

Perbandingan Penggunaan Koagulan Alami dan Magnetik dari Biji Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Efisiensi Penurunan Warna Congo Red

Dhiya' Arnada Ramadhani¹, Novi Eka Mayangsari^{1*}, dan Tarikh Azis Ramadani²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi Teknik Bangunan Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : noviekam@ppns.ac.id

Abstrak

Congo red merupakan zat warna yang terdapat dalam industri tekstil yang bersifat beracun dan tidak terurai. Koagulasi-flokulasi menjadi metode yang paling sederhana dan relatif murah untuk menghilangkan zat warna *congo red*. Biji kelor (*Moringa Oleifera*) merupakan salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami karena mengandung protein kationik. Nanopartikel Fe₃O₄ merupakan salah satu bahan yang dapat dilakukan sintesis dengan metode ko-presipitasi untuk meningkatkan kemampuan koagulan. Ko-presipitasi merupakan metode sintesis sederhana yang digunakan untuk memperoleh serbuk nanopartikel. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penggunaan koagulan alami dan koagulan magnetik terhadap efisiensi penurunan konsentrasi zat warna *congo red*. Variasi konsentrasi *congo red* yang digunakan yaitu sebesar 100, 250, 400, 550 ppm dengan dosis koagulan sebanyak 125 mg/l. Efisiensi penurunan menggunakan koagulan magnetik memiliki hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan koagulan alami pada semua konsentrasi *congo red*. Konsentrasi *congo red* yang bervariasi membuat hasil efisiensi penurunan pada koagulan magnetik relatif stabil dan pada koagulan alami semakin tinggi konsentrasi *congo red* efisiensi penurunannya semakin rendah dikarenakan penurunan kemampuan koagulan dalam mengikat ion-ion pada air limbah *congo red*.

Keywords: Biji Kelor, *Congo red*, Fe₃O₄, Koagulasi-Flokulasi, Ko-presipitasi

1. PENDAHULUAN

Dalam industri tekstil terdapat berbagai macam proses kegiatan yang akan menimbulkan limbah cair yang mengandung zat warna dan menjadi zat pencemar. Salah satu zat warna tekstil yang banyak digunakan oleh industri yaitu *congo red* (Ratih M., 2009). *Congo red* merupakan pewarna sintetis yang memiliki sifat beracun, tidak terurai, dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Beberapa metode yang dapat menjadi alternatif untuk menghilangkan kandungan konsentrasi zat warna dalam limbah industri tekstil yaitu metode biologi, koagulasi, elektrokoagulasi, adsorpsi, ozonisasi, dan klorinasi (Modirshahla dkk, 2011). Pengolahan biologi menjadi metode pengolahan yang paling murah dan efisien, namun pada industri tekstil pengolahan ini digunakan untuk menghilangkan zat terlarut dan biodegradable dari air limbah (Indrayani & Rahmah, 2018). Pada metode lain yang memiliki kinerja yang bagus dalam menurunkan air limbah yaitu elektrokoagulasi, adsorpsi, ozonisasi, dan klorinasi memiliki biaya operasional yang relatif mahal dan dikhawatirkan menimbulkan polutan baru (Zeolit dkk, 2014). Sedangkan metode yang paling memiliki proses sederhana, mudah diaplikasikan, biaya relatif murah, dan mampu mengolah limbah industri tekstil yaitu koagulasi-flokulasi (Rusydi dkk, 2017).

