



Konsentrasi Optimum dan Model Isotherm *Bovine Serum Albumin* (BSA) dalam Matriks Silika Gel dengan Pemanfaatan Silika yang bersumber dari Pasir Alam

Johnson N. Naat^{1,*}, Yosep Lawa², Yantus A. B Neolaka³, Horiana Haki⁴, Dewi Lestarani⁵, Sri Sugiarti⁶, Dyah Iswanti^{7,*}

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan-Universitas Nusa Cendana-Kupang, 85001, Indonesia

^{6,7}Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 16144, Indonesia

*e-mail korespondensi: johnson_naat@staf.undana.ac.id; dyahprado@yahoo.co.id

Info Artikel:

Dikirim:

05 Oktober

Revisi:

25 Oktober

Diterima:

30 Oktober 2021

Kata Kunci:

Konsentrasi optimum, bovine serum albumin, silika gel, isotherm, Pasir Takari

Abstrak-Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi optimum dan model isotherm *bovine serum albumin* (BSA) dalam matriks silika gel dengan pemanfaatan silika yang bersumber dari pasir alam Takari. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan preparasi sampel, ekstraksi silika (SiO_2), penentuan konsentrasi optimum, dan model isotherm BSA pada matriks silika gel yang dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penentuan konsentrasi optimum BSA dalam matriks silika gel dibuat dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L pada pH dan waktu kontak optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi optimum adsorpsi BSA pada konsentrasi 40 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 99,06%. Adsorpsi BSA mengikuti model isotherm Langmuir tipe 2 dengan nilai $R^2 = 0,9492$ dan kapasitas adsorpsinya sebesar 9,5057 mg/g. Proses adsorpsi BSA oleh silika dalam matriks silika gel terjadi secara kimia dan monolayer.

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah seperti bahan alamnya. Dewasa ini telah dikembangkan berbagai teknik pengolahan bahan alam menjadi silika (SiO_2) sebagai salah satu adsorben alternatif. Sumber silika yang banyak digunakan dari bahan alam seperti abu sekam padi, lumpur dan pasir alam [1], [2]. Melihat potensi dan kelimpahan pasir yang sangat tinggi di Indonesia khususnya di Nusa Tenggara Timur (Pulau Timor) maka dalam artikel ini akan dilaporkan pasir alam dari Takari pulau Timor sebagai sumber silika. Pasir alam Takari memiliki kualitas yang sangat bagus karena memiliki tingkat kehalusan dan kemurnian yang tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Naat, *et al.*, (2018) kadar silika (SiO_2) yang telah di ekstraksi dari pasir alam Takari adalah sebesar 97,8%. Tingginya kandungan silika dalam pasir alam Takari ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben berbasis silika seperti silika gel [3].

Silika gel merupakan salah satu bahan dasar adsorben berbasis silika yang dihasilkan dari penggumpalan sol natrium silikat (Na_2SiO_3) [4]. Silika gel memiliki beberapa karakteristik seperti stabil pada suasana asam, memiliki pertukaran massa yang tinggi, daya tahan terhadap panas yang besar, mudah di produksi dan sifatnya yang inert, hidrofilik, mempunyai kestabilan termal dan mekanik yang sangat tinggi serta relatif tidak mengembang dalam pelarut organik jika dibandingkan dengan padatan resin polimer organik [5]. Namun, dilain sisi silika gel belum efektif dalam mengadsorpsi yang dikarenakan pada silika gel jenis situs aktif hanya berupa gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si). Gugus silanol mempunyai sifat keasaman yang rendah dan juga oksigen sebagai atom donor yang sifatnya lemah akibat oksigen terikat langsung pada atom Si dalam struktur silika. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi terhadap silika gel dengan mendesain molekul untuk membentuk permukaan baru pada silika gel, yang mengandung

molekul organik dengan menggunakan agen pengikat silang sebagai prekursor [6]. Salah satu gugus fungsional yang dapat digunakan adalah *bovine serum albumin* (BSA).

BSA merupakan suatu protein globular yang tersusun dari dua puluh asam amino esensial [7]. BSA memiliki beberapa kelebihan yang terdapat pada sifat stabilitasnya, tahan panas hingga 60°C selama 10 jam, stabil pada kisaran pH 4-9 dan kelarutan yang tinggi pada kisaran pH 7,4 [8]. Sifat-sifat tersebut, ketika bergabung dengan non toksisitas dan sifat koneksi ligan yang sangat baik dapat membuat BSA memenuhi syarat untuk digunakan sebagai imobilisasi silika nanopartikel. Modifikasi silika dengan BSA bertujuan untuk meningkatkan kemampuan silika dalam mengadsorpsi senyawa organik dan modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan dispersibilitas dari nanopartikel dalam larutan atau matriks. Menurut Mallakpour dan Nazari, (2018), hal ini karena BSA memiliki gugus aminopropil yang dapat berikatan dengan gugus hidroksil dari silika melalui ikatan hidrogen dengan tujuan penggabungan untuk mendapatkan adsorben yang memiliki pori-pori besar dari silika dan gugus aktif yang reaktif dan juga menghasilkan ikatan yang lebih kuat sehingga situs aktif yang dihasilkan akan semakin stabil karena matriks silika dengan BSA yang dihasilkan lebih teratur dimana akan meningkat 2 kali lipat dengan stabilitas termalnya meningkat sekitar 37% [9].

