

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia adalah salah satu negara asia yang telah mulai melakukan perkembangan dalam sektor industri. Pertambahan jumlah industri di Indonesia didasarkan pada tuntutan kebutuhan manusia yang semakin hari semakin bertambah. Pemenuhan kebutuhan manusia oleh kegiatan industri diikuti oleh bertambahnya potensi hasil sisa produksi berupa limbah, baik dari limbah padat, cair, maupun gas. Limbah yang ditemukan banyak mengandung polutan-polutan berbahaya yang dapat mencemari badan air yang kemudian menimbulkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Khususnya pada limbah cair yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Pembuangan langsung limbah cair yang mengandung logam berat tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan permasalahan lingkungan yaitu penurunan kualitas perairan. Peristiwa ini diakibatkan oleh keberadaan zat pencemar berupa komponen-komponen organik maupun komponen anorganik. Komponen anorganik diantaranya adalah logam berat yang sifatnya berbahaya dan beracun. Adanya logam berat di perairan sangat berbahaya baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap kehidupan organisme dan kesehatan manusia (Paus *et al.*, 2019). Kandungan logam berat yang lama-kelamaan semakin menumpuk pada badan air dan sedimen akan dapat masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan makhluk hidup. Hal ini diperburuk

dengan sifat logam berat yang sulit untuk terurai, sehingga sangat mudah terakumulasi dalam perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai atau didegradasi (Ika *et al.*, 2012).

Logam berat merupakan logam yang mempunyai nilai densitas lebih dari 5 g/cm³, bersifat toksik, dan *non biodegradable*. Logam berat masuk ke lingkungan diantaranya melalui aktivitas industri pengolahan logam, pembuatan baterai, penyamakan, metalurgi, dan industri bidang pembuatan pupuk. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat melalui alat pernafasan, makanan yang dikonsumsi, dan teradsorpsi oleh kulit langsung (Cut Raziah *et al.*, 2017). Logam berat yang sering ditemukan dalam limbah cair hasil produksi industri adalah Ar, Cd, Cr, Pb, Cu, Co, Hg, Ni, dan Zn. Semua jenis industri yang beroperasi hampir menghasilkan limbah yang mengandung logam berat, hal ini dapat mencemari lingkungan sekitarnya (Guswami, 2017).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial yang dimana kehadirannya dalam jumlah tertentu akan dibutuhkan oleh organisme hidup, tetapi jika berlebihan dapat menimbulkan efek beracun. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat yang non esensial atau beracun contohnya seperti Pb, keberadaannya di dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya sehingga dapat bersifat racun. Timbal (Pb) merupakan salah satu contoh dari jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi. Daya racun yang dimiliki timbal adalah sebagai penghalang enzim, yaitu mengganggu proses metabolisme yang ada didalam tubuh. Logam berat akan bertindak sebagai alergen, mutagen, atau karsinogen bagi manusia. Semakin sering

dikonsumsi dalam jumlah besar dengan waktu yang lama akan mengakibatkan dampak negatif lainnya. (Ika *et al.*, 2012). Limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi tidak boleh dibuang sembarangan ke badan air, maka untuk mengawasinya diperlukan regulasi dari pemerintah setempat.

Regulasi tentang batasan pembuangan limbah yang mengandung logam berat seperti Pb, telah ditetapkan oleh Indonesia di dalam peraturan pemerintahannya. Salah satu peraturan yang membahas hal ini adalah Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup mengatakan bahwa keberadaan Pb(II) yang diperbolehkan dalam lingkungan terutama pada perairan sungai atau sejenisnya untuk kelas I, kelas II, dan kelas III sebesar 0,03 ppm, sedangkan untuk kelas IV yaitu 0,5 ppm. Setiap kegiatan manusia maupun industri yang membuang hasil limbah produksi khususnya yang mengandung logam berat ke dalam badan air, kandungan logam berat tersebut harus disesuaikan dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Industri yang masih menghasilkan limbah yang memiliki kandungan logam berat yang tinggi, perlu adanya pengolahan terlebih dahulu limbah cair sebelum dibuang ke perairan.

