



## **Pengaruh Variasi Dosis Biji Pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) sebagai Koagulan Alami Terhadap Penurunan Tingkat Kekeruhan Air Sungai**

**Nur Rafannisa Rusdayanti<sup>1</sup>, Syarifudin<sup>2</sup>, Abdul Khair<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Politeknik Kesehatan Kemenkes Banjarmasin, Program Studi Sanitasi Lingkungan, Program Sarjana Terapan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Banjarbaru

**Received : 10 Juni 2026, Revised : 23 Juni 2026, Published : 3 Juli 2026**

### **Corresponding Author**

**Nama Penulis:** Nur Rafannisa Rusdayanti

**E-mail:** [rafannisanur9@gmail.com](mailto:rafannisanur9@gmail.com)

### **Abstrak**

Kekeruhan merupakan salah satu parameter fisik dalam penilaian kualitas air bersih karena berkaitan dengan keberadaan partikel tersuspensi yang dapat mengganggu estetika air dan berpotensi membawa mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan air yang efektif dan ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan koagulan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi dosis serbuk biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) sebagai koagulan alami terhadap penurunan tingkat kekeruhan air Sungai serta menentukan dosis yang paling efektif. Penelitian ini menggunakan metode true experimental dengan desain posttest only with control group. Sampel air diambil dari sungai menggunakan metode grab sampling dan diberi perlakuan koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis 0 mg/L, 300 mg/L, 600 mg/L, dan 900 mg/L, masing-masing enam kali pengulangan dengan waktu kontak 60 menit. Analisis data dilakukan menggunakan uji One Way ANOVA dan uji lanjut LSD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dosis serbuk biji pepaya berpengaruh signifikan terhadap penurunan tingkat kekeruhan air sungai ( $p < 0,001$ ). Dosis 900 mg/L merupakan dosis paling efektif dengan nilai rata-rata kekeruhan akhir sebesar 51,67 NTU, namun hasil tersebut belum memenuhi baku mutu kekeruhan air bersih ( $< 3$  NTU). Serbuk biji pepaya berpotensi sebagai koagulan alami, namun penggunaannya perlu dikombinasikan dengan proses pengolahan lanjutan agar kualitas air memenuhi standar kesehatan.

**Kata kunci** - Serbuk biji pepaya, koagulan alami, kekeruhan, air sungai

### **Abstract**

Turbidity is an important physical parameter in assessing clean water quality, as it is related to the presence of suspended particles that can reduce water clarity and potentially carry pathogenic microorganisms. Therefore, effective and environmentally friendly water treatment methods are required, one of which is the use of natural coagulants. This study aimed to determine the effect of dosage variations of papaya seed powder (*Carica papaya* Linnaeus) as a natural coagulant on reducing the turbidity level of River water and to identify the most effective dosage. This research employed a true experimental method with a posttest-only control group design. Water samples were collected using a grab sampling method and treated through a coagulation-flocculation process with dosage variations of 0 mg/L, 300 mg/L, 600 mg/L, and 900 mg/L, each with six replications and a fixed contact time of 60 minutes. Data were analyzed using One Way ANOVA followed by the Least Significant Difference (LSD) test. The results showed that dosage variations of papaya seed powder had a significant effect on reducing river water turbidity ( $p < 0.001$ ). The 900 mg/L dosage was the most effective, resulting in an average final turbidity value of 51.67 NTU; however, this value did not meet the clean water turbidity standard ( $< 3$  NTU). Papaya seed powder has potential as a natural coagulant, but its application should be combined with further treatment processes to meet health standards.

**Keywords** - Papaya seed powder, natural coagulant, turbidity, river water

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



**How To Cite :** Rusdayanti, N. R., Syarifudin, S., & Khair, A. (2026). Pengaruh Variasi Dosis Biji Pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) sebagai Koagulan Alami Terhadap Penurunan Tingkat Kekeruhan Air Sungai. *Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa*, 3(2), 215–232. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v3i2.910>

**Copyright** ©2026 Nur Rafannisa Rusdayanti, Syarifudin Syarifudin, Abdul Khair

## PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air bersih terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk, namun ketersediaannya belum merata. Data BPS menunjukkan capaian akses air bersih layak di Indonesia baru sekitar 72,55%. Kesenjangan ini memaksa masyarakat di wilayah pedesaan, rawa, dan daerah aliran sungai—seperti di Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan—untuk tetap bergantung pada air sungai demi memenuhi kebutuhan domestik sehari-hari. Sungai Martapura merupakan sumber air utama bagi masyarakat Kabupaten Banjar, namun kualitasnya sangat fluktuatif dan rentan tercemar akibat curah hujan tinggi serta kondisi hidrografi lokal. Masalah utamanya adalah tingkat kekeruhan yang tinggi akibat partikel tersuspensi seperti lumpur, sisa vegetasi, dan limbah.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), capaian akses air bersih layak di Indonesia baru mencapai sekitar 72,55%, yang menunjukkan masih adanya kesenjangan antara kebutuhan masyarakat terhadap air bersih dan ketersediaan air yang memenuhi standar kualitas. Kondisi ini menjadi lebih kompleks di wilayah pedesaan dan daerah dengan karakteristik geografis tertentu, seperti daerah rawa dan daerah aliran sungai, di mana pemanfaatan air sungai masih menjadi pilihan utama masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan, merupakan wilayah dataran rendah yang dilewati oleh beberapa sungai besar, salah satunya Sungai Martapura. Sungai ini memiliki peranan penting sebagai sumber air bagi masyarakat sekitar, baik untuk kebutuhan domestik seperti mandi, mencuci, dan keperluan rumah tangga lainnya, maupun untuk aktivitas sosial dan ekonomi. Kondisi hidrografi wilayah Kabupaten Banjar sangat dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi serta keberadaan daerah rawa, sehingga kualitas air sungai sangat fluktuatif dan rentan terhadap pencemaran.

Salah satu permasalahan utama pada air Sungai Martapura adalah tingginya tingkat kekeruhan, yang mencerminkan adanya partikel tersuspensi dalam jumlah besar. Kekeruhan merupakan parameter fisik penting dalam penilaian kualitas air karena berkaitan langsung dengan keberadaan bahan organik dan anorganik, seperti lumpur, pasir halus, sisa vegetasi, limbah domestik, serta mikroorganisme. Tingkat kekeruhan yang tinggi tidak hanya menurunkan kualitas estetika air, tetapi juga berpotensi meningkatkan risiko kesehatan, karena partikel tersuspensi dapat melindungi mikroorganisme patogen dari proses desinfeksi serta menjadi media pembawa pencemar lainnya.

Berdasarkan Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, standar kekeruhan air untuk higiene sanitasi adalah maksimal <3 NTU. Hasil pengukuran awal menunjukkan air Sungai Martapura jauh melampaui ambang batas ini, sehingga berbahaya bagi kesehatan jika langsung digunakan tanpa pengolahan. Metode umum untuk menurunkan kekeruhan adalah proses koagulasi-flokulasi menggunakan bahan kimia seperti tawas (aluminium sulfat) atau PAC. Meskipun efektif, penggunaan koagulan kimia secara terus-menerus memicu dampak negatif, seperti meninggalkan residu aluminium pada air olahan yang berisiko bagi kesehatan. Menghasilkan volume lumpur limbah yang besar. Tidak ramah terhadap kelestarian lingkungan jangka panjang.

Sebagai alternatif, biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) yang selama ini hanya menjadi limbah organik, berpotensi besar sebagai koagulan alami berbasis sumber daya lokal. Biji pepaya mengandung senyawa aktif seperti protein, tanin, dan turunan kumarin berupa Scopoletin (CHO). Senyawa-senyawa ini mampu menetralkan muatan negatif pada partikel koloid di dalam air, sehingga partikel penyebab kekeruhan dapat menggumpal (membentuk flok) dan mengendap dengan mudah. Meskipun potensial, efektivitas koagulan alami sangat bergantung pada dosis dan kondisi proses

pengolahan. Saat ini, belum diketahui secara pasti berapa dosis optimal serbuk biji pepaya yang dibutuhkan khusus untuk karakteristik air Sungai Martapura, serta sejauh mana efektivitasnya jika digunakan sebagai metode tunggal tanpa kombinasi pengolahan lanjutan.

