

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Perbedaan dari penelitian-penelitian sebelumnya terdapat variasi kalsinasi dan konsentrasi. Penelitian yang dilakukan oleh Utami & Munasir, (2023) membuat membran berbahan dasar bubuk grafit, bubuk natrium nitrat menggunakan metode inversi fasa. Hasil analisis diperoleh membran dengan kandungan 0,75 wt%  $\text{GOFe}_3\text{O}_4$  memiliki nilai *salt rejection* tertinggi dan fluks aliran terendah yaitu 59,34%. Membran dengan kandungan 75% wt dapat menyaring *methylene blue* dengan baik dan *filtrate* yang dihasilkan kejernihannya meningkat.

Menurut oleh Rizkina *et al.*, (2023) membuat membran dari kitosan dengan penambahan ekstrak etanol mamon ungu menggunakan metode inversi fasa dengan perbandingan volume kitosan dengan ekstrak etanol mamon ungu. Hasil analisis membran dengan penambahan mamon ungu menyebabkan nilai kuat tariknya semakin menurun. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa dengan penambahan etanol mamon ungu 0,3 mL menunjukkan permukaan yang rata dan halus pada biomembran. Hasil analisis gugus fungsi membran kitosan dengan penambahan 0,3 mL mamon ungu diperoleh gugus metilen  $-\text{CH}$  pada gelombang  $1307,93 \text{ cm}^{-1}$ .

Penelitian Melani *et al.*, (2023) membuat biokoagulan menggunakan limbah cangkang kepiting dengan metode kitin dan kitosan melalui 3 proses. Diantaranya demineralisasi, deproteinisasi dan deasetilasi. Hasil analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi amina dan hidroksil pada serbuk kitosan cangkang kepiting yang berperan terhadap pembentukan flok.

Penelitian yang dilakukan oleh Muqim & Purnomo, (2023) membuat koagulan polielektrolit alami dari cangkang udang kaki putih dengan metode ekstraksi kitosan. Hasil analisis derajat deasetilasi kitosan diperoleh nilai sebesar 71,6%. Dengan komposisi 300 mg/L koagulan dapat menurunkan kandungan parameter warna pada limbah dengan nilai penyisihan 83,1%. Pada variasi

komposisi 200 mg/L koagulan nilai penyisihan sebesar 82,7% untuk parameter TSS dan COD.

Penelitian lain dilakukan oleh Krisman *et al.*, (2022) yang membuat membran filtrasi berbahan kitosan dari limbah cangkang kepiting. Hasil analisis aplikasi membran diperoleh rerata oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) pada air bahan baku yang belum dilakukan filtrasi dengan membran kitosan maupun yang telah dilakukan filtrasi dihasilkan rerata oksigen terlarut pada air bahan baku yakni 1,60 mg/L. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa penggunaan membran kitosan dengan berbahan limbah cangkang kepiting mempunyai perbedaan nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap peningkatan kadar oksigen terlarut pada air yang difiltrasi. Setelah proses filtrasi dengan membran kitosan yang diekstraksi dari limbah cangkang kepiting, karakteristik kualitas air telah tergolong dalam kualitas baku mutu air kelas II yang tidak hanya diperuntukkan dalam bidang pertanian namun juga dapat digunakan dalam prasarana rekreasi air, budidaya ikan hingga peternakan.

Penelitian Evi *et al.*, (2020) yang membuat koagulan dari cangkang kerang darah dengan metode kalsinasi pada suhu 500°C dan 1000°C selama 3 jam. Hasil analisis XRD menggunakan *X'Pert HighScore Plus* diperoleh puncak yang dihasilkan berhubungan pada kalsium karbonat (CaO). CaO yang terbentuk memiliki fasa kubik (*space group* Fm-3m) dengan a, b dan c = 4,8106 Å. Air paling jernih adalah air dengan massa penggunaan CaO 2 gram. Sehingga, dengan semakin besar massa koagulan yang digunakan maka semakin jernih air yang dihasilkan.

Penelitian lain pembuatan koagulan dilakukan oleh Adira *et al.*, (2020) dengan memanfaatkan Limbah Cangkang Kerang Darah Sebagai Biokoagulan untuk Penjernihan Air Tanah Terpolusi dengan mensintesis CaO dari Cangkang kerang darah melalui proses kalsinasi pada suhu 500°C selama 3 jam. Hasil analisis XRD menggunakan *X'Pert HighScore plus* diketahui bahwa puncak yang dihasilkan berhubungan dengan CaO. Kalsium karbonat yang terbentuk memiliki fasa kubik (*space group* Fm-3m) dengan a, b dan c = 4,8106 Å.

Penelitian Wahyuni *et al.*, (2017) membuat membran dari limbah rajungan yang dibuat kitosan untuk menurunkan kadar polutan pada air limbah kelapa sawit. Metode yang digunakan dalam pembuatan kitosan adalah dengan mensintesis cangkang rajungan dengan 3 tahapan proses. Proses tersebut meliputi demineralisasi, deproteinisasi dan deasetilasi. Sintesis membran kitosan menggunakan metode inversi fasa dengan menguapkan pelarut pada suhu pengeringan 80°C. Hasil analisis SEM-EDX, komposisi unsur membran sebelum membran digunakan untuk mengolah limbah POME mengandung unsur C dan O. Hasil analisis kuat tarik, fluks, dan nilai rejeksi padatan (TDS dan TSS), membran paling optimal diperoleh pada rasio kitosan: PVA sebesar 50:50 (v:v) dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Persentase penurunan TSS dan TDS tertinggi adalah sebesar 96,84% dan 97,23%.

Penelitian lain dilakukan oleh Pratama *et al.*, (2016) membuat biokoagulan menggunakan cangkang udang. Hasil analisis pada koagulan menunjukkan hubungan antara dosis koagulan cangkang udang dengan penurunan kadar TSS, kekeruhan dan fosfat sangat krusial untuk menurunkan kadar pencemar. Penentuan dosis dapat digunakan untuk membantu menentukan dosis optimum koagulan yang sesuai dengan jenis dan kondisi air. Besar penurunan kadar biokoagulan pada penurunan kadar TSS, kekeruhan, dan fosfat untuk mendapat nilai optimum terdapat pada dosis konsentrasi 250 mg/L pada parameter kadar TSS dengan nilai efisiensi yang bervariasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Farihin *et al.*, (2015) membuat koagulan dari limbah kerang hijau yang dibuat kitosan dengan melalui 3 proses, diantaranya adalah demineralisasi, deproteinasi dan deasetilasi. Hasil analisis pada koagulan untuk dosis optimum biokoagulan kitosan berada pada konsentrasi 250 mg/l. Pada dosis ini koagulan dapat mengikat bahan pencemar yang paling optimal. Kecepatan pengadukan 100 rpm merupakan kecepatan pengadukan yang optimum. Biokoagulan kitosan mampu berperan sebagai biokoagulan dan ini dibuktikan berdasarkan efisiensi yang dihasilkan pada penurunan konsentrasi kekeruhan sebesar 69%, konsentrasi TSS sebesar 83,9% dan penurunan COD sebesar 67,8%.

