

# **ADSORPSI ION LOGAM TEMBAGA(II) DALAM AIR DENGAN SERBUK TULANG IKAN GURAME (*Osphronemus gourami Lac*)**

RISKA FARAH DIBA<sup>1</sup>, VINA AMALIA<sup>1\*</sup>, EKO PRABOWO HADISANTOSO<sup>1</sup>, DAN YUSUF ROHMATULLOH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung,  
Jl. A.H. Nasution No. 105, Bandung

\*Email korespondensi: vinaamalia@uinsgd.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Riwayat Naskah : Diterima pada 26 November 2017 Diterima setelah direvisi pada 28 Desember 2017 Diterbitkan pada 29 Desember 2017	Tulang ikan Gurame dapat dimanfaatkan sebagai material penyerap (adsorben) karena memiliki kadar kalsium fosfat yang tinggi yaitu sebesar 65%. kalsium hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ ) dapat dimanfaatkan sebagai adsorben karena kalsium hidroksiapatit merupakan biokeramik yang dapat mengadsorpsi logam dengan cara pertukaran ion. Pada penelitian ini ion logam Cu(II) dipilih sebagai adsorbat karena Cu(II) merupakan salah satu pencemar badan air yang berbahaya bagi tubuh. Adsorben tulang ikan Gurame dikarakterisasi dengan XRD, XRF, SEM, dan FTIR sehingga diketahui struktur adsorben yang terbentuk adalah hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$ ) dengan kristalinitas rendah dengan nilai rasio mol Ca/P sebesar 1,97 karena dominan kalsium pada adsorben. Agar didapatkan kondisi adsorpsi optimum dilakukan optimasi terhadap konsentrasi larutan Cu(II), pH, waktu kontak dan massa adsorben. Hasil optimasi didapatkan konsentrasi larutan Cu(II) optimum adalah 40 mg/L dengan pH 4, waktu kontak 45 menit dan massa adsorben 1,0 gram. Dari hasil penelitian disimpulkan tulang ikan Gurame dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam Cu(II) karena memiliki efisiensi adsorpsi sebesar 89,5% dan kapasitas adsorpsi sebesar 7,1604 mg/g.
Kata Kunci: adsorpsi; hidroksiapatit; tulang ikan Gurame; logam Cu(II).	
Keywords: adsorption; hydroxyapatite; gouramy's bone; Cu(II) metal.	<i>Gouramy's bone can be used as an absorbent material because it has high level of calcium phosphate that is equal to 65%. Calcium hydroxyapatite (<math>\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2</math>) can be used as an adsorbent because it is a bioceramics which can adsorb metals by means of ion exchange. The adsorbent characterized by XRD, XRF, SEM, and FTIR that known structure formed adsorbent is hydroxyapatite (<math>\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2</math>) with low crystallinity with a mol ratio of Ca/P is 1.97 because the dominant calcium in the adsorbent. In this Cu(II) chosen as adsorbate because it is a pollutants of water that are harmful to body. In order to obtain the optimum adsorption conditions were optimized a concentration of Cu(II) solution, pH, contact time and adsorbent mass. The result of optimizing are the Cu(II) concentration is 40 mg/L with pH 4, contact time of 45 minutes and 1.0 gram of adsorbent mass. The final conclusion is the gouramy's bone can be used as an adsorbent for Cu(II) because has amounted to 89.5% adsorption efficiency and adsorption capacity of 7.1604 mg/g.</i>

## **PENDAHULUAN**

Perkembangan industri pada saat ini telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Seiring kemajuan tersebut dihasilkan pula limbah gas, padat dan cair yang berkontribusi terhadap kerusakan lingkungan. Logam berat yang terkandung dalam limbah cair dapat mencemari badan air di sekeliling wilayah industri dan akan meracuni makhluk hidup yang hidup di perairan tersebut. Saat ini kontaminasi logam berat pada suatu perairan sudah menjadi hal yang tidak asing lagi mengingat banyaknya industri yang membuang limbah cairnya ke badan air. Data hasil analisis kadar logam berat pada salah satu waduk di Jawa Barat menunjukkan konsentrasi logam Hg, Pb, Cd, dan Cu yang telah melewati ambang batas maksimum yaitu berturut-turut 2,00; 30,00; 10,00, dan 20,00 mg/L [1].

Untuk mengurangi kadar logam berat yang dihasilkan dari suatu industri maka perlu dilakukan penanganan terhadap limbah cair yang akan dibuang, baik itu penanganan secara fisik, biologi ataupun secara kimia. Salah satu metode yang ekonomis dan memiliki efisiensi tinggi adalah metode adsorpsi [2].

Tulang binatang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam berat dari perairan. Tulang terdiri dari 70% senyawa anorganik dan 30% senyawa organik. Kalsium hidroksiapatit  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  [HAP] merupakan komponen senyawa anorganik penyusun utama tulang yang dapat dijadikan adsorben melalui reaksi pertukaran ion [3]. Salah satu tulang binatang yang mudah ditemukan adalah tulang ikan Gurame. Potensi tulang ikan Gurame untuk dijadikan adsorben logam Cu sangat besar. Pemanfaatan tulang ikan Gurame sebagai adsorben bersifat lebih ekonomis dari

pada metode sebelumnya karena adsorben tulang ikan Gurame dapat dibuat dengan mudah yaitu dengan aktivator NaOH.

