

BAB I . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dunia umumnya dan khususnya penduduk Indonesia telah mengakibatkan meningkatnya eksplorasi sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan sandang maupun pangan mengakibatkan terjadinya revolusi dibidang industri (pangan) untuk memenuhi kebutuhan manusia setiap hari. Pada setiap proses produksi akan menghasilkan limbah padat, cair dan gas.

Baru-baru ini, pencemaran air menjadi salah satu isu yang sangat signifikan yang menyebabkan terjadinya perdebatan yang serius untuk memperoleh solusinya. Pencemaran air telah teridentifikasi mengurangi kualitas ekosistem air, biodiversitas air, makhluk air dan menyebabkan berbagai spesies mengalami kepunahan. Aktivitas manusia menghasilkan berbagai bahan berbahaya yang dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu. Menurut berbagai peneliti, pencemaran air terjadi ketika bahan berbahaya terlarut dalam air dan menyebabkan dampak negatif terhadap biodiversitas air dan kesehatan manusia (Hariyadi, Yanuwadi, dan Polii 2013).

Logam berat merupakan salah satu penyebab pencemaran air yang terjadi di berbagai negara akibat perkembangan industri diberbagai bidang. Logam berat merupakan kontaminan yang biasa terkandung dalam limbah cair dari berbagai industri seperti cat, pewarna, kaca, baterai timbal, elektroplating, pertambangan dan peleburan (Karthika et al., 2010).

Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) merupakan beberapa logam yang terkandung dalam limbah cair. Logam-logam ini bersifat *harmful* dan mengancam kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya seperti tanaman dan hewan. Logam Pb menyebabkan anemia, sakit ginjal, gangguan saraf bahkan kematian (Karthika et al., 2010). Sedangkan tembaga tidak dapat terdegradasi oleh lingkungan dan juga terakumulasi sehingga berdampak negatif bagi kehidupan (Salmani et al., 2012).

Penanganan limbah logam berat telah dilakukan dengan berbagai metode antara lain metode adsorpsi. Metode biosorpsi menggunakan biosorben lebih dipilih sebab ramah lingkungan, sederhana, *low-cost* untuk *recovery*, meminimalisasi endapan kimia maupun biologi, membutuhkan pereaksi yang tidak banyak, dapat diregenerasi dan cukup efektif dan selektif bila dimodifikasi untuk menghilangkan

logam berat dengan konsentrasi rendah (Lingamdinne et al., 2016; Dehghani et al., 2016; Fauziah et al., 2015; Bhuvaneshwari & Sivasubramanian, 2014; Pillai et al., 2013; Zafar et al., 2015). Berbagai macam biomaterial telah digunakan sebagai biosorben untuk penanganan limbah logam berat baik dengan metode *batch* maupun kolom seperti kulit manggis (Zein et al., 2010), mahkota dewa (Nasution et al., 2015), biji durian (Lestari et al., 2016), *dimocarpus longan* (Florenly et al., 2015), *Nepthelium lappaceum* (Zein et al., 2015), kulit aren (Zein et al., 2014), daun pepaya dan kulit petai (Suyono et al., 2015), cangkang pensi (Zein et al., 2018) kerangka binatang laut (Lim dan Aris 2014), komposit polimer-*clay* (Iyayi & Redeemer, 2010), kulit jeruk (Chao, Chang, dan Nieva 2014), lumpur merah (Mobasherpour, Salahi, dan Asjodi 2014), jerami padi (Sharma dan Singh 2013), biji sirsak (Kurniawan et al., 2014), sekam padi dan kulit kacang tanah (Prabha & Udayashankara, 2014), karbon aktif dari daun oak (Sulyman, Namiesnik, & Gierak, 2014), dan limbah daun palm (Sulyman, Namiesnik, & Gierak, 2016), arang bambu (Wang et al., 2012), limbah pertanian (Najiah et al., 2014), karbon aktif dari kulit kelapa (Song et al., 2014) dan lain-lain.

Metode *batch* diaplikasikan dalam skala laboratorium untuk jumlah efluen yang sedikit. Namun kurang efektif jika digunakan dalam skala industri sebab jumlah air limbah dihasilkan secara terus-menerus. Metode *batch* memberikan informasi mengenai kondisi optimum penyerapan seperti pH, konsentrasi awal ion logam, ukuran partikel, dan waktu kontak yang dibutuhkan dalam metode kolom. Pada metode kolom, adsorbat berkontak dengan biosorben secara kontinu sehingga menyebabkan adanya gradien konsentrasi antara biosorben dan adsorbat. Selama limbah mengalir didalam kolom, limbah mengalami proses fisika-kimia. Desain dan teori kolom fokus terhadap bentuk kurva *breakthrough* dan kecepatannya melalui biosorben. Kurva *Breakthrough* dan jumlah biosorben digunakan untuk mengevaluasi performa kolom dengan berbagai persamaan. Metode kolom dapat meningkatkan efisiensi biosorpsi dengan adanya gradient konsentrasi yang menyebabkan peningkatan transfer massa (Iyayi & Redeemer, 2010; Shanmugaprakash & Sivakumar, 2015; Martín-Lara et al., 2016).

