrappa, K. (2015). Removal of Disperse Orange 25 using *in situ* surface-modified iron-doped  $\text{TiO}_2$  nanoparticles. *Desalination and Water Treatment*, 53(13), 3615–3622. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.873994>
- Shokoofehpoor, F., Chaibakhsh, N., & Ghanadzadeh Gilani, A. (2019). Optimization of sono-Fenton degradation of Acid Blue 113 using iron vanadate nanoparticles. *Separation Science and Technology*, 54(17), 2943–2958. <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1556299>
- Qi, L., Lu, W., Tian, G., Sun, Y., Han, J., & Xu, L. (2020). Enhancement of sono-fenton by p25-mediated visible light photocatalysis: Analysis of synergistic effect and influence of emerging contaminant properties. *Catalysts*, 10(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/catal10111297>
- Villegas- Guzman, P., Giannakis, S., Rtimi, S., Grandjean, D., Bensimon, M., de Alencastro, L. F., Torres-Palma, R., & Pulgarin, C. (2017). A green solar photo-Fenton process for the elimination of bacteria and micropollutants in municipal wastewater treatment using mineral iron and natural organic acids. *Applied Catalysis B: Environmental*, 219, 538–549. <https://doi.org/10.1016/J.APCATB.2017.07.066>