

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kegiatan industri merupakan salah satu penyumbang utama dalam menghasilkan air limbah. Air limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri menjadi sumber pencemaran lingkungan utama di berbagai negara, termasuk Indonesia. Sebagian besar air limbah industri mengandung polutan berbahaya, seperti logam berat, senyawa organik beracun, dan berbagai zat kimia lainnya. Jika tidak ditangani dengan baik, air limbah tersebut dapat mencemari udara, tanah, dan air, yang pada akhirnya berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem (Pratiwi et al., 2023).

Pencemaran yang disebabkan oleh air limbah industri menjadi persoalan lingkungan yang sangat penting dan membutuhkan perhatian serius. Kandungan bahan pencemar dalam air limbah industri dapat merusak kualitas sumber air bersih, merusak ekosistem, dan mengganggu rantai makanan. Dampaknya juga sangat dirasakan oleh masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan industri. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan agar dampak negatif tersebut dapat diminimalisasi (Azimi et al., 2017). Sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kawasan Industri, terdapat parameter kualitas air limbah yang harus dipenuhi, antara lain pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS), dan kadar logam berat.

Pengelolaan limbah yang berkelanjutan menjadi salah satu fokus utama dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan masyarakat. Saat ini, berbagai teknologi ramah lingkungan telah dikembangkan sebagai solusi alternatif dalam mengatasi limbah industri yang berdampak buruk. Salah satu pendekatan yang mulai banyak diterapkan adalah pemanfaatan biomaterial atau bahan organik alami, seperti cangkang hewan laut dan bagian dari tumbuhan, untuk meningkatkan kualitas air limbah. Pendekatan ini dianggap lebih ramah lingkungan karena mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintesis yang sering menimbulkan dampak baru. Beberapa biomaterial yang sudah mulai digunakan dalam pengolahan air limbah antara lain cangkang kepiting dan biji asam jawa (Lustenberger & Castro-Muñoz, 2022). Biokoagulan merupakan biokoagulan alternatif berbahan alami yang efektif digunakan dalam proses koagulasi limbah (Afrianisa & Ningsih, 2021). Bahan alami seperti cangkang kepiting dan biji asam jawa memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai biokoagulan. Biokoagulan alami diperlukan karena lebih ramah lingkungan, aman bagi kesehatan, mudah terurai, dan berasal dari sumber daya lokal yang melimpah, sehingga



kelanjutan dibanding biokoagulan sintesis (Tanjung, 2016).

Cangkang kepiting dan biji asam jawa memiliki potensi besar sebagai pengelolaan kualitas air limbah industri. Cangkang kepiting banyak 50–70%, yang dapat diolah menjadi kitosan yaitu sebuah senyawa organik alami yang memiliki kemampuan adsorpsi yang sangat baik terhadap logam berat. Kitosan merupakan turunan dari kitin, yang merupakan polisakarida yang terdapat pada cangkang kepiting. Selain itu, cangkang kepiting juga

mengandung 30–40% protein dan 30–50% mineral (CaCO_3), yang dapat mendukung proses koagulasi dan pengolahan air limbah (Melani et al., 2023; Nurhayati & Anjaswati, 2022). Penelitian oleh Aulia et al. (2016) menunjukkan bahwa kitosan dari cangkang kepiting efektif dalam menurunkan parameter pencemar pada limbah industri tahu, yakni menurunkan COD hingga 73,09% dan TSS hingga 90,85%.

Sementara itu, biji asam jawa (*Tamarindus indica* L.) juga dapat dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah karena mengandung pati yang berfungsi sebagai flokulan alami. Sifat flokulan dari biji asam jawa dapat membantu memisahkan padatan terlarut dalam air limbah dengan memudahkan partikel-partikel untuk mengendap setelah melalui proses flokulasi (Yusuf et al., 2022). Selain itu, protein terlarut dalam biji asam jawa memiliki gugus NH_3^+ yang mampu mengikat partikel bermuatan negatif, menyebabkan destabilisasi dan membentuk agregat partikel yang kemudian dapat mengendap (Rahmatia, 2020). Penggunaan limbah organik seperti ini tidak hanya membantu mengurangi pencemaran air limbah industri, tetapi juga memberikan manfaat ekonomis dengan memanfaatkan sumber daya alam yang melimpah dan ramah lingkungan. Dalam penelitian Wati (2014), biji asam jawa mampu menurunkan kadar TSS dalam limbah cair tahu dengan efektivitas mencapai 96,51%.

