

Efektivitas Biosorpsi Logam Berat Ni(II) Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi Pada Natrium Alginat

Adhi Setiawan*, Devi Ayu Rahmawati, Nora Amelia Novitrie, Denny Dermawan

Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo Surabaya, Indonesia
Email: adhi.setiawan@ppns.ac.id

Abstrak

Kandungan logam berat Nikel(II) yang dihasilkan dari aktifitas industri berpotensi menyebabkan pencemaran sumber daya air yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Penggunaan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* terimobilisasi natrium alginat sebagai adsorben merupakan alternatif pengolahan yang murah dan efektif dalam menurunkan kandungan logam berat Ni(II) di dalam air limbah. Imobilisasi dilakukan untuk meningkatkan stabilitas partikel biomassa dan meningkatkan kinerja proses penyerapan logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik biosorben serta pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi awal terhadap efisiensi penyisihan logam Ni(II). Proses adsorpsi dilakukan dengan sistem batch menggunakan variasi pH (3, 5, 6), waktu kontak (15, 30, 45, 60, 75, 90 menit), dan konsentrasi awal Ni(II) (25, 50, 75, 100 mg/L). Biosorben dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX. Hasil penelitian menunjukkan hasil efisiensi penyisihan Ni(II) optimum diperoleh pada kondisi pH larutan 6, waktu kontak 75 menit, dan konsentrasi awal Ni(II) 100 mg/L yaitu sebesar 82,77%.

Kata kunci : Adsorpsi, Imobilisasi, Natrium Alginat, Ni(II), *Saccharomyces cerevisiae*.

Abstract

The Effectiveness of Adsorption of Heavy Metal Ni(II) Using Saccharomyces cerevisiae Immobilized on Sodium Alginate

The heavy metal content Ni(II) produced from industrial activities has the potential to cause water resources to be polluted, which is dangerous for living creatures and the environment. Saccharomyces cerevisiae biomass immobilized with sodium alginate as an adsorbent is a cheap and effective treatment alternative in reducing wastewater's heavy metal Ni(II) content. Immobilization is carried out to increase the stability of biomass particles and improve the performance of the heavy metal absorption process. This study aims to analyze the characteristics of biosorbents as well as the effect of pH, contact time, and initial concentration on the removal efficiency of Ni(II) metal. The adsorption process was carried out with a batch system using variations of pH (3, 5, 6), contact time (15, 30, 45, 60, 75, 90 minutes), and initial concentration of Ni(II) (25, 50, 75, 100 mg/L). The biosorbent was characterized using FTIR and SEM-EDX. The results showed that the optimum removal efficiency of Ni(II) was obtained in the condition of solution pH 6, contact time 75 minutes, and initial concentration of Ni(II) 100 mg/L, which amounted to 82.77%.

Keywords: Adsorption, Immobilization, Natrium Alginate, Ni(II), *Saccharomyces cerevisiae*.

PENDAHULUAN

Perkembangan kemajuan di bidang teknologi dan industri selain memberikan kemudahan, namun juga memberikan dampak besar pada masalah pencemaran lingkungan akibat dari limbah yang dihasilkan oleh proses industri. Air limbah dari proses industri menyebabkan kontaminasi sumber daya air sehingga berpotensi menyebabkan dampak berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Peters *et al.*, 2013). Kandungan kontaminan di dalam air limbah seperti halnya logam berat pada umumnya bersifat racun, bioakumulasi di dalam jaringan biologis, dan dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui sistem rantai makanan.

Logam berat Ni(II) merupakan salah satu logam berat yang memiliki relevansi besar terhadap kesehatan manusia (Rossi *et al.*, 2020). Logam Ni(II) banyak digunakan dalam produk transportasi, industri cat, keramik, elektronik, baterai, bahan kimia, dan kegiatan pertambangan (Nguyen & Juang, 2015). Akumulasi logam Ni(II) di dalam tubuh manusia dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang serius terutama pada organ paru-paru dan ginjal (Eser *et al.*, 2012). Berdasarkan dampak negatif tersebut, WHO telah menetapkan batas maksimum konsentrasi Ni(II) di perairan sebesar 0,01 ppm (Zakir *et al.*, 2022). Oleh karena itu, air limbah dengan kandungan logam berat Ni(II) diatas baku mutu perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

Beberapa metode pengolahan untuk menurunkan kadar logam berat di dalam air limbah antara lain presipitasi kimia, proses elektrokimia, pertukaran ion, nanofiltrasi, dan *reverse osmosis* telah dilakukan. Namun metode pengolahan tersebut tidak cukup efektif karena memerlukan biaya investasi dan pengoperasian yang tinggi, mengkonsumsi reagen yang tinggi, serta menghasilkan hasil samping berupa lumpur yang berbahaya (Barquilha *et al.*, 2019). Salah satu metode alternatif lainnya untuk menurunkan kadar logam berat adalah adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan teknik yang paling banyak dikembangkan, hal ini karena metode ini lebih efektif dan ekonomis (Dağdelen *et al.*, 2014).