Konsentrasi optimum merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan kinerja suatu adsorben dalam proses adsorpsi. Optimasi dalam proses adsorpsi bertujuan untuk mengetahui pada konsentrasi berapa adsorbat akan teradsorpsi secara optimal serta dalam berada keadaan stabil [10]. Sedangkan kapasitas adsorpsi merupakan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat. Semakin besar nilai kapasitas adsorpsi maka akan semakin baik kemampuan menyerap adsorbat [11]. Kapasitas adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor dan juga pola isotherm tertentu yang spesifik. Faktor yang mempengaruhi besar kecilnya kapasitas adsorpsi antara lain yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang di adsorpsi dan suhu [12], [13].

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka setiap adsorben yang menyerap suatu zat dengan zat lain tidak akan mempunyai model isotherm yang sama. Terdapat beberapa model isotherm mulai dari isotherm dengan satu parameter sampai isotherm dengan 5 parameter yang mencakup model isotherm Langmuir [14], isotherm Freundlich [15], isotherm Dubinin-Redushkevich (DKR) [16], isotherm Brunauer-Emmett-Teller (BET) [17], isotherm Temkin [14], isotherm Harkin-Jura [18], isotherm Jovanovic [15] dan isotherm Redlich-Peterson [15].

Suatu isotherm adsorpsi menunjukkan hubungan antara jumlah logam yang teradsorpsi per berat adsorben dengan konsentrasi kesetimbangan logam di dalam larutan. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi suatu adsorben dipengaruhi oleh konsentrasi adsorbat. Semakin besar konsentrasi adsorbat, semakin banyak jumlah adsorbat yang dapat diadsorpsi sehingga tercapai keseimbangan tertentu (Astandana, dkk., 2016). Penelitian oleh M. Jin Hwang, *et al.*, 2013 mengkaji model isotherm adsorpsi BSA pada nanosilika berongga monodispersi yang dianalisis menggunakan model isotherm Langmuir dan Freundlich memperoleh nilai koefisien korelasi R^2 yang lebih baik ditunjukkan oleh model isotherm Langmuir ketimbang model isotherm Freundlich [19].

Penelitian yang berkaitan dengan optimasi konsentrasi, kapasitas adsorpsi dan isotherm telah dilakukan oleh Naat, *et al.*, (2018), yang yang mensintesis silika dari pasir alam Takari untuk mengetahui kondisi konsentrasi yang paling optimal dalam mengadsorpsi ion Cu(II) dengan melakukan variasi konsentrasi awal ion Cu(II). Besar konsentrasi yang paling optimal untuk mengadsorpsi ion Cu(II) yaitu pada konsentrasi 60 mg/L dengan besar efisiensi adsorpsi sebesar 99.3% yang mengikuti model isotherm Langmuir dengan besar nilai kapasitas adsorpsi adalah 27 mg/g [3]. Sedangkan penelitian oleh Timin, *et al.*, (2014), yang memodifikasi *bovine serum albumin* (BSA) ke permukaan silika. Dalam penelitian ini nilai Kapasitas adsorpsi maksimum dari BSA yaitu $71,54 \pm 2,0$ mg/g [20]. Kemudian untuk menentukan model isotherm yang sesuai dengan data hasil penelitian maka dilakukan analisis secara regresi linear sederhana yaitu dengan melihat data nilai koefisien korelasinya (R^2) yang mendekati dengan satu. Penelitian lain terkait optimasi konsentrasi BSA juga dilakukan oleh Akgul. M, *et al.*, (2008), tentang adsorpsi BSA pada

permukaan *clinoptilolite* yang digunakan berupa zeolit. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum BSA pada 400 mg/L dengan besar kapasitas adsorpsi 388 mg/g [21]. Penelitian tentang adsorpsi atau modifikasi silika yang berasal dari pasir alam Takari-pulau Timor dengan BSA belum pernah dilaporkan sebelumnya sehingga dalam artikel ini dilaporkan optimasi konsentrasi dan model isotherm *bovine serum albumin* (BSA) dalam matriks silika dengan pemanfaatan pasir alam Takari-pulau Timor sebagai sumber silika.

METODE PENELITIAN

Preparasi Sampel

Pasir yang telah diambil dari Takari ditimbang sebanyak 400 gram, lalu dicuci dengan aquades dan diproses melalui *wise stirrer* dengan kecepatan putar 272,72 rpm selama 5 menit. Proses pencucian diulang sebanyak 3 kali untuk menghilangkan pengotor berupa tanah dan pengotor lainnya. Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 2 jam, kemudian dihaluskan dengan menggunakan diskmill dan diayak dengan ayakan 200 mesh. Pasir hasil ayakan ditimbang sebanyak 50 gram dan direndam dengan HCl 2 M sebanyak 200 mL selama 12 jam untuk menghilangkan pengotor selain SiO₂. Selanjutnya, pasir dicuci dengan aquades, proses pencucian dilakukan hingga pH dari pasir hasil rendaman netral. Kemudian, pasir disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Hasilnya digerus menggunakan mortal sehingga didapatkan ukuran serbuk pasir yang homogen. Ekstraksi Silika (SiO₂) menggunakan metode metode hidrotermal (pembentukan natrium silikat (Na₂SiO₃)) dan kopresipitasi. Sebanyak 16 gram serbuk pasir Takari berukuran 200 mesh dilarutkan dalam 240 mL larutan NaOH 7 M dan direfluks pada suhu 105°C sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 6 jam hingga terbentuk campuran (natrium silikat). Selanjutnya campuran natrium silikat dicampurkan dengan 240 mL aquades dan didiamkan selama 24 jam kemudian dipisahkan melalui penyaringan menggunakan kertas saring *whatman* No.42. Filtrat tersebut kemudian dititrasi dengan menggunakan larutan HCl 2 M sampai pH 7 sambil terus diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga terbentuk endapan putih. Endapan putih yang terbentuk kemudian didiamkan sampai suhu ruang dan dicuci menggunakan aquades panas sebanyak 5 kali. Selanjutnya disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam silika. Serbuk putih yang diperoleh adalah silika gel hasil ekstraksi.

