

Pengaruh Variasi Dosis dan Konsentrasi *Congo Red* terhadap Efisiensi Penyisihan Menggunakan Koagulan Magnetik Biji Petai Cina dengan Metode Uji ANOVA *One Way*

Anggun Dwi Setia Ningsih¹, Novi Eka Mayangsari^{1*}, Nora Amelia Novitrie²

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

²Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

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

Abstrak

Peningkatan aktivitas industri tekstil di Indonesia menyebabkan tingginya pencemaran air akibat limbah yang mengandung zat warna seperti *Congo red* yang bersifat toksik dan sulit terurai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis koagulan dan konsentrasi awal *Congo red* terhadap efisiensi penyisihan zat warna menggunakan koagulan magnetik berbasis biji petai cina (*Leucaena leucocephala*) yang dimodifikasi dengan nanopartikel Fe_3O_4 . Koagulan alami diekstrak menggunakan larutan NaCl 1,0 M dan disintesis dengan Fe_3O_4 untuk meningkatkan efektivitasnya. Metode yang digunakan adalah koagulasi-flokulasi. Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, dan uji ANOVA *One Way*. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa seluruh data memiliki nilai signifikansi $>0,05$, yang menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas juga menunjukkan nilai signifikansi $>0,05$, yang berarti varians antar kelompok bersifat homogen. Uji ANOVA *One Way* menunjukkan bahwa variasi dosis koagulan dan konsentrasi awal *Congo red* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan zat warna, ditunjukkan dengan nilai signifikansi $< 0,05$. Dengan demikian, koagulan magnetik berbasis biji petai cina terbukti efektif dan berpotensi sebagai alternatif ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair industri tekstil.

Keywords: Biji Petai Cina, Fe_3O_4 , *Congo Red*, Koagulasi-Flokulasi, ANOVA

1. PENDAHULUAN

Saat ini, industri tekstil Indonesia berkembang pesat, namun berdampak pada pencemaran lingkungan akibat limbah yang mengandung zat warna. Banyak zat warna yang tidak terserap dalam proses produksi, sehingga limbah memiliki kandungan zat warna tinggi. Salah satu zat warna yang sering digunakan adalah *Congo red*, yang berbahaya bagi kesehatan karena dapat menyebabkan iritasi, gangguan pembekuan darah, dan masalah pernapasan (Parningotan *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan pengolahan air limbah yang efisien, ramah lingkungan, hemat energi, dan terjangkau (Ahmed *et al.*, 2024). Salah satu metode pengolahan limbah tersebut adalah koagulasi-flokulasi, yaitu teknik penambahan koagulan untuk menggumpalkan atau mengagregasi partikel kecil menjadi flok yang lebih besar sehingga mudah diendapkan (Hellal *et al.*, 2023). Penggunaan koagulan alami kini menjadi alternatif ramah lingkungan dibandingkan koagulan kimia. Biji petai cina memiliki potensi besar karena kandungan protein tinggi, yakni 57–64% dari berat kering, dengan 43,5% berupa globulin alami (Kristanda *et al.*, 2021). Koagulan alami ini biasanya diekstrak menggunakan pelarut seperti NaCl 1,0 M (Mousavi *et al.*, 2022). Potensi koagulan kemudian ditingkatkan melalui modifikasi menggunakan nanopartikel oksida besi, yang memiliki sifat superparamagnetik, ukuran kecil, permukaan luas, ramah lingkungan, dan biodegradable. Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas koagulan magnetik ini: biji petai cina termagnetisasi mampu menghilangkan *Congo red* hingga 89,10%, sementara *Moringa oleifera* menghilangkan *apparent color* hingga 93,7% (Hermawan *et al.*, 2022., Miyashiro *et al.*, 2021).

