

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air mencakup dua pertiga dari luas bumi yakni sekitar 71% permukaan bumi. Air menjadi salah satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan makhluk hidup, karena berperan dalam seluruh proses metabolisme (Revansyah et al., 2023). Badan air terbesar yang ada di bumi yakni laut, dengan persentase 97% dan sisanya adalah air tawar. Secara global, air tawar memiliki potensi sebesar 35 juta km³/tahun dan hanya 0,26% saja atau sekitar 90.000 km³/tahunnya yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup (Armadi et al., 2019). Suplai air di bumi tersedia dari dua sumber, yakni *groundwater* dan *surface water*. *Groundwater* atau air bawah tanah merupakan air yang terkumpul dalam lapisan bebatuan yang terdapat dalam bumi atau disebut juga *aquifers*. *Surface water* atau air permukaan yang tersusun atas air tawar yang terdapat di sungai, danau, serta penampungan yang berkumpul dan mengalir pada permukaan bumi (Armadi et al., 2019). Danau sebagai salah satu sumber air merupakan sistem akuatik yang banyak dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Danau adalah badan air berbentuk cekungan yang dikelilingi oleh daratan baik terbentuk secara alami maupun buatan (Musdalifah et al., 2022). Berdasarkan pengelolaannya, fungsi utama danau adalah untuk menstabilkan aliran air dengan fungsi ekonomi sebagai penyedia air bersih, seperti untuk minum, irigasi, industri, destinasi wisata dan perikanan budidaya. Oleh karena itu, kuantitas dan kualitas air danau harus terus terjamin (Pamudjiyanto dan Sutiono, 2018). Indonesia memiliki 521 danau dalam ukuran besar dan kecil yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Luas keseluruhan danau Indonesia yakni 2,1 juta Ha. Menurut Kajian Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), terdapat 15 danau di Indonesia yang berada dalam kondisi kritis. Kondisi kritis tersebut ditunjukkan oleh volume dan kualitas airnya yang menurun, termasuk danau yang biasanya berada dalam lingkungan kampus. Menurunnya volume air danau secara umum disebabkan oleh sedimentasi, sedangkan penurunan kualitas perairan disebabkan oleh aktivitas daerah tangkapan air dan aktivitas ekonomi disekitar perairan danau tersebut (Niode et al., 2021).

Universitas Hasanudin merupakan salah satu perguruan tinggi di Indonesia yang memiliki danau dalam lingkungan kampusnya. Danau Universitas Hasanuddin menjadi salah satu aset yang dimiliki oleh Universitas Hasanuddin. Danau ini terletak sekitar 100 meter dari Pintu 1 Universitas Hasanuddin. Terdapat sejumlah bangunan penting yang terletak di sekitar danau tersebut, seperti Rumah Sakit Wahidin



d Kampus, gedung perkantoran, serta gedung Laboratorium dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM). Danau tersebut yakni fungsi ekologis, ekonomi, edukasi/pendidikan, sosial naan misalnya sebagai tempat rekreasi, tempat penelitian, dan sebagai sumber air baku. Danau Universitas Hasanuddin ngai tempat penampungan akhir bagi aliran air dari berbagai tropogenik) di sekitarnya. Beberapa saluran yang bermuara ke