Pembuatan Pereaksi Lowry-Follin

Pereaksi A: 2 gram Na₂CO₃ dilarutkan dalam 100 mL NaOH 0,1 N. Pereaksi B: 2 mL larutan CuSO₄.5H₂O 1% ditambahkan ke dalam larutan NaK-tartrat 1%. Pereaksi C: 2 mL pereaksi B ditambahkan 100 mL pereaksi A. Pereaksi D: Reagen Folin Cioceltea dilarutkan dalam aquades dengan perbandingan volume yang sama.

Pembuatan Larutan Standar BSA 1000 mg/L

Sebanyak 1 gram BSA dilarutkan dan ditepatkan dengan aquades dalam labu takar 1000 mL sampai tanda batas kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kurva kalibrasi.

Penentuan Konsentrasi Optimum

Sebanyak masing-masing 0,1 gram silika-BSA diinteraksikan dengan masing-masing 25 mL larutan BSA dengan berbagai variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40 dan 50 mg/L selama waktu optimum dan pH optimum yang telah ditentukan. Kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 300 rpm. Setelah diaduk, hasil tersebut kemudian disentrifugasi selama 10 menit. Hasilnya berupa adsorben yang kemudian diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan dalam 8 mL reagen Lowry didiamkan selama 10 menit, ditambahkan dengan 1 mL reagen Folin dikocok dan didiamkan selama 20 menit. Kemudian larutan yang diperoleh dianalisis dengan UV-Vis untuk menentukan konsentrasi BSA yang teradsorpsi dengan menggunakan persamaan [22] :

$$Q = \frac{(C_0 - C_t)V}{m} \tag{1}$$

Kemudian dapat dihitung nilai efisiensi adsorpsi dengan menggunakan persamaan 2 untuk menentukan konsentrasi optimum [23].

$$\%Ep = \frac{C_{awal} - C_{sisa}}{C_{awal}} \times 100\% \tag{2}$$

Penentuan model Isotherm Adsorpsi

Setelah diperoleh data konsentrasi optimum, bisa ditentukan model isotherm dan kapasitas adsorpsi Sillika-BSA digunakan persamaan isotherm adsorpsi. Model isotherm adsorpsi yang digunakan yaitu model isotherm Langmuir, model isotherm Freundlich, model isotherm Dubinin-Radushkevich (DKR), model isotherm Temkin dan model isotherm Brunauer-Emmett-Teller (BET), model isotherm Harkin Jura, model Isotherm Jovanovic, model Isotherm Radlich-Peterson. Bentuk persamaan dari masing-masing isotherm ditampilkan pada Tabel 1. Pola isotherm yang sesuai dapat diketahui dengan membandingkan nilai R² dari grafik yang diberikan oleh setiap model isotherm. Apabila salah satu grafik nilai R² mendekati 1 maka kapasitas adsorpsi adsorben Sillika-BSA dapat dihitung menggunakan persamaan isotherm yang sesuai.

Tabel 1. Model matematika yang digunakan untuk mempelajari isotherm adsorpsi silika-BSA

Model Isotherm Adosrpsi	Bentuk Linear	Plot Grafik (x vs y)	Referensi
Langmuir Tipe 1	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L Q_m} + \left(\frac{1}{Q_m}\right) C_e$	C _e vs C _e /q _e	[15], [22], [24]
Langmuir Tipe 2	$\frac{1}{q_e} = \left(\frac{1}{Q_m K_L}\right) \frac{1}{C_e} + \left(\frac{1}{Q_m}\right)$	1/C _e vs 1/q _e	[25], [17], [15]
Freundlich	$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e$	log C _e vs log q _e	[25], [12], [17], [18]
DKR	$\ln q_e = \ln q_s - k_{DKR} \cdot \epsilon^2$	ε ² vs ln q _e	[25], [17], [15]
Temkin	$q_e = \left(\frac{RT}{b_T} \ln A_T\right) + \left(\frac{RT}{b_T} \ln C_e\right)$	ln C _e vs q _e	[25], [17], [15]
BET	$\frac{C_e}{q_e(C_0 - C_e)} = \frac{1}{q_m C_{BET}} + \frac{(C_{BET} - 1) C}{q_m C_{BET} C}$	$\frac{C_e}{C_s}$ vs $\frac{C_e}{q_e(C_0 - C_e)}$	[25], [17], [15]
Harkin Jura	$\frac{1}{q_e^2} = \frac{B}{A} - \left(\frac{1}{A}\right) \log C_e$	Log C _e vs $\frac{1}{q_e^2}$	[15], [24], [26]
Jovanovic	$\ln q_e = \ln q_{max} - K_J C_e$	C _e vs ln q _e	[15], [24]
Radlich-Peterson	$q_e = \frac{K_{RP} C_e}{1 + \alpha_{RP} C_e^g}$	C _e vs q _e	[15], [24], [26]

HASIL DAN PEMBAHASAN

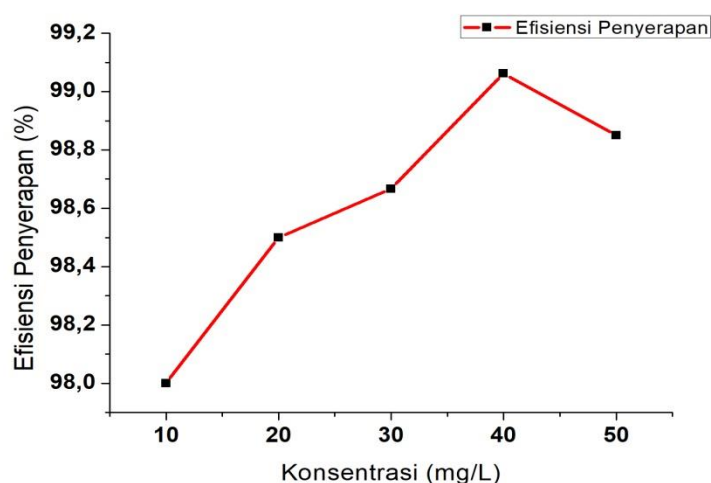
Optimasi konsentrasi silika BSA pada matriks silika gel.

Konsentrasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi selain derajat keasaman, waktu kontak dan lain sebagainya, dimana konsentrasi yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah akan membuat adsorben tidak bekerja dengan dengan baik atau optimal [27]. Tujuan penentuan konsentrasi optimum dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui besarnya konsentrasi optimum pada proses adsorpsi silika BSA. Variasi konsentrasi larutan BSA yang digunakan mulai dari 10, 20, 30, 40 dan 50 mg/L pada pH 5 yang merupakan pH optimum dari silika yang diimobilisasi dengan BSA [28] dan waktu kontak optimum dengan masing-masing 25 mL dan massa adsorben 0,1 gram yang merupakan massa optimum dari silika-BSA. Penggunaan pH 5 dalam penelitian ini, dikarenakan titik isoelektrik dari BSA mulai dari 4,7 sampai 5,5. Dimana jika pada pH diatas dari titik isoelektrik tersebut maka BSA akan bermuatan negatif sehingga akan saling tolak menolak dengan silika. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kobiak, *et al.*, (2017) dimana pH maksimum untuk terbentuknya adsorben silika yang mengadsorpsi BSA adalah pada pH 5. Kemudian di *stirrer* pada kecepatan 300 rpm selama 80 menit yang merupakan waktu kontak optimum silika BSA dengan tujuan *stirrer* untuk

menghomogenkan larutan antara silika dan BSA agar silika dapat berinteraksi dengan BSA secara optimal [28]. Kemudian masing-masing variasi larutan disentrifugasi selama 10 menit dengan tujuan untuk memisahkan endapan dan filtratnya. Kemudian filtratnya diambil dan diukur dengan menggunakan Uv-Vis. Analisis dengan Uv-Vis dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi optimum *bovine serum albumin* (BSA) yang teradsorpsi pada adsorben silika. Data hasil optimasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Data hasil pengukuran konsentrasi optimum silika-BSA

Co (mg/L)	Abs	Ce (mg/L)	C _{terjerap} (mg/L)	Qe (mg/g)	%Ep
10	0,012	0,20	9,80	2,45	98,00
20	0,016	0,30	19,70	4,92	98,50
30	0,02	0,40	29,60	7,40	98,66
40	0,019	0,375	39,62	9,90	99,06
50	0,027	0,575	49,42	12,35	98,85



Gambar 1. Kurva hubungan konsentrasi dan efisiensi penyerapan *bovine serum albumin* (BSA)

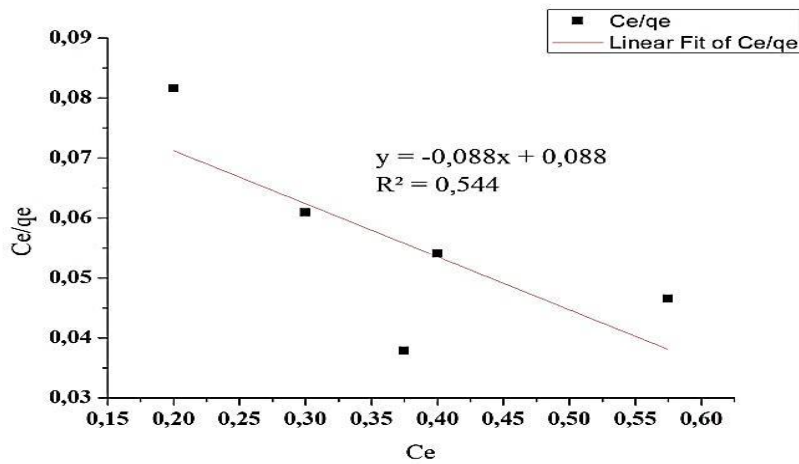
Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 terlihat bahwa efisiensi adsorpsi adsorben silika-BSA mengalami peningkatan dari konsentrasi awal 10-40 mg/L dan mengalami penurunan pada konsentrasi awal 50 mg/L. Hal ini dapat terjadi karena faktor kesetimbangan adsorpsi BSA pada permukaan silika yang belum optimal sehingga terus terjadi peningkatan penyerapan untuk mencapai keoptimalannya. Ketika proses kesetimbangan adsorpsi BSA tercapai, maka pada permukaan silika akan terisi penuh oleh molekul BSA sehingga tidak dimungkinkan lagi terjadi proses adsorpsi. Dimana pada saat konsentrasi awal larutan dibawah 40 mg/L kandungan BSA dalam larutan tidak memadai bila dibandingkan dengan kandungan gugus pengikat dalam adsorben silika sehingga adsorpsi masih mengalami peningkatan. Sedangkan pada konsentrasi awal diatas 40 mg/L kandungan BSA dalam larutan lebih bila dibandingkan kandungan gugus pengikat dalam adsorben silika sehingga proses adsorpsi berhenti pada konsentrasi optimum. Sehingga konsentrasi optimum *Bovine Serum Albumin* (BSA) terjadi pada konsentrasi 40 mg/L karena situs aktif pada matriks silika telah terisi penuh oleh molekul BSA sehingga tidak dimungkinkan terjadi penyerapan (proses adsorpsi) dan diperkirakan efisiensi penyerapan konstan dengan jumlah zat yang teradsorpsi sebesar 9,906 mg/g dan efisiensi penyerapan sebesar 99,06%.

