

Studi Adsorpsi dan Desorpsi Logam Emas oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Tinjauan Termodinamika

Masruroh^{1)*}, Lailatin Nuriyah¹⁾, S.J. Iswarin¹⁾ Eka Rahmawati¹⁾

¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

Diterima tanggal 10 September 2011, direvisi tanggal 6 Oktober 2011

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian biosorpsi dan desorpsi ion logam emas (Au) oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Penelitian ini meliputi penentuan pH optimum, konsentrasi larutan Au optimum, isoterm dan kapasitas biosorpsi ditinjau dari teori termodinamika, serta mekanisme interaksi yang terjadi antara ion logam Au dengan biosorben *Saccharomyces cerevisiae* melalui desorpsi oleh akuades dan HCl 1 M.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion logam Au oleh biosorben *Saccharomyces cerevisiae* terjadi secara optimum pada pH 5, konsentrasi larutan emas 10 mg/L sebesar 2,2321 mg/g yeast. Jenis isoterm adsorpsi yang terjadi adalah isoterm Langmuir dengan nilai regresi $R^2 = 0,8550$ yang menunjukkan jenis adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi kimia yang terjadi hanya pada lapisan pertama pada adsorben. Dari tinjauan termodinamika diperoleh nilai energi bebas Gibbs. Energi bebas Gibbs yang dihasilkan dari proses adsorpsi tersebut sebesar $\Delta G = -0,09195$ kJ/mol yang menunjukkan proses berlangsung secara spontan dan merupakan adsorpsi fisika. Dari hasil uji desorpsi menunjukkan jumlah ion logam yang terdesorpsi oleh larutan HCl sebesar 73,98%, sedangkan yang terdesorpsi oleh akuades sebesar 35,42%. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme yang dominan terjadi antara biosorben *Saccharomyces cerevisiae* dengan ion logam Au adalah adsorpsi kimia.

Kata kunci: jurnal Adsorpsi, desorpsi, *Saccharomyces cerevisiae*, Isoterm adsorpsi, termodinamika.

ABSTRACT

A Study on biosorption of gold solution (Au) by *Saccharomyces cerevisiae* has been carried out. These studies included determination of optimum pH, optimum Au solution concentration, isotherm and biosorption capacity based on thermodynamics theory, and mechanisms of interaction between Au ion and *Saccharomyces cerevisiae* biosorben. Mechanisms of interaction were known with Au ion on *Saccharomyces cerevisiae* biosorben using aquadest and 1 M HCl.

The result showed that the optimum adsorption process of Au solution by *Saccharomyces cerevisiae* biosorben took place on pH 5, adsorbate concentration of 100 mg/L was 2.2321 mg/g of yeast. The adsorption isotherm followed the Langmuir adsorption with regression value of 0.8550 ($R^2 = 0.8550$), that indicates that the chemisorption process occurred on the first monolayer on the adsorbent surface. From the thermodynamics theory gives Gibbs free energy of the process a value of $\Delta G = -0.09195$ kJ/mol and showing spontaneous physisorption process. The number of Au ion desorption by using HCL was 73.98%, whereas by using aquadest it was 35.42%. It indicated that the main interaction between *Saccharomyces cerevisiae* biosorben and Au ion was chemisorption.

Key word: adsorption, desorption, *Saccharomyces cerevisiae*, gold ion, thermodynamics

PENDAHULUAN

Pemanfaatan mikroorganisme sebagai

*Corresponding author :

E-mail: rafizen_02@yahoo.com

adsorben logam berat telah banyak dikembangkan. Pemilihan mikroorganisme sebagai sorben dianggap sebagai langkah yang aman terhadap lingkungan dan juga sebagai langkah yang efisien [2],[10]. Salah satu biomassa yang telah digunakan sebagai

biosorben adalah *yeast* (*Saccharomyces cerevisiae*). Pada penelitian sebelumnya *Saccharomyces cerevisiae* dimanfaatkan sebagai adsorben beberapa logam berat yang ada pada limbah industri seperti logam Pb, Hg, Cr, Zn, Cu, Ni dan beberapa logam berbahaya lainnya [1],[3],[4],[7],[8],[10].

Mikroba telah diketahui dapat menyerap secara efisien logam-logam dari lingkungan eksternalnya [6]. Salah satu mikroba yang telah banyak digunakan sebagai biosorben adalah *Saccharomyces cerevisiae* karena kemampuannya sebagai biosorben dan bioakumulator logam berat [5]. Kelebihan dari *Saccharomyces cerevisiae* di antaranya adalah karena memiliki persentase material dinding sel sebagai pengikat logam yang tinggi dan juga mudah diperoleh karena banyak dimanfaatkan pada proses fermentasi [9].