Proses adsorpsi dapat dilakukan menggunakan karbon aktif, padatan organik,

maupun mikroorganisme. Mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai biosorben diantaranya seperti khamir, jamur, alga, dan bakteri (Jasmidi dan Nauli, 2014). Pemilihan adsorben dari limbah industri dan pertanian dianggap sebagai alternatif yang murah, memerlukan sedikit pengolahan, dan melimpah. Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* merupakan limbah yang dihasilkan dari industri makanan dan minuman yang menghasilkan alkohol dari proses fermentasi.

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan terkait pemanfaatan mikroorganisme untuk menurunkan kadar logam berat diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh Fadel *et al.* (2015) menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan hidup mampu menurunkan kadar logam Mn(II) hingga 86,53%. Padmavathy *et al.* (2003) telah meneliti terkait pemanfaatan *Saccharomyces cerevisiae* dalam keadaan mati mampu menyisihkan kadar logam Ni(II) hingga 89,26%. Penelitian yang dilakukan oleh Nuban *et al.*, (2021) yang menggunakan mikroorganisme lain seperti *Aspergillus niger* dalam kondisi imobil menyebutkan mampu menyisihkan kadar logam Pb(II) hingga 98,40%.

Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai biosorben didasarkan pada beberapa keuntungan seperti mudah didapatkan dan stabil keberadaannya, jika dibandingkan dengan mikroorganisme lain seperti *Aspergillus niger* yang menjadi organisme pembusuk makanan yaitu penyebab jamur hitam di bagian luar makanan. *Saccharomyces cerevisiae* banyak digunakan dalam industri makanan dan minuman, terutama yang menggunakan proses fermentasi seperti industri roti, tempe, tape, dan bioetanol, sehingga jumlah limbah *Saccharomyces cerevisiae* yang dihasilkan pun juga melimpah. Bahkan, produksi limbah biomassa *Saccharomyces cerevisiae* di dunia pada Tahun 2018 diperkirakan mencapai 0,3–0,9 Juta ton dari industri makanan dan minuman (Rossi *et al.*, 2020). Hal tersebut menunjukkan bahwa biomassa *Saccharomyces cerevisiae* memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat. Selain itu, hasil penelitian melaporkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* memiliki kandungan residu asam amino pada dinding selnya sehingga dapat meningkatkan kinerja adsorben dalam mengikat ion logam berat di dalam larutan (Sasria *et al.*, 2021).

Penggunaan biomassa seperti mikroorganisme sebagai biosorben memiliki beberapa kelemahan seperti ukurannya yang kecil, berat jenis rendah dan sangat lunak serta mudah rusak (Jasmidi dan Nauli, 2014). Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui proses imobilisasi untuk meningkatkan stabilitas partikel dan menjadi tahan terhadap kondisi kimia tertentu (Sasria *et al.*, 2021). Beberapa bahan yang dapat digunakan untuk mengimobilisasi diantaranya adalah alginat dan tanah liat. Alginat dapat digunakan untuk mengimobilisasi semua jenis bahan seperti bakteri, ragi, jamur, bahkan embrio dan mampu mempertahankan proses biokatalis dengan maksimal. Jika dibandingkan dengan bahan pengimobil lain seperti tanah liat yang memerlukan proses aktivasi sebelum digunakan dan memiliki kelemahan seperti mengandung banyak pengotor, sedangkan alginat tidak perlu aktivasi dan dapat membentuk membentuk gel yang stabil terhadap suhu panas, dapat disimpan pada suhu kamar serta tidak toksik (Herawati, 2018).

Penelitian yang dilakukan oleh Barquilha *et al.* (2017) yang menggunakan alginat sebagai bahan imobilisasi untuk *Sargassum sp.* mampu menyisihkan logam Ni(II) dengan kapasitas 99,71 mg/g. Nuban *et al.* (2021) juga menggunakan alginat untuk mengimobilisasi *Aspergillus niger* dalam mengadsorpsi logam Pb(II) dengan hasil efisiensi 98,40%. Hal tersebut menunjukkan bahwa alginat memiliki efisiensi tinggi untuk mengadsorpsi logam berat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan membahas keefektifan biosorben *Saccharomyces cerevisiae* terimobilisasi pada natrium alginat dalam mengadsorpsi logam Ni(II). Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik biosorben serta pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi awal terhadap efisiensi penyisihan logam Ni(II). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif metode pengolahan limbah Ni(II) yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan.

METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya ragi roti instan merk Fermipan, NiSO₄.6H₂O (Merck), Natrium Alginat

(SAP Chemical), CaCl₂ (SAP Chemical), NaOH 98% (SAP Chemical), HCl 37% (SAP Chemical) dan aquades. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain oven (Jisiko J-300S), timbangan analitik (Shimadzu AY 220), *glassware*, pH meter (Agilent 3200P), dan peralatan *atomic absorption spectrometer* (AAS Agilent 240 FS), peralatan *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) (FEI-Inspect S50), *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR) (IRPrestige 21)

Pembuatan Biosorben *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi Pada Natrium Alginat

Ragi roti instan dinonaktifkan dengan cara memanaskan dalam oven suhu 80°C selama 2 jam lalu di *pretreatment* menggunakan larutan HCl 0,1 M selama 120 menit dan dicuci menggunakan aquades untuk menghilangkan kelebihan asam, kemudian dikeringkan dalam oven suhu 60°C selama 4 jam (Farhan & Khadom, 2015). Selanjutnya, dilakukan imobilisasi pada ragi menggunakan natrium alginat dengan cara mencampurkan 0,75 g dan 1,3 g natrium alginat lalu dilarutkan dalam aquades 100 mL. Proses imobilisasi dilakukan dengan metode mengacu pada penelitian Rafly (2016). Proses imobilisasi dilakukan dengan meneteskan larutan campuran ragi-natrium alginat pada larutan CaCl₂ 0,1 M 100 mL menggunakan jarum suntik tetes demi tetes hingga terbentuk bulatan *beads*. *Beads* ini adalah biosorben yang sudah terimobilisasi, selanjutnya dicuci dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C selama 2 jam. Biosorben yang sudah kering lalu ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh dan 80 mesh.

Adsorpsi Logam Ni(II) Oleh Biosorben Terimobilisasi

Proses adsorpsi tahap pertama dilakukan untuk menentukan pH optimum, dengan variasi pH awal yang digunakan yaitu 3, 5, dan 6. Adsorpsi dilakukan pada biosorben ukuran 80 mesh dan 100 mesh dengan kondisi limbah artifisial Ni(II) konsentrasi 50 mg/L sebanyak 50 mL, dosis biosorben yang digunakan sebesar 0,05 g, dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Kadar Ni(II) di dalam larutan kemudian diuji menggunakan spektrofotometer AAS. Pengujian logam berat Ni(II) mengacu pada

SNI 6989-84:2019 (BSN, 2019). Setelah diperoleh pH optimum, dilanjutkan adsorpsi tahap kedua yaitu penentuan waktu kontak. Adsorpsi tahap kedua dilakukan pada kondisi yang sama dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 menit pada kondisi pH larutan optimum. Selanjutnya, dilakukan adsorpsi tahap ketiga yaitu penentuan konsentrasi awal optimum. Adsorpsi tahap ketiga dilakukan menggunakan larutan Ni(II) sebanyak 50 mL dengan variasi konsentrasi awal 25, 50, 75, dan 100 mg/L pada pH optimum dan waktu kontak optimum. Massa biosorben pada semua percobaan sebesar 0,05 g. Larutan hasil adsorpsi kemudian dibaca pada spektrofotometer AAS. Efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi logam Ni(II) setelah proses adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan (1) dan (2) berikut (Rossi *et al.*, 2020):

$$\text{Efisiensi penyisihan} = \frac{C_o - C_t}{C_o} 100\% \quad (1)$$

$$\text{Kapasitas adsorpsi} = \frac{C_o - C_t}{M} V \quad (2)$$

dengan C_o merupakan konsentrasi awal (mg/L) dan C_t merupakan konsentrasi pada saat t menit (mg/L). V dan M masing-masing merupakan volume larutan (L) dan massa adsorben (g).

Karakterisasi Biosorben Terimobilisasi Pada Natrium Alginat

Karakterisasi morfologi dan gugus fungsi biosorben terimobilisasi masing-masing dilakukan menggunakan metode SEM-EDX dan FTIR sebagaimana mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Savastru *et al.* (2022). Biosorben yang dikarakterisasi FTIR dan SEM-EDX adalah biosorben terimobilisasi sebelum dan setelah adsorpsi. Biosorben setelah adsorpsi diperoleh dari pengujian adsorpsi dengan kondisi konsentrasi awal, pH, dan waktu kontak optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

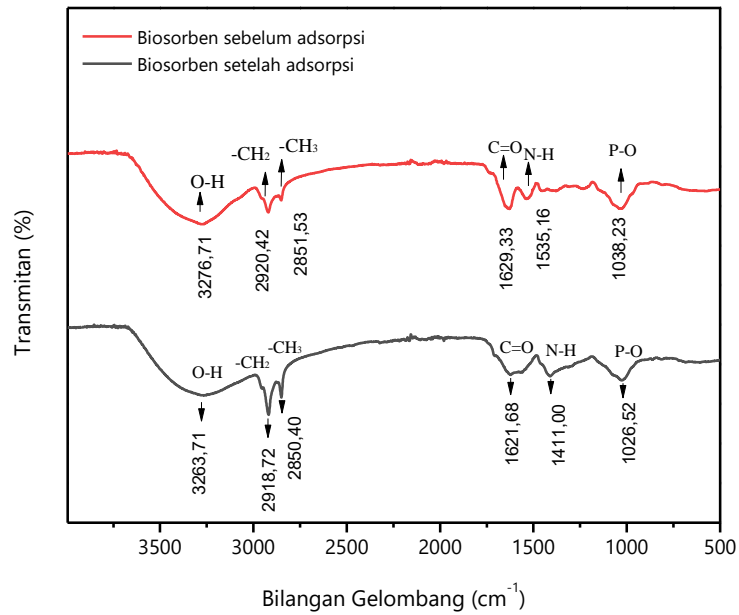
Karakterisasi Biosorben Terimobilisasi

Analisa FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsional pada biosorben yang berperan dalam proses adsorpsi. Gambar 1. menunjukkan spektra FTIR dari biosorben sebelum dan setelah