Penelitian tentang konsentrasi optimum juga dilakukan oleh Akgul, *et al.*, (2008), tentang adsorpsi BSA pada permukaan clinoptilolite dengan dengan clinoptilolite yang digunakan berupa zeolit. Dengan variasi konsentrasi BSA mulai dari 50 hingga 450 mg/L. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi optimum BSA pada 400 mg/L dengan besar kapasitas adsorpsi 388 mg/g [21].

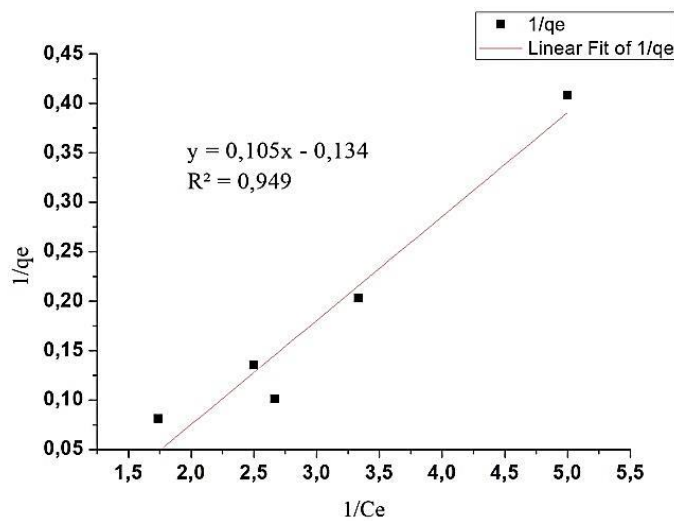
Model Isotherm Adsorpsi *Bovine Serrum Albumin* (BSA) menggunakan silika dari pasir Alam

Proses adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi dan suhu [12]. Oleh karena beberapa faktor tersebut maka setiap adsorben yang menyerap suatu zat yang satu dengan zat lain tidak akan mempunyai model isotherm adsorpsi yang sama. Isotherm adsorpsi menggambarkan konsentrasi yang bergantung pada kesetimbangan distribusi ion-ion logam antara larutan dan fase padat. Untuk menjelaskan kesetimbangan adsorpsi BSA hasil eksperimen isotherm maka dilakukan analisis data menggunakan delapan pemodelan isotherm adsorpsi, yaitu model isotherm Langmuir, Freundlich, DKR, Temkin, BET, Harkin Jura, Jovanovic dan Radlich-Peterson. Model isotherm yang sesuai dapat diketahui dengan membandingkan nilai R^2 dari grafik yang diberikan oleh setiap model isotherm. Grafik nilai R^2 yang mendekati 1 maka kapasitas adsorpsi adsorben Sillika-BSA dapat dihitung menggunakan persamaan isotherm tersebut. Grafik hasil perhitungan model isotherm adsorpsi BSA dapat dilihat pada Gambar 2.

