

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Logam Berat pada Lingkungan

Keberadaan limbah sejatinya dapat ditoleransi oleh lingkungan, apabila konsentrasi dan kandungan limbah tidak melebihi nilai ambang batas baku mutu air limbah industri berdasarkan yang sudah diatur dalam PerMen Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri. Logam berat merupakan salah satu polutan yang banyak ditemui pada lingkungan perairan, walaupun keberadaan tersebut tidak selalu berdampak negatif terhadap organisme di lingkungan (Fitriyanto dkk., 2016). Menurut Suhendrayatna (2001), logam berat mempunyai densitas 5 gr/cm^3 atau lima kali lebih besar daripada densitas air, maka merupakan sumber polutan di lingkungan, dimana berpotensi mengganggu kehidupan biota dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia, walaupun dampaknya tidak langsung terlihat dan jauh dari sumber polusi utamanya.

Logam berat terdapat dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Berdasarkan sudut pandang toksikologi logam berat dibagi menjadi dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat non esensial. Logam berat esensial keberadaannya dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun jika dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun seperti Zn, Cu, Fe, Ni dan Mn. Logam berat non esensial merupakan logam berat yang dimana dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat beracun seperti Hg, Cd, Pb, Cr. Logam berat dapat berefek pada

kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terpapar dalam tubuh manusia (Yudo, 2006).

B. Logam berat Chromium (Cr)

Logam krom merupakan logam golongan transisi, yang ditemukan di alam sebagai bijih terutama kromit ($\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$). Krom merupakan elemen berbahaya di permukaan bumi dan dapat dijumpai dalam kondisi oksida antara Cr (II) sampai Cr (VI). Krom bervalensi tiga umumnya merupakan bentuk yang umum dijumpai di alam dan dalam material biologis krom selalu berbentuk valensi 3, karena krom valensi 6 merupakan salah satu material organik pengoksidasi yang tinggi (Suhendrayatna, 2001).

Logam Cr merupakan salah satu jenis logam berat yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang tinggi jika Cr berada di dalam air berbentuk ion Cr (VI), bersifat toksik dan dapat menyebabkan kanker. Baku mutu air limbah yang boleh dialirkan ke air permukaan untuk Cr (IV) sebesar 0,05-1 mg/L dan untuk Cr (total) sebesar 0,1-2 mg/L (Ramadhan, 2010).

Chromium merupakan logam keras, tahan panas, elektropositif, dan penghantar panas yang baik. Keberadaannya sangat melimpah di kerak bumi, biasanya dalam bentuk trivalent (Cr^{3+}) dan hexavalent (Cr^{6+}). Sumber Cr^{6+} berasal dari industri pelapisan logam dan produksi pigmen, sedangkan Cr^{3+} banyak terdapat dalam limbah industri tekstil, penyamakan kulit, dan gelas keramik (Bielicka dkk., 2005).

1. Chromium (+2)

Logam chromium biasanya larut dalam asam klorida atau asam sulfat yang membentuk larutan $(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6)^{2+}$ dengan warna larutan biru langit. Di dalam larutan air Cr^{2+} merupakan reduktor yang kuat dan mudah teroksidasi di udara menjadi senyawa Cr^{3+} . Ion Cr^{2+} dapat juga bereaksi dengan H^+ dan dengan air jika terdapat katalis berupa serbuk logam (Asmadi dan Oktiawan, 2009).

2. Chromium (+3)

Senyawa chromium +3 adalah senyawa yang paling stabil diantara kation logam transisi yang mempunyai bilangan oksidasi +3. Kompleks Cr^{3+} umumnya berwarna hijau dan dapat berupa kompleks anion atau kation. Larutan yang mengandung Cr^{+3} ($(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6)^{+3}$) berwarna ungu, apabila dipanaskan menjadi hijau (Asmadi dan Oktiawan, 2009).

