

## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat ini, pencemaran logam berat di perairan telah menjadi permasalahan global yang utama. Pencemaran logam berat ini berpotensi membahayakan ekosistem perairan dan kesehatan manusia. Pencemaran logam berat di lingkungan perairan dapat meningkat karena adanya industrialisasi, perubahan iklim, dan urbanisasi. Logam berat bersifat toksik, berpotensi karsinogenik, tidak dapat terdegradasi secara alami, serta dapat terakumulasi dalam air dan dalam sistem biologis. Logam berat dapat menyebabkan kerusakan pada berbagai organ tubuh, di antaranya sistem saraf, hati, paru-paru, ginjal, lambung, kulit, dan sistem reproduksi, bahkan pada tingkat paparan yang rendah<sup>1</sup>.

Beberapa logam berat yang paling sering mencemari lingkungan, yaitu merkuri (Hg), kadmium (Cd), arsenik (As), kromium (Cr), nikel (Ni), tembaga (Cu), dan timbal (Pb). Pb adalah logam yang tidak dapat terurai secara alami dan ditemukan dalam jumlah yang relatif rendah. Kadar Pb di atmosfer terus meningkat karena aktivitas manusia termasuk manufaktur, pertambangan, dan pembakaran bahan bakar fosil. Pb bersifat toksik bagi tubuh manusia jika terpapar dalam jumlah yang melebihi batas optimal<sup>2</sup>. Pb memiliki sifat sebagai kalsium antagonisme yang dapat menghambat metabolisme kalsium, sehingga apabila paparan Pb tinggi maka metabolisme kalsium pada proses remineralisasi gigi oleh kalsium dan fosfor pada saliva tidak berlangsung optimal. Efek Pb terhadap kesehatan manusia di antaranya saraf, hipertensi, mudah marah, dan kelelahan<sup>3</sup>. Berdasarkan pada PP No. 22 Tahun 2021, ambang batas baku mutu kandungan logam Pb di perairan yang diizinkan, yaitu sebesar 0,05 mg/L<sup>4</sup>.

Upaya untuk mengurangi kadar logam berat Pb yang semakin meningkat di lingkungan, dapat dilakukan dengan beberapa metode<sup>5</sup>. Adapun metode yang umum digunakan, di antaranya presipitasi kimiawi, kompleksasi, pertukaran ion, adsorpsi, perawatan elektrokimia dan proses membran<sup>6</sup>. Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah adsorpsi<sup>7</sup>. Adapun kelebihan dari metode adsorpsi dibandingkan metode lainnya, yaitu prosesnya yang sangat sederhana, biaya yang digunakan cukup murah, dan juga ramah lingkungan<sup>8</sup>. Adsorpsi secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu proses suatu partikel pada larutan melekat pada permukaan material adsorpsi, yang disebut adsorben<sup>9</sup>. Karakteristik dari adsorben dapat mempengaruhi efisiensi dari metode adsorpsi. Adsorben yang dimanfaatkan untuk menghilangkan logam berat Pb, di antaranya karbon aktif, tanah liat, alumina aktif, kitosan, silika, zeolit, dan hidroksiapatit<sup>10</sup>.

Hidroksiapatit (HAp) telah menjadi bagian komponen penting dari metode adsorpsi untuk mengolah polutan berbahaya di air. HAp mudah diproduksi dalam skala besar sehingga memungkinkan untuk meningkatkan teknologi sekaligus dapat diregenerasi dengan cepat. Dengan demikian, logam berat dapat dipulihkan tanpa perlu menggunakan teknik yang mahal.

HAp efektif dalam menyerap polutan logam, seperti  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ , dll<sup>11</sup>. HAp juga telah digunakan secara luas dan berhasil digunakan untuk menghilangkan berbagai polutan di air dikarenakan HAp memiliki sifat permukaannya yang sangat baik<sup>12</sup>. HAp memiliki situs aktif permukaan yang dapat diakses dari gugus fungsi P-OH sehingga sangat cocok untuk pengikatan kation logam<sup>13</sup>. HAp memiliki beberapa kelebihan, di antaranya stabilitas yang tinggi, kemampuan pertukaran ion, ramah lingkungan, dan murah serta memiliki luas permukaan spesifik yang besar sehingga telah banyak diaplikasikan untuk menghilangkan berbagai kontaminan, termasuk logam berat di air<sup>14</sup>. HAp memiliki komponen penyusun utama berupa kalsium dan fosfat<sup>15</sup>. Bahan baku kalsium yang digunakan untuk mensintesis HAp dapat diperoleh dari sumber sintetis maupun sumber alami. Adapun beberapa sumber kalsium alami, di antaranya, tulang ikan, kulit kerang, dan cangkang telur<sup>16</sup>.