Pada penelitian ini dilakukan analisis kemampuan serbuk tulang ikan Gurame untuk mengadsorpsi logam Cu dalam air dengan metode *batch*. Selain itu beberapa optimasi dilakukan agar didapatkan kondisi penyerapan yang optimum. Hasil penelitian ini dapat menjadi solusi untuk pengolahan air buangan dari industri yang mengandung logam berat Cu.

## EKSPERIMEN

### Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tulang ikan Gurame, NaOH, CuSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a, merck®), kertas saring, dan aqua DM.

Alat-alat yang akan digunakan meliputi labu ukur 25 mL, labu ukur 50 mL, labu ukur 100 mL, labu ukur 250 mL, corong, gelas kimia 100 mL, gelas kimia 1000 mL, pengaduk magnet, spatula, kaca arloji, batang pengaduk, lumpang alu, oven, loyang, desikator, dan ayakan ukuran 100 mesh (149 µm).

### Instrumentasi

Pengujian struktur kristal digunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) PAnalytical, pengujian komposisi adsorben digunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) merk *Thermo ARL* tipe ARL 9900, pengujian gugus fungsi penyusun digunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merk *agilent* tipe FTIR-660, pengujian permukaan adsorben digunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan pengujian kadar Cu digunakan *Atomic Adsorption Spectrofotometer* (AAS) merk *agilent* tipe 240 FS + VGA 77.

### Prosedur

#### Preparasi Sampel

Sampel tulang ikan Gurame yang digunakan merupakan tulang yang belum melalui proses pemasakan karena sampel diambil dari limbah fillet ikan dan hanya bagian tulang rangka yang dijadikan sampel. Sampel tulang ikan Gurame direndam dalam air panas, dibersihkan dari daging yang masih menempel dan dicuci dengan akuades panas untuk menghilangkan residu yang masih menempel pada tulang. Selanjutnya tulang dikeringkan dalam oven dengan suhu 120°C dan didinginkan dalam desikator. Tulang yang telah dingin ditumbuk dan

diayak dengan ukuran 100 mesh (149 µm). Serbuk tulang ikan direndam dalam NaOH 0,1 M dengan perbandingan (adsorben: NaOH 1:50 w/v) dan diaduk dengan pengaduk magnet dengan kecepatan 350 rpm dengan suhu 60°C selama 2 jam. Adsorben selanjutnya disaring, dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 24 jam dan didinginkan dalam desikator, selanjutnya adsorben yang sudah siap digunakan disimpan dalam wadah kedap udara.

### Karakterisasi Adsorben

#### Karakterisasi sebelum adsorpsi

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan empat instrument, yaitu: XRD untuk mengidentifikasi struktur kristal pada adsorben, XRF untuk mengetahui persen komposisi adsorben, FTIR untuk mengetahui gugus fungsi penyusun adsorben dan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben.

#### Karakterisasi Setelah Adsorpsi

Karakterisasi adsorben pada tahap ini dilakukan dengan instrumen FTIR untuk mengetahui pergeseran gugus fungsi setelah Adsorpsi.

#### Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi

#### Pengaruh Optimasi Konsentrasi Larutan CuSO<sub>4</sub>

Sebanyak 0,2 g adsorben dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL. masing-masing adsorben ditambahkan 20 mL larutan CuSO<sub>4</sub> dengan berbagai konsentrasi, yaitu 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L, dan 50 mg/L. Campuran tersebut diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit. Selanjutnya campuran disaring dan filtratnya dianalisis dengan AAS untuk mengetahui seberapa besar penyerapan ion logam Cu(II) oleh adsorben dengan cara menentukan kadar Cu(II) yang tersisa pada larutan.

#### Pengaruh Optimasi pH Adsorpsi

Sebanyak 0,2 g adsorben dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL dan ditambahkan 20 mL larutan CuSO<sub>4</sub> dengan konsentrasi yang telah optimum, masing-masing campuran dikondisikan pHnya pada pH 4, 5, 6, 7, dan 8. Campuran diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit.

*Pengaruh optimasi waktu kontak adsorpsi*

Sebanyak 0,2 g adsorben dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL, ditambahkan 20 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan konsentrasi yang telah optimum dan dikondisikan pada pH optimum. Selanjutnya masing-masing campuran diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 75 menit. Campuran disaring dan filtratnya dianalisis dengan AAS untuk mengetahui seberapa besar penyerapan ion logam  $\text{Cu(II)}$  oleh adsorben.

*Pengaruh Optimasi Massa Adsorben*

Adsorben divariasikan massanya yaitu masing-masing ditimbang sebanyak 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g dan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL. masing-masing adsorben ditambahkan 20 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  dengan konsentrasi optimum dan dikondisikan pada pH optimum. Selanjutnya masing-masing campuran diaduk dengan menggunakan pengaduk magnet dengan waktu kontak optimum. Campuran tersebut selanjutnya disaring dan filtratnya dianalisis dengan AAS untuk mengetahui seberapa besar penyerapan ion logam  $\text{Cu(II)}$  oleh adsorben.

