

**PENGEMBANGAN KOMPOSIT BERBASIS MINERAL  
SEBAGAI PENJERAP DAN PENDEKOMPOSISI ANTIBIOTIK  
DALAM AIR LIMBAH RUMAH SAKIT**

**VICKY PRAJAPUTRA**



**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**

*@Hak cipta milik IPBUniversity*

**IPBUniversity**



**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 IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



### *@Hak cipta milik IPBUniversity*

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 IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



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

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Pengembangan Komposit Berbasis Mineral Sebagai Penjerap dan Pendekomposisi Antibiotik Dalam Air Limbah Rumah Sakit” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Agustus 2021

Vicky Prajaputra  
P062180248

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 IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



## RINGKASAN

VICKY PRAJAPUTRA. Pengembangan Komposit Berbasis Mineral Sebagai Penjerap dan Pendekomposisi Antibiotik Dalam Air Limbah Rumah Sakit. Dibimbing oleh ZAENAL ABIDIN, SRI BUDIARTI dan DYAH TJAHYANDARI SURYANINGTYAS.

Antibiotik merupakan salah satu senyawa yang digunakan untuk mengobati penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Mayoritas penggunaan antibiotik pada umumnya terdapat di rumah sakit (RS). Implementasi kebijakan penggunaan antibiotik dan sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di RS sangat mempengaruhi tingkat konsentrasi residu antibiotik yang lepas ke badan perairan. Kontaminasi residu antibiotik di perairan berkontribusi terhadap perkembangan mikroorganisme resisten antibiotik yang jika terakumulasi ke dalam tubuh manusia akan memberikan efek lanjut terhadap risiko kesehatan dan ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan suatu tindakan khusus untuk mengatasi atau minimal mengurangi konsentrasi residu antibiotik yang lepas ke perairan.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan material komposit berbasis mineral untuk mengurangi risiko pencemaran antibiotik dalam air limbah RS melalui kombinasi metode adsorpsi dan dekomposisi. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka terdapat beberapa tujuan antara, yaitu: (1) menganalisis implementasi kebijakan penggunaan antibiotik dan risiko pencemarannya dalam air limbah RS terhadap lingkungan, (2) mengembangkan metode deteksi antibiotik dalam larutan menggunakan spektrofotometer visibel, (3) menyintesis dan mengarakterisasi zeolit yang disintesis dari beberapa bahan mineral (tuf vulkan, batu apung, dan *fly ash*), dan (4) mengevaluasi efisiensi dan keterulangan zeolit sebagai penjerap dan pendekomposisi antibiotik dalam air limbah. Analisis implementasi penggunaan antibiotik dilakukan melalui kajian literatur beberapa artikel yang datanya terindeks google scholar. Dampak pencemaran residu antibiotik terhadap lingkungan, ekosistem perairan (alga, invertebrata, dan ikan), dan kesehatan manusia dinilai berdasarkan pendekatan kuosien risiko (KR). Deteksi konsentrasi dan stabilitas antibiotik dilakukan dengan spektrofotometer visibel yang telah divalidasi. Zeolit disintesis dari tuf vulkan, batu apung, dan *fly ash* melalui metode hidrotermal sederhana dalam kondisi alkali. Kombinasi metode adsorpsi dan dekomposisi melalui proses Fenton-like dilakukan untuk mengevaluasi kinerja zeolit dalam menghilangkan atau mengurangi residu antibiotik.

Hasil analisis dari beberapa jurnal terindeks google scholar menunjukkan bahwa implementasi program pengendalian resisten antibiotik (PPRA) di beberapa RS Indonesia telah dilakukan, namun masih belum berjalan dengan baik karena terdapat kendala dalam penerapannya. Kendala yang dihadapi berupa minimnya pembiayaan untuk menjalani program tersebut, rendahnya koordinasi tim, pemahaman yang berbeda, penggunaan antibiotik belum sesuai SOP atau pedoman antibiotik (bahkan ada RS yang belum memiliki pedoman antibiotik), serta rendahnya sosialisasi PPRA. Sistem pengolahan air limbah yang di rancang di RS juga belum optimal dalam menurunkan konsentrasi residu antibiotik (khususnya siprofloksasin). Cemaran residu siprofloksasin memberikan risiko yang signifikan terhadap lingkungan (KR = 15,73), terutama terhadap ekosistem alga (KR = 10,36) di perairan. Meskipun risiko paparan residu siprofloksasin dalam air minum tidak

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 IPBUniversity.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

tidak cipta milik IPB University

mempengaruhi kesehatan manusia secara signifikan, namun sangat berperan dalam perkembangan bakteri resisten antibiotik. Jika bakteri resisten antibiotik masuk ke dalam tubuh manusia, maka penyakit infeksi yang mungkin terjadi akan jauh lebih sulit disembuhkan.