**Tabel 2.1** Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
1.	Utami & Munasir, (2023)	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan membran GO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/PSF dalam filtrasi air. Pembuatan membran dilakukan dengan menggunakan metode inversi fasa, kemudian membran dilakukan uji filtrasi pada larutan NaCl dan methylene blue menggunakan corong <i>buchner</i> yang telah dihubungkan pada pompa vakum dengan tekanan konstan sebesar 650 mmHg.</p>	<p>Membran dengan kandungan 0,75 wt% GO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> mempunyai nilai <i>salt-rejection</i> tertinggi dan <i>fluks</i> aliran terendah yaitu sebesar 59,34%, nilai fluks aliran sebesar 62,80 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> untuk larutan <i>methylene blue</i> dan 54,44 L.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> untuk larutan NaCl. Membran dengan kandungan 75 wt% juga dapat menyaring <i>methylene blue</i> dengan lebih baik sehingga filtrat yang dihasilkan menjadi lebih bening. Hal ini menunjukkan bahwa membran dengan kandungan 0,75 wt% GO-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> paling efektif dibandingkan membran lainnya.</p>	Bahan baku, jenis membran.

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
2.	Rizkina <i>et al.</i> , (2023)	Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pembuatan membran kitosan menggunakan metode inversi fasa dengan penambahan ekstrak etanol dari tanaman mamon ungu dan mengetahui karakteristik sifat fisik dan mekaniknya.	Penambahan ekstrak etanol mamon ungu pada membran menyebabkan nilai kuat tarik membran semakin menurun. Hasil SEM pada penambahan ekstrak etanol mamon ungu 0,3 mL menunjukkan permukaan cukup halus dan rapat, dibandingkan membran yang lain. <i>Spectro FTIR</i> membran kitosan 0,3 mL ekstrak etanol mamon ungu terjadi pada bilangan gelombang 1307,93 $\text{cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus metilen -CH.	Bahan baku, variabel penelitian
3.	Melani <i>et al.</i> , (2023)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik cangkang kepiting	Kitosan pada cangkang kepiting mampu menjadi koagulan karena merupakan	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian.

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
		<p>dengan uji SEM dan FTIR serta kemampuannya sebagai koagulan dengan menentukan pada konsentrasi 50,75,100,150 dan 250 mg/l serta kecepatan pengadukan pada 100,120,130,140 dan 150 rpm pada masing-masing koagulan dengan proses koagulasi-flokulasi (jartest).</p>	<p>biopolimer yang bersifat polielektrolit kation sehingga mampu mengikat partikel koloid di dalam air dengan mekanisme penetralisasian muatan. Hasil karakteristik dengan menggunakan FTIR menunjukkan bahwa kitin dan kitosan mengandung gugus amina dan hidroksil yang memainkan peran penting pada mekanisme pembentukan flok. Persentase penyisihan turbidity yang terbaik pada koagulan kitin yaitu pada konsentrasi 250 mg/l pada kecepatan 130 rpm dengan persentase penyisihan turbiditas 53,1 % sedangkan persentase penyisihan</p>	

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
			<p>turbidity koagulan kitosan yang terbaik yaitu pada konsentrasi 150 mg/l pada kecepatan 130 rpm dengan persentase penyisihan turbiditas 62,8%. Tetapi hanya koagulan kitosan yang dapat masuk standar pH dan persen turbidity standard PT Pusri. Koagulan Tawas masih menjadi koagulan yang % <i>turbidity</i> paling tinggi sebesar 100% pada konsentrasi 50 mg/L pada kecepatan pengadukan 130 rpm, dibandingkan koagulan kitin dan kitosan hanya saja tidak ramah lingkungan. Koagulan Kitosan dapat dikembangkan sebagai koagulan alternatif pengganti</p>	

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
			koagulan sintetik dalam pengolahan air bahan baku sehingga pengolahan air menjadi lebih ramah lingkungan.	
4.	Muqim & Purnomo, (2023)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi penggunaan polyelektrolit alami yang diekstrak dari kulit udang kaki putih sebagai koagulan dalam upaya untuk menyisihkan kandungan parameter warna, TSS, dan COD dalam air limbah batik.	Ekstrak kitosan yang digunakan sebagai koagulan polielektrolit alami dari kulit udang kaki putih telah memenuhi standar mutu dengan nilai derajat deasetilasi sebesar 71,6%. pH optimum yang tercatat dalam penelitian ini adalah pH 5. Kecepatan pengadukan optimum yang tercatat dalam penelitian ini adalah 90 RPM. Dosis optimum koagulan polielektrolit alami yang tercatat dalam penelitian ini pada	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian.



No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
			penyisihan warna terdapat pada dosis 300 mg/L sedangkan untuk parameter TSS dan COD terdapat pada dosis 200 mg/l.	
5.	Krisman <i>et al.</i> , (2022)	Tujuan penelitian ini adalah untuk memanfaatkan kitosan dari cangkang kepiting untuk dibuat membran untuk diujikan pada sampel air setelah proses filtrasi terhadap parameter oksigen terlarut (DO), <i>total suspended solid</i> (TSS), <i>biological oxygen demand</i> (BOD) dan derajat keasaman (pH).	Kondisi air di kawasan Swembak Kabupaten Sumba Timur sebelum difiltrasi memiliki karakteristik oksigen terlarut (DO), <i>total suspended solid</i> (TSS), <i>biological oxygen demand</i> (BOD) dan derajat keasaman (pH) berada pada kualitas kelas IV, setelah difiltrasi dengan membran kualitas air menjadi kelas II yang peruntukannya tidak hanya untuk pertanian saja namun bisa dimanfaatkan untuk budidaya ikan dan	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian, komposisi bahan.