Permasalahan yang muncul dalam konteks ini adalah belum diketahuinya secara pasti dosis serbuk biji pepaya yang optimal untuk menurunkan tingkat kekeruhan air Sungai Martapura serta sejauh mana efektivitasnya apabila digunakan sebagai koagulan alami tanpa dikombinasikan dengan proses pengolahan lanjutan. Selain itu, penting untuk mengetahui apakah penggunaan serbuk biji pepaya mampu memberikan penurunan kekeruhan yang signifikan dan berpotensi diaplikasikan sebagai alternatif pengolahan air berbasis sumber daya lokal.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi dosis serbuk biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) sebagai koagulan alami dalam menurunkan tingkat kekeruhan air Sungai Martapura, guna memberikan gambaran ilmiah mengenai potensi, efektivitas, dan keterbatasannya dalam pengolahan air bersih

## TINJAUAN PUSTAKA

### Air Bersih

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan, yang dimaksud dengan air untuk higiene dan sanitasi adalah air bersih (Pemerintah Indonesia, 2014). Air untuk keperluan higiene dan sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 adalah air yang digunakan untuk keperluan higiene perorangan atau rumah tangga. Rumah tangga yang mengakses secara mandiri atau yang memiliki sumber air sendiri untuk keperluan sehari-hari harus memperhatikan standar baku mutu kesehatan lingkungan (Sains Dan, 2023).

### Persyaratan Air Bersih

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene dan sanitasi yaitu terdiri dari: Air dalam keadaan terlindung : Bebas dari kemungkinan kontaminasi mikrobiologi, fisik, kimia (bahan berbahaya dan beracun, atau limbah B3). Sumber sarana dan transportasi air terlindungi (akses layak) sampai dengan titik rumah tangga. Jika air bersumber dari air perpipaan, tidak boleh ada koneksi silang dengan pipa air limbah dibawah permukaan tanah. Sedangkan jika air bersumber dari non perpipaan, sarana terlindung dari sumber kontaminasi limbah domestik maupun industri. Lokasi saran air minum berada di dalam rumah atau halaman rumah. Air tersedia setiap saat. Pengolahan, pewadahan, dan penyajian harus memenuhi prinsip higiene dan sanitasi jika menggunakan wadah penampung air yang dibersihkan secara berkala dan melakukan pengolahan air secara kimia dengan menggunakan jenis dan dosis bahan kimia yang tepat. Jika menggunakan kontainer sebagai penampung air harus dibersihkan secara berkala minimum 1 kali dalam seminggu.

### Pengolahan Air Koagulasi dan Flokulasi

Melalui pengolahan air harapannya air yang akan digunakan sebagai pemenuhan kebutuhan dasar makhluk yang sebelumnya dalam keadaan tidak layak dapat menjadi air yang layak untuk digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Pengolahan air meliputi agar dapat menurunkan kekeruhan, mengurangi rasa, bau, maupun warna, menurunkan dan mematikan mikroorganisme, mengurangi kadar atau bahan-bahan berbahaya yang terlarut dalam air, menurunkan kesadahan dan memperbaiki derajat keasaman (pH).

Menurut (Miarti et al., 2022). pada dasarnya pengolahan air yang bertujuan menjernihkan air dapat dilakukan melalui 3 metode yaitu fisika, kimia, dan biologi.

### **Pengolahan air dengan metode fisika :**

1. Filtrasi

Filtrasi merupakan pengolahan air dengan cara penyaringan antara padatan atau koloid dengan cairan.

2. Sedimentasi

Sedimentasi merupakan proses pengendapan partikel padat yang tersuspensi dalam cairan atau suatu zat cair dengan menggunakan pengaruh gravitasi atau gaya berat alami.

3. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan bahan – bahan tertentu dengan penyerapan tersebut, air akan menjadi jernih karena zat yang didalamnya diikat oleh absorben.

### **Pengolahan air dengan metode kimia:**

1. Koagulasi

Koagulasi adalah proses mengubah partikel koloid menjadi flok dengan ukuran yang lebih besar dan menyerap bahan organik yang terlarut dalam flok hingga pengotor dalam sampel dipisahkan dengan proses padat dan cair (Syamsuddin, 2024). Pada prinsipnya koagulasi merupakan proses terjadinya gaya tarik menarik antara ion negatif dengan ion positif. Ion negatif biasanya terdiri dari zat-zat organik (partikel koloid), mikroorganisme maupun bakteri (Akbar, 2022).

Koagulan memiliki peran penting dalam menghilangkan polutan air limbah dalam proses pengolahan air limbah dengan metode koagulasi, yaitu padatan tersuspensi total (TSS), padatan terlarut total (TDS) dan pengurangan kekeruhan. Koagulan kimia yang biasa digunakan dalam proses pengolahan air limbah antara lain aluminium sulfat, polialuminium klorida (PAC), besi sulfat ( $\text{FeSO}_4$ ) dan besi klorida ( $\text{FeCl}_3$ ). Kekeruhan yang tinggi mengandung banyak partikel yang tersuspensi didalamnya sehingga hal ini tentu membutuhkan lebih banyak koagulan untuk membantu dan memaksimalkan proses pengikatan flok-flok yang ada pada air tersebut (Shakira, 2023).

2. Flokulasi

Metode flokulasi juga digunakan untuk memperbesar ukuran flok - flok dari hasil koagulasi dengan cara pengadukan lambat (Musfira, 2022). Parameter keberhasilan dari proses flokulasi yaitu dilihat dari sifat permukaan sel, konsentrasi sel, pH lingkungan, kekuatan ionik, jenis serta dosis flokulan atau koagulan, serta proses pengadukan untuk meningkatkan intensitas tumbukan partikelnya (Reza, 2021). Flokulasi merupakan proses lanjutan dari koagulasi, sehingga koagulasi dan flokulasi merupakan proses dalam satu ke satuan. Mikroflokk yang sebelumnya terbentuk pada saat proses koagulasi akan dilanjutkan dengan pembentukan flok - flok yang lebih besar pada proses flokulasi yaitu dengan pengadukan lambat.

3. Aerasi

Aerasi merupakan suatu system oksigenasi melalui penangkapan  $\text{O}_2$  dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar  $\text{O}_2$  di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan.

### **Pengolahan air dengan metode biologi**

Pengolahan biologis adalah penguraian bahan organik yang terkandung dalam air limbah oleh jasad renik/bakteri sehingga menjadi bahan kimia sederhana berupa unsur-unsur dan mineral siap dan aman dibuang ke lingkungan. Tujuan pengolahan air limbah secara biologi adalah untuk menghilangkan dan menstabilkan zat-zat pencemar organik terlarut yang dilaksanakan oleh jasad renik.

### **Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi**

Dalam pengolahan air, untuk mencapai proses koagulasi yang optimal diperlukan pengaturan dan penyesuaian semua kondisi yang saling berkaitan dan mempengaruhi proses tersebut. Menurut (Yasrah, 2022). kondisi yang mempengaruhi antara lain:

- a) Derajat Keasaman (pH), pada proses koagulasi akan berjalan dengan baik apabila berada pada daerah pH yang optimum. Setiap jenis koagulan memiliki pH optimum yang berbeda-beda.
- b) Suhu air berpengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi. Apabila suhu berada pada suhu yang rendah maka besarnya daerah pH yang optimum pada proses koagulasi akan berubah sehingga pembubuhan dosis koagulan juga akan ikut berubah.
- c) Konsentrasi koagulan sangat berpengaruh terhadap tumbukan partikel, sehingga penambahan koagulan harus sesuai dengan kebutuhan untuk membentuk flok-flok. Jika konsentrasi koagulan kurang maka akan mengakibatkan tumbukan antar partikel akan kurang sehingga menghambat pembentukan flok. Begitu juga sebaliknya apabila konsentrasi koagulan terlalu banyak maka flok tidak akan terbentuk dengan baik dan dapat memicu kekeruhan semakin meningkat.
- d) Kecepatan pengadukan, tujuan pengadukan adalah untuk mencampurkan koagulan ke dalam air. Pada saat proses pengadukan hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu pengadukan harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan yang diperlukan bereaksi dengan partikel-partikel atau ion-ion yang ada dalam air.
- e) Jenis bahan yang digunakan, pemilihan jenis koagulan didasarkan dari pertimbangan segi ekonomis dan daya efektivitasnya dalam membentuk flok.
- f) Alkalinitas dalam air ditentukan oleh kadar asam atau basa yang terjadi dalam air. Alkalinitas dalam air dapat membentuk flok dengan menghasilkan ion hidroksida pada reaksi hidrolisa koagulan.
- g) Tingkat kekeruhan, pada tingkat kekeruhan yang rendah proses destabilisasi akan sulit terjadi. Sebaliknya pada tingkat kekeruhan air yang tinggi proses destabilisasi akan berlangsung cepat.

