

Studi Isoterm Adsorpsi dan Pengaruh Ukuran Biosorben *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi Pada Natrium Alginat Dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Ni(II)

Devi Ayu Rahmawati¹, Nora Amelia Novitrie¹, dan Adhi Setiawan^{1*}

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

*E-mail: adhi.setiawan@ppns.ac.id

Abstrak

Logam nikel merupakan salah satu parameter pencemar air limbah yang dihasilkan dari proses industri yang dapat memberikan dampak negatif ke lingkungan dan makhluk hidup. Metode adsorpsi dapat dijadikan alternatif untuk menurunkan kadar logam Ni(II). Penelitian ini akan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yang diimobilisasi pada natrium alginat sebagai biosorben. Imobilisasi dilakukan untuk meningkatkan stabilitas partikel biomassa dan proses penyerapan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ukuran biosorben terhadap kemampuan menyerap logam nikel dan menganalisis model isoterm adsorpsi. Penelitian dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan variasi ukuran biosorben 80 dan 100 mesh pada pH 6 dengan waktu kontak 75 menit dan konsentrasi Ni(II) 100 mg/L. Hasil penelitian adsorpsi menunjukkan ukuran biosorben optimum untuk menyerap logam Ni(II) diperoleh pada ukuran biosorben 100 mesh dengan efisiensi penyisihan 82,77%. Model isoterm adsorpsi pada penelitian ini mengikuti model isoterm Freundlich dengan masing-masing nilai K_F untuk ukuran 100 mesh dan 80 mesh sebesar 0,073 L/g dan 0,024 L/g.

Kata Kunci: Adsorpsi, *Saccharomyces cerevisiae*, Natrium Alginat, Logam Berat Ni(II), Imobilisasi

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya kemajuan di bidang teknologi, maka bidang industri pun juga ikut mengalami perkembangan, sehingga menimbulkan dampak besar terutama dalam produksi limbah yang meningkat. Proses industri menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa kimia berbahaya dan sukar larut dalam air seperti logam berat. Logam berat bersifat toksik dan apabila kadarnya melebihi baku mutu maka logam berat tersebut akan terakumulasi di dalam tubuh dan mengakibatkan penyakit serius bagi manusia. Salah satu logam berat yang sering dijumpai adalah logam Ni(II) (Wijaya dkk., 2020).

Nikel (Ni(II)) adalah unsur alami dan ditemukan berlimpah di kerak dan inti bumi. Nikel banyak digunakan dalam kegiatan industri, selain itu limbah nikel juga dihasilkan dari kegiatan pertambangan. Menurut data BKPM, Indonesia memiliki 30% cadangan nikel dunia yaitu sebesar 21 juta ton. Hal ini menandakan banyaknya aktivitas pertambangan nikel di Indonesia yang tentunya juga menghasilkan limbah yang besar pula. Kadar logam berat nikel yang berada di salah satu perairan di Indonesia khususnya di Perairan Pomalaa, Sulawesi Tenggara menunjukkan nilai sebesar 325,55 – 359,54 mg/kg pada tahun 2018 akibat dari pertambangan dan pengolahan nikel (Zakir dkk., 2022). WHO menganjurkan kadar maksimum logam Ni(II) di perairan adalah kurang dari 0,01 ppm. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan untuk menurunkan kadar logam Ni(II).

Berbagai metode pengolahan untuk mengatasi logam berat telah dilakukan, seperti presipitasi kimia, *ion exchange*, proses elektrokimia dan *reverse osmosis*. Namun, metode tersebut tidak cukup efektif dan umumnya memerlukan biaya investasi dan pengoperasian yang tinggi, mengonsumsi reagen yang tinggi serta menghasilkan lumpur berbahaya (Barquilha dkk., 2019). Adsorpsi merupakan salah satu pengolahan untuk menurunkan kadar logam berat yang dapat menggunakan mikroorganisme sebagai biosorben.

Saccharomyces cerevisiae merupakan salah satu mikroorganisme yang telah banyak diteliti terkait dengan pemanfaatannya dalam menurunkan kadar logam berat. Menurut Fadel dkk., (2015) *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan hidup mampu menyisihkan logam berat Mn(II) hingga 86,53%. Padmavathy dkk., (2003) juga melaporkan dalam penelitiannya bahwa *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan mati mampu menyisihkan kadar Ni(II) hingga 89,26%.