Efektivitas koagulasi dapat dipengaruhi beberapa faktor seperti dosis koagulan, variasi dosis koagulan memengaruhi jumlah muatan positif yang tersedia untuk menetralkan partikel bermuatan negatif seperti *Congo red*. Jika dosis terlalu rendah, muatan positif tidak cukup, menyebabkan flok tidak terbentuk optimal dan efisiensi rendah. Sebaliknya, dosis terlalu tinggi dapat menyebabkan pembalikan muatan (*charge reversal*), di mana partikel saling tolak-menolak sehingga flok sulit terbentuk dan efisiensi penyisihan menurun (Precious Sibiyi *et al.*, 2021). Selain dosis, konsentrasi awal zat warna juga berpengaruh terhadap efisiensi koagulasi-flokulasi. Konsentrasi rendah membuat molekul *Congo red* terbatas, sehingga tidak seluruh muatan positif koagulan termanfaatkan, menyebabkan flok besar sulit terbentuk (Rápó & Tonk, 2021). Sebaliknya, konsentrasi terlalu tinggi menyebabkan penumpukan muatan negatif di permukaan koagulan, menimbulkan tolakan elektrostatis antar molekul, yang menghambat adsorpsi dan menurunkan efisiensi (Ihaddaden *et al.*, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis koagulan dan konsentrasi awal *Congo red* terhadap efisiensi penyisihan warna menggunakan metode koagulasi dengan koagulan magnetik Fe_3O_4 @Petai Cina. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan statistik berupa uji normalitas, homogenitas, dan ANOVA *One Way*. Uji normalitas dilakukan untuk memastikan bahwa data berdistribusi normal, menggunakan metode

Shapiro–Wilk dan Kolmogorov–Smirnov, sedangkan uji homogenitas dilakukan dengan uji Levene untuk memastikan bahwa varians antar kelompok adalah homogen. Setelah asumsi normalitas dan homogenitas terpenuhi, dilakukan uji ANOVA *One Way* untuk melihat apakah terdapat perbedaan signifikan dalam efisiensi penyisihan berdasarkan variasi dosis dan konsentrasi awal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan memanfaatkan biokoagulan magnetik Fe_3O_4 @Petai Cina terhadap limbah cair sintetis yang mengandung zat warna *Congo red*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Dosis koagulan: dilakukan variasi dosis sebesar 50, 100, 150, 250, dan 400 ppm.
- Konsentrasi awal zat warna Congo red: dilakukan variasi konsentrasi sebesar 5, 10, 20, 40, 80, 100, dan 150 ppm.

2.2 Uji Statistik

- Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal sebagai syarat analisis lanjutan. Pengujian dilakukan menggunakan metode Shapiro–Wilk dan Kolmogorov–Smirnov melalui software SPSS dengan tingkat signifikansi 0,05.

H_0 = Data berdistribusi normal.

H_1 = Data tidak berdistribusi normal.

Dapat dikatakan bersitribusi normal Jika nilai *signifikansi (p-value)* > 0,05, maka Hipotesis nol (H_0) diterima dan Hipotesis alternatif (H_1) data tidak berdistribusi normal ditolak.

- Uji Homogenitas

Uji homogenitas bertujuan untuk mengetahui apakah varians antar kelompok data bersifat homogen. Uji dilakukan menggunakan metode Levene dan Bartlett melalui software SPSS dengan tingkat signifikansi 0,05.

H_0 = Varians antar kelompok sama (homogen).

H_1 = Varians antar kelompok tidak sama (tidak homogen).

Data dinyatakan homogen jika nilai *p-value* > 0,05, maka Hipotesis nol (H_0), yang menyatakan bahwa varians antar kelompok adalah sama diterima dan Hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa varians kelompok tidak sama ditolak.

- Analysis of Variance *One Way* (ANOVA)

Uji ANOVA *One Way* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan terhadap efisiensi penyisihan zat warna *Congo red*, baik berdasarkan variasi dosis koagulan maupun konsentrasi awal. Pengujian dilakukan menggunakan SPSS dengan tingkat signifikansi 0,05.

H_0 = Tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan.