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
			untuk menyiram tanaman.	
6.	Evi <i>et al.</i> , (2020)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas kalsium oksida sebagai koagulan alami untuk mereduksi polutan di dalam air limbah.	Kandungan CaCO <sub>3</sub> di dalam cangkang kerang darah dapat dijadikan sebagai material CaO yang digunakan sebagai biokoagulan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin besar massa CaO yang digunakan semakin jernih air yang dihasilkan.	Bahan baku, variabel penelitian.
7.	Adira <i>et al.</i> , (2020)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan nilai penyisihan pH, Turbiditas, TSS, dan COD serta mengetahui dosis optimum yang dapat menurunkan parameter pH, turbiditas, TSS, dan	Penurunan kadar kekeruhan optimum berada pada dosis koagulan 1 g/L dapat menurunkan kekeruhan sebanyak 53 NTU. Penyisihan kadar TSS yang baik berada pada dosis koagulan 0,8 g/L dengan berat kertas saring + residu 0,25	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian.

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
		COD dengan variasi dosis koagulan biji trembesi.	dapat menurunkan nilai TSS sebanyak 10 mg/L dari kadar TSS awal dengan berat residu 170 mg/L. Penurunan kadar COD optimum diperoleh pada dosis 1 g/L karena dapat menurunkan nilai COD dengan pengadukan cepat 180 rpm, pengadukan lambat 80 rpm, serta pengendapan selama 60 menit sebesar 69,8 mg/L dan sudah memenuhi baku mutu limbah cair domestik.	
8.	Wahyuni <i>et al.</i> , (2017)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formulasi komposisi membran kitosan dan optimasi kecepatan pengadukan	Berdasarkan nilai kuat tarik, fluks, dan nilai rejeksi padatan (TDS dan TSS), membran paling optimal didapatkan pada rasio kitosan : PVA sebesar 50:50 (v:v), dan kecepatan	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian.

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
		optimum serta pengujian dalam penurunan padatan limbah cair kelapa sawit.	pengadukan 250 rpm. Presentase penurunan TSS dan TDS tertinggi sebesar 96,84% dan 97,23%.	
9.	Pratama <i>et al.</i> , (2016)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh koagulan cangkang udang pada variasi dosis tertentu untuk menurunkan kadar TSS, Kekeruhan dan Fosfat pada air limbah laundry menggunakan metode jartest.	Berdasarkan hasil penelitian hubungan antara dosis koagulan cangkang udang dengan penurunan kadar TSS, kekeruhan dan fosfat sangat krusial untuk menurunkan kadar pencemar. Dengan dosis koagulan yang tepat akan mampu mengurangi partikel koloid pada air. Penentuan dosis dapat digunakan untuk membantu menentukan dosis optimum koagulan yang sesuai dengan jenis dan kondisi air. Besar penurunan	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian.

No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
			kadar biokoagulan pada penurunan kadar TSS, kekeruhan, dan fosfat untuk mendapat nilai optimum terdapat pada dosis konsentrasi 250 mg/L untuk semua parameter dengan besar nilai efisiensi yang beragam untuk parameter yang beragam lainnya.	
10.	Farihin <i>et al.</i> , (2015)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis optimum koagulan di dalam menurunkan kadar polutan pada air limbah.	Kadar optimum biokoagulan kitosan berada pada konsentrasi 250 mg/L. Pada dosis ini koagulan dapat mengikat bahan pencemar yang paling optimal. Kecepatan pengadukan cepat 100 rpm merupakan kecepatan pengadukan yang optimum. Dengan	Bahan baku, variabel penelitian, metode penelitian.

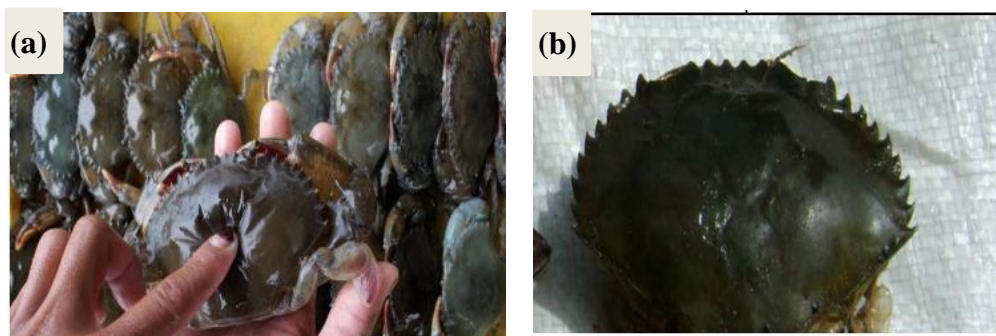
No.	Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil Penelitian	Keterbaruan
			kecepatan yang besar akan menghasilkan gaya geser berlebih dan mencegah susunan flock yang diinginkan. Biokoagulan kitosan dapat digunakan sebagai biokoagulan dan ini dibuktikan berdasarkan efisiensi yang dihasilkan pada penurunan konsentrasi Turbidity sebesar 69%, penurunan konsentrasi TSS sebesar 83,9%, dan penurunan COD sebesar 67,8%.	

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Kepiting Cangkang Lunak

Kepiting Soka adalah nama lain dari kepiting cangkang lunak (*Scylla serrata*). Lunaknya cangkang yang dimiliki kepiting ini bukan karena jenis kepitingnya, disebabkan kepiting sedang berada pada fase pergantian kulit (*molting*). Kepiting Cangkang kepiting bakau dan tergolong kedalam klas *Crustacea* dan ordo *Decapoda*. *Crustacea* merupakan hewan berkulit keras sehingga pertumbuhannya dicirikan oleh proses pergantian kulit (*moulting*).

Decapoda ditandai oleh adanya 10 buah kaki (lima pasang), pasangan kaki pertama disebut capit yang berperan sebagai alat pemegang penangkap makanan, pasangan kaki kelima berbentuk seperti kipas (pipih) berfungsi sebagai kaki renang dan pasangan kaki lainnya sebagai kaki jalan. Kepiting menggunakan capit dan kaki jalan untuk berjalan cepat di darat dan berbekal kaki renang dapat berenang dengan cepat di air, sehingga tergolong pula dalam kepiting perenang (Hermanto *et al.*, 2022).



