UJI EFEKTIVITAS PEMANFAATAN SERBUK BIJI KELOR SEBAGAI ALTERNATIF KOAGULAN DALAM MENURUNKAN COD, BOD, DAN TSS PADA AIR LIMBAH LAUNDRY

EFFECTIVENESS TEST OF MORINGA SEED POWDER AS AN ALTERNATIVE COAGULANT IN REDUCING COD, BOD, AND TSS IN LAUNDRY WASTEWATER

Muhammad Rozan Thabrani[1] dan Didin Agustian Permadi[2]

[1]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jalan Phh. Mustofa No.23, Bandung, 40124, Indonesia

[2]Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jalan Phh. Mustofa No.23, Bandung, 40124, Indonesia

E-mail: rozanthabrani@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan koagulan anorganik banyak digunakan dalam pengolahan air limbah. Namun, adanya dampak negatif dalam jangka panjang, membuat penggunannya mulai banyak digantikan oleh koagulan organik yang terbuat dari alam atau biokoagulan yang ramah lingkungan. Di Indonesia banyak sekali tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai biokoagulan, salah satunya Biji Kelor (Moringa oleifera). 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 digunakan adalah 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 menunjukan 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

ABSTRACT

The use of inorganic coagulants is widely employed in wastewater treatment. However, long-term negative impacts have led to their replacement with organic coagulants derived from natural sources or environmentally friendly biocoagulants. In Indonesia, there are many plants that can be utilized as biocoagulants, one of which is the Moringa oleifera seed (Moringa oleifera). This research aims to analyze the influence of Moringa oleifera seed powder on COD, BOD, and TSS parameters in laundry wastewater, using the jar 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 analyzed 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. Meanwhile, for the BOD parameter, the optimum dose is 1 gram with a reduction percentage of 85%.

Keywords: Biocoagulant, Moringa oleifera seed powder, Jar test method, Removal precentage, Optimum dosage

1. PENDAHULUAN

Polutan yang meningkat adalah masalah yang muncul saat ini, terutama pada sumber daya air dan kelangkaanya. *United Nations* (UN) dan *World Health Organization* (WHO) telah memperingatkan masyarakat international tentang ancaman yang berkembang dari kelangkaan air atau pembuangan polutan yang tidak terkendali dalam limbah cair (Programme, 2009). 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 (Altenor dan Gaspard, 2013).

Menurut WHO (Organization, 2006), 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. Air limbah jasa *laundry* mengandung detergen yang mana bahan-bahan komposisinya dapat menyebabkan toksik bagi kehidupan dalam air. Selain itu, detergen merupakan suatu derivatik zat organik, dimana jenis bahan organik ada limbah jasa *laundry* ini dibedakan menjadi minyak (*oil*) dan lemak (*grease*). Kebutuhan oksigen biokimia *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk penghancuran senyawa organik maupun anorganik dalam waktu tertentu, sedangkan kebutuhan oksigen kimia (COD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik secara kimia Selain itu, dengan membuang limbah penatu (*laundry*) ke badan air, maka akan menyebabkan meningkatnya *Total Suspended Solids* (TSS) pada badan air. TSS menyebabkan kekeruhan pada air akibat padatan tidak terlarut dan tidak dapat langsung mengendap (Trestianingrum dkk., 2013).

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menangani limbah cair yang dihasilkan dari industri laundry, salah satunya adalah metode koagulasi. Koagulasi merupakan proses destabilisasi koloid dalam limbah cair dengan menambahkan bahan kimia (koagulan) yang diakhiri dengan pembentukan partikel berukuran besar (flok). Penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap secara gravitasi Cara ini dapat dijadikan sebagai solusi alternatif dalam pengolahan limbah cair secara kimiawi (Sumardjo, 2006).

