

Analisis Pengaruh Waktu Kontak dan Konsentrasi Awal dalam Efisiensi Penyisihan Logam Berat Cu

Vannisa Ayu Marcellia¹, Ulvi Pri Astuti¹, Ria Rismawati¹

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

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

Abstrak

Meningkatnya aktivitas industri dapat menimbulkan dampak, baik dampak positif maupun negatif. Salah satu dampak negatif yang umum ditimbulkan dari aktivitas industri adalah permasalahan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dapat menyebabkan kontaminasi sumber daya air dan pencemaran lingkungan oleh logam berat salah satunya Cu. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas adsorben nanokristal selulosa – Fe₃O₄ dalam menurunkan kadar zat logam berat Cu melalui pendekatan metode uji statistik *Anova One Way*. Variasi waktu kontak pada penelitian ini adalah 20, 40, 60, 80 dan 100 menit. Sedangkan untuk variasi konsentrasi awal yang digunakan adalah 50, 100, 150, 200 dan 250 ppm. Tahapan analisis statistik dengan uji *Anova One-Way* ini menggunakan uji normalitas *Shapiro Wilk* sedangkan uji homogenitas menggunakan *levene test*. Hasil penelitian ini menunjukkan ada pengaruh efisiensi adsorpsi Cu(II) pada kedua variasi. Dari hasil pengujian statistik nilai *p-value* < 0,05 diketahui pengaruh konsentrasi awal optimum yaitu 50 ppm dengan efisiensi penyisihan 87% dan waktu kontak optimum yaitu 100 menit dengan efisiensi penyisihan 90%.

Keywords : Adsorpsi, Selulosa Tongkol Jagung, *Deep Eutectic Solvent*, Cu (II), dan *Anova One-Way*.

1. PENDAHULUAN

Logam berat merupakan komponen yang banyak banyak dijumpai, beberapa diantaranya berperan dalam kehidupan makhluk hidup sedangkan sebagian merupakan kelompok bahan toksik yang berbahaya jika melebihi kapasitasnya. Logam Cu merupakan salah satu logam yang banyak ditemukan dari hasil berbagai industri dan paling banyak dijumpai pada industri tekstil. Logam Cu digolongkan kedalam logam berat esensial dalam konsentrasi yang sangat kecil, akan tetapi bila pada konsentrasi tinggi logam Cu akan menjadi racun bagi makhluk hidup (Hasfita & Khanisyah Ratu Asva Dalimunthe, 2024).

Adsorpsi logam berat pada air merupakan salah satu upaya untuk mengembalikan fungsi air sebagaimana mestinya dengan mengurangi kadar logam berat pada air. Pada proses adsorpsi, adsorben memegang peranan yang paling penting. Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan dalam yang sangat besar (Fathoni, dkk. 2024). Jenis bahan yang kerap digunakan sebagai adsorben antara lain karbon aktif, zeolit, nanotube karbon, dan bipolimer seperti selulosa (Rokhati et al., 2021). Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai biosorben adalah tongkol jagung karena mengandung selulosa yang tinggi (Syarifatul et al., 2025). Aktivasi dilakukan pada biosorben agar daya serap meningkat. Aktivasi adalah salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi pada biosorben (Hasibuan et al., 2023). Aktivasi adsorben dapat dilakukan dengan berbagai macam pelarut seperti NaOH dan *Deep Eutectic Solvent* (DES). Adsorpsi dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor diantaranya konsentrasi adsorbat, pH, waktu kontak, dan suhu (Priyantha et al. 2015).