### **Pengertian Koagulan**

Koagulan adalah bahan yang digunakan dalam proses pengolahan air untuk mengendapkan partikel-partikel halus yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya. Ada dua jenis flokulan atau koagulan yang biasa digunakan dalam pengolahan air yaitu koagulan alami dan kimiawi. Meskipun koagulan kimia lebih efektif dibandingkan koagulan alami, namun koagulan alami dapat digunakan sebagai alternatif pengganti koagulan kimia. Koagulan alami yang biasa digunakan dalam pengolahan air adalah koagulan yang berasal dari biji tanaman.

### **Koagulan Alami**

Koagulan alami dapat berasal dari tumbuhan, hewan atau mikroorganisme. Koagulan alami yang berasal dari hewan yang terkenal termasuk kitosan yang berasal dari cangkang kepiting dan udang, dan protein yang berasal dari sisik ikan. Namun, koagulan alami yang berasal dari tumbuhan relatif mudah diperoleh dan dapat dikembangkan dan digunakan. Koagulan alami yang berasal dari tumbuhan memiliki bahan aktif berupa polisakarida, polifenol, atau protein (Putri, 2020).

### **Koagulan Alami dari Tanaman**

Koagulan alami yang berasal dari tanaman (biji - bijian) harus mengandung komponen aktif seperti protein, polisakarida, dan polifenol. Komponen aktif yang paling umum dan banyak digunakan adalah dalam bentuk protein karena kemudahannya penggunaannya. Koagulasi dan flokulasi yang terjadi pada koagulan alami adalah netralisasi muatan dan ikatan silang polimer. pH larutan memainkan peran penting dalam proses koagulasi, terutama jika protein digunakan sebagai komponen aktif koagulan. Protein adalah molekul amfoter dan memiliki muatan positif dan negatif tergantung pada



pH larutan. Karena proses koagulasi biasanya terjadi di bawah titik isoelektrik protein yang bermuatan positif biasanya dapat menetralkan koloid yang bermuatan negatif (Dewi *et al.*, 2025).

### Mekanisme Koagulasi Dengan Koagulan

Scopoletin ( $C_{10}H_8O_4$ ) merupakan senyawa turunan kumarin yang memiliki gugus fungsional hidroksil (-OH) dan karbonil (-C=O), yang berperan dalam proses koagulasi dan flokulasi. Dalam mekanisme koagulasi, Scopoletin dapat berfungsi sebagai koagulan alami dengan membentuk muatan positif akibat interaksi dengan ion logam atau kation yang terdapat dalam air, sehingga mampu menetralkan muatan negatif dari partikel koloid penyebab kekeruhan (Tang *et al.*, 2022). Netralisasi muatan ini menyebabkan destabilisasi partikel koloid, yang kemudian saling beragregasi membentuk flok. Selain itu, sifat hidrofilik dan afinitas ikatan hidrogen dari Scopoletin memungkinkan terbentuknya jembatan antar partikel koloid, yang mempercepat proses flokulasi dan sedimentasi (Li *et al.*, 2023). Efektivitas Scopoletin dalam koagulasi juga didukung oleh kemampuannya dalam menginduksi perubahan pH dan meningkatkan laju flokulasi melalui interaksi dengan molekul air serta ion-ion anorganik dalam larutan (Wang *et al.*, 2021). Dengan demikian, penggunaan Scopoletin sebagai koagulan alami dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan dalam menurunkan kekeruhan air sungai. Salah satu koagulan alami yang mendapatkan perhatian luas dalam berbagai studi adalah biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus.). Biji pepaya yang selama ini dianggap limbah ternyata memiliki kandungan protein hingga 25%, lemak 26%, serta berbagai senyawa bioaktif seperti tanin, saponin, dan flavonoid yang terbukti mampu mengikat dan menggumpalkan partikel tersuspensi dalam air. Kandungan tanin dan saponin berfungsi sebagai agen pembentuk flok dengan cara meningkatkan daya rekat antarpartikel koloid.

Beberapa keunggulan penggunaan koagulan alami seperti biji pepaya dalam pengolahan air antara lain ramah lingkungan (Tidak meninggalkan residu logam berat dan sludge yang beracun). Biodegradable (Mudah diuraikan oleh mikroorganisme alami, sehingga tidak mencemari tanah atau air). Non-toksik (Aman untuk air minum dan tidak menimbulkan risiko kesehatan jika terakumulasi dalam lingkungan). Biaya rendah (Bahan bakunya tersedia melimpah di sekitar masyarakat sebagai limbah pertanian atau rumah tangga). Mendukung prinsip zero waste (Limbah organik seperti biji pepaya dapat diolah kembali menjadi produk yang bermanfaat, mengurangi beban TPA).

Penelitian oleh (Ulimi, 2024) menunjukkan bahwa penggunaan biji pepaya sebagai koagulan alami pada limbah cair domestik mampu menurunkan kadar fosfat secara signifikan, dengan dosis optimal 2 gram menghasilkan efisiensi lebih dari 40%. Sementara itu, penelitian oleh (Pamabel *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa biji pepaya mampu menurunkan kekeruhan limbah batik hingga 92,2%, serta menurunkan COD dan logam berat seperti Pb dan Cr masing-masing hingga 49,7% dan 60%.

Dalam pengolahan air sungai seperti Sungai Martapura yang memiliki tingkat kekeruhan tinggi akibat limbah domestik dan aktivitas masyarakat, penggunaan biji pepaya sebagai koagulan alami dapat menjadi solusi inovatif yang berbasis sumber daya lokal. Tidak hanya menurunkan kekeruhan dan parameter kimia lainnya, pemanfaatan ini juga memberdayakan masyarakat untuk memanfaatkan limbah pertanian atau rumah tangga menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi lingkungan.

Pengembangan koagulan alami seperti biji pepaya tidak hanya memberikan manfaat teknis dalam pengolahan air, tetapi dapat memberikan manfaat sosial, ekonomi, dan ekologis yang selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada aspek air bersih dan sanitasi, konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, serta aksi terhadap perubahan iklim.

### Efektivitas Biji Pepaya sebagai Biokoagulan

Pemanfaatan bahan alami sebagai koagulan dalam pengolahan air dan limbah cair semakin menjadi perhatian dalam dunia penelitian dan pengembangan teknologi lingkungan. Salah satu bahan

yang menarik untuk diteliti adalah biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus), yang secara tradisional dianggap sebagai limbah organik rumah tangga, tetapi menyimpan potensi besar sebagai biokoagulan.

Secara kimia, biji pepaya diketahui mengandung sejumlah senyawa bioaktif penting yang dapat mendukung proses koagulasi-flokulasi secara alami. Berdasarkan analisis proksimat, biji pepaya mengandung protein sekitar 25%, serat kasar sekitar 29%, dan lemak hingga 26% per 100 gram bahan kering. Selain itu, biji pepaya juga mengandung senyawa sekunder seperti tanin, saponin, flavonoid, alkaloid, dan senyawa fenolik lainnya.

Kandungan protein dan tanin pada biji pepaya berfungsi sebagai polielektrolit alami. Dalam konteks koagulasi, polielektrolit ini bekerja dengan cara menetralkan muatan partikel koloid dalam air yang biasanya bermuatan negatif. Netralisasi ini menyebabkan terjadinya destabilisasi, sehingga partikel dapat saling mendekat, menggumpal (membentuk flok), dan kemudian mengendap secara gravitasi. Mekanisme ini mirip dengan cara kerja koagulan sintetis seperti alum atau PAC, namun tanpa menghasilkan residu berbahaya atau sludge beracun.

Efektivitas biji pepaya sebagai biokoagulan telah dibuktikan dalam berbagai penelitian eksperimental pada jenis air yang berbeda:

1. Penelitian oleh Bhernama et al. (2023)

Pada penelitian ini, biji pepaya diuji efektivitasnya dalam menurunkan pencemaran pada limbah laundry, yang umumnya mengandung residu detergen, surfaktan, dan bahan organik tinggi. Dengan menggunakan dosis tertentu, biji pepaya mampu menurunkan:

- COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 54%, menunjukkan adanya penurunan signifikan terhadap kandungan zat organik yang sulit terurai.
- TSS (*Total Suspended Solids*) sebesar 33%, yang berarti mampu mengurangi partikel tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan. Meskipun hasilnya belum sepenuhnya memenuhi baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, namun hasil tersebut menunjukkan potensi awal yang baik dari biji pepaya sebagai solusi alternatif.