Untuk mengukur konsentrasi antibiotik tunggal yang terdapat dalam larutan, maka digunakan spektrofotometer visibel. Deteksi konsentrasi antibiotik siprofloksasin ( $\lambda_{maks} = 462 \text{ nm}$ ) dan seftriakson ( $\lambda_{maks} = 482 \text{ nm}$ ) ditentukan berdasarkan pembentukan senyawa kompleks antibiotik-besi(III) yang ditandai dengan adanya warna. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode yang digunakan memiliki linearitas, sensitivitas, akurasi, dan presisi yang baik. Metode ini memiliki nilai *limit of detection* (LoD) dan *limit of quantification* (LoQ) masing-masing sebesar 12,55 mg/L dan 38,03 mg/L untuk siprofloksasin dan 36,46 mg/L dan 110,49 untuk seftriakson. Antibiotik siprofloksasin memiliki stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan seftriakson, sehingga jika terpapar atau tercemar di perairan akan sulit terurai secara alami dan memberikan risiko signifikan terhadap ekosistem perairan. Metode pengukuran konsentrasi antibiotik menggunakan spektrofotometer visibel juga jauh lebih ekonomis daripada spektrofotometer UV-Vis.

Karakterisasi menggunakan *X-ray diffraction* (XRD), *fourier transform infrared* (FTIR), dan *scanning electron microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui karakteristik material. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kandungan mineral utama yang terdapat dalam sampel tuf vulkan, batu apung, dan fly ash adalah  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Zeolit A berhasil disintesis dari tuf vulkan, sedangkan zeolit Na-P1 terbentuk dari batu apung dan fly ash. Zeolit sintetik yang dihasilkan dapat digunakan sebagai penjerap biru metilena dan juga memiliki luas permukaan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan sampel awal.

Hasil uji adsorpsi menunjukkan bahwa zeolit yang disintesis dari tuf vulkan, batu apung, dan fly ash sangat efektif digunakan sebagai penjerap siprofloksasin, terutama pada kondisi pH asam (pH 3 sampai 4). Pada pH 3, persentase efisiensi penjerapan siprofloksasin menggunakan zeolit yang disintesis dari tuf vulkan, batu apung, dan fly ash masing-masing adalah sebesar 59,41%, 77,65%, dan 66,84%. Zeolit tersebut bukan hanya dapat berfungsi sebagai penjerap, tetapi juga sebagai pendekomposisi siprofloksasin melalui proses *Fenton-like* dengan penambahan zat oksidator. Dengan demikian, zeolit yang disintesis dapat digunakan hingga beberapa kali pengulangan tanpa mengurangi efisiensinya dalam menjerap siprofloksasin secara signifikan. Kemampuan dekomposisi siprofloksasin menggunakan zeolit yang disintesis dari tuf vulkan lebih tinggi dibandingkan bahan baku awal dan zeolit A komersil. Meskipun aplikasi zeolit sebagai penjerap dan pendekomposisi antibiotik dalam air limbah RS belum dilakukan, namun hasil penelitian ini sangat mendukung potensi penggunaannya untuk mengurangi konsentrasi residu antibiotik yang lepas ke lingkungan. Tahapan selanjutnya, zeolit akan diaplikasikan dalam mini reaktor sederhana (skala mikro) untuk mendukung sistem pengolahan air limbah rumah sakit.

Kata kunci: adsorpsi, dekomposisi, siprofloksasin, tuf vulkan, zeolit



## SUMMARY

VICKY PRAJAPUTRA. Development of Mineral-Based Composites for adsorbing and degrading antibiotic in Hospital Wastewater. Supervised by ZAENAL ABIDIN, SRI BUDIARTI, and DYAH TJAHYANDARI SURYANINGTYAS.

Antibiotics are compounds used to treat infectious diseases caused by bacteria. The majority of antibiotic use is generally found in hospitals (RS). The implementation of policies on the use of antibiotics and the wastewater treatment plant (WWTP) in hospitals greatly affects the concentration of antibiotic residues released into water bodies. Contamination of antibiotic residues in waters has an impact on ecosystems, especially microorganisms and in the end will also have further effects on human health. Therefore, a special action is needed to eliminate or at least reduce the concentration of antibiotic residues released into the waters.

