

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air menjadi salah satu kebutuhan primer dalam sektor industri, penggunaan air rata-rata mencapai 22% dari penggunaan secara global. Industri yang banyak menggunakan air diantaranya industri tekstil, industri penyamakan kulit dan industri semikonduktor [1]. Penggunaan air yang tinggi dalam sektor industri menghasilkan limbah dalam jumlah yang besar, menjadi salah satu masalah dalam pengelolaan limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

Air limbah dapat menjadi masalah yang serius bagi polusi air tanah karena dapat mengandung logam berat, pewarna, pupuk dan lain-lain. Logam berat yang banyak ditemukan dalam air seperti kromium, arsenik, kadmium dan nikel. Sifat racun yang dimiliki logam berat disebabkan oleh adanya pembentukan radikal bebas yang merusak molekul biologis seperti DNA, asam nukleat, lipid, enzim dan protein. Toksisitas logam berat masuk ke dalam tubuh manusia melalui proses biomagnifikasi yang berefek pada organ sentral dan memicu berbagai penyakit kronis dengan jangka panjang menyebabkan kanker. Logam berat salah satunya kromium memiliki tingkat toksisitas tinggi dibandingkan dengan polutan lainnya karena memiliki sumber alami, antropogenik dan ketidakmampuannya dalam mendegradasi [2].

Kromium termasuk ke dalam logam transisi, secara umum Cr³⁺ adalah unsur yang tidak beracun dan dibutuhkan oleh tubuh dalam konsentrasi yang rendah, sedangkan Cr⁶⁺ memiliki potensi beracun, dengan batas maksimum logam krom total yang diizinkan oleh pemerintah dalam sektor industri sebelum dibuang ke lingkungan diantranya industri tekstil (1,0 mg/L), industri keramik (0,1 mg/L), industri soda kostik (0,5 mg/L), dan industri penyamakan kulit (0,6 mg/L) [3]. Air yang terkontaminasi oleh Cr⁶⁺ dapat mengganggu dalam kesuburan tanah sehingga kualitas yang dimiliki rendah dan beracun. Pengelolaan terhadap penurunan kadar logam krom banyak dianalisis melalui teknik biologi, kimia dan fisika termasuk biodegradasi, pertukaran ion, mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan adsorpsi [2].

Metode adsorpsi telah banyak digunakan untuk menjernihkan air limbah, karena adsorpsi dapat menurunkan konsentrasi logam berat dalam limbah cair

dengan cara menyerap logam-logam berat ke permukaan adsorben [4]. Proses adsorpsi memiliki keunggulan dalam desain dan operasinya yang sederhana, termasuk kemudahan dalam memperoleh bahan adsorben, kemampuan adsorben untuk digunakan kembali dan biaya yang relatif rendah. Adsorben dapat berupa alga, *fly ash*, asam humat, bentonit, mikroorganisme air, alumina, selulosa, silika gel, dan biomassa [5]. Pemanfaatan biomassa terus berkembang dan mulai diterima dikalangan masyarakat karena berpotensi dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dengan hasil mendekati nol emisi [6]

Biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari materi organik, baik dari tumbuhan, hewan, maupun limbah organik hasil kegiatan manusia. Secara sederhana, biomassa adalah segala bentuk bahan hayati yang bisa dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi. Contohnya mencakup kayu, dedaunan, rumput, sisa tanaman pertanian, limbah makanan, kotoran ternak, hingga mikroorganisme tertentu. Karena bersumber dari alam dan dapat diperbarui melalui proses pertumbuhan dan regenerasi, biomassa dianggap sebagai alternatif energi yang lebih ramah lingkungan dibandingkan sumber energi fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Pada dasarnya, biomassa menyimpan energi dari proses fotosintesis. Ketika tanaman hidup, mereka menyerap energi dari sinar matahari dan menyimpannya dalam bentuk ikatan kimia pada struktur selulosa dan lignin. Energi kimia yang tersimpan ini dapat dilepaskan kembali melalui proses pembakaran atau konversi lainnya. Dengan kata lain, biomassa merupakan media penyimpanan energi matahari dalam bentuk bahan organik. Inilah alasan mengapa biomassa termasuk dalam kelompok energi terbarukan: sumbernya selalu diperbarui oleh proses alam selama ekosistem tetap terjaga.

