

OPTIMASI MASSA DAN pH ADSORPSI TRIPTAMIN MENGGUNAKAN ADSORBEN SILIKA TERMODIFIKASI *BOVINE SERUM ALBUMIN* (SiO₂@BSA)

Selfianus Palus¹, Johnson Nune Naat², Yosep Lawa³, Dewi Lestarani⁴
Pendidikan Kimia, Universitas Nusa Cendana, Indonesia
e-mail korespondensi: Johnson_naat@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan massa SiO₂@BSA dan pH optimum adsorpsi triptamin oleh adsorben silika termodifikasi bovine serum albumin (SiO₂@BSA). Penelitian ini dilakukan melalui tahapan sintesis silika gel dari pasir alam Takari, modifikasi silika dengan BSA, pengaruh optimasi massa SiO₂@BSA dan pengaruh optimasi pH pada adsorpsi triptamin. Penentuan kandungan triptamin menggunakan spektrofotometer *Ultra Violet Visible* (UV-Vis). Penentuan massa dan pH optimum melalui variasi massa SiO₂@BSA yaitu 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1 dan 0,15 gram sedangkan variasi pH yaitu 4, 5, 6, 7 dan 8. Hasil analisis menunjukkan massa optimum untuk mengadsorpsi triptamin oleh adsorben SiO₂@BSA adalah 0,06 gram dengan kapasitas adsorpsi 10,22 mg/g, pH optimum adsorpsi triptamin oleh adsorben SiO₂@BSA adalah 5 dengan kapasitas adsorpsi 10,48 mg/g.

Kata kunci : Adsorpsi, SiO₂@BSA, Triptamin, Massa dan pH optimum

ABSTRACT

This study aims to determine the mass of SiO₂@BSA and the optimum pH for tryptamine adsorption by the adsorbent of modified silica bovine serum albumin (SiO₂@BSA. This research was conducted through the stage of synthesis of silica gel from Takari natural sand, modifying of silica with BSA, optimizing the effect of SiO₂@BSA mass, the effect of pH for tryptamine adsorption. Determination of tryptamine content using an Ultra Violet Visible (UV-Vis) spectrophotometer. Determination of optimum mass and pH through mass variations of SiO₂@BSA, namely 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1 and 0,15 grams while variations in pH are 4, 5, 6, 7 and 8. The result of the analysis showed that the optimum mass of SiO₂@BSA to adsorb tryptamine was 0,06 grams with an adsorption capacity of 10,22 mg/g, the optimum pH for tryptamine adsorption by the adsorbnet SiO₂@BSA was 5 with an adsorption capacity of 10,48 mg/g.

Keyword: Adsorption, SiO₂@BSA, Tryptamine, Optimum Mass, Optimum pH.

PENDAHULUAN

Triptamin merupakan suatu senyawa biogenik amin yang merupakan sekelompok alkaloid monoamina yang dapat disintesis dengan dekarboksilasi asam amino triptofan: dan dapat ditemukan pada tumbuhan, jamur, hewan, mikroba dan amfibia^[1]. Analog triptamin yang dihasilkan oleh modifikasi sintetikanya memainkan peran penting dalam kehidupan manusia karena pengenalan fungsi biologis aktif dalam nukleusnya yang dapat menyebabkan perubahan status fisik dan mental otak manusia. Efek yang disebabkan oleh pemberian triptamin terkait erat dengan strukturnya, karena masing-masing senyawa ini memiliki afinitas reseptor yang berbeda yang terkait dengan fenomena psikoaktif. Untuk menghasilkan fenomena psikotropika, sejumlah kecil triptamin diperlukan karena keracunan dan kematiannya karena beberapa alasan^[2]. Belum banyak penelitian yang dilakukan untuk mengatasi efek keracunan triptamin dalam tubuh. Penelitian ini bertujuan

untuk mengatasi efek keracunan triptamin dalam tubuh dengan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu fenomena dimana sejumlah kuantitas gas menetap pada suatu permukaan, misalnya massa dan pH yang terjadi dari suatu gas atau larutan pada suatu logam. Interaksi yang terjadi akan menyebabkan sifat-sifat logam mengalami modifikasi atau perubahan^[3]. Jenis adsorben yang sering digunakan yaitu silika^[4].

Silika memiliki sifat terapeutik pada alergi dan keracunan makanan yang mampu mengikat racun seperti biogenik amin dari organisme. Silika mempunyai afinitas yang tinggi terhadap protein^[5]. Sintesis silika sebagai adsorben berasal dari bahan-bahan alam salah satunya pasir alam. Pasir alam dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu sekitar 55,30-99,87%^[6]. Pasir alam Takari adalah salah satu jenis sumber silika yang sering dimanfaatkan sebagai adsorben karena kelimpahannya di Provinsi Nusa Tenggara Timur khususnya Pulau Timor. Pasir alam Takari memiliki kualitas pasir yang bagus dan memiliki kemurnian silika hasil ekstraksi hingga 97,8 %^[7]. Pasir alam Takari memiliki kemurnian silika yang tinggi sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben berbasis silika seperti silika gel.

Silika gel adalah salah satu bentuk silika yang sangat berpori, serta memiliki situs aktif berupa gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang dapat berinteraksi dengan senyawa *biogenic amines*^[8]. Gugus silanol ini memiliki sifat keasaman yang rendah dan oksigen sebagai atom donor yang sifatnya lemah akibat oksigen terikat langsung pada atom Si dalam struktur silika^[9]. Namun dengan adanya gugus silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) juga memberikan keuntungan karena memungkinkan terjadinya modifikasi. Salah satu gugus fungsional organik yang dapat digunakan untuk dimodifikasi adalah *Bovine Serum Albumin* (BSA).