Penggunaan biomassa ini sebagai biosorben memiliki kelemahan seperti ukurannya yang kecil dan sangat lunak, sehingga perlu dilakukan imobilisasi untuk meningkatkan stabilitas partikel dan menjadi tahan terhadap kondisi kimia tertentu (Sasria dkk., 2021). Bahan yang dapat digunakan untuk mengimobilisasi salah satunya yaitu natrum alginat karena cocok digunakan untuk mengimobilisasi semua jenis bahan. Jika dibandingkan dengan bahan pengimobil lain, alginat memiliki kelebihan tidak

memerlukan proses aktivasi dan dapat membentuk gel yang stabil serta tidak bersifat toksik (Herawati, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interaksi adsorpsi yang terjadi antara biosorben dengan adsorbat dan mengkaji kemampuan optimum biosorben dalam mengadsorpsi adsorbat melalui model isoterm adsorpsi serta menganalisis pengaruh ukuran biosorben terhadap proses adsorpsi.

2. METODE

Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi oven, timbangan analitik, *glassware*, pH meter, kertas saring, dan spektrofotometri AAS. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain ragi roti instan merk Fermipan, NiSO₄.6H₂O (Teknis), Natrium Alginat (SAP Chemical), CaCl₂ (SAP Chemical), NaOH 98% (SAP Chemical), HCl 37% (SAP Chemical) dan aquades.

Preparasi Biosorben

Menonaktifkan ragi dengan cara memanaskan ragi roti instan dalam oven dengan suhu 80°C selama 3 jam. Ragi yang telah dinonaktifkan kemudian di *pretreatment* menggunakan larutan HCl 0,1 M selama 120 menit dan dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan kelebihan asam, lalu dioven pada suhu 60 °C selama 4 jam. Selanjutnya, ragi diimobilisasi menggunakan natrium alginat dengan cara mencampurkan 0,75 gram ragi dan 1,3 gram natrium alginat lalu dilarutkan dalam aquades 100 mL. Imobilisasi dilakukan dengan cara meneteskan larutan campuran ragi-natrium alginat pada larutan CaCl₂ 0,1 M menggunakan jarum suntik tetes demi tetes hingga terbentuk *beads*. *Beads* yang telah terbentuk dibiarkan selama 1 jam dan dicuci dengan aquades lalu dioven pada suhu 70°C selama 2 jam. *Beads* ini adalah biosorben yang sudah terimobilisasi. Biosorben terimobilisasi lalu ditumbuk dan diayak sesuai ukuran 80 dan 100 mesh.

Adsorpsi Penentuan Ukuran Biosorben Optimum

Sebanyak 0,05 gram biosorben yang telah terimobilisasi dengan variasi ukuran 80 dan 100 mesh masing-masing dimasukkan ke dalam 50 mL limbah artifisial Ni(II) pada konsentrasi 100 mg/L. Penentuan ukuran biosorben optimum dilakukan pada kondisi pH 6 dan waktu kontak 75 menit. Larutan sampel tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 110 rpm lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer AAS mengacu pada SNI 06-6989. 18-2004.

Analisis Isoterm Adsorpsi

Studi isoterm adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan 0,05 gram biosorben dengan 50 mL larutan Ni(II) pada variasi konsentrasi 25, 50, 75 dan 100 mg/L. Larutan sampel tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 110 rpm pada pH larutan 6 dan waktu kontak 75 menit. Selanjutnya, biosorben dipisahkan dari larutan dan dianalisis menggunakan spektrofotometer AAS untuk mengetahui konsentrasi Ni(II) yang tidak teradsorpsi. Perhitungan efisiensi penyisihan logam Ni(II) dan model isoterm Langmuir serta Freundlich dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \tag{2.1}$$

$$\text{Isoterm Langmuir} : \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} \cdot C_e + \frac{1}{q_{max} \times K_L} \tag{2.2}$$

$$\text{Isoterm Freundlich} : \log q_e = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_F \tag{2.3}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Ukuran Biosorben Terhadap Penurunan Logam Ni(II)

Ukuran biosorben dapat mempengaruhi efektifitas penyerapan pada proses adsorpsi karena ukuran biosorben berhubungan dengan luas permukaan biosorben. Hasil percobaan pengaruh ukuran biosorben terhadap efisiensi penyisihan Ni(II) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 9. Pengaruh Ukuran Biosorben Terhadap Efisiensi Penyisihan Ni(II)

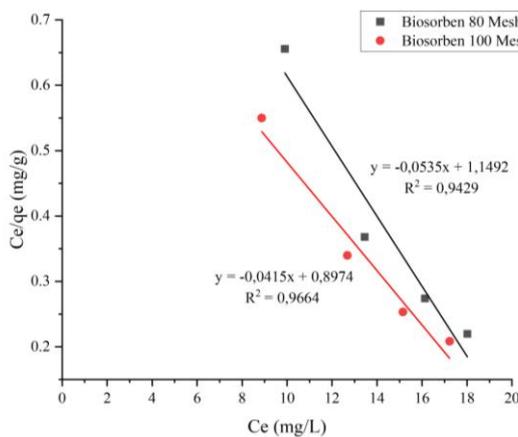
Ukuran Biosorben	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)
80 Mesh	100	18,92	81,98