Menurut Khairani (2024) hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu kontak optimum pada proses adsorpsi logam Cu diperoleh pada variasi waktu terlama, yaitu 30 menit, dengan persentase penyerapan mencapai 86,88%. Peningkatan waktu kontak menyebabkan jumlah ion logam Cu (II) yang teradsorpsi semakin besar hingga tercapai kondisi kesetimbangan. Selain itu, dalam penelitian Fillaeli (2019) menunjukkan bahwa variasi optimum 75 ppm. Dengan meningkatnya konsentrasi ion logam, maka efisiensi adsorpsi semakin berkurang. Hal ini disebabkan pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan. Dengan demikian, pengaturan waktu kontak dan konsentrasi awal merupakan faktor kunci dalam menentukan kapasitas optimum adsorpsi logam Cu oleh biosorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi awal dan waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan logam berat Cu menggunakan adsorben nanokristal selulosa – Fe₃O₄. Variasi yang digunakan dalam Waktu kontak adalah 20, 40, 60, 80 dan 100 menit. sedangkan variasi konsentrasi awal yang digunakan adalah 50, 100, 150, 200 dan 250 ppm

Uji statistika Anova merupakan metode yang digunakan untuk menguji antara variabel dengan variabel lainnya untuk mengetahui mana yang lebih dominan (Valentino et al., 2021). *One Way Anova* merupakan metode membandingkan lebih dari dua kelompok data yang merupakan pengembangan dari uji t. *One Way Anova* menguji kemampuan signifikansi hasil dari penelitian. Adapaun syarat yang digunakan untuk dipenuhi dari uji anova adalah sampel merupakan kelompok yang independent, varian antar kelompok homogen, dan data berdistribusi

normal (Palupi & Prasetya, 2022):

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yang dilakukan.

1. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan uji proses adsorpsi menggunakan adsorben selulosa tongkol jagung – Fe_3O_4 pada limbah artificial Cu dengan variasi konsentrasi awal (50, 100, 150, 200 dan 250 ppm) dan waktu kontak (20, 40, 60, 80, dan 100 menit).

2. Penentuan Hipotesis

Uji hipotesis dalam penelitian ini menggunakan analisis variasi dua arah (*One Way Anova*). Pada penelitian ini menganalisis pengaruh konsentrasi awal adsorbat dan waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi logam berat Cu. Adapun hipotesis dalam penelitian adalah sebagai berikut.

a. Pengaruh waktu kontak adsorpsi

H_0 = tidak terdapat pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi logam berat Cu

H_1 = terdapat pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi logam berat Cu

b. Pengaruh konsentrasi awal

H_0 = tidak terdapat pengaruh konsentrasi awal terhadap penurunan konsentrasi logam berat Cu

H_1 = terdapat pengaruh konsentrasi awal terhadap penurunan konsentrasi logam berat Cu

3. Uji Normalitas

Salah satu asumsi yang paling sering diuji dalam banyak metode statistik adalah asumsi bahwa data berdistribusi normal. Konsep dari metode uji normalitas adalah untuk menguji apakah data yang dikumpulkan mengikuti distribusi normal atau tidak. Dalam penelitian ini uji normalitas yang digunakan adalah Uji Shapiro-Wilk, salah satu uji statistik yang paling umum digunakan untuk menguji normalitas, terutama untuk ukuran sampel yang kecil hingga sedang. Uji ini memberikan nilai W dan p-value, yang digunakan untuk menentukan apakah data berdistribusi normal atau tidak. Jika p-value lebih besar dari 0,05, data dianggap berdistribusi normal (Isnaini et al., 2025).

4. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dapat dilakukan apabila kelompok data tersebut dalam distribusi normal. Uji levene digunakan untuk menguji kesamaan varians dari beberapa populasi. Uji levene merupakan uji alternatif dari uji Bartlett. Uji Levene menggunakan analisis varian satu arah. Data ditransformasikan dengan jalan mencari selisih masing-masing skor dengan rata-rata kelompoknya (Sianturi, 2022). Interpretasi data uji homogenitas dengan *levene test* adalah jika nilai probabilitas atau signifikansi lebih dari 0,05, maka distribusi data dianggap memenuhi syarat homogenitas,(Prmitasari et al., 2021).