**HASIL DAN PEMBAHASAN***Preparasi sampel*

Tulang ikan Gurame direndam dalam air panas agar lebih mudah untuk membersihkan sisa daging yang menempel pada tulang. Selanjutnya tulang dicuci dengan detergen sampai bersih, tulang kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu  $120^\circ\text{C}$  selama 2 jam agar tulang kering dan berdasarkan perhitungan terhitung kadar air pada tulang ikan Gurame setelah dikeringkan menjadi 2%. Tulang yang telah kering dihaluskan dan diayak dengan ukuran  $149\ \mu\text{m}$  untuk memperbesar luas permukaannya. Ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi sehingga serbuk tulang yang halus lebih efektif untuk dijadikan adsorben karena apabila ukuran partikel diperkecil maka permukaan adsorben menjadi lebih luas sehingga lebih banyak permukaan adsorben yang siap untuk berinteraksi dengan aktivator maupun dengan adsorbat dan proses penyerapan  $\text{Cu(II)}$  akan lebih optimal.

Serbuk tulang ikan Gurame dengan ukuran  $149\ \mu\text{m}$  dilanjutkan ke proses aktivasi dengan aktivator. Fungsi dari aktivator adalah untuk

membuka pori-pori adsorben dan melepas matriks yang menyumbat pori-pori adsorben sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih optimal. Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah aktivator basa yaitu  $\text{NaOH}$  0,1 M. Pemilihan aktivator basa  $\text{NaOH}$  mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Han Kim Lim *dkk* (2012) karena  $\text{NaOH}$  dapat membuka pori-pori adsorben tulang ikan dengan cara mengikat protein dan lemak yang terdapat pada tulang ikan sehingga kandungan senyawa organik pada tulang ikan Gurame berkurang [3].

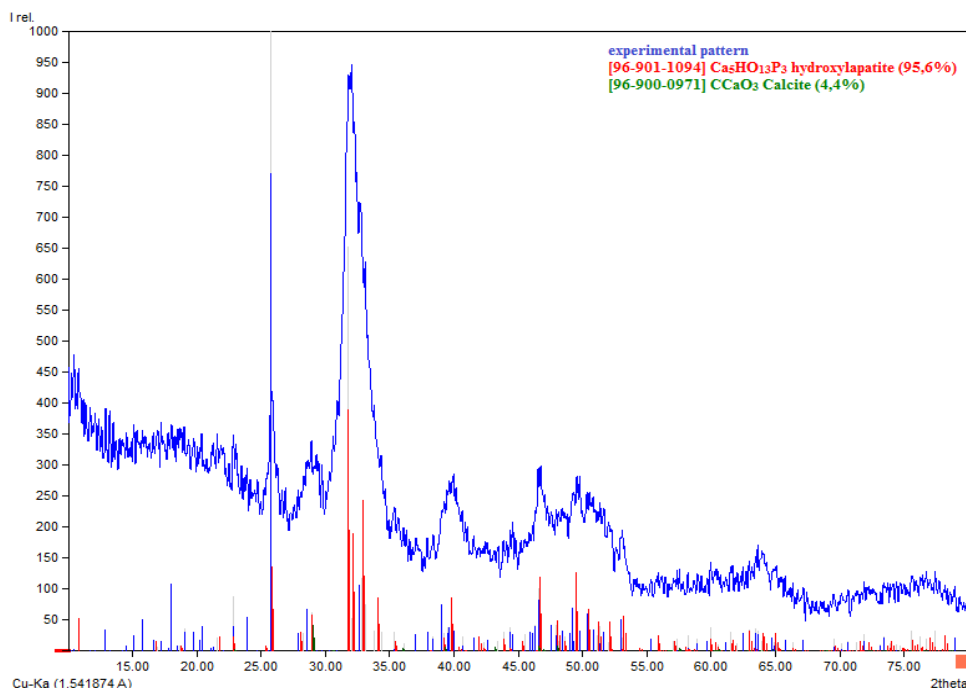
Protein merupakan molekul besar dengan bobot molekul bervariasi antara 5000 sampai jutaan yang merupakan polimer dari asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Pada umumnya asam amino dapat larut dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik non polar. Dalam suasana basa ion  $\text{H}^+$  pada gugus  $\text{NH}_4^+$  asam amino akan diikat oleh  $\text{OH}^-$ . Selain itu lemak pada tulang ikan Gurame mengalami hidrolisis pada saat proses aktivasi dengan  $\text{NaOH}$  membentuk gliserol dan sabun (saponifikasi) sehingga kadar lemak pada tulang ikan Gurame berkurang.

**Karakterisasi adsorben***Karakterisasi XRD*

Adsorben yang dianalisis dengan XRD merupakan serbuk tulang ikan Gurame yang belum digunakan untuk adsorpsi, sehingga diketahui komponen penyusun dari tulang ikan dan struktur kristalnya.

Hasil dari analisis XRD menunjukkan terbentuknya hidroksiapatit dengan struktur heksagonal karena terdapat kesamaan nilai  $2\theta$  antara tulang ikan Gurame dengan database referensi hidroksiapatit heksagonal dengan kode 01-089-6440 yaitu pada  $2\theta$  10,833; 22,854; 25,867; 31,765; 38,171; 46,687; 53,184; 60,407; dan 64,151 akan tetapi dengan kristalinitas yang rendah karena memiliki puncak karakteristik yang lebar seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.

