

**PEMANFAATAN BIJI KELOR UNTUK SINTESIS MEMBRAN
BIJI KELOR/TiO₂ SEBAGAI SOLUSI PENANGANAN
PECEMARAN ION LOGAM CU(II)
DALAM LIMBAH BATIK**

Annisa Afzha Agusta¹⁾, Ana Hidayati Mukaromah²⁾, Fandhi Adi Wardoyo³⁾

¹Progran Studi D-III Analis Kesehatan , Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang

Email : annisaafzha@gmail.com

²Program Studi S2 Sains Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang

Email : ana_hidayati@unimus.ac.id

³Program Studi D-IV Analis Kesehatan, Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang

Email : fandhiadi@unimus.ac.id

Abstrak

*Salah satu sumber limbah logam berasal dari pembuangan limbah industri batik yang dibuang langsung ke aliran sungai Pekalongan. Ion logam Cu(II) biasanya digunakan dalam perwarnaan batik. Kadar ion logam Cu(II) yang diperbolehkan dalam air limbah maksimal 2 mg/L. Rendahnya ambang batas ion Cu(II) ini, maka diperlukan solusi untuk menurunkan kadar ion logam Cu(II) salah satunya dengan proses adsorpsi menggunakan membran TiO₂/ZSM-5, namun karena harga bahan membuat serbuk ZSM-5 relatif tinggi, maka perlu adanya pengganti ZSM-5 dari bahan alami seperti biji kelor (*Moringa oleifera*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar ion Cu(II) dalam limbah sebelum dan sesudah melewati membran serbuk BK/TiO₂ (Biji Kelor/TitaniumDioksida) dan mengukur persentase penurunan kadar ion Cu(II) dalam air menggunakan membran serbuk biji kelor/TiO₂. Objek penelitian ini adalah limbah batik di sungai Pekalongan yang dilewatkan pada membran serbuk biji kelor/TiO₂ dengan berbagai variasi perbandingan berat serbuk biji kelor terhadap serbuk TiO₂. Hasil penelitian adalah kadar Cu(II) awal sebesar 68,15 mg/L. Persentase penurunan kadar Cu(II) yang tertinggi yaitu 70,43% pada variasi perbandingan B (BK/TiO₂ 18:3) dengan penyangga kasa 304-400 dan kecepatan alir 0,33 mL/menit. Ada pengaruh variasi perbandingan berat serbuk biji kelor/TiO₂ terhadap persentase penurunan kadar ion Cu(II) dalam air limbah.*

Kata Kunci : Membran Serbuk Biji Kelor/TiO₂, Kadar Ion Cu(II), Limbah Batik

UTILIZATION OF MORINGA SEEDS FOR MEMBRANE SYNTHESIS OF MORINGA/TiO₂ SEEDS AS A SOLUTION TO HANDLING CU(II) METAL POLLUTION IN BATIK WASTE

Annisa Afzha Agusta¹, Ana Hidayati Mukaromah², Fandhi Adi Wardoyo³

¹D-III Health Analyst Study Program, Faculty of Nursing and Health, Muhammadiyah University of Semarang

Email: annisaafzha@gmail.com

² Master Program in Medical Laboratory Sciences, Faculty of Nursing and Health Sciences, Muhammadiyah University of Semarang

Email: ana_hidayati@unimus.ac.id

³D-IV Health Analyst Study Program, Faculty of Nursing and Health Sciences, Muhammadiyah University of Semarang

Email : fandhiadi@unimus.ac.id

Abstract

One of the sources of metal waste comes from the disposal of batik industrial waste which is directly dumped into the Pekalongan river. The Cu(II) metal ion is usually used in batik coloring. The maximum Cu(II) metal ion content in wastewater is 2 mg/L. With this low Cu(II) ion threshold, a solution is needed to reduce the content of Cu(II) metal ions, one of which is adsorption. The process uses a TiO₂/ZSM-5 membrane, but due to the relatively high price of ZSM-5 powder making materials, ZSM-5 substitution from natural materials such as Moringa oleifera seeds is required. The purpose of this study was to determine the levels of Cu(II) ions in the waste before and after passing through the BK/TiO₂ powder membrane (Moringa seeds/Titanium Dioxide) and to measure the percentage reduction in Cu(II) ion levels. in water using a membrane of Moringa seed powder/TiO₂. The object of this research was batik waste in the Pekalongan river which was passed on to the membrane of Moringa/TiO₂ seed powder with various variations in the weight ratio of Moringa seed powder to TiO₂ powder. The results showed that the initial Cu(II) content was 68.15 mg/L. The highest percentage reduction in Cu(II) levels was 70,43% in the variation of the ratio B (BK/TiO₂ 18: 3) with gauze support 304-400 and a flow rate of 0,33 mL/minute. There is an effect of variation in the ratio of weight of Moringa/TiO₂ seed powder on the percentage reduction in Cu(II) ion levels in wastewater.

Keywords: *Moringa Seed Powder/TiO₂ Membrane, Cu(II) Ion Content, Batik Waste*

1. PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat merupakan permasalahan yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Salah satu sumber limbah logam berasal dari pembuangan limbah industri batik yang dibuang langsung ke aliran sungai Pekalongan. Menurut petugas Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Pekalongan, sekitar 80 % sungai yang ada di kota tersebut tercemar limbah batik baik produksi batik rumahan maupun industri skala besar, yang mengakibatkan air sungai berbau tidak sedap dan pencemaran lingkungan (Untung, 2019). Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Pekalongan mencatat setidaknya 5 juta liter limbah setiap hari dihasilkan oleh industri batik di seluruh Kota Pekalongan. Dari total keseluruhan limbah yang dihasilkan industri batik itu, Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) yang ada di Kota Pekalongan baru bisa menampung 45 persennya, sedangkan sisanya terbuang begitu saja ke sungai (Susanto, 2019).

Ion logam Cu(II) ini digunakan sebagai campuran bahan

pewarna sintesis dalam proses pewarnaan batik dengan dampak menimbulkan pencemaran berupa perubahan rasa dan warna pada air. Kadar maksimum ion Cu(II) dalam air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang kualitas air minum yang diperbolehkan adalah 2 mg/L (Menkes, 2010). Apabila kadar ion Cu(II) melebihi ambang batas akan mengakibatkan toksisitas dalam tubuh dengan gejala muntah, diare, penyakit kuning, nyeri otot, kerusakan hati, gagal jantung, gagal ginjal bahkan mengakibatkan kematian (Andini, 2018).

Rendahnya ambang batas ion Cu(II) ini, maka diperlukan solusi untuk menurunkan kadar ion logam Cu(II) salah satunya dengan proses adsorpsi menggunakan membran TiO₂/ZSM-5, namun karena harga bahan membuat serbuk ZSM-5 relatif tinggi, maka perlu adanya pengganti ZSM-5 dari bahan alam seperti biji kelor (*Moringa oleifera*). Biji kelor mengandung protein yang cukup tinggi dan senyawa bioaktif 4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-

isothiocyanate yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam limbah (Bangun, 2013 dalam Rustiah, dkk, 2018).

Penelitian tentang biji kelor sebagai koagulan pada kekeruhan dan penurunan kadar unsur logam berat (Fe, Mn, Cu, Cr) dalam air telah dilakukan sebelumnya. Hasil penelitian Arung (2002) menemukan biji kelor dapat mengubah air keruh dengan partikel tanah maupun unsur logam menjadi air bersih layak konsumsi, dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Hasil penelitian ini juga dimanfaatkan oleh PDAM di Kalimantan Timur untuk menjernihkan air sungai Mahakam. Belum banyak orang yang mengetahui bahwa biji kelor dapat dijadikan alternatif penjernihan air yang lebih aman dan lebih ekonomis selain tawas.

Penelitian yang dilakukan Yusrin dkk. (2015) menggunakan air yang mengandung Fe(II) 10 ppm dengan variasi waktu perendaman 0-15 menit, 15-30 menit, 30-45 menit, 45-60 menit dan didapatkan waktu

yang paling efektif untuk proses degradasi ion Fe(II) yaitu 30 menit dengan rata-rata hasil degradasi sebanyak 43,28% dengan kenaikan ion Fe terdegradasi sebesar 4,32% dari hasil rata-rata dengan perendaman selama 15 menit.

Penelitian yang dilakukan oleh Sutanto dkk. (2007) bahwa biji kelor yang dibuat serbuk kemudian diayak dengan variasi ukuran ayakan 180 μm , 250 μm , 355 μm , 420 μm dan 600 μm terhadap kadar ion Fe(II) didapatkan hasil penurunan kadar ion Fe(II) tertinggi yang paling besar terjadi pada ukuran butir biji kelor 180 μm yaitu sebesar 874 μg besi/gram biji kelor.

Penelitian yang dilakukan oleh Asyyifa dkk. (2019) bahwa membran ZSM-5/TiO₂ yang disintesis dengan melapiskan prekursor ZSM-5/TiO₂ pada penyangga kasa dengan variasi jenis kasa AISI 316-180, 304-200, dan 304-400 mesh dan variasi waktu penyinaran UV 30, 60 dan 90 menit, dihasilkan penurunan kadar Cu(II) tertinggi adalah yang menggunakan membran zeolit ZSM-5/TiO₂ dengan penyangga kasa 304-400 mesh dan

penyinaran UV selama 90 menit dan konsentrasi Cu(II) awal $\pm 47,13$ ppm, dapat menurunkan kadar Cu(II) $\pm 57,72\%$. Penelitian de Souza dkk. (2013) bahwa dengan mengkombinasikan koagulasi/flokulasi dan fotokatalisis adalah metode yang baik untuk penggunaan kembali air limbah dalam proses industri karena mampu mengurangi warna yang signifikan (87%) dan mengurangi COD 80%.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan biji kelor untuk mensintesis membrane serbuk biji kelor/TiO₂ sebagai solusi penanganan pencemaran ion logam Cu(II) dalam limbah batik

2. METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen laboratorium. Obyek penelitian ini menggunakan air limbah batik kemudian dialirkan melalui membran yang disintesis dengan serbuk biji kelor dan TiO₂ dan variasi perbandingan berat serbuk biji kelor terhadap serbuk TiO₂ 20:1; 18:3; 16:5; 14:7 dengan jenis kasa

304-400 mesh yang telah mendapatkan perlakuan. Pengulangan sampel dilakukan masing-masing sebanyak 6 kali.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah blender, gelas kimia, ayakan 100 μ mpipet tetes, pipet volume, gelas ukur, labu ukur, erlenmayer, beaker glass, filter, tisu, wadah polipropilen, stirer, muffle furnace, mortar, oven, reaktor dengan lampu UV, kuvet, spektrofotometer.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kasa *stainless-steel* jenis 304 ukuran 400 mesh, Toluene 95%, HCl 15%, Tetrapropilamonium Bromida (TPA-Br) buatan *Merck*, H₂O bebas mineral, Titanium Dioksida, Amylum 2%, Etanol Absolut, NaAlO₂, NH₄OH 5%, Na dietil ditiokarbamat.

1. Teknik Analisis Data

Data yang di peroleh dianalisa dengan metode statistik *One Way Anova* untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh variasi perbandingan berat serbuk BK/TiO₂ terhadap penurunan kadar ion Cu(II) dalam limbah batik dan sampel yang

berdistribusi normal dianalisa menggunakan *Shapiro-Wilk* dengan program Komputer.

2. Prosedur

a. Perlakuan awal kasa

24 buah kasa dengan ukuran 3 x 3 cm direndam dalam larutan toluene 95% selama 12 jam, kemudian direndam dalam larutan HCl 15% selama 6 jam. Selanjutnya direndam dengan Tetrapropilamonium Bromida 0,1 M (TPA-Br) selama 12 jam lalu dibilas dengan aquades dan di simpan di tempat kering (Kong dkk., 2006)

b. Pembuatan Serbuk Biji Kelor

Buah kelor yang sudah tua dan kering dibuka kemudian diambil biji kelornya yang berwarna coklat. Biji kelor yang berwarna coklat dikupas sehingga didapatkan bagian kotiledonnya, kemudian dihaluskan menggunakan blender dan dikeringkan pada suhu ruang selama 24 jam, dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 90°C dan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. (Rustiah dkk, 2018).

c. Prekursor serbuk BK/TiO₂ dengan variasi perbandingan 20:1; 18:3; 16:5; 14:7

Prekursor serbuk BK/TiO₂ terdiri dari serbuk TiO₂ dan serbuk biji kelor dengan variasi perbandingan 20:1; 18:3; 16:5; 14:7. Misal, pada variasi perbandingan berat biji kelor terhadap TiO₂ 20 : 1 maka diambil 20 gram serbuk biji kelor dilarutkan dalam etanol absolut, ditambah serbuk TiO₂ sebanyak 1 gram, dan Amylum 2% sebanyak 1 mL. Diaduk dengan pengaduk magnetik dengan kecepatan 900 rpm selama 5 jam. Selanjutnya dilapiskan pada kasa 304-400 mesh yang telah mendapat perlakuan. Selanjutnya kasa dimasukkan ke dalam wadah plastik polipropilen dengan rasio luas permukaan terhadap volume reaktor 1,44 kemudian oven pada temperatur 120°C selama 5 jam. Begitu pula untuk variasi berat biji kelor terhadap TiO₂ lainnya. (Agusti, 2012 dalam Mukaromah dkk, 2016).

d. Penetapan Kadar Awal Ion Cu(II)

Larutan sampel limbah Cu(II) diambil sebanyak 5,0 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50,0 mL lalu ditambah ± 35 mL aquadest.

Kemudian ditambah larutan NH_4OH 5% sebanyak 5,0 mL dan Na dietil ditiokarbamat 1% sebanyak 5,0 mL ditepatkan dengan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan. Lalu dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang dan waktu kestabilan yang optimum.

e. Penurunan Kadar Ion Cu(II)

Larutan sampel limbah Cu(II) sebanyak 50,00 mL dengan dialirkan melalui membran serbuk biji kelor/ TiO_2 yang telah disintesis dengan serbuk biji kelor dengan penyangga kasa 304-400 mesh yang telah mendapat perlakuan dimasukkan pada reaktor + UV dengan lama waktu penyinaran 90 menit (Assyifa dkk, 2019).

f. Penentuan Kadar Cu(II) setelah dialirkan ke dalam membran biji kelor/ TiO_2 dengan variasi perbandingan 20:1; 18:3; 16:5; 14:7

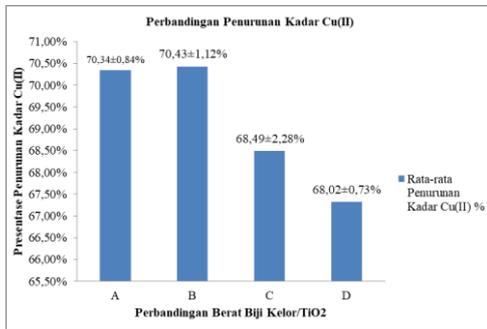
Larutan hasil penurunan kadar Cu(II) yang sudah dialirkan ke dalam membran serbuk biji kelor/ TiO_2 dengan variasi perbandingan berat biji kelor terhadap TiO_2 20:1; 18:3; 16:5; 14:7 diambil sebanyak 5,0 mL dan dimasukkan ke

dalam labu ukur 50,0 mL lalu ditambah ± 35 mL aquadest. Kemudian ditambahkan larutan NH_4OH 5% sebanyak 5,0 mL dan Na dietil ditiokarbamat 1% sebanyak 5,0 mL ditepatkan dengan aquadest hingga tanda batas dan dihomogenkan. Lalu dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang kesetabilan yang optimum. Prosedur tersebut diulang 6x dengan membran yang disintesis serbuk biji kelor/ TiO_2 dengan variasi perbandingan berat biji kelor terhadap TiO_2 20:1; 18:3; 16:5; 14:7 dan menyiapkan blanko.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian didapatkan penurunan kadar Cu(II) pada air limbah batik menggunakan membran serbuk biji kelor/ TiO_2 dengan variasi perbandingan berat biji kelor terhadap TiO_2 20:1; 18:3; 16:5; 14:7 tertera pada Gambar 1.

