

# **ADSORPSI PENCEMAR LOGAM Cr(VI) DARI LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT DAN TEKSTIL DENGAN KOMPOSIT HIDROKSIAPATIT-KITOSAN**

**M RUSYDI SIREGAR**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



**IPB University**  
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Adsorpsi Pencemar Logam Cr(VI) dari Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Tekstil dengan Komposit Hidroksiapatit-Kitosan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, 13 Mei 2026

M Rusydi Siregar  
G4501222020



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## RINGKASAN

M RUSYDI SIREGAR. Adsorpsi Pencemar Logam Cr(VI) dari Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Tekstil dengan Komposit Hidrosiapatit-Kitosan. Dibimbing oleh CHARLENA dan ETI ROHAETI.

Pencemaran air merupakan masalah lingkungan akibat keberadaan zat berbahaya seperti logam berat kromium heksavalen, sehingga harus dilakukan pengendalian yang tepat untuk menurunkan cemarannya menggunakan metode adsorpsi menggunakan senyawa adsorben hidroksiapatit (HAp). Penelitian ini menggunakan limbah padat cangkang keong sawah sebagai prekursor dalam sintesis senyawa HAp. Komposit HAp dengan kitosan dilakukan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap pencemar Cr(VI). Optimasi dan studi kinetika juga dilakukan untuk melihat kondisi lingkungan terbaik untuk penyerapan pencemar Cr(VI), sehingga dapat mengetahui potensi dari sifat adsorpsi Cr(VI) pada limbah cair penyamakan kulit dan tekstil.

Sintesis HAp dilakukan metode presipitasi menggunakan bahan baku cangkang keong sawah dan dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan SEM-EDX. Hasil XRD menunjukkan kristalinitas yang baik sebesar 71,93%. Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{OH}^-$ , dan  $\text{CO}_3^{2-}$ . Hasil SEM-EDX menunjukkan morfologi sampel HAp yang seragam dengan rasio Ca/P sebesar 1,82. Pembuatan komposit HAp-kitosan dilakukan dengan metode pencampuran basah, dengan variasi komposisi HAp-kitosan sebesar 0, 25, 50, 75, dan 100 persen. Komposit HAp-kitosan dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM. Spektrum FTIR yang dihasilkan pada komposit HAp-kitosan menunjukkan adanya gugus fungsi  $\text{OH}^-$ ,  $\text{PO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}_2^-$ , dan  $\text{CH}^-$ . Morfologi komposit pada SEM menunjukkan morfologi HAp terlihat berbentuk butiran dan kitosan sebagai lempengan, dan kedua senyawa terpisah secara heterogen. Spektrum FTIR dan morfologi SEM menunjukkan bahwa tidak terbentuknya senyawa baru oleh hasil dari pembuatan komposit HAp dan kitosan.

Penentuan kondisi optimum penurunan Cr(VI) menggunakan komposit HAp-kitosan dilakukan dengan variasi parameter adsorpsi yaitu kondisi pH larutan (pH 6, 7, 8, 9) dan waktu pengadukan (30, 60, 120 menit). Kondisi optimum diperoleh pada kondisi komposisi HAp-kitosan 75 persen, nilai pH 9, dan waktu pengadukan selama 120 menit dengan nilai persen adsorpsi sebesar  $70,63 \pm 0,08$  persen dan kapasitas adsorpsi sebesar  $35,08 \pm 0,54$  mg/g. Peningkatan nilai kapasitas adsorpsi oleh komposit HAp-kitosan terjadi dimana nilai optimum kapasitas adsorben tunggal HAp dan kitosan berturut-turut sebesar  $30,57 \pm 0,38$  dan  $21,46 \pm 0,26$  mg/g. Pengujian kinetika adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu adsorpsi (30, 60, 120 menit), dan diperoleh kondisi terbaik pada kinetika orde kedua dengan nilai konstanta kesetimbangan ( $q_e$ ) sebesar 36,97 mg/g. Isoterm adsorpsi juga dilakukan dengan variasi konsentrasi pencemar Cr(VI) (10, 20, 30, 50, 70, 100, 150 mg/L), dan didapatkan kecenderungan isoterm adsorpsi Freundlich dengan nilai linearitas ( $R^2$ ) sebesar 0,9594. Studi termodinamika adsorpsi juga dilakukan dengan variasi suhu (25, 35, 45°C), dan diperoleh nilai perubahan entalpi ( $\Delta H^\circ$ ) dan nilai entropi ( $\Delta S^\circ$ ) berturut-turut sebesar 0,9686 kJ/mol dan 3,42 J/K.mol. Kondisi optimum adsorpsi oleh komposit HAp-kitosan kemudian digunakan untuk aplikasi penurunan pencemar Cr(VI) pada limbah cair penyamakan kulit dan tekstil. Nilai