Kebanyakan koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah secara konvensional adalah koagulan anorganik. Selain itu, ada pula koagulan organik yang bisa terbuat dari koagulan alami dari alam atau polimer organik sintesis (Mohammad dkk., 2013). 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 (Altenor dan Gaspard, 2013). Namun, beberapa penelitian telah melaporkan bahwa residu aluminium, yang merupakan komponen utama dari PAC dan alum, dapat menyebabkan Alzheimer atau berkontribusi pada berbagai penyakit (Akhtar dkk., 2007). Juga telah dilaporkan bahwa monomer beberapa polimer organik sintetis seperti akrilamida memiliki sifat neurotoksik dan karsinogenik yang kuat. Kekhawatiran ini, bersama dengan efek lingkungan yang merugikan yang dihasilkan oleh senyawa-senyawa ini (Acheampong dkk., 2012).

Salah satu koagulan alami yang dapat dijadikan sebagai alternatif pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan yaitu biji kelor (*Moringa oleifera*). Biji kelor merupakan salah satu tanaman yang dapat dipergunakan sebagai salah satu koagulan alami alternatif, yang tersedia secara lokal. (Bangun dkk., 2013) menemukan bahwa biji kelor adalah bahan alami yang dapat membersihkan limbah cair, relatif sama efektifnya bila dilakukan dengan cara pembersihan menggunakan bahan kimia. Biji kelor telah dinyatakan efektif sebagai koagulan untuk menurunkan kekeruhan pada limbah cair dan biji kelor juga tidak mengandung senyawa toksik sehingga aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan. Efektivitas koagulasi dengan menggunakan koagulan biji kelor ditentukan oleh kandungan biji kelor yaitu (4-Alfa-4-RamnosiloksiBenzil-Isotiosianat). Zat aktif itu mampu mengadsorbsi partikel-partikel air limbah. Dengan pengubahan bentuk menjadi lebih kecil, maka zat aktif dari biji kelor tersebut akan semakin banyak karena luas permukaan biji kelor semakin besar. Apabila kandungan air di dalam biji kelor besar, maka kemampuannya dalam menyerap limbah cair semakin kecil karena zat aktif tersebut tidak berada di permukaan biji kelor tetapi tertutupi oleh air sehingga kelembaban kelor harus kecil.

Penggunaan bahan alami dilakukan sebisa mungkin untuk mengurangi penggunaan bahan sintetis dengan tujuan "*back to nature*". Proses koagulasi dengan *M. oleifera* telah memberikan keuntungan dibandingkan dengan pengolahan air yang menggunakan bahan sintetis karena bersifat alami dan dilaporkan dapat dikonsumsi. Biaya penggunaan koagulan alami ini akan lebih murah dibandingkan penggunaan koagulan yang biasa digunakan (alum) untuk pemurnian air (Amagloh dan Benang, 2009).

Mengingat hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk melihat kemampuan serbuk biji kelor (Moringa oleifera) yang telah matang dan dikeringkan, sebagai koagulan dalam proses pengolahan air limbah yang berasal dari industri 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 digunakan. Pada penelitian 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 dilakukan untuk memberikan rekomendasi koagulan alternatif yang lebih ekonomis, mudah didapat, dan lebih aman digunakan dibanding koagulan anorganik yang biasa digunakan. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi dalam

penggunaan dosis serbuk biji kelor yang tepat, 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 PERGUB DKI Jakarta No 69 tahun 2013

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum (mg/L)
pH	-	6-9
TSS	mg/L	100
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5
Zat Organik (KMnO4)	mg/L	85
BOD5	mg/L	75
COD	mg/L	150

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini tergolong ke dalam penelitian eksperimen. penelitian eksperimen adalah metode penelitian ilmiah di mana peneliti secara aktif memanipulasi satu atau lebih variabel independen untuk mengamati efeknya terhadap variabel dependen, sambil mengendalikan faktor-faktor lain yang memungkinkan. 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 (Howitt dan Cramer, 2007). Tujuan penelitian juga untuk menguji hipotesis bahwa semakin tingginya konsentrasi koagulan maka semakin tinggi pula efisiensi penyisihannya. Adapun rancangan peneltian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu.