Penelitian mengenai pemanfaatan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* untuk mengadsorpsi ion logam emas belum banyak dilakukan. Padahal faktanya emas merupakan logam yang bernilai tinggi dalam bidang perekonomian yakni digunakan sebagai standar keuangan di beberapa negara, digunakan sebagai perhiasan dan juga digunakan di bidang elektronik.

Dalam penelitian ini akan dilakukan studi awal mengenai kemampuan adsorpsi ion logam emas oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae* meliputi variasi pH dan konsentrasi.

METODE PENELITIAN

Bahan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *baker's yeast* (*Saccharomyces cerevisiae*), logam/padatan emas, larutan *aqua regia* (terdiri dari larutan HNO₃ dan HCl dengan perbandingan 1:3), larutan NaOH, larutan HCl, dan *aquades*.

Peralatan. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa macam gelas yakni gelas ukur, gelas kimia, labu erlenmeyer, tabung reaksi, pipet, penjepit, cawan petri, neraca/ timbangan, filter paper (Whatman 41) dan alat karakterisasi berupa FTIR dan AAS (AA 6200).

Proses penyiapan dan karakterisasi adsorben. Biomassa yang digunakan sebagai adsorben adalah *yeast*, *Saccharomyces cerevisiae* yang diperoleh dari ragi roti yang banyak dijual di pasaran. Adsorben dibuat dari 10 gram bubuk yeast yang dilarutkan dalam 500 mL *aquades* dalam wadah *beaker glass* dan didiamkan selama 1 jam. Kemudian larutan disaring dengan menggunakan kertas saring (*filter paper*) dan alat penyaring yang dilengkapi dengan vakum. Hasil saringan yang berupa padatan *yeast* dikeringkan dalam oven dengan suhu 40°C selama 1 hari. Komposisi/kandungan adsorben yang meliputi kadar air, kadar bahan organik ditentukan dengan metode gravimetri, sedangkan gugus fungsi dalam adsorben dianalisis menggunakan FTIR.

Pembuatan Larutan Emas (Adsorbat).

Adsorbat yang berupa larutan emas diperoleh dengan melarutkan 25 mg padatan emas dengan larutan *aqua regia* yakni campuran larutan HNO₃ dan HCl dengan perbandingan 1:3 dalam labu erlenmeyer 50 mL dan didiamkan selama 1 jam. Selanjutnya campuran emas dan *aqua regia* tersebut dipanaskan di atas hot plate stirer dan dibiarkan menguap hingga menyisakan larutan sebanyak 1 mL. Larutan diencerkan dengan *aquades* hingga volumenya mencapai 25 mL dan kembali dipanaskan hingga mendidih. Kemudian diencerkan lagi hingga volumenya mencapai 250 mL. Larutan emas yang dihasilkan dijadikan sebagai stok larutan untuk membuat larutan emas lainnya dengan variasi konsentrasi yang berbeda.

Penentuan pH Optimum. Sebanyak 100 mg yeast dicampurkan ke dalam 50 mL larutan emas dengan variasi pH masing-masing larutan 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Pengkondisian pH diperoleh dengan menambahkan larutan HCl atau NaOH. Kemudian larutan dikontakkan dengan menggunakan shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam. Selanjutnya larutan disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan AAS.

Penentuan Konsentrasi Optimum. Sebanyak 100 mg yeast dicampurkan ke dalam 50 ml larutan emas dengan konsentrasi

masing-masing 3mg/L, 4 mg/L, 5 mg/L, 6 mg/L, 7 mg/L, 8 mg/L, 9 mg/L, 10 mg/L, 11 mg/L, 12 mg/L, 13 mg/L, 14 mg/L, 15 mg/L, 16 mg/L, 17 mg/L dengan pH optimum yang diperoleh sebelumnya. Campuran diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam dengan menggunakan shaker. Selanjutnya larutan disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan AAS.