Selain itu, dalam sampel tulang ikan Gurame diketahui terdapat pula kalsium dalam bentuk senyawa yaitu kalsium karbonat. Adanya kalsium karbonat pada sampel dikarenakan terdapat beberapa kesamaan puncak adsorben tulang ikan gurami dengan standar kalsium karbonat dengan kode 96-900-7287 dimana berdasarkan perhitungan match diketahui terdapat hidroksiapatit dengan persentase 95,6% dan kalsium karbonat 4,4%.



**Gambar 1.** Difraktogram tulang ikan Gurame

#### Karakterisasi XRF

Adsorben yang dianalisis dengan XRF merupakan serbuk tulang ikan Gurame yang belum digunakan untuk adsorpsi. Komposisi adsorben tulang ikan Gurame ditunjukkan pada **Tabel 1**. Dari hasil analisis XRF diketahui bahwa mineral yang ada pada adsorben tulang ikan Gurame adalah Si, Ti, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, P, dan S. Kalsium dan fosfor memiliki persentase yang paling besar dalam adsorben yaitu masing-masing sebesar 27,56% dan 10,81% karena unsur utama penyusun tulang adalah kalsium dan fosfat.

**Tabel 1.** Hasil analisis XRF

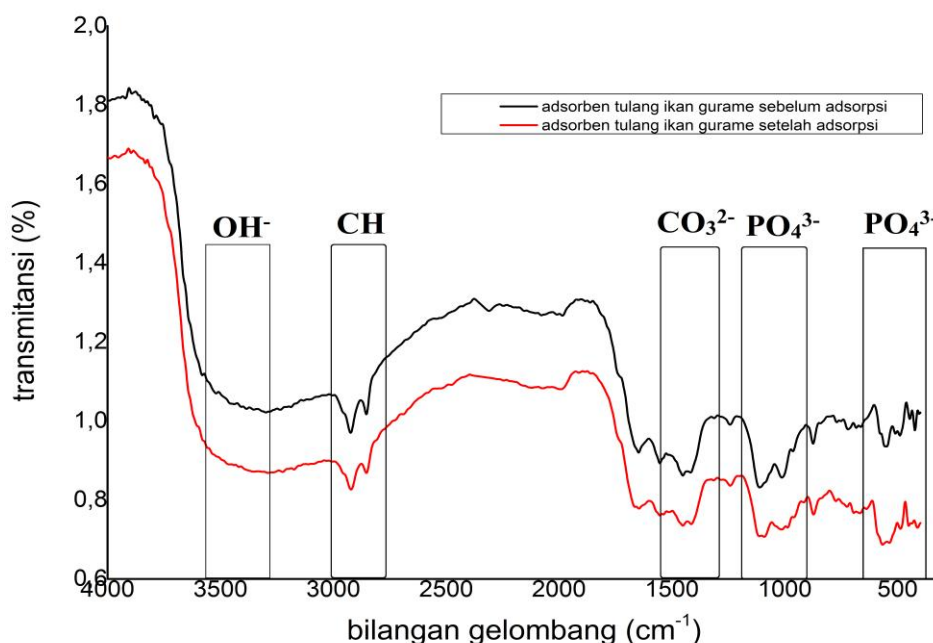
Unsur	Massa (%)
Si	0,8090
Ti	0,0035
Al	0,0340
Fe	0,0138
Mn	0,0070
Ca	27,5600
Mg	0,4830
Na	0,3480
K	0,0192
P	10,8100
S	0,0494
LOI	34,9200

Sedangkan berdasarkan perhitungan dengan aplikasi match terhitung %Ca pada adsorben sebesar 39,90% dan %P sebesar 17,68%, hasil tersebut mendekati dengan nilai %Ca dan P

berdasarkan hasil XRF apabila kita mengabaikan nilai LOI dan beranggapan bahwa komponen penyusun adsorben hanyalah hidroksiapatit dan kalsit yaitu %Ca sebesar 42,34% dan %P sebesar 16,61%. Rasio mol Ca/P hidroksiapatit pada tulang ikan Gurame yaitu 1,97 menunjukkan hasil yang lebih tinggi dari perbandingan Ca/P hidroksiapatit komersial yaitu sebesar 1,67 yang disebabkan oleh dominasi Ca(II) dalam sampel adsorben hal tersebut disebabkan oleh karena dalam adsorben tidak hanya terdapat Ca(II) dalam bentuk kalsium hidroksiapatit, akan tetapi terdapat pula Ca(II) dalam bentuk senyawa lain seperti  $\text{CaCO}_3$  seperti yang terlihat pada hasil karakterisasi XRD dan adanya puncak  $\text{CO}_3^{2-}$  pada hasil FTIR pada panjang gelombang 1.553,245  $\text{cm}^{-1}$  dan nilai LOI yang tinggi yaitu mencapai 34,92% yang disebabkan oleh adanya  $\text{CaCO}_3$  dan senyawa organik lainnya. Adanya unsur lain selain penyusun hidroksiapatit seperti Mg, Na, K dll karena komposisi mineral pada tulang tidak hanya Ca dan P melainkan ada mineral-mineral lain akan tetapi dengan persentase yang sangat kecil.