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

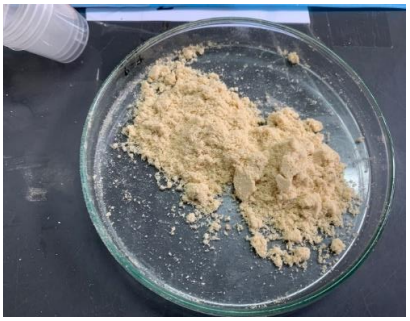
1. Alat Penelitian
   Alat yang digunakan antara lain ayakan 60 mesh, oven, jerigen, heating block, gelas kimia, pipet volumetrik, botol winkler, kertas saring, buret dan statif, lemari inkubasi, desikator, labu digestion vessel, timbangan analitik, alat jar test, dan botol pereaksi
2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan antara lain biji kelor, aquadest, larutan buffer phospat, FeCl3, $CaCl_2$, $MgSO_4.7H_2O$, bibit mikroba, H_2SO_4, NaOH-KI, natrium thiosulfat, larutan kanji, $KH(IO_3)_2$), $MnSO_4$, H_2SO_4, $K_2Cr_2O_7$, larutan FAS, larutan indikator ferroin, kertas saring, dan sampel air limbah *laundry*.

2.3 Prosedur Penelitian

Berikut adalah tiga tahapan prosedur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini.

1. Pembuatan serbuk biji kelor
   Buah kelor yang sudah tua atau matang dikupas dan diambil bijinya. Biji kelor yang diperoleh kemudian dikupas kembali dari cangkangnya dibersihkan dan dikeringkan. Setelah kering biji kelor diayak dengan ayakan 60 mesh untuk mendapatkan ukuran serbuk halus biji kelor. Lalu oven selama 30 menit pada suhu 105°C atau dijemur 3-5 hari untuk menurunkan kadar airnya. Kemudian keluarkan serbuk biji kelor dari oven untuk selanjutnya dibuat koagulan (Bertus dkk., 2014). Serbuk biji kelor yang diperoleh kemudian dilarutkan, yaitu 1 gram serbuk biji kelor dengan 200 ml aquades sehingga didapatkan konsentrasi 5.000 mg/L. Tingkatan konsentrasi biji kelor yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4.000 mg/L, 5.000 mg/L, 7.500 mg/L ,10.000 mg/L, dan 15.000 mg/L.



Gambar 1. Serbuk biji kelor

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 bubuhkan koagulan serbuk biji kelor yang sudah dibuat. Dalam penelitian 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 lakukan pengadukan lambat selama 12 menit dengan kecepatan 40 RPM. Setelah air limbah diolah lakukan uji BOD,COD, dan TSS.

Gambar 2. Pengolahan air limbah menggunakan metode jar test

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

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 menggunakan 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

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-data yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik dan tabel. Adapun rumus untuk menghitung presentase penurunan setiap kadar parameter uji yaitu.

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

Di samping itu, dilakukan pula perbandingan dengan baku mutu yang tertera pada Lampiran 1 Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta nomor 69 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah.

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. Proses pengambilan sampel air limbah *laundry* sesuai dengan SNI 6989.59.2008, dengan metode *grab sampling*. Jumlah sampel yang dibutuhkan untuk penelitian ini sebanyak 10 liter, kemudian air limbah *laundry* yang telah diambil dimasukkan kedalam jerigen dan ditutup dengan rapat. Karakteristik awal air limbah laundry dapat dilihat 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

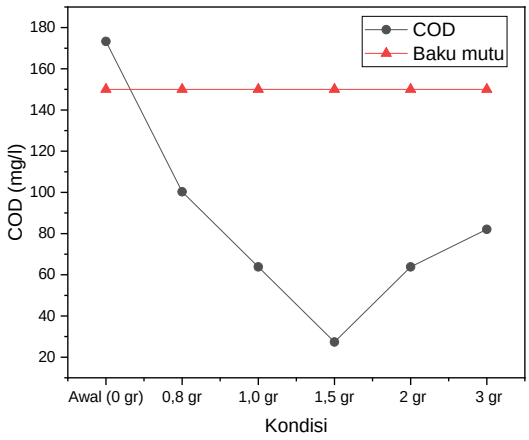
Dari hasil uji karakteristik air limbah *laundry* yang dapat dilihat pada **Tabel 3**, dapat terlihat bahwa parameter pH dan BOD_5 sudah memenuhi baku mutu. Namun, kedua parameter lainnya seperti COD dan TSS masih belum sesuai dengan baku mutu yang diatur pada PERGUB DKI Jakarta No 69 Tahun 2013. Oleh 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 (Pratiwi dkk., 2012).

