



Pemanfaatan Ekoenzim dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik pada Sistem IPAL DLH Kota Semarang

Agustina Dwi Rahmawati¹, Triastuti Sulistyaningsih²

¹ Prodi Ilmu Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

² Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Info Artikel

Article History

Juni

Abstrak

Pengolahan limbah cair yang tidak tepat dapat menimbulkan pencemaran air dan berpotensi membahayakan ekosistem. DLH Kota Semarang memiliki sistem IPAL