2. Penelitian oleh Dina Ainun Zainuddin (2022)

Pada limbah cair domestik yang mengandung kadar fosfat tinggi, biji pepaya digunakan sebagai koagulan alami dengan variasi dosis mulai dari 0,5 g hingga 2 g. Hasil terbaik diperoleh pada:

- Dosis 2 gram, yang mampu menurunkan kadar fosfat dari 0,4674 mg/L menjadi 0,2377 mg/L. Penurunan ini sangat penting mengingat fosfat merupakan salah satu penyebab eutrofikasi dan ledakan alga (*algal bloom*) yang berdampak buruk pada kualitas air dan kehidupan akuatik. Hasil ini menunjukkan bahwa biji pepaya tidak hanya efektif dalam menurunkan parameter fisika seperti kekeruhan, tetapi juga berpotensi mengikat ion fosfat secara kimiawi.

3. Penelitian oleh Nurul Hidayati Airun (2020)

Dalam konteks industri, biji pepaya diuji dalam pengolahan limbah cair industri batik, yang mengandung berbagai kontaminan seperti zat warna, logam berat (Pb dan Cr), serta bahan organik kompleks. Hasil penelitian menunjukkan:

- Penurunan kekeruhan hingga 92,2%, menjadikan air yang awalnya keruh menjadi jernih secara visual.
- Penurunan COD sebesar 49,7%, menunjukkan kemampuannya dalam mengurangi beban organik.
- Penurunan logam berat Pb sebesar 56,9% dan Cr sebesar 61,6%, yang menandakan adanya kemampuan ikatan kimia atau pengendapan logam melalui mekanisme adsorpsi atau flokulasi. Efektivitas ini bahkan mendekati atau melampaui hasil dari penggunaan koagulan kimia seperti PAC, namun dengan dampak lingkungan yang jauh lebih kecil.

Keberhasilan penelitian-penelitian tersebut memperkuat landasan ilmiah bahwa biji pepaya memiliki kemampuan koagulasi tinggi dalam berbagai kondisi air tercemar, baik limbah domestik, industri, maupun air permukaan seperti sungai. Efektivitasnya dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya Dosis (Dosis optimal berada di kisaran 1–2 gram per 500 mL–1 liter air). Ukuran partikel koagulan (Ukuran yang lebih halus yaitu 250 mesh memberikan luas permukaan kontak dan meningkatkan efektifitas). pH larutan (Efektivitas tertinggi biasanya terjadi pada kondisi netral atau sedikit asam). Waktu kontak dan pengadukan (Durasi flokulasi yang cukup memberikan waktu bagi partikel untuk saling bergabung dan mengendap).

## METODE

Penelitian ini bersifat kuantitatif eksperimental. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Banjarmasin, Jl. Mistar Cokrokusumo No.1A Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Populasi dalam penelitian ini adalah air Sungai Martapura yang berada di Desa Melayu Tengah, Kecamatan Martapura Timur, Kabupaten Banjar, yang dimanfaatkan masyarakat setempat untuk kebutuhan sehari-hari dan memiliki tingkat kekeruhan melebihi baku mutu air bersih. Sampel dalam penelitian ini adalah sebagian air Sungai Martapura yang diambil dari satu titik lokasi pengambilan sampel di wilayah Desa Melayu Tengah, Kecamatan Martapura Timur, Kabupaten Banjar. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode grab sampling. Sampel air yang telah diambil selanjutnya digunakan sebagai unit percobaan, yang terdiri dari kelompok kontrol dan kelompok perlakuan. Kelompok kontrol merupakan sampel air sungai tanpa penambahan koagulan (0 mg/L), sedangkan kelompok perlakuan adalah sampel air sungai yang diberi koagulan alami serbuk biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) dengan variasi dosis 300 mg/L, 600 mg/L, dan 900 mg/L, pada waktu kontak tetap selama 60 menit. Jumlah pengulangan pada masing-masing perlakuan ditentukan menggunakan rumus Federer, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} (t-1)(r-1) &\geq 1 && \text{Keterangan: } r = \text{jumlah kelompok pengulangan} \\ (4-1)(r-1) &\geq 15 && t = \text{jumlah perlakuan} \\ 3(2-1) &\geq 15 \\ 3r - 1 &\geq 15 \\ 3r &\geq 18 \\ r &\geq 6 \end{aligned}$$

Agar variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat diukur secara objektif dan tepat sasaran, maka perlu ditentukan definisi operasional masing-masing variabel seperti Tabel 1.

**Tabel 1.**

Definisi Operasional Penelitian

| No | Variabel                         | Definisi Operasional                                                                                                                                                  | Cara dan Alat Ukur            | Hasil Ukur                                                                             | Skala   |
|----|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1  | Tingkat kekeruhan air sungai     | Nilai kekeruhan air sungai yang diukur setelah proses koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji pepaya pada berbagai dosis dengan waktu kontak 60 menit             | Observasi dan Turbidimeter    | NTU                                                                                    | Rasio   |
| 2  | Variasi dosis serbuk biji pepaya | Jumlah serbuk biji pepaya ( <i>Carica papaya</i> Linnaeus) yang ditambahkan ke dalam 1 liter sampel air sungai sebagai koagulan alami pada proses koagulasi-flokulasi | Observasi dan Neraca Analitik | 1. Var 1 (0 mg/L)<br>2. Var 2 (300 mg/L)<br>3. Var 3 (600 mg/L)<br>4. Var 4 (900 mg/L) | Ordinal |



|   |      |                                                                                 |                          |                       |          |
|---|------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------|
| 3 | pH   | Derajat keasaman air sungai yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan koagulasi | Observasi dan pH meter   | Nilai dalam angka     | Interval |
| 4 | Suhu | Suhu air sungai yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan koagulasi             | Observasi dan Termometer | Angka dalam satuan °C | Interval |

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode observasi, yaitu data diperoleh dengan melakukan pengisian pada lembar pengukuran yang berisi kondisi tingkat kekeruhan, suhu, dan pH pada air sungai dengan masing - masing perbedaan variasi dosis dan waktu kontak saat penelitian. Instrumen pada penelitian ini terdiri dari neraca analitik, turbidimeter, flokulator, dan lembar observasi.

Analisis data pada penelitian ini menggunakan analisis univariat (hasil dari pengukuran tingkat kekeruhan pada air sungai dengan penambahan koagulan alami serbuk biji pepaya. Sedangkan, analisis bivariat untuk mengetahui perbedaan tingkat kekeruhan pada air pada tiap dosis yang digunakan) dan analisis bivariat (dilakukan pengujian normalitas terlebih dahulu pada nilai residual standar atau *standardized residual* melalui aplikasi Uji Statistik). Data hasil penelitian dianalisis secara statistik

## PEMBAHASAN

### A. Hasil

Sebelum dilakukan perlakuan penambahan koagulan alami, dilakukan pemeriksaan awal terhadap parameter fisik air sungai yang meliputi pH, suhu, dan tingkat kekeruhan. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal air sungai sebelum proses koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji pepaya.

**Tabel 2.**

| Nilai pH, Suhu, dan Kekeruhan Air Sungai Sebelum Perlakuan |                   |                   |
|------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Parameter                                                  | Hasil Pemeriksaan | SBMKL             |
| pH                                                         | 7,98              | 6,5 – 8,5         |
| Suhu                                                       | 24,6 °C           | ± 3 °C Suhu Udara |
| Kekeruhan                                                  | 81,4 NTU          | < 3 NTU           |

Keterangan:

SBMKL = Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui bahwa kondisi awal air Sungai Martapura sebelum dilakukan perlakuan memiliki nilai pH sebesar 7,98 yang masih berada dalam rentang baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Suhu udara saat pengukuran tercatat sebesar 24,6 °C. Nilai kekeruhan air sungai sebesar 81,4 NTU menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air sungai tersebut jauh melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan, yaitu kurang dari 3 NTU.

Tingginya nilai kekeruhan ini menunjukkan bahwa air Sungai Martapura mengandung partikel tersuspensi dalam jumlah yang besar, baik berupa bahan organik maupun anorganik, sehingga memerlukan proses pengolahan sebelum dapat dimanfaatkan sebagai air bersih. Oleh karena itu, penggunaan koagulan alami berupa serbuk biji pepaya diharapkan mampu menurunkan tingkat kekeruhan air sungai secara signifikan melalui proses koagulasi dan flokulasi.