Produksi total telur puyuh di tahun 2024 diperkirakan mencapai 27,62 ribu ton, yang menunjukkan kenaikan sebesar 5,53% dibandingkan dengan tahun sebelumnya<sup>17</sup>. Peningkatan jumlah produksi telur puyuh dari tahun ke tahun akan berpengaruh pada bertambahnya limbah dari cangkang telur puyuh<sup>18</sup>. Peningkatan jumlah produksi telur puyuh terjadi karena pentingnya sumber protein di kalangan masyarakat. Selain daging dan ikan, telur juga merupakan sumber protein, dan salah satunya telur puyuh yang memiliki kandungan protein relatif lebih tinggi. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya peningkatan limbah cangkang telur puyuh<sup>19</sup>. Limbah cangkang telur puyuh yang langsung dibuang ke lingkungan akan dapat merusak estetika lingkungan, menambah volume limbah, dan berpotensi menyebabkan polusi karena aktivitas mikroba di lingkungan<sup>20</sup>. Selain itu, meskipun dapat terurai di tanah dan dapat digunakan sebagai pupuk kandang, penguraian cangkang telur puyuh dapat memakan waktu lama dan memiliki efek yang tidak diinginkan, seperti mendorong pertumbuhan cacing dan serangga, serta menghasilkan bau<sup>21</sup>. Salah satu cara alternatif untuk memanfaatkan limbah cangkang telur puyuh, yaitu dengan mengekstrak kalsium yang terkandung di dalamnya. Pemanfaatan limbah ini dikarenakan kandungan kalsium dalam bentuk kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) atau disebut juga dengan kalsit mencapai 94-97% pada cangkang telur puyuh<sup>22</sup>.  $CaCO_3$  yang diekstrak dari cangkang telur puyuh dapat digunakan untuk sintesis HAp<sup>23</sup>.

Ada beberapa metode sintesis HAp, di antaranya reaksi fase padat, sintesis mekanokimia, pembakaran dalam larutan, pirolisis, sol-gel, mikroemulsi, hidrotermal, dan *microwave*<sup>24</sup>. Metode sol-gel telah digunakan dalam penelitian oleh Siti untuk mensintesis HAp dari cangkang telur puyuh untuk penyerapan logam Pb(II), namun metode ini memiliki kekurangan seperti waktu sintesis yang lama, serta perlunya pengaturan pH dan suhu reaksi<sup>25</sup>. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode *microwave* untuk sintesis HAp. Metode sintesis HAp dengan menggunakan *microwave* merupakan salah satu metode yang efisien karena dapat mempercepat proses reaksi dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan

dengan metode lainnya. Penggunaan energi *microwave* pada perlakuan termal dapat menghasilkan HAp yang halus dengan kemurnian tinggi serta homogen<sup>26</sup>. Metode *microwave* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode-metode sintesis yang lainnya, di antaranya lebih mudah, ramah terhadap lingkungan, serta dapat menghasilkan HAp dengan penyebaran ukuran partikel yang konsisten<sup>16</sup>. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis HAp dari limbah cangkang telur puyuh menggunakan metode *microwave*, serta menguji kemampuan HAp dalam menyerap logam Pb(II) sebagai solusi terhadap pencemaran logam berat yang dianalisis menggunakan berbagai instrumen, di antaranya XRF, XRD, SEM-EDX, BET, dan FTIR.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah HAp dapat disintesis dari cangkang telur puyuh dengan metode *microwave-assisted*?
2. Bagaimana karakteristik HAp dari cangkang telur puyuh yang disintesis menggunakan metode *microwave-assisted* berdasarkan analisis XRF, XRD, FTIR, SEM-EDX, dan BET?
3. Bagaimana kemampuan HAp dari cangkang telur puyuh terhadap penyerapan logam Pb(II)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis hidroksiapatit dari cangkang telur puyuh dengan metode *microwave-assisted*.
2. Mengkarakterisasi hidroksiapatit dari cangkang telur puyuh yang disintesis menggunakan metode *microwave-assisted* berdasarkan analisis XRF, XRD, FTIR, SEM-EDX, dan BET.
3. Menguji kemampuan hidroksiapatit dari cangkang telur puyuh terhadap penyerapan logam Pb(II).

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kemampuan HAp dari cangkang telur puyuh yang disintesis dengan metode *microwave-assisted* terhadap penyerapan logam Pb(II) untuk mengatasi pencemaran air dan cara memanfaatkan limbah cangkang telur puyuh.