danau berasal dari gedung registrasi, gedung Pusat Kegiatan Penelitian, dan gedung Pusat Penelitian Lingkungan Hidup serta rumah sakit (Yaqin et al., 2018). Aktivitas pembangunan infrastruktur di lingkungan Universitas Hasanuddin mengalami peningkatan yang signifikan, seperti hotel dan gedung rumah sakit. Pembangunan ini berpotensi untuk meningkatkan pencemaran yang masuk ke dalam air danau, karena menghasilkan berbagai jenis limbah, baik limbah padat maupun limbah cair. Limbah tersebut secara alami mengandung berbagai zat pencemar yang berdampak terhadap kualitas air dan lingkungan sekitar (Musdalifah et al., 2022). Yaqin et al. (2018) dalam penelitiannya mengkaji mengenai kualitas air dan kandungan beberapa logam yang ada di Danau Universitas Hasanuddin dengan menggunakan beberapa contoh yakni contoh air, sedimen, dan biota air yaitu ikan. Hasil penelitian yang didapatkan yakni beberapa titik yang ada di Danau Universitas Hasanuddin telah tercemar oleh logam berat, diantaranya yakni Cd, Co, Cr, Hg, dan Ar, serta beberapa diantara logam tersebut telah melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Pramaningsih et al. (2023) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa air merupakan unsur lingkungan yang sangat penting untuk menopang kehidupan, sehingga ketersediaan sumber daya air yang berkualitas sangat penting untuk mendukung keberlanjutan lingkungan di sekitarnya. Air yang tercemar dapat mengancam keberlangsungan makhluk hidup dan menurunkan produktivitas ekosistem. Pernyataan ini sejalan dengan hasil penelitian Farhan et al. (2023) yang menyatakan bahwa pencemaran air memiliki dampak yang serius, antara lain dapat merusak keanekaragaman hayati dan ekosistem perairan. Pencemaran tersebut dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti pembuangan limbah industri, pertanian, dan perkotaan, baik limbah padat, cair maupun gas. Pencemaran dapat mempengaruhi kualitas air, sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan dan mengancam biota perairan di dalamnya. Salah satu zat pencemar yang saat ini banyak ditemukan dalam air adalah logam berat. Logam berat dikategorikan sebagai salah satu polutan umum yang sering dijumpai pada berbagai kompartemen lingkungan, seperti air, tanah, udara, dan organisme hidup. Selain itu, logam berat dapat berakumulasi secara hayati dalam spesies perairan yang membuat kontaminasi pada ekosistem laut dan air tawar (Yusfaddillah et al., 2023). Logam berat yang terdapat di bumi mencakup sekitar 80 jenis logam dari 109 total unsur kimia yang diketahui. Secara umum, logam berat diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yakni logam berat esensial dan logam berat nonesensial. Logam berat esensial adalah unsur logam yang diperlukan makhluk hidup dalam jumlah tertentu. Namun, jika dikonsumsi secara berlebihan dapat menyebabkan efek toksik.



Logam berat esensial tersebut yakni Ca, K, Co, Na, Fe, Cu, dan Zn. Logam berat non-esensial merupakan logam yang tidak memiliki fungsi fisiologis yang diketahui dalam tubuh makhluk hidup dan bersifat toksik. Contoh logam berat non-esensial tersebut yaitu Hg, As, Pt, Sb, dan U (Ishak et al., 2023).

Logam berat esensial yang melebihi ambang batas memberikan dampak negatif bagi makhluk hidup dan lingkungan. Salah satu logam berat yang sering ditemukan pada air yaitu besi (Fe). Secara umum, besi yang

ada di dalam air bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} atau Fe^{3+} serta dalam bentuk tersuspensi sebagai butir koloidal ($<1 \mu\text{m}$) seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, dan sebagainya yang tergabung dengan zat organik. Kadar Fe pada air permukaan biasanya kurang dari 1 mg/L, sedangkan dalam air tanah kadarnya bisa jauh lebih tinggi. Secara alami, besi yang terdapat dalam tanah dan batuan berbentuk Fe_2O_3 dan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Sementara dalam air, besi berbentuk $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$, FeSO_4 maupun dalam bentuk senyawa kompleks organik. Besi terlarut dalam air tanah umumnya berbentuk Fe^{2+} . Air yang dipompa ke permukaan akan bereaksi dengan udara (O_2), ion Fe^{2+} akan mengalami oksidasi menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan akan mengendap membentuk endapan berwarna kekuningan hingga kecokelatan (Febrina dan Ayuna, 2019). Baku mutu Fe ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 yakni sebesar 0,3mg/L.

Konsentrasi logam Fe yang melebihi baku mutu akan menyebabkan gangguan kesehatan serius seperti hemokromatosis yakni kondisi ketika terjadi penumpukan besi secara berlebih dalam jaringan tubuh dan dapat meningkatkan risiko penyakit seperti kanker hati, gangguan jantung, dan penyakit degeneratif lainnya. Selain itu, paparan besi (Fe) dalam dosis tinggi juga dapat merusak sistem pencernaan yang dapat mempengaruhi sistem peredaran darah. Konsentrasi logam Fe dalam air juga akan mempengaruhi kualitas air karena akan menyebabkan air berwarna kuning, memberikan rasa logam besi dan dapat menimbulkan korosi pada bahan yang terbuat dari metal (Sappewali et al., 2024).