Penelitian ini menggunakan kulit sagu sebagai biosorben untuk mengatasi limbah cair industri yang mengandung logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV).

Sagu merupakan tanaman berpati yang digunakan untuk membuat tepung sagu. Dalam proses pengesktrakan tersebut industri tepung sagu menghasilkan limbah berupa residu pati dan kulit sagu. Kulit sagu merupakan limbah padat industri sagu yang penggunaannya masih terbatas. Kulit sagu mengandung syringyl non-kondensasi, guaiasil non-kondensasi, dan p-hidroksifenil non kondensasi (Aww-Adeni et al., 2016). Lignin yang merupakan polimer mengandung berbagai macam gugus fungsi seperti metoksil, fenolik, karboksil, alkohol dan aldehid yang dapat meningkatkan kemampuan biosorben untuk mengeliminasi logam berat dalam larutan (Ogunsile & Anomo, 2014). Sebelum melakukan proses biosorpsi, terlebih dahulu dilakukan penentuan pH *Point zero of charge* (pH_{pzc}). Penentuan pH_{pzc} dapat menunjukkan pH dimana jumlah muatan negatif dan positif pada biosorben sama (biosorben bermuatan nol) karena tiap biosorben memiliki pH_{pzc} yang berbeda. Oleh sebab itu, penentuan pH_{pzc} dapat memberikan informasi lebih lanjut mengenai muatan permukaan adsorben yang dipengaruhi oleh pH (Ahmad, Kumar, & Haseeb, 2012).

Biosorpsi logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(VI) dengan kulit sagu dilakukan metode *batch* dan kolom dengan mengamati beberapa parameter yang mempengaruhi kapasitas penyerapan kulit sagu. Karakterisasi kulit sagu dengan beberapa metode seperti FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRF (*X-ray Flourescene*) dan BET (*Bruner Emmet Teller*), dilakukan untuk mendukung penjelasan mengenai fenomena biosorpsi yang telah terjadi.

Residu biosorben tersisa setelah proses biosorpsi, dikumpulkan dan diadisi ke dalam mortar sehingga tercapai prinsip *zero waste*. Campuran ini diharapkan dapat meningkatkan kuat tekan mortar karena dapat berperan sebagai filler yang mengisi pori pada mortar (Al-zubaidi, 2015; Garcia & Sousa-coutinho, 2013; Giergiczny & Kr, 2008; Kotatkova et al., 2017). Solidifiaksi/stabilisasi (S/S) limbah berbahaya kedalam material seperti semen telah banyak dilakukan. Misalnya imobilisasi tanah, sedimen, dan lumpur yang mengandung Pb. Tanah, sedimen, dan lumpur yang mengandung Pb dicampurkan dengan semen dan sekam padi pada komposisi tertentu. Produk akhir yang terbentuk diharapkan dapat mengimobilisasi logam berat sedangkan sekam padi berperan dalam mengurangi penggunaan semen (Aliyu