### Tingkat Kekeruhan Air Sungai Sesudah Perlakuan

1. Tingkat Kekeruhan Air Sungai Setelah Perlakuan Variasi 1 (0 mg/L)

Pada tahap awal penelitian, dilakukan perlakuan kontrol tanpa penambahan koagulan alami serbuk biji pepaya dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air sungai setelah proses pengendapan dan waktu kontak selama 60 menit. Perlakuan kontrol ini digunakan sebagai pembandingan terhadap perlakuan dengan penambahan koagulan alami. Hasil pemeriksaan tingkat kekeruhan air sungai setelah perlakuan kontrol disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.**

Hasil Pemeriksaan Tingkat Kekeruhan Air Sungai Sesudah Perlakuan pada variasi 1 (0 mg/L)

| Variasi Dosis<br>Koagulan | Waktu<br>(Menit) | Nilai Tingkat Kekeruhan (NTU) |      |      |      |      |      |        | SBMKL   |
|---------------------------|------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|--------|---------|
|                           |                  | 1                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Rerata |         |
| Variasi 0 (0 mg/L)        | 60               | 74,2                          | 74,7 | 74,8 | 75,1 | 75,2 | 76,1 | 74,8   | < 3 NTU |

Keterangan:

SBMKL = Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Berdasarkan Tabel 3, tingkat kekeruhan air Sungai Martapura setelah perlakuan variasi 1 (0 mg/L) dengan waktu kontak 60 menit menunjukkan nilai kekeruhan terendah sebesar 74,2 NTU dan tertinggi sebesar 76,1 NTU, dengan nilai rata-rata kekeruhan sebesar 74,8 NTU. Hasil ini menunjukkan bahwa tanpa penambahan koagulan alami, tingkat kekeruhan air sungai masih berada jauh di atas ambang batas baku mutu air bersih.

2. Tingkat Kekeruhan Air Sungai Setelah Perlakuan Variasi 2 (300 mg/L)

Selanjutnya dilakukan perlakuan dengan penambahan koagulan alami serbuk biji pepaya sebesar 300 mg/L untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penurunan tingkat kekeruhan air sungai. Pengukuran dilakukan setelah waktu kontak selama 60 menit dan hasil pemeriksaannya disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.**

Hasil Pemeriksaan Tingkat Kekeruhan Air Sungai Sesudah Perlakuan pada Variasi 2 (300 mg/L)

| Variasi Dosis<br>Koagulan | Waktu<br>(Menit) | Nilai Tingkat Kekeruhan (NTU) |      |      |      |      |      |        | SBMKL   |
|---------------------------|------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|--------|---------|
|                           |                  | 1                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Rerata |         |
| Variasi 2 (300 mg/L)      | 60               | 66,5                          | 66,8 | 67,0 | 67,2 | 68,1 | 68,5 | 67,2   | < 3 NTU |

Keterangan:

SBMKL = Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Berdasarkan Tabel 4, tingkat kekeruhan air sungai setelah perlakuan dengan dosis 300 mg/L menunjukkan nilai kekeruhan terendah sebesar 66,5 NTU dan tertinggi sebesar 68,5 NTU, dengan nilai rata-rata kekeruhan sebesar 67,2 NTU. Hasil ini menunjukkan adanya penurunan tingkat kekeruhan dibandingkan perlakuan kontrol.

3. Tingkat Kekeruhan Air Sungai pada Perlakuan Variasi 3 (600 mg/L)

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menambahkan koagulan alami serbuk biji pepaya sebesar 600 mg/L ke dalam sampel air sungai dengan waktu kontak selama 60 menit. Data hasil pengukuran tingkat kekeruhan setelah perlakuan ini disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.**

Hasil Pemeriksaan Tingkat Kekeruhan Air Sungai Sesudah Perlakuan pada variasi 3 (600 mg/L)

| Variasi Dosis<br>Koagulan | Waktu<br>(Menit) | Nilai Tingkat Kekeruhan (NTU) |      |      |      |      |      |        | SBMKL   |
|---------------------------|------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|--------|---------|
|                           |                  | 1                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Rerata |         |
| Variasi 3 (600 mg/L)      | 60               | 57,7                          | 58,4 | 58,7 | 58,8 | 59,0 | 59,7 | 58,8   | < 3 NTU |

Keterangan:

SBMKL = Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Berdasarkan Tabel 5, tingkat kekeruhan air sungai setelah perlakuan dengan dosis 600 mg/L menunjukkan nilai kekeruhan terendah sebesar 57,7 NTU dan tertinggi sebesar 59,7 NTU, dengan nilai rata-rata kekeruhan sebesar 58,8 NTU. Hasil ini menunjukkan penurunan kekeruhan yang lebih besar dibandingkan dosis 300 mg/L.

4. Tingkat Kekeruhan Air Sungai Setelah Perlakuan variasi 4 (900 mg/L)

Percobaan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan dosis koagulan alami serbuk biji pepaya sebesar 900 mg/L dengan waktu kontak selama 60 menit. Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk mengetahui apakah peningkatan dosis koagulan dapat memberikan penurunan tingkat kekeruhan yang lebih signifikan. Hasil pemeriksaan disajikan pada Tabel 6

**Tabel 6.**

Hasil Pemeriksaan Tingkat Kekeruhan Air Sungai Sesudah Perlakuan pada variasi 4 (900 mg/L)

| Variasi Dosis Koagulan | Waktu (Menit) | Nilai Tingkat Kekeruhan (NTU) |      |      |      |      |      |        | SBMKL   |
|------------------------|---------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|--------|---------|
|                        |               | 1                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | Rerata |         |
| Variasi 4 (900 mg/L)   | 60            | 50,8                          | 51,2 | 51,5 | 51,7 | 52,4 | 53,1 | 51,6   | < 3 NTU |

Keterangan:

SBMKL = Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Berdasarkan Tabel 6, tingkat kekeruhan air sungai setelah perlakuan dengan dosis 900 mg/L menunjukkan nilai kekeruhan terendah sebesar 50,8 NTU dan tertinggi sebesar 53,1 NTU, dengan nilai rata-rata kekeruhan sebesar 51,6 NTU. Hasil ini menunjukkan bahwa dosis 900 mg/L merupakan dosis yang paling efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan air sungai dibandingkan dengan dosis lainnya.

### Dosis Optimum Serbuk Biji Pepaya (*Carica papaya* Linnaeus)

Setelah dilakukan serangkaian pengujian laboratorium terhadap sampel air Sungai Martapura dengan menggunakan variasi dosis koagulan alami berupa serbuk biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus), tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah melakukan rekapitulasi hasil pengukuran tingkat kekeruhan air sebelum dan sesudah perlakuan. Rekapitulasi ini bertujuan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai efektivitas masing-masing dosis dalam menurunkan tingkat kekeruhan air sungai, sehingga dapat ditentukan dosis yang paling optimal.

Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai tingkat kekeruhan awal (sebelum perlakuan) dengan nilai tingkat kekeruhan akhir (sesudah perlakuan) pada setiap variasi dosis koagulan dengan waktu kontak selama 60 menit. Data hasil pengukuran tersebut kemudian disusun secara sistematis untuk melihat kecenderungan penurunan kekeruhan pada masing-masing dosis perlakuan. Hasil rekapitulasi distribusi tingkat kekeruhan air sungai berdasarkan variasi dosis serbuk biji pepaya disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.**

Distribusi Tingkat Kekeruhan Air Sungai Berdasarkan Variasi Dosis Serbuk Biji Pepaya

| Variasi Dosis Koagulan | Pengulangan | Tingkat Kekeruhan (NTU) |         | Rerata | SBMKL   |
|------------------------|-------------|-------------------------|---------|--------|---------|
|                        |             | Sebelum                 | Sesudah |        |         |
| Variasi 1 (0 mg/L)     | 1           | 81,4                    | 74,24   | 74,88  | < 3 NTU |
|                        | 2           | 81,4                    | 74,70   |        |         |
|                        | 3           | 81,4                    | 74,85   |        |         |
|                        | 4           | 81,4                    | 75,10   |        |         |
|                        | 5           | 81,4                    | 75,21   |        |         |
|                        | 6           | 81,4                    | 76,18   |        |         |
| Variasi 2 (300 mg/L)   | 1           | 81,4                    | 66,53   | 67,25  |         |