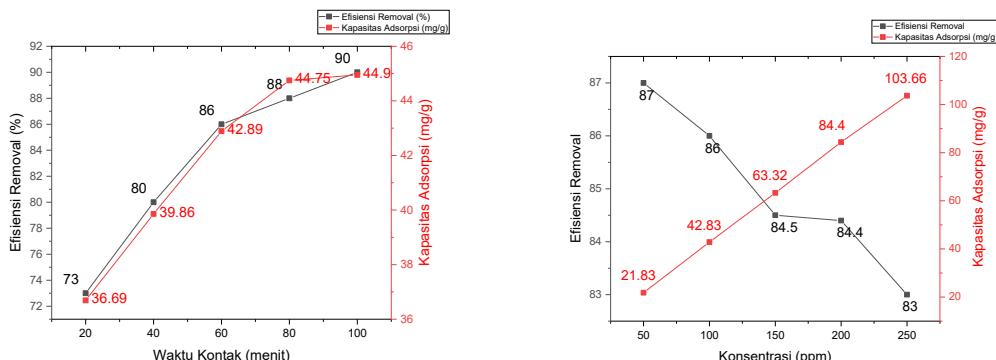
5. Uji Anova One Way

Pada tahap uji *Anova One Way*, data yang dihasilkan terlebih dahulu harus memenuhi uji pra syarat sebagai data yang dapat diujikan menggunakan Anova. Adapun syarat uji yang harus dilakukan adalah uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas *Shapiro Wilk* sedangkan uji homogenitas menggunakan *levene test*. Kemudian setelah syarat uji tersebut terpenuhi dilanjutkan uji *One Way Anova*. Konsep metode ini apabila nilai probabilitas atau signifikansi kurang dari 0,05, maka distribusi data dianggap terdapat adanya pengaruh (Prmitasari et al., 2021; Yuda Utama, 2021)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Konsentrasi Awal dan Waktu Kontak dalam Penyisihan Logam Berat Cu

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi awal dan waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan logam berat Cu menggunakan adsorben nanokristal selulosa – Fe_3O_4 . Larutan Cu yang digunakan merupakan limbah artifisial. pH diatur menjadi 5 sebelum proses adsorpsi dimulai dan menggunakan kecepatan pengadukan adsorpsi 150 rpm. Hasil penelitian menggunakan variasi konsentrasi awal dan waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)  (b) 

Gambar 1. (a) Grafik Pengaruh Waktu Kontak dan (b) Grafik Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Penyisihan Logam Berat Cu

Berdasarkan Gambar 1(a), menunjukkan peningkatan persentase adsorpsi dari 73% pada menit ke-20 hingga mencapai 90% pada menit ke-100. Pada waktu kontak di bawah 30 menit, adsorpsi masih rendah karena interaksi adsorben dan adsorbat belum optimal (Takarani et al., 2019). Efisiensi bertambah secara bertahap, yaitu 80% (40 menit), 86% (60 menit), 88% (80 menit), dan mencapai kesetimbangan pada 100 menit dengan penurunan konsentrasi adsorbat tertinggi (Rizky & Silalahi, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan lama kontak hingga titik optimum, di mana peluang ion logam Cu terikat pada pori-pori adsorben semakin besar (Fadhillah et al., 2023).

Sedangkan pada Gambar 1(b). menunjukkan bahwa efisiensi removal Cu tertinggi diperoleh pada konsentrasi 50 ppm dengan penurunan kadar sebesar 87%, sedangkan pada 100 ppm efisiensinya sedikit menurun menjadi 86%. Peningkatan konsentrasi lebih lanjut justru menurunkan efisiensi, yaitu 84,5% (150 ppm), 84% (200 ppm), dan 83% (250 ppm). Kondisi optimum pada 50 ppm terjadi karena rasio ion Cu terhadap situs aktif adsorben masih seimbang, sehingga sebagian besar ion dapat terikat (Pramudya et al., 2024). Penurunan efisiensi pada konsentrasi tinggi disebabkan jumlah ion Cu yang melebihi kapasitas adsorben, sehingga situs aktif menjadi jenuh dan proses adsorpsi mencapai kesetimbangan dinamis (Hasna et al., 2021).