Metode yang dapat digunakan untuk mengolah ion logam berat salah satunya adalah adsorpsi. Metode adsorpsi menjadi metode yang terpilih karena memiliki beberapa kelebihan antara lain dalam prosesnya yang relatif lebih sederhana, efektifitas dan efisiensinya yang tinggi, dan tidak memberikan efek samping seperti zat beracun dibandingkan dengan metode lainnya (Safrianti *et al.*, 2012). Adsorpsi merupakan teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif untuk digunakan dalam

industri dan teknik yang umum dimanfaatkan dalam mengurangi ion logam berat dalam air limbah (Apriliani, 2010).

Penjerapan atau adsorpsi merupakan proses pemisahan bahan dari campuran molekul-molekul gas atau cairan, dimana bahan yang harus dipisahkan akan ditarik oleh permukaan adsorben padat kemudian diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tersebut (Anggriawan *et al.*, 2019). Adsorpsi dalam kondisi optimum perlu memperhatikan parameter yang dapat mempengaruhinya diantaranya adalah pH dan waktu kontak (Safrianti *et al.*, 2012). Adsorpsi sangat cocok untuk air limbah yang memiliki kandungan logam dengan konsentrasi rendah dan industri dengan keterbatasan biaya, sehingga menjadi tantangan dari teknologi adsorpsi dalam pemilihan adsorben alternatif yang ekonomis dan efisien untuk meminimalisir biaya di negara berkembang. (Cindy *et al.*, 2014). Upaya menurunkan kadar logam berat dengan adsorpsi merupakan upaya yang dapat mendukung nilai SDGs nomor 6 yaitu akses air bersih dan sanitasi guna memastikan ketersediaan air dan manajemen air bersih yang berkelanjutan bagi seluruh masyarakat.

Bahan adsorben yang digunakan dapat berupa bahan biomaterial yang banyak tersedia di alam, salah satunya seperti kerang. Bahan yang juga dapat dijadikan sebagai adsorben adalah kulit pisang kepok (Darmayanti *et al.*, 2012), sabut dan tempurung kelapa (Rahayu *et al.*, 2014), kulit buah kakao (Nilaturrohman, 2020), kayu tumbuhan seperti kayu meranti merah (Putri, 2019), serta beberapa jenis cangkang. Salah satu contoh adsorben yang berasal dari cangkang yaitu cangkang telur ayam (Ibnu Hajar *et al.*, 2016), cangkang kepiting (Ifa *et al.*, 2018), dan

berbagai cangkang kerang. Terdapat beberapa jenis kerang yang telah diteliti sebelumnya sebagai adsorben yaitu kerang darah (Wahyudianto, 2016), kerang simping (Matondang, 2019), kerang batik (Yudiwinata, 2020), dan kerang bulu (Astuti, 2020).

Indonesia sebagai negara yang terdiri dari pulau-pulau mempunyai potensi besar pada sumberdaya alam perairan yang dimilikinya, terutama pada produksi kerang. Kerang menjadi komoditas hasil laut yang cukup banyak digemari oleh masyarakat sehingga permintaan dalam konsumsi kerang juga semakin meningkat. Bukan hanya untuk dikonsumsi, kerang juga dijadikan masyarakat sebagai kerajinan tangan atau hiasan souvenir. Produksi kerang di Indonesia sejak tahun 2002 kemudian ketahun-tahun berikutnya selalu mengalami peningkatan. Hal ini didukung dengan data produksi hasil laut tahun 2002 hingga 2006 berturut-turut sebanyak 7.000 ton, 12,86 ton, 12,99 ton, 16,35 ton dan 18,87 ton. Cangkang kerang terdapat kandungan sebesar 95-99% kalsium karbonat (CaCO_3) sehingga sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorben (Akhmad *et al.*, 2015). Kandungan-kandungan lainnya yang ada didalam cangkang kerang adalah magnesium karbonat, silicon dioksida, perioksida, kalsium sulfat, polisakarida dan juga protein (Ningrum, 2021).