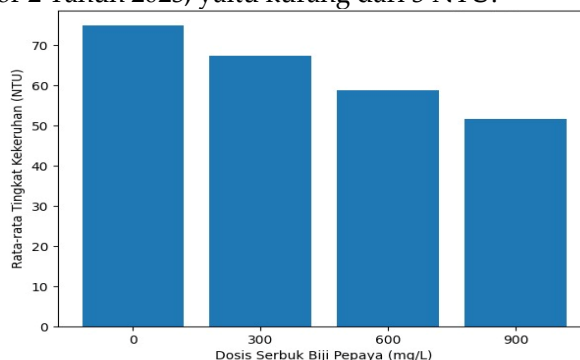
|                      |   |      |       |       |
|----------------------|---|------|-------|-------|
|                      | 2 | 81,4 | 66,89 |       |
|                      | 3 | 81,4 | 67,04 |       |
|                      | 4 | 81,4 | 67,28 |       |
|                      | 5 | 81,4 | 68,17 |       |
|                      | 6 | 81,4 | 68,58 |       |
| Variasi 3 (600 mg/L) | 1 | 81,4 | 57,78 |       |
|                      | 2 | 81,4 | 58,42 |       |
|                      | 3 | 81,4 | 58,79 | 58,80 |
|                      | 4 | 81,4 | 58,80 |       |
|                      | 5 | 81,4 | 59,01 |       |
|                      | 6 | 81,4 | 59,78 |       |
| Variasi 4 (900 mg/L) | 1 | 81,4 | 50,86 |       |
|                      | 2 | 81,4 | 51,24 |       |
|                      | 3 | 81,4 | 51,55 | 51,67 |
|                      | 4 | 81,4 | 51,73 |       |
|                      | 5 | 81,4 | 52,49 |       |
|                      | 6 | 81,4 | 53,17 |       |

Keterangan:

SBMKL = Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Berdasarkan Tabel 7, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan tingkat kekeruhan air sungai pada seluruh variasi dosis serbuk biji pepaya setelah dilakukan perlakuan dengan waktu kontak 60 menit. Pada perlakuan kontrol (0 mg/L), rata-rata tingkat kekeruhan air sungai masih tinggi, yaitu sebesar 74,88 NTU, yang menunjukkan bahwa tanpa penambahan koagulan alami, proses penurunan kekeruhan berlangsung secara terbatas.

Pada dosis 300 mg/L, rata-rata tingkat kekeruhan air sungai menurun menjadi 67,25 NTU, menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji pepaya mulai memberikan efek koagulasi terhadap partikel tersuspensi. Penurunan kekeruhan yang lebih besar terjadi pada dosis 600 mg/L dengan nilai rata-rata kekeruhan sebesar 58,80 NTU. Penurunan paling signifikan diperoleh pada dosis 900 mg/L, dengan rata-rata tingkat kekeruhan sebesar 51,67 NTU. Meskipun seluruh variasi dosis menunjukkan kemampuan menurunkan tingkat kekeruhan air sungai, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dosis 900 mg/L merupakan dosis yang paling efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan dibandingkan dosis lainnya. Namun demikian, tingkat kekeruhan air sungai setelah perlakuan pada seluruh dosis masih belum memenuhi baku mutu kekeruhan air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, yaitu kurang dari 3 NTU.



**Gambar 1.**

Grafik Penurunan Tingkat Kekeruhan Air Sungai Setelah Perlakuan Menggunakan Variasi Dosis Serbuk Biji Pepaya

Gambar 1 menunjukkan grafik penurunan tingkat kekeruhan air sungai setelah dilakukan perlakuan menggunakan koagulan alami serbuk biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus) dengan variasi dosis 0 mg/L, 300 mg/L, 600 mg/L, dan 900 mg/L pada enam kali pengulangan. Grafik tersebut memperlihatkan adanya kecenderungan penurunan tingkat kekeruhan seiring dengan peningkatan dosis koagulan yang diberikan. Dosis 900 mg/L menunjukkan nilai kekeruhan paling rendah dan konsisten pada setiap pengulangan dibandingkan dosis lainnya, sedangkan perlakuan kontrol (0 mg/L) menunjukkan tingkat kekeruhan tertinggi.

Meskipun seluruh variasi dosis serbuk biji pepaya menunjukkan kemampuan menurunkan kekeruhan, hasil akhir penelitian ini masih belum memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL) untuk parameter kekeruhan air keperluan higiene dan sanitasi, yaitu  $< 3$  NTU. Hal ini terlihat pada dosis terbaik 900 mg/L, di mana rerata kekeruhan akhir masih berada pada kisaran 51,67 NTU, sementara kekeruhan awal sampel sebesar 81,4 NTU.

Secara kuantitatif, kondisi tersebut menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya efektif menurunkan kekeruhan, namun efektivitasnya belum cukup untuk mencapai standar. Pada dosis optimum 900 mg/L, penurunan kekeruhan dari 81,4 NTU menjadi 51,67 NTU berarti terjadi penurunan sebesar 29,73 NTU atau sekitar 36,5% dari kondisi awal. Jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa koagulan) yang reratanya masih sekitar 74,88 NTU, maka penambahan serbuk biji pepaya 900 mg/L memberikan tambahan penurunan sekitar 23,21 NTU ( $\pm 31,0\%$ ) dibanding kontrol.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan dosis 900 mg/L merupakan perlakuan paling efektif dan berbeda signifikan secara statistik. Namun demikian, ketidakmampuan hasil akhir mencapai SBMKL dapat dijelaskan dari beberapa kelemahan/limitasi rancangan dan proses pengolahan dalam penelitian ini. Pertama, penelitian ini hanya menggunakan satu waktu kontak (60 menit) sehingga belum dapat menilai apakah peningkatan/variasi waktu kontak dapat menghasilkan penurunan kekeruhan yang lebih besar.

Kedua, penelitian ini belum mengombinasikan koagulasi serbuk biji pepaya dengan proses pengolahan lanjutan (misalnya filtrasi atau desinfeksi) yang berpotensi meningkatkan kualitas air hasil olahan, sehingga proses penurunan kekeruhan berhenti pada tahap koagulasi-flokulasi saja. Akibatnya, walaupun terjadi pembentukan flok dan pengendapan, masih terdapat partikel halus/koloid yang tersisa sehingga nilai kekeruhan tetap tinggi.

Dengan demikian, efektivitas serbuk biji pepaya pada penelitian ini dapat disimpulkan sebagai koagulan alami yang mampu menurunkan kekeruhan secara bermakna, tetapi belum layak sebagai metode tunggal untuk menghasilkan air yang memenuhi SBMKL. Hasil ini memperkuat rekomendasi bahwa penggunaan serbuk biji pepaya lebih tepat diposisikan sebagai tahap awal (pre-treatment) atau perlu dikombinasikan dengan pengolahan lanjutan agar keluaran akhirnya dapat mendekati/memenuhi standar kualitas air

## Analisis Tingkat Kekeruhan Air Sungai

### 1. Uji Normalitas

Tabel 8.

| Hasil Uji Normalitas Tingkat Kekeruhan Air Sungai (Shapiro-Wilk) |                        |                      |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|
| Variasi Dosis Koagulan                                           | Hasil Uji Shapiro-Wilk |                      |
|                                                                  | Nilai p                | Keterangan           |
| Variasi 1 (0 mg/L)                                               | 0,170                  | Berdistribusi normal |
| Variasi 2 (300 mg/L)                                             | 0,130                  | Berdistribusi normal |
| Variasi 3 (600 mg/L)                                             | 0,408                  | Berdistribusi normal |
| Variasi 4 (900 mg/L)                                             | 0,363                  | Berdistribusi normal |



## 2. Uji Homogenitas

**Tabel 9.**

| Hasil Uji Homogenitas Tingkat Kekeruhan Air Sungai (Levene Test) |                  |
|------------------------------------------------------------------|------------------|
| Nilai p                                                          | Hasil Uji Levene |
|                                                                  | Keterangan       |
| 0,965                                                            | Homogen          |

## 3. Uji Hipotesis dengan One Way ANOVA

**Tabel 10.**

| Hasil Uji One Way ANOVA Tingkat Kekeruhan Air Sungai |                          |
|------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nilai p                                              | Hasil Uji One Way ANOVA  |
|                                                      | Keterangan               |
| 0,000                                                | Ada perbedaan signifikan |

## 4. Uji Post Hoc (Least Significant Difference / LSD)

**Tabel 11.**

| Hasil Uji LSD (Least Significant Difference) Tingkat Kekeruhan Air Sungai |                  |            |               |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|---------------|
| Perbandingan Variasi Dosis Koagulan                                       | Nilai p          | Kesimpulan |               |
| Variasi 1 (0 mg/L)                                                        | Var.2 (300 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.3 (600 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.4 (900 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
| Variasi 2 (300 mg/L)                                                      | Var.1 (0 mg/L)   | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.3 (600 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.4 (900 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
| Variasi 3 (600 mg/L)                                                      | Var.1 (0 mg/L)   | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.2 (300 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.4 (900 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
| Variasi 4 (900 mg/L)                                                      | Var.1 (0 mg/L)   | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.2 (300 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |
|                                                                           | Var.3 (600 mg/L) | < 0,001    | Ada perbedaan |

## B. Pembahasan:

### Nilai pH, Suhu, dan Kekeruhan Air Sungai Sebelum Perlakuan

Sebelum dilakukan perlakuan dengan koagulan alami, penting untuk mengetahui kondisi awal kualitas fisik air sungai sebagai dasar pembandingan terhadap hasil setelah perlakuan. Dalam penelitian ini, air Sungai Martapura yang diambil dari Desa Melayu Tengah, Kecamatan Martapura Timur, Kabupaten Banjar diperiksa berdasarkan tiga parameter fisik utama, yaitu pH, suhu, dan tingkat kekeruhan.