3.2 Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data efisiensi removal Cu pada berbagai variasi massa adsorben terdistribusi secara normal. Pengujian ini penting sebagai syarat awal penggunaan metode statistik parametrik seperti ANOVA. Hasil uji normalitas untuk pengaruh konsentrasi awal dan waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Normalitas

No	Variabel Terikat	Variabel Bebas	Nilai Sig.	Keterangan
Konsentrasi Awal (ppm)				
1.	Efisiensi removal Cu	50	1,000	Data Normal
		100	0,780	Data Normal
		150	0,780	Data Normal
		200	0,567	Data Normal
		250	1,000	Data Normal
Waktu Kontak (menit)				
2.	Efisiensi removal Cu	20	0,637	Data Normal
		40	0,637	Data Normal
		60	0,637	Data Normal
		80	0,463	Data Normal
		100	0,780	Data Normal

Berdasarkan hasil tabel 1. seluruh nilai signifikansi (Sig.) berada di atas nilai batas 0,05. Artinya, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara distribusi data efisiensi removal Cu dengan distribusi normal. Dengan demikian, data dianggap terdistribusi normal untuk semua variasi konsentrasi awal dan waktu kontak.

3.3 Uji Homogenitas

Uji homogenitas varians digunakan untuk memastikan bahwa data dari setiap kelompok perlakuan memiliki varians yang sama. Homogenitas varians merupakan salah satu asumsi penting dalam uji ANOVA satu arah, di mana keberagaman data di antara kelompok tidak boleh berbeda secara signifikan agar hasil analisis statistik yang dilakukan dapat dipercaya dan sah. Hasil uji normalitas untuk pengaruh konsentrasi awal dan waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Anova One Way

Variabel	Uji Levene		
	Nilai Sig. (p value)	$\alpha = 0,05$	Keputusan
Konsentrasi Awal	0,160	Sig > α	Data bertribusi normal
Waktu Kontak	0,807	Sig > α	Data bertribusi normal

Tabel 2. menunjukkan seluruh nilai signifikansi (Sig.) dari masing-masing metode pendekatan berada di atas nilai batas 0,05. Ini menunjukkan bahwa semua variasi data adalah homogen. Dengan kata lain, data dinyatakan memenuhi asumsi homogenitas variasi. Hasil dari terpenuhinya asumsi homogenitas ini, data valid untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan uji ANOVA satu arah guna mengetahui pengaruh dosis adsorben, waktu kontak, konsentrasi awal, dan suhu terhadap efisiensi

removal Cu.

3.4 Uji Anova One Way

Setelah data dinyatakan terdistribusi normal (uji normalitas) dan memiliki varians yang homogen (uji homogenitas), Langkah selanjutnya adalah melakukan uji ANOVA satu arah. Hasil uji Anova untuk pengaruh konsentrasi awal dan waktu kontak dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Anova One Way

Variabel	Uji Anova One Way		
	Nilai Sig. (p value)	$\alpha = 0,05$	Keputusan
Konsentrasi Awal	0,000	Sig < α	H_0 = ditolak H_1 = diterima
Waktu Kontak	0,000	Sig < α	H_0 = ditolak H_1 = diterima

Hasil dari Tabel 3. menunjukkan bahwa nilai signifikansi (Sig.) sebesar 0,000 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara kelompok dosis adsorben terhadap efisiensi removal Cu, karena nilai tersebut lebih kecil dari taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Dengan demikian masing-masing variasi berpengaruh terhadap efisiensi proses adsorpsi ion Cu.

4 KESIMPULAN

Hasil pengujian statistika untuk masing-masing variasi diperoleh hasil untuk uji anova dengan nilai sig < 0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa tiap variasi perlakuan berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan ion Cu dengan konsentrasi awal optimum yaitu 50 ppm dengan efisiensi penyisihan 87% dan waktu kontak optimum yaitu 100 menit dengan efisiensi penyisihan 90%.