BSA memiliki komposisi asam amino dan ukuran molekul yang sangat mirip dengan serum albumin pada manusia^[10]. Modifikasi silika dengan BSA dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan adsorben dengan gugusaktif yang reaktif serta menghasilkan ikatan yang lebih kuat sehingga situs aktif yang dihasilkan akan semakin stabil karena matriks silika dari BSA yang dihasilkan lebih teratur dan kekuatan adsorpsi silika termodifikasi BSA meningkat lebih dari 2 kali lipat^[11].

Keefektifan adsorpsi suatu senyawa biogenik amin oleh adsorben SiO₂@BSA dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu massa optimum dan pH optimum. Tujuan dari optimasi massa dan pH yaitu untuk mengetahui massa optimum yang diserap oleh adsorben dan pada pH berapa triptamin dapat diserap secara optimum oleh adsorben. Berdasarkan hal tersebut, sejauh ini belum ada penelitian optimasi massa dan pH yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari modifikasi silika pasir alam Takari dan BSA (SiO₂@BSA) dalam mengadsorpsi triptamin. Berdasarkan pemaparan di atas maka pada penelitian ini akan dilakukan optimasi massa dan pH adsorpsi triptamin oleh adsorben silika termodifikasi *bovine serum albumin* (BSA). Oleh karena itu, yang menjadi judul penelitian ini adalah “**Optimasi Massa dan pH Adsorpsi Triptamin Menggunakan Adsorben Silika Termodifikasi *Bovine Serum Albumin* (SiO₂@BSA)**”.

METODE

1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen. Tujuan penelitian eksperimen adalah untuk menentukan hubungan sebab akibat antara dua fenomena. Peneliti berkeinginan untuk menemukan bahwa satu variabel yaitu variabel bebas menyebabkan perubahan pada variabel lainnya, yaitu variabel terikat.

2. Waktu dan Tempat penelitian

Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan September 2022 sampai Februari 2023.

Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana Kupang. Analisis kandungan triptamin pada penentuan massa BSA dan pH optimum adsorpsi oleh adsorben SiO₂@BSA menggunakan spektrofotometer Ultra Violet Visibel (UV-Vis) dilakukan di Laboratorium *Bio-Science* Universitas Nusa Cendana sedangkan untuk FTIR dilaksanakan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada.

3. Alat dan Bahan

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, pipet tetes, pipet volum, botol vial, botol semprot, kaca arloji, neraca ohaus, seperangkat alat refluks, oven, termometer, *magnetic stirrer*, lumpang, *wise stir*, ayakan 200 mesh, desikator, spatula, mortal, cawan petri, penjepit *stainless steell*, pH meter, erlenmeyer, seperangkat alat titrasi, *stopwatch*, kertas saring *whatman* No. 42, pemanas listrik, sentrifugator dan spektrofotometer UV-Vis.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adaah pasir alam takari, serbuk BSA, aquades, NaOH *pellet analyse* (Merck KgaA; Darmstadt, Germany), HCl *pro analyse* 37%, KH₂PO₄ (Merck KgaA; Darmstadt, Germany), Triptamin hidroklorida, Natrium karbonat (Merck KgaA; Darmstadt, Germany), Asam sulfanilat *pro analyse* (Merck KgaA; Darmstadt, Germany), NaNO₂ *extra pure for analysis* (CIMS, Indonesia) dan AgNO₃.

4. Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi massa SiO₂BSA (0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1, 0,15 gram), variasi pH adsorpsi triptamin (4, 5, 6, 7, 8).

Variabel Terikat

Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rasio massa optimum SiO₂@BSA dan pH optimum adsorpsi dan triptamin.

Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi triptamin, kecepatan pengadukan, suhu, waktu kontak dan jenis silika.

5. Prosedur Kerja

Sintesis Silika

Preparasi Sampel

Pasir yang sudah diambil dari kecamatan 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 serbuk serta pengotor lainnya. Pasir dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 2 jam, kemudian dihaluskan 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 dan pasir 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)

a. Metode hidrotermal

Sebanyak 16 gram serbuk pasir alam 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 silikat (Na₂SiO₃).

b. Metode kopresipitasi

Campuran natrium silikat yang dihasilkan dicampurkan 240 mL aquades dan didiamkan selama 24 jam kemudian dipisahkan melalui penyaringan menggunakan kertas saring. 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 5 kali menggunakan aquades panas. Pada pencucian ke-5 larutan hasil pencucian diambil 1 mL dan direaksikan dengan 1 mL AgNO₃ untuk mengidentifikasi kandungan HCl. Setelah itu disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam silika dan di peroleh serbuk putih yakni silika.