Biomassa muncul dari berbagai sumber. Salah satu yang paling sering digunakan adalah kayu dan limbah kayu, yang selama ribuan tahun telah menjadi bahan bakar dasar untuk memasak dan menghangatkan rumah. Di zaman modern, pemanfaatannya menjadi lebih luas dengan hadirnya teknologi yang mampu mengubah biomassa menjadi energi listrik atau bahan bakar cair. Selain kayu, limbah pertanian seperti jerami, tongkol jagung, sekam padi, dan bagasse (ampas tebu) juga menjadi sumber biomassa yang penting. Bahkan limbah organik dari rumah tangga dan pasar dapat dimanfaatkan melalui teknologi pengolahan tertentu.

Biomassa itu sendiri merupakan bahan yang berasal dari tanaman yang dianggap sudah tidak digunakan kembali seperti limbah pertanian, limbah kayu dan sampah organik. Contoh sampah organik dalam limbah rumah tangga yaitu kulit bawang putih. Bawang putih (*Allium sativum L*) merupakan salah satu tanaman sayuran umbi yang banyak ditanam di berbagai negara di dunia yang tahun ke tahun produksi bawang putih semakin lama semakin meningkat. Menurut penelitian Mardiah, dkk (2021), kulit bawang putih mengandung selulosa sebesar 41,7%, hemiselulosa sebesar 20,8%, dan lignin sebesar 34,5% yang selanjutnya dilakukan sintesis karbon aktif dengan variasi aktivator KOH dan ZnCl₂ memiliki susut massa dan pengukuran densitas diperoleh kondisi optimum pada konsentrasi 0,5M [7]. Unsur karbon banyak ditemukan pada senyawa organik yang terbentuk dari material lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Potensi kandungan senyawa organik yang besar pada kulit bawang putih membuka peluang untuk pemanfaatannya sebagai bahan baku karbon aktif.

Keberlanjutan biomassa sangat bergantung pada cara pengelolaannya. Jika biomassa diambil dari sumber yang dapat tumbuh kembali secara cepat dan berkelanjutan, maka pemanfaatannya tidak akan mengganggu keseimbangan lingkungan. Namun, jika eksploitasi biomassa dilakukan secara berlebihan misalnya penebangan hutan tanpa reboisasi maka biomassa tidak lagi dapat dikategorikan sebagai energi terbarukan. Oleh karena itu, manajemen sumber daya sangat penting agar penggunaan biomassa tetap sejalan dengan prinsip keberlanjutan lingkungan. Pengelolaan limbah yang baik juga berperan dalam memastikan biomassa menjadi solusi, bukan masalah ekologis.

Pemanfaatan biomassa sebagai energi memiliki sejumlah keuntungan. Pertama, biomassa merupakan energi yang dapat diperbarui dan tersedia secara lokal. Hal ini mengurangi ketergantungan pada impor energi dan meningkatkan kemandirian energi suatu negara. Kedua, biomassa dapat mengurangi limbah karena banyak bahan yang biasanya terbuang dapat dikonversi menjadi energi bermanfaat. Ketiga, penggunaan biomassa berpotensi mengurangi emisi gas rumah kaca karena karbon yang dilepaskan dari pembakarannya relatif seimbang dengan karbon yang diserap oleh tanaman selama hidupnya. Dengan demikian, biomassa memiliki nilai strategis dalam upaya pengendalian perubahan iklim.

Di sisi lain, penggunaan biomassa juga memiliki tantangan. Salah satu tantangan terbesar adalah efisiensi energi yang relatif rendah pada proses pembakaran tradisional. Pembakaran biomassa sering menghasilkan banyak asap dan partikulat yang dapat mencemari udara apabila tidak menggunakan teknologi pengendalian emisi yang tepat. Selain itu, jika tidak dikelola dengan baik, proses produksi bahan bakar biomassa dapat mengkonversi lahan pertanian produktif menjadi ladang bahan baku energi, yang berpotensi menimbulkan konflik penggunaan lahan. Oleh karena itu, perlu ada kebijakan dan perencanaan matang agar biomassa tidak berdampak negatif pada ketahanan pangan.