Penentuan Isoterm dan Kapasitas Adsorpsi. Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan dengan memanfaatkan data yang diperoleh dari variasi konsentrasi. Data pola isoterm adsorpsi diterapkan ke persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich, yaitu :

Isoterm Langmuir

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Kq_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}}$$

Isoterm Freundlich

$$\log q_e = \log K_f + 1/n \log C_e$$

dimana :

C_e : konsentrasi akhir (mg/L)

K : konstanta kesetimbangan.

q_e : jumlah emas yang teradsorpsi

Dari data variasi konsentrasi dibuat grafik plot antara C_e dan C_e/q_e untuk langmuir dan $\log C_e$ terhadap $\log q_e$ untuk Freundlich. Dari hasil plotting tersebut akan diketahui jenis adsorpsi dan kapasitas adsorpsinya.

Uji Desorpsi. Sebanyak 100 mg yeast dicampurkan ke dalam larutan emas dengan pH dan konsentrasi optimum yang diperoleh dan dikontakkan selama 1 jam dengan kecepatan 100 rpm. Larutan selanjutnya disaring, filtratnya dianalisis dengan AAS, sedangkan residunya didesorpsi menggunakan *aquades* dan larutan HCl 1 M. Residu masing-masing direndam di dalam larutan HCl dan *aquades*, kemudian kembali dikontakkan dengan kecepatan 100 rpm selama 1 jam. Kemudian larutan disaring, filtratnya dianalisis menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

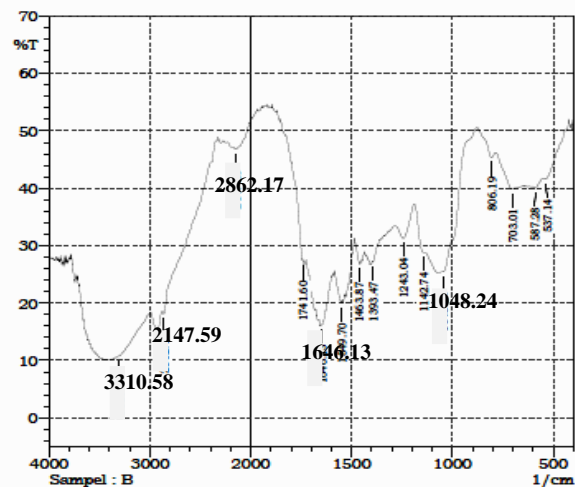
Karakterisasi Biosorben *Saccharomyces cerevisiae*. Uji kadar air dan kadar bahan

organik dilakukan dengan metode gravimetri. Biosorben yang dipersiapkan dengan mengeringkan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dalam oven memiliki karakter kimiawi seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakter kimiawi dari biosorben *Saccharomyces cerevisiae*.

Parameter	Kandungan (%)
Kadar air	10,54
Kadar bahan organik	83,97

Dari tabel 1 biosorben yang dihasilkan masih terdapat kandungan air sebesar 10,54%. Hal ini menunjukkan masih terdapat molekul air yang terikat pada matrix adsorben. Adanya kadar air ini bisa menyumbat pori adsorben sehingga bisa menghambat proses adsorpsi. Kadar bahan organik yang terkandung dalam biosorben sekitar 83,97%, menunjukkan adanya gugus fungsi yang berperan penting pada proses adsorpsi.

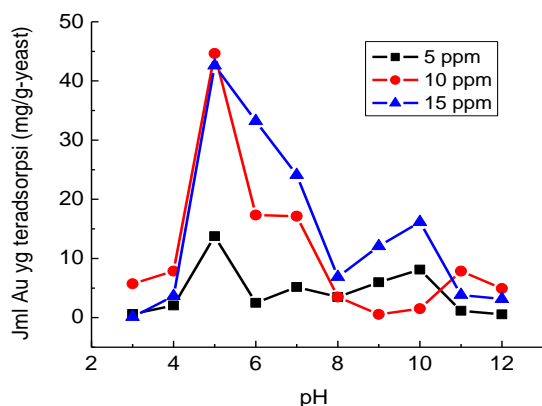


Gambar 1. Spektra IR dari biosorben *Saccharomyces cerevisiae*

Hasil analisa biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dengan alat FTIR disajikan pada Gambar 1. Identifikasi gugus fungsional adsorben *Saccharomyces cerevisiae* menggunakan spektrofotometer inframerah bertujuan mengidentifikasi gugus fungsional yang berperan dalam adsorpsi kation logam emas. Menurut Darmono [5], gugus karboksil dan amina merupakan gugus utama yang berperan dalam pengikatan kation, sesuai

dengan komposisi penyusun sel yang sebagian besar berupa protein dan polisakarida. Pada gambar 1 tampak adanya puncak lebar pada bilangan gelombang 3600 - 2400 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus OH dari air dan gugus C=O karboksil. Sedangkan puncak pada bilangan gelombang 1640-1539 cm^{-1} menunjukkan adanya puncak dari N-H amina primer dan sekunder. Dengan demikian *Saccharomyces cerevisiae* mempunyai gugus fungsional -OH, -COOH dan -NH₂. Gugus fungsi amina dan karboksilat dari asam amino memungkinkan interaksi dengan emas tergantung kepada pH larutan emas.