100 Mesh	100	15,30	82,77
----------	-----	-------	-------

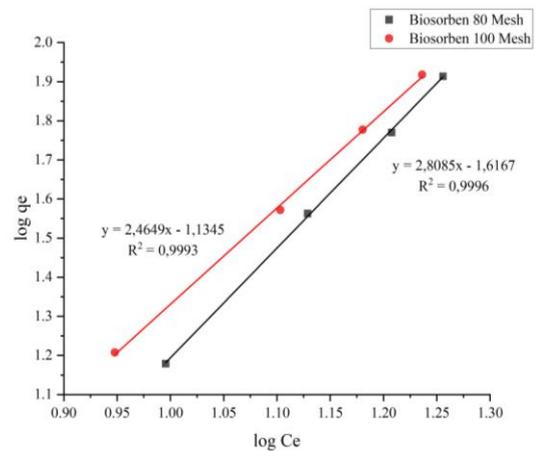
Hasil penelitian pada Tabel 1. menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan tertinggi diperoleh pada biosorben ukuran 100 mesh yaitu sebesar 82,77%, sedangkan untuk biosorben ukuran 80 mesh diperoleh efisiensi penyisihan sebesar 81,98%. Ukuran biosorben berhubungan dengan luas permukaan biosorben yang dapat mempengaruhi efektifitas penyerapan pada proses adsorpsi. Pada ukuran mesh kecil yaitu 80 mesh, berarti ukuran diameter biosorben besar maka luas permukaan penyerapan pada biosorben kecil, sedangkan pada ukuran mesh besar yaitu 100 mesh, berarti ukuran diameter biosorben kecil maka luas permukaan penyerapan pada biosorben besar, sehingga kemampuan daya serap juga semakin besar (Utomo, 2014). Menurut Tandigau dkk., (2015) semakin kecil ukuran diameter biosorben berarti luas permukaan kontak antara biosorben dengan ion logam Ni(II) semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh adanya gaya tarik pada permukaan biosorben (Sukarta dkk., 2021).

3.2 Isoterm Adsorpsi

Analisis isoterm adsorpsi dilakukan untuk menganalisis interaksi adsorpsi antara biosorben dengan adsorbat dan mengkaji kemampuan optimum biosorben dalam mengadsorpsi adsorbat. Penentuan model isoterm adsorpsi pada penelitian ini menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 4. Kurva Isoterm Langmuir



Gambar 5. Kurva Isoterm Freundlich

Hasil kurva isoterm adsorpsi pada Gambar 1 dan 2 diperoleh persamaan linear yang digunakan untuk menghitung nilai parameter adsorpsi sehingga diperoleh nilai parameter adsorpsi yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 10. Parameter Isoterm Adsorpsi

Ukuran Biosorben	Isoterm Adsorpsi Langmuir			Isoterm Adsorpsi Freundlich		
	Q _{max} (mg/g)	K _L (L/mg)	R ²	n	K _F (L/g)	R ²
80 Mesh	-18,69	-0,05	0,9430	0,36	0,024	0,9996
100 Mesh	-24,10	-0,05	0,9663	0,41	0,073	0,9993

Kesesuaian jenis isoterm adsorpsi dapat ditentukan dari tingkat linieritas masing-masing model isoterm yang ditunjukkan dengan nilai R² mendekati 1 (Sasria dkk., 2021). Hasil data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai R² yang mendekati 1 diperoleh pada model isoterm Freundlich, sehingga dapat disimpulkan bahwa model isoterm pada proses adsorpsi pada penelitian ini mengikuti model isoterm Freundlich.

Nilai parameter K_F pada model isoterm Freundlich untuk biosorben 80 dan 100 mesh masing-

masing yaitu 0,024 dan 0,073 L/g. Pada model isoterm Langmuir, nilai parameter Q_{\max} (kapasitas adsorpsi maksimum) untuk biosorben 80 dan 100 mesh diperoleh masing-masing sebesar -18,69 dan -24,10 mg/g. Nilai parameter kapasitas adsorpsi maksimum (Q_{\max}) pada model isoterm Langmuir yang diperoleh untuk kedua ukuran biosorben bernilai negatif, hal ini disebabkan oleh massa biosorben yang digunakan terlalu sedikit sehingga interaksi yang terjadi antara ion logam Ni(II) dengan biosorben terlalu kecil (Sasria dkk., 2021).