3.2 Pengaruh Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Parameter COD

Hasil peneltian kadar COD dilihat pada **Tabel 4** dan grafik perbadingan dengan baku mutu pada **Gambar 4**.

Tabel 4. Hasil uji COD pada setiap variasi dosis 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



Gambar 4. Grafik perbandingan nilai COD setiap dosis dengan baku mutu

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, hal ini Ini terjadi karena adanya gaya gravitasi bumi yang menyebabkan partikel-partikel turun dan mengendap. Molekul deterjen tidak sepenuhnya larut dalam air karena memiliki rantai hidrokarbon, sehingga partikel yang mengendap dan turun merupakan bahan organik tersuspensi. Bahan organik tersuspensi dapat mengakibatkan pengendapan, mengurangi partikel pencemar di permukaan air dan meningkatkan suplai oksigen (Wicheisa dkk., 2018). Namun, jika diperhatikan pada dosis tinggi terjadi kenaikan pada kadar COD hal ini dapat terjadi dikarenakan meningkatnya jumlah zat organik yang terkandung dalam koagulan yang tidak dapat didegradasi karena jumlahnya yang berlebihan dalam sampel uji yang mengakibatkan sisa zat organik maupun anorganik yang tidak dapat terdegradasi tersebut akan mempengaruhi naiknya hasil pegujian COD pada sampel air limbah (Susilo dan Sulistyawati, 2019). Namun jika dibandingkan dengan baku mutu setiap dosis aman digunakan karena sudah sesuai dengan baku mutu PERGUB DKI Jakarta No 69 Tahun 2013.

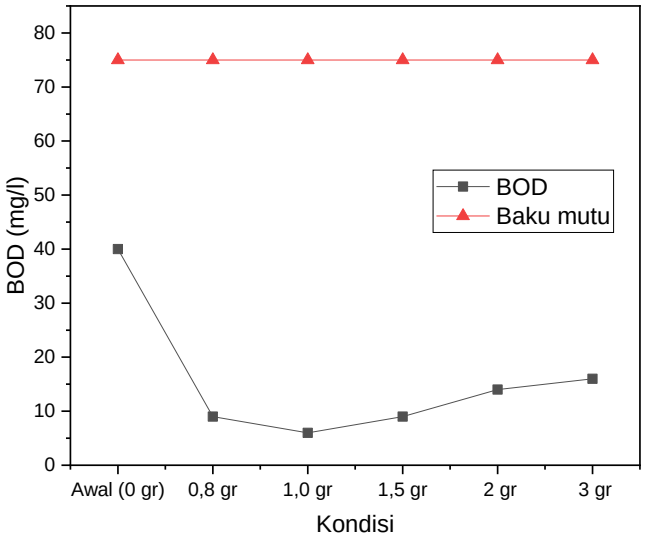
3.3 Pengaruh Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Parameter BOD

Hasil peneltian kadar BOD dilihat pada **Tabel 5** dan grafik perbandingan dengan baku mutu pada **Gambar 5**.

Tabel 5. Hasil uji BOD pada setiap variansi dosis 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

Kondisi	BOD	Satuan
Dosis 2 gr	14	mg/l
Dosis 3 gr	16	mg/l



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai BOD setiap dosis dengan baku mutu