#### Karakterisasi FTIR

Analisis FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsi yang ada pada adsorben tulang ikan Gurame, sampel yang dianalisis FTIR adalah tulang ikan Gurame sebelum dan setelah adsorpsi sehingga dapat diketahui perubahan spektrum yang disebabkan oleh proses adsorpsi.



**Gambar 2.** Hasil FTIR tulang ikan Gurame sebelum dan setelah adsorpsi

Kemampuan adsorpsi tulang ikan Gurame terhadap logam Cu(II) dipengaruhi oleh gugus aktif penyusun tulang tersebut. Berdasarkan hasil analisis FTIR diketahui gugus aktif penyusun adsorben tulang ikan Gurame adalah  $\text{OH}^-$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$  yang merupakan penyusun Kristal kalsium hidroksiapatit  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_2]$  seperti terlihat pada **Gambar 2**.

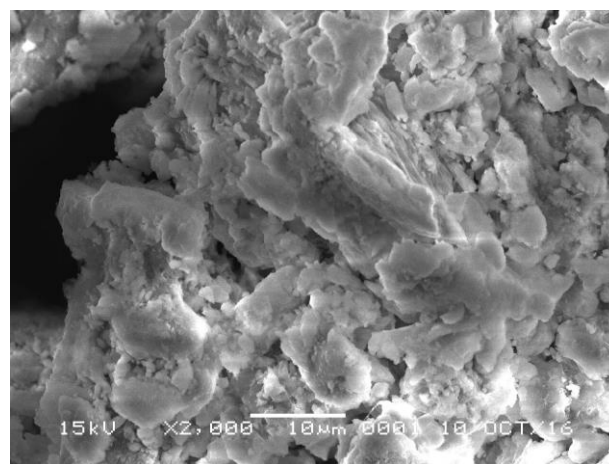
Kemampuan dalam proses adsorpsi ini dipengaruhi oleh adanya gugus aktif pada adsorben. Dilihat dari spektrum pada **Gambar 2**. Adanya gugus  $\text{PO}_4^{3-}$  teridentifikasi pada spektra dengan bilangan gelombang 553-600 dan 1000-1100  $\text{cm}^{-1}$ , sedangkan adanya gugus  $\text{OH}^-$  teridentifikasi pada spektrum dengan panjang gelombang 2.500-3.000 dan 3.568  $\text{cm}^{-1}$ . Dari hasil analisa terlihat pergeseran puncak gugus fosfat yang semula pada bilangan gelombang 548,468  $\text{cm}^{-1}$  bergeser menjadi 566,716  $\text{cm}^{-1}$  dan 1012,894  $\text{cm}^{-1}$  bergeser menjadi 1013,162  $\text{cm}^{-1}$  pada adsorben yang telah digunakan untuk adsorpsi. Terjadinya pergeseran gugus tersebut karena terjadinya proses penyerapan Cu(II) oleh adsorben yang menggantikan Ca(II) yang terikat oleh gugus fosfat [4].

#### Karakterisasi SEM

SEM dilakukan untuk analisis morfologi permukaan dari adsorben tulang ikan Gurame. SEM bekerja berdasarkan prinsip *scan* sinar elektron pada permukaan sampel, selanjutnya informasi yang diperoleh diubah menjadi gambar [5]. Pada SEM gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron baru (elektron sekunder) atau elektron

pantul yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut *discan* dengan sinar elektron [5].

Hasil karakterisasi SEM perbesaran 2.000x pada **Gambar 3** tampak partikel penyusun hidroksiapatit memiliki bentuk yang tidak seragam. Ukuran partikel hidroksiapatit dari tulang ikan Gurame tampak sangat besar dengan bentuk bulat memanjang karena hidroksiapatit mengalami *aglomerasi* (penggumpalan) yang disebabkan oleh pembentukan kristal tidak sempurna. Selain itu susunan dan jarak antar partikelnya pun tidak teratur, hal tersebut dikarenakan tulang ikan secara umum mengandung hidroksiapatit dengan tingkat kristalinitas yang sangat rendah. Berdasarkan hasil foto SEM terlihat jika hidroksiapatit merupakan mikropartikel yang memiliki rongga-rongga antar partikelnya [6].