Pembuatan Adsorben SiO₂@BSA

a. Pembuatan larutan penyangga fosfat

Larutan buffer fosfat dibuat dengan melarutkan 6,89 gram KH₂PO₄ ke dalam 100 mL aquades dan diaduk^[11].

b. Modifikasi silika dengan BSA

Sebanyak 2 gram silika dilarutkan dalam 20 mL buffer dan disonikasi selama 7 menit dengan daya 50 W. Secara terpisah, ditimbang 40 mg BSA kemudian larutan BSA diinterasikan

dengan suspensi silika, diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 80 menit dan disonikasi selama 7 menit dengan daya 50 W. Suspensi yang dihasilkan kemudian disentrifugasi dan dicuci sebanyak 2 kali menggunakan penyangga fosfat dan aquades. Endapan yang diperoleh disaring dan dikeringkan pada suhu ruang^[11].

c. Pembuatan larutan standar triptamin

Sebanyak 0,1 gram triptamin dengan 7 menit dilarutkan dalam 100 mL aquades sehingga membentuk larutan triptamin 1000 mg/L^[12]. Kemudian diencerkan untuk membuat larutan dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 mg/L.

d. Pembuatan Reagen Pauly

Sebanyak 0,9 gram asam sulfanilat dilarutkan dalam 100 mL HCl 1 M, kemudian diambil 3 mL campuran asam sulfanilat dan direaksikan dengan 3 mL larutan NaNO₂ 5%. Kemudian didinginkan dengan rendaman dalam air es selama 5 menit. Larutan hasil perendaman direaksikan dengan 12 mL larutan NaNO₂ 5% dan didiamkan selama 5 menit pada temperatur ruang. Larutan hasil perendaman direndam kembali dalam air es selama 15 menit. Hasil perendaman disimpan selama 12 jam pada temperatur ruang dan selanjutnya siap digunakan^[12,13].

e. Penentuan panjang gelombang optimum

Diambil 1 mL salah satu seri larutan standar triptamin yaitu 80 mg/L dan direaksikan dengan 4 mL larutan Na₂CO₃, 1 mL reagen pauly, dan 1 mL aquades, kemudian dilakukan analisis dengan spektrometer UV-Vis pada panjang gelombang rentang *visible* 400-800 nm. Panjang gelombang optimum diberikan oleh panjang gelombang dengan adsorbansi terbesar^[12,14].

f. Pembuatan kurva kalibrasi

Diambil masing-masing 1 mL larutan standar triptamin 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L dan direaksikan dengan 4 mL larutan Na₂CO₃, 1 mL reagen pauly, dan 1 mL aquades. Kemudian, diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum. Nilai absorbansi dari hasil pengukuran tersebut digunakan untuk membuat kurva hubungan antara konsentrasi dan absorbansi^[12].

Optimasi Massa SiO₂@BSA

Ke dalam 25 mL triptamin 50 mg/L ditambahkan dengan masing-masing variasi massa SiO₂@BSA 20, 40, 60, 80, 100 dan 150 mg diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit dan pH 7 pada suhu ruang. Kemudian, campuran, disentrifugasi lalu disaring, setelah itu diuji adsorbansi filtratnya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Adsorben dengan efisien adsorpsi terbesar merupakan adsorben dengan variasi massa optimum^[15].

Pengaruh pH pada Adsorpsi Triptamin

Masing-masing 0,1 g adsorben SiO₂@BSA yang telah disintesis kemudian diinterasikan dengan 25 mL triptamin 50 mg/L pada variasi pH 4, 5, 6, 7 dan 8 selama 60 menit disentrifugasi. Setelah adsorpsi, suspensi di sentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan berkisar 370 rpm, disaring kemudian diuji adsorbansinya menggunakan spektrometer UV-Vis. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menganalisis kapasitas adsorpsi pada masing-masing pH. Variasi pH dengan kapasitas adsorpsi^[16].

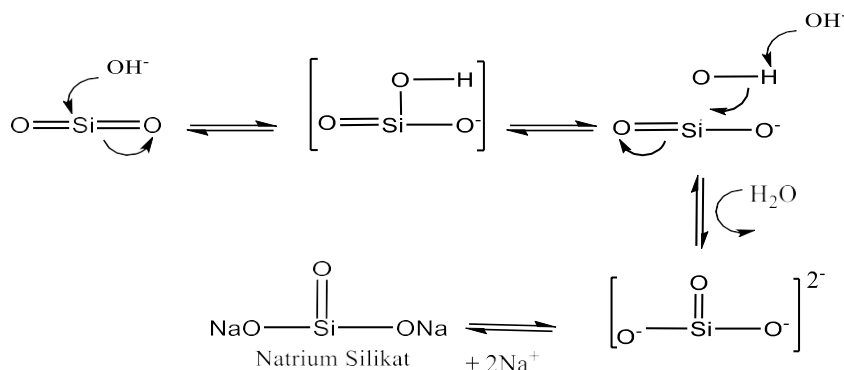
HASIL

1. Sintesis Silika

Perlakuan awal dalam penelitian ini adalah preparasi sampel yang bertujuan untuk mendapatkan pasir yang bebas pengotor agar tidak menghambat proses ekstraksi silika. Hasil dari proses *leaching* ini berupa serbuk pasir yang warnanya sedikit putih, yang kemudian digerus menggunakan mortar sehingga didapatkan ukuran didapatkan ukuran serbuk pasir yang homogen dengan luas permukaan yang lebih besar sehingga lebih efektif bereaksi dengan NaOH.