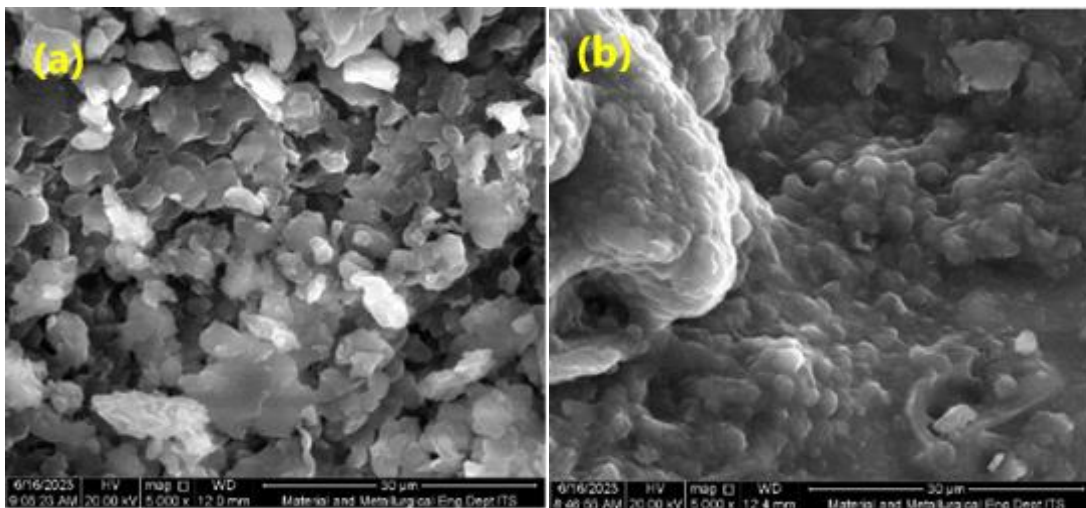
adsorpsi logam Ni(II). Kedua spektra diatas memiliki puncak yang hampir sama dan terdapat pergeseran beberapa bilangan gelombang. Menurut Tandigau *et al.* (2015) dalam membandingkan hasil FTIR antara sampel sebelum dan sesudah adsorpsi dapat dilihat dari adanya pergeseran bilangan gelombang $>10 \text{ cm}^{-1}$. Pergeseran ini memperlihatkan adanya proses pengikatan logam berat pada permukaan sampel yang digunakan.

Pergeseran bilangan gelombang sekitar 13 cm^{-1} dari $3276,71$ menjadi $3263,71 \text{ cm}^{-1}$ pada biosorben menunjukkan bahwa gugus hidroksil (O-H) dari *Saccharomyces cerevisiae* yang terimobilisasi terikat dengan logam Ni(II) (Rivas *et al.*, 2019). Pergeseran bilangan gelombang lain seperti bilangan gelombang $2920,42$ menjadi $2918,72 \text{ cm}^{-1}$ dan $2851,53$ menjadi $2850,40 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya peran dari gugus $-\text{CH}_2$ dan $-\text{CH}_3$ pada struktur monomer selulosa (Tandigau *et al.*, 2015). Pergeseran bilangan gelombang pada $1629,33$ menjadi $1621,68 \text{ cm}^{-1}$ disebabkan oleh pergeseran asimetris gugus $\text{C}=\text{O}$ dan pergeseran bilangan gelombang $1038,23$ menjadi $1026,52 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya peran dari kelompok gugus fosfat P-O (Rivas *et al.*, 2019). Pergeseran yang sangat signifikan dari bilangan gelombang $1535,16$ menjadi 1411 cm^{-1} menunjukkan bahwa gugus amina N-H dari protein sangat berperan dalam proses adsorpsi ion logam (Wierzba, 2017).