Berbagai metode telah banyak diteliti dalam mengurangi logam berat dari perairan seperti adsorpsi, filtrasi, dan *ion exchange* dengan menggunakan resin. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak dikembangkan hingga saat ini karena metodenya yang lebih sederhana, sangat efisien, ekonomis serta memiliki potensi regenerasi. Adsorpsi menggunakan adsorben sebagai penyerap atau bahan pereduksi logam berat (Nisya et al., 2022). Adsorben yang digunakan memiliki pori-pori dan berfungsi sebagai tempat terjadinya proses adsorpsi. Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan dalam metode adsorpsi (Lotha et al., 2024). Karbon aktif dapat dihasilkan dari semua bahan yang mengandung karbon, baik organik maupun anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori. Penggunaan karbon aktif cukup luas terutama dalam lingkup industri. Karbon aktif dapat digunakan sebagai penghilang zat warna pada industri pengolahan gula maupun industri minuman, penghilang gas yang bersifat toksik, pemurnian gas, pengelolaan air, serta pemurnian minyak jelantah (Oko et al., 2021). Adsorben memiliki jenis dengan karakteristik yang berbeda dalam proses adsorpsi, sehingga kondisi yang dibutuhkan untuk proses adsorpsi juga berbeda. Kondisi pH



ntak juga berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan kondisi pH larutan mempengaruhi terbentuknya ion dan gugus sorben, sedangkan lama waktu kontak karbon aktif menentukan ingan adsorpsi yang mampu dicapai oleh adsorben yang al., 2020).

andung 85-95% karbon dengan luas permukaan besar yang bon bebas dan saling berikatan secara kovalen. Selain itu,

karbon aktif memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi senyawa organik maupun anorganik (Sailah et al., 2020). Pembuatan karbon aktif melalui proses pemanasan suhu tinggi, menggunakan gas, uap air, dan bahan-bahan kimia sehingga pori-porinya terbuka. Keaktifan daya serap dari karbon aktif bergantung pada jumlah senyawa karbonnya. Daya serap karbon aktif ditentukan oleh luas permukaan partikel. Karbon aktif memiliki daya serap yang akan meningkat ketika karbon telah diaktivasi, baik melalui pemanasan tinggi atau menggunakan bahan-bahan kimia (Fajri dan Takwanto, 2024). Karbon aktif memiliki volume pori-pori biasanya lebih besar dari 0,2 cm³/gram dan terkadang melebihi 1 cm³/gram serta luas permukaan internalnya lebih besar dari 500 m²/gram dan mencapai 1908 m²/gram (Damayanti dan Hermawan, 2021). Karbon aktif sebagai adsorben mengandung karbon dioksida (CO₂) sebesar 95%, hidrogen (H₂O) sebesar 0,6-7,8%, senyawa organik (O₂) sebesar 0,04-0,45% dan senyawa anorganik (abu) sebesar 1,2-3,3% (Sasmitaninghidayah et al., 2023). Kulit singkong juga memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, yaitu sekitar 72,49-85,99% serta senyawa HCN yang dipengaruhi faktor lingkungan tumbuhnya (Indriyati et al., 2022). Selain itu, kulit singkong mengandung holoselulosa sebesar 66%, selulosa 37,9%, hemiselulosa 23,9%, dan lignin sebesar 7,5% (Yuliusman et al., 2020). Karbon aktif dapat diproduksi menggunakan limbah bahan alam yang mengandung lignoselulosa. Penggunaan bahan-bahan alam sebagai bahan adsorben menjadi salah satu alternatif yang banyak digunakan karena biayanya yang murah serta dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Salah satu limbah yang dapat digunakan sebagai bahan karbon aktif yakni kulit singkong. Singkong adalah tanaman umbi-umbian yang pertumbuhannya toleran terhadap kekeringan dan memiliki daging berwarna putih serta mengandung banyak pati dan vitamin A (Borku, 2025). Kulit singkong mengandung karbohidrat yang tinggi yang menyebabkan unsur karbon didalamnya juga tinggi. Menurut Suprabawati et al. (2018), kandungan unsur karbon (C) dalam kulit singkong mencapai 59,31%. Kandungan karbon yang tinggi tersebut membuat kulit singkong berpotensi untuk diolah menjadi adsorben berupa karbon aktif yang memiliki nilai tambah dalam pemanfaatannya (Kristianingrum et al., 2022).