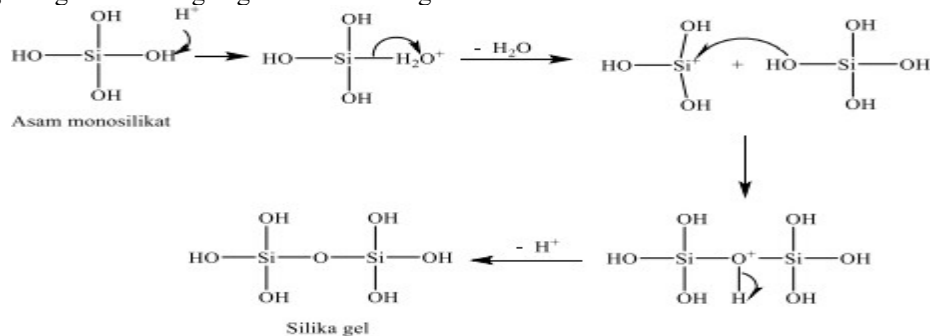
Proses ekstraksi silika dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode basah, dimana metode basah ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap *hidrotermal* dan tahap *kopresipitasi*. Tahap *hidrotermal* terjadi pada proses refluks dengan suhu diatas titik didih normal pelarutnya dan tekanan melebihi tekanan normal pada titik didih normal pelarut. Proses refluks dilakukan pada sistem tertutup, untuk mencegah hilangnya pelarut saat dipanaskan diatas titik didihnya (Fernandes, 2011). Sedangkan tahap kopresipitasi yang merupakan salah satu metode sintesis senyawa anorganik yang didasarkan pada pengendapan lebih dari satu substansi secara bersam-sama ketika melewati titik jenuhnya.

Pada proses *hydrothermal* menghasilkan natrium silikat (Na_2SiO_3), proses pembentukan natrium silikat (Na_2SiO_3) terjadi sesuai persamaan berikut:



Gambar 1. Mekanisme reaksi pembentukan Na_2SiO_3

Filtrat natrium silikat (Na_2SiO_3) yang diperoleh kemudian ditirasi dengan HCl 2 M sampai pH netral sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* hingga terbentuk endapan putih. Dalam proses titrasi ini larutan HCl berfungsi sebagai agen preparasi (Agung *et al.*, 2013) dan sebagai asam kuat yang menetralkan larutan filtrat silika agar terbentuk gel. Proses penambahan HCl pada natrium silikat terjadi reaksi protonisasi, dimana terjadi peristiwa pembentukan gugus siloksi ($\text{Si}-\text{O}$) dengan gugus silanol ($\text{Si}-\text{OH}$). Penambahan asam menyebabkan semakin tinggi konsentrasi proton (H^+) dalam larutan natrium silikat dan sebagian gugus siloksi ($\text{Si}-\text{O}$) akan membentuk gugus silanol ($\text{Si}-\text{OH}$). Selanjutnya gugus silanol berinteraksi dengan gugus siloksi melalui bantuan katalis asam hingga terbentuk gugus siloksan ($\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$). Proses ini terjadi sangat cepat dan terus menerus hingga terbentuk silika *hydrosol* ($\text{Si}(\text{OH})_4$) dengan produk sampingan berupa garam NaCl. Proses titrasi berlangsung hingga pH 7, karena pada 7 jumlah gugus silanol ($\text{Si}-\text{OH}$) dan gugus siloksi ($\text{Si}-\text{O}^-$) berada dalam jumlah yang sama sehingga reaksi pembentukan gel berlangsung cepat dan stabil. Pada kondisi pH 7, silika gel yang dihasilkan memiliki rendemen dan luas permukaan yang paling besar. Endapan putih yang terbentuk kemudian didiamkan pada suhu ruang (303 K) dan dicuci menggunakan aquades panas sebanyak 5 kali, pencucian ini bertujuan untuk melarutkan dan menghilangkan kandungan garam NaCl dan gel silika.

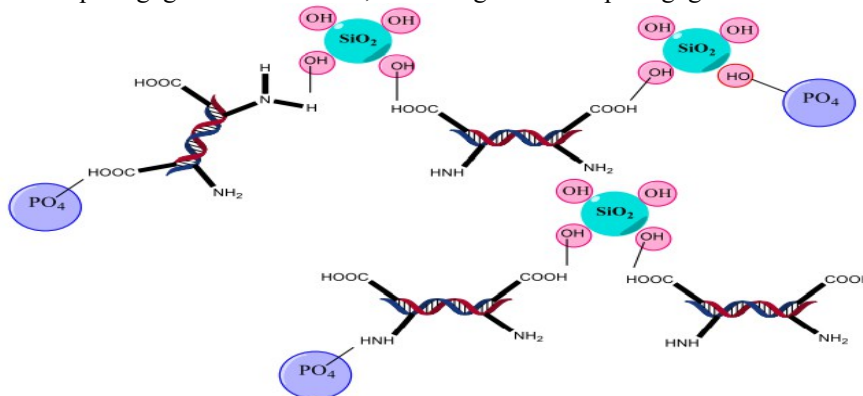


Gambar 2. Mekanisme pembentukan silika Gel

2. Sintesis Adsorben Silika Termodifikasi *Bovine Serum Albumin* ($\text{SiO}_2@BSA$)

Sintesis adsorben $\text{SiO}_2@BSA$ diawali dengan pembuatan larutan *buffer* fosfat, Larutan *buffer* fosfat berfungsi untuk mempertahankan pH larutan sehingga dengan penambahan sedikit asam atau basa tidak terjadi perubahan pH yang terlalu besar. Pada modifikasi silika dengan BSA dilakukan pengadukan selama 80 menit pada kontrol pH 5 dan disonikasi selama 7 menit dengan daya 50 menit. Pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* bertujuan untuk meningkatkan kontak antara BSA dan silika. Saat menit ke-80, BSA terisi penuh pada gugus aktif permukaan silika sehingga memungkinkan tidak terjadinya penyerapan. Sedangkan, pH optimum modifikasi adsorben silika dengan BSA adalah pada pH 5, dimana titik isoelektrik BSA adalah 4,7-5,5. Dalam sonikasi akan terjadi interaksi antara gugus hidroksil dari silika dengan gugus amina dan gugus karboksilat (COOH) dari BSA melalui ikatan hidrogen.