Kawasan Industri Makassar (KIMA) merupakan kawasan industri pertama di wilayah Indonesia Timur dan menjadi pusat industri yang menghasilkan berbagai jenis limbah cair dari beragam sektor, seperti makanan, kimia, tekstil, pulp, dan kertas. Limbah cair yang dihasilkan seringkali mengandung senyawa organik dan anorganik yang kompleks, baik dalam bentuk terlarut maupun tidak terlarut, yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Selain itu, aktivitas industri berbasis bahan organik dan kimiawi juga menghasilkan limbah berbahaya dan beracun (B3) yang membutuhkan penanganan khusus (Dewi et al., 2020). Limbah organik, terutama dari industri pengolahan udang, menimbulkan bau tidak sedap yang mengganggu kenyamanan masyarakat sekitar, dan sistem drainase di kawasan ini juga seringkali bermasalah. Lumpur hasil sedimentasi dari pengolahan limbah cair memerlukan tempat pembuangan khusus untuk mencegah kontaminasi lebih lanjut (Idrus & Hakim, 2018).

Berdasarkan penelitian Suseno (2016), diketahui bahwa air sumur di sekitar kawasan KIMA, khususnya di wilayah yang berbatasan langsung dengan tempat pembuangan limbah, mengalami pencemaran yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh pencampuran antara limbah industri dengan aliran sungai setempat, sehingga kualitas air di area tersebut menjadi lebih buruk dibandingkan wilayah lainnya.

Berdasarkan dari kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pemanfaatan limbah cangkang kepiting dan biji asam jawa sebagai bahan alami dalam meningkatkan kualitas air limbah di Kawasan Industri Makassar agar lebih aman bagi lingkungan dan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Pendekatan



jalan dibandingkan metode konvensional atau penggunaan karena bersifat lebih ramah lingkungan, tidak menghasilkan residu memanfaatkan limbah organik yang tersedia melimpah dan belum optimal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi lap pengelolaan limbah industri yang lebih berkelanjutan, sekaligus nalisasi pemanfaatan limbah cangkang kepiting dan biji asam jawa.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis kombinasi bahan limbah cangkang kepiting dan biji asam jawa sebagai biokoagulan dalam meningkatkan kualitas air limbah industri.

1.3 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah diharapkan dapat dilakukan pemanfaatan limbah cangkang kepiting dan biji asam jawa sebagai bahan alternatif dalam mengurangi pencemaran akibat air limbah industri. Selain itu, dapat dilakukan penurunan risiko kesehatan akibat pencemaran air dan diperoleh lingkungan yang lebih bersih.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai April 2025. Pembuatan biokoagulan dilakukan di Laboratorium Zoologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar. Serta pemeriksaan parameter air limbah dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Dan Pengembangan Sains Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven, spektrofotometer, pH meter, *magnetic stirrer*, blender, timbangan analitik, gelas ukur, batang pengaduk, corong, , gelas kimia, mortar dan pestle, *mesh* (ayakan), nampan dan sendok tanduk.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah industri KIMA, limbah cangkang kepiting *Scylla spp*, biji asam jawa *Tamarindus indica L.*, HCl, NaOH, asam asetat, akuades, aluminium *foil*, kertas saring,

2.3. Rancangan Penelitian

Tabel 2.3. Rancangan Perlakuan Penelitian

No.	Perlakuan	Dosis (mg)	Volume sampel (mL)	Parameter
1.	A1	Kitosan kepiting 250	500	COD, BOD, TSS, pH
2.	A2	Kitosan kepiting 500	500	COD, BOD, TSS, pH
3.	A3	Kitosan kepiting 1000	500	COD, BOD, TSS, pH
4.	A4	Biji asam jawa 250	500	COD, BOD, TSS, pH
5.	A5	Biji asam jawa 500	500	COD, BOD, TSS, pH
		Biji asam jawa 1000	500	COD, BOD, TSS, pH
		Kitosan kepiting 125 dan biji asam jawa 125	500	COD, BOD, TSS, pH



Lanjutan Tabel 2.3

No.	Perlakuan	Dosis (mg)	Volume sampel (mL)	Parameter
8.	A8	Kitosan kepiting 250 dan biji asam jawa 250	500	COD, BOD, TSS, pH
9.	A9	Kitosan kepiting 500 dan biji asam jawa 500	500	COD, BOD, TSS, pH
10.	A10	PAC dengan dosis 700	500	COD, BOD, TSS, pH