Hasil pemeriksaan awal menunjukkan bahwa nilai pH air sungai sebesar 7,98, suhu air saat pengambilan sampel sebesar 24,6 °C, dan tingkat kekeruhan mencapai 81,4 NTU. Nilai pH tersebut masih berada dalam rentang baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, yaitu 6,5–8,5. Kondisi ini menunjukkan bahwa secara kimia, air sungai masih relatif netral dan tidak memerlukan penyesuaian pH khusus sebelum dilakukan proses koagulasi.

Suhu air Sungai Martapura sebesar 24,6 °C masih berada dalam kisaran suhu normal untuk perairan daerah tropis dan relatif lebih rendah dibandingkan suhu udara lingkungan saat pengukuran. Perbedaan suhu ini masih tergolong wajar karena air memiliki kapasitas panas yang lebih besar sehingga perubahan suhunya lebih lambat dibandingkan udara. Suhu air tersebut juga masih berada

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

dalam rentang suhu optimum untuk proses koagulasi-flokulasi, yaitu 20–30 °C, sehingga masih mendukung terjadinya reaksi koagulasi dan pembentukan flok secara efektif (Metcalf & Eddy, 2014).

Namun demikian, parameter kekeruhan menunjukkan kondisi yang belum memenuhi standar kualitas air bersih. Tingkat kekeruhan sebesar 81,4 NTU jauh melebihi baku mutu kekeruhan air untuk keperluan higiene dan sanitasi, yaitu < 3 NTU (Permenkes No. 2 Tahun 2023). Kekeruhan yang tinggi ini mengindikasikan adanya partikel tersuspensi dalam jumlah besar, seperti lumpur, pasir halus, bahan organik, dan mikroorganisme yang terbawa aliran sungai. Tingginya tingkat kekeruhan air sungai dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan aktivitas manusia. Menurut Kusniawati et al. (2023), kekeruhan air sungai umumnya disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, seperti lumpur, pasir halus, sisa vegetasi, plankton, serta mikroorganisme. Selain itu, kondisi hidrologi sungai juga berperan penting, di mana curah hujan yang tinggi dapat meningkatkan limpasan permukaan yang membawa partikel tanah dan bahan pencemar ke dalam badan sungai. Kecepatan arus sungai turut memengaruhi tingkat kekeruhan, karena arus yang lebih kuat dapat mengaduk sedimen dasar sungai sehingga partikel kembali tersuspensi dan sulit mengendap secara alami (Yusindra, 2024). Aktivitas manusia di sekitar sungai, seperti pembuangan limbah domestik, kegiatan mencuci dan mandi, serta lalu lintas perahu, juga berkontribusi terhadap peningkatan kekeruhan akibat terganggunya sedimen dan masuknya bahan pencemar ke dalam air sungai. Dengan adanya kombinasi faktor-faktor tersebut, nilai kekeruhan awal air Sungai Martapura yang tinggi dapat dipahami sebagai cerminan kondisi lingkungan dan aktivitas di sekitar daerah aliran sungai. Menurut WHO (2017), kekeruhan yang tinggi dapat menurunkan kualitas estetika air serta berpotensi melindungi mikroorganisme patogen dari proses desinfeksi. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengolahan air sungai untuk menurunkan tingkat kekeruhan tersebut, salah satunya melalui proses koagulasi menggunakan koagulan alami serbuk biji pepaya.

### Tingkat Kekeruhan Air Sungai Sesudah Perlakuan

Setelah dilakukan perlakuan dengan koagulan alami serbuk biji pepaya (*Carica papaya* Linnaeus), terjadi penurunan tingkat kekeruhan air Sungai Martapura pada seluruh variasi dosis yang diuji. Penelitian ini menggunakan empat variasi dosis, yaitu 0 mg/L (kontrol), 300 mg/L, 600 mg/L, dan 900 mg/L, dengan waktu kontak selama 60 menit.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol (0 mg/L), rata-rata tingkat kekeruhan air sungai setelah waktu kontak 60 menit masih sebesar 74,88 NTU. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa penambahan koagulan alami, penurunan kekeruhan yang terjadi hanya disebabkan oleh proses pengendapan alami dan belum mampu menurunkan kekeruhan secara signifikan.

Pada perlakuan dengan dosis 300 mg/L, rata-rata tingkat kekeruhan menurun menjadi 67,25 NTU. Penurunan ini menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya mulai berperan dalam proses koagulasi dengan cara mengikat partikel koloid tersuspensi di dalam air. Penurunan kekeruhan yang lebih besar terjadi pada dosis 600 mg/L, dengan nilai rata-rata kekeruhan sebesar 58,80 NTU. Hasil penurunan paling signifikan diperoleh pada dosis 900 mg/L, dengan rata-rata tingkat kekeruhan sebesar 51,67 NTU.

Penurunan tingkat kekeruhan ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis serbuk biji pepaya berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas proses koagulasi. Secara teoritis, mekanisme ini terjadi karena kandungan senyawa aktif dalam biji pepaya, terutama protein serta senyawa turunan kumarin berupa Scopoletin (7-hidroksi-6-metoksikumarin) dengan rumus kimia  $C_{10}H_8O_4$ .

Scopoletin memiliki gugus hidroksil (–OH) dan gugus karbonil (C=O) pada struktur cincin kumarinnya, yang berperan dalam proses koagulasi-flokulasi. Dalam air sungai, partikel penyebab kekeruhan umumnya berbentuk koloid bermuatan negatif (misalnya partikel lempung, bahan organik halus, dan mikro-partikel tersuspensi) sehingga stabil dan sulit mengendap. Kehadiran Scopoletin membantu proses koagulasi melalui dua mekanisme utama, yaitu netralisasi muatan dan

pembentukan jembatan antar partikel (bridging).

#### **Netralisasi muatan (charge neutralization)**

Gugus -OH dan C=O pada Scopoletin memungkinkan terjadinya interaksi dengan kation/ion logam yang terdapat dalam air. Interaksi tersebut dapat membentuk kompleks/ikatan koordinasi lemah antara Scopoletin dan kation sehingga menghasilkan kondisi “muatan positif semu” pada permukaan senyawa/fragmen aktifnya. Muatan positif ini kemudian menetralkan muatan negatif pada permukaan partikel koloid. Ketika muatan negatif koloid berkurang, gaya tolak-menolak antar partikel melemah, sehingga sistem koloid menjadi tidak stabil (destabilisasi) dan partikel lebih mudah saling mendekat.

#### **Pengikatan partikel koloid melalui adsorpsi dan jembatan antar partikel (adsorption-bridging)**

Setelah muatan koloid terdestabilisasi, senyawa aktif dalam serbuk biji pepaya (termasuk Scopoletin dan fraksi protein) dapat teradsorpsi pada permukaan partikel. Adsorpsi ini membuat satu molekul/fragmen aktif dapat menempel pada lebih dari satu partikel, sehingga terbentuk “jembatan” yang menghubungkan partikel-partikel koloid. Proses ini mempercepat penggabungan partikel kecil menjadi agregat yang lebih besar (mikroflok → flok). Flok yang ukurannya membesar memiliki massa lebih berat sehingga kemudian mengendap secara gravitasi, menyebabkan kekeruhan air menurun

Proses penetralan muatan tersebut memicu terjadinya destabilisasi partikel koloid, memungkinkan partikel-partikel tersebut saling berikatan melalui mekanisme adsorpsi dan jembatan antar partikel, membentuk flok berukuran lebih besar yang selanjutnya mengendap secara gravitasi (Tang et al., 2022).