Indonesia menjadi produsen singkong terbesar keenam di dunia berdasarkan data *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) tahun 2012-2022, dengan lahan tanam mencapai sekitar 19 juta hektar (Diantoro et al., 2025). Singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu tanaman yang sering dikonsumsi dan diolah oleh masyarakat serta dibudidayakan di daerah beriklim tropis dan subtropis seperti di Afrika (Benin, Nigeria), Asia (Indonesia, Thailand), dan Amerika Latin (Brazil). Secara taksonomi, tanaman singkong termasuk dalam famili



genus *Manihot* (Belcaid et al., 2021). Singkong menjadi sumber ketiga di daerah tropis setelah beras dan jagung serta kelima sebagai tanaman pangan terpenting di dunia. Selama ini hanya digunakan sebagai pakan bagi ternak atau hanya dibuang. Proses pembusukan limbah kulit singkong sangat merugikan karena menimbulkan bau yang tidak sedap, berpotensi menghasilkan gas metana sehingga mencemari udara dan menjadi tempat

berkembang biaknya organisme pengganggu tanaman maupun kesehatan makhluk hidup yang berada disekitar pembuangan limbah. Persentase kulit luar dari limbah kulit singkong 0,5-2% dari berat total singkong segar dan 8-15% dari limbah kulit dalam (Sulistiyowati et al., 2023).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif dari kulit singkong terhadap logam berat dalam limbah yang dihasilkan dari beberapa industri. Hartono, et. al (2022) melakukan penelitian untuk melihat kemampuan adsorpsi karbon aktif kulit singkong terhadap ion logam besi (Fe^{3+}). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa karbon aktif kulit singkong mampu mengadsorpsi 6,133 mg/L ion Fe^{3+} dengan waktu kontak 15 menit. Sylvia et. al (2021) juga melakukan penelitian tentang efektivitas karbon aktif kulit singkong adsorpsi ion logam besi (II) Fe^{2+} dengan menggunakan aktivator NaOH. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa persentase efisiensi ion logam besi (II) Fe^{2+} maksimum menggunakan karbon aktif kulit singkong yaitu sebesar 94,07% dengan kapasitas adsorpsi maksimum 470,35 mg/g pada konsentrasi aktivator NaOH 30% dengan waktu kontak 120 menit.

Penelitian lain dilakukan oleh Alongamo et al. (2021) dengan menguji daya adsorpsi karbon aktif dari kulit singkong terhadap ion Ni (II). Hasil penelitian yang dilakukan mengungkapkan bahwa analisis kandungan yang terdapat dalam karbon aktif kulit singkong memenuhi syarat sesuai dengan SNI No. 06-3830-1995. Hal ini ditunjukkan oleh parameter uji kadar air sebesar 1%, kadar abu sebesar 8%, *volatile matter* sebanyak 13%, *fixed carbon* sebanyak 78%, serta daya serap karbon terhadap Ni (II) sebesar 47,39 mg/g. Penelitian lain juga dilakukan oleh (Faouzou et al., 2024) yang mensintesis karbon aktif dari kulit singkong dengan aktivator H_3PO_4 40% sebagai adsorben metilen biru. Hasil penelitian yang diperoleh yakni kapasitas adsorpsi iodine sebesar 914,4 mg/g dan metilen biru oleh karbon aktif kulit singkong mencapai 643,7 mg/g dengan kinetika adsorpsi sebagai orde kedua semu (*pseudo second order*). Selain itu, diperoleh juga pH optimum yakni 4, dengan waktu kontak optimum selama 20 menit, serta massa optimum yakni 200 mg. Adapun isoterm yang paling sesuai yakni isoterm Freundlich dengan nilai $R^2 = 0,98$.

Berlandaskan uraian tersebut, maka sangat penting untuk menemukan alternatif karbon aktif yang berbahan dasar dari limbah organik (bioadsorben) seperti limbah kulit singkong (*Manihot esculenta*) untuk mengurangi kontaminan air dari logam-logam berat. Tingginya kandungan karbon yang terdapat dalam kulit singkong membuat limbah tersebut memiliki potensi yang tinggi untuk dijadikan karbon aktif. Selain itu, pemanfaatan limbah kulit singkong (*Manihot esculenta*) sebagai adsorben juga diharapkan mampu mengurangi limbah dari kulit singkong dan menjadi yang memiliki kemampuan adsorpsi seperti karbon aktif



ah

salah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

si logam berat Fe pada air Danau Universitas Hasanuddin?