Kemampuan adsorpsi biomassa *S. cerevisiae* dipengaruhi oleh struktur kimia dinding sel itu sendiri, semakin banyak gugus fungsional yang ada maka semakin besar kemampuan adsorpsinya.

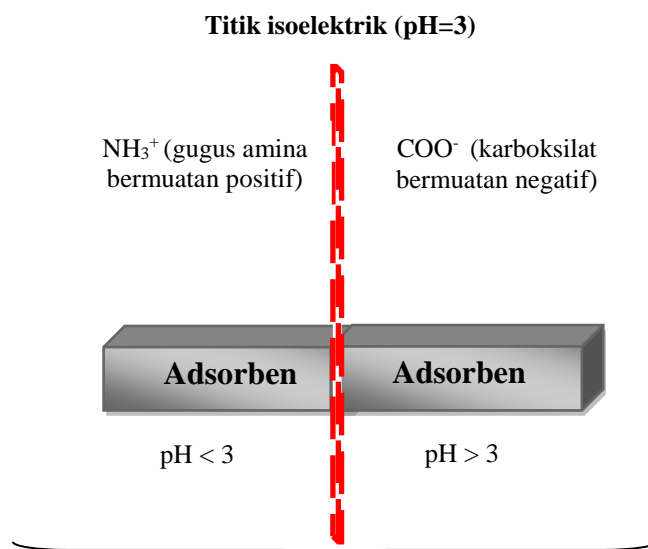


Gambar 2. Pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi ion logam emas.

pH Optimum Biosorben. Gambar 2 menunjukkan pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi ion logam emas. Dari grafik hubungan pengaruh pH terhadap jumlah emas yang teradsorpsi dapat dilihat bahwa pada pH rendah yakni pH 3, kapasitas penyerapan emas oleh *S.cerevisiae* masih sedikit yakni bernilai 0,0313 mg/g yeast untuk konsentrasi emas 5 mg/L, bernilai 0,2857 mg/g yeast pada konsentrasi emas 10 mg/L dan bernilai 0,0045 mg/g yeast pada konsentrasi emas 15 mg/L.

Data tersebut dapat dijelaskan bahwa semakin rendah pH maka akan semakin banyak gugus basa yang terprotonisasi pada permukaan dinding sel biosorben. Akibatnya

terjadi penurunan jumlah serapan ion logam emas. Selain itu, pada pH rendah di bawah pH isoelektrik permukaan *saccharomyces cerevisiae* menjadi bermuatan positif, sehingga jumlah logam Au yang teradsorpsi sangat kecil, sedangkan pada pH tinggi di atas pH isoelektrik permukaan adsorben *Saccharomyces cerevisiae* bermuatan negatif sehingga akan meningkatkan jumlah adsorpsi logam Au. Gambaran sederhana pengaruh pH terhadap gugus aktif pada permukaan adsorben yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh pH terhadap situs aktif permukaan adsorben.

Pada pH rendah, reaksi hidrolitik dapat mengakibatkan berubahnya komponen dan keadaan aktif sel. Hal ini menyebabkan penurunan penyerapan yang dilakukan sorben terhadap logam. Sedangkan pada pH tinggi, permukaan sel perlahan akan bermuatan negatif, sehingga kekuatan untuk mengikat anion logam semakin kecil dan mengurangi kemampuan penyerapan dan sebaliknya akan mengikat kation lebih banyak, sehingga penyerapan kation logam akan meningkat. Harris dan Ramelow [11] memperkirakan bahwa muatan titik nol atau titik isolistrik gugus fungsi protein penyusun dinding sel mikroorganisme terjadi pada pH 3. Pada pH

bermuatan lebih kecil dari 3 situs aktif permukaan dinding sel mikroorganisme mempunyai muatan positif, sedangkan pH di atas 3 akan bermuatan negatif. Dengan bermuatan negatifnya permukaan dinding sel tersebut maka akan menyebabkan adanya interaksi antara ion logam emas yang bermuatan positif dengan situs aktif pada dinding sel yang bermuatan negatif. Akibatnya terjadi peningkatan daya adsorpsi ion logam emas pada pH lebih besar dari 3.

