

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global yang ekstrem menyebabkan polusi di danau dan air laut meningkat akibat terjadinya peningkatan suhu air. Hal ini menjadi ancaman serius bagi manusia dan lingkungan. Fosfat diperlukan untuk pertumbuhan makhluk hidup, tetapi keberadaan fosfat yang berlebihan di perairan menyebabkan gigantisme alga, bakteri, dan tumbuhan air (Harech dkk., 2022). Tiga puluh dua hingga tujuh puluh persen jumlah fosfat berasal dari deterjen dalam air limbah perkotaan. Dalam beberapa tahun terakhir, kebiasaan konsumsi telah berubah akibat epidemi COVID-19, dan penggunaan deterjen yang berlebihan telah menyebabkan eutrofikasi pada sumber daya air tawar dan air laut. Terbukti bahwa pembentukan *Harmful Algae Blooms* (HABs) di danau dan laut meningkat (Sha dkk., 2021). HABs yang tumbuh di air dengan fosfat yang berlebihan merusak ekosistem perairan secara permanen. Ancaman yang ditimbulkan oleh HABs adalah lendir, perubahan warna air, penipisan oksigen di dasar laut, dan kematian massal biota dalam ekosistem perairan (Mackay dkk., 2022). Kadar fosfat terlarut yang diperbolehkan berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air adalah 0,2 mg/L untuk kategori kelas satu dan dua, 1 mg/L untuk kelas tiga, dan 5 mg/L untuk kelas keempat. Oleh sebab itu, diperlukan penanganan untuk menjaga kandungan fosfat terlarut agar tetap berada dibawah ambang batas maksimum sehingga tidak

menimbulkan efek negatif dan kandungan fosfat yang berlebih dapat dicegah (Eltaweil dkk., 2021).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menurunkan kadar fosfat dalam limbah air. Metode pengolahan konvensional seperti teknik biologis dan kimia terbatas karena biaya operasional yang tinggi, memerlukan energi yang cukup besar, serta berakibat pada pembentukan polutan sekunder seperti lumpur (Pap dkk., 2020; Tao dkk., 2020). Berdasarkan hal tersebut, dilakukan pendekatan yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan inovatif seperti bioremediasi, pertukaran ion, dan adsorpsi telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir (Cheng dkk., 2018). Metode adsorpsi lebih banyak disukai karena memiliki biaya produksi lebih rendah, efisiensi yang tinggi, serta ramah energi (Eltaweil dkk., 2021; Shirazinezhad dkk., 2021; Verma dan Nadagouda, 2021; Zhao dkk., 2020). Pemilihan adsorben dalam metode adsorpsi merupakan hal yang penting. Banyak adsorben seperti kitosan (Kong dkk., 2023; Liu dkk., 2020, Pap dkk., 2020, Mackay dkk., 2022), oksida logam (Shirazinezhad dkk., 2021), graphene (Verma dan Nadagouda, 2021), lempung (Banu dkk., 2020; Chen dkk., 2020), karbon aktif (Hanna dkk., 2020, Karthikeyan dkk., 2020), nanokomposit (Yang dkk., 2021), dan biochar (Tao dkk., 2020) digunakan untuk menghilangkan fosfat dari air.

Berdasarkan literatur, sifat adsorpsi kitosan meningkat setelah dimodifikasi dengan beberapa bahan yang berbeda. Karthikeyan dkk. (2020) melakukan penelitian mengenai adsorpsi fosfat menggunakan penggabungan gelatin Al^{3+} dengan kitosan untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dalam media asam. Kemampuan adsorpsi meningkat akibat daya tarik elektrostatik antara ion fosfat

negatif dengan spesies bermuatan positif (NH_3^+ dan Al^{3+}). Zhao dkk. (2020) juga melakukan penelitian dengan menambahkan La^{3+} pada kitosan dan berhasil menghilangkan kadar fosfat dalam limbah. Dalam proses tersebut, kitosan berfungsi sebagai penopang La^{3+} pada saat mengikat ion fosfat. Penelitian lain dilakukan oleh Zhang dkk. (2018) mengenai kitosan termodifikasi Fe(III). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa CS-Fe dapat mengadsorpsi ion fosfat. Fe (III) dapat melepaskan sejumlah besar ion hidrogen yang meningkatkan daya tarik elektrostatik dalam kondisi asam untuk adsorpsi fosfat. Semua penelitian tersebut menjelaskan bahwa biopolimer kitosan dapat berperan aktif dan berpotensi dalam proses penahanan ion fosfat.