H_1 = Terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan

Jika hasil uji menunjukkan nilai *p-value* < 0,05), maka Hipotesis nol (H_0), yang menyatakan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antar kelompok, ditolak dan Hipotesis alternatif (H_1) yang menyatakan bahwa Terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan di terima (R & Wardana, 2025).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Uji Statistik

Berdasarkan data hasil pengujian, dilakukan analisis statistik menggunakan SPSS untuk mengevaluasi pengaruh variabel proses koagulasi terhadap penurunan konsentrasi *Congo red*. Uji yang dilakukan meliputi uji normalitas, homogenitas, dan *One Way* ANOVA guna mengetahui hubungan dan pengaruh antar variabel. Pengaruh dosis dan konsentrasi awal *congo red* terhadap penyisihan zat warna *congo red* dianalisis menggunakan uji statistik metode *One Way* ANOVA. Hasil uji normalitas pengaruh dosis terhadap penyisihan zat warna *congo red* dengan software SPSS disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Hasil Uji Normalitas Pengaruh Dosis

Dosis	Nilai Sig.	Batas Sig.	Keterangan
50 ppm	0.964	>0.05	Data terdistribusi secara normal
100 ppm	0.363	>0.05	Data terdistribusi secara normal
150 ppm	0.463	>0.05	Data terdistribusi secara normal
250 ppm	1.000	>0.05	Data terdistribusi secara normal
400 ppm	0.463	>0.05	Data terdistribusi secara normal

Berdasarkan Tabel 3.1 yang menunjukkan hasil uji normalitas pada variasi dosis koagulan terhadap efisiensi penyisihan *congo red* menunjukkan bahwa seluruh data memiliki nilai signifikansi >0,05. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal.

Tabel 3. 2 Hasil Uji Normalitas Pengaruh Konsentrasi

Variabel	Nilai Sig.	Batas Sig.	Keterangan
5 ppm	1.000	>0.05	Data terdistribusi secara normal
10 ppm	1.000	>0.05	Data terdistribusi secara normal
20 ppm	0.637	>0.05	Data terdistribusi secara normal
40 ppm	0.637	>0.05	Data terdistribusi secara normal
80 ppm	0.463	>0.05	Data terdistribusi secara normal
100 ppm	1.000	>0.05	Data terdistribusi secara normal
150 ppm	0.463	>0.05	Data terdistribusi secara normal

Berdasarkan Tabel 3.1 yang menunjukkan hasil uji normalitas pada variasi konsentrasi awal *congo red* terhadap efisiensi penyisihan *congo red* menunjukan bahwa seluruh data memiliki nilai signifikansi >0,05. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa data tersebut berdistribusi normal (Anisah, 2025). Selanjutnya, hasil uji homogenitas menggunakan software SPSS disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Hasil Uji Homogenitas

Variabel	Nilai Sig.	Batas Sig.	Keterangan
Dosis	0.371	>0.05	Data terdistribusi secara homogen
Konsentrasi Awal CR	0.678	>0.05	Data terdistribusi secara homogen

Hasil uji homogenitas yang disajikan dalam tabel 3.3, menunjukan nilai signifikansi >0,05 sehingga H_0 diterima, yang berarti data dinyatakan berdistribusi homogen, dan H_1 ditolak (R & Wardana, 2025). Selanjutnya, dilakukan uji statistik menggunakan metode *One Way ANOVA*. Hasil pengujian *One Way ANOVA* pengaruh dosis terhadap efisiensi penyisihan zat warna *congo red* disajikan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Hasil Uji ANOVA *One Way*

Variabel	Nilai Sig.	Batas Sig.	Keterangan
Dosis	0.001	<0.05	H_{0a} = ditolak H_{1a} = diterima
Konsentrasi Awal CR	0.001	<0.05	H_{0a} = ditolak H_{1a} = diterima