Pada pH 4 yang merupakan pH di atas titik isoelektrik terlihat adanya peningkatan pengikatan ion logam baik pada konsentrasi larutan emas 5 mg/L, 10 mg/L, maupun 15 mg/L yakni berturut-turut 0,1027 mg/g yeast, 0,3929 mg/g yeast, 0,1830 mg/g yeast.

pH optimum penyerapan ion logam emas terjadi pada pH 5 yakni sebesar 0,6875 mg/gr, 2,2321 mg/g, dan 2,1295 mg/g masing-masing pada konsentrasi larutan emas 5 mg/L, 10 mg/L, dan 15 mg/L. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa *S.cerevisiae* akan menyerap logam pada rentang pH asam yakni antara pH 3 sampai 6. Pada pH di atas titik isoelektrik, permukaan adsorben *Saccharomyces cerevisiae* akan bermuatan negatif atau dengan kata lain gugus karboksilat mulai bekerja mengikat kation yang berupa ion logam Au. Peningkatan pH menyebabkan situs aktif gugus fungsi adsorben semakin banyak, sehingga memungkinkan terjadinya ikatan antar ligan yang berupa gugus fungsi *S.cerevisiae* dengan kation pun meningkat. Namun peningkatan pH tidak selamanya memberikan korelasi terhadap peningkatan penyerapan. Hal ini dapat dilihat pada jumlah penyerapan ion logam Au yang berangsur menurun pada pH 6 untuk masing-masing konsentrasi larutan yang berbeda. Penurunan tersebut bisa jadi disebabkan karena situs aktif tempat pengikatan ion logam Au pada adsorben sudah mulai berkurang. Namun terjadi peningkatan kembali pada konsentrasi larutan 5 mg/L dan 15 mg/L. Hal ini dimungkinkan adanya pemutusan ikatan antara gugus fungsi *Saccharomyces cerevisiae* dengan ion logam Au yang disebabkan ikatan yang lemah antara adsorben dan adsorbat,

sehingga menyebabkan adanya kekosongan pada situs aktif adsorben. Sedangkan pada pH yang semakin basa, penyerapan menurun karena ion logam Au yang mulai mengalami pengendapan sehingga tidak memungkinkan untuk berikatan. Namun secara umum, dari pengujian pengaruh pH terhadap besarnya penyerapan ion logam Au dapat dilihat bahwa penyerapan optimum terjadi pada pH asam yakni pada pH 5. Pengaruh pH terhadap besarnya daya adsorpsi dapat dilihat pada ilustrasi Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi model pengaruh pH terhadap daya adsorpsi.

Pada beberapa penelitian sebelumnya [4], [10], penyerapan logam pada dinding sel terjadi diakibatkan adanya berbagai senyawa pembangun dinding sel seperti senyawa-senyawa polysaccharides dan protein serta ligan-ligan ionik seperti asam karboksil, asam amino dan fosfat. Senyawa-senyawa tersebut dianggap sebagai komponen aktif dalam proses biosorpsi dengan membentuk senyawa kompleks dengan logam. Dimana kerja komponen-komponen aktif tersebut dipengaruhi oleh pH. Karena pH dapat mempengaruhi titik isolistrik biomassa. Pada pH rendah permukaan sel akan bermuatan negatif.

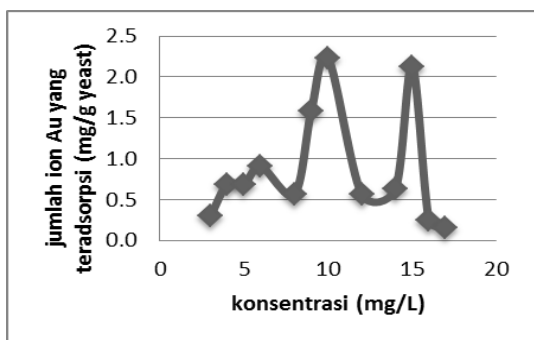
Pada pH rendah, reaksi hidrolitik dapat menyebabkan perubahan pada permukaan aktif sel. Hal ini menyebabkan penurunan penyerapan adsorben terhadap ion logam. Sedangkan pada pH tinggi permukaan sorben perlahan akan bermuatan negatif sehingga menyebabkan adanya peningkatan pengikatan terhadap ion logam.