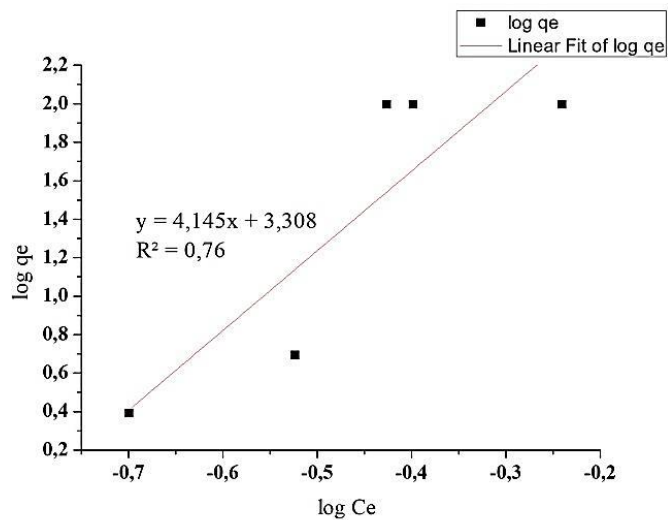
(a) Isotherm Langmuir Tipe 1



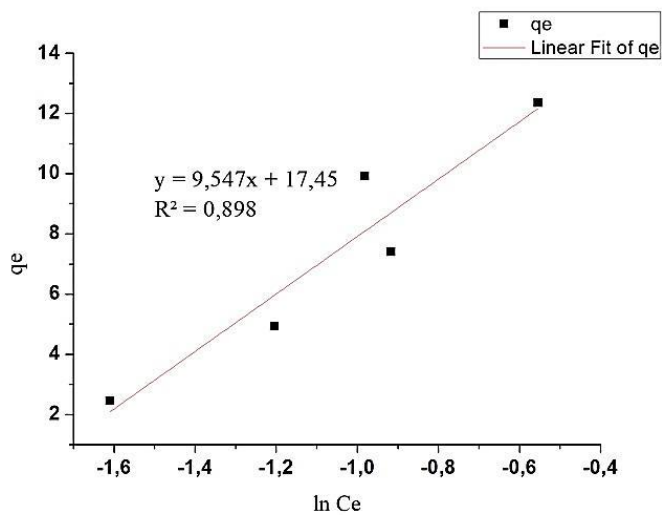
(b) Isotherm Langmuir Tipe 2



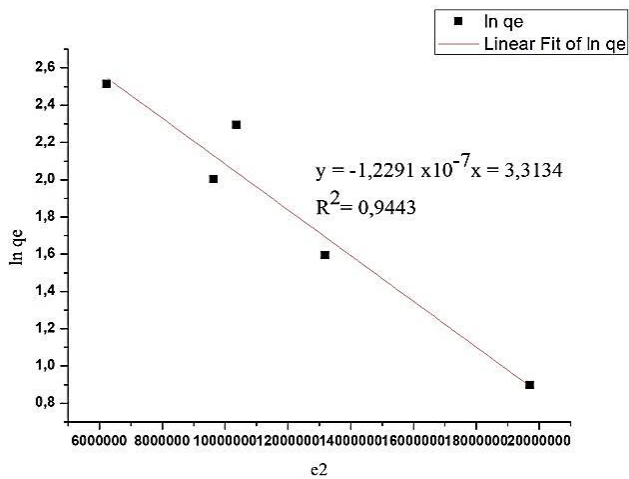
(c) Isotherm Freundlich



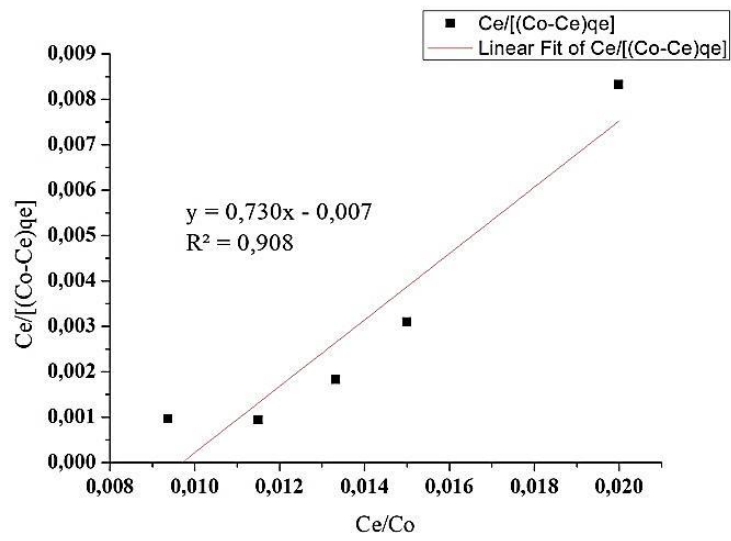
(d) Isotherm Temkin



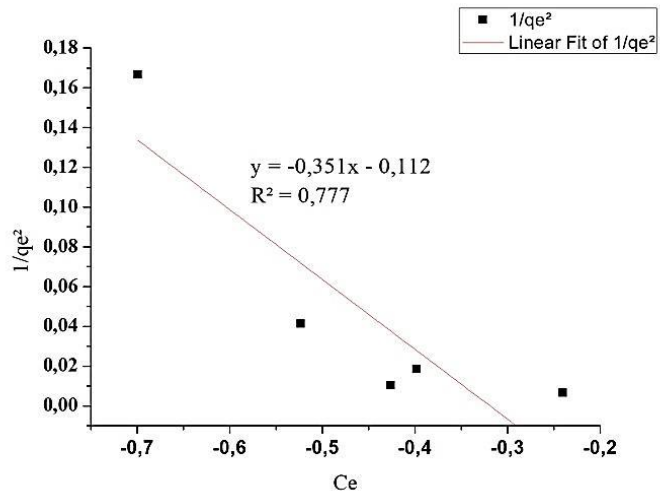
(e) Isotherm DKR



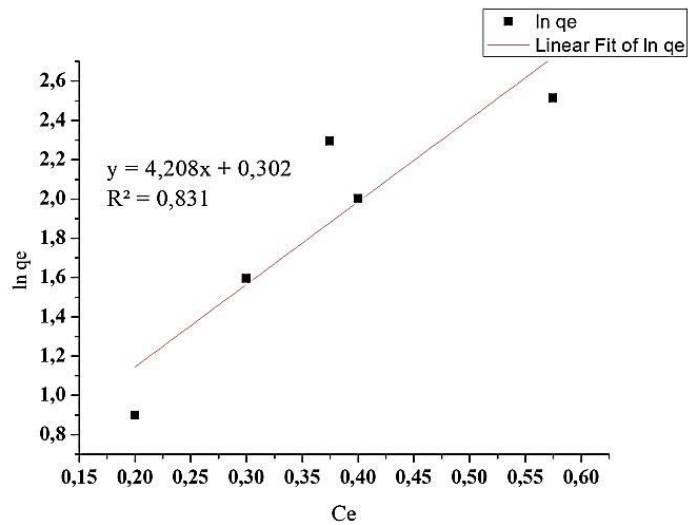
(f) Isotherm BET



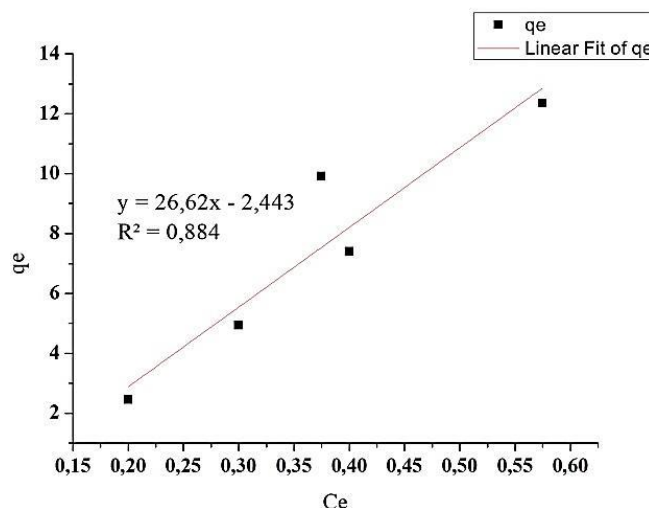
(g) Isotherm Harkin Jura



(h) Isotherm Jovanovic



(i) Isotherm Radlich-Peterson



Gambar 2. Grafik Model Isotherm Adsorpsi *Bovine Serum Albumin* (BSA)