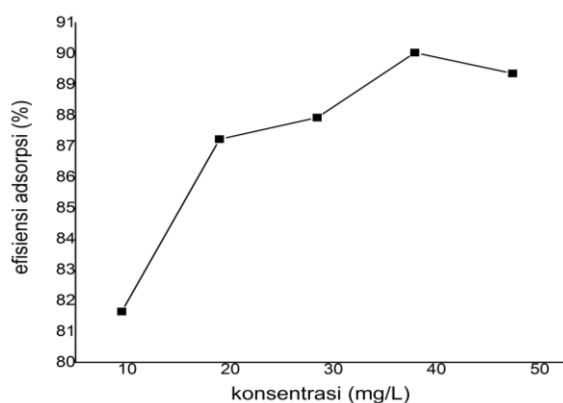


**Gambar 3.** Hasil SEM adsorben tulang ikan Gurame

## Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi

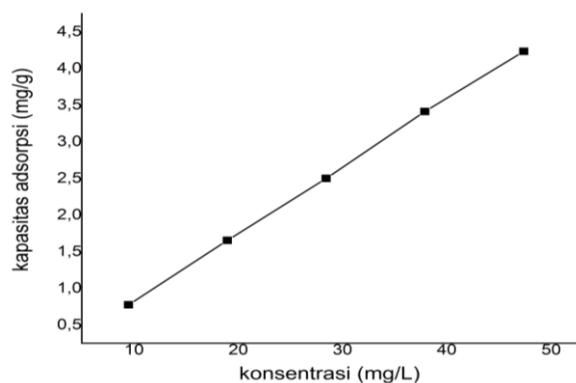
### Pengaruh Optimasi Konsentrasi Larutan $\text{CuSO}_4$

Optimasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi  $\text{Cu(II)}$  optimum yang dapat diserap oleh adsorben tulang ikan Gurame. Berdasarkan **Gambar 4** efisiensi adsorpsi meningkat seiring meningkatnya konsentrasi  $\text{Cu(II)}$  karena semakin banyak ion  $\text{Cu(II)}$  dalam larutan maka semakin banyak pula  $\text{Cu(II)}$  yang akan diserap oleh adsorben. Pada larutan  $\text{Cu(II)}$  konsentrasi 10 mg/L efisiensi adsorpsinya 81,65% dan efisiensi terus meningkat pada konsentrasi 20, 30 dan 40 mg/L karena hidroksiapatit pada tulang ikan Gurame belum jenuh dan masih dapat menyerap  $\text{Cu(II)}$  pada larutan sampai pada efisiensi 90,0% pada konsentrasi  $\text{Cu(II)}$  40 mg/L.



**Gambar 4.** Kurva efisiensi adsorpsi optimasi konsentrasi  $\text{Cu(II)}$

Pada larutan  $\text{Cu(II)}$  konsentrasi 50 mg/L terjadi penurunan efisiensi adsorpsi menjadi 89,35% karena jumlah ion  $\text{Ca(II)}$  pada hidroksiapatit telah berkurang dan hampir seluruhnya bertukar dengan  $\text{Cu(II)}$  dalam larutan dan hidroksiapatit sudah jenuh sehingga sudah tidak dapat menyerap  $\text{Cu(II)}$  dan menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi. Dari data tersebut diperoleh efisiensi adsorpsi  $\text{Cu(II)}$  optimum pada konsentrasi  $\text{CuSO}_4$  40 mg/L.

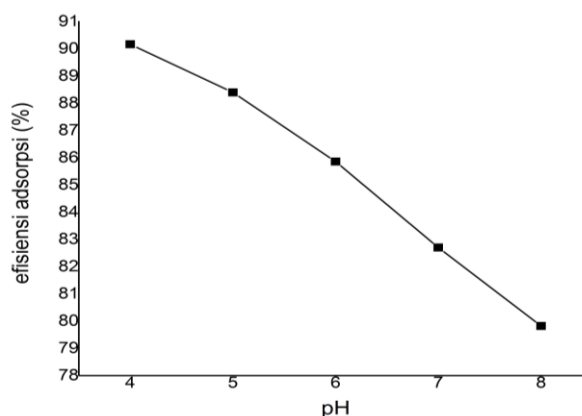


**Gambar 5.** Kurva kapasitas adsorpsi optimasi konsentrasi  $\text{Cu(II)}$

Hasil AAS optimasi konsentrasi pada **Gambar 5** menunjukkan bahwa data kapasitas adsorpsi yang terus meningkat seiring meningkatnya konsentrasi. Semakin besar konsentrasi  $\text{Cu(II)}$  dalam air maka semakin besar pula kapasitas penyerapan  $\text{Cu(II)}$  oleh adsorben.

### Pengaruh Optimasi pH Adsorpsi

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efektifitas adsorpsi adalah pH. Sedikit banyaknya jumlah  $\text{Ca(II)}$  yang dipertukarkan dengan  $\text{Cu(II)}$  bergantung pada pH keadaan adsorpsi. Hidroksiapatit akan mulai terdemineralisasi pada pH dibawah 5,5 yang menyebabkan terlepasnya  $\text{Ca(II)}$  pada apatit sehingga terjadi kekosongan pada gugus fosfat. Kekosongan pada gugus fosfat tersebut yang menyebabkan terserapnya  $\text{Cu(II)}$  oleh adsorben, sehingga pada pH asam efisiensi penyerapan  $\text{Cu(II)}$  sangat baik. Pada pH basa  $\text{Ca(II)}$  pada apatit sulit untuk lepas sehingga interaksi  $\text{Cu(II)}$  dengan adsorben kurang baik dan efisiensi adsorpsinya merurun. Dari penelitian ini didapatkan hasil efisiensi adsorpsi terbesar adalah pada pH 4 yaitu mencapai 90,16% seperti yang terlihat pada **Gambar 6**.