This study aims to develop mineral-based composite materials to reduce the risk of antibiotic contamination in hospital wastewater through a combination of adsorption and decomposition methods. To achieve this goal, there are several intermediate goals, namely: (1) analyzing the implementation of policies on the use of antibiotics and the risk of contamination in hospital wastewater on the environment, (2) developing a method for detecting antibiotics in solution using a visible spectrophotometer, (3) synthesizing and characterizing zeolites were synthesized from several mineral materials (volcanic tuff, pumice, and fly ash), and (4) evaluated the efficiency and repeatability of zeolites as adsorbents and decomposers of antibiotics in wastewater. Analysis of the implementation of the use of antibiotics was carried out through a literature review of several articles whose data was indexed by Google Scholar. The impact of antibiotic residue contamination on the environment, aquatic ecosystems (algae, invertebrates, and fish), and human health was assessed based on the risk quotient (KR) approach. Detection of antibiotic concentration and stability was carried out with a validated visible spectrophotometer. Zeolites were synthesized from volcanic tuff, pumice, and fly ash by a simple hydrothermal method under alkaline conditions. The combination of adsorption and decomposition methods through a Fenton-like process was carried out to evaluate the performance of zeolite to remove antibiotic residues.

The results of the analysis from several google scholar indexed journals show that the implementation of the antibiotic resistance control program (PPRA) in several Indonesian hospitals has been carried out, but it is still not going well because there are obstacles in its implementation. Constraints faced in the form of lack of funding to undergo the program, lack of team coordination, different understandings, the use of antibiotics has not been in accordance with SOPs or antibiotic guidelines (there are even hospitals that do not yet have antibiotic guidelines), and low socialization of PPRA. The wastewater treatment system designed in the hospital is also not optimal in reducing the concentration of antibiotic residues (especially ciprofloxacin). Ciprofloxacin residue contamination poses a significant risk to the environment ( $KR = 15.73$ ), especially to the algal ecosystem ( $KR = 10.36$ ) in the waters. Although the risk of exposure to ciprofloxacin residues in drinking water does not significantly affect human health, it plays an important role in the development of antibiotic-resistant bacteria. If

@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 meminumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

antibiotic-resistant bacteria enter the human body, the infectious diseases that may be caused will be much more difficult to overcome.

Detection of concentrations of antibiotics ciprofloxacin ( $\lambda_{\max} = 462$  nm) and ceftriaxone ( $\lambda_{\max} = 482$  nm) in solution was measured using a visible spectrophotometer. The results obtained indicate that the method used has good linearity, sensitivity, accuracy, and precision. This method has limit of detection (LoD) and limit of quantification (LoQ) values of 12.55 mg/L and 38.03 mg/L for ciprofloxacin and 36.46 mg/L and 110.49 for ceftriaxone. The antibiotic ciprofloxacin has higher stability than ceftriaxone, so that if exposed to or polluted in waters it will be difficult to decompose naturally and pose a significant risk to aquatic ecosystems. The method of measuring antibiotic concentrations using a visible spectrophotometer is much more economical than a UV-Vis spectrophotometer.

Characterization using X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared (FTIR), and scanning electron microscopy (SEM) were carried out to determine the characteristics of the material. The characterization results show that the main mineral content in volcanic tuff, pumice, and fly ash samples is  $\text{SiO}_2$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Zeolite A was successfully synthesized from volcanic tuff, while zeolite Na-P1 was formed from pumice and fly ash. The resulting synthetic zeolite can be used as an adsorbent for methylene blue and also has a much larger surface area compared to the initial sample.

The adsorption test results showed that the zeolite synthesized from volcanic tuff, pumice, and fly ash was very effectively used as an adsorbent for ciprofloxacin, especially at pH 3. At pH 3, the adsorption capacity of ciprofloxacin used zeolite synthesized from volcanic tuff, pumice, and fly ash were 59,41%, 77,65%, and 66,84%, respectively. The zeolite not only functions as an adsorbent, but also as a decomposer through a Fenton-like process. The decomposition ability of zeolite synthesized from volcanic tuff is higher than the initial raw material and commercial zeolite A. In addition, the synthesized zeolite can also be used up to several times without reducing its efficiency in absorbing ciprofloxacin significantly. Although the application of zeolite to adsorb and decompose antibiotics in hospital wastewater has not been achieved, the results in this study strongly support its potential use in reducing the concentration of antibiotic residues released into the environment.

Keywords: adsorption, ciprofloxacin, decomposition, volcanic tuff, zeolite



@Hak cipta milik IPBUniversity

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 IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

## © Hak Cipta milik IPB, tahun 2021 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.*





# **PENGEMBANGAN KOMPOSIT BERBASIS MINERAL SEBAGAI PENJERAP DAN PENDEKOMPOSISI ANTIBIOTIK DALAM AIR LIMBAH RUMAH SAKIT**

**VICKY PRAJAPUTRA**

Disertasi  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Doktor pada  
Program Studi  
Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**



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 IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Ladiyani Retno Widowati, M.Sc
- 2 Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.S

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Ladiyani Retno Widowati, M.Sc
- 2 Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.S