Selain dapat mengaktifkan gugus fungsi (karboksilat dan amina) pada permukaan

adsorben, pH dapat mempengaruhi spesies ion logam dalam larutan. Logam Au akan mengendap pada pH larutan yang basa. Sehingga pengendapan yang terjadi tersebut menghalangi difusi ion logam emas pada permukaan adsorben.

Konsentrasi Optimum Biosorben.

Pengujian pengaruh konsentrasi logam emas dalam larutan dilakukan dengan kisaran konsentrasi antara 3 hingga 15 mg/L. Pemilihan tersebut didasarkan pada kenyataan bahwa proses biosorpsi diketahui berjalan dengan baik pada konsentrasi yang tidak begitu besar.



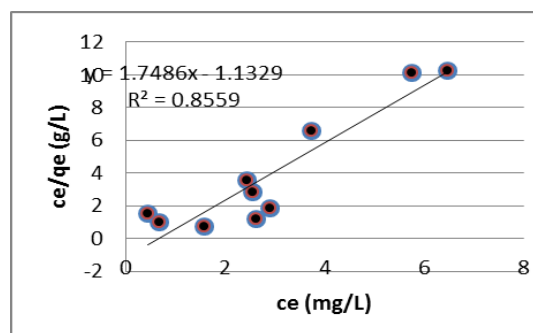
Gambar 5. Pengaruh konsentrasi awal terhadap adsorpsi ion logam emas.

Berdasarkan pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa kenaikan konsentrasi larutan emas memberikan kenaikan pada jumlah ion logam emas yang teradsorpsi oleh adsorban *yeast*. Tampak bahwa jumlah ion emas yang teradsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi larutan emas. Hal ini merupakan fenomena yang umum terjadi dimana pada proses ini terjadi transfer ion adsorbat dari larutan ke permukaan adsorben. Jumlah emas yang teradsorpsi mencapai kondisi optimum yakni sebesar 2,2321 mg/g pada konsentrasi awal emas 10 mg/L. Ion logam emas yang teradsorpsi mengalami penurunan penyerapan pada konsentrasi awal emas 12 mg/L yakni sebesar 0,5670 mg/g. Keterbatasan penyerapan ion emas oleh biomassa diatas konsentrasi awal 10 mg/L dikarenakan proses biosorpsi merupakan proses yang terjadi sampai dicapai kesetimbangan antara jumlah yang terserap dalam padatan dengan jumlah logam yang masih tersisa dalam larutan. Selain itu

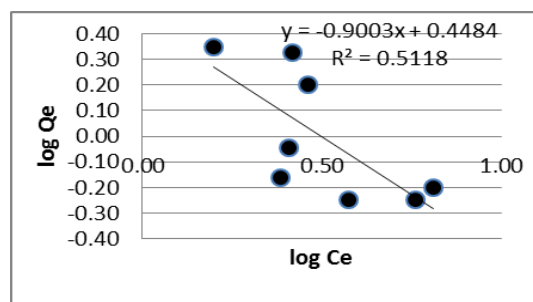
penurunan jumlah ion logam emas yang teradsorpsi disebabkan situs aktif yang ada pada permukaan dinding sel yang mulai mengalami kejenuhan terhadap ion logam emas, sehingga tidak memungkinkan adanya ikatan lagi.

Isoterm Adsorpsi. Isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui interaksi antara adsorben dengan adsorbat dan dapat digunakan untuk mengkaji kemampuan optimum dari suatu adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat.

Dalam penelitian ini digunakan dua pendekatan isoterm adsorpsi yakni isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich [12] yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7. Berdasarkan perhitungan dari kedua pendekatan tersebut diperoleh data sebagai berikut:



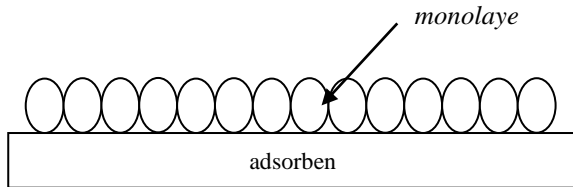
Gambar 6. Grafik isoterm Langmuir biosorpsi ion Au pada biosorben *S. Cereviceae*.