**Gambar 2.1** (a) Kepiting Cangkang Lunak, (b) Karapas Kepiting Bakau  
(Sumber: Iskandar *et al.*, 2024)

Menurut Hermanto *et al.*, (2022) secara morfologi kepiting cangkang lunak memiliki ciri- ciri sebagai berikut:

1. Karapas berukuran lebih lebar dari pada panjang, panjang karapas kurang lebih dua pertiga dari lebarnya.
2. Permukaan karapas hampir licin kecuali adanya beberapa lekuk yang bergranula halus di daerah branchial.
3. Pada dahi terdapat 4 buah gigi tumpul tidak termasuk duri ruang mata sebelah dalam yang berukuran kurang lebih sama.
4. Tepi anterior dari karapas bergigi 9 buah, runcing dan berukuran kurang lebih sama, sudut posterolateral melengkung dan pada bagian sambungan ruasnya sedikit menebal.
5. Kaki yang bercapit atau *cheliped* pada jantan dewasa dapat mencapai panjang hampir dua kali panjang karapas, sedangkan pada betina capitnya lebih pendek.

### 2.2.2 Cangkang Kepiting Lunak

Cangkang kepiting lunak merupakan limbah yang berasal dari tempat budidaya kepiting yang ada di Kelurahan Kutawaru Kabupaten Cilacap. Melimpahnya hasil perikanan cangkang kepiting ini sebanding dengan limbah cangkang kepiting yang dihasilkan dari proses budidayanya. Cangkang kepiting lunak ini belum dimanfaatkan dan dibiarkan saja yang mengakibatkan tumpukan biomasa pada tanah dan menimbulkan bau.

Menurut Umbu Henggu *et al.*, (2022) mengatakan bahwa limbah cangkang kepiting merupakan salah satu limbah hasil perikanan yang banyak terdapat di daerah payau. Hingga saat ini limbah cangkang kepiting belum dimanfaatkan dengan baik. Cangkang kepiting menjadi limbah yang selama ini belum termanfaatkan secara optimal. Menurut Supangat & Cahyaningrum, (2017) menyatakan bahwa cangkang kepiting mempunyai kandungan  $\text{CaCO}_3$  sebanyak 53-78%. Kandungan kalsium karbonat yang besar ini dapat dimanfaatkan menjadi biokoagulan yang digunakan untuk menyaring partikel *suspended* dan partikel koloid yang tidak dapat larut pada pengolahan air limbah.

Kandungan kalsium karbonat pada cangkang kepiting dapat digunakan untuk pengolahan air limbah karena mengandung material berpori dari bahan  $\text{CaCO}_3$  yang dapat mengikat kotoran dan sebagai penjernih air limbah (Jusnidar *et al.*, 2020). Kalsium karbonat yang secara fisik mempunyai pori-pori, bahan ini memiliki kemampuan mengadsorpsi atau menjerap zat-zat lain ke dalam pori-pori permukaannya. Berdasarkan komposisi kimia kandungan  $\text{CaCO}_3$  pada cangkang kepiting cukup tinggi sehingga berpotensi menjadi koagulan (Rustiana *et al.*, 2022).

### 2.2.3 Kalsinasi

Kalsinasi adalah proses memanaskan benda hingga mencapai suhu tinggi di tengah – tengah udara atau oksigen. Kalsinasi bertujuan untuk melepaskan gas–gas dalam bentuk karbonat ataupun hidroksida sehingga menghasilkan bahan dalam bentuk oksida. Kalsinasi sendiri juga dapat menghilangkan zat–zat yang tidak dibutuhkan seperti  $\text{H}_2\text{O}$ , air kristal, gas ( $\text{CO}_2$ ) dengan meningkatnya waktu



temperatur kalsinasi akan menaikkan porositas, dan ukuran diameter (Rachmantio & Irfai, 2023).

#### **2.2.4 Biokoagulan**

Biokoagulan adalah bahan atau zat berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui, seperti tanaman, hewan, dan mikroorganisme (Adnan *et al.*, 2023). Biokoagulan alami juga dapat berasal dari protein, tanin, dan pektin yang terkandung pada suatu bahan alam berperan sebagai polielektrolit alami dan kegunaannya sama seperti koagulan kimia. Biokoagulan merupakan koagulan alami yang bersifat *biodegradable* (ramah lingkungan) yang dapat digunakan sebagai penjernih air (Kusniawati *et al.*, 2023).

Menurut Setyawati & Sari, (2018) koagulan adalah bahan kimia yang digunakan untuk membantu proses sedimentasi partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap pada pengolahan air limbah. Koagulan yang biasa digunakan dalam industri pengolahan air adalah koagulan kimia seperti tawas, *Poly Aluminium Chlorida* (PAC), Ferri Klorida, Ferri Sulfat, dan polimer kation. Pada penelitian yang dilakukan Pratiwi *et al.*, (2023) menyatakan bahwa koagulan merupakan senyawa yang dibubuhkan untuk membuat flok pada proses koagulasi flokulasi yang mana terjadi reaksi pembubuhan koagulan kedalam spesimen air sehingga partikel yang tidak dapat mengendap dapat terikat dan menggumpal sehingga akan mudah mengendap dan air limbah akan menjadi jernih.

Koagulan alami memiliki keunggulan seperti mudah terurai (*degradable*) oleh mikroorganisme tersedia dalam jumlah banyak, harga relatif murah, volume *sludge* lebih sedikit, flok yang terbentuk lebih kuat dan stabil, serta non toksik (Kristianto *et al.*, 2019). Koagulan berfungsi mendestabilisasi dan mengikat partikel atau kotoran yang terkandung di dalam air (Hendrawati *et al.*, 2016). Penggunaan koagulan alami dilakukan sebisa mungkin untuk mengurangi penggunaan bahan sintesis dengan tujuan lebih ramah lingkungan. Penggunaan koagulan memberikan keuntungan dibandingkan dengan bahan sintesis lainnya karena bersifat alami. Biaya penggunaan koagulan alami ini akan lebih murah

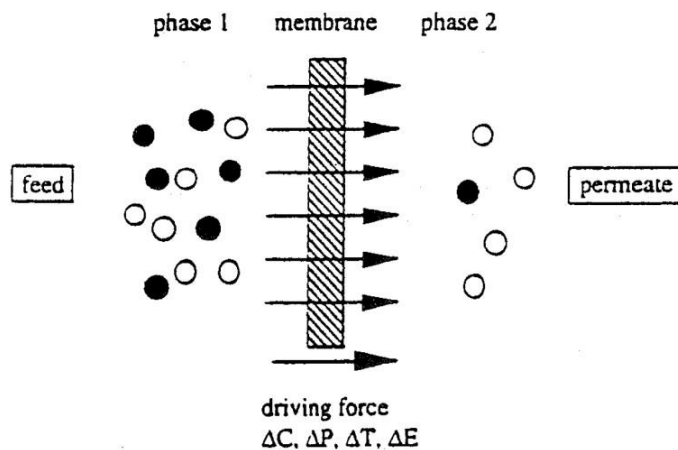
dibandingkan penggunaan koagulan (*syntetic*) untuk penjernihan air (Haslinah, 2020).