Beberapa metode yang dapat dilakukan dalam mengekstrak kalsium karbonat pada cangkang kerang salah satunya dengan metode kalsinasi. Metode kalsinasi bertujuan untuk menguapkan air dan zat pengotor yang terperangkap di dalam pori – pori adsorben. Kalsinasi juga dapat memperluas permukaan adsorben sehingga dapat lebih menyerap dengan maksimal (Cahyono, 2014). Menurut Shofiyani

(2019) metode kalsinasi merupakan treatment yang dilakukan kepada adsorben secara thermal yang dapat mengubah struktur dan komposisi senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) menjadi senyawa kalsium oksida (CaO). Perlakuan pemanasan juga dapat meningkatkan kemampuan adsorben dalam penjerapan.

Cangkang kerang dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben diantaranya adalah cangkang kerang hijau. Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan jenis kerang yang umumnya hidup di dasar perairan di daerah muara sungai. Kerang hijau (*Perna viridis*) dapat bertahan hidup sebagai *filter feeder* dan cenderung menetap pada suatu tempat di perairan, serta masih mampu hidup dengan lingkungan yang tercemar, sehingga jika di habitatnya tercemar logam berat maka akan terakumulasi di dalam tubuhnya. Kerang hijau mampu hidup di perairan yang tidak terlalu deras arusnya, temperatur 28,0-32,0°C, salinitas di antara 21-33 ppm, dan pH berkisar 6,0-8,6 (Wardani *et al.*, 2014). *Perna viridis* menjadi salah satu jenis kerang yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi sehingga banyak digemari masyarakat. Menurut Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Timur selama tahun 2013 hingga 2015 produksi budidaya laut untuk kerang hijau mengalami peningkatan rata-rata berkisar 52,4%.

Cangkang kerang hijau yang akan digunakan sebagai bahan baku adsorben sebelumnya dibutuhkan pengujian karakteristik adsorben. Pengujian karakteristik bertujuan untuk mengetahui kandungan atau komponen yang terkandung pada cangkang kerang hijau. Beberapa pengujian yang dapat dilakukan diantaranya analisis pH_{pzc}, FTIR, XRD, dan TGA. Analisis pH_{pzc} (pH *point of zero charge*) bertujuan untuk mengetahui keadaan dimana adsorben bersifat atau bermuatan

netral yaitu jumlah kation dan anion suatu adsorben bermuatan seimbang. Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi aktif yang berperan dalam penjerapan logam. Analisis XRD (*X-Ray Diffraction*) bertujuan mengetahui kandungan kristalin yang terdapat dalam adsorben, dan analisis TGA (*Thermo Gravimetric Analysis*) untuk mengetahui perubahan berat adsorben yang berkaitan dengan perubahan suhu.

Penelitian yang menggunakan cangkang kerang hijau sebagai adsorben sudah pernah dilakukan oleh Rahman (2017). Hasil uji yang didapatkan adalah waktu optimum adsorpsi yaitu selama 8 jam pada pH 9-11 yang dapat menyerap logam Cr hingga 96%. Berdasarkan dari hasil penelitian tersebut faktor-faktor yang dapat mempengaruhi jalannya adsorpsi, yaitu waktu kontak dan pH. Selama adsorpsi pH akan mempengaruhi aktivitas gugus fungsi biosorben, kompetisi ion logam, dan kelarutan ion logam. Derajat keasaman dan waktu kontak menjadi faktor dalam penentuan waktu kesetimbangan untuk mencapai kapasitas adsorpsi secara maksimum (Adzam, 2021).