kapasitas adsorpsi Cr(VI) dengan komposit HAp-kitosan berturut-turut sebesar 2,634 dan 0,894 mg/g. Nilai kapasitas adsorpsi yang rendah menunjukkan bahwa komposit HAp-kitosan belum maksimal untuk menurunkan pencemar Cr(VI) pada limbah cair penyamakan kulit dan tekstil.

Kata kunci: adsorpsi, HAp-kitosan, komposit, kromium heksavalen

*@Tak cipta milik IPB University*

IPB University



## SUMMARY

M RUSYDI SIREGAR. Adsorption of Cr(VI) Metal Pollutant from Leather and Textile Tanning Wastewater with Hydroxiapatite-Chitosan Composite. Supervised by CHARLENA and ETI ROHAETI.

Water pollution is an environmental problem due to the presence of hazardous substances such as the heavy metal hexavalent chromium. Therefore, proper control measures are required to reduce contamination using an adsorption method using hydroxyapatite (HAp) adsorbent compounds. This study used solid waste from rice field snail shells as a precursor in the synthesis of HAp compounds. HAp composites with chitosan were developed to enhance the adsorption capacity of Cr(VI) pollutants. Optimization and kinetic studies were also conducted to determine the optimal environmental conditions for adsorption of Cr(VI) pollutants, thus determining the potential for Cr(VI) adsorption in leather and textile tanning wastewater.

HAp synthesis was carried out using a precipitation method using rice field snail shells as raw material and was characterized using XRD, FTIR, and SEM-EDX. The XRD results showed good crystallinity of 71.93%. The FTIR spectrum indicated the presence of  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{OH}^-$ , and  $\text{CO}_3^{2-}$  functional groups. SEM-EDX results show a uniform HAp sample morphology with a Ca/P ratio of 1.82. The HAp-chitosan composite was prepared using a wet mixing method, with variations in HAp-chitosan composition of 0, 25, 50, 75, and 100 percent. The HAp-chitosan composite was characterized using FTIR and SEM. The FTIR spectrum generated in the HAp-chitosan composite showed the presence of  $\text{OH}^-$ ,  $\text{PO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}_2^-$ , and  $\text{CH}^-$  functional groups. The composite morphology in SEM showed that HAp appeared granular and chitosan as plates, and the two compounds were heterogeneously separated. The FTIR spectrum and SEM morphology indicated that no new compounds were formed as a result of the HAp and chitosan composite preparation.