Interaksi antara silika dan BSA terjadi melalui ikatan hidrogen seperti pada Adsorben Gambar 5.8. Ikatan hidrogen yang terbentuk antara lain antara atom O pada gugus silanol dari silika dengan atom H pada gugus amina dari BSA, dan antara atom O pada gugus silanol dari silika dengan atom H pada gugus karboksil dari BSA. Sedangkan, *buffer* fosfat berinteraksi dengan SiO@BSA melalui ikatan hidrogen antara atom O pada gugus fosfat dengan atom H pada gugus amina BSA, dengan atom H pada gugus karboksil BSA, serta dengan atom H pada gugus silanol silika.

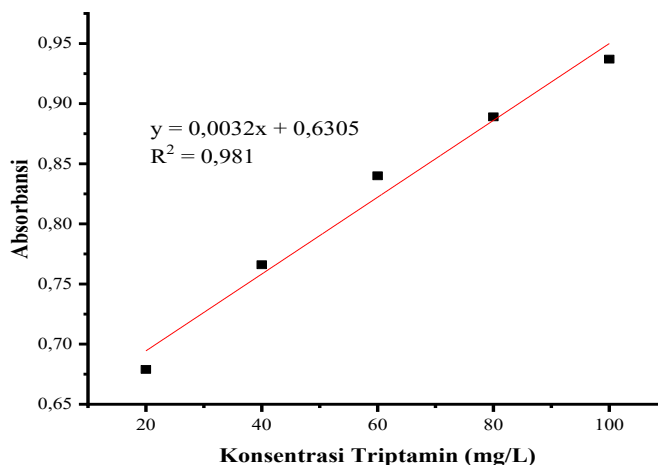


Gambar 3. Interaksi SiO₂ dengan BSA dalam media *buffer* fosfat melalui ikatan hidrogen

Setelah penentuan panjang gelombang optimum, dilakukan pembuatan kurva larutan standar triptamin dengan tujuan untuk memperoleh hubungan antara konsentrasi dan absorbansi serta untuk memperoleh persamaan regresi yang berguna dalam penentuan massa dan pH optimum. Setiap seri larutan standar triptamin ditambahkan dengan reagen Pauly sebagai reagen pengompleks dan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Kurva larutan standar triptamin ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 1. Data absorbansi kurva larutan standar triptamin

| Konsentrasi Triptamin (mg/L) | Absorbansi |
|------------------------------|------------|
| 20 | 0,679 |
| 40 | 0,766 |
| 60 | 0,840 |
| 80 | 0,889 |
| 100 | 0,937 |



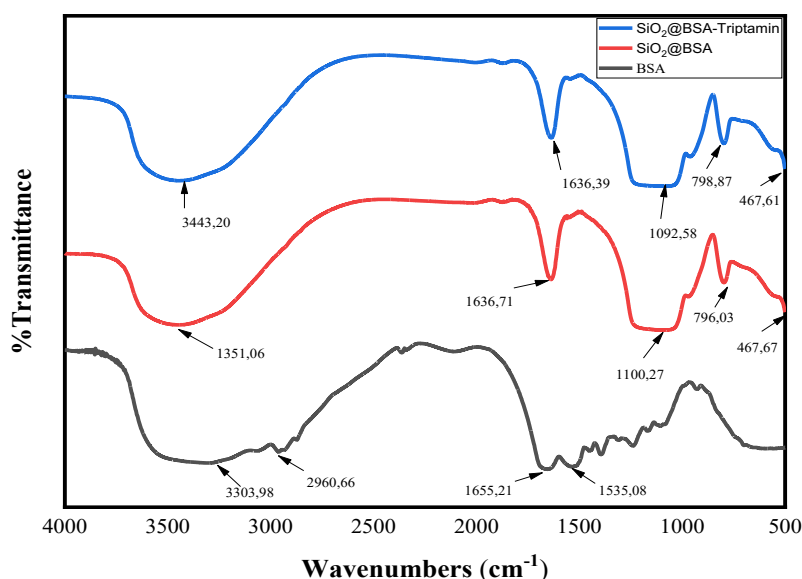
Gambar 4. Kurva larutan standar triptamin

3. Karakterisasi Adsorben

Analisis karakterisasi adsorben menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, FTIR didasarkan pada interaksi antara vibrasi atom-atom yang berikatan atau gugus fungsi molekul

dengan mengadsorpsi radiasi gelombang elektromagnetik infra merah.. Spektrum BSA menunjukkan vibrasi ulur OH pada bilangan gelombang 3303,98 cm^{-1} yang berasal dari gugus BSA aktif meningkat menjadi 3451,06 cm^{-1} dalam $\text{SiO}_2@BSA$. Dimana gugus fungsi OH muncul pada bilangan gelombang 3482-3420 cm^{-1} . BSA memiliki 3 bilangan gelombang masing-masing pada 2960,66 cm^{-1} , yang merupakan vibrasi ulur dari C–H, C–N dan N–H. Hasil karakterisasi FTIR pada $\text{SiO}_2@BSA$ yang menunjukkan adanya gugus fungsi N–H yang berasal dari BSA yang muncul pada bilangan gelombang 1636,71 cm^{-1} . Serapan pada bilangan gelombang 1100,27 cm^{-1} , 796,03 cm^{-1} dan 467,67 cm^{-1} secara berurutan menunjukkan vibrasi ulur asimetris, simetris dan tekuk siloksan.