### **2.2.5 Biomembran**

Pada pengolahan air terdapat beberapa teknologi seperti teknologi membran, adsorpsi, filtrasi, metode oksidasi tingkat lanjut (seperti ozonasi, biodegradasi dan fotokatalisis) desinfeksi kimia, elektrosorpsi, pertukaran ion dan presipitasi. Dari beberapa teknik pengolahan air tersebut, yang menarik perhatian adalah teknologi berbasis membran. Teknologi tersebut merupakan salah satu teknologi pengolahan air yang sering digunakan karena memiliki beberapa keuntungan seperti efisiensi yang tinggi dalam penurunan berbagai kadar pencemaran pada air limbah, konsumsi energi yang relatif rendah, ramah lingkungan dan operasi yang sederhana (Naseeb *et al.*, 2019).

Biomembran adalah suatu alat filtrasi yang dibuat dari bahan alami seperti hewan dan tumbuhan. Biomembran dapat digunakan untuk memisahkan partikel halus di dalam air yang tidak dapat tersaring. Membran memiliki sifat semipermeabel karena dapat menahan spesi yang lebih besar dari ukuran pori membran (Apriyani, 2017). Oleh karena itu, membran dapat digunakan pada proses filtrasi (Ramadhanur *et al.*, 2015).

Membran adalah lapisan film tipis yang berguna sebagai pemisah partikel yang sangat kecil (Widayanti, 2013). Membran dapat melakukan hal tersebut karena mempunyai kemampuan memindahkan salah satu komponen lebih cepat daripada komponen lain berdasarkan perbedaan sifat fisik dan kimia dari membran serta komponen yang dipisahkan (Rahmayanti, 2016). Menurut Rini *et al.*, (2014) ukuran ketebalan membran yaitu 4 – 5 mm.



**Gambar 2.2** Skema Pemisahan Membran

Sumber: (Rahmayanti, 2016)

Keunggulan pada teknologi membran menurut Rahmayanti, (2016) antara lain,

- Pemisahan pada membran dapat dilakukan secara kontinu
- Konsumsi energi umumnya relatif rendah
- Mudah dalam meningkatkan ukuran skala
- Tidak memerlukan bahan tambahan
- Material membran bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya

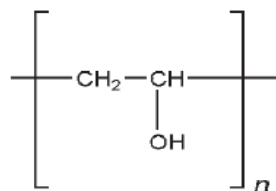
Membran memiliki sifat semipermeabel karena dapat menahan spesi yang lebih besar dari ukuran pori membran (Apriyani, 2017). Membran terbagi menjadi beberapa jenis, tergantung dengan ukurannya. Oleh karena itu, membran dapat digunakan pada proses filtrasi (Ramadhanur *et al.*, 2015).

### 2.2.6 Pemplastis

Pemplastis merupakan bahan *additif* yang digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas dari suatu bahan lain. Pemplastis terbuat dari zat non-volatil dengan berat molekul rendah yang. Pemplastis ditambahkan ke polimer untuk meningkatkan fleksibilitas dan kemampuan pemrosesan polimer itu sendiri (Surya dan Philbert, 2021).

Salah satu jenis pemlastis yaitu polivinil alkohol (PVA) dan polietilen glikol (PEG). Polivinil Alkohol (PVA) merupakan resin yang dibuat dari penggabungan molekul -molekul (polimerisasi) yang diperoleh dari hidrolisis dari polimer vinil ester dengan menggunakan material awal polivinil asetat. Polivinil alkohol berwarna putih, berbentuk seperti serbuk, rasa hambar tembus cahaya, tidak berbau, dan larut dalam air. PVA merupakan salah satu polimer yang mempunyai sifat hidrofolik (larut dalam air) dan dapat digunakan sebagai perekat. Polivinil alkohol memiliki sifat tidak berwarna, padatan termoplastik yang tidak larut Sebagian besar pelarut organik dan minyak, namun larut dalam air apabila jumlah gugus hidroksil dari polimer tersebut cukup tinggi (Rizkina *et al.*, 2023).

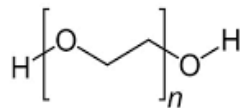
Polivinil Alkohol (PVA) merupakan salah satu polimer yang larut dalam air dan memiliki kemampuan membentuk serat yang baik, *biokompatibel*, *biodegradable* dan memiliki ketahanan kimia. Sifat mekanik dari polivinil alkohol merupakan sifat yang menarik terutama dalam preparasi hidrogen. Polivinil Alkohol memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hidroksil yang tidak beraturan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Polivinil alkohol (PVA) komersial mengandung pengotor berupa gugus keton yang terisolasi yang mungkin membentuk ikatan asetal dengan gugus hidroksil dari rantai lain sehingga molekul cabangnya membentuk *crosslink*. Polivinil alkohol memiliki film yang sangat baik membentuk pengemulsi dan sifat perekat, tahan terhadap minyak, lemak dan pelarut, tidak berbau dan tidak beracun, miliki kekuatan tarik yang tinggi dan fleksibilitas, serta oksigen yang tinggi dan sifat aromanya penghalang (Nasrullah, 2015).



**Gambar 2.3** Struktur Kimia Polivinil Alkohol

(Irawan *et.all.*, 2022)

Polietilen Glikol (PEG) adalah polimer yang tersusun dari pengulangan sub-unit dari monomer (struktur yang sama). Polietilen glikol menunjukkan oksida polimer etilen atau oligomer. Struktur kimia dari Polietilen Glikol (PEG) adalah  $\text{HO}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O})_n-\text{H}$ . Polietilen glikol dapat larut dalam air, benzene, methanol, diklorometana serta tidak larut dalam dietil eter dan heksana. Polietilen glikol (PEG) disebut juga *macrogol* merupakan polimer sintetik dari oksietilen. Berat molekul polietilen glikol pada umumnya antara 200 – 300.000. Polietilen glikol dengan bobot molekul 200 – 600 berbentuk cair, PEG 1500 semi padat, PEG 3000-20000 atau lebih berubah padatan semi kristalin, dan PEG dengan bobot molekul 100000 berbentuk seperti resin pada suhu kamar. Polietilen glikol merupakan polimer asiklik yang mengandung gugus alkohol (OH) pada kedua ujungnya (Wahyuni *et al.*, 2017).