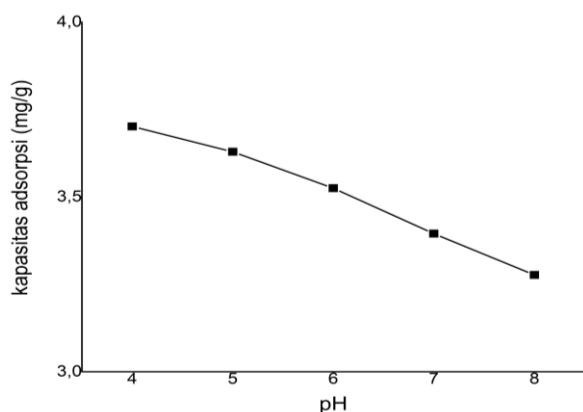


**Gambar 6.** Kurva efisiensi adsorpsi optimasi pH

Hasil penelitian menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan nilai efisiensi adsorpsi artinya pada pH 4 penyerapan  $\text{Cu(II)}$  oleh adsorben sangat baik karena memiliki nilai efisiensi tertinggi dan mampu menyerap 3,7 mg  $\text{Cu(II)}$  per gram adsorbennya.

Semakin tinggi pH pada proses adsorpsi nilai kapasitas adsorpsi semakin kecil karena pada pH diatas 5,5  $\text{Ca(II)}$  pada adsorben sulit untuk dilepaskan sehingga apabila  $\text{Ca(II)}$  sulit dilepaskan oleh adsorben maka  $\text{Cu(II)}$  pada larutan sulit untuk diserap oleh adsorben karena proses adsorpsi oleh hidroksiapatit merupakan sistem pertukaran ion seperti yang terlihat pada **Gambar 7**.

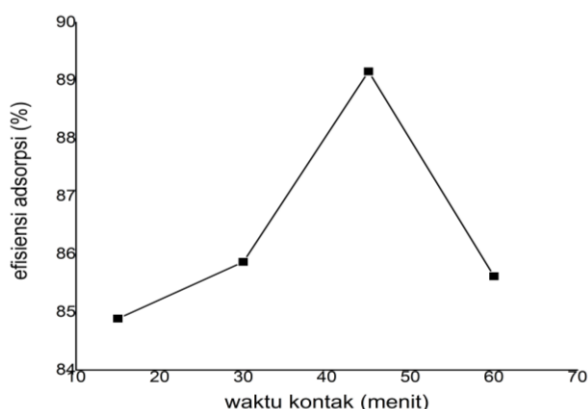




**Gambar 7.** Kurva kapasitas adsorpsi optimasi pH

#### Optimasi Waktu Kontak Adsorpsi

Fungsi optimasi waktu kontak adalah untuk mengetahui waktu interaksi adsorben dan adsorbat yang optimum. Pada waktu kontak 15 menit efisiensi penyerapan Cu(II) oleh adsorben sebesar 84,89% dan terus meningkat sampai waktu kontak 45 menit dengan efisiensi adsorpsi 89,15%.

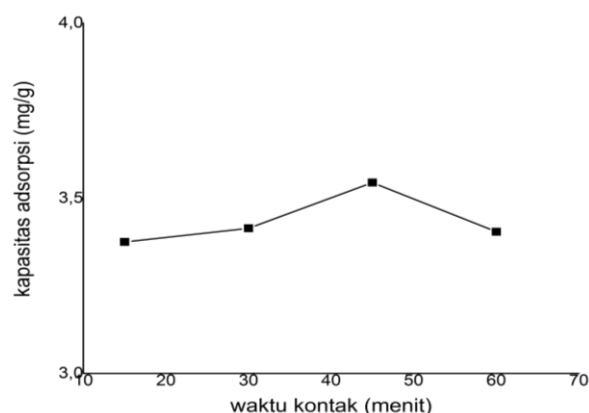


**Gambar 8.** Kurva efisiensi adsorpsi optimasi waktu kontak

Berdasarkan **Gambar 8** terlihat bahwa semakin lama waktu adsorpsi maka waktu interaksi Cu(II) dengan adsorben semakin lama sehingga penyerapan Cu(II) oleh adsorben akan semakin besar. Pada waktu kontak 60 menit terjadi penurunan efisiensi adsorpsi menjadi 85,62% karena pada waktu yang terlalu lama ion Cu(II) pada adsorben akan jenuh sehingga terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali ion Cu(II) yang telah diserap oleh adsorben sehingga Cu(II) terlepas kembali membentuk Cu bebas dalam larutan.

Kurva hubungan antara waktu kontak dengan kapasitas adsorpsi memiliki pola yang sama dengan kurva efisiensi adsorpsi optimasi waktu kontak. Pada waktu kontak 15 menit kapasitas adsorpsi Cu(II) bernilai kecil yaitu 3,4 mg/g dan terus meningkat hingga waktu kontak 45 menit. Kapasitas adsorpsi optimum adalah pada

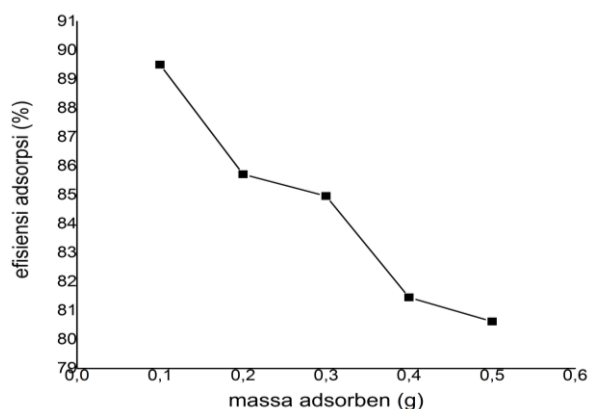
waktu kontak 45 menit yaitu mencapai 3,5 mg/g artinya pada waktu kontak 45 menit adsorben dapat menyerap Cu(II) pada larutan hingga 3,5 mg per gram asorbennya. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 9**.