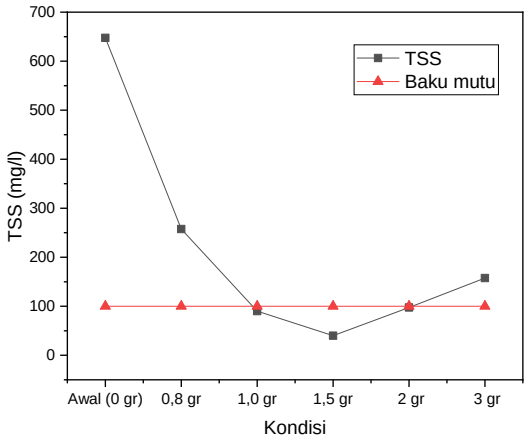
Dari **Tabel 5** dapat dilihat bahwa terjadi efektifitas tertinggi dalam pengurangan kadar BOD dalam dosis 1 gram serbuk biji kelor. Jika, dibandingkan dengan karakteristik awal dosis ini dapat menurunkan kadar BOD sebesar 34 mg/l. Namun, jika diperhatikan pola yang terjadi mirip dengan nilai COD, terjadi peningkatan kadar pada dosis yang lebih tinggi. Walaupun masih sesuai dengan baku mutu yang ditentukan seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5**. 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 menaikan nilai BOD yang terkandung. Selain itu, hal ini juga dapat terjadi karena 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 penambahan berat koagulan yang berlebihan dalam limbah cair dapat menyebabkan interaksi antara koagulan dan limbah cair, yang mengakibatkan terjadinya penggumpalan koagulan. Hal ini menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari koagulan, sehingga menghasilkan proses penyerapan yang tidak efektif.

3.4 Pengaruh Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Parameter TSS

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

Tabel 6. Hasil uji TSS pada setiap variansi dosis 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

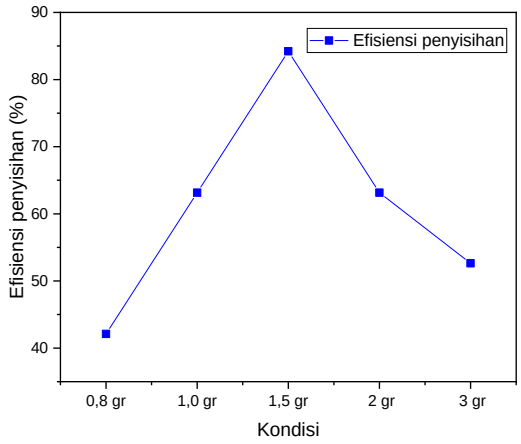


Gambar 6. Grafik perbandingan nilai TSS setiap dosis terhadap baku mutu

Dari **Tabel 6** dapat dilihat penurunan tertinggi terjadi pada dosis 1,5 gram, 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. Hal ini dapat terjadi karena berbagai macam faktor. 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 dosis koagulan yang berlebihan membuat partikel koloid yang telah terbentuk menjadi tidak stabil kerena tidak adanya ruang untuk menghubungkan partikel sehingga proses koagulasi-flokulasi tidak bekerja maksimal sehingga menyebabkan nilai TSS semakin meningkat di atas dosis optimum (Bangun dkk., 2013)

3.5 Efisiensi Penyisihan Parameter COD, BOD, dan TSS

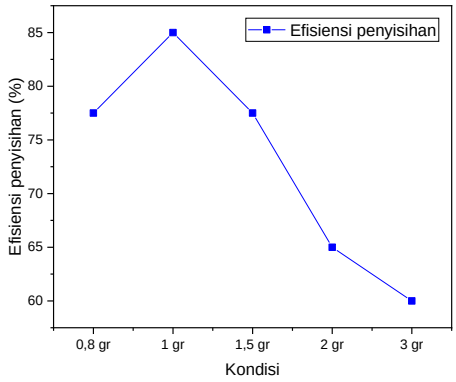
3.5.1 COD



Gambar 7. Grafik % efisiensi COD

Dari **Gambar 8** dapat disimpulkan % efisiensi terbesar terjadi pada dosis 1,5 gram serbuk biji kelor sebesar 84% sedangkan, pada dosis lainya 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 lainya, 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.