& Karim, 2016). Benton yang dimodifikasi dengan agregat keramik daur ulang oleh (Medina, Frías, & Sánchez De Rojas, 2014), telah menemukan bahwa campuran tersebut dapat menurunkan konsentrasi ion logam yang terlepas ke fasa cair. Imobilisasi lumpur yang mengandung senyawa hidrokarbon ke dalam zeolit membuktikan konsentrasi Cr, Pb, Mn, Zn, Cu, dan Ni yang terlepas ke lingkungan mengalami penurunan karena telah terjebak didalam zeolit semen (Mohd Zain et al., 2017). Yang et.al, 2014 mempelajari desorpsi ion logam dari semen (*Leachability*) dari semen yang dimodifikasi dengan tanah yang terkontaminasi menjelaskan bahwa enkapsulasi, penyerapan dan pengendapan mencegah ion logam terlepas ke lingkungan. Pembentukan kalsium silikat hidrat (C-S-H) menyebabkan ion logam terjebak dalam struktur kristal material sehingga konsentrasi logam dalam larutan menurun (Yang, Wu, & Du, 2014). Penelitian sebelumnya telah mengimobilisasi berbagai limbah berbahaya kedalam mortar atau beton seperti limbah radioaktif (Eskander et al., 2011), seng (Zn(II)) (Barbir, Dabic, & Krolo, 2012), limbah tembaga indium selenid pada panel sel surya (Skripkiunas, Vasarevicius, & Danila, 2018) limbah rumah sakit (Akyıldız, Köse, & Yıldız, 2017), dan residu dari limbah sludge (Cieślik et al., 2018). Penelitian sebelumnya juga telah memanfaatkan limbah sekam padi yang telah diabukan ke dalam mortar/beton. Sekam padi yang ditambahkan mengalami proses pengabuan sehingga menghasilkan *pozzolanic material* seperti SiO_2 yang berkontribusi dalam pembentukan C-S-H dan kuat tekan material (Al-zubaidi, 2015; Aliyu & Karim, 2016; Chen et al., 2018). Pada penelitian ini juga memodifikasi komposisi mortar dengan residu biosorben secara langsung tanpa melalui proses pengabuan. Proses modifikasi ini diharapkan dapat mempersingkat waktu pengerjaan dan *low-cost*. Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan efek penambahan bahan organik tersebut terhadap desorpsi ion logam (*leachability*) setelah perendaman dalam air laut, air sumur dan air hujan (buatan dan alami) dan pengaruh kondisi yang ekstrim (siklus pemanasan/pendinginan) terhadap kuat tekan mortar sehingga diperoleh komposisi yang tepat dalam solidifikasi/stabilisasi (S/S) residu biosorben ke dalam mortar dan tercapainya prinsip *zero waste*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah kulit sagu dapat menyerap logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) dengan metode *batch* dan kolom?
2. Pada kondisi optimum yang bagaimanakah kapasitas penyerapan logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) dengan kulit sagu mencapai nilai optimum?
3. Bagaimanakah karakteristik kulit sagu pada saat sebelum dan setelah penyerapan?
4. Bagaimanakah proses adsorpsi-desorpsi logam ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) pada kulit kulit sagu?
5. Bagaimana pengaruh penambahan residu biosorben kulit sagu terhadap kuat tekan campuran adonan semen?
6. Bagaimanakah pengaruh perubahan komposisi mortar terhadap desorpsi ion logam (*leacability*) dalam mortar akibat perendaman dengan air laut, air hujan dan air sumur dan pengaruh siklus pemanasan/pendinginan terhadap mortar?
7. Apakah solidifikasi/stabilisasi limbah kulit sagu yang mengandung logam berat dapat terenkapsulasi dengan baik di dalam mortar?

1.3 Tujuan

1. Meneliti manfaat kulit sagu sebagai adsorben untuk penyerapan ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) dengan metode *batch* dan kolom
2. Mempelajari kondisi optimum penyerapan ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) pada kulit sagu dengan variasi pH, waktu, suhu, konsentrasi, massa dan ukuran partikel kemudian dianalisis dengan AAS
3. Menganalisis karakteristik kulit sagu dengan menggunakan SEM, XRF dan FTIR, dan BET
4. Mempelajari isoterm biosorpsi, termodinamika dan kinetika biosorpsi dengan beberapa model
5. Mempelajari proses adsorpsi-desorpsi logam ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) pada kulit kulit sagu
6. Mempelajari komposisi yang baik antara residu kulit sagu yang telah menyerap logam ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) dengan adonan semen terhadap parameter kuat tekan, desorpsi ion logam akibat perendaman dengan

air laut, air hujan dan air sumur dan Solidifikasi/stabilisasi limbah kulit sagu yang mengandung logam berat ke dalam mortar (zero waste)

1.4 Manfaat

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah ditemukannya biosorben baru dan *low-cost* berasal dari limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan penyerap ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) dari limbah cair industri dan mengimobilisasi limbah biosorben yang mengandung logam berat tersebut kedalam mortar sehingga tidak menimbulkan masalah lingkungan lainnya.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini membahas biosorpsi ion logam Cd(II), Cu(II), Pb(II) dan Cr(IV) dengan kulit sagu sebagai biosorben dengan kajian mengenai kondisi optimum penyerapan, isoterm adsorpsi, kinetika dan termodinamika tertentu. Kemudian proses imobilisasi limbah biosorben pada mortar mengkaji pengaruh penambahan biosorben dan stimulasi lingkungan yang ekstrim terhadap durabilitas mortar serta mobilisasi ion logam yang telah tersolidifikasi ke dalam mortar akibat paparan air laut, air hujan dan air sumur.