**Gambar 2.4** Struktur Senyawa Polietilen Glikol

(Sumber: Wahyuni, 2017)

### 2.2.7 Sintering

Sintering merupakan suatu proses perpindahan material dalam partikel yang bersentuhan akibat aktivasi termal sehingga menyebabkan menurunnya permukaan spesifik partikel karena tumbuhnya kontak antara partikel atau dengan kata lain sintering adalah suatu proses pelekatan partikel satu dengan partikel lainnya akibat panas dan gaya tekan atau tanpa gaya tekan yang diberikan. Pemanasan dilakukan pada temperature beberapa derajat dibawah suhu lelehnya. Proses sintering dilakukan pada suhu 700-900 °C akan menjadikan produk mengalami pepadatan sempurna tanpa meleburkan suatu bahan yang digunakan. Temperatur ini dikenal dengan nama temperatur sinter (*sintering temperature*) (Sulistyo, 2019)

### 2.2.8 Air Limbah Industri

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 air limbah adalah air sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan. Air limbah mengandung partikel organik dan anorganik, di dalam air terdapat alga, bakteri, protozoa, dan organisme lainya yang melayang-layang di dalam air. Senyawa anorganik berupa tanah liat, dan mineral oksida, logam, di dalam air juga ada partikel senyawa organik yang larut, atau senyawa organik yang tidak larut. Semua senyawa itu disebut senyawa organik alam. Senyawa ini sangat penting karena sebagai senyawa yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup atau organisme yang terdapat di dalam air. Kedua senyawa tersebut dapat diklasifikasikan menjadi *suspended* dan koloid. *Suspended* memiliki ukuran 0,1  $\mu\text{m}$  - 100  $\mu\text{m}$  sedangkan partikel koloid memiliki ukuran dari 100  $\mu\text{m}$  - 1000  $\mu\text{m}$  (Yamashiro *et al.*, 2023).

Partikel koloid memiliki ukuran sangat kecil sehingga sangat sulit diendapkan maupun difiltrasi dengan pasir. Sedangkan partikel yang dilakukan proses koagulasi memiliki ukuran yang lebih kecil dari ukuran partikel koloid sehingga disebut dengan flok. Partikel koloid ini banyak terdapat pada air limbah industri. Salah satu jenis air limbah industri yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah industri pengolahan minyak bumi dan air limbah domestik pada industri pengolahan minyak bumi. Baku mutu air limbah industri pengolahan minyak bumi dapat dilihat pada tabel 2.2 dan baku mutu air limbah domestik pada industri pengolahan minyak bumi dapat dilihat pada tabel 2.3 tentang baku mutu air limbah industri pengolahan minyak bumi.

**Tabel 2.2** Baku Mutu Air Limbah Industri Pengolahan Minyak Bumi.

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	TSS	150 mg/L
2.	BOD <sub>5</sub>	50 mg/L
3.	COD	100 mg/L
4.	Sulfida	0,5 mg/L
5.	Ammonia (NH <sub>3</sub> -N)	8 mg/L

No.	Parameter	Kadar Maksimum
6.	Fenol	0,8 mg/L
7.	Minyak dan Lemak	15 mg/L
8.	Residu klorin	2 mg/L
9.	mBAS	10 mg/L
10.	Kadmium	0,1 mg/L
11.	Krom Heksavalen (Cr <sup>6+</sup> )	0,5 mg/L
12.	Krom Total (Cr)	1 mg/L
13.	Tembaga (Cu)	2 mg/L
14.	Timbal (Pb)	1 mg/L
15.	Nikel (Ni)	0,5 mg/L
16.	Seng (Zn)	10 mg/L
17.	pH	6,0 - 9,0
18.	Temperature	45 °C
19.	Debit Maksimum	0,8 L/detik/Ha Lahan Kawasan Terpakai

(Sumber: Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012)

Selain baku mutu pada air limbah industri pengolahan minyak bumi juga terdapat baku mutu lain yaitu baku mutu air limbah domestik pada industri pengolahan minyak bumi yang dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2.3** Baku Mutu Air Limbah Domestik pada Industri Pengolahan Minyak Bumi

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	Temperature	- °C
2.	Total Suspended Solid, TSS	30 mg/L
3.	pH	6-9
4.	BOD <sub>5</sub>	30 mg/L
5.	COD	100 mg/L
6.	Ammonia NH <sub>3</sub> -N	10 mg/L

No.	Parameter	Kadar Maksimum
7.	Minyak dan Lemak	5 mg/L
8.	Koliform Total	3000 MPN / 100 mL
9.	Debit	- m <sup>3</sup> /Hari

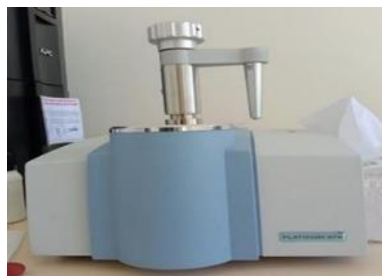
(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.68 Tahun 2016)

## 2.2.9 Karakterisasi Biokoagulan dan Biomembran

Karakteristik biokoagulan dan biomembran yang dianalisis pada penelitian ini terdiri atas gugus fungsi, dan struktur permukaan. Karakteristik gugus fungsi dan struktur permukaan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

### 2.2.9.1 Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi di uji menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dimana adalah suatu metode analisis berdasarkan pada prinsip interaksi suatu senyawa dengan radiasi elektromagnetik yang menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan kimia poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia. Tujuan dilakukan pengujian menggunakan Instrument FTIR adalah untuk mengetahui gugus fungsional pada sampel yang dianalisis. Instrument FTIR dengan spesifikasi Bruker Alpha II Platinum-ATR dapat digunakan untuk menganalisis karakterisasi gugus fungsi suatu sampel. Berikut ini gambar 2.4 menunjukkan alat FTIR yang digunakan pada penelitian pembuatan biokoagulan dan biomembran.