Kitosan merupakan biomaterial turunan cangkang binatang laut (*crustacea*) yang bersifat biodegradabel, biokompatibel, tidak beracun, ekonomis, dan ramah lingkungan serta memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi. Kitosan disebut sebagai polimer polikationik yang dapat digunakan untuk adsorben/penahan ion fosfat dengan daya jerap yang lebih baik, ketika dalam bentuk membran (Wang dan Zhuang, 2022). Dalam suasana asam, kitosan mudah dibuat membentuk film tipis/membran. Membran merupakan lapisan tipis selektif yang bersifat semipermeabel, terletak di antara dua fase yaitu fase sumber dan fase akseptor sehingga mampu melewatkan spesi tertentu dan menahan spesi yang lain (Lusiana dkk., 2019). Kitosan mengandung gugus fungsi amino ($-\text{NH}_2$) dan hidroksil ($-\text{OH}$) dalam jumlah tinggi yang secara langsung memengaruhi kapasitas adsorpsi kitosan, terutama gugus amino yang sangat aktif untuk proses penyerapan. Pasangan elektron pada gugus amino kitosan bertindak sebagai pusat penyerapan melalui

mekanisme interaksi elektrostatik dan kompleksasi ion fosfat (Salehi dkk., 2022). Namun dalam penggunaan kitosan memiliki keterbatasan seperti gugus fungsi kurang reaktif dan kekuatan mekanik dan termal yang rendah. Untuk mengatasi hal tersebut beberapa peneliti melakukan modifikasi kitosan melalui reaksi cangkok (*grafting*), taut silang (*crosslinking*) dan paduan menggunakan polimer lain (Lusiana dkk., 2019). Kekuatan membran kitosan dapat ditingkatkan melalui modifikasi dengan polimer lain seperti PVP (*Polyvinylpyrrolidon*) (Abdelrazek dkk., 2024; M. Ali dkk., 2024; Aouadi dkk., 2024; Sebastian dkk., 2024), PES (*Polyethersulfone*) (Akin dkk., 2024; Huang dkk., 2021; Machodi dan Daramola, 2020; Rasifudi dkk., 2024), PVA (*Polyvinyl alcohol*) (Ceylan, 2021; Malka dan Margel, 2023), PVC (*Polyvinylchloride*) (Mubarak dkk., 2025; Rabie dkk., 2023; Vesel dkk., 2025), PEG (*Polyethyleneglycol*) (Yang dkk., 2021), dan PSf (*Polysulfone*) (Huang dkk., 2021; Lin dkk., 2021; Yan dan Qiu, 2024).

PVP (*Polyvinylpyrrolidon*) merupakan polimer sintetik yang hidrofil, biokompatibel, dan pembentuk porogen sehingga dapat meningkatkan daya serap membran (Poonguzhali dkk., 2018). Sizilio dkk. (2018) melakukan penelitian mengenai kombinasi antara kitosan dengan PVP, dimana PVP dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal yang lebih baik. Lewandowska dkk. (2011) juga melakukan penelitian mengenai interaksi antara kitosan dan PVP yang dipengaruhi oleh ikatan hidrogen yang terbentuk antara cincin pirolidon PVP dengan gugus amina dan hidroksil kitosan yang menghasilkan kehomogenan material yang tinggi dan sifat fisikokimia yang meningkat.

Penautan silang antara kitosan–PVP K90 dengan asam maleat dilakukan untuk memperkuat struktur membran secara keseluruhan dan juga untuk meningkatkan stabilitas kimia membran. Gugus fungsi pada asam maleat seperti gugus karbonil ($C=O$) akan bereaksi dengan gugus amina ($-NH_2$) yang terdapat pada kitosan. Reaksi ini akan menghasilkan ikatan kovalen yang membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang lebih stabil. Dengan terbentuk ikatan kovalen ini, membran memiliki ketahanan yang tinggi terhadap pelarut, kekuatan mekanik menjadi meningkat, serta mampu mempertahankan bentuk dan struktur dalam berbagai kondisi lingkungan. Ali dkk. (2020), melakukan penelitian yang menunjukkan asam maleat dapat meningkatkan kompatibilitas antara kitosan dan PVP K90, serta meningkatkan sifat hidrofilisitas, porositas, daya serap air oleh membran, serta kapasitas adsorpsi membran.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mensistesis dan mengkarakterisasi membran kitosan–PVP K90 tertaut silang asam maleat sebagai membran adsorpsi ion fosfat. Variasi konsentrasi asam maleat akan diterapkan untuk mengevaluasi pengaruh terhadap sifat fisikokimia membran, seperti porositas, stabilitas kimia, kompatibilitas, dan kemampuan adsorpsi ion fosfat. Efektivitas membran akan diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur kadar ion fosfat yang terserap, sehingga dapat memberikan solusi inovatif dan ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Mensintesis membran kitosan – polivinil pirolidon K90 tertaut silang asam maleat (CS/PVP-MA).
2. Mengidentifikasi pengaruh modifikasi secara taut silang dengan asam maleat dan pepaduan dengan polivinil pirolidon K90 terhadap karakterisasi fisikokimia membran meliputi uji gugus fungsi, berat dan ketebalan, *water uptake*, derajat pengembangan, porositas, ketahanan pH, biodegradasi, hidrofilisitas, dan kekuatan mekanik.
3. Menguji kemampuan adsorpsi membran terhadap ion fosfat dengan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.