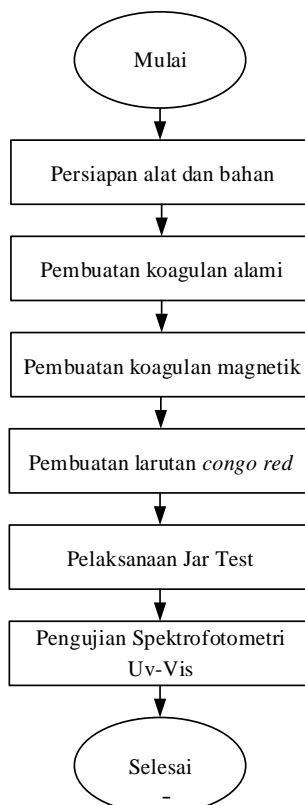
Koagulasi yaitu sebuah proses penambahan bahan atau zat kimia ke dalam suatu air limbah dengan tujuan untuk menstabilisasi padatan tersuspensi menjadi koloid untuk mempersiapkan proses selanjutnya yaitu flokulasi. Flokulasi yaitu proses pengumpulan partikel-partikel dengan muatan tidak stabil yang kemudian saling bertabrakan sehingga membentuk kumpulan partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar, yang disebut dengan flok (Rusydi dkk, 2017). Koagulan yang sering dijumpai dan digunakan dalam industri ialah koagulan sintetis seperti Tawas (AlCl₃), kapur dan Poli Aluminium Chloride (PAC) (Kapur dkk., 2016). Namun, koagulan tersebut jika terakumulasi akan berdampak pada kesehatan manusia dan dapat mencemari lingkungan. Oleh sebab itu untuk mengurangi efek samping dari koagulan sintetis dilakukan alternatif menggunakan koagulan alami yang berasal dari tumbuhan atau bahan alami yang hemat dan tidak merugikan lingkungan. Biji kelor (*Moringa Oleifera*) merupakan salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai alternatif koagulan alami yang tersedia banyak di Indonesia (Ayu Ridaniati Bangun dkk, 2013). Biji kelor

(*Moringa Oleifera*) digunakan sebagai koagulan alami karena memiliki kandungan berupa asam amino dan polielektrolit kationik yang larut dalam air dan mampu mengendapkan bahan organik dan mengikat ion-ion negatif yang terdapat dalam air limbah. Namun penggunaan koagulan alami ini telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan koagulan. Salah satu pengembangan yang dilakukan yaitu mensintesis koagulan dengan nanopartikel Fe_3O_4 menjadi koagulan magnetik (Miyashiro dkk, 2021). Koagulan magnetik yang dikembangkan berhubungan dengan efisiensi penyisihan parameter air limbah seperti semu warna dan kekeruhan. Nanopartikel magnetik telah diuji untuk penghilangan zat warna dalam air (Hermawan dkk, 2022). Nanopartikel magnetik memiliki keunikan dan karakteristik yang menguntungkan sehubungan dengan penggunaannya, seperti biaya rendah dan toksisitas, daya tarik tinggi, daya tahan dan biokompatibilitas, dan pemisahan yang mudah dari larutan air (dos Santos dkk, 2018). Sifat magnetik yang dihasilkan akan tarik menarik dengan ion positif yang ada pada protein biji.

Koagulan magnetik yang akan digunakan disintesis dengan metode ko-presipitasi. Ko-presipitasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk menghasilkan suatu serbuk yang mempunyai kelebihan diantaranya adalah pencampuran homogen yang terjadi dari suatu endapan reaktan mengurangi suhu reaksi dan proses dari metode ini, untuk mensintesis serbuk oksida logam sangat sederhana (Masrufi, 2019). Metode kopresipitasi kemungkinan merupakan metode yang paling sederhana dan efisien sebagai jalur sintesis partikel magnetik (Nugraha, 2021). Berdasarkan penelitian Hermawan dkk, (2022), penurunan konsentrasi *Congo red* menggunakan Koagulan magnetik Biji petai cina (*Leucaena leucocephala*) memiliki efisiensi degradasi hingga 89,10%. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penggunaan koagulan alami dan koagulan magnetik terhadap efisiensi penurunan konsentrasi zat warna *congo red*.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengujian efisiensi penurunan limbah warna *congo red* menggunakan koagulan alami dan magnetik dari biji kelor (*moringa oleifera*). Metode penelitian tertera pada diagram alir Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Persiapan alat dan bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu oven, ayakan 80 mesh, blender/mortar alu, *magnetic stirrer*, kertas saring *whatman*, *vacuum buchner*, botol vial, neraca analitik, pipet, pH indikator, oven, satu set alat *Jar Test* dan *glassware*, serta spektrofotometri Uv-Vis. Bahan yang digunakan yaitu biji kelor, *aquades*, NaOH (*Merck*), HCl (*Smart Lab*), NaCl (*Merck*), $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Pudak), $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Pudak), *congo red*, dan etanol 96%.

2.2 Pembuatan koagulan alami

Biji kelor dikupas kulitnya dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama \pm 2 jam. Setelah biji kering, kemudian dilakukan penghalusan menggunakan blender hingga menjadi serbuk dan dihaluskan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Selanjutnya, pembuatan ekstrak garam 5% dengan menyiapkan larutan NaCl 1 M sebanyak 1000 mL dan mencampurkan 50 gram serbuk biji kelor lalu diaduk menggunakan magnetik stirrer selama 30 menit. Campuran tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring dalam corong Buchner pada tekanan vakum. Larutan yang tersaring merupakan yang digunakan sebagai koagulan (Ayu Ridaniati Bangun dkk, 2013).