Pada penelitian ini model isotherm yang sesuai untuk adsorpsi BSA pada adsorben silika dalam matriks silika gel adalah model isotherm Langmuir karena memiliki koefisien korelasi yang mendekati satu dibandingkan dengan model isotherm yang lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada model tersebut diperoleh $R^2 = 0,949$ dengan nilai kapasitas adsorpsi monolayer (q_m) sebesar 9,5057 mg/g. Model isotherm Langmuir menjelaskan bahwa proses adsorpsi terjadi pada lapisan tunggal (*single layer*) pada permukaan yang homogen [29]. Akibatnya jika sekali molekul adsorbat menempati satu tempat pada permukaan adsorben silika maka tidak akan ada lagi adsorpsi yang terjadi pada tempat tersebut. Karena model isotherm ini diasumsikan bahwa adsorpsi BSA terjadi secara kimia dan monolayer pada sejumlah situs tertentu dan terbatas akibat gugus akseptor dari adsorbat terdistribusi secara merata pada permukaan silika sebagai adsorben. Faktor pemisahan konstan tak berdimensi (R_L) merupakan ekspresi penting dalam karakteristik Langmuir [3]. Nilainya dapat ditentukan dengan persamaan 3.

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (3)$$

Jika $0 < R_L < 1$ maka adsorpsi menguntungkan, $R_L = 1$ maka adsorpsi linear, dan jika $R_L = 0$ maka prosesnya irreversible. Penelitian ini memiliki R_L sebesar 0,031 sehingga dapat dikatakan bahwa proses adsorpsi BSA oleh silika dalam matriks silika gel menguntungkan dan dapat diaplikasikan sebagai adsorben [26].

KESIMPULAN

Konsentrasi optimum *bovine serum albumin* (BSA) yang dapat diadsorpsi oleh adsorben silika dalam matriks silika gel adalah 40 mg/L. Pada konsentrasi larutan di atas 40 mg/L, kandungan BSA yang ada dalam larutan lebih banyak dibandingkan dengan kandungan gugus pengikat pada adsorben silika sehingga adsorben sudah mengalami kejenuhan dalam menjerap BSA dan mengakibatkan proses adsorpsi terhenti. Model isotherm adsorpsi mengikuti model isotherm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi sebesar 9,50 mg/g. Proses adsorpsi *bovine serum albumin* (BSA) oleh adsorben silika dalam matriks silika gel terjadi secara kimia dan monolayer.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRP₂M Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas support dana melalui skema PKPT melalui nomor kontrak Nomor: 135/E4.1/AK.04.PT/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Fadli, R. T. Tjahjanto, and Darjito, "Ekstraksi Silika dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Metode Kontinyu," *Kim. Student J.*, vol. 1, no. 2, pp. 182–187, 2013.
- [2] G. F. Agung, M. R. Hanafie, and P. Mardina, "Ekstraksi Silika Abu Sekam Padi Dengan Pelarut KOH," *Konversi*, vol. 2, no. 1, pp. 28–31, 2013.
- [3] J. N. Naat, T. Lapailaka, A. Sabarudin, and R. T. Tjahjanto, "Synthesis and characterization of chitosan-silica hybrid adsorbent from the extraction of timor-east nusa tenggara island silica and its application to adsorption of copper(II) ion," *Rasayan J. Chem.*, vol. 11, no. 4, pp. 1467–1476, 2018, doi: 10.31788/RJC.2018.1144055.
- [4] Meriatna, L. Maulinda, M. Khalil, and Zulmiardi, "Pengaruh Temperatur Pengeringan dan Konsentrasi Asam Sitrat Pada Pembuatan Silika Gel Dari Sekam Padi," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 4, no. 1, pp. 78–88, 2015.
- [5] Buhani and Suharso, "Modifikasi silika dengan 3-aminopropiltrimetoksisilan melalui proses sol gel untuk adsorpsi ion Cd(II) dari larutan," *J. Sains MIPA*, vol. 16, no. 3, pp. 177–183, 2010.
- [6] A. Mulyasuryani, B. Rumhayati, and C. Cahyani, "Adsorpsi Pb 2 + dan Cu 2 + Menggunakan Kitosan-Silika dari Abu Sekam Padi," vol. 3, no. 2, 2013.
- [7] I. M. A. Suryanatha, W. Bebas, and D. N. D. I. Laksmi, "Penambahan Bovine Serum Albumin pada Pengencer Beltsville Thawing Solution terhadap Motilitas dan Daya Hidup Spermatozoa Babi Landrace," *Bul. Vet. Udayana*, no. 21, p. 176, 2019, doi: 10.24843/bulvet.2019.v11.i02.p10.
- [8] J. S. Choi and N. Meghani, "Impact of surface modification in BSA nanoparticles for uptake in cancer cells," *Colloids Surfaces B Biointerfaces*, vol. 145, pp. 653–661, 2016, doi: 10.1016/j.colsurfb.2016.05.050.
- [9] S. Mallakpour and H. Y. Nazari, *Ultrasonic-assisted fabrication and characterization of PVC-SiO₂ nanocomposites having bovine serum albumin as a bio coupling agent*, vol. 39, 2017.
- [10] Reflis, M. Nurung, and J. D. Pratiwi, "Motivasi Petani Dalam Mempertahankan Sistem Sumatera Utara (the Motivation of Farmers To Preserve the Traditional System of Paddy Sawah Farming in Parbaju Julu Village North Tapanuli County North Sumatra Province) Abstract," *Agriseq*, vol. 10, no. 1, pp. 51–62, 2011.
- [11] S. Aisha, "Pengembangan Sensor Kloramfenikol Berbasis Bovine Serum Albumin Menggunakan Spektrofotometri UV," pp. 1–31, 2016.
- [12] M. Handayani and E. Sulistyono, "Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit," *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Nukl. PTNBR - BATAN*, no. Vi, pp. 130–136, 2009.
- [13] D. Handayani and R. Agustini, "Pengembangan Permainan Tebak Kata Sebagai Media Pembelajaran Pada Materi Kimia Unsur," *UNESA J. Chem. Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 503–510, 2016.
- [14] T. M. Elmorsi, "Equilibrium Isotherms and Kinetic Studies of Removal of Methylene Blue Dye by Adsorption onto Miswak Leaves as a Natural Adsorbent," *J. Environ. Prot. (Irvine, Calif.)*, vol. 02, no. 06, pp. 817–827, 2011, doi: 10.4236/jep.2011.26093.
- [15] N. Ayawei, A. N. Ebelegi, and D. Wankasi, "Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms," *J. Chem.*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/3039817.