Gambar 1. Persentase (%) penurunan kadar Cu(II) dalam sampel setelah perlakuan menggunakan serbuk biji kelor terhadap TiO_2



Air limbah dilewatkan 1x melalui membran serbuk biji kelor/TiO₂ dengan kecepatan alir 0,33 mL/menit. Penurunan kadar Cu(II) dalam limbah batik yang dialirkan pada membran serbuk BK/TiO₂ yang disintesis dengan penyangga kasa jenis 304 ukuran 400 mesh, dengan variasi perbandingan berat serbuk BK/TiO₂ 20:1; 18:3; 16:5; 14:7. Pada variasi perbandingan A (BK/TiO₂ 20:1) mampu menurunkan ion logam Cu(II) 70,34±0,84%, variasi perbandingan B (BK/TiO₂ 18:3) mampu menurunkan ion logam Cu(II) 70,43±1,12%, variasi perbandingan C (BK/TiO₂ 16:5) mampu menurunkan ion logam Cu(II) 68,49±2,82%, variasi perbandingan D (BK/TiO₂ 14:7) mampu menurunkan ion logam Cu(II) 68,02±0,73% dari kadar Cu(II) awal 68,15±0,15^{mg}/L.

Pada variasi perbandingan A (BK/TiO₂ 20:1) presentase penurunan kadar ion logam Cu(II) dalam air limbah berbeda signifikan dengan variasi perbandingan B (BK/TiO₂ 18:3). Pada variasi perbandingan C (BK/TiO₂ 16:5) presesntase penurunan kadar ion logam Cu(II) dalam limbah batik mengalami penurunan, karena penggunaan TiO₂ yang terlalu banyak dan TiO₂ juga merupakan adsorben kemudian dipasangkan dengan biji kelor yang merupakan adsorben alami sehingga saling mengadsorbsi satu sama. Penurunan kadar ion Cu(II) yang tertinggi B (BK/TiO₂ 18:3) dengan kecepatan alir 0,33 mL/menit. Sedangkan perbandingan berat serbuk BK/TiO₂ yang lebih efektif menggunakan variasi perbandingan A(BK/TiO₂ 20:1) karena penggunaan serbuk biji kelor yang banyak dan TiO₂ sedikit bisa untuk menurunkan kadar ion logam Cu(II) dalam limbah batik.

Hasil penelitian yang di uji secara statistik menggunakan *one way anova* dengan didahului uji normalitas data dikarenakan syarat dari *one way anova* adalah data

berdistribusi normal. Dimana dari hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai p-value $> 0,05$ yaitu variasi perbandingan berat serbuk biji kelor A (BK/TiO₂20:1), B(BK/TiO₂18:3), C (BK/TiO₂16:5), dan D (BK/TiO₂14:7) > 0.05 menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Pada uji homogeneity diperoleh hasil bahwa nilai p-value < 0.05 yaitu 0,000 maka dapat disimpulkan bahwa data tidak homogen. Kemudian di uji dengan menggunakan *one way anova* dimana nilai p-value $< 0,05$ yaitu 0,000 hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh variasi perbandingan berat serbuk biji kelor/TiO₂ terhadap rata-rata presentase penurunan kadar Cu(II).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan kadar Cu(II) awal pada sampel adalah $68,15 \pm 0,15$ mg/L, persentase penurunan kadar Cu(II) tertinggi yaitu $70,43 \pm 1,12\%$ dengan variasi perbandingan serbuk biji kelor terhadap serbuk TiO₂ 18:3. Variasi perbandingan serbuk biji kelor

terhadap serbuk TiO₂ yang paling efektif 20:1.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si selaku Pembimbing dan Ketua Program Studi DIII Analisis Kesehatan.
2. Fandhi Adi Wardoyo, M.Sc selaku penguji.
3. Seluruh keluarga penulis yang telah memberikan semangat dan motivasi serta doa kepada penulis dalam penyusunan Proposal Karya Tulis Ilmiah.
6. Rekan-rekan D-III Analisis Kesehatan yang telah membantu penulis dalam penyusunan Karya Tulis Ilmiah.

7. REFERENSI

- Agusty, I. P. 2012. *Penggunaan Zeolit Terimpregnasi TiO₂ untuk Mendegradasi Zat Warna Congo Red*. Skripsi. Universitas Airlangga.
- Aminah, S., Ramdhan, T., Yanis, M. 2015. *Kandungan Nutrisi dan Sifat Fungsional*