Kemudian pada spektra $\text{SiO}_2@BSA$ -Triptamin, vibrasi ulur yang berasal dari gugus silika aktif Si–OH ditunjukkan pada bilangan gelombang 3443,20 cm^{-1} dan dikonfirmasi dengan adanya puncak pada serapan bilangan gelombang 1559,68 cm^{-1} . Vibrasi tekuk asimetris gugus $-\text{NH}_3^+$ dari triptamin pada panjang gelombang 1636,39 cm^{-1} yang mengalami overlap dengan vibrasi ulur gugus N–H dari BSA. Panjang gelombang 798,87 cm^{-1} dan 456,17 cm^{-1} berturut-turut menunjukkan vibrasi simetris ulur dari Si–O dan vibrasi tekuk dari gugus siloksan. Untuk spektrum FTIR dapat dilihat pada Gambar 5.

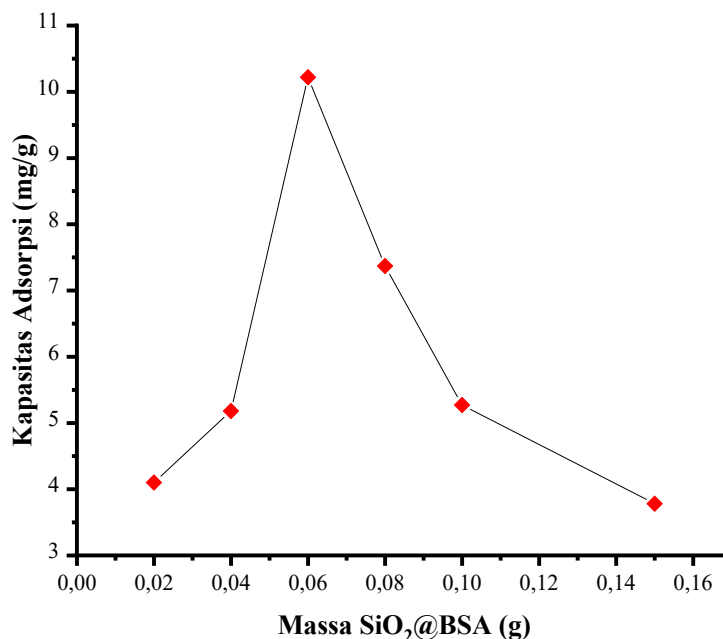


Gambar 5 Kurva FTIR BSA, $\text{SiO}_2@BSA$ dan $\text{SiO}_2@BSA$ -Triptamin

4. Pengaruh Massa $\text{SiO}_2@BSA$ terhadap Adsorpsi Triptamin

Tabel 2. Rekapitan hasil analisis daya adsorpsi triptamin berdasarkan variasi massa $\text{SiO}_2@BSA$

| Massa $\text{SiO}_2@BSA$ (g) | Abs | Konsentrasi awal (mg/L) | Konsentrasi sisa (mg/L) | Konsentrasi terjerap (mg/L) | Daya adsorpsi (mg/g) | Efisiensi adsorpsi (%) |
|------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|
| 0,02 | 0,780 | 50 | 46,72 | 3,28 | 4,10 | 6,56 |
| 0,04 | 0,764 | 50 | 41,72 | 8,28 | 5,18 | 16,56 |
| 0,06 | 0,712 | 50 | 25,47 | 24,53 | 10,22 | 49,07 |
| 0,08 | 0,715 | 50 | 26,41 | 23,59 | 7,37 | 47,18 |
| 0,1 | 0,723 | 50 | 28,91 | 21,09 | 5,27 | 42,18 |
| 0,15 | 0,718 | 50 | 27,34 | 22,66 | 3,78 | 45,32 |



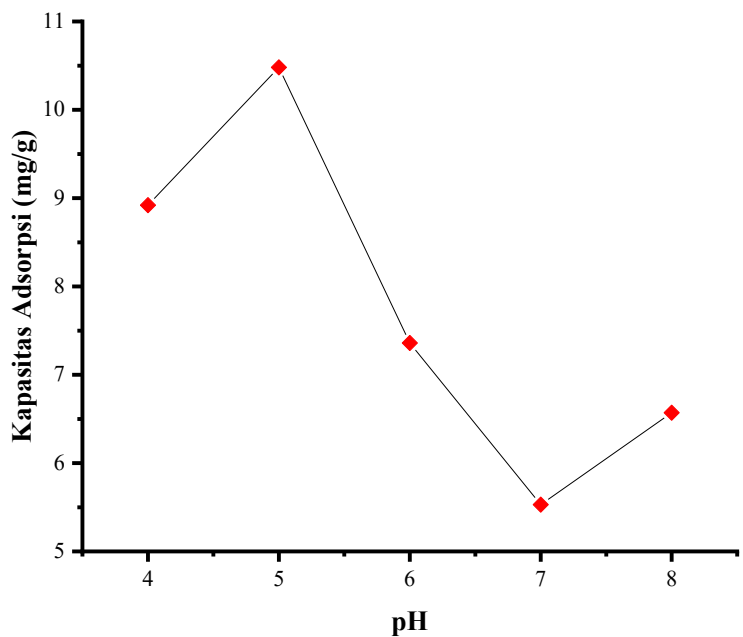
Gambar 6. Kurva daya adsorpsi triptamin berdasarkan variasi massa SiO₂@BSA