- [16] M. A. Al-Ghouti and D. A. Da'ana, "Guidelines for the use and interpretation of adsorption isotherm models: A review," *J. Hazard. Mater.*, vol. 393, p. 122383, 2020, doi: 10.1016/j.jhazmat.2020.122383.
- [17] S. Isoterm, D. A. N. Termodinamika, F. Keguruan, D. A. N. Ilmu, and U. N. Cendana, "Arsel arianto pau riwu," *Skripsi*, vol. 4, no. Vi, p. 30, 2019.
- [18] K. Y. Foo and B. H. Hameed, "Insights into the modeling of adsorption isotherm systems," *Chem. Eng. J.*, vol. 156, no. 1, pp. 2–10, 2010, doi: 10.1016/j.cej.2009.09.013.
- [19] M. J. Hwang, O. H. Kim, W. G. Shim, and H. Moon, "Adsorption of BSA on monodispersed hollow silica nanospheres," *Microporous Mesoporous Mater.*, vol. 182, pp. 81–86, 2013, doi: 10.1016/j.micromeso.2013.08.022.
- [20] A. S. Timin, A. V. Solomonov, I. I. Musabirov, S. N. Sergeev, and S. P. Ivanov, "Immobilization of Bovine Serum Albumin onto Porous Immobilization of Bovine Serum Albumin onto Porous Poly (vinylpyrrolidone)-Modified Silicas," *Ind. Eng. Chem. Res.*, no. October 2017, 2014, doi: 10.1021/ie501915f.
- [21] M. Akgül, N. B. Savak, M. Özmak, and A. G. Dumanlı, "Adsorpsi Bovine SerumAlbumin (BSA) pada Clinoptilolite," vol. c, no. 1, pp. 21–29, 2008.
- [22] H. Nguyen, S. You, and A. Hosseini-bandegharai, "Mistakes and inconsistencies regarding adsorption of contaminants from aqueous solutions : A critical review," *Water Res.*, vol. 120, pp. 88–116, 2017, doi: 10.1016/j.watres.2017.04.014.
- [23] S. Mallakpour and H. Yazdan, "Ultrasonics-Sonochemistry The influence of bovine serum albumin-modified silica on the physicochemical properties of poly (vinyl alcohol) nanocomposites synthesized by ultrasonication technique," *Ultrason. - Sonochemistry*, vol. 41, no. September 2017, pp. 1–10, 2018, doi: 10.1016/j.ultsonch.2017.09.017.
- [24] É. C. Lima, M. A. Adebayo, and F. M. Machado, *Kinetic and equilibrium models of adsorption*, no. 9783319188744. 2015.
- [25] Y. A. B. Neolaka *et al.*, "The adsorption of Cr(VI) from water samples using graphene oxide-magnetic (GO-Fe₃O₄) synthesized from natural cellulose-based graphite (kusambi wood or *Schleichera oleosa*): Study of kinetics, isotherms and thermodynamics," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 9, no. 3, pp. 6544–6556, 2020, doi: 10.1016/j.jmrt.2020.04.040.
- [26] F. S. Nworie, F. I. Nwabue, W. Oti, E. Mbam, and B. U. Nwali, "Removal of methylene blue from aqueous solution using activated rice husk biochar: Adsorption isotherms, kinetics and error analysis," *J. Chil. Chem. Soc.*, vol. 64, no. 1, pp. 4365–4376, 2019, doi: 10.4067/s0717-97072019000104365.
- [27] E. Guibal, C. Milot, and J. Roussy, "Influence of hydrolysis mechanisms on molybdate sorption isotherms using chitosan," *Sep. Sci. Technol.*, vol. 35, no. 7, pp. 1021–1038, 2000, doi: 10.1081/SS-100100208.
- [28] E. Binaeian, M. Mottaghizad, A. Hoseinpour Kasgary, and S. Babae Zadvarzi, "Bovine serum albumin adsorption by Bi-functionalized HMS, nitrilotriacetic acid -amine modified hexagonal mesoporous silicate," *Solid State Sci.*, vol. 103, no. March, p. 106194, 2020, doi: 10.1016/j.solidstatesciences.2020.106194.
- [29] L. M. Modeling *et al.*, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 26, no. 3, pp. 1–4, 2019.