2.3 Pembuatan koagulan magnetik

Pembuatan koagulan magnetik yaitu dengan melarutkan 1,11 gram $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 0,53 gram $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (rasio 2:1 M) dengan 100 mL aquades ke dalam erlenmeyer 250 ml dan ditempatkan pada hot plate selama 10 menit dengan suhu reaksi diatur ke 80 °C. Kemudian, 25 ml ekstrak garam biji kelor (*moringa oleifera*) ditambahkan dengan cara setetes demi setetes sehingga terlihat tekstur campuran bervariasi dari kuning hingga coklat. Reaksi dilakukan pengadukan konstan di *hot plate* selama 3 jam pada 80 °C. Tahap selanjutnya yaitu penambahan bahan presipitan (NaOH 5%) satu tetes demi satu tetes hingga pH 10 dimana tekstur campuran bervariasi dari coklat hingga hitam. Setelah pendinginan ke suhu ruangan, endapan hitam Fe_3O_4 -Mo dipisahkan, kemudian dicuci tiga kali dengan aquades dan sekali dengan etanol, lalu dikeringkan di dalam oven selama 120 menit pada suhu 100°C. Serbuk hasil pengeringan yang akan digunakan sebagai koagulan magnetik (Karami dkk, 2024).

2.4 Pembuatan larutan congo red

Pembuatan larutan *congo red* diawali dengan pembuatan larutan induk congo red 1000 ppm dengan melarutkan sebanyak 1 gram *congo red* dengan aquades sampai 1000 mL. Kemudian membuat larutan dengan konsentrasi 100, 250, 400, dan 550 ppm dari larutan induk yang diencerkan dengan aquades. Selanjutnya tambahkan HCl untuk menstabilkan nilai pH hingga 3 pada masing-masing larutan.

2.5 Pelaksanaan Jar Test

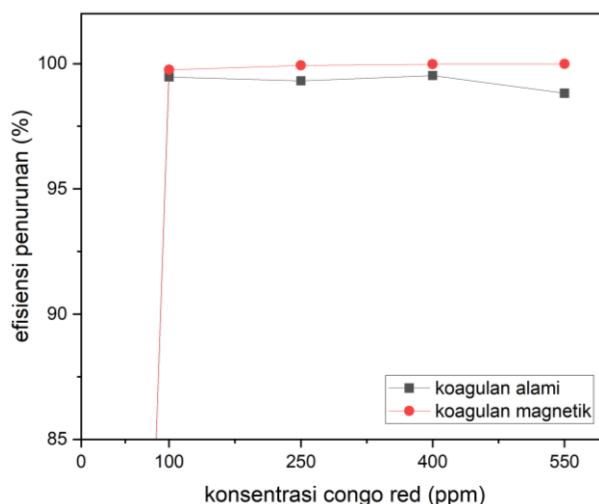
Proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan metode Jar Test untuk membandingkan jenis koagulan dan konsentrasi *congo red*. Limbah yang dimasukkan dalam sekali putaran jar test sebesar 250 mL. Pengadukan cepat dengan 150 rpm selama 3 menit dan pengadukan lambat 15 rpm selama 10 menit kemudian diendapkan selama 30 menit (Ribeiro dkk, 2023).