Analisis SEM pada Gambar 2 menunjukkan adanya perbedaan morfologi biosorben sebelum dan sesudah adsorpsi. Partikel biosorben sebelum adsorpsi yang awalnya berbentuk lonjong dan terlihat menyebar berubah menjadi bentuk seperti bulat kecil dan terlihat berkumpul atau menumpuk lebih rapat. Partikel biosorben setelah adsorpsi tampak menyatu berkumpul atau mengalami aglomerasi dengan ukuran yang tidak seragam karena adanya ikatan kimia antara biosorben dan logam berat (Pratiwi *et al.*, 2017). Ikatan kimia pada aglomerasi terjadi akibat gugus-gugus fungsi pada biosorben seperti gugus karboksilat, amina, hidroksil, dan fosfat telah mengikat ion logam Ni(II) yang ditunjukkan pada pergeseran bilangan gelombang pada hasil FTIR. Pada struktur morfologi permukaan biosorben setelah proses adsorpsi tampak dengan jelas perbedaan pada permukaan biosorben yang tampak kasar tersebut menghilang (Tonk & Rápó, 2022).



Gambar 1. FTIR Biosorben Sebelum dan Setelah Adsorpsi



Gambar 2. SEM (a) Biosorben Sebelum Adsorpsi, (b) Biosorben Setelah Adsorpsi

Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi empat unsur terbesar biosorben yaitu pada unsur C, O, Ca dan Cl. Unsur C dan O merupakan unsur utama penyusun ragi yang berasal dari karbohidrat dan protein (Jusadi *et al.*, 2005). Unsur Ca dan Cl diperoleh dari proses imobilisasi ketika ragi dan natrium alginat diteteskan dalam larutan CaCl_2 .

Unsur Ni diperoleh dari logam berat nikel yang digunakan selama proses adsorpsi yaitu

logam $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang berarti bahwa biosorben telah menyerap logam Ni(II). Terdeteksinya unsur Ni(II) seiring dengan peningkatan unsur O (dari 33,36% ke 37,83%) dan peningkatan unsur Ca (dari 5,64% ke 6,31%). Perubahan persentase berat unsur ini dikarenakan adanya pelepasan unsur C, Na, P, dan Cl ke permukaan sel selama adsorpsi Ni(II). Gugus fungsi hidroksil, karboksil, amina, dan fosfat yang terdapat pada biosorben dimungkinkan ikut berkontribusi terhadap

pengikatan Ni(II) pada biosorben (Chen *et al.*, 2014).

Pengaruh pH Terhadap Penyisihan Ni(II)

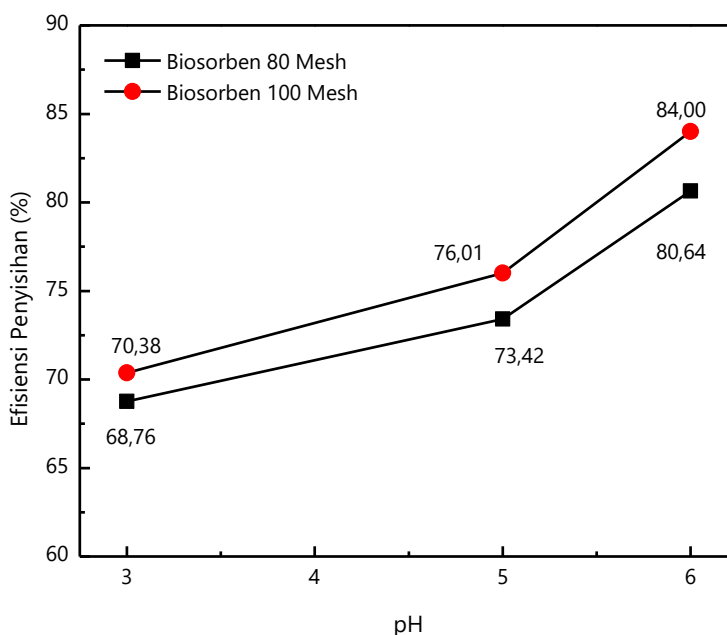
Nilai pH larutan merupakan salah satu parameter penting dalam adsorpsi, karena menentukan sifat-sifat adsorben seperti muatan permukaan dan ionisasi gugus fungsi yang terdapat pada sisi aktif biosorben yang mempengaruhi kemampuan penyerapan ion dalam larutan. Gambar 3 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan logam Ni(II) meningkat seiring dengan meningkatnya pH larutan yang digunakan. Efisiensi penyisihan tertinggi diperoleh pada pH larutan 6 sebesar 84% untuk biosorben 100 mesh dan 80,64% untuk biosorben 80 mesh

Peningkatan efisiensi penyisihan ini dipengaruhi oleh pH larutan karena pH larutan mempengaruhi muatan gugus fungsi pada permukaan biosorben. *Saccharomyces cerevisiae* mengandung protein yang kaya akan residu asam amino seperti asam glutamat, aspartate, serin, treonin dan asparagin yang mempunyai gugus amina (-NH₂) dan gugus karboksil (-COOH) yang berlawanan sifat. Asam amino ini apabila larut dalam air dapat membentuk ion yang bermuatan positif dan negative (*zwitter ion*) atau ion amfoter, tergantung pada pH larutan (Zaqiyatul *et al.*, 2021).