Parameter nilai n pada isoterm Freundlich merupakan konstanta yang mewakili nilai intensitas adsorpsi. Nilai n yang lebih besar mengindikasikan interaksi yang lebih kuat antara biosorben dan logam berat (Li dkk., 2010). Hasil data pada Tabel 2 menunjukkan nilai n biosorben 100 mesh lebih besar daripada nilai n biosorben 80 mesh, sehingga nilai intensitas adsorpsi atau interaksi antara biosorben dan logam berat pada biosorben 100 mesh lebih kuat daripada biosorben 80 mesh.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan biosorben *Saccharomyces cerevisiae* yang terimobilisasi pada natrium alginat untuk mengadsorpsi logam Ni(II). Hasil penelitian diperoleh ukuran biosorben optimum untuk menyerap logam Ni(II) diperoleh pada 100 mesh dengan efisiensi penyisihan 82,77%. Model isoterm adsorpsi pada penelitian ini mengikuti model isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai R^2 untuk biosorben 80 mesh sebesar 0,9996 dan ukuran 100 mesh sebesar 0,9993. Nilai parameter isoterm Freundlich K_F untuk ukuran 80 dan 100 mesh masing-masing yaitu 0,024 dan 0,073 L/g dan nilai parameter n untuk ukuran 80 dan 100 mesh diperoleh masing-masing sebesar 0,36 dan 0,41.

5. DAFTAR NOTASI

C_o = konsentrasi awal dari adsorbat (mg/L)

C_e = konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan tercapai (mg/L)

q_e = jumlah adsorbat yang teradsorpsi per berat adsorben pada kesetimbangan (mg/g)

q_{\max} = kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben (mg/g)

K_L = konstanta Langmuir (L/mg)

n = intensitas adsorpsi

K_F = konstanta Freundlich (L/mg)

6. DAFTAR PUSTAKA

- Barquilha, C. E. R., Cossich, E. S., Tavares, C. R. G., & da Silva, E. A. (2019). Biosorption of nickel and copper ions from synthetic solution and electroplating effluent using fixed bed column of immobilized brown algae. *Journal of Water Process Engineering*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100904>
- Fadel, M., Hassanein, N. M., Elshafei, M. M., Mostafa, A. H., Ahmed, M. A., & Khater, H. M. (2015). Biosorption of manganese from groundwater by biomass of *Saccharomyces cerevisiae*. *HBRC Journal*, 13(1), 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2014.12.006>
- Herawati, H. (2018). Potensi Hidrokoloid Sebagai Bahan Tambahan Pada Produk Pandan dan Nonpangan Bermutu. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 37(1), 17. <https://doi.org/10.21082/jp3.v37n1.2018.p17-25>
- Li, H., Lin, Y., Guan, W., Chang, J., Xu, L., Guo, J., & Wei, G. (2010). Biosorption of Zn(II) by live and dead cells of *Streptomyces ciscaucasicus* strain CCNWHX 72-14. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1–3), 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.02.072>
- Padmavathy, V., Vasudevan, P., & Dhingra, S. C. (2003). *Biosorption of nickel(II) ions on Baker's yeast*.
- Sasria, N., Fahmiati, & Mashuni. (2021). Ni²⁺adsorption performance of immobilized *Saccharomyces cerevisiae* in fractionated clay from Southeast Sulawesi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1726(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1726/1/012021>
- Sukarta, I. N., Ayuni, N. P. S., & Sastrawidana, I. D. K. (2021). Utilization of khamir (*Saccharomyces cerevisiae*) as adsorbent of remazol red rb textile dyes. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 22(1), 117–123. <https://doi.org/10.12912/27197050/132087>
- Tandigau, S., Nafie, L., & Budi, P. (2015). Biosorpsi Ion Ni(II) Oleh Kulit Buah Kopi Arabika (*Coffea arabica*). 1–16. *Skripsi. Makassar: Program Sarjana Universitas Hasanuddin*.

- Utomo, S. (2014). Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator NaOH. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1–4.
- Wijaya, I. K., Farra Yulia, Y., & Udyani, K. (2020). Pemanfaatan Daun The Sebagai Biosorben Logam Berat Dalam Air Limbah (Review). *Jurnal Envirotek*, 12(2), 25–33. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i2.55>
- Zakir, A., Budiarsa Suyasa, W., & Astarini, I. A. (2022). Efektifitas Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina plantensis* Dalam Biosorpsi Logam Nikel di Perairan (Kasus Perairan Pomalaa Kabupaten Kolaka). *Jurnal Ecotropic*, 16(1), 83–94.