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Pembuatan Biokoagulan

1. Limbah Cangkang Kepiting

Limbah cangkang kepiting dibersihkan, kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven di suhu 80°C selama 120 menit lalu dihancurkan dengan ditumbuk dan diblender hingga halus. Kemudian dilakukan pengayakan. Tahap pembuatan kitosan dari cangkang kepiting dilakukan dengan 3 tahapan yaitu tahap pertama adalah deproteinasi, yaitu proses untuk menghilangkan kandungan protein yang masih tersisa dalam serbuk cangkang. Serbuk kering hasil demineralisasi dicampurkan dengan larutan NaOH 3,5% dalam perbandingan 2:1 (berat serbuk: NaOH). Campuran ini kemudian dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk selama 60 menit. Setelah itu, endapan disaring, dicuci kembali dengan aquades hingga pH residu netral, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 120 menit. Tahap kedua yaitu demineralisasi, yaitu proses menghilangkan kandungan mineral dalam serbuk cangkang kepiting. Serbuk cangkang kepiting dicampurkan dengan larutan HCl 1N dalam perbandingan 1:2 (berat serbuk cangkang: larutan HCl). Campuran ini kemudian dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Setelah proses berlangsung, endapan yang terbentuk disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH residu mencapai netral. Selanjutnya, endapan dikeringkan di dalam oven pada suhu 80°C selama 120 menit. Tahap terakhir adalah deasetilasi, yaitu proses untuk mengubah kitin menjadi kitosan dengan menghilangkan gugus asetil. Serbuk hasil tahapan sebelumnya dicampurkan dengan NaOH 60% dan dipanaskan pada suhu 70°C sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 60 menit. Setelah proses selesai, endapan yang terbentuk disaring, dicuci dengan menggunakan aquades hingga pH residu netral, lalu oven pada suhu 80°C selama 120 menit (Nurhayati & Anjaswati,



...a dipisahkan dari buahnya lalu dibersihkan dengan menggunakan ...
...kan dari cangkangnya. Biji yang bersih dijemur di bawah sinar ...
...an agar menghilangkan kadar air dari pencucian. Biji yang sudah

kering dipanaskan dalam oven dengan suhu 80° C selama 120 menit dengan tujuan untuk mempermudah dalam penghalusan dan mengurangi kadar air pada biji asam jawa. Biji yang sudah terpisah dari cangkangnya lalu diblender hingga menjadi serbuk. Serbuk biji asam jawa siap digunakan sebagai biokoagulan pada air limbah (Yusuf et al., 2022).

2.4.2 Pengambilan Sampel Air Limbah

Sampel air limbah cair industri diambil dari inlet WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) atau instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Kawasan Industri Makassar yang merupakan air limbah yang berasal dari kegiatan operasional pabrik industri seperti pabrik makanan, pabrik minuman, pabrik tekstil, maupun pabrik lainnya yang pada hasil proses produksinya menyisakan limbah cair. Lokasi pengambilan sampel limbah cair industri KIMA dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 4 Lokasi WWTP PT. KIMA

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel air limbah KIMA yaitu metode *grab sampling* dengan mengambil sampel secara langsung dalam suatu periode waktu tertentu tanpa ada penyeleksian khusus. Sampel air limbah yang telah diambil akan diuji parameter pH, TSS, COD dan BOD sebelum dan sesudah perlakuan *jartest*.

2.4.3 Prosedur Koagulasi-flokulasi

Prosedur koagulasi-flokulasi dilakukan untuk membandingkan beberapa dosis penambahan biokoagulan pada air limbah yang dapat memberikan hasil pengolahan yang berbeda. Prosedurnya diawali dengan mempersiapkan seperangkat alat yaitu 10 gelas kimia 500 mL dan *magnetic stirrer*. Sampel air limbah dengan pH, kekeruhan dan COD awalnya, dimasukkan kedalam, 10 gelas dengan volume 500 mL. Setiap gelas mewakili perlakuan yang berbeda. Ditambahkan biokoagulan dengan dosis yang telah ditentukan, yaitu koagulasi (K) dengan dosis 250 mg, 500 mg, dan 1000 mg; biokoagulan dengan dosis 250 mg, 500 mg, dan 1000 mg; kombinasi kitosan