**Gambar 9.** Kurva kapasitas adsorpsi optimasi waktu kontak

#### Optimasi Massa Adsorben

Berdasarkan teori semakin banyak masa adsorben yang digunakan maka akan semakin banyak pula Ca(II) pada struktur hidroksiapatit adsorben yang dapat dipertukarkan dengan Cu(II) dalam larutan sehingga akan lebih banyak Cu(II) yang terserap adsorben. Efisiensi akan meningkat seiring dengan meningkatnya massa adsorben.

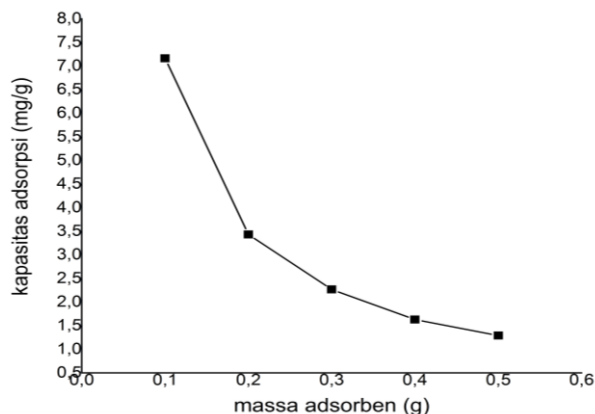


**Gambar 10.** Kurva efisiensi adsorpsi optimasi massa adsorben

Hasil analisa didapatkan data yang tidak sesuai dengan teori yaitu efisiensi adsorpsi terbesar pada massa adsorben 0,1 g dan efisiensi terkecil pada massa adsorben 0,5 g yang terlihat pada **Gambar 10**. Hal tersebut dapat disebabkan oleh karena masih adanya protein ataupun lemak yang tidak terhidrolisis sempurna pada tulang ikan Gurame.

Hasil optimasi massa adsorben pada **Gambar 11** didapatkan penurunan kapasitas adsorpsi seiring dengan meningkatnya jumlah

adsorben yang digunakan. Penurunan kapasitas adsorpsi ini disebabkan oleh semakin banyak adsorben yang digunakan dengan konsentrasi larutan Cu(II) yang sama maka jumlah mg Cu(II) yang terserap per gram adsorben akan semakin kecil.



**Gambar 11.** Kurva kapasitas adsorpsi optimasi massa adsorben

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai efisiensi penyerapan Cu(II) oleh adsorben sebesar 89% dengan kapasitas adsorpsi mencapai 7,2 mg/g.

## SIMPULAN

Penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil karakterisasi adsorben oleh XRD, XRF, SEM, dan FTIR menunjukkan adanya  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}_2$  pada adsorben dengan ukuran mikro dengan rasio Ca/P sebesar 1,97.
2. Keadaan optimum penyerapan Cu(II) oleh adsorben tulang ikan adalah pada konsentrasi  $\text{CuSO}_4$  40 mg/L, pH 4, dan waktu kontak 45 menit. Akan tetapi tidak didapatkan massa adsorben yang optimum.
3. Serbuk tulang ikan Gurame efektif untuk dijadikan adsorben logam Cu(II) karena memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 7,2 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 89%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Instrumen Kimia FST UIN SGD Bandung atas diskusi interpretasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan analisis *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS); Laboratorium Pusat Survei Geologi (PSG) atas diskusi metode *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

## REFERENSI

- [1] N. Priyanto, D. dan F. Ariyani, “Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada Ikan, Air dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat,” *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, vol. 3, Juni 2008.
- [2] H. Analisis Fisika Kimia, Jakarta: Departemen Farmasi FMIPA-UI, 2006.
- [3] K. L. Han, T. T. Tjoon dan H. I. Muhamad, “Adsorption and Removal of Zinc (II) from Aqueous Solution Using Powdered Fish Bones,” *Elsevier*, vol. I, pp. 96-102, January 2012.
- [4] A. A. dan Z. , “Sintesis Hidroksiapatit dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) dengan Proses Hidrotermal Variasi Rasio Mol Ca/P dan Suhu Sintesis,” *Jom FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, Februari 2015.
- [5] B. S. Purwasasmita dan R. S. Gultom, “Sintesis dan Karakterisasi Serbuk Hidroksiapatit Skala Sub-Mikron Menggunakan Metode Presipitasi,” *Jurnal Bionatura*, vol. 10, no. 2, pp. 155-167, Juli 2008.
- [6] B. Riyanto, A. Maddu dan N. , “Material Biokeramik Berbasis Hidroksiapatit Tulang Ikan Tuna,” *JPHPI*, vol. 16, no. 2, November 2013.