- Tanaman Kelor (Moringa oleifera).*
- Andini, W. C. 2018. <https://hellosehat.com/hidup-sehat/fakta-unik/manfaat-tembaga-untuk-kesehatan/>. Diakses tanggal 10 Januari 2020.
- Arung, E.T. 2002. Terobosan, Biji Kelor Sebagai Penjernih Air Sungai. Jakarta: Suara Merdeka.
- Assyifa, I.R., Mukaromah, A.H. 2019. *Penurunan Kadar Ion Cu (II) dalam Air Menggunakan Membran ZSM-5/TiO₂ yang Disintesis dengan Variasi Kasa dan Waktu Penyinaran UV*. 2:89-93.
- Chasanah, U., Mukaromah, A.H. 2019. *Penurunan Kadar Ion Cr (VI) Dalam Air Menggunakan Membran ZSM-5/TiO₂ yang Disintesis Dengan Variasi Kasa dan Waktu Penyinaran UV*. ISSN 2654-766X
- de Souza, R. P., Girardi, F., Santana, V. S., Machado, N. R. C. F., Gimenes, M. L. 2013. *Vinasse treatment using a vegetable-tannin coagulant and photocatalysis*.
- Ismania, E. N., Mukaromah, A. H., Ethica, S. N. *Pemanfaatan Zeolit ZSM-5 Terimpregnasi TiO₂ Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu (II) dengan Variasi Waktu Penyinaran UV dalam Air*
- Kong, C., Lu, J., Yang, J., Wang, J. 2006. *Preparation of silicalite-1 membranes on stainless steel supports by a two-stage varying-temperature in situ synthesis*. Journal of Membrane Science. 285, 258–264.
- MenKes RI. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan RI PERMENKES RI/No 429/MENKES/PER/IV/2010.
- MenLH. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan

- Hidup Nomor : KEP
51/MENLH/10/1995.
- MenLH. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Tentang : Baku Mutu Air Limbah.
- Mukaromah, A. H., Ariyadi, T., Saputri, M. J., Utami, R. A., Yusrin. 2017. *Penurunan konsentrasi gas karbon monoksida dengan membran zeolite ZSM-5 secara coating menggunakan kasa AISI 316-180 mesh dan 304-400 mesh dengan perlakuan I dan II.*
- Mukaromah, A. H., Kadja, G. T. M., Mukti, R. R., Pratama, I. R., Zulfikar, M. A., Buchari. 2016. *Surface-to-volume Ratio of Synthesis Reactor Vessel Governing Low Temperature Crystallization of ZSM-5.* 48 (3):241-251.
- Mukaromah, A.H., dkk. 2016. *Penurunan konsentrasi p-klorofenol dengan fotokatalis TiO₂ dan ion Fe (III).* The 3rd University Research Colloquium. ISSN 2407-9189.
- PP RI. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor : 82/PP RI/2010.
- Putri, T. 2010. *Sintesis Komposit Serbuk Biji Kelor-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Mendegradasi Air Limbah Rumah Sakit.* Skripsi. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Rustiah, W., Andriani, Y. 2018. *Analisis Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera, Lamk) Dalam Menurunkan Kadar COD Dan BOD Pada Air Limbah Jasa Laundry.* 5(2), 96-100.
- Salamadian. 2018. <https://salamadian.com/pengertian-limbah/>. Diakses tanggal 7 Agustus 2020.

- Sulistiyosari, Intan. 2018. <https://greatedu.co.id/gre-atpedia/biji-kelor-dapat-menjernihkan-air>. Diakses tanggal 22 Desember 2019.
- Susanto, Budi. 2019. <https://jateng.tribunnews.com/2019/04/09/dlh-kotapekalongan-sadari-baru-45-persen-limbah-batik-terolah-ipal-sisanyaterbuang-ke-sungai>. Diakses tanggal 16 Desember 2019.
- Sutanto, T. D., Adfa, M., Tarigan, N. 2006. *Buah Kelor (Moringa Oleifera Lamk.) Tanaman Ajaib Yang Dapat Digunakan Untuk Mengurangi Kadar Ion Logam Dalam Air*.
- Untung, M. A. 2019. *Penampakan Sungai Pekalongan Tercemar Limbah Batik*. <https://www.suara.com/foto/2019/07/23/172326/p-enampakan-sungai-pekalongan-tercemar-limbah-batik>. Diakses tanggal 12 Desember 2019.
- Warlina L. 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak Dan Penanggulangannya*.
- Yusrin, Mukaromah, A. H., Wahyuni M., E. T. 2015. *Penurunan Kadar Fe Dalam Air Dengan Biji Kelor (Moringa oleifera)*.