kepingan dan biji asam jawa (KA) dengan dosis 125+125 mg, 250+250 mg, dan 500+500 mg; serta kontrol positif yaitu dengan menggunakan PAC (KP) dengan dosis 700 mg. Setelah penambahan biokoagulan, sampel diaduk cepat (rapid mixing) dengan kecepatan 150 rpm selama 2 menit untuk memastikan pencampuran merata. Selanjutnya, dilakukan pengadukan lambat (slow mixing) dengan kecepatan 60 rpm selama 15 menit untuk membantu pembentukan flok yang stabil. Setelah proses pengadukan, sampel dibiarkan selama 30 menit agar flok dapat mengendap dengan baik. Supernatan dari masing-masing perlakuan kemudian diambil untuk dianalisis berdasarkan parameter kualitas air, yaitu pH, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solids* (TSS). Hasil pengukuran dicatat dan dibandingkan untuk menilai efektivitas setiap dosis dan jenis biokoagulan dalam meningkatkan kualitas air limbah.

2.4.4 Analisis Sampel Air Limbah Sebelum dan Sesudah Proses Koagulasi Flokulasi

1. Pengujian TSS (*Total Suspended Solid*)

Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) pada sampel air dilakukan berdasarkan prosedur SNI 6989.3:2019 dilakukan dengan metode gravimetri. Sampel air limbah yang telah dihomogenkan disaring menggunakan media penyaring serat kaca mikro (porositas 0,7–1,5 µm) yang telah ditimbang sebelumnya. Residu yang tertahan pada media penyaring kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 103–105 °C hingga mencapai berat tetap. Setelah didinginkan dalam desikator, media penyaring ditimbang kembali. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan mencerminkan jumlah padatan tersuspensi. Nilai TSS dihitung dengan rumus:

$$\text{TSS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(W_1 - W_0) \times 100}{V}$$

Keterangan :

W_1 : berat media penyaring setelah pengeringan (mg)

W_0 : berat awal media penyaring (mg)

V : volume sampel (mL)

2. Pengujian COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pengukuran COD dilakukan dengan berdasarkan pada SNI 6989.2:2019 yang menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri. Metode ini mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam sampel air, tingkat pencemaran organik. Sampel air limbah dicampur dengan zat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator, asam sulfat pekat dengan perak merkuri sulfat (pengikat klorida). Campuran ini dimasukkan ke dalam bejana, ditutup rapat, lalu dipanaskan pada suhu 150 °C selama 2 jam. Setelah selesai, sampel diukur menggunakan spektrofotometer. Hasil pengukuran dibandingkan dengan kurva kalibrasi.



3. Pengujian *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Pengujian *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada air limbah dilakukan berdasarkan pada SNI 6989.72:2009 yang bertujuan untuk menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik untuk menguraikan bahan organik dalam air selama periode inkubasi lima hari pada suhu 20 ± 1 °C. Prosedurnya diawali dengan pengenceran sampel air limbah dengan air bebas mineral yang jenuh oksigen dan telah diperkaya dengan larutan nutrisi serta bibit mikroba. Campuran kemudian dimasukkan ke dalam botol khusus (botol BOD), diukur kadar oksigen terlarut awalnya (hari ke-0), lalu diinkubasi dalam kondisi gelap untuk mencegah fotosintesis yang dapat mempengaruhi hasil. Setelah lima hari, kadar oksigen terlarut diukur kembali. Nilai BOD dihitung berdasarkan selisih antara kadar oksigen terlarut awal dan akhir. Untuk validasi dan kontrol mutu, digunakan larutan standar glukosa-asam glutamat (GGA) sebagai kontrol positif, serta dilakukan pengujian blanko untuk memastikan tidak ada kontaminasi atau aktivitas mikroba yang tidak diinginkan.

4. Pengujian pH (Derajat Keasaman)

Pengujian derajat keasaman (pH) air limbah dilakukan berdasarkan pada SNI 6989.11:2019 yang dilakukan menggunakan pH meter untuk mengukur konsentrasi ion hidrogen secara potensiometri. Prosedur pengukuran diawali dengan melakukan kalibrasi pH meter dengan larutan buffer standar (pH 4, 7, dan 10).

2.4.5 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah proses pengumpulan data, menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai sebelum dan sesudah perlakuan. Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium untuk mengkaji efektivitas biokoagulan berbahan dasar cangkang kepiting dan biji asam jawa dalam menurunkan kadar COD, BOD, pH, dan TSS pada air limbah industri di Kawasan Industri Makassar. Untuk itu, digunakan persamaan berikut (Amisa, 2023):

$$\%P = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100$$

Keterangan :

%P : Efektivitas penurunan (%)

Co : Konsentrasi awal (mg/L)



akhir (mg/L)