**Gambar 2.5** Instrumentasi FTIR Spesifikasi Bruker Alpha II Platinum-ATR

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Biokoagulan memiliki beberapa gugus fungsi yang berupa gugus OH-hidroksil pada rentang 3.000 – 3.750  $\text{cm}^{-1}$  (Masindi & Herdyastuti, 2017), gugus NH- amina pada rentang 3.000 – 3.700  $\text{cm}^{-1}$  (Alawiyah & Hadi, 2016), gugus C=O amino pada rentang 1.400-1.600  $\text{cm}^{-1}$  (Melani *et al.*, 2023), gugus C-H alkana pada rentang 1.300-1.500  $\text{cm}^{-1}$  (Hariyanto *et al.*, 2023), gugus C-O asam karboksilat pada rentang 900-1.100  $\text{cm}^{-1}$  (Masindi & Herdyastuti, 2017), gugus P-O fosfat pada rentang 950-1.100  $\text{cm}^{-1}$  (Ningsih & Kurniawan, 2023), gugus C-H alkena pada rentang 700-925  $\text{cm}^{-1}$  (Masindi & Herdyastuti, 2017), dan gugus Ca-O kalsium oksida pada rentang 400-600  $\text{cm}^{-1}$  (Resaldi *et al.*, 2020).

**Tabel 2.4** Gugus Fungsi yang Terdapat pada Biokoagulan.

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Sumber
O-H Hidroksil	3.000-3.750	Masindi & Herdyastuti, (2017)
N-H Amina	3.000-3.700	Alawiyah & Hadi, (2016)
C=O Amino	1.400-1.600	Melani <i>et al.</i> , (2023)
C-H Alkana	1.300-1.500	Hariyanto <i>et al.</i> , (2023)
C-O Asam Karboksilat	900-1.100	Masindi & Herdyastuti, (2017)
P-O Fosfat	950-1.100	Ningsih & Kurniawan, (2023)
C-H Alkena	700-925	Masindi & Herdyastuti, (2017)
Ca-O Kalsium Oksida	400-600	Resaldi <i>et al.</i> , (2020)

Biomembran memiliki beberapa gugus fungsi yang berupa gugus C=O amino pada rentang 1400-1600 (Melani *et al.*, 2023), gugus C-H alkana pada rentang 1300-1500 (Hariyanto *et al.*, 2023), gugus C-O asam karboksilat pada rentang 900-1100 (Masindi & Herdyastuti, 2017), gugus C-H alkena pada rentang 700-925 (Masindi & Herdyastuti, 2017), dan gugus Ca-O kalsium oksida pada rentang 400-600 (Resaldi *et al.*, 2020).

**Tabel 2.5** Gugus Fungsi yang Terdapat pada Biomembran.

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Sumber
C=O Amino	1.400-1.600	Melani <i>et al.</i> , (2023)

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Sumber
C-H Alkana	1.300-1.500	Hariyanto <i>et al.</i> , (2023)
C-O Asam Karboksilat	900-1.100	Masindi & Herdyastuti, (2017)
C-H Alkena	700-925	Masindi & Herdyastuti, (2017)
Ca-O Kalsium Oksida	400-600	Resaldi <i>et al.</i> , (2020)

### 2.2.9.2 Struktur Permukaan

Struktur permukaan suatu membran dianalisis berfungsi untuk mengetahui jenis dari membran tersebut. Menurut Hikmawan *et, al.*, (2020), membran dapat dibagi menjadi dua jenis berdasarkan struktur permukaannya yaitu berdasarkan tipe pori dan berdasarkan jenis membran. Membran berdasarkan jenis pori dibagi menjadi tiga yaitu makropori, mesopori dan mikropori. Membran makropori memiliki ukuran pori > 50 nm. Membran mesopori memiliki ukuran pori 2 – 50 nm. Membran mikropore memiliki ukuran pori 0,2 – 2 nm (Hikmawan *et, al.*, 2020).

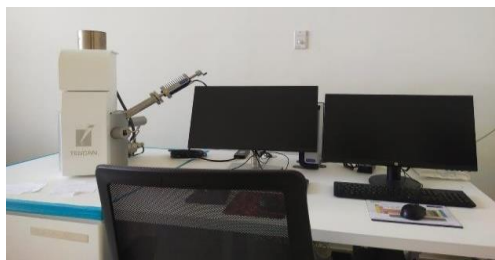
Membran berdasarkan jenis filtrasinya dibagi menjadi tiga yaitu mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan reverse osmosis. Membran mikrofiltrasi memiliki ukuran pori antara 50 – 500 nm. Membran ultrafiltrasi memiliki ukuran pori 2 – 50 nm. Membran nanofiltrasi memiliki ukuran pori <2 nm. Membran reverse osmosis memiliki ukuran pori 0,3 – 0,6 nm (Hikmawan *et, al.*, 2020). Ringkasan dari masing-masing jenis membran dapat dilihat pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Tipe Pori dan Tipe Membran

Tipe Pori (range ukuran, nm)	Tipe Membran (ukuran pori, nm)
Makropori (>50)	Mikrofiltrasi (50 – 500)
Mesopori (2-50)	Ultrafiltrasi (2 – 50)
Mikropori (0,2 – 2)	Nanofiltrasi (<2)
-	Reverse osmosis (0,3 – 0,6)

(Sumber: Hikmawan *et, al.*, 2020)

Alat untuk melihat struktur permukaan suatu bahan yaitu *Scanning Electron Microscopy* (SEM). SEM adalah salah satu mikroskop elektron yang digunakan untuk menyelidiki permukaan dari sebuah objek solid secara langsung dan memiliki pembesaran dari 10 hingga 3.000.000 kali. Morfologi biokoagulan dan biomembran dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) (Nurhamzah *et al.*, 2024). Gambar 2.5 menunjukkan Instrumentasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan spesifikasi *Tescan Vega* yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 2.6** Instrumentasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024).

### **2.2.10 Parameter Analisis Pengaplikasian Biokoagulan dan Biomembran**

Analisis yang dilakukan di dalam pengaplikasian biokoagulan dan biomembran di dalam air limbah yang mengandung minyak pelumas terdiri dari analisis minyak dan lemak, derajat keasaman (pH), residu klorin, analisis amoniak dan analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD). Rincian dari analisis yang dilakukan di dalam penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### **2.2.10.1 Minyak Dan Lemak**

Minyak dan lemak merupakan salah satu sumber pencemar yang belum tertangani dengan baik. Apabila minyak dan lemak tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air, maka akan menimbulkan permasalahan seperti minyak mengapung dan menutupi permukaan air serta mengurangi difusi oksigen dan mengganggu mikroorganisme dalam air. Lapisan minyak dan lemak mengurangi aktivitas pengolahan secara biologis. Hal ini menyebabkan penurunan kadar oksigen sulit menjadi oksidatif bagi mikroba dan

menyebabkan kerusakan ekologi pada badan air. Kandungan minyak dan lemak juga berpengaruh pada pencemaran air tanah, bila kita hidup pada kondisi lingkungan yang telah tercemar dan mengkonsumsi segala sesuatu darinya bisa membahayakan kesehatan tubuh dan berbagai penyakit seperti diare dan disentri dapat timbul di masyarakat (Aniska *et al.*, 2022).