Berdasarkan uraian permasalahan yang telah dijelaskan diatas, diperlukan penelitian perihal pemanfaatan kerang hijau (*Perna viridis*) terutama pada bagian cangkang kerang sebagai bahan baku adsorben dalam penyisihan kadar Pb dengan perlakuan pada variasi pH dan waktu kontak guna melengkapi penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah karakteristik adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) berdasarkan dari analisis pH *Point of Zero Charge* (pHpzc), *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Thermo Gravimetric Analysis* (TGA)?
2. Apakah terdapat perbedaan efisiensi penyisihan Pb(II) pada limbah cair sintetis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) berdasarkan pada setiap variasi pH dan berapa pH optimumnya?
3. Apakah terdapat perbedaan efisiensi penyisihan Pb(II) pada limbah cair sintetis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) berdasarkan pada setiap variasi waktu kontak dan berapa waktu kontak optimumnya?
4. Bagaimanakah model kinetika adsorpsi selama berjalannya proses adsorpsi Pb(II) pada limbah cair sintetis dengan cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai adsorbennya?

1.3 Asumsi Penelitian

Cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) pada penelitian ini diasumsikan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam penyisihan logam berat jenis timbal (Pb). Penggunaan cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dikarenakan terdapat kandungan senyawa kalsium karbonat (CaCO_3). CaCO_3 memiliki kemampuan untuk menurunkan sifat toksik pada logam berat karena pada CaCO_3 terdapat kandungan CaO yang merupakan komponen aktif dalam mengadsorpsi senyawa beracun seperti logam berat. Adsorpsi dalam prosesnya dapat dipengaruhi oleh

beberapa faktor yaitu diantaranya karakteristik bahan adsorben, pH, serta waktu kontak. Kemampuan penyisihan kadar Pb(II) yang optimum diperoleh saat dalam keadaan pH dan waktu kontak optimum.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis statistika dari penelitian yang dilaksanakan adalah:

- H₀₁: Tidak terdapat perbedaan efisiensi adsorpsi timbal (Pb^{2+}) pada limbah cair sintesis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dengan variasi pH.
- H_{a1}: Terdapat perbedaan efisiensi adsorpsi timbal (Pb^{2+}) pada limbah cair sintesis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dengan variasi pH.
- H₀₂: Tidak terdapat perbedaan efisiensi adsorpsi timbal (Pb^{2+}) pada limbah cair sintesis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dengan variasi waktu kontak.
- H_{a2}: Terdapat perbedaan efisiensi adsorpsi timbal (Pb^{2+}) pada limbah cair sintesis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) dengan variasi waktu kontak.

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilaksanakan adalah:

1. Menganalisis karakteristik adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) berdasarkan dari analisis pH *Point of Zero Charge* (pHpzc), *Fourier Transform*

Infrared (FTIR), X-Ray Diffraction (XRD), dan Thermo Gravimetric Analysis (TGA).

2. Menganalisis perbedaan efisiensi penyisihan Pb(II) pada limbah cair sintetis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) berdasarkan variasi pH dan pH optimumnya.
3. Menganalisis perbedaan efisiensi penyisihan Pb(II) pada limbah cair sintetis dengan menggunakan adsorben cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) berdasarkan waktu kontak dan waktu kontak optimumnya.
4. Mengetahui model kinetika adsorpsi yang terjadi selama proses adsorpsi Pb(II) pada limbah cair sintetis dengan cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai adsorbennya.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah dapat memberikan pengetahuan tentang penggunaan cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) sebagai adsorben dalam penyisihan ion Pb(II) melalui metode adsorpsi yang didasarkan pada analisis dengan pH dan waktu kontak saat keadaan optimum, serta mengetahui karakteristik dari adsorben yang digunakan dan kemampuannya dalam mengadsorpsi ion Pb(II) pada limbah cair sintetis.

1.7 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diperhatikan dalam penelitian ini adalah:

1. Adsorben dari limbah cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) yang telah dipanaskan secara kalsinasi dengan suhu 600°C selama 2 jam.
2. Perlakuan yang dilakukan selama adsorpsi berdasarkan variasi pH yaitu 2, 3, 4, dan 5 dan lama waktu kontak yaitu 5, 10, 30, 45, 90, 120, dan 180 dalam satuan menit.
3. Limbah yang diuji dalam penelitian adalah limbah cair sintetis yang mengandung Pb(II) pada konsentrasi 50 ppm.
4. Penelitian dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.