2. bagaimana kapasitas adsorpsi karbon aktif dari kulit singkong (*Manihot esculenta*) terhadap logam berat Fe pada air Danau Universitas Hasanuddin?
3. bagaimana karakteristik dari karbon aktif kulit singkong (*Manihot esculenta*) sebelum dan sesudah aktivasi serta setelah pengaplikasian air Danau Universitas Hasanuddin?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan konsentrasi logam berat Fe pada air Danau Universitas Hasanuddin
2. menganalisis kapasitas adsorpsi karbon aktif dari kulit singkong (*Manihot esculenta*) terhadap logam berat Fe pada air Danau Universitas Hasanuddin
3. mengkarakterisasi karbon aktif kulit singkong (*Manihot esculenta*) sebelum dan sesudah aktivasi serta setelah pengaplikasian pada air Danau Universitas Hasanuddin

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai konsentrasi logam berat Fe pada air Danau Universitas Hasanuddin serta dapat berkontribusi dalam pemanfaatan kulit singkong (*Manihot esculenta*) sebagai adsorben yang ramah lingkungan serta ekonomis untuk mengurangi pencemaran akibat logam berat. Selain itu, karakteristik karbon aktif yang dihasilkan diharapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya serta memberikan pengalaman serta pengetahuan kepada peneliti.



BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah kulit singkong (*Manihot esculenta*) dari Baruppu', Toraja Utara, sampel air Danau Universitas Hasanuddin, akuabides, akuades, padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck), KOH, HNO_3 (Merck), KBr, HCl, kertas saring Whatman No.42, pH meter, label, *tissue roll*, plastik *wrap* sabun dan *aluminium foil*.

2.2 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu labu ukur, gelas kimia, gelas ukur, batang pengaduk, spatula, neraca analitik, *coolbox*, botol polietilen, pisau, gunting, pipet volume, *bulb*, erlenmeyer, *stopwatch*, mortar dan alu, ayakan 100 mesh, blender, corong buncher, desikator, oven (Mettler Universal Oven UF55), *hotplate magnetic stirrer* (OHAUS Guardian™5000), *furnance* (CARBOLITE Gero 30-3000 °C), instrumen *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (Shimadzu, IRPrestige21), instrumen *Scanning Electron Microscopy* (JEOL JCM-7000 NeoScope Benchtop), instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometer* (Hitachi ZA 3000).

2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2025 di Laboratorium Air Departemen Lingkungan Hidup Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, Laboratorium Kimia Minostruktur Universitas Muslim Indonesia, Laboratorium Lingkungan PT. Sucofindo Makassar, Laboratorium Kimia Organik, dan Laboratorium Kimia Anorganik, Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pembuatan Karbon Aktif (Suprabawati et al., 2018)

Kulit singkong (*Manihot esculenta*) yang telah cuci dan dipisahkan dari kulit terluarnya dipotong-potong sepanjang 2 cm dan dijemur di bawah terik matahari hingga kering. Selanjutnya, dipanaskan di dalam oven pada suhu 105 °C selama 24



ku kering atau air dalam bahan baku berkurang. Kulit singkong bakar di dalam *furnance* selama 1 jam pada suhu 500 °C. g dihasilkan tersebut dihaluskan menggunakan mortar dan alu. n pengayakan dengan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan anpa aktivator.

2.4.2 Tahap Aktivasi (Suprabawati et al., 2018)

Karbon direndam dalam larutan aktivator H_3PO_4 15% selama 24 jam hingga diperoleh sampel pasta arang. Sampel pasta arang kemudian disaring dengan corong Buncher, kemudian endapan dicuci menggunakan HCl 0,5 N lalu dicuci dengan akuades hingga pH 7. Selanjutnya, sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 150°C selama 24 jam.

2.4.3 Pengambilan Sampel (Udianto et al., 2022)

Pengambilan sampel air di Danau Universitas Hasanuddin dilakukan dengan mengambil sampel secara langsung dari badan air dalam suatu waktu tertentu pada empat titik sampling yang dianggap representatif (dapat mewakili) lokasi, yakni titik 1 pada koordinat -5.1362100228527305 LS dan 119.49146607408119 BT, titik 2 pada koordinat -5.135370522372645 LS dan 119.48998956096345 BT, titik 3 pada koordinat -5.1377511778016185 LS dan 119.48956133822323 BT, serta titik 3 pada koordinat -5.137686276132319 LS dan 119.48800450010653 BT. Air danau diambil sebanyak 1 L dan dimasukkan ke dalam botol polietilen. Kemudian diawetkan menggunakan larutan HNO_3 pekat sampai pH ≤ 2 . Botol yang telah terisi sampel dimasukkan ke dalam *cool/box* dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