5 DAFTAR PUSTAKA

- Fadhilah, N. F., Wibowo, E. B. T., Astuti, D. H., & Billah, M. (2023). Pemanfaatan Eceng Gondok Sebagai Adsorben Dengan Perlakuan Awal Untuk Menurunkan Kadar Logam Berat Cu. *Chempro*, 2(1), 7–12.
- Fillaeli, A., Dwi Siswani, E., Kristianingrum, S., Sulistyani, S., & Delapril Pratiwi, A. (2019). Adsorpsi Multilogam Untuk Penurunan Kadar Cu, Fe, Ni Dan Zn Menggunakan Arang Aktif Daun Pandan Laut. *Jurnal Sains Dasar*, 8(2), 64–69.
- Hasfita, F., & Khanisyah Ratu Asva Dalimunthe, Dan. (2024). Pengaruh Waktu Dan Mekanisme Adsorpsi Logam Cu 2+ Menggunakan Biosorbent Sampah Daun Akasia. *Prosiding Seminar Nasional*, 000014, 14.
- Hasibuan, F. R. A., Sari, F. I. P., & Roanisca, O. (2023). The Effect Of Temperature, Stirring, And Contact Time On Reducing Chemical Oxygen Demand (COD) Levels Of Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Cocoa Peels Adsorbent (*Theobroma Cacao L.*). *Stannum : Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 5(1), 51–57.
- Hasna, N., Suprayogi, D., & Hakim, A. (2021). Use Of Phosphoric Acid As Bioadsorbent Activator Of Ketapang Leaves (*Terminalia Sp.*) To Reduce Rhodamine B Contaminants. *Konversi*, 10(2), 81–88.
- Isnaini, M., Afgani, M. W., Haqqi, A., & Azhari, I. (2025). Teknik Analisis Data Uji Normalitas. *J-CEKI : Jurnal Cendekia Ilmiah*, 4(2), 1377–1384.
- Khairani, S., Rahmadini, K., & Muslim, A. (2024). Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Menggunakan Biosorben Jarum Cemara Teraktivasi Naoh. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 5(1), 6–9.
- Pramitasari, N., Dhokhikah, Y., Sukarmawati, Y., & Kartini, A. M. (2021). ANALISIS PENGARUH ADSORBEN LIMBAH KULIT KOPI PERTANIAN JEMBER PADA PROSES ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 7(1), 66–73.
- Pramudya, N. S., Hasan, A., Junaidi, R. (2024). Kinetika Pembentukan Silika Gel Dari Bottom Ash Sebagai Adsorben Authors Nabila Salwa Pramudya. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4, 302.
- Priyantha, N., Navaratnee & Kulsooriya. (2015). Adsorption of heavy metal ion on rice husk: isoterm modelling and error analysis. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*. 8: 336-342.
- Rizky, S., & Silalahi, R. (2022). Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Adsorpsi Ion Logam Cu(Ii) Pada Karbon Aktif Bunga Pinus Merkusii. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (Jirl)*, 3(3), 1–4
- Rokhati, N., Prasetyaningrum, A., Hamada, N. ‘Aini, Utomo, A. L. C., Kurniawan, H. B., & Nugroho, I. H. (2021). Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Limbah Logam Berat. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6(2), 89.
- Sianturi, R. (2022). Uji Homogenitas Sebagai Syarat Pengujian Analisis. *Jurnal Pendidikan, Sains Sosial, Dan Agama*, 8(1), 386–397.
- Syarifatul, M., Dawuriyah, A., Rahmatulloh, A., & Endarto, S. J. (2025). PEMANFAATAN TONGKOL JAGUNG SEBAGAI BIOSORBEN. 11(9), 307–317.
- Takarani, P., Findia Novita, S., & Fathon, R. (2019). Pengaruh Dosis Dan Waktu Adsorben Selulosa Dari Kulit Jagung Terhadap Konsentrasi Penyerapan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*, 2(1), 117–121
- Valentino, R., Rosehan, & Lubis, S. (2021). Analisis Korelasi Parameter Pemotongan Proses Pembubutan Grey Cast Iron Menggunakan Metode Anova. *Jurnal Health Sains*, 2(2), 316–330.

Yuda Utama, L. (2021). *Kajian Termodinamika Adsorpsi Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok Terhadap Ion Cr(VI)* (Issue Vi).