

Research Paper

## Analisis Parameter Kimia Kinerja Koagulan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) dalam Pengolahan Limbah Cair

### *Analysis of Chemical Parameters of Performance of Moringa Seed (*Moringa oleifera*) as Coagulant in Waste Water Treatment*

Sinardi<sup>a\*</sup>, ST. Ica. HT<sup>b</sup>, A. Sry Iryani<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah, 90231, Makassar, Indonesia

<sup>b</sup>Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Penyakit (BTKL PP) Kelas 1 Makassar, Indonesia

**Artikel Histori : Submitted** 12 October 2024, **Revised** 18 November 2024, **Accepted** 28 November 2024, **Online** 30 November 2024

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v9i2.1273>

**ABSTRAK:** Limbah cair rumah tangga, yang kaya akan bahan organik seperti deterjen dan sisa makanan, menjadi salah satu penyebab utama pencemaran perairan dan tanah. Limbah rumah tangga mengandung zat organik yang mencemari air dan tanah. Biji kelor, sebagai koagulan alami, efektif mengikat partikel tersuspensi dalam air menjadi bersih dan aman bagi lingkungan. Biji kelor, dengan kandungan protein tinggi, berperan sebagai koagulan alami yang efektif dalam mengendapkan polutan dalam air. Selain itu yang biji kelor kaya akan gugus polar yang terbukti efektif sebagai koagulan alami dalam menurunkan pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter kimia pengaruh biji kelor terhadap perubahan pH, penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair rumah tangga. Pada penelitian ini menggunakan sampel limbah cair yang diperoleh dari rumah tangga di sekitar Banta Bantaeng Kelurahan Rappocini, Kota Makassar. Parameter kimia yang dianalisis meliputi pH, BOD, dan COD. Penelitian dilakukan menggunakan metode jar test untuk mengukur perubahan parameter sebelum dan setelah proses koagulasi. Konsentrasi koagulan biji kelor optimal pada konsentrasi 2–15 gr/L dengan penurunan BOD sebesar 95% dan COD sebesar 86%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji kelor efektif dalam mengurangi kadar bahan organik pada limbah cair rumah tangga. Dengan efektivitas dan sifatnya yang ramah lingkungan, biji kelor dapat menjadi solusi alternatif yang berkelanjutan untuk pengolahan limbah cair rumah tangga.

**Kata Kunci:** *Moringa oleifera*; Koagulan; Parameter Kimia; Pengolahan Limbah; Limbah Cair.

**ABSTRACT:** Household liquid waste, which is rich in organic matter such as detergents and food waste, is one of the main causes of water and soil pollution. Household waste contains organic substances that pollute water and soil. Moringa seeds, as a natural coagulant, effectively bind suspended particles in water to be clean and safe for the environment. Moringa seeds, with their high protein content, act as a natural coagulant that is effective in settling pollutants in water. In addition, moringa seeds are rich in polar groups which have been proven to be effective as natural coagulants in lowering pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), and *Chemical Oxygen Demand* (COD) in liquid waste. This study aims to analyze the chemical parameters of the influence of moringa seeds on pH changes, decrease in BOD and COD levels in household liquid waste. In this study, liquid waste samples obtained from households around Banta Bantaeng, Rappocini Village, Makassar City were used. The chemical parameters analyzed include pH, BOD, and COD. The research was conducted using the jar test method to measure parameter changes before and after the coagulation process. The concentration of moringa seed coagulant was optimal at a concentration of 2–15 gr/L with a decrease in BOD of 95% and COD of 86%. The results of the study show that moringa seeds are effective in reducing the level of organic matter in household liquid waste. With its effectiveness and environmentally friendly nature, moringa seeds can be a sustainable alternative solution for house hold liquid waste treatment.

**Keywords:** *Moringa oleifera*; Coagulants; Chemical Parameters; Water Treatment; Waste Water.

## 1. PENDAHULUAN

Limbah cair rumah tangga atau limbah cair domestik adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari di rumah tangga. Air bekas cucian, mandi, dan sisa makanan yang dihasilkan oleh rumah tangga merupakan kategori limbah cair domestik yang berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Limbah cair domestik mengandung zat organik yang berasal dari sisa makanan seperti deterjen, sabun, lemak, minyak. Zat organik ini mudah terurai oleh bakteri dan dapat menyebabkan peningkatan kebutuhan

**Published by**  
Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

**Address**

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan

**e-mail :** jcpe@umi.ac.id

**Corresponding Author \***  
sinardi@unifa.ac.id



oksigen dalam air. Limbah cair domestik juga mengandung mikroorganisme seperti bakteri; virus; dan parasit. Semakin banyak mikroorganisme pada limbah cair semakin banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mengurainya. Limbah ini mengandung bahan organik tinggi seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) [1][2].