Gambar 7. Grafik isoterm Freundlich biosorpsi ion Au pada biosorben *Saccharomyces cerevisiae*.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa isoterm Langmuir memiliki kecenderungan nilai kelinearan yang lebih besar dibandingkan dengan isoterm Freundlich yang dapat dilihat dari nilai regresi linearnya (R^2). Oleh karenanya penelitian adsorpsi ion logam emas oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae* ini mengikuti isoterm Langmuir. Dimana

penyerapan ion logam emas terjadi pada permukaan yang homogen dan hanya pada lapisan pertama saja, seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Ilustrasi isotherm Langmuir

Isoterm Langmuir merupakan adsorpsi yang bisa terjadi secara kimia. Karena adanya ikatan, ketika permukaan *Saccharomyces cerevisiae* telah tertutupi oleh ion logam emas, maka ion logam emas hanya teradsorpsi pada lapisan pertama atau satu lapisan meskipun dilakukan penambahan jumlah konsentrasi. Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan adsorben. Pada keadaan situs aktif adsorben belum jenuh terhadap adsorbat maka peningkatan konsentrasi adsorbat akan sebanding dengan peningkatan jumlah adsorpsi adsorben, namun jika adsorben telah jenuh terhadap adsorbat maka peningkatan konsentrasi adsorbat tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan jumlah adsorpsi karena telah terjadi kesetimbangan.

Tabel 2. Parameter isotherm Langmuir & Freundlich

Isoterm adsorpsi Langmuir	Isoterm adsorpsi Freundlich
$Q_{max} = 0,8512$	$n = 2.23$
$K = 1.3078$	$K_f = 0.00979$
$R^2 = 0.855$	$R^2 = 0.511$

Dari parameter yang ditunjukkan oleh isoterm Langmuir, maka dapat ditentukan tinjauan termodinamika yang berupa energi bebas Gibbs dengan menggunakan persamaan:

$$\Delta G = -RT \ln Kc$$

dimana ΔG adalah perubahan energi bebas Gibbs, R konstanta gas, Kc merupakan konstanta kesetimbangan dan suhu T . Nilai Kc dapat diperoleh dari perhitungan isoterm langmuir yang telah dilakukan sebelumnya.

Dari perhitungan diperoleh tinjauan termodinamika yang berupa perubahan energi bebas Gibbs sebesar $\Delta G = -0,09159$ kJ/mol.

Penurunan energi bebas Gibbs yang ditandai dengan nilai $\Delta G < 0$ menunjukkan adanya interaksi yang berupa ikatan antara ion logam Au dengan permukaan dinding *Saccharomyces cerevisiae*. Sedangkan tanda negatif pada perubahan energi bebas Gibbs menunjukkan bahwa reaksi berlangsung secara spontan dan bersifat eksotermis. Jika dilihat dari nilai energi yang dihasilkan yakni sebesar $-0,091519$ kJ/mol, menunjukkan bahwa adsorpsi yang terjadi berlangsung secara fisika berdasarkan tabel perbandingan antara adsorpsi fisika dan kimia yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan adsorpsi fisika dan kimia

No	Parameter	Adsorpsi Fisik	Adsorpsi Kimia
1	Gaya yang terjadi	Molekul terikat pada adsorben oleh gaya van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
2	Energi entalpi	Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai -800 kJ/mol
3	Jenis lapisan	Dapat membentuk lapisan <i>multilayer</i>	Membentuk lapisan <i>monolayer</i>
4	Energi adsorpsi	$0.42-4.20$ kJ/mol	≥ 20 kJ/mol

dimana energi adsorpsi fisika kurang dari 20 kJ/mol. Nilai energi bebas Gibbs yang bertanda negatif dan kecil menunjukkan adanya kemungkinan reaksi berlangsung pada satu arah sampai pada titik tertentu, untuk reaksi selanjutnya akan menjadi nol dan reaksi berjalan pada arah balik.

Uji Desorpsi. Proses adsorpsi dapat terjadi secara kimia maupun fisika atau bahkan dapat terjadi melalui keduanya (kimia-fisika). Uji desorpsi dilakukan untuk mengetahui kecenderungan reaksi yang terjadi. Dari uji ini dapat ditentukan reaksi yang terjadi antara

biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dengan ion logam emas berlangsung dominan secara kimia atau fisika. Adsorpsi kimia terjadi secara dominan apabila residu *yeast* memiliki persentase desorpsi lebih tinggi jika didesorpsi dengan larutan HCl. Dan sebaliknya adsorpsi akan terjadi dominan secara fisika apabila persentase desorpsi lebih tinggi jika didesorpsi dengan *aquades*. Hasil desorpsi dengan menggunakan HCl dan *aquades* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil desorpsi ion logam Au