### **2.2.10.2 Derajat Keasaman (pH)**

Derajat keasaman dikenal dengan Lambang pH diambil dari bahasa Perancis “*pouvoir hydrogene*”, artinya tenaga hidrogen menuju eksponensial. pH adalah derajat keasaman yang dapat digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan pada suatu larutan. pH asam merupakan jumlah konsentrasi ion Hidrogen ( $H^+$ ) sedangkan pH basa merupakan jumlah konsentrasi ion hidroksil ( $OH^-$ ). Ion hidrogen ( $H^+$ ) yang tinggi di dalam air akan menyebabkan air bersifat asam dan ion hidroksida ( $OH^-$ ) yang terkandung di dalam air akan menyebabkan air bersifat basa. pH merupakan jumlah konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ) pada larutan yang menyatakan tingkat keasaman dan kebasaaan yang dimiliki. pH merupakan besaran fisis dan diukur pada skala 0 sampai 14 (Basuki, 2021). Bila  $pH < 6,5$  larutan bersifat asam,  $pH > 7,5$  larutan bersifat basa dan  $pH 6,5 - 7,5$  maka larutan bersifat netral.

### **2.2.10.3 Residu Klorin**

Residu klorin merupakan metode yang dilakukan untuk menentukan jumlah kadar klorida ( $Cl^-$ ) dalam air limbah dengan cara di titrasi pada kisaran kadar 1,5 mg/L sampai dengan 100 mg/L. Kehadiran klor bebas berkemampuan mencegah pertumbuhan mikroba di dalam air. Oleh karena itu perlu untuk diketahui pengaruh residual klorin terhadap kualitas mikrobiologi, untuk menjamin air bersih bebas dari mikroba. Aktivitas klorin dalam membunuh mikroorganisme ialah melalui penghambatan aktifitas pernafasan, yang dapat mengakibatkan kematian sel mikroorganisme. Pada konsentrasi tinggi yaitu 1 mg/L diketahui klorin dapat menurunkan 5 log (siklus) bakteri E. coli dalam waktu 30 detik.

Penggunaan klorin yang berlebihan juga dapat berbahaya bagi makhluk hidup lainnya terutama dapat merusak jaringan tubuh manusia (Habibi *et al.*, 2019).

#### **2.2.10.4 Ammonia**

Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) merupakan senyawa nitrogen yg menjadi  $\text{NH}_4^+$  di pH rendah yang dianggap dengan ammonium. Amoniak dapat beracun bagi kehidupan akuatik pada konsentrasi tinggi dan menunjukkan tingkat pencemaran nitrogen pada badan air. Amoniak pada air permukaan berasal dari air seni, tinja dan penguraian zat organik secara mikrobiologis yang dari berasal air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik. Adanya amoniak tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber-sumbernya amoniak, tumbuhan air yang menyerap amoniak menjadi nutrien, konsentrasi oksigen, dan temperatur (Agustiani & Mirwan, 2024).

Kadar amoniak yang tinggi di pada air limbah menunjukkan adanya pencemaran. Amoniak dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tadi tergantung berasal pH serta temperatur yg mempengaruhi air. Nitrogen amonia berada dalam air sebagai amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) berdasarkan reaksi kadar amoniak bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Mikroorganisme air yang terpengaruh oleh amoniak di konsentrasi 1 mg/l serta dapat mengakibatkan kematian. Kandungan organik serta unsur hara lain pada konsentrasi tinggi terutama nitrogen dalam bentuk ammonia ( $\text{NH}_3$ ) di dalam air akan mempercepat pertumbuhan tumbuhan air, kondisi demikian lambat laun akan menyebabkan kematian biota dalam air (Palaefolius *et al.*, 2024).

#### **2.2.10.5 Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical oxygen demand* (COD) atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) merupakan jumlah oksigen ( $\text{MgO}_2$ ) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat organik yang secara alamiah yang dapat dioksidasi

melalui proses biologis dan berdampak negatif sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Pungut *et al.*, 2021).

Nilai konsentrasi COD pada umumnya lebih besar dari BOD. Air limbah dengan nilai COD yang tinggi menunjukkan adanya banyak bahan organik yang dapat mencemari lingkungan perairan. COD menjadi indikator jumlah bahan organik yang terdapat dalam air limbah, yang dapat diukur sehingga diketahui kadar penurunan oksigen terlarut dalam badan air (Agustiani & Mirwan, 2024).

### **2.3 Hipotesis**

Hipotesis penelitian efektifitas biokoagulan dan biomembran dari karapas kepiting cangkang lunak dalam menurunkan kadar polutan pada air limbah berupa:

1. Biokoagulan karapas kepiting cangkang lunak yang optimal memiliki karakteristik kadar air < 5% gugus fungsi -C-H, Si-O-Si, dan Ca-O, struktur permukaan tidak berpori dan unsur biokoagulan C, Ca, Si.
2. Biomembran karapas kepiting cangkang lunak yang optimal memiliki karakteristik kadar air < 5% gugus fungsi -C-H, Si-O-Si, dan Ca-O, struktur permukaan ultrafilter dan unsur biomembran C, Ca, Si.
3. Penurunan polutan air limbah yang diberikan biokoagulan karapas kepiting cangkang lunak terhadap penurunan kadar minyak dan lemak < 25 mg/L, derajat keasaman (pH) 6,0 – 9,0, residu klorin 2 mg/L, ammonia 8 mg/L, dan *chemical oxygent demand* (COD) <100 mg/L.
4. Penurunan polutan air limbah menggunakan biomembran cangkang kepiting lunak memiliki kadar minyak dan lemak <25 mg/L, derajat keasaman (pH) 6,0 – 9,0, residu klorin 2 mg/L, ammonia 8 mg/L, dan *chemical oxygent demand* (COD) <100 mg/L.