Limbah cair rumah tangga mengandung berbagai macam bahan organik yang dapat berbahaya bagi lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Beberapa kandungan bahan organik berbahaya tersebut antara lain surfaktan pada deterjen dan sabun. Bahan aktif permukaan yang dapat menyebabkan busa dan mengganggu proses aerasi dalam badan air, sehingga menghambat pertumbuhan organisme air [3][4]. Kandungan bahan organik seperti fosfat pada deterjen yang tinggi menyebabkan eutrofikasi yaitu proses pertumbuhan alga yang berlebihan di perairan. Alga ini dapat menyerap oksigen terlarut dalam air, sehingga menyebabkan kekurangan oksigen bagi biota air lainnya [5]. Beberapa deterjen mengandung bahan kimia berbahaya lainnya yang dapat bersifat toksik bagi organisme hidup [6]. Bahan organik yang terkandung dalam limbah cair yang dibuang ke tanah dapat menyebabkan pencemaran tanah karena dapat terurai oleh mikroorganisme, sehingga menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat meracuni tumbuhan dan hewan [1]. Bahan organik yang terkandung dalam limbah cair juga dapat mengandung bakteri dan virus yang dapat menyebabkan penyakit bagi manusia [4].

Kebaruan penelitian ini adalah objek penelitian yaitu limbah cair rumah tangga yang berasal dari Kelurahan Rappocini, Kota Makassar. Penelitian serupa yang telah dilakukan menggunakan limbah cair yang berbeda karakteristik dan lokasi pengambilan sampel [7][9].

Ada banyak cara untuk mengolah air limbah, salah satunya adalah dengan metode koagulasi. Pada metode ini, partikel-partikel kecil yang mengapung di dalam air akan digumpalkan menjadi lebih besar sehingga mudah mengendap. Untuk mempercepat proses penggumpalan ini, biasanya ditambahkan bahan kimia khusus yang disebut koagulan [10][11]. Biji kelor (*Moringa oleifera* L.) telah banyak diteliti sebagai koagulan alami untuk pengolahan limbah cair termasuk limbah cair rumah tangga [12][8][13]. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis parameter kimia terhadap kinerja koagulan biji kelor untuk menurunkan pH dan menyisihkan BOD dan COD.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang di gunakan dalam penelitian ini: jar test, gelas beker, Erlenmeyer, blender, ayakan, stirer, gelas ukur; pH meter, timbangan, pengaduk. Bahan yang digunakan berupa biji buah kelor dan limbah cair.



**Gambar 1.** Serbuk Biji Kelor

## 2.2. Metode

Prosedur pengambilan sampel mengacu pada Badan Standardisasi Nasional 6989:2008: Air dan air limbah – Bagian 57 [14]. Disiapkan 1 liter air limbah kemudian di tambahkan serbuk buah kelor sebagai koagulan dengan variasi berat yaitu 1 gr, 5 gr, 10 gr, 15 gr, dan 25 gr, lalu diaduk dengan kecepatan pengadukan 10 rpm dengan waktu pengadukan 20 menit dan di endapkan selama 8 jam dan 20 jam.



**Gambar 2.** Sampel Limbah Cair Rumah Tangga sebelum Pengolahan.

Keterangan dari kiri kekanan : Sampel Awal, 1 gr, 5 gr, 10 gr, 15 gr dan 25 gr.

Pengukuran pH (*Potensial of Hidrogen*) sampel dibaca menggunakan pengukur pH meter digital dan dilakukan untuk setiap sampel dan blanko. Setelah angka digital ditampilkan dalam kondisi stabil, nilai pH dibaca.

Penelitian bersifat eksperimen skala laboratorium menggunakan limbah cair rumah tangga yang berasal dari limbah di sekitar Jl. Banta Bantaeng Kelurahan Rappocini, Kota Makassar. Biji kelor yang digunakan diperoleh dari salah satu pasar tradisional di Kota Makassar. Biji kelor yang telah kering dihaluskan sehingga berbentuk serbuk ukuran 80 mesh. Variabel penelitian terdiri dari variabel tetap meliputi: waktu pengendapan; kecepatan pengadukan; dan waktu pengadukan. Variabel berubah meliputi: konsentrasi koagulan biji kelor: 1 gr/L, 5 gr/L, 10 gr/L, 15 gr/L, dan 25 gr/L.

## 2.3. Analisis

### 2.3.1. Analisis BOD

Sampel dalam botol wingkler 300 ml, aerasi bila perlu, kemudian ditambahkan larutan nutrisi, aerasi botol Wingler yang telah diisi sebelumnya hingga penuh, kemudian ditambahkan 1 ml masing – masing  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan reagen  $\text{MnSO}_4$ , lalu dihomogenkan, diamkan, dan ditambahkan 1 ml larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , kemudian dihomogenkan Kembali. Selanjutnya dititrasi dengan larutan natrium  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  tiosulfat hingga kuning pucat, ditambahkan 3 tetes indikator kanji, dititrasi Kembali dengan natrium tiosulfat sampai larutan bening dan di catat hasil titrasinya. Persamaan untuk menghitung BOD adalah

$$\text{BOD} = \text{DO awal} - \text{DO akhir} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

BOD: Kebutuhan oksigen biokimia (mg/L)

DO awal: Kadar oksigen terlarut pada awal pengujian (mg/L)

DO akhir: Kadar oksigen terlarut setelah inkubasi selama 5 hari (mg/L)

### 2.3.2. Analisis COD

Analisis COD dilakukan dengan metode instrumental, yaitu sampel diambil dengan pipet, cairan pencernaan ditambahkan, larutan pereaksi asam sulfat secukupnya ditambahkan ke dalam tabung reaksi atau ampul, tabung reaksi ditutup dan dikocok perlahan. sampai homogen, tabung reaksi direfluks, lalu dipanaskan 2 jam pada  $150^\circ\text{C}$ . Setelah 2 jam, dinginkan sampel hingga suhu kamar, biarkan suspensi mengendap dan pastikan area pengukuran benar-benar transparan terhadap nilai COD. Persamaan menghitung COD adalah

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(\text{Vb} - \text{Vs}) \times \text{N} \times \text{M} \times 8}{\text{V Sampel}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$V_b$  = Volume larutan kalium dikromat untuk titrasi blanko (mL)

$V_s$  = Volume larutan kalium dikromat untuk titrasi sampel (mL)

$N$  = Normalitas larutan kalium dikromat

$M$  = Massa ekuivalen oksigen (8 g/ekv)

$V_{\text{sampel}}$  = Volume sampel air (mL)

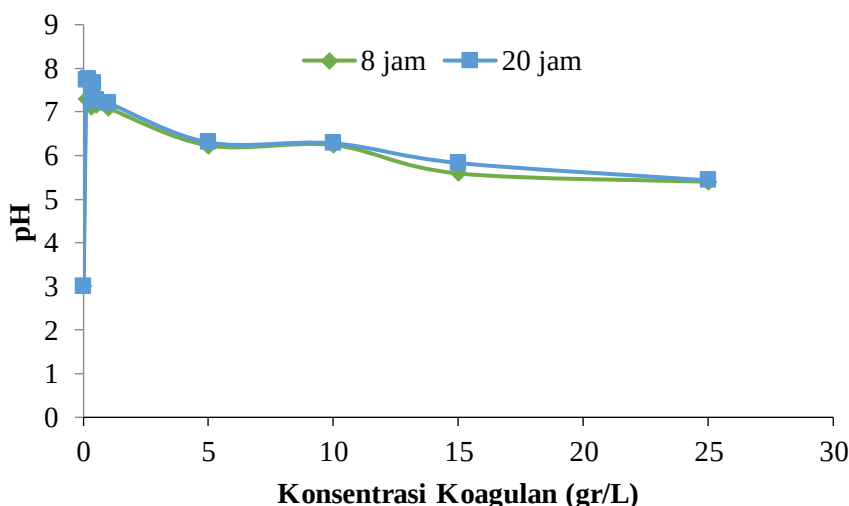
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel limbah cair yang diambil dalam satu waktu (*grab sample*) terlebih dahulu dilakukan pengujian awal berkaitan kualitas limbah cair. Berikut kualitas limbah cair yang digunakan terlihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Kimia Limbah Cair Rumah Tangga

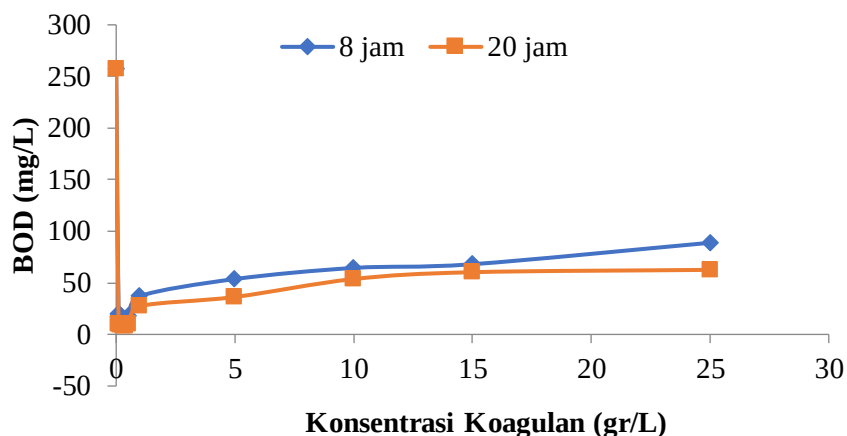
| Parameter | Hasil        | Standar Baku Mutu |
|-----------|--------------|-------------------|
| pH        | 3,01         | 6 – 9             |
| BOD       | 257,212 mg/L | 30 mg/L           |
| COD       | 494,64 mg/L  | 100 mg/L          |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, parameter kimia limbah cair tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Walikota Makassar Nomor 32 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik. Parameter pH di bawah baku mutu dan parameter BOD dan COD di atas baku mutu sehingga diperlukan pengolahan sebelum limbah cair di buang ke lingkungan.



**Gambar 3.** Pengaruh Konsentrasi Koagulan terhadap pH Limbah Cair

Gambar 3 menunjukkan pengaruh pH terhadap konsentrasi koagulan dan lama pengendapan. pH mengalami kenaikan pada konsentrasi koagulan 1 gr yaitu 7,08 pada 8 jam pengendapan dan 7,20 pada 20 jam pengendapan. Ketidakstabilan ion karboksilat, proton, dan ion hidrogen pada koagulan memicu terjadinya reaksi balik, yaitu penggabungan kembali ion-ion tersebut. Reaksi ini mengakibatkan peningkatan konsentrasi ion hidrogen, sehingga pH larutan mengalami kenaikan [15]. Pada konsentrasi 5 gr, 10 gr, 15 gr, dan 25 gr, pH mengalami penurunan. Hal ini karena semakin besar konsentrasi koagulan maka semakin banyak proses hidrolisis dalam air, dan semakin banyak ion  $H^+$  yang terionisasi dalam air, sehingga membuat nilai pH semakin rendah (asam) [16][18]. Selain itu penurunan pH juga disebabkan oleh asam amino yang terkandung pada biji kelor terionisasi, menghasilkan ion karboksilat dan proton [19].

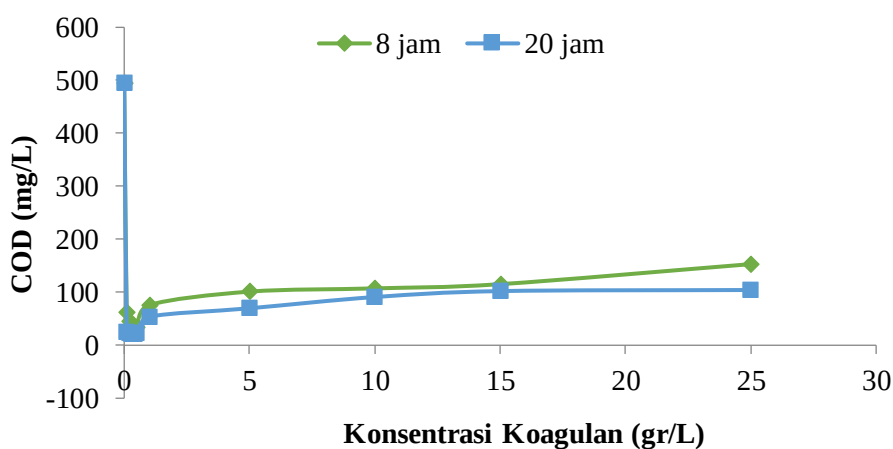


**Gambar 4.** Pengaruh Konsentrasi Koagulan terhadap BOD Limbah Cair

Berdasarkan hasil pengamatan, penurunan konsentrasi BOD limbah cair optimum pada konsentrasi koagulan 15 gr dengan waktu pengendapan 8 jam yaitu sebesar 10.91 mg/L dan waktu pengendapan 20 jam sebesar 8,12 mg/L dengan persen penyisihan 95,7 % dan 96,8 %. Pengaruh konsentrasi koagulan biji kelor terhadap BOD limbah cair bersifat linier, yaitu semakin tinggi konsentrasi koagulan, maka semakin besar pula penurunan BOD. Hal ini disebabkan karena koagulan biji kelor berfungsi untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi dan bahan organik yang terlarut dalam limbah cair. Partikel-partikel yang menggumpal ini akan lebih mudah mengendap dan terpisah dari air, sehingga kandungan BOD dalam limbah cair akan berkurang [7][20].

Begitu pula dengan penambahan diatas 1 gram terjadi kenaikan nilai BOD. Kenaikan nilai BOD akan membawa dampak menurunnya kandungan oksigen terlarut dari limbah. Pada penelitian [11] ] menemukan bahwa penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan memberikan hasil terbaik dalam menurunkan BOD pada dosis 2,4 gram. Akan tetapi, penambahan dosis koagulan menjadi 3 gram justru mengakibatkan peningkatan kembali nilai BOD [7][21]. Sedangkan pada penelitian [9] titik optimum untuk menurunkan nilai BOD pada penambahan koagulan dosis 5 gr, menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan yang diberikan maka semakin besar penurunan kadar BOD pada sampel.

Penelitian ini memperlihatkan koagulan biji kelor sebagai koagulan dimana menggunakan variasi dosis untuk mengetahui nilai optimum terhadap nilai COD pada sampel. Pada air limbah dosis optimum untuk waktu pengendapan 8 jam dan 20 jam pada dosis 15 gr dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pengaruh Konsentrasi Koagulan terhadap COD Limbah Cair

Pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa penurunan optimum nilai COD dengan waktu pengendapan 8 jam dan 20 jam pada penambahan koagulan 15 gr dari 494 mg/L turun menjadi 25,38 mg/L dan 19,82 mg/L. Penambahan koagulan biji kelor pada proses koagulasi untuk menurunkan kadar COD menurun, hal ini disebabkan adanya kandungan deterjen. Salah satu bahan deterjen terdiri dari zat adiktif atau zat aditif berupa pelunak yang mengandung senyawa natrium yang dapat menguras kandungan oksigen air. Dimana tingginya nilai COD dalam limbah dapat mengakibatkan tidak adanya kehidupan biota air [22][23]. Pada penelitian [14] menunjukkan bahwa jumlah koagulan yang ditambahkan sangat berpengaruh pada pengurangan COD dalam air limbah. Ketika hanya ditambahkan 1000 mg/L koagulan, pengurangan COD-nya paling sedikit (hanya 47,3%). Ini karena jumlah koagulan tersebut terlalu sedikit untuk mengikat partikel-partikel kecil penyebab kekeruhan dalam air limbah. Jumlah koagulan yang paling efektif adalah 4000 mg/L, dengan pengurangan COD mencapai 86,4%. Namun, jika jumlah koagulan dinaikkan menjadi 5000 mg/L, pengurangan COD malah menurun. Hal ini terjadi karena kelebihan koagulan justru menyebabkan gumpalan-gumpalan yang terbentuk menjadi pecah kembali. Hal ini tentu saja mengakibatkan flok-flok yang telah terbentuk menjadi pecah kembali, yang membuat persentase COD pada air limbah kembali menurun [13][15] [18] [24].

Pengaruh konsentrasi koagulan biji kelor terhadap COD limbah cair rumah tangga juga bersifat linier, yaitu semakin tinggi konsentrasi koagulan, maka semakin besar pula penurunan COD. Hal ini disebabkan karena koagulan biji kelor berfungsi untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi dan bahan organik yang terlarut dalam limbah cair. Partikel-partikel yang menggumpal ini akan lebih mudah mengendap dan terpisah dari air, sehingga kandungan COD dalam limbah cair akan berkurang.

Setelah dilakukan percobaan, ditemukan bahwa untuk mendapatkan hasil terbaik dalam mengurangi kadar COD pada limbah rumah tangga dengan menggunakan biji kelor sebagai koagulan, dosis yang paling tepat adalah antara 2-5 gram biji kelor untuk setiap liter limbah. Pada dosis ini, penurunan COD dapat mencapai 50-70%. Dosis koagulan yang terlalu rendah tidak akan efektif untuk menurunkan COD, sedangkan dosis koagulan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pengendapan yang berlebihan dan dapat menurunkan kualitas air hasil pengolahan. [9][25].

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis parameter kimia, koagulan biji kelor terbukti efektif dalam menurunkan beban pencemaran organik BOD dan COD pada limbah cair domestik. Mekanisme kerjanya adalah dengan menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi dan bahan organik sehingga lebih mudah diendapkan. Dosis koagulan biji kelor yang optimal untuk menurunkan BOD dan COD bervariasi, pada kisaran antara 2-15 gram per liter limbah. Waktu pengendapan juga mempengaruhi efisiensi pengolahan. Waktu pengendapan yang lebih lama umumnya menghasilkan penurunan BOD dan COD yang lebih baik. Perubahan pH pada limbah cair dipengaruhi oleh konsentrasi koagulan dan waktu pengendapan. Kenaikan pH pada konsentrasi rendah koagulan disebabkan oleh reaksi balik ion, sedangkan penurunan pH pada konsentrasi tinggi disebabkan oleh hidrolisis asam amino dalam biji kelor. Hasil penelitian menunjukkan penurunan BOD dan COD yang signifikan, mencapai hingga 95% untuk BOD dan 86% untuk COD pada kondisi optimal.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Makassar dan Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Penyakit (BTKL PP) Kelas 1 Makassar yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Setyawati, S. S. LA, and S. Andjar Sari, "Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu di Sentra Industri Tahu Kota Malang," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–31, Dec. 2019, doi: 10.36040/industri.v8i1.669.
- [2] D. Lisa, E. Fikri, and R. Rojali, "Penggunaan Koagulan Kombinasi Bubuk Biji *Moringa Oleifera* dan



- Bubuk Biji Tamarindus Indica dalam Menurunkan Kadar COD Dan TSS Limbah Cair Tahu,” *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 21, no. 3, pp. 266–273, Oct. 2022, doi: 10.14710/jkli.21.3.266-273.
- [3] V. Ferry, “Ozonasi Fotokatalitik Untuk Pengolahan Air Dan Air Limbah,” no. December, pp. 1–10, 2017.
- [4] A. Hak, Y. Kurniasih, and H. Hatimah, “Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lam) sebagai Koagulan untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS Dalam Limbah Laundry,” *Hydrog. J. Kependidikan Kim.*, vol. 6, no. 2, p. 100, Jan. 2019, doi: 10.33394/hjkk.v6i2.1604.
- [5] K. Helen, H. Hasyim, and Najmah, “Efektifitas Koagulan Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera*) terhadap Daya Hidup Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) pada Pengolahan Air Limbah Minyak Goreng Restoran Cepat Saji X di Palembang,” *Ilmu Kesehat. Masy.*, vol. 3, no. 01, pp. 47–54, 2012.
- [6] N. Nurafiah Syamsur, I. dan Sahara Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, and U. Alauddin Makassar, “Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Koagulan Biji Kelor,” *JFT J. Fis. dan Ter.*, vol. 5, no. 2, pp. 119–127, 2018.
- [7] W. Rustiah and Y. Andriani, “Analisis Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, Lamk) dalam Menurunkan Kadar COD dan BOD pada Air Limbah Jasa Laundry,” *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 96–100, Jan. 2018, doi: 10.30598/ijcr.2018.5-wao.
- [8] A. S. Agustina, S. Karneng, S. Chadijah, and W. O. Rustiah, “Penentuan Konsentrasi Optimum Koagulan Serbuk Biji Kelor ( *Moringa Oleifera* , Lamk ) pada Air di Wilayah UIN Alauddin Makassar,” *Scedule (Sciences Educ. Learn. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 97–101, 2022.
- [9] A. Haslinah, “Ukuran Partikel dan Konsentrasi Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Terhadap Penurunan Persentase COD Dalam Limbah Cair Industri Tahu,” *ILTEK J. Teknol.*, vol. 15, no. 01, pp. 50–53, Sep. 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i01.510.
- [10] M. P. Sinaga and A. F. Simanullang, “Pengolahan Limbah Cair Industri Rumah Tangga dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi dan Kualulasi di Sungai Pematang Siantar,” *J. Ilmu Perikan. dan Kelaut.*, vol. 4, no. 3, pp. 126–137, 2022.
- [11] Y. Saputra, “Efektivitas Koagulasi dengan Biji Kelor dalam Penyisihan Kandungan Besi dan Mangan pada Air Tanah: Perbandingan antara Proses Satu Tahap dan Dua Tahap,” *Humans Chem. Regimes*, vol. 1, no. 1, pp. 6–14, 2024, doi: 10.61511/hcr.v1i1.766.
- [12] Firmansyah and Sumarni, “Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Limbah Cair,” *J. Inov. Proses*, vol. 7, no. 1, pp. 26–32, 2022.
- [13] A. Zakaria *et al.*, “Penentuan Kondisi Optimum Koagulan Poli Alumunium Klorida Metode Jar Test Berdasarkan Penurunan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) Air Limbah menggunakan Response Surface Method,” *War. AKAB*, vol. 47, no. 1, pp. 28–32, Jul. 2023, doi: 10.55075/wa.v47i1.181.
- [14] Badan Standar Nasional, “Standar Nasional Indonesi 6989.57 Tahun 2008 Tentang Air dan Air Limbah.” 2008.
- [15] D. A. Ramadhani, N. E. Mayangsari, and A. Ramadani, “Perbandingan Penggunaan Koagulan Alami dan Magnetik dari Biji Kelor ( *Moringa oleifera* ) terhadap Efisiensi Penurunan Warna Congo Red,” vol. 7, no. 2623, pp. 111–115, 2024.
- [16] Rusdi, T. B. P. Sidi, and R. Pratama, ““Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji kelor Terhadap pH, Kekeruhan, dan Warna Air Waduk Krenceng,”” *J. Integr. proses*, vol. 5, no. 1, pp. 46–50, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.36055/jip.v5i1.34>.

- [17] M. R. Thabrani and D. A. Permadi, "Uji Efektivitas Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Koagulan dalam Menurunkan COD , BOD dan TSS Pada Air Limbah Laundry," vol. IX, no. 4, pp. 10540–10549, 2024.
- [18] I. Hajjah and L. Suharli, "Efektivitas Biji Kelor ( *Moringa oleifera* ) sebagai Koagulan Alami pada Limbah Cair Industri Tahu," *Life Sci. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 42–48, 2024.
- [19] Irmayana, E. P. Hadisantoso, and S. Isnaini, "Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil Kulit," *Istek*, vol. X, no. 2, pp. 52–67, 2017.
- [20] A. Ro'fa, M. Savira, A. Putri, and N. L. Syakbanah, "Analisis Komparasi Penggunaan Biokoagulan dari Ekstrak Biji Kelor dan Biji Asam Jawa pada Limbah Cair Pabrik Tahu APL Nglebur Lamongan," *Tahun*, vol. 7, no. 1, pp. 8–19, 2023, doi: <https://doi.org/10.30736/7ijev.v7iss1.407>.
- [21] O. Syahbilla, "Optimalisasi Penggunaan Serbuk Biji Kelor(*Moringa oleifera*) sebagai Koagulan Alami pada Limbah Cair Industri Tahu," pp. 1–75, 2023.
- [22] A. Sulfat, T. Sebagai, and K. Dalam, "Efektivitas Pemakaian *Moringa Oleifera* (Biji Kelor) dan Aluminium Sulfat (Tawas) sebagai Koagulan dalam Pengolahan Limbah Industri Percetakan Karton," pp. 416–420, 2024.
- [23] J. A. Nenohai, Z. S. Minata, B. Ronggopuro, E. H. Sanjaya, and Y. Utomo, "Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor dan Berbagai Biomassa Lainnya dalam Mengatasi Pencemaran Air : Analisis Review," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 21, no. 1, pp. 29–35, 2023, doi: 10.14710/jil.21.1.29-35.
- [24] A. A. Saina and M. Lukman, "Efektifitas Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) dalam Menurunkan Tingkat Kekeruhan dan Kadar Besi (Fe) pada Air Sumur Gali di Kelurahan Antang Kota Makassar," vol. 5, pp. 5479–5485, 2024.
- [25] D. K. Wibawarto, Syafrudin, and W. D. Nugraha, "Studi Penurunan Turbidity, TSS, COD menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Nanobiokoagulan dalam Pengolahan Limbah Domestik (*Grey Water*)," p. 282, 2008.