W ads (mg/L)	Laruran pendesorpsi	W des (mg/L)	Jumlah Au terdesorpsi (%)
2,8482	<i>Aquades</i>	1,0089	35,4224
	HCL	2,1071	73,9816

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa persentase desorpsi residu *yeast* menggunakan larutan HCL lebih besar dibandingkan persentase desorpsi menggunakan *aquades*. Data tersebut mengindikasikan bahwa adsorpsi antara biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dengan ion logam emas berlangsung dominan secara kimia, yang artinya ion logam emas teradsorpsi pada permukaan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dengan ikatan kimia.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, adsorben yang dibuat dari *yeast* memiliki kandungan bahan organik berupa gugus fungsi amina dan karboksilat pengikat ion logam emas sebesar 83,97%. Proses adsorpsi ion logam emas (Au⁺) oleh *Saccharomyces cerevisiae* berlangsung secara maksimum pada jumlah *yeast* 10 gr pada waktu kontak 1 jam sebesar 2,2321 mg/g *yeast*.

Adsorpsi berlangsung mengikuti isotherm langmuir dengan nilai regresi $R^2 = 0,855$ yang menunjukkan proses adsorpsi terjadi karena adanya ikatan kimia dan hanya berlangsung pada lapisan pertama dari permukaan adsorben.

Berdasarkan isotherm Langmuir diperoleh nilai q_{max} sebesar 0,8512 mg/g, yang menunjukkan jumlah ion logam emas yang teradsorpsi maksimal. Reaksi setimbang terjadi pada nilai K sebesar 1,3078 L/mg.

Berdasarkan tinjauan termodinamika dihasilkan energi bebas gibbs atau energi adsorpsi sebesar -0,09195 kJ/mol. Tanda negatif pada energi bebas Gibbs menunjukkan reaksi terjadi secara spontan.

Berdasarkan uji desorpsi, maka dapat disimpulkan adsorpsi berlangsung dominan secara kimia dengan jumlah ion logam emas yang terdesorpsi sebanyak 73,98%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak FMIPA UB melalui P3M yang telah membiayai. Penulis juga berterima kasih kepada Bpk Darwin & Bpk Afrial yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakkaloglu, I., B. T. J., L.M, Holland F.S. (1998). *Screening of Various Types of Biomass for Removal and Recovery of Heavy Metals (Zn, Cu, Ni) by Biosorption, Sedimentation and Desorption*. Water Sci. Technol **38**: 269-277.
- [2] Nur H P, A. (2010). *Proses Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi dengan Metode Adsorpsi Hidrofobik*. Semarang, UNDIP.
- [3] Suhendrayatna, 2002, *Bioremoval Logam berat dengan menggunakan mikroorganism: suatu kajian pepustakaan (Heavy Metal Bioremoval Bymicroorganim : A literature study)*, Applied Chemistry and Chemical Engineering I, 21-40
- [4] Amaria, dkk. (2007). *Adsorpsi Seng (II) Menggunakan Biomassa Saccharomyces cerevisiae pada Silika Secara Sol Gel*. akta kimindo **2**: 63-74.
- [5] Darmono (1995). *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk hidup*. Jakarta, UI press.

- [6] Gadd, G.M, 1992. *Microbial Control of Heavy Metal Pollution, In Microbial Control of Pollution*, Society for General Microbiology Symposium, Cambridge University Press, UK,pp. 59-88
- [7] Nurul K, E. (2009). *Adsorpsi Logam Berat*. oseana **36**(4).
- [8] Horsfall Jnr, M., .F.E dan E.E Akporhonor (2006). *Recovery Lead and cadmium ion from Metal-Loaded Using Acidid Basic and neutral elvent solution elec. Biotech* **9**: 152-156
- [9] Hadi, B. *Kinetic and Equilibrium of Cadmium Biosorption by Yeast Cell S. cerevisiae And K fragilis. J.of Chem. Reaktor engine 1*: 1-16.
- [10] Mawardi, Sugiharto,E., Mudjiran, H., dan Prijambada, I.D., (1997), *Biosorpsi Timbal oleh Biomassa Saccharomyces cerevisiae*. BPPS, 20, 203-213
- [11] Harris P.O and Ramelow G. J. (1990). *Binding of metal ions by particulate biomass derive from Chlorella Vulgerris and Scendesmus quadricauda* Environ. Sci. Technol. 24: 220-224 Macmilan Publishing Co. Inc. New York
- [12] Ranke, W. (2005). *Adsorption and desorption*.http." from <http://edoc.mpg.de/246317>.