Hasil Uji *One Way ANOVA* menunjukan nilai signifikansi <0,05 sehingga H_0 ditolak yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan dan H_1 diterima yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan. Maka dapat diartikan bahwa terdapat pengaruh dosis koagulan dan konsentrasi awal terhadap efisiensi penyisihan zat warna *congo red*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Kristanda *et al.*, 2021), koagulan ekstrak petai cina dalam menyisihkan zat warna *Congo red* menyatakan bahwa pH, variasi dosis koagulan, dan konsentrasi zat warna secara signifikan memengaruhi efisiensi penghilangan zat warna serta volume lumpur yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Variasi dosis koagulan dan konsentrasi awal *Congo red* berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penyisihan zat warna menggunakan koagulan magnetik berbasis biji petai cina (*Leucaena leucocephala*) yang dimodifikasi dengan nanopartikel Fe_3O_4 . Koagulan alami yang diekstraksi menggunakan larutan NaCl 1,0 M dan disintesis dengan Fe_3O_4 menunjukkan performa yang baik dalam proses koagulasi-flokulasi. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa data memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas dengan nilai signifikansi > 0,05, serta uji ANOVA *One Way* menunjukkan nilai signifikansi < 0,05, yang mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antar kelompok perlakuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, H. M., El-Khateeb, M. A., Mohamed, N. Y., Sobhy, N. A., & Fawzy, M. E. (2024). Evaluation of different natural waste materials as bio-coagulants for domestic wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*, 317(January), 100034. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100034>
- Anisah, S. N. (2025). Analisis Anova Two-Way: Pengaruh Kesehatan Mental Dan Tahun Akademik Terhadap Nilai Ipk Mahasiswa Dengan Bahasa Pemrograman Python. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 4(2), 126–136. <https://doi.org/10.47709/dsi.v4i2.5403>
- Hellal, M. S., Rashad, A. M., Kadimpati, K. K., Attia, S. K., & Fawzy, M. E. (2023). Adsorption characteristics of nickel (II) from aqueous solutions by Zeolite Scony Mobile-5 (ZSM-5) incorporated in sodium alginate beads. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45901-x>

- 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>
- Ihaddaden, S., Aberkane, D., Boukerroui, A., & Robert, D. (2022). Removal of methylene blue (basic dye) by coagulation-flocculation with biomaterials (bentonite and *Opuntia ficus indica*). *Journal of Water Process Engineering*, 49(May), 102952. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.102952>
- Kristanda, J., Sintiago, K. S., Kristianto, H., Prasetyo, S., & Sugih, A. K. (2021). Optimization Study of *Leucaena leucocephala* Seed Extract as Natural Coagulant on Decolorization of Aqueous Congo Red Solutions. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(7), 6275–6286. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-05008-1>
- 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(September 2020), 111523. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2020.111523>
- Mousavi, S. M., Akbari, H., Ashrafi, S. D., & Kamani, H. (2022). Comparison of natural extract as a clean coagulant with alum and natural extract-alum hybrid coagulant for removal of water turbidity. *Desalination and Water Treatment*, 258(May), 197–206. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28418>
- Parningotan, S., Direstiyani, L. C., & Adityosulindro, S. (2024). Sidoarjo Volcanic Mud As Promising Fenton Catalyst for Removal of Congo Red Dye. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 7(2), 134–150. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v7i2.20772>
- Precious Sibiyi, N., Rathilal, S., & Kweinor Tetteh, E. (2021). Coagulation treatment of wastewater: Kinetics and natural coagulant evaluation. *Molecules*, 26(3). <https://doi.org/10.3390/molecules26030698>
- R, F., & Wardana, A. (2025). Penerapan Anova One Way Untuk Menganalisis Pengaruh Pendidikan Terhadap Pendapatan Individu Menggunakan Python Serta Visualisasi Data Dengan Looker Studio. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 4(2), 85–95. <https://doi.org/10.47709/dsi.v4i2.5363>
- Rápó, E., & Tonk, S. (2021). Factors affecting synthetic dye adsorption; desorption studies: A review of results from the last five years (2017–2021). *Molecules*, 26(17). <https://doi.org/10.3390/molecules26175419>