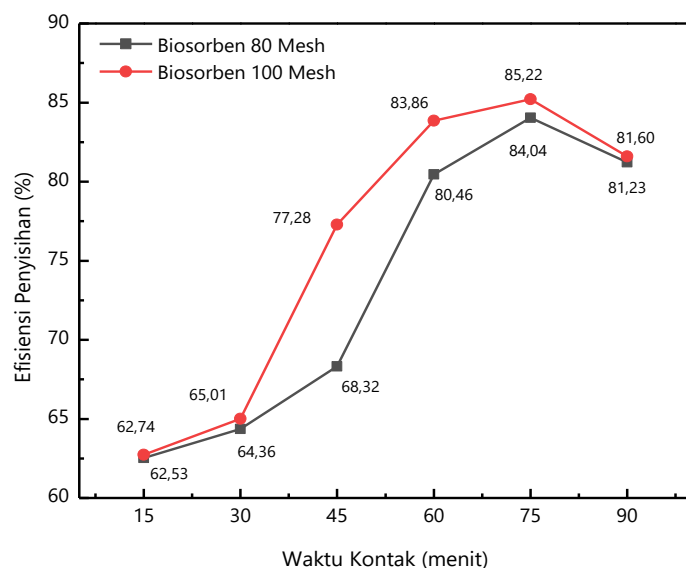
Gugus karboksil (-COOH) yang bersifat asam dan gugus amina (-NH₂) yang bersifat basa akan terionisasi dan memberi muatan pada molekul-molekul protein. Pada pH lebih kecil dari 3 (konsentrasi H⁺ tinggi), gugus basa (-NH₂) akan menerima proton (H⁺) dan membentuk -NH₃⁺. Pada pH tinggi, gugus -COOH akan mendonorkan proton H⁺ dan membentuk gugus -COO⁻. Gugus -COO⁻ ini nantinya akan berikatan dengan logam Ni(II) (Tangio, 2013; Yusniati *et al.*, 2022).

Tabel 1. EDX Biosorben Sebelum dan Setelah Adsorpsi

Unsur	Komposisi Biosorben (% Wt)	
	Sebelum Adsorpsi	Setelah Adsorpsi
C	47.96	44.69
O	33.36	37.83
Na	2.81	-
Al	2.71	-
P	2.15	0.91
Cl	5.37	0.00
Ca	5.64	6.31
Si	-	0.92
Ni	-	9.34



Gambar 3. Pengaruh pH Terhadap Efisiensi Penyisihan Ni(II)



Gambar 4. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Ni(II)

Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Ni(II)

Parameter waktu kontak digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan biosorben untuk mencapai penyerapan optimum.

Gambar 4 menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan Ni(II) meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak, namun mengalami penurunan pada menit ke-90. Hal ini disebabkan pada proses adsorpsi terjadi dalam dua tahap yaitu, tahap awal yang berlangsung cepat dan lebih singkat serta diikuti tahap kedua yang lebih lambat yang berlangsung hingga mencapai keseimbangan (Ullah *et al.*, 2013).

Pada tahap pertama adsorpsi berlangsung cepat seperti yang dilihat pada Gambar 4 efisiensi penyisihan pada menit awal yaitu 15 menit hingga 60 menit mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Peningkatan yang cukup signifikan ini disebabkan oleh situs aktif pada permukaan biosorben belum banyak berikatan dengan ion logam (Wierzba, 2017). Pada waktu kontak 30 menit sampai 45 menit untuk biosorben 100 mesh cenderung lebih tinggi peningkatannya jika dibandingkan dengan grafik pada biosorben 80 mesh.

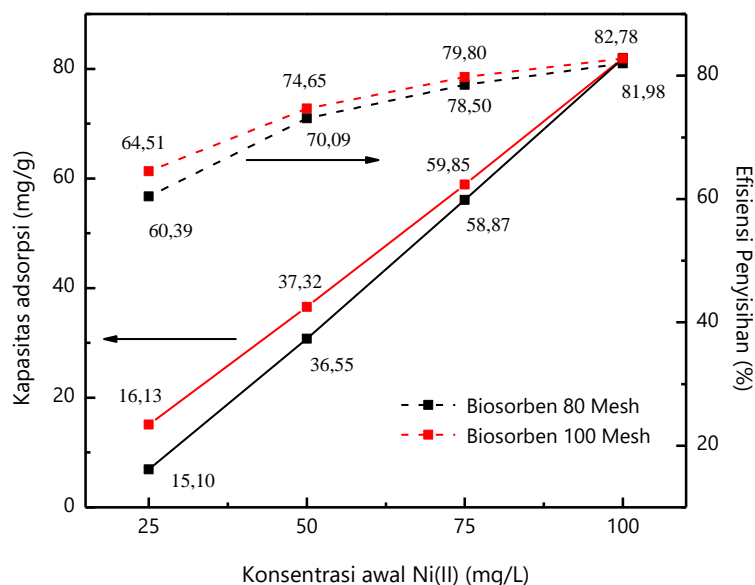
Pada waktu kontak antara 30–45 menit, peningkatan efisiensi penyisihan biosorben 100 mesh meningkat sebesar 12,27%, sedangkan pada biosorben 80 mesh meningkat sebesar 3,96%. Hal

ini dikarenakan adanya perbedaan ukuran biosorben yang berpengaruh terhadap tingkat keefektifan penyerapan logam Ni(II). Pada ukuran biosorben 100 mesh yang cenderung memiliki ukuran yang kecil, sehingga luas permukaan kontak antara biosorben dengan ion logam akan semakin besar, yang mengakibatkan ion logam lebih banyak terserap dan efisiensi penyisihan pun meningkat lebih tinggi (Tandigau *et al.*, 2015). Waktu kontak optimum pada proses adsorpsi terjadi pada waktu 75 menit dengan efisiensi penyisihan Ni(II) mencapai 85,22% (100 mesh) dan 84,04 (80 mesh). Pada tahap kedua adsorpsi terjadi pada menit ke-90 yang ditandai dengan efisiensi penyisihan logam Ni(II) yang mengalami penurunan. Penurunan ini terjadi karena situs aktif pada permukaan biosorben telah mencapai titik jenuh untuk mengikat ion logam sehingga tidak mampu menyerap secara maksimal (Sasria *et al.*, 2021).

Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Penyisihan Ni(II)

Penentuan pengaruh konsentrasi awal Ni(II) dilakukan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi yang dapat diserap oleh biosorben.

Variasi konsentrasi awal yang digunakan dalam proses adsorpsi berpengaruh terhadap kapasitas adsorpsi yang ditunjukkan pada Gambar 5, yaitu jumlah ion Ni(II) yang terserap oleh biosorben



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Awal Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ni(II)

bertambah seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal Ni(II) yang digunakan. Penyerapan logam Ni(II) oleh biosorben ini akan terus meningkat hingga mencapai konsentrasi maksimum yang dapat diserap oleh biosorben. Pada penelitian ini, kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada konsentrasi 100 mg/L dengan ukuran biosorben 100 mesh sebesar 82,78 mg/g atau dengan efisiensi penyisihan sebesar 82,78%.

Peningkatan kapasitas adsorpsi pada biosorben disebabkan oleh ion logam yang terikat dengan gugus fungsi biosorben *Saccharomyces cerevisiae* terimobilisasi alginat bertambah banyak, sehingga jumlah ion logam yang teradsorpsi sebanding dengan jumlah gugus aktif yang tersedia pada biosorben dan kapasitas serapan adsorpsi pun meningkat. Ketika gugus aktif biosorben telah dalam kondisi jenuh, maka peningkatan gugus aktif biosorben akan menurun, namun jika pada saat keadaan gugus aktif biosorben belum jenuh oleh ion logam, maka peningkatan konsentrasi larutan Ni(II) akan meningkatkan jumlah ion yang teradsorpsi dan kapasitas adsorpsi akan terus meningkat (Irawati et al., 2018).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan Ni(II) tertinggi diperoleh pada

kondisi pH 6, waktu kontak 75 menit, dan konsentrasi awal Ni(II) 100 mg/L dengan efisiensi penyisihan sebesar 82,77% dan kapasitas adsorpsi sebesar 82,77 mg/g. Biosorben *Saccharomyces cerevisiae* terimobilisasi pada alginat memiliki karakteristik morfologi yang berbentuk lonjong dan berstruktur kasar serta tidak beraturan, dengan empat komposisi unsur penyusun biosorben yaitu C, O, Ca, dan Cl. Hasil FTIR menunjukkan biosorben memiliki gugus fungsi yang dominan berperan dalam proses adsorpsi diantaranya gugus amina, gugus karboksil, gugus hidroksil, dan gugus fosfat.

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: p.100904.
- Barquilha, C. E. R., Cossich, E. S., Tavares, C. R. G., & Silva, E. A. 2017. Biosorption of Nickel(II) And Copper(II) Ions in Batch and Fixed-Bed Columns by Free and Immobilized Marine Algae *Sargassum* sp. *Journal of Cleaner Production*, 150: 58–64.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional) 2019. Standard Nasional Indonesia, SNI 6989-

- 84:2019 Air dan Air limbah - Bagian 84: Cara Uji Kadar Logam Terlarut dan Logam Total Secara Spektrometri Serapan Atom (SSA)–Nyala. Jakarta.
- Chen, C., Wen, D., & Wang, J. 2014. Cellular Surface Characteristics of *Saccharomyces cerevisiae* Before and After Ag(I) biosorption. *Bioresource Technology*, 156: 380–383.
- Dağdelen, S., Acemioğlu, B., Baran, E., & Koçer, O. 2014. Removal of Remazol Brilliant Blue R from Aqueous Solution by Pirina Pretreated With Nitric Acid and Commercial Activated Carbon. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225: 1-15.
- Eser, A., Nüket-T.V, Aydemir, T., Becerik,S., & Dincer, A. 2012. Removal of Nickel(II) Ions by Histidine Modified Chitosan Beads. *Chemical Engineering Journal*, 210: 590–596.
- 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.
- Farhan, S.N. & Khadom, A.A. 2015. Biosorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions by *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Industrial Chemistry*, 6(2): 119–130.
- Herawati, H. 2018. Potensi Hidrokoloid Sebagai Bahan Tambahan Pada Produk Pandan dan Nonpangan Bermutu. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 37(1): 17–25.
- Irawati, H., Hidayat Aprilita, N., Sugiharto, E., Kimia, D., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. 2018. Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Berkala MIPA*, 25(1): 17–31.
- Jasmidi, J. & Nauli, R. 2014. Kapasitas Serapan dan Energi Ikat Pada Biosorpsi Ion Mangan(II) Oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* Terimobilisasi Pada Campuran Silika Gel dan Zeolit. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 6(2): 38–45.
- Jusadi, D., Sulasingkin, D., & Mokoginta, D.I. 2005. Pengaruh Konsentrasi Ragi Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Populasi *Daphnia sp.* *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*, 12(1): 17–21.
- Nguyen, M.L. & Juang, R.S. 2013. Modification of Crosslinked Chitosan Beads with Histidine and *Saccharomyces Cerevisiae* for Enhanced Ni(II) Biosorption. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 56: 96–102.
- Nuban, A.A., Andayani, U., & Safitri, A. 2021. Biosorpsi Timbal (Pb) pada Larutan Menggunakan *Aspergillus niger* Amobil: Teknologi Hijau untuk Penghilangan Logam Berat. *The Indonesian Green Technology Journal*, 10(1): 1–7.
- Padmavathy, V., Vasudevan, P., & Dhingra, S.C. 2003. Biosorption of nickel(II) Ions on Baker's Yeast. *Process Biochemistry*, 38(10): 1389–1395.
- Peters, K., Bundschuh, M., & Schäfer, R.B. 2013. Review on the Effects of Toxicants on Freshwater Ecosystem Functions. *Environmental Pollution*, 180: 324–329.
- Pratiwi, R.R., Elystia, S., & Muria, S.R. 2017. Biosorpsi Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Industri Elektroplating Menggunakan Biomassa Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*). *Jom FTEKNIK*, 4(1): 1–7.
- Rafly, M. 2016. Biosorpsi Logam Timbal Dengan Menggunakan Khamir *Saccharomyces Cerevisiae* Terimobilisasi Natrium Alginat. Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Rivas, S.C.M., Armenta Corral, R. I., Frasquillo Félix, M. del C., Islas Rubio, A. R., Moreno, L. V., & Montfort, G.R.C. 2019. Removal of Cadmium from Aqueous Solutions by *Saccharomyces Cerevisiae*-Alginate System. *Materials*, 12(24): 4128.
- Rossi, A.D., Riqueto, C.V.T., Dettmer, A., Colla, L. M., & Piccin, J.S. 2020. Synthesis, Characterization, and Application of *Saccharomyces cerevisiae*/Alginate Composites Beads for Adsorption of Heavy Metals. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8: p.100409.
- 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): p.012021.
- Savastru, E., Bulgariu, D., Zamfir, C.I., Bulgariu, L. 2022. Application of *Saccharomyces cerevisiae* in the Biosorption of Co(II), Zn(II) and Cu(II) Ions from Aqueous Media. *Water*. 14: p.976.
- Tandigau, S., Nafie, N.L., & Budi, P. 2015. Biosorpsi Ion Ni(II) Oleh Kulit Buah Kopi Arabika

- (Coffea arabica). *Indonesia Chimica Acta*, 11(1): 32–45.
- Tangio, J.S. 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). *Entropi*, 8(1): 500–506.
- Tonk, S., & Rápó, E. 2022. Linear and Nonlinear Regression Analysis for the Adsorption of Remazol Dye by Romanian Brewery Waste By-Product, *Saccharomyces cerevisiae*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(19): p.11827.
- Ullah, I., Nadeem, R., Iqbal, M., & Manzoor, Q. 2013. Biosorption of Chromium onto Native and Immobilized Sugarcane Bagasse Waste Biomass. *Ecological Engineering*, 60: 99–107.
- Wierzba, S. 2017. Biosorption of nickel (II) and zinc (II) from aqueous solutions by the biomass of yeast *Yarrowia lipolytica*. *Polish Journal of Chemical Technology*, 19(1): 1–10.
- Yusniati, K. P., Srikandi, S., & Syawaalz, A. 2022. Efektifitas Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Bioadsorben dalam Menurunkan Konsentrasi Fe dan Mn. *Nucleus*, 3(2): 220–230
- 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). *Ecotropic*, 16(1): 83–94.
- Zaqiyatul, E., Malis, E., & Ridho, R. 2021. Pemanfaatan Biomasa Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica Forsk*) Untuk Adsorpsi Pewarna Tekstil. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*, 3(1): 40–51.