3. Chromium (+6)

Ion chromium VI memiliki bilangan oksidasi +6, ion-ion kromat berwarna kuning, sedangkan dikromat berwarna jingga. Senyawa yang terbentuk ion Cr^{6+} akan bersifat asam. Kromium termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki chromium ditentukan oleh bilangan oksidasinya, semakin tinggi bilangan oksidasinya semakin tinggi racun yang dihasilkan (Asmadi dan Oktiawan, 2009).

C. Manfaat dan kandungan Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla* K)

Mahoni merupakan salah satu jenis pohon yang berasal dari India dan banyak ditemukan di Indonesia. Tanaman ini banyak ditanam di tepi-tepi jalan sebagai peneduh. Hasil dari kayu mahoni tergolong dalam kayu keras (*hardwood*). Jenis kayu ini biasanya digunakan sebagai bahan baku berupa perabot rumah tangga, perabot ukiran dan juga sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan penggaris kayu. Hal tersebut dikarenakan bentuk dan fisik dari kayu mahoni tidak mudah berubah (Mulyana dan Asmarahman, 2010).

Menurut Suhono (2010), tanaman mahoni merupakan salah satu tanaman yang dianjurkan untuk pengembangan Hutan Tanaman Industri (HTI). Mahoni dalam klasifikasinya termasuk family *Meliaceae*. Kedudukan mahoni dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua/dikotil)
Ordo	: Sapindales
Famili	: Meliaceae
Genus	: <i>Swietenia</i>
Spesies	: <i>Swietenia macrophylla</i> King

Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) termasuk jenis tanaman pohon tinggi, percabangan banyak, tinggi dapat mencapai kira-kira 10-30 meter. Daun majemuk menyirip genap, duduk dan tersebar, helaian anak daun bulat bertelur, elips memanjang, ujung dan pangkal daun runcing, panjang 8-12 cm, berwarna hijau tua. Buahnya bertangkai, panjang tangkai kira-kira 1-3 cm, berbentuk bola atau bulat telur memanjang, berwarna coklat, panjang 8,15 cm, lebar 7-10 cm (Suryowinoto dan Sutami, 1997).

Serbuk gergaji adalah serbuk kayu yang berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji, berbentuk serbuk dan berwarna coklat. Serbuk gergaji kayu diketahui mengandung selulosa yang dapat menyerap logam (Allo dkk., 2014). Selulosa memiliki kemampuan adsorpsi dan pengikatan ion logam yang cukup tinggi sehingga mampu mengurangi kandungan logam chromium (Cr^{6+}) dalam air (Pujiarti dan Sutapa, 2009). Penelitian tentang komponen kimia dalam kayu pernah dilakukan oleh Karlinasari dkk., (2010) dengan hasil komponen selulosa 47,26% ; hemiselulosa 27,37% ; Holoselulosa 74,63% ; Lignin 25,82%.

D. Potensi dan Kandungan yang terdapat dalam Kelapa (*Cocos nucifera* L)

Kelapa (*Cocos nucifera*) termasuk jenis tanaman palma yang mempunyai buah berukuran cukup besar. Batang pohon kelapa umumnya berdiri tegak dan tidak bercabang yang dapat mencapai 10-14 meter lebih. Daunnya berpelepah, panjangnya dapat mencapai 3-4 meter lebih dengan sirip-sirip lidi yang menopang tiap helaian. Buahnya terbungkus dengan serabut dan batok yang cukup kuat sehingga untuk memperoleh buah kelapa harus dikuliti terlebih dahulu. Kelapa yang sudah besar dan subur dapat menghasilkan 2-10 buah kelapa setiap tangkainya (Palungkun, 2004).

Buah kelapa berbentuk bulat yang terdiri dari 35% sabut (eksokarp dan mesokarp), 12% tempurung (endocarp), 28% daging buah (endosperm), dan 25% air (Palungkun, 2004). Menurut Ketaren (1989), tebal sabut kelapa kurang

lebih 5 cm dan daging buah 1 cm atau lebih. Sabut kelapa merupakan salah satu biomassa yang mudah diperoleh dan merupakan hasil samping pertanian.

Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan buah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari serat (*fiber*) 75% dan gabus (*pitch*) 25% yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya (Carrijo dkk., 2002). Potensi penggunaan serat sabut kelapa sebagai bioadsorben untuk mengikat dan menghilangkan logam berat dari perairan cukup tinggi karena sabut kelapa mengandung hemiselulosa sebanyak 16,8%, 68,9% selulosa dan 32,1% lignin (Dewi dan Nurhayati, 2012). Kandungan protein kasar pada sabut kelapa sebesar 3,13% (Lorica dan Uyenco, 1982). Komposisi kimia dari sabut kelapa yaitu air 26,0%, pektin 14,25%, hemiselulosa 8,50% (Tyas, 2000). Serat sabut kelapa sangat berpotensi sebagai biosorben, karena mengandung gugus karboksil serta lignin yang mengandung asam phenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam. Selulosa dan lignin adalah biopolymer yang berhubungan dengan proses pemisahan logam-logam berat (Pino dkk., 2005).

E. Keuntungan Bioadsorpsi dan Faktor proses adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap, atau cairan (Oscik, 1982). Gaya tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia

(*chemisorptions*) (Martell dan Hancoeck, 1996). Secara biologi adsorbs dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan alam seperti tumbuhan, sehingga disebut sebagai bioadsorpsi. Keuntungan dari bioadsorpsi ialah efisiensi tinggi pada larutan encer, proses regenerasi mudah, biaya yang dibutuhkan murah serta minimalisasi pembentukan lumpur (Ashraf dkk., 2010).

Menurut Estiaty (2013), proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut :

- a. Luas permukaan, ukuran pori dan komposisi bahan dari adsorben.
- b. Ukuran dan polaritas molekul serta komposisi kimia dari adsorbat.
- c. Faktor-faktor lingkungan seperti pH, tekanan dan temperatur.
- d. Konsentrasi adsorben, konsentrasi larutan pada kondisi isothermal memperlihatkan adanya kecenderungan peningkatan adsorpsi dengan peningkatan konsentrasi.
- e. Waktu kontak antara adsorbat dan adsorben yang bergantung kepada keaktifan adsorben yang digunakan.

Menurut Sembodo (2006), pada dasarnya suatu adsorben harus memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi, yaitu memiliki pori-pori berdiameter kecil agar proses retensi partikel adsorbat oleh adsorben berlangsung lebih efektif. Secara spesifik, ukuran pori juga menentukan adsorpsi suatu senyawa tertentu dalam larutan. Jika ukuran pori adsorben semakin kecil maka kemampuan adsorpsinya semakin besar, dengan anggapan bahwa komponen yang teradsorpsi dapat memasuki rongga porinya. Jumlah adsorben yang makin banyak akan memberikan luas permukaan yang makin

besar bagi adsorbat untuk terdesorpsi. Selain itu makin banyak jumlah adsorben juga akan memberi kesempatan kontak yang makin besar dengan molekul-molekul adsorbat.

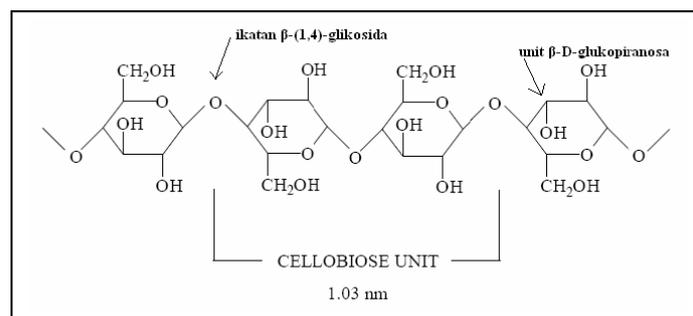
Bahan-bahan alam yang dapat digunakan sebagai bioadsorpsi berasal dari tumbuh-tumbuhan dan kayu. Bahan-bahan alam tersebut antara lainnya daun nanas, kulit pisang, kulit salak, tongkol jagung, sabut kelapa, kayu mahoni, ijuk enau, ampas tebu, kulit kacang tanah dan serbuk gergaji.