Karbon aktif adalah bentuk karbon yang dibuat melalui proses aktivasi menggunakan bahan pengaktif. Tujuannya untuk memperluas permukaan karbon dengan membuka pori-pori yang tadinya tertutup menjadi memiliki daya serap yang besar antar 25%-100% [7]. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisika dengan menggunakan suhu tinggi dan secara kimia dengan menggunakan zat aktuator. Pemilihan zat aktuator dapat dilakukan berdasarkan bahan dasar yang digunakan, salah satunya zat kimia yang memiliki sifat basa yaitu KOH dengan sifat yang dimiliki sebagai basa kuat dan higroskopis (menyerap uap air). Kemampuan yang dimiliki KOH dapat bereaksi dengan karbon dan menghilangkan zat-zat pengotor pada karbon sehingga karbon bisa lebih berpori. Bila dibandingkan dengan basa lain seperti karbon yang diaktivasi menggunakan NaOH hanya memiliki luas permukaan sebesar $473\text{ m}^2/\text{g}$ sedangkan menggunakan KOH dapat mencapai $898,229\text{ m}^2/\text{g}$ [8]. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya potensi pembuatan karbon aktif berbasis biomassa sebagai solusi ramah lingkungan untuk mengatasi masalah pencemaran logam berat.

Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji bagaimana limbah biomassa kulit bawang putih dapat digunakan dalam adsorpsi logam berat, khususnya logam krom. Adsorben logam berat krom menggunakan kulit bawang putih akan dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang membantu proses adsorpsi. *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) untuk menganalisis hasil penyerapan logam krom total dengan memvariasikan massa dan waktu penyerapan. *Scanning Electron*

Microscope (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan karbon aktif sebelum dan setelah diaktivasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah kadar air dan kadar abu karbon aktif kulit bawang putih memenuhi standar standar SNI 06-3730-1995?
2. Bagaimana karakteristik morfologi dan gugus fungsi karbon aktif kulit bawang putih?
3. Berapa besar efisiensi dan kapasitas adsorpsi karbon aktif dari kulit bawang putih sebagai adsorben ion logam krom total?
4. Bagaimana model isoterm adsorpsi pada ion logam krom total?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kulit bawang putih yang digunakan merupakan kulit bawang putih yang didapatkan dari UMKM bidang kuliner,
2. Limbah kulit bawang putih dijadikan sumber karbon dalam sintesis karbon aktif yang diaktivasi dengan menggunakan KOH,
3. Sumber limbah yang digunakan yaitu berasal dari limbah sintetis yang dibuat dari senyawa kromium(III) nitrat,
4. Kinerja adsorben dapat ditinjau dari beberapa kondisi yang berbeda berdasarkan variasi massa adsorben (0,2; 0,3; 0,4; 0,5 gram) dengan variasi waktu kontak secara berturut-turut (45; 60; 75; 90 menit) pada 100 ml larutan,
5. Karakterisasi karbon aktif kulit bawang putih menggunakan instrument *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM),
6. Konsentrasi logam krom total sebelum dan sesudah adsorpsi dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang diajukan, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan kualitas karbon aktif kulit bawang putih pada kadar air dan kadar abu yang memenuhi SNI 06-3730-1995,

2. Mengidentifikasi karakteristik limbah biomassa kulit bawang putih sebagai adsorben ion logam krom total dengan limbah pemodelan kromium(III) nitrat,
3. Menganalisis kinerja adsorpsi kulit bawang putih pada ion logam krom total menggunakan pemodelan buatan kromium(III) nitrat dengan variasi massa dan waktu,
4. Menentukan model isoterm yang sesuai pada proses adsorpsi ion logam krom total dengan pemodelan limbah industri penyamakan kulit kromium(III) nitrat oleh karbon aktif dari limbah biomassa kulit bawang putih.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu sebagai pengembangan ilmu pengetahuan serta memberikan informasi ilmiah terkait limbah biomassa kulit bawang putih yang dapat dijadikan adsorben berupa karbon aktif yang diaplikasikan terhadap logam krom total. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi alternatif dalam penanganan limbah industri dengan memanfaatkan limbah biomassa sampah organik yang melimpah dan berbiaya murah.