Determination of the optimum conditions for Cr(VI) reduction using HAp-chitosan composite was carried out by varying the adsorption parameters, namely the solution pH conditions (pH 6, 7, 8, 9) and stirring time (30, 60, 120 minutes). The optimum conditions were obtained at 75 percent HAp-chitosan composition, pH 9, and stirring time of 120 minutes with an adsorption percentage value of  $70.63 \pm 0.08$  percent and an adsorption capacity of  $35.08 \pm 0.54$  mg/g. An increase in the adsorption capacity value by the HAp-chitosan composite occurred where the optimum values of the single adsorbent capacity of HAp and chitosan were  $30.57 \pm 0.38$  and  $21.46 \pm 0.26$  mg/g, respectively. Adsorption kinetics testing was carried out with variations in adsorption time (30, 60, 120 minutes), and the best conditions were obtained in second-order kinetics with an equilibrium constant ( $q_e$ ) of 36.97 mg/g. Adsorption isotherms were also carried out with variations in Cr(VI) pollutant concentrations (10, 20, 30, 50, 70, 100, 150 mg/L), and a tendency for Freundlich adsorption isotherms was obtained with a linearity value ( $R^2$ ) of 0.9594. Adsorption thermodynamic studies were also carried out with variations in temperature (25, 35, 45°C), and the enthalpy change ( $\Delta H^\circ$ ) and entropy ( $\Delta S^\circ$ ) values were obtained at 0.9686 kJ/mol and 3.42 J/K.mol, respectively. The optimum conditions for adsorption by the HAp-chitosan composite were then used for

applications to reduce Cr(VI) pollutants in leather and textile tanning wastewater. The adsorption capacity values of Cr(VI) with HAp-chitosan composite were 2.634 and 0.894 mg/g, respectively. The low adsorption capacity values indicate that the HAp-chitosan composite is not yet optimal in reducing Cr(VI) pollution in leather and textile tanning wastewater.

**Keywords:** adsorption, composite, HAp-chitosan, hexavalent chromium

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

# **ADSORPSI PENCEMAR LOGAM Cr(VI) DARI LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT DAN TEKSTIL DENGAN KOMPOSIT HIDROKSIAPATIT-KITOSAN**

**M RUSYDI SIREGAR**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister Sains pada  
Program Studi Kimia

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



**@Hak cipta milik IPB University**

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tesis:  
Sri Sugiarti, S.Si, Ph.D.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Adsorpsi Pencemar Logam Cr(VI) dari Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Tekstil dengan Komposit Hidroksiapatit-Kitosan  
Nama : M Rusydi Siregar  
NIM : G4501222020

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Dra. Charlena, M.Si

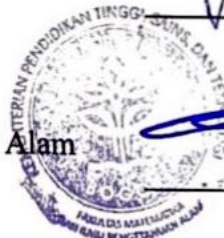


Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Eti Rohaeti, M.S

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Irmanida Batubara, S.Si., M.Si.  
NIP 197508072005012001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.  
NIP 197807232007011001



Tanggal Ujian : 11 Maret 2026

Tanggal Lulus :



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah yang berjudul “Adsorpsi Pencemar Logam Cr(VI) dari Limbah Cair Penyamakan Kulit dan Tekstil dengan Komposit Hidroksiapatit-Kitosan”. Penelitian karya ilmiah dilaksanakan sejak bulan Juli 2024 sampai bulan Januari 2025 di PT Pramatek Andal Analitika dan Laboratorium Anorganik Kimia IPB University. Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program magister pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Dra. Charlena, M.Si., selaku ketua komisi pembimbing, dan Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.S., selaku para anggota komisi pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada civitas tenaga kerja di laboratorium kimia PT Pramatek Andal Analitika dan laboratorium Anorganik Kimia IPB. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Imbalo dan Ibu Rahimah selaku orang tua saya, juga seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya selama penelitian ini saya laksanakan.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 13 Mei 2026

*M Rusydi Siregar*



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
III HASIL DAN PEMBAHASAN	8
3.1 Kemurnian $\text{Ca(OH)}_2$ dari Cangkang Keong Sawah	8
3.2 Karakteristik HAp Sintesis	10
3.3 Komposit HAp-Kitosan	14
3.4 Penurunan Kadar Krom Heksavalen menggunakan Komposit	17
3.5 Aplikasi Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dan Tekstil	25
IV SIMPULAN DAN SARAN	27
4.1 Simpulan	27
4.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN	34
RIWAYAT HIDUP	46