2.6 Pengujian Spektrofotometri Uv-Vis

Pengujian Spektrofotometri Uv-Vis merupakan metode dengan tingkat keakratan dan ketelitian yang sangat tinggi sehingga sangat baik untuk digunakan penelitian zat warna (Agustin, 2019). Prinsip Spektrofotometri Uv-Vis yaitu menganalisis pada serapan dari sinar Monokromator prisma atau kisi difraksi dengan *detector*. Panjang gelombang (λ) maksimum didapatkan untuk larutan *Congo red* yang sesuai adalah 501 nm (Agustin, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan penggunaan koagulan alami dan koagulan magnetik dari biji kelor dengan konsentrasi air limbah yang bervariasi. Pada penelitian ini terdapat variasi konsentrasi air limbah *congo red* yaitu 100,250,400, dan 550 ppm. Dosis koagulan yang ditambahkan ke dalam air limbah yaitu sebesar 125 mg/L. Pada penelitian ini, larutan *congo red* (limbah artifisial) yang akan digunakan ditetapkan pHnya sebelum dicampurkan dengan bahan koagulan yaitu sebesar pH 3. Peran pH larutan sangat penting dalam proses koagulasi-flokulasi. Muatan koagulan yang digunakan adalah dominan positif, sedangkan muatan air limbah *congo red* pada pH 3 bermuatan negatif (Hermawan dkk, 2022). Pada air limbah *congo red* yang ditambahkan Ph memiliki hasil perbedaan fisik warna sebelum dan sesudah penambahan. Ketika sebelum proses koagulasi *congo red* berwarna merah pekat kemudian ketika telah dilakukan penambahan HCl untuk mengatur pH larutan *congo red* berubah warna menjadi biru kehitaman yang pekat tergantung pada konsentrasi *congo red*. Semakin besar konsentrasi maka akan semakin pekat warna *congo red*.



Gambar 2. Grafik Efisiensi Penurunan *Congo Red*

Pada Gambar 2. grafik dibuat dengan titik mula-mula pada nilai 0 pada sumbu y dan x, kemudian dilanjutkan dengan konsentrasi *congo red* pertama yaitu 100 ppm dan efisiensi yang didapatkan. Pada konsentrasi air limbah *congo red* terendah yaitu 100 ppm didapatkan hasil 99,7% untuk koagulan magnetik dan 99,4% untuk koagulan alami. Kemudian pada konsentrasi tertinggi yaitu 550 ppm didapatkan hasil 99,9% untuk koagulan magnetik dan 98,8% untuk koagulan alami. Berdasarkan grafik di atas, terlihat bahwa efisiensi penurunan konsentrasi *congo red* menggunakan koagulan magnetik relatif lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan koagulan alami pada semua konsentrasi dengan jumlah dosis koagulan yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa koagulan magnetik memiliki performa yang lebih baik untuk membentuk flok dan menurunkan konsentrasi limbah *congo red*. Penggunaan dosis koagulan sebesar 125 mg/L membuat hasil efisiensi penurunan dengan koagulan magnetik relatif stabil. Sedangkan pada koagulan alami semakin tinggi konsentrasi *congo red* efisiensi penurunannya akan semakin menurun dikarenakan penurunan kemampuan koagulan akibat konsentrasi air limbah yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan semakin banyak konsentrasi yang diberikan maka kemampuan koagulan dalam menyerap air limbah akan semakin menurun (Ribeiro dkk, 2023).

Biji kelor merupakan bahan yang mengandung asam amino dan polielektrolit kationik yang dapat digunakan sebagai koagulan (Ayu Ridaniati Bangun dkk, 2013). Prinsip kerja koagulan dalam penurunan air limbah yaitu membantu dan mempercepat proses koagulasi dan flokulasi dalam mengikat ion-ion negatif yang terdapat pada air limbah. Pada koagulan alami, bahan utama protein yang terkandung dalam biji kelor yang berperan sebagai koagulan dan mengandung ion-ion positif (Hermawan dkk, 2022). Sedangkan pada koagulan magnetik bahan utama protein yang terkandung dalam biji kelor disintesis dengan nanopartikel Fe_3O_4 menggunakan metode ko-presipitasi sehingga akan membantu dan meningkatkan performa dari koagulan alami karena ion-ion positif yang terkandung dalam koagulan semakin bertambah, selain itu padatan koagulan magnetik ini tidak larut dalam air limbah (Kurnia dkk, 2023). Mekanisme koagulasi- flokulasi yang terjadi pada penelitian ini yaitu gaya tarik menarik antara ion-ion negatif dalam air limbah *congo red* dengan ion-ion positif dalam koagulan yang menyebabkan partikel padatan tersuspensi dengan ukuran yang sangat kecil bergabung menjadi koloid dan membentuk flok-flok yang akan mengendap (Hermawan dkk, 2022).

4. KESIMPULAN

Pada penggunaan koagulan magnetik dan alami dengan konsentrasi 100 ppm dengan berturut-turut sebesar 99,7% dan 99,4% serta pada konsentrasi 550 ppm didapatkan hasil 99,9% dan 98,8%. Pada penggunaan dosis koagulan sebesar 125 mg/L efisiensi penurunan *congo red* menggunakan koagulan magnetik relatif lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan koagulan alami pada semua konsentrasi. Pada konsentrasi *congo red* yang bervariasi membuat hasil efisiensi penurunan dengan koagulan magnetik relatif stabil. Sedangkan pada koagulan alami semakin tinggi konsentrasi *congo red* efisiensi penurunannya akan semakin rendah dikarenakan penurunan kemampuan koagulan dalam mengikat ion-ion pada air limbah *congo red*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, C. P. (2019). Karakteristik Absorbansi Sampel Mie Basah menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis untuk Mengetahui Kemungkinan Kandungan Formalin. *Skripsi*, 68–74.
- Ayu Ridaniati Bangun, Siti Aminah, Rudi Anas Hutahaean, & M. Yusuf Ritonga. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis Dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7–13. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1420>

- dos Santos, T. R. T., Mateus, G. A. P., Silva, M. F., Miyashiro, C. S., Nishi, L., de Andrade, M. B., Fagundes-Klen, M. R., Gomes, R. G., & Bergamasco, R. (2018). Evaluation of Magnetic Coagulant (A-Fe₂O₃-MO) and its Reuse in Textile Wastewater Treatment. *Water, Air, and Soil Pollution*, 229(3). <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3747-8>
- Hermawan, E., Carmen, L. U., Kristianto, H., Prasetyo, S., Sugih, A. K., & Arbita, A. A. (2022). A Synthesis of Magnetic Natural Coagulant and Its Application to Treat Congo Red Synthetic Wastewater. *Water, Air, and Soil Pollution*, 233(11), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05923-z>
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754>
- Karami, N., Mohammadpour, A., & Reza, M. (2024). International Journal of Biological Macromolecules Green synthesis of sustainable magnetic nanoparticles Fe₃O₄ and Fe₃O₄-chitosan derived from *Prosopis farcta* biomass extract and their performance in the sorption of lead (II). *International Journal of Biological Macromolecules*, 254(P1), 127663. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127663>
- Kurnia, E., Marsel, R., Ardiyanti, H., Imani, N., & Suharyadi, E. (2023). Green synthesis of magnetically separable and reusable Fe₃O₄/Cdots nanocomposites photocatalyst utilizing *Moringa oleifera* extract and watermelon peel for rapid dye degradation. *Carbon Resources Conversion*, 6(4), 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.crcon.2023.04.003>
- Mateus, G. A. P., Paludo, M. P., Dos Santos, T. R. T., Silva, M. F., Nishi, L., Fagundes-Klen, M. R., Gomes, R. G., & Bergamasco, R. (2018). Obtaining drinking water using a magnetic coagulant composed of magnetite nanoparticles functionalized with *Moringa oleifera* seed extract. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(4), 4084–4092. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.05.050>
- Menggunakan, F., Kapur, K., & Pac, D. A. N. (2016). *Pengolahan limbah deterjen dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan kapur dan pac*. 5(2), 52–59. <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4767>
- Miyashiro, C. S., Mateus, G. A. P., dos Santos, T. R. T., Paludo, M. P., Bergamasco, R., & Fagundes-Klen, M. R. (2021). Synthesis and performance evaluation of a magnetic biocoagulant in the removal of reactive black 5 dye in aqueous medium. *Materials Science and Engineering C*, 119(December 2019), 111523. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111523>
- Modirshahla, N., Hassani, A., Behnajady, M. A., & Rahbarfam, R. (2011). Effect of operational parameters on decolorization of Acid Yellow 23 from wastewater by UV irradiation using ZnO and ZnO/SnO₂ photocatalysts. *Desalination*, 271(1–3), 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.12.027>
- Ratih M. (2009). *Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis ZnO*. August.
- Ribeiro, T., Ladeia Janz, F. J., Vizibelli, D., Borges, J. C. Â., Borssoi, J. A., Fukumoto, A. A. F., Bergamasco, R., Ueda Yamaguchi, N., & Pereira, E. R. (2023). Magnetic Natural Coagulants for Plastic Recycling Industry Wastewater Treatability. *Water (Switzerland)*, 15(7), 1–15. <https://doi.org/10.3390/w15071276>
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi. *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
- Zeolit, N. T., Naimah, S., A. S. A., Jati, B. N., Nur, N., & Arianita, C. (2014). *DENGAN METODE FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN*.