#### **Dosis Optimum Serbuk Biji Pepaya (*Carica papaya* Linnaeus)**

Penentuan dosis optimum merupakan aspek penting dalam pengolahan air karena berkaitan dengan efektivitas dan efisiensi penggunaan bahan koagulan. Berdasarkan hasil penelitian, dosis 900 mg/L merupakan dosis yang paling efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan air Sungai Martapura, dengan rata-rata kekeruhan akhir sebesar 51,67 NTU. Penurunan ini lebih besar dibandingkan dosis 300 mg/L dan 600 mg/L, serta jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol.

Hasil uji statistik lanjutan menggunakan uji LSD (Least Significant Difference) menunjukkan bahwa seluruh pasangan variasi dosis memiliki nilai signifikansi  $p < 0,001$ . Hal ini menandakan bahwa setiap peningkatan dosis memberikan perbedaan yang bermakna secara statistik terhadap tingkat kekeruhan air sungai. Dengan demikian, tidak ditemukan fenomena plateau atau titik jenuh dalam rentang dosis yang digunakan pada penelitian ini, sehingga peningkatan dosis hingga 900 mg/L masih memberikan efek penurunan kekeruhan yang signifikan.

Secara teoritis, hal ini sejalan dengan konsep dasar koagulasi, di mana peningkatan jumlah koagulan akan meningkatkan jumlah muatan positif yang tersedia untuk menetralkan partikel koloid bermuatan negatif. Selama jumlah koagulan belum melampaui titik jenuh sistem, peningkatan dosis masih akan meningkatkan efektivitas pembentukan flok (Ndabigengesere & Narasiah, 1996). Oleh karena itu, dosis 900 mg/L dapat dinyatakan sebagai dosis optimum dalam penelitian ini.

Meskipun demikian, hasil kekeruhan akhir pada dosis optimum tersebut masih belum memenuhi baku mutu air bersih ( $< 3$  NTU). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk biji pepaya sebagai koagulan alami efektif dalam menurunkan kekeruhan, tetapi belum cukup untuk menghasilkan air yang memenuhi standar kualitas tanpa adanya proses pengolahan lanjutan, seperti filtrasi atau kombinasi dengan metode pengolahan lainnya.

#### **Analisis Tingkat Kekeruhan Air Sungai Berdasarkan Uji Statistik**

Analisis statistik dilakukan untuk memperkuat hasil pengamatan secara kuantitatif. Tahapan

analisis diawali dengan uji prasyarat, yaitu uji normalitas dan uji homogenitas. Hasil uji normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa seluruh kelompok dosis memiliki nilai  $p > 0,05$ , sehingga data tingkat kekeruhan berdistribusi normal. Selanjutnya, hasil uji homogenitas menggunakan uji *Levene* menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,965 ( $p > 0,05$ ), yang berarti varians antar kelompok dosis bersifat homogen.

Dengan terpenuhinya kedua prasyarat tersebut, analisis dilanjutkan menggunakan uji One Way ANOVA. Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar  $p < 0,001$ , yang menandakan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada tingkat kekeruhan air sungai antar variasi dosis serbuk biji pepaya. Hal ini membuktikan bahwa variasi dosis koagulan alami berpengaruh nyata terhadap penurunan tingkat kekeruhan air Sungai Martapura.

Untuk mengetahui secara spesifik perbedaan antar kelompok dosis, dilakukan uji lanjutan LSD. Hasil uji LSD menunjukkan bahwa seluruh pasangan variasi dosis berbeda secara signifikan ( $p < 0,001$ ). Temuan ini memperkuat hasil ANOVA dan menunjukkan bahwa peningkatan dosis serbuk biji pepaya secara konsisten meningkatkan efektivitas penurunan kekeruhan.

Dari perspektif kesehatan lingkungan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya memiliki potensi besar sebagai koagulan alami yang ramah lingkungan dan berbasis sumber daya lokal. Namun, mengingat tingkat kekeruhan akhir masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan, maka penggunaan serbuk biji pepaya sebagai koagulan alami sebaiknya dikombinasikan dengan proses pengolahan lanjutan, seperti filtrasi atau desinfeksi, agar air hasil olahan dapat memenuhi standar kualitas air bersih sesuai Permenkes No. 2 Tahun 2023.

## KESIMPULAN

Variasi dosis serbuk biji pepaya berpengaruh signifikan terhadap penurunan tingkat kekeruhan air sungai. Peningkatan dosis dari 0 mg/L (kontrol) hingga 900 mg/L. Menurunkan rerata kekeruhan dari 74,88 NTU menjadi 51,67 NTU, dengan hasil uji One Way ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0,001$ ). Dosis 900 mg/L dengan waktu kontak 60 menit merupakan perlakuan belum efektif, namun sudah bisa menurunkan rerata kekeruhan terendah sebesar 51,67 NTU dan hasil uji lanjutan LSD yang menunjukkan perbedaan signifikan antar seluruh pasangan dosis ( $p < 0,001$ ). Secara kuantitatif, dosis ini memberikan penurunan kekeruhan paling besar dibandingkan dosis 300 mg/L dan 600 mg/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. I. (2022). *Degradasi Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Pabrik Tempe Dengan Menggunakan Enzim*. Universitas Islam Negeri Ar-Ranir. *Skripsi*
- Aswad, S., Realize, R., & Wangdra, R. (2018). Pengaruh harga dan kualitas pelayanan terhadap kepuasan konsumen pengguna air bersih masyarakat Kampung Air Batam Center. *JIM UPB (Jurnal Ilmiah Manajemen Universitas Putera Batam)*, 6(2), 77–85.
- Dewi, A. B. (2025). *Pemanfaatan Biji Pepaya Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Batik*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Kusniawati, E., Pratiwi, I., & Antari, D. G. V. (2023). The utilization of biocoagulant from melon seeds powder towards the decrease in pH, TSS and TDS in tofu industrial liquid waste. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(7), 3099–3108.
- Miarti, A., & Iskandar, I. (2022). The Effect Of Utilization Of Activated Carbon From Rubber Seed Shells And Coagulants From Kepok Banana Peels In Well Water Of Kenten Laut Residence Towards Parameter pH, TSS, TDS And Turbidity. *International Journal of Social Science*, 2(4), 1937–1948.
- Musfira, N. (2022). Efektivitas Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Penurunan Kadar Pencemar Pada Limbah Laundry. *Skripsi*. UIN Ar-Raniry.
- Peraturan Pemerintah. (2014). *Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan*

Lingkungan. Pemerintah Pusat.

- Rahmawati, A. (2018). *Efektivitas Berbagai Media Saring untuk Menurunkan Kesadahan di Desa Kalisari Kecamatan Rowokele Kabupaten Kebumen*. Skripsi Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Rahmayani, R. (2024). *Pemanfaatan Cangkang Keong Sawah (Pila Ampullacea) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah UPTD Rumah Pemotongan Hewan Kota Banda Aceh*. UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi.
- Rahmayanti, W., Cikusin, Y., & Abidin, A. Z. (2020). Upaya Pemerintah dalam Penyediaan Kebutuhan Air Bersih untuk Masyarakat (Studi pada Pemerintah Desa Duyung Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto). *Respon Publik*, 14(5), 76–80.
- Reza, A. (2021). *Analisis Pengolahan Air Terproduksi Dari Lapangan Minyak Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Biji Karet (Hevea Brasiliensis) Dengan Metode Jar Test*. Universitas Islam Riau.
- Shakira, A. (2023). *Efektivitas Metode Multi Soil Layering (MSL) dalam Penurunan Total Koliform Limbah Cair Domestik*. UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi.
- Syamsuddin, A. (2024). *Optimasi Larutan NaCl pada Pembuatan Biokoagulan dari Biji Pepaya (Carica papaya L.) dan Biji Kelor (Moringa oleifera)*. Politeknik Negeri ujung Pandang.
- Ulimi, A. (2024). *Pemanfaatan Kulit Nangka (Artocarpus heterophyllus) Sebagai Biokoagulan Terhadap Penurunan Parameter COD dan TSS Dalam Air Limbah Industri Pengolahan Ikan*. UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Yasrah, A. (2022). *Pemanfaatan Kulit Singkong (Manihot esculenta) Sebagai Biokoagulan Dalam Menurunkan Parameter COD Dan TSS Dari Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH)*. Skripsi UIN Ar-Raniry.
- Yusindra, M. R. (2024). *Pengaruh Variasi Dosis Biokoagulan Daun Mimba (Azadirachta indica) Dan Kecepatan Pengadukan Pada Air Limbah Perikanan*. UIN Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi.