

Uji Efektivitas Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Koagulan Dalam Menurunkan COD, BOD dan TSS Pada Air Limbah Laundry

Muhammad Rozan Thabrani*, Didin Agustian Permadi

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung

*Koresponden email: rozanthabrani@mhs.itenas.ac.id

Diterima: 1 Agustus 2024

Disetujui: 7 Agustus 2024

Abstract

Inorganic coagulants are widely used in wastewater treatment. However, long-term negative effects have led to their replacement by organic coagulants derived from natural sources or environmentally friendly biocoagulants. In Indonesia, there are many plants that can be used as biocoagulants, one of which is the seeds of *Moringa oleifera* (*Moringa oleifera*). This research aims to analyse the influence of *Moringa oleifera* seed powder on COD, BOD and TSS parameters in laundry wastewater using the glass test method. The research variables include variations in doses of *Moringa oleifera* seed powder (0.8 g; 1.0 g; 1.5 g; 2 g; and 3 g). The study is analysed by comparing with standard limits and calculating the percentage removal of each test parameter. The results indicate that the different doses of *Moringa oleifera* seed powder can affect the levels of COD, BOD and TSS in wastewater. The optimum dose for reducing COD and TSS is 1.5 grams with a reduction percentage of 84% for COD and 94% for TSS. For BOD, the optimum dose is 1 gram with a reduction of 85%.

Keywords: *biocoagulant, moringa oleifera seed powder, jar test method, removal percentage, optimum dosage*

Abstrak

Penggunaan Koagulan anorganik merupakan reagen yang lazim dimanfaatkan dalam proses treatment air buangan. Namun, adanya dampak negatif dalam jangka panjang, membuat penggunaannya mulai banyak digantikan oleh koagulan organik yang terbuat dari alam atau biokoagulan yang tidak merusak alam. Keanekaragaman hayati Indonesia menyediakan sumber daya yang melimpah, termasuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) yang memiliki sifat koagulasi yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh serbuk biji kelor terhadap parameter COD, BOD, dan TSS pada air limbah laundry, dengan menggunakan metode jar test. Variabel penelitian yang dipakai ialah variasi dosis serbuk biji kelor (0,8 gr; 1,0 gr; 1,5 gr; 2 gr; dan 3 gr). Penelitian ini dianalisis dengan melakukan perbandingan dengan baku mutu dan perhitungan presentase penyisihan setiap parameter ujinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan dosis serbuk biji kelor dapat mempengaruhi kadar COD, BOD, dan TSS yang terkandung pada air limbah. Dosis optimum dalam penurunan COD dan TSS adalah dosis 1,5 gram dengan penurunan COD sebesar 84% dan TSS sebesar 94%. Sementara itu, pada parameter BOD dosis optimumnya adalah dosis 1 gram dengan persen penurunan sebesar 85%.

Kata Kunci: *biokoagulan, serbuk biji kelor, metode jar test, presentase penyisihan, dosis optimum*

1. Pendahuluan

Polutan yang meningkat adalah masalah yang muncul saat ini, terutama pada sumber daya air dan kelangkaannya. *United Nations* (UN) dan *World Health Organization* (WHO) telah memperingatkan masyarakat internasional tentang ancaman yang berkembang dari kelangkaan air atau pembuangan polutan yang tidak terkendali dalam limbah cair [1]. Pencemaran oleh kontaminan organik dan anorganik merupakan masalah lingkungan penting karena efek toksik mereka dan akumulasi yang mungkin terjadi sepanjang rantai makanan yang dapat masuk kedalam tubuh manusia [2].

Menurut WHO [3], air limbah dapat mencakup air bekas cuci, air bekas mandi, air limbah domestik, dan air limbah industri. Ini bisa mengandung zat-zat berbahaya seperti bakteri, virus, bahan kimia, atau senyawa organik. Jadi menurut rujukan dari WHO tersebut dapat dipastikan bahwa air bekas laundry dapat disebut air limbah. Deterjen dalam limbah laundry dapat menimbulkan efek racun pada kehidupan di dalam air. Selain bersifat organik, deterjen dalam limbah laundry juga disertai oleh senyawa organik lainnya seperti minyak dan lemak. Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan indikator kuantitatif

kebutuhan oksigen mikroorganisme dalam proses oksidasi bahan organik secara aerob. Sedangkan, COD menunjukkan berapa banyak oksigen yang diperlukan untuk mengubah semua zat organik menjadi zat yang lebih sederhana. Selain itu, dengan membuang limbah penatu (laundry) ke badan air, maka akan menyebabkan meningkatnya Total Suspended Solids (TSS) pada badan air. Keberadaan TSS dalam air menyebabkan penurunan transparansi akibat adanya partikel padat yang terdispersi [4].

Terdapat beberapa metode pengolahan yang dapat diterapkan pada limbah cair laundry, salah satunya adalah proses koagulasi. Koagulasi adalah suatu proses yang bertujuan untuk menstabilkan partikel koloid dalam air limbah dengan mencampurkan beberapa bahan kimia khusus sehingga menjadi flok. Proses pencampuran flok menjadi flok yang lebih besar memungkinkan terjadinya sedimentasi secara gravitasi. Metode ini dapat menjadi alternatif dalam pengolahan limbah cair secara kimiawi. [5].

Kebanyakan koagulan yang dimanfaatkan pada proses pengolahan air limbah secara konvensional ialah koagulan anorganik. Selain itu, ada pula koagulan organik yang bisa terbuat dari koagulan alami dari alam atau polimer organik sintesis [6]. Senyawa-senyawa ini menunjukkan komposisi kimia yang berbeda tergantung pada aplikasi mereka dan karakteristik air limbah. Polimer anorganik yang dikenal sebagai klorida polialuminium (PAC) dan garam anorganik alum (aluminium sulfat) adalah koagulan yang paling banyak digunakan dalam pengolahan fisika kimia air limbah untuk penghilangan padatan tersuspensi yang mudah menguap [2]. Namun, beberapa penelitian telah melaporkan bahwa residu aluminium, yang merupakan komponen utama dari PAC dan alum, dapat menyebabkan Alzheimer atau berkontribusi pada berbagai penyakit [7]. Juga telah dilaporkan jika monomer beberapa polimer organik sintesis seperti akrilamida mempunyai karakteristik neurotoksik dan karsinogenik yang kuat. Kekhawatiran ini, bersama dengan efek lingkungan yang merugikan yang dihasilkan oleh senyawa-senyawa ini [8].

Biji Kelor (*Moringa oleifera*) merupakan biokoagulan potensial yang dapat diaplikasikan dalam pengolahan air limbah untuk menggantikan koagulan sintesis. Ketersediaan biji kelor secara lokal menjadikan tanaman ini sebagai pilihan yang menarik untuk dikembangkan sebagai koagulan alami. (Bangun dkk., 2013) bahwa biji kelor ialah biokoagulan yang mampu mengaglomerasi partikel tersuspensi dalam limbah cair secara efektif. Selain itu, biji kelor juga aman bagi lingkungan karena tidak mengandung zat beracun. Senyawa (4-Alfa-4-RamnosiloksiBenzil-Isotiosianat) pada biji kelor berperan penting dalam menentukan efisiensi proses koagulasi zat aktif tersebut memiliki kemampuan menyerap partikel-partikel pencemar dalam air limbah. Dengan mengurangi ukuran partikel biji kelor, luas permukaan yang kontak dengan air limbah akan meningkat, sehingga efektivitas adsorpsi zat aktif juga meningkat. Kandungan air yang tinggi pada biji kelor akan mengurangi efisiensi adsorpsi karena zat aktif akan terhalang oleh molekul air. Oleh karena itu, biji kelor sebaiknya dalam kondisi kering [9].

Dengan mengutamakan penggunaan bahan alami, diharapkan dapat mengurangi dampak negatif penggunaan bahan sintesis terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Koagulasi menggunakan *Moringa oleifera* sebagai biokoagulan memberikan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan koagulan sintesis, serta memiliki potensi sebagai bahan pangan. Biaya operasional penggunaan koagulan alami dari biji kelor lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan alum [10].

Mengingat potensi biji kelor sebagai bahan alami dalam pengolahan air, penelitian ini memiliki tujuan agar menyelidiki efektivitas serbuk biji kelor kering dalam mengendapkan partikel-partikel koloid yang terkandung dalam limbah cair laundry. Masalah yang diuji pada penelitian ini adalah menganalisis kinerja dan efektivitas serbuk biji kelor sebagai koagulan organik dalam menurunkan COD, BOD, dan TSS pada limbah cair industri laundry. Setelah dilakukan analisis penyisihan COD, BOD, dan TSS lalu dilakukan perbandingan dengan baku mutu yang sesuai dengan industri laundry berdasarkan Lampiran 1 Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta nomor 69 tahun 2013. Peraturan ini digunakan karena lebih spesifik sebagai baku mutu air limbah kegiatan laundry.

Pada penelitian ini parameter yang diuji adalah BOD, COD, dan TSS. Digunakan dosis serbuk biji kelor sebesar 0,8; 1,0; 1,5; 2; dan 3 gram varian dosis yang dipakai. Dalam analisis ini juga dilakukan perbandingan dengan baku mutu yang telah ditentukan pada Lampiran 1 Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta nomor 69 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Berkaitan dengan latar belakang, penelitian ini ingin menunjukkan rekomendasi koagulan alternatif yang lebih ekonomis, mudah didapat, dan lebih aman digunakan dibanding koagulan anorganik yang biasa digunakan. selain mengevaluasi potensi biji kelor sebagai koagulan, penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh data kuantitatif mengenai dosis optimal serbuk biji kelor yang diperlukan untuk mencapai efisiensi pengolahan limbah yang maksimal, agar dosis tersebut efektif dalam menurunkan parameter-parameter pencemar terutama pada air limbah laundry. Harapan dari penelitian ini adalah dapat diaplikasikan di lapangan untuk mengolah air limbah terutama laundry dengan teknologi tepat guna, ekonomis, murah dan mudah dalam pengoperasiannya.

Tabel 1. Baku mutu air limbah laundry

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum (mg/L)
pH	-	6-9
TSS	mg/L	100
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5
Zat Organik (KMnO ₄)	mg/L	85
BOD ₅	mg/L	75
COD	mg/L	150

Sumber: Pergub DKI Jakarta No 69 tahun 2013

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini tergolong ke jenis penelitian eksperimen. Dalam penelitian eksperimen, peneliti secara sengaja mengubah satu atau lebih faktor (variabel bebas) yang diduga mempengaruhi suatu hasil (variabel terikat). Dengan mengendalikan faktor-faktor lain yang mungkin mempengaruhi hasil, peneliti mampu membuat inferensi yang lebih kuat mengenai hubungan kausal antara variabel independen dan dependen. Tujuan utama dari penelitian eksperimen adalah untuk menguji hipotesis kausal dan menentukan hubungan sebab-akibat antara variabel. Penelitian ini sering dilakukan dalam lingkungan laboratorium atau lapangan yang terkendali [11]. Tujuan penelitian juga untuk menguji hipotesis bahwa semakin tingginya konsentrasi koagulan maka semakin tinggi pula efisiensi penyisihannya. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian karakteristik awal air limbah laundry.
2. Pembuatan serbuk biji kelor.
3. Pengolahan air limbah laundry dengan metode jar test.
4. Penentuan kadar COD, BOD, dan TSS air limbah setelah dilakukan pengolahan.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

Peralatan yang dipakai mencakup ayakan 60 mesh, oven, jerigen, heating block, gelas kimia, pipet volumetrik, botol winkler, kertas saring, buret dan statif, lemari inkubasi, desikator, labu digestion vessel, timbangan analitik, alat jar test, dan botol pereaksi

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dipakai meliputi biji kelor, aquadest, larutan buffer phospat, FeCl₃, CaCl₂, MgSO₄.7H₂O, bibit mikroba, H₂SO₄, NaOH-KI, natrium thiosulfat, larutan kanji, KH(IO₃)₂, MnSO₄, H₂SO₄, K₂Cr₂O₇, larutan FAS, larutan indikator ferroin, kertas saring, dan sampel air limbah laundry.

2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu :

1. Pembuatan serbuk biji kelor

Tahap awal pengolahan biji kelor adalah pemilihan buah matang. Setelah itu, biji dipisahkan dari buah dan cangkangnya, kemudian dibersihkan dan dikeringkan. Biji kelor kering diayak menggunakan ayakan 60 mesh untuk mendapatkan partikel yang berukuran sangat halus. Bubuk halus ini kemudian dikeringkan kembali dalam oven bersuhu 105°C selama 30 menit atau dijemur selama 3-5 hari untuk memastikan kadar airnya benar-benar rendah. Bubuk biji kelor yang sudah kering sempurna ini selanjutnya digunakan untuk membuat koagulan [12]. Proses pembuatan larutan koagulan biji kelor dimulai dengan melarutkan 1 gram serbuk biji kelor dalam 200 mL aquades untuk memperoleh larutan stok dengan konsentrasi 5000 mg/L. Dari larutan stok ini, kemudian disiapkan berbagai larutan dengan mengencerkan atau mempekatkannya sehingga diperoleh lima tingkat konsentrasi, yaitu 4000 mg/L, 5000 mg/L, 7500 mg/L, 10000 mg/L, dan 15000 mg/L.



Gambar 1: Serbuk biji kelor
Sumber: Hasil Pengolahan data, 2024

2. Pengolahan air limbah laundry

Pengolahan limbah laundry dilakukan dengan metode jar test sesuai dengan SNI 19-6449-2000. Pengolahan limbah laundry dilakukan dengan memasukkan sampel air limbah kedalam 1000 ml gelas kimia menggunakan gelas ukur. Lalu sebelum dilakukan jar test bubuk koagulan serbuk biji kelor yang sudah dibuat. Pada studi ini digunakan 5 dosis serbuk biji kelor sebesar 0,8 gr; 1 gr; 1,5 gr; 2 gr; dan 3 gr. Kemudian lakukan pengadukan cepat untuk membentuk flok selama 1 menit dengan kecepatan 120 RPM. Setelah itu untuk memperbesar flok yang telah terbentuk, serbuk tersebut diaduk perlahan selama 12 menit dengan kecepatan 40 putaran per menit. Setelah air limbah diolah lakukan uji BOD,COD, dan TSS.



Gambar 2: Pengolahan air limbah menggunakan metode jar test
Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

3. Pengujian parameter uji

Pada penelitian ini terdapat 3 parameter uji yang akan dilakukan pengujian yaitu COD, BOD, dan TSS. Pengujian ketiga parameter ini merujuk pada SNI sebagai berikut.

Tabel 2. Standar uji setiap parameter

Parameter	Satuan	Standar Uji	Tempat Pengujian
COD	mg/l	SNI 6898.73-2019	Laboratorium
DO	mg/l	SNI 06-6989.14-2004	Laboratorium
BOD	mg/l	SNI 6898.72-2009	Laboratorium
TSS	mg/l	SNI 6898.3-2019	Laboratorium

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2024

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan sampel limbah laundry dilakukan dengan metode grab sampling sesuai dengan SNI 6989.59.2008. sementara itu, pada parameter COD memanfaatkan metode refluks tertutup secara titrimetri sesuai dengan SNI 6989.73:2019, parameter BOD menggunakan metode yodometri (modifikasi azida) secara titrimetric sesuai dengan SNI 6989.72:2009, dan TSS menggunakan metode penentuan residu tersuspensi secara gravimetri sesuai dengan SNI 06-6989.3-2004. Seluruh tahapan dari penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Bandung.



Gambar 3: Lokasi sampling
 Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

2.5 Teknik Analisis Data

Setelah semua parameter uji kadarnya telah ditentukan, pada air limbah laundry sebelum pengolahan maupun setelah pengolahan menggunakan serbuk biji kelor. Selanjutnya melakukan penentuan presentase efisiensi penyisihan setiap parameter uji dengan membandingkan kadar sebelum dan sesudah pengolahan. Data empiris yang diperoleh dari penelitian ini dipresentasikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk memudahkan analisis. Perhitungan persentase penurunan untuk setiap parameter uji dilakukan dengan menerapkan rumus:

$$\% \text{ Efisiensi Penyisihan} = \frac{\text{Nilai Awal} - \text{Nilai Akhir}}{\text{Nilai Awal}} \times 100\%$$

Sebagai pembanding, data hasil penelitian ini juga dicocokkan dengan baku mutu air limbah yang tercantum dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 69 Tahun 2013.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Awal Air Limbah Laundry

Sampel air limbah diambil dari pipa outlet mesin cuci, yang berlokasi di Jl. Sidomukti, Kelurahan Sukaluyu. Jadi, air limbah laundry yang digunakan murni hasil dari proses pencucian pakaian saja. Pengambilan sampel air limbah cucian dilakukan dengan mengikuti prosedur yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59:2008, menggunakan metode pengambilan grab sampling. Proses pengambilan sampel dilakukan dengan mengumpulkan 10 liter air limbah laundry. Sampel tersebut kemudian disimpan dalam wadah tertutup rapat, yaitu jerigen. Karakteristik fisik dan kimia awal dari sampel tersebut telah dianalisis dan hasilnya disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Karakteristik awal air limbah laundry

Parameter	Baku Mutu (PERGUB DKI Jakarta No 69 Tahun 2013)	Hasil Penelitian	Satuan
pH	6-9	7,97	-
BOD ₅	75	40,00	mg/l
COD	150	173,28	mg/l
TSS	100	647,50	mg/l

Sumber: Hasil Pengolahan data, 2024

Dari hasil uji karakteristik air limbah laundry yang dapat dilihat pada **Tabel 3**, dapat terlihat bahwa parameter pH dan BOD₅ sudah memenuhi baku mutu. Namun, kedua parameter lainnya seperti COD dan TSS masih belum sesuai dengan baku mutu yang diatur pada PERGUB DKI Jakarta No 69 Tahun 2013. Oleh karena itu, tetap perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar air limbah laundry tidak menyebabkan pencemaran pada badan air. Pada industri laundry, menggunakan deterjen sebagai bahan utama dalam proses pencucian. Tentunya hal ini dapat mencemari lingkungan jika limbah laundry tidak diolah secara memadai sebelum dibuang [13].

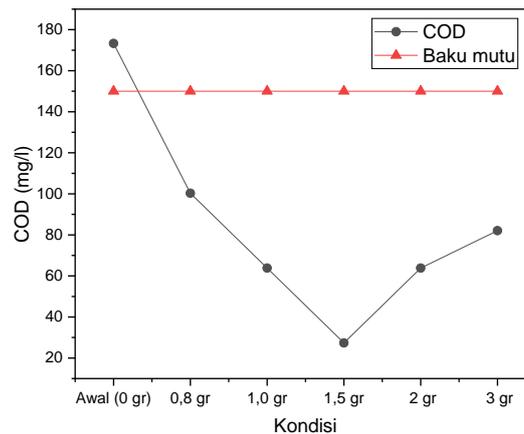
3.2 Pengaruh Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Parameter COD

Hasil penelitian kadar COD dilihat pada Tabel 4 dan grafik perbandingan dengan baku mutu pada Gambar 4.

Tabel 4. Hasil uji COD pada setiap variasi serbuk biji kelor

Kondisi	COD	Satuan
Dosis 0,8 gr	100,32	mg/l
Dosis 1 gr	63,84	mg/l
Dosis 1,5 gr	27,36	mg/l
Dosis 2 gr	63,84	mg/l
Dosis 3 gr	82,08	mg/l

Sumber: Hasil pengolahan data, 2024



Gambar 4: Grafik perbandingan nilai COD setiap dosis dengan baku mutu
 Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

Dari **Gambar 4** dapat dilihat bahwa semakin tinggi dosis koagulan tidak menjamin semakin efektifnya penyisihan kadar COD. Dari penelitian ini dosis yang paling efektif dalam penurunan kadar COD adalah dosis 1,5 gram dengan nilai COD sebesar 27,36 mg/l, yang jika dibandingkan dengan karakteristik awal terjadi penurunan sebesar 145,92 mg/l, pengendapan partikel tersebut merupakan hasil dari gaya gravitasi bumi yang bekerja pada setiap benda, termasuk partikel-partikel dalam cairan. Molekul deterjen memiliki sifat amfifilik, artinya memiliki bagian yang suka air (polar) dan tidak suka air (nonpolar). Bagian nonpolar (rantai hidrokarbon) inilah yang menyebabkan deterjen tidak larut sempurna dalam air dan membentuk partikel yang mengendap. Bahan organik tersuspensi dapat mengakibatkan pengendapan, mengurangi partikel pencemar di permukaan air dan meningkatkan suplai oksigen [14].

Peningkatan dosis koagulan tidak selalu berbanding lurus dengan penurunan kadar COD. Pada dosis tinggi, koagulan sendiri dapat menjadi sumber zat organik tambahan yang sulit didegradasi. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa organik kompleks dalam koagulan yang tidak dapat dipecah oleh mikroorganisme. Akibatnya, sisa-sisa zat organik dari koagulan dan sampel uji akan meningkatkan kebutuhan oksigen total untuk mengoksidasi seluruh materi organik, dengan demikian nilai COD pun meningkat [15]. Namun jika dibandingkan dengan baku mutu setiap dosis aman digunakan karena sudah sesuai dengan baku mutu PERGUB DKI Jakarta No 69 Tahun 2013.

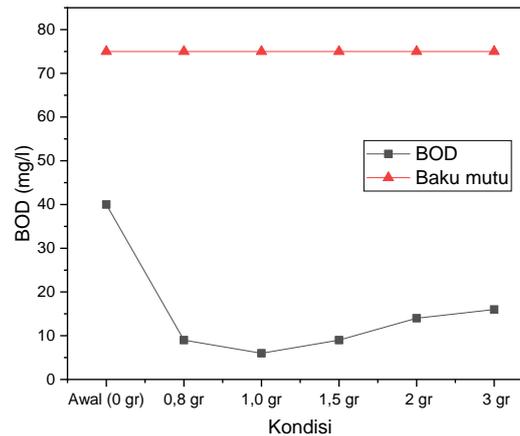
3.3 Pengaruh Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Parameter BOD

Hasil penelitian kadar BOD dilihat pada **Tabel 5** dan grafik perbandingan dengan baku mutu pada **Gambar 5**. Dari **Tabel 5** bisa diamati jika terjadi efektifitas tertinggi dalam pengurangan kadar BOD dalam dosis 1 gram serbuk biji kelor. Jika, dibandingkan dengan karakteristik awal dosis ini dapat menurunkan kadar BOD sebesar 34 mg/l. Namun, jika diperhatikan pola yang terjadi mirip dengan nilai COD, terjadi peningkatan kadar pada dosis yang lebih tinggi. Walaupun masih sesuai dengan baku mutu yang nilai/data/informasinya dapat dilihat secara detail pada **Gambar 5**.

Tabel 5. Hasil uji BOD setiap variasi serbuk biji kelor

Kondisi	BOD	Satuan
Dosis 0,8 gr	9	mg/l
Dosis 1 gr	6	mg/l
Dosis 1,5 gr	9	mg/l
Dosis 2 gr	14	mg/l
Dosis 3 gr	16	mg/l

Sumber: Hasil pengolahan data, 2024



Gambar 5: Grafik perbandingan nilai COD setiap dosis dengan baku mutu

Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

Namun, kenaikan ini terjadi karena beberapa faktor seperti tingginya dosis yang diberikan berkontribusi terhadap tambahan beban organik pada air limbah, karena bahan organik yang ditambah mudah diuraikan dengan mikroorganisme, sehingga menaikkan nilai BOD yang terkandung. Faktor lain yang bisa menjadi alasan tentang hal ini adalah reaksi kimia antara zat organik dalam air limbah dengan komponen aktif dalam biokoagulan yang dapat meningkatkan nilai BOD. Selain itu kenaikan BOD secara berkala pada dosis lebih dari 1 gram serbuk biji kelor menurut (Rustiah dan Andriani, 2018) juga disebabkan karena dosis koagulan yang melebihi batas optimal akan mengakibatkan fenomena overdosis, ditandai dengan pembentukan flok yang besar dan padat. Kondisi ini mengurangi luas permukaan kontak antara koagulan dan partikel koloid, sehingga menurunkan efisiensi proses koagulasi [16].

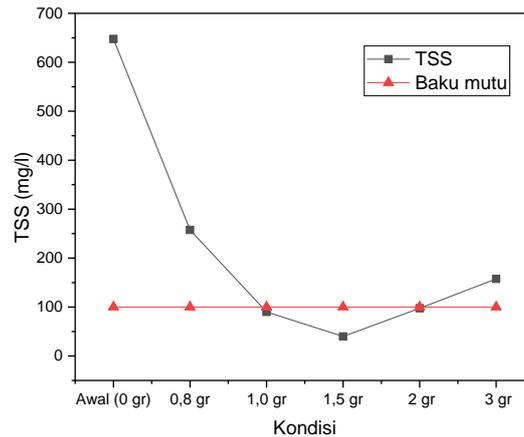
3.4 Pengaruh Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Parameter TSS

Hasil penelitian kadar TSS dapat dilihat pada **Tabel 6** dan grafik perbandingan dengan baku mutu pada **Gambar 6**.

Tabel 6 Hasil uji TSS setiap variasi serbuk biji kelor

Kondisi	TSS	Satuan
Dosis 0,8 gr	257,50	mg/l
Dosis 1 gr	90,00	mg/l
Dosis 1,5 gr	40,00	mg/l
Dosis 2 gr	97,50	mg/l
Dosis 3 gr	157,50	mg/l

Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

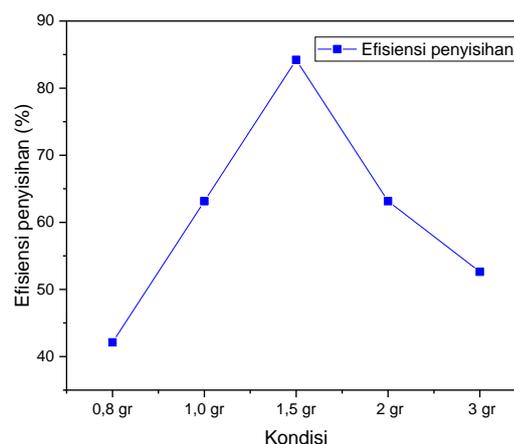


Gambar 6: Grafik perbandingan nilai COD setiap dosis dengan baku mutu
 Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

Dari **Tabel 6** bisa diamati dosis 1,5 gram menunjukkan penurunan yang paling signifikan, dengan nilai akhir kadar TSS sebesar 40,00 mg/l, yang jika dibandingkan dengan karakteristik awal terjadi penurunan yang signifikan sebesar 607,5 mg/l. Namun berbeda dengan dua parameter sebelumnya yang semua dosisnya sesuai dengan baku mutu pada kadar TSS terdapat dua dosis yang tidak sesuai baku mutu. Dapat dilihat pada Gambar 6 dosis 0,8 gram dan 3 gram nilai TSSnya berada diatas baku mutu yang telah ditentukan. Terdapat sejumlah faktor yang berkontribusi terhadap kejadian ini, Seperti pada dosis 0,8 gram, disebabkan karena terlalu rendahnya dosis yang digunakan membuat kemungkinan terbentuknya flok yang cukup besar untuk menangkap partikel tersuspensi akan menjadi rendah, sehingga pengurangan TSS tidak akan optimal. Selain itu, koagulan dalam dosis yang kecil mungkin tidak dapat mencapai semua bagian air limbah, yang juga dapat mengurangi efektivitasnya dalam mengurangi TSS secara keseluruhan. Sebaliknya pada dosis paling tinggi (3 gram), terjadi kenaikan TSS karena penambahan koagulan secara berlebihan dapat menyebabkan destabilisasi flok yang telah terbentuk. Hal ini disebabkan oleh kurangnya ruang untuk interaksi antar partikel koloid, sehingga proses koagulasi-flokulasi menjadi tidak optimal dan mengakibatkan peningkatan nilai TSS [9].

3.5 Efisiensi Penyisihan Parameter COD, BOD, dan TSS

3.5.1 COD

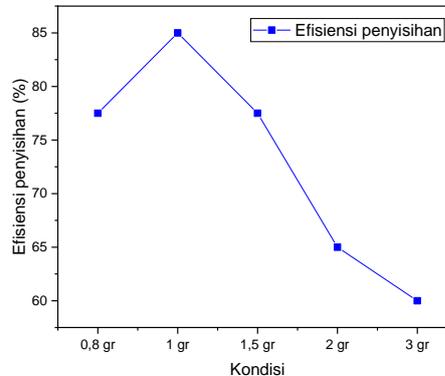


Gambar 7: Grafik % efisiensi COD
 Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

Dari **Gambar 8** dapat disimpulkan % efisiensi terbesar terjadi pada dosis 1,5 gram serbuk biji kelor sebesar 84% sedangkan, pada dosis lainnya bahkan tidak menyentuh 70 % seperti pada dosis 1 gram dan 2 gram dengan persen penurunan 63%. Sesuai dengan pembahasan pada nilai COD dosis terendah dan

tertinggi paling tidak efektif dibanding dengan dosis lainnya, seperti pada dosis 0,8 gram yang hanya 43% dan dosis 3 gram sebesar 53%. Dapat disimpulkan dosis terbaik dalam penurunan COD adalah dosis 1,5 gram.

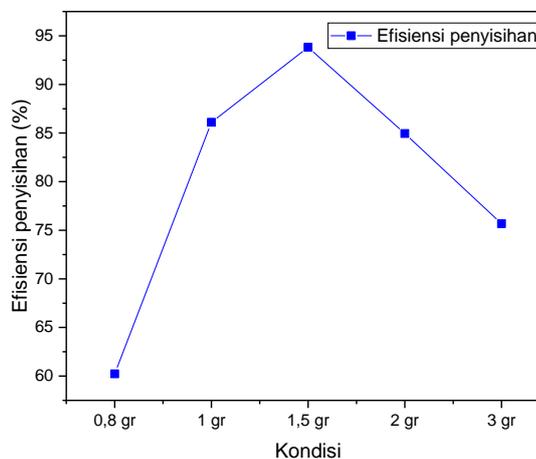
3.5.2 BOD



Gambar 8: Grafik % efisiensi BOD
 Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

Dari **Gambar 8** dapat disimpulkan % efisiensi terbesar terjadi pada dosis 1 gram serbuk biji kelor dengan persen penyisihan sebesar 85%. Namun perbedaan tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan dosis lainnya. Hal ini dapat terjadi karena nilai BOD pada karakteristik air limbah awal memang sudah kecil dan sesuai dengan baku mutu. Jadi, penggunaan setiap dosis pada penurunan BOD bisa dibilang efektif karena setiap dosis memiliki persen penurunan diatas 50%. Dapat disimpulkan dosis terbaik dalam penurunan BOD adalah dosis 1 gram serbuk biji kelor.

3.5.3 TSS



Gambar 9: Grafik % efisiensi TSS
 Sumber: Hasil pengolahan data, 2024

Dari **Gambar 9** dapat disimpulkan % efisiensi tertinggi dalam penurunan TSS terjadi pada dosis 1,5 gram serbuk biji kelor, dengan persen efisiensi sebesar 94%. Persen efisiensi pada setiap dosis dalam parameter TSS cukup signifikan karena setiap dosis sudah melebihi 50% penyisihan parameter TSS. Namun, perlu dicatat bahwa persen penurunan yang tinggi tidak pasti membuat nilai parameter TSSnya sesuai dengan baku mutu, pasalnya jika dilihat pada nilai TSS yang terkandung pada dosis 0,8 gram dan 3 gram belum memenuhi baku mutu, namun karena nilai TSS pada karakteristik awal air limbah laundry sangat tinggi menyebabkan persen penurunannya tinggi pula. Maka dari itu walaupun persen penyisihannya tinggi pemilihan dosis juga perlu disesuaikan dengan karakteristik awal limbah air yang ingin diolah. Maka dapat disimpulkan dosis yang efektif dalam penggunaan TSS adalah dosis 1,5 gram serbuk biji kelor.

4. Kesimpulan

Didasari dari hasil uji yang sudah dilaksanakan pada kelima variasi dosis serbuk biji kelor terhadap parameter COD, BOD dan TSS. Disimpulkan bahwa dosis serbuk biji kelor dapat berpengaruh terhadap nilai pada setiap parameter uji. Jika dibandingkan dengan hipotesis bahwa semakin tinggi dosis makan semakin tinggi pula efisiensi penurunan parameter ujinnya. Hal itu dapat dipastikan salah, karena pada penelitian ini dibuktikan bahwa tingginya dosis koagulan dapat menyebabkan kenaikan setiap parameter uji, dan sebaliknya terlalu rendahnya koagulan dapat menyebabkan kurang efektifnya penyisihan pada parameter uji. Dari penelitian ini juga dapat disimpulkan dosis yang paling efektif dalam penurunan COD dan TSS adalah dosis 1,5 gram, dengan penurunan COD sebesar 84 % dan TSS sebesar 94%. Berbeda dengan BOD dosis yang paling efektif dalam penurunan parameter ini adalah dosis 1 gram serbuk biji kelor, dengan penurunan sebesar 85%. Namun, jika dapat dipilih satu dosis serbuk biji kelor terbaik untuk pengolahan air limbah laundry adalah dosis 1,5 gram karena pada dosis 1,5 gram %penurunannya paling konsisten dan selalu diatas 70%. Selain itu, jika dibandingkan dengan baku mutu dosis 1,5 gram sudah aman digunakan karena semua parameternya sudah sesuai dengan baku mutu yang ditentukan.

5. Referensi

1. Programme, W.W.A., *The United Nations World Water Development Report*. 2009: UNESCO Pub.
2. Altenor, S. and S. Gaspard, *Biomass for water treatment: biosorbent, coagulants and flocculants*, in *Biomass for Sustainable Applications: Pollution Remediation and Energy*. 2013, The Royal Society of Chemistry. p. 1-45.
3. WHO, *WHO guidelines for the safe use of wastewater excreta and greywater*. Vol. 1. 2006: World Health Organization.
4. Trestianingrum, R., S. Rahayu, and M. Nurmilawati. *Perbandingan Efektifitas Koagulan Tawas dan Biji Kelor Terhadap Kadar BOD pada Air Limbah Jasa Cuci Pakaian*. in *Prosiding Seminar Biologi*. 2013.
5. Sumardjo, D., *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan program strata 1*. Fakultas Bioeksakta. Jakarta: EGC, 2006.
6. Mohammad, T.A., et al., *Coagulation activity of spray dried salt extracted Moringa oleifera*. *Desalination and Water Treatment*, 2013. **51**(7-9): p. 1941-1946.
7. Akhtar, M., et al., *Sorption potential of Moringa oleifera pods for the removal of organic pollutants from aqueous solutions*. *Journal of hazardous materials*, 2007. **141**(3): p. 546-556.
8. Acheampong, M.A., et al., *Kinetics modelling of Cu (II) biosorption on to coconut shell and Moringa oleifera seeds from tropical regions*. *Environmental technology*, 2012. **33**(4): p. 409-417.
9. Bangun, A.R., et al., *Pengaruh kadar air, dosis dan lama pengendapan koagulan serbuk biji kelor sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri tahu*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2013. **2**(1): p. 7-13.
10. Amagloh, F.K. and A. Benang, *Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification*. 2009.
11. Howitt, D. and D. Cramer, *Introduction to research methods in psychology*. 2007: Pearson Education.
12. Bertus, M.Y.P., S. Suherman, and S.M. Sabang, *Karakterisasi FTIR Poliblend Adsorben Serbuk Biji Buah Kelor (Moringa Oleifera) Dan Cangkang Ayam Ras Untuk Pengolahan Air Gambut Di Daerah Palu Barat*. *Jurnal Akademika Kimia*, 2014. **3**(1): p. 21-29.
13. Pratiwi, Y., S. Sunarsih, and W.F. Windi. *Uji toksisitas limbah cair laundry sebelum dan sesudah diolah dengan tawas dan karbon aktif terhadap bioindikator (Cyprinus carpio L)*. in *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*. Yogyakarta: IST AKPRIND, p. A-298-A-306. Available at: http://repository.akprind.ac.id/sites/files/conference-proceedings/2012/pratiwi_14379.pdf. 2012.
14. Wicheisa, F.V., Y.H. Darundiati, and N.A.Y. Dewanti, *Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa*. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 2018. **6**(6): p. 135-142.
15. Susilo, N.A. and N. Sulistyawati, *Penggunaan asam sulfat sebagai aktivator fly ash dalam aplikasi proses koagulasi pada pengolahan limbah cair industri pulp dan kertas*. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (JVTI)*, 2019. **1**(1).
16. Rustiah, W. and Y. Andriani, *Analisis Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera, Lamk) Dalam Menurunkan Kadar COD Dan BOD Pada Air Limbah Jasa Laundry*. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2018. **5**(2): p. 96-100.