F. Deskripsi mengenai Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35%-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2004). Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glikosida dalam rantai lurus. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hydrogen dan gaya van der Waals (Perez *et al.*, 2002).

Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian berkrystal dan sisanya bagian amorf (Aziz *et al.*, 2002). Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa. Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan, molekul selulosa merupakan mikrofibril dari glukosa yang terikat satu dengan lainnya membentuk rantai polimer yang sangat panjang (Sjostrom, 1995).

Selulosa berantai panjang polisakarida karbohidrat, dari β -1,4-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan β -1,4-D-glikosida (struktur selulosa dapat dilihat pada Gambar 1). Selulosa memiliki rumus molekul selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n (Hartati dan Indah, 2009). Selulosa tidak berwarna, tidak mempunyai rasa dan bau, tidak larut dalam air atau larutan basa, relatif stabil terhadap suhu panas, tidak meleleh jika dipanaskan, mulai terurai (dekomposisi) pada temperature 260-270°C, tahan terhadap hidrolisis, dan stabil terhadap oksidasi. Selulosa akan larut dalam larutan asam mineral dengan konsentrasi tinggi (akibat hidrolisis), dan jika hidrolisisnya belum berlangsung terlalu jauh maka selulosa dapat diendapkan kembali membentuk fragmen-fragmen padatan polimer, dengan berat molekul yang lebih kecil melalui pengeceran larutan dalam asam kuat tersebut dan air (Ibrahim 1998). Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut adalah gugus karboksil dan hidroksil (Ibbet, 2006; Herwanto, 2006 dalam Safrianti, 2012).



Gambar 1. Struktur Selulosa (Ibrahim, 1998)

G. Derajat Keasaman (pH)

Istilah pH adalah sebuah istilah kimia yang menunjukkan derajat keasaman, diberi angka 1 sampai dengan 14. $pH = 7$ berarti netral, lebih kecil

dari 7 berarti bersifat alkali atau basa. Derajat keasaman air sangat menentukan kualitas air. Setiap organisme memerlukan kisaran nilai pH untuk dapat hidup dan berkembang biak. Bila derajat keasaman air tidak sesuai, maka organisme tidak dapat hidup dengan baik, bahkan berakibat pada kematian (Sulistyo dan Subiyanto, 1997).

H. Total Dissolved Solids (TDS) dan Turbiditas

Kandungan material padatan di perairan dapat diukur berdasarkan padatan terlarut total (*Total Dissolve Solid* (TDS)). TDS mengandung berbagai zat terlarut baik zat organik, anorganik, suatu material lainnya dengan diameter < 10^{-3} μm yang terdapat pada sebuah larutan yang terlarut dalam air (Muhtanr, 2007). Menurut Weber dan Duffy (2007), sumber utama TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Perubahan dalam konsentrasi TDS dapat berbahaya karena akan menyebabkan perubahan salinitas, perubahan komposisi ion-ion dan toksisitas masing-masing ion.

Turbiditas merupakan kekeruhan pada air yang disebabkan adanya suspensi yang terdiri dari lumpur, pasir halus, serta endapan lumpur (yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air. Kekeruhan merupakan ukuran menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) (Effendi, 2003). Kekeruhan merupakan faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi (Bilotta dan Brazier, 2008).

I. Hipotesis

1. Ukuran serbuk kayu mahoni dan serbuk sabut kelapa yang dapat menyerap logam berat Cr adalah ukuran 250 mesh.
2. Kemampuan adsorpsi serbuk campuran lebih baik dari pada hanya murni serbuk kayu mahoni maupun serbuk sabut kelapa.