2.4.4 Preparasi Sampel (SNI 6989-84:2019)

Sampel air yang telah didapatkan dimasukkan sebanyak 100 mL ke dalam gelas piala dan ditambahkan 5 mL HNO_3 pekat. Lalu dipanaskan di pemanas listrik hingga volumenya menjadi 10-20 mL. Setelah itu disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42 ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan 5 mL HNO_3 0,5 M. Larutan tersebut diencerkan dan dihomipitkan menggunakan akuabides sampai tanda batas. Lalu dihomogenkan dan dianalisis menggunakan AAS.

2.4.5 Penentuan Kadar Awal Logam Fe (Maghfiroh dan Wibowo, 2021)

Pembuatan Larutan Induk Fe 100 mg/L. Padatan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 0,0484 gram ke dalam gelas kimia lalu dilarutkan dengan akuabides. Setelah itu, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas lalu dihomogenkan.

Pembuatan Larutan Baku Intermediet Fe 10 mg/L. Larutan induk Fe 100 mg/L diambil sebanyak 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL. Lalu diencerkan dan dihomipitkan hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.



Larutan Deret Standar Fe. Larutan baku intermediet Fe 10 mg/L ; 1; 1,5; 2; dan 2,5 mL, masing-masing ke dalam labu ukur 50 ditambahkan hingga pH 2-3. Selanjutnya, diencerkan dan

dihimpitkan dengan akuabides sampai batas tanda sehingga diperoleh konsentrasi larutan baku kerja logam Fe 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mg/L.

Analisis Logam Fe pada Sampel Air Danau Universitas Hasanuddin. Analisis logam berat pada sampel logam Fe dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) katoda sebagai sumber radiasi. Analisis logam berat Fe menggunakan campuran udara dan asetilena sebagai bahan bakar, dengan panjang gelombang Fe adalah 248,3 nm.

Sampel dan deret standar diukur serapannya dengan menggunakan AAS. Penentuan konsentrasi logam dalam sampel dapat ditentukan menggunakan teknik kurva kalibrasi yang berupa garis linear sehingga diperoleh hubungan antara konsentrasi logam dari absorbansi yang terukur. Konsentrasi yang sebenarnya dari logam dalam sampel dapat ditentukan melalui Persamaan 1.

$$C_{Fe} = \frac{C \times V_{flask}}{V} \quad (1)$$

Keterangan:

C_{Fe} = Konsentrasi Fe sebenarnya (mg/L)

C = Konsentrasi dari hasil analisis AAS (mg/L)

V_{flask} = Volume total

V = Volume contoh

2.4.6 Aplikasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot esculental*) sebagai Adsorben Logam Berat Fe

Uji Daya Adsorpsi Karbon Aktif Berdasarkan Variasi Massa Adsorben (Tasanif et al., 2020). Karbon aktif ditimbang sebanyak variasi massa 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 gram diadsorpsi masing-masing ke dalam 100 mL sampel air danau. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu 30 °C. Setelah pengadukan selesai, campuran dидiamkan dan dibiarkan selama 60 menit sehingga dapat mengendap dengan sempurna. Setelah itu, larutan disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya, ditambahkan HNO_3 0,5 M sampai pH larutan menjadi 2-3. Setelah itu, ditentukan konsentrasi Logam Fe pada filtrat menggunakan AAS.



Uji Karbon Aktif Berdasarkan Variasi Waktu Kontak (Sari et al., 2022). Karbon aktif ditimbang sesuai massa optimum, kemudian dimasukkan ke dalam 100 mL sampel air danau yang telah diketahui konsentrasi logam berat Fe menggunakan AAS. Kemudian campuran dimasukkan ke dalam bejana pengaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama variasi waktu kontak (30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit) pada suhu 30 °C. Selanjutnya dilakukan disaring

untuk memisahkan filtrat dan endapan. Selanjutnya, ditambahkan HNO_3 0,5 M sampai pH larutan menjadi 2-3. Setelah itu, dianalisis konsentrasi Logam Fe pada filtrat menggunakan AAS.

Uji Daya Adsorpsi Karbon Aktif Berdasarkan Variasi pH (Sailah et al., 2020).