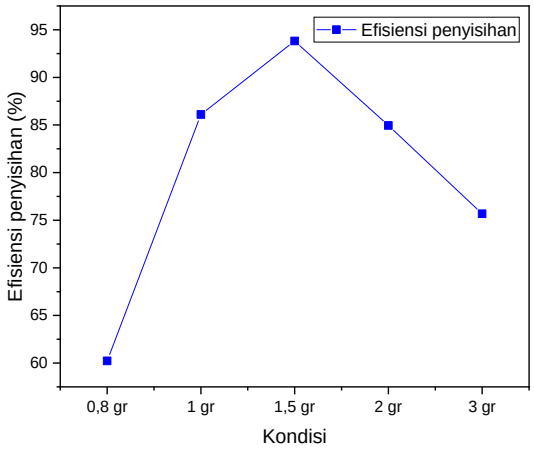
3.5.2 BOD



Gambar 8. Grafik % efisiensi BOD

Dari **Gambar 9** 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 lainya. 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 efiktif 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

Dari **Gambar 10** 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

Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan pada kelima variansi 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 ujinya. 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.

DAFTAR PUSTAKA

Acheampong, M. A., Pereira, J. P., Meulepas, R. J., dan Lens, P. N. (2012). Kinetics modelling of Cu (II) biosorption on to coconut shell and Moringa oleifera seeds from tropical regions. *Environmental technology, 33*(4), 409-417.

Akhtar, M., Hasany, S. M., Bhanger, M., dan Iqbal, S. (2007). Sorption potential of Moringa oleifera pods for the removal of organic pollutants from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials, 141*(3), 546-556.

Altenor, S., dan Gaspard, S. (2013). Biomass for water treatment: biosorbent, coagulants and flocculants *Biomass for Sustainable Applications: Pollution Remediation and Energy* (pp. 1-45): The Royal Society of Chemistry.

Amagloh, F. K., dan Benang, A. (2009). Effectiveness of Moringa oleifera seed as coagulant for water purification.

Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahaean, R. A., dan Ritonga, M. Y. (2013). Pengaruh kadar air, dosis dan lama pengendapan koagulan serbuk biji kelor sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU, 2*(1), 7-13.

Bertus, M. Y. P., Suherman, S., dan Sabang, S. M. (2014). 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, 3*(1), 21-29.

Howitt, D., dan Cramer, D. (2007). *Introduction to research methods in psychology*: Pearson Education.

Mohammad, T. A., Mohamed, E. H., Megat Mohd Noor, M. J., dan Ghazali, A. H. (2013). Coagulation activity of spray dried salt extracted Moringa oleifera. *Desalination and Water Treatment, 51*(7-9), 1941-1946.

Organization, W. H. (2006). *WHO guidelines for the safe use of wasterwater excreta and greywater* (Vol. 1): World Health Organization.

Pratiwi, Y., Sunarsih, S., dan Windi, W. F. (2012). *Uji toksisitas limbah cair laundry sebelum dan sesudah diolah dengan tawas dan karbon aktif terhadap bioindikator (Cyprinuscarpio L).* Paper presented at the 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.

Programme, W. W. A. (2009). *The United Nations World Water Development Report*: UNESCO Pub.

Rustiah, W., dan Andriani, Y. (2018). Analisis Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera, Lamk) Dalam Menurunkan Kadar COD Dan BOD Pada Air Limbah Jasa Laundry. *Indonesian Journal of Chemical Research, 5*(2), 96-100.

Sumardjo, D. (2006). Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan program strata 1. *Fakultas Bioeksakta. Jakarta: EGC.*

Susilo, N. A., dan Sulistyawati, N. (2019). Penggunaan asam sulfat sebagai aktivator fly ash dalam aplikasi proses koagulasi pada pengolahan limbah cair industri pulp dan kertas. *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (JVTI), 1*(1).

Trestianingrum, R., Rahayu, S., dan Nurmilawati, M. (2013). *Perbandingan Efektifitas Koagulan Tawas dan Biji Kelor Terhadap Kadar BOD pada Air Limbah Jasa Cuci Pakaian.* Paper presented at the Prosiding Seminar Biologi.

Wicheisa, F. V., Darundiati, Y. H., dan Dewanti, N. A. Y. (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat, 6*(6), 135-142.