Berdasarkan kurva pada Gambar 6 daya adsorpsi triptamin meningkat pada komposisi massa SiO₂@BSA 0,02, 0,04 dan 0,06. Peningkatan kapasitas adsorpsi triptamin ini diasumsikan disebabkan oleh adanya penambahan gugus aktif BSA pada silika gel hingga mencapai proporsi yang maksimal untuk mengadsorpsi triptamin melalui mekanisme pertukaran elektron. Sementara itu pada komposisi massa SiO₂@BSA 0,08, 0,1 dan 0,15 gram, terjadi penurunan kapasitas adsorpsi secara teratur. Penurunan kapasitas adsorpsi ini diasumsikan disebabkan oleh adanya tumpang tindih polimer BSA pada permukaan silika yang menyebabkan timbulnya interaksi antar protein dimana gugus amina yang bersifat elektropositif berinteraksi dengan gugus karboksilat yang bersifat elektronegatif. Interaksi yang ditimbulkan ini diasumsikan akan menyebabkan penurunan gugus aktif adsorben yang dapat berinteraksi dengan triptamin. Oleh karena itu, diasumsikan pada seiring dengan bertambahnya jumlah BSA semakin banyak pula terjadi penurunan jumlah gugus aktif adsorben sehingga kapasitas adsorpsi triptamin menurun.

5. Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Triptamin

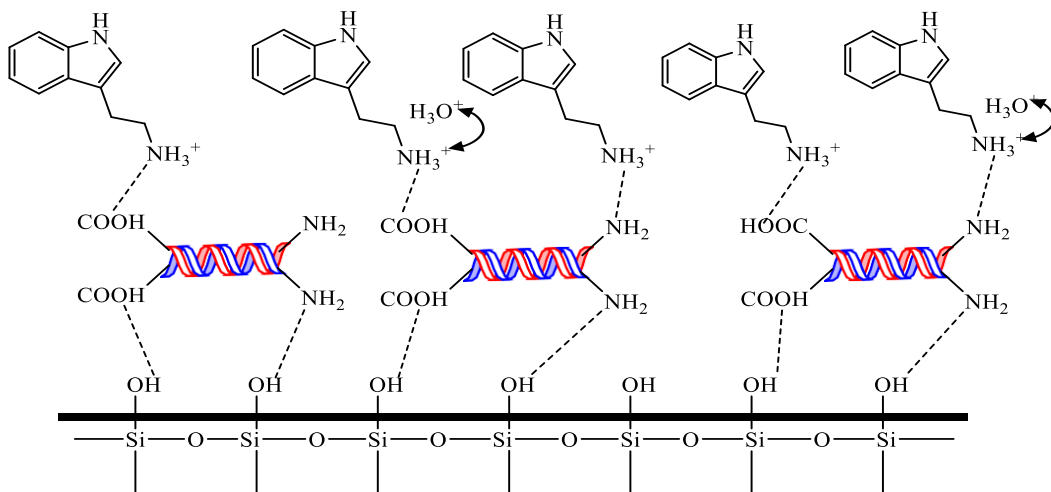
Tabel 3. Rekapitan hasil analisis daya adsorpsi triptamin berdasarkan variasi pH

| pH | Abs | Konsentrasi awal (mg/L) | Konsentrasi sisa (mg/L) | Konsentrasi terjerap (mg/L) | Daya adsorpsi (mg/g) | Efisiensi adsorpsi (%) |
|----------|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|
| 4 | 0,722 | 50 | 28,59 | 21,41 | 8,92 | 42,82 |
| 5 | 0,710 | 50 | 24,84 | 25,16 | 10,48 | 50,32 |
| 6 | 0,734 | 50 | 32,34 | 17,66 | 7,36 | 35,32 |
| 7 | 0,748 | 50 | 36,72 | 13,28 | 5,53 | 26,56 |
| 8 | 0,740 | 50 | 34,22 | 15,78 | 6,57 | 31,56 |



Gambar 7. Kurva daya adsorpsi triptamin berdasarkan variasi pH

Berdasarkan Gambar 7, kapasitas adsorpsi meningkat dari pH 4 hingga 5, kemudian kembali berkurang secara teratur dari pH 6 hingga 8. Peningkatan kapasitas adsorpsi pada pH 4 hingga 5 diasumsikan disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen antara BSA dengan triptamin. Dibandingkan dengan pH 4, pada pH 5 triptamin lebih banyak teradsorpsi pada permukaan adsorben. Hal ini diasumsikan bahwa pada pH 4, BSA cenderung bermuatan positif yang dapat menimbulkan gaya tolak dengan triptamin sehingga dapat mengganggu terbentuknya ikatan hidrogen antara gugus karboksilat dengan triptamin. Sedangkan pada pH 5, BSA berada dalam keadaan netral sehingga ikatan hidrogen yang terjadi antara BSA dan triptamin dapat berlangsung baik. Sementara itu, pada pH 6 sampai 8, terjadi penurunan kapasitas adsorpsi secara teratur. Pada rentang pH ini, BSA cenderung bermuatan negatif (gugus COO⁻), sementara itu triptamin akan cenderung bermuatan positif, sehingga seharusnya pada rentang pH ini terjadi interaksi yang kuat antara BSA dan triptamin yang berdampak pada peningkatan kapasitas adsorpsi. Penurunan kapasitas adsorpsi ini diasumsikan disebabkan oleh kehadiran gugus hidroksi air yang semakin banyak seiring meningkatnya pH. Interaksi triptamin dengan adsorben pada kondisi ini diperkirakan sesuai Gambar 8.



Gambar 8. Interaksi triptamin dengan adsorben SiO₂@BSA pada pH 5.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Massa optimum adsorpsi triptamin pada adsorben SiO₂@BSA adalah 0,06 gram dengan kapasitas adsorpsi 10,22 mg/g.
2. pH optimum adsorpsi triptamin pada adsorben SiO₂@BSA adalah 5 dengan kapasitas adsorpsi 10,48 mg/g. Hal tersebut dikarenakan pada pH 5 kedua gugus BSA cenderung netral sehingga ikatan hidrogen antara triptamin dan adsorben tidak terganggu oleh tolakan elektrostatik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tittarelli, R., Mannocchi, G., Pantano, F., & Romolo, F. S. (2015). *Recreational Use , Analysis and Toxicity of Tryptamines*. 26–46.
- [2] Kousara, S., Sn, A., Jaleela, F., Khana, J., & Naseema, S. (2017). *Biomedical Significance of Tryptamine : A Review*. January. <https://doi.org/10.4172/2329-6887.1000239>
- [3] Laksono, E. W. (2002). Analisis Daya Adsorpsi Suatu Adsorben. *Pendidikan Kimia FMIPA UNY*, 1–7.
- [4] Sriyanti, C. A. dan T. (2005). Adsorption of Cadmium (II) on Thiol-Silica Hybrid From. *Jurnal Kimia, Sains Dan Aplikasi, VIII(Ii)*, 48–54.
- [5] Vlasova, N. N., Golovkova, L. P., & Severinovskaya, O. V. (2005). Adsorption of Bilirubin-albumin Complex on the Surface of Highly Dispersed Silica. *Colloid Journal*, 67(6), 678–682. <https://doi.org/10.1007/s10595-005-0149-6>
- [6] Madina, F. E., Elvia, R., & Candra, I. N. (2017). Analisis Kapasitas Adsorpsi Silika dari Pasir Pantai Panjang Bengkulu Terhadap Pewarna Rhodamine B. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 1(2), 98–101.
- [7] Naat, J. N., Lapailaka, T., Sabarudin, A., & Tjahjanto, R. T. (2018). 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 Journal of Chemistry*, 11(4), 1467–1476. <https://doi.org/10.31788/RJC.2018.1144055>
- [8] Kulik, T. V., Vlasova, N. N., Palyanytsya, B. B., Markitan, O. V., & Golovkova, L. P. (2010). Spectroscopic Study of Biogenic Amine Complexes Formed at Fumed Silica Surface. *Journal of Colloid and Interface Science*, 351(2), 515–522. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.07.060>
- [9] Tokman, Nilgun, Akman, S., & Ozcan, M. (2003). Solid-phase Extraction of Bismuth, Lead and Nickel from Seawater Using Silica Gel Modified with 3-Aminopropyltriethoxysilane Filled in A Syringe Prior to Their Determination by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry. *Talanta*, 59(1), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(02\)00479-4](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(02)00479-4)
- [10] Vlasova, N. N., Markitan, O. V., & Golovkova, L. P. (2011). Adsorption of Biogenic Amines on Albumin-modified Silica Surface. *Colloid Journal*, 73(1), 24–27. <https://doi.org/10.1134/S1061933X1006102X>
- [11] Mallakpour, S., & Nazari, H. Y. (2018). The Influence of Bovine Serum Albumin-Modified Silica on the Physicochemical Properties of Poly (Vinyl Alcohol) Nanocomposites Synthesized by Ultrasonication Technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 41 (September 2017), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.09.017>
- [12] Hattu, N., G., E. F., A., C. S., & M., J. S. (2016). *Effect of Vinegar to Histamine Content in Bullet Tuna (Auxis rochei)* 3(2), 317–323.
- [13] Smith, I. (1976). *Chromatographic electrophoretic techniques*.
- [14] Sukmawati, Sudewi, S., & J., P. (2018). Optimasi dan Validasi Metode Analisis dalam Penentuan Kandungan Total Fenolik pada Ekstrak Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot* L.) yang Diukur dengan Spektrofotometer UV-VIS. *Pharmacon*, 7(3), 32–41. <https://doi.org/10.35799/pha.7.2018.20102>
- [15] Vlasova, N. N., Markitan, O. V., & Stukalina, N. G. (2006). The Adsorption of Biogenic Amines on the Surface of Highly Dispersed Silica from Aqueous Solutions. *Colloid Journal*, 68(3), 384–386. <https://doi.org/10.1134/S1061933X06030185>
- [16] Timin, A., Rummyantsev, E., & Solomonov, A. (2014). Synthesis and Application of Amino-Modified Silicas Containing Albumin as Hemoadsorbents for Bilirubin Adsorption. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 385, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2013.11.002>