Air danau dimasukkan ke dalam gelas kimia masing-masing sebanyak 100 mL. kemudian diatur pH menjadi 3, 5, 8, dan 9. Selanjutnya masing-masing larutan ditambahkan karbon aktif sebanyak massa optimum. Setelah itu, larutan diaduk secara konstan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 100 rpm selama waktu kontak optimum. Filtrat dan endapan dipisahkan melalui penyaringan. Kemudian dianalisis konsentrasi Logam Fe pada filtrat menggunakan AAS.

Uji Daya Adsorpsi Karbon Aktif Berdasarkan Variasi Konsentrasi (Damayanti dan Hermawan, 2021). Larutan dengan masing-masing konsentrasi 10, 20, 30, dan 40 mg/L dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dihipitkan hingga 100 mL dengan akuabides. Kemudian diatur pH sesuai dengan pH optimum yang didapatkan. Selanjutnya masing-masing larutan ditambahkan karbon aktif sebanyak massa optimum. Setelah itu, larutan diaduk secara konstan menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 100 rpm selama waktu kontak optimum. Filtrat dan endapan dipisahkan melalui penyaringan. Kemudian dianalisis konsentrasi Logam Fe pada filtrat menggunakan AAS.

2.4.7 Penentuan Jumlah Logam Berat Fe yang Teradsorpsi dalam Karbon Aktif

Kulit Singkong (*Manihot esculenta*) (Tasanif et al., 2020)

Jumlah Fe yang teradsorpsi oleh karbon aktif kulit singkong dapat dihitung menggunakan rumus pada Persamaan 2.

$$\% \text{Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

C_0 = Konsentrasi Fe sebelum teradsorpsi (mg/L)

C_e = Konsentrasi Fe setelah teradsorpsi (mg/L)

2.4.8 Perhitungan Kemampuan Adsorpsi Logam Fe (Tasanif et al., 2020)

Kapasitas adsorpsi karbon aktif kulit singkong terhadap logam berat Fe dapat digunakan Persamaan 3.



$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \times 100\% \quad (3)$$

C_0 = Konsentrasi Fe sebelum teradsorpsi (mg/L)

C_e = Konsentrasi Fe setelah teradsorpsi (mg/L)

m = Massa adsorben yang digunakan (g)

V = Volume larutan logam (L)

2.4.9 Karakterisasi Karbon

Uji Kadar Air (SNI 1683:2021). Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang sudah diketahui bobotnya. Cawan yang berisi karbon aktif dimasukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya ± 100 - 115 °C selama 3 jam. Karbon aktif didinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya. Perlakuan yang sama dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh bobot konstan dan dicatat kadar airnya. Penentuan kadar air dihitung dengan Persamaan (4).

$$\% \text{Kadar Air} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

W_1 = Bobot awal sampel

W_2 = Bobot uap air

Uji Kadar Abu (SNI 1683:2021). Karbon aktif ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam cawan krus yang sudah diketahui bobotnya. Cawan krus yang sudah diisi dan ditimbang, dimasukkan ke dalam tungku pada suhu 500 °C selama 2 jam. Abu didinginkan dalam desikator selama 20 menit kemudian ditimbang beratnya. Perlakuan yang sama dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh bobot konstan dan dicatat kadar airnya. Kadar abu dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$\% \text{Kadar Abu} = \frac{W_2}{W_1} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

W_1 = Bobot awal sampel

W_2 = Bobot abu

Analisis Gugus Fungsi (Kunusa et al., 2021). Analisis gugus fungsi senyawa dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Analisis α -selulosa menggunakan FTIR dengan cara 0,2 mg karbon sebelum aktivasi dicampur :10), kemudian dihaluskan menggunakan mortar selanjutnya in tersebut ke dalam *plate kit* untuk dibentuk pelet. Pelet yang dimasukkan ke dalam *barrel*, dikunci dan diputar sampai rapat. dimasukkan ke dalam sampel kompartemen FTIR untuk dianalisis an 500 - 4000 cm^{-1} . Perlakuan yang sama dilakukan pada karbon setelah pengaplikasian.



Analisis Morfologi Permukaan (Tasanif et al., 2020). Analisis morfologi permukaan dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan cara serbuk selulosa dibekukan diatas aluminium sampai kering. Setelah itu, sampel dipercikkan dengan emas selama 30 menit menggunakan palaron. Hasil analisis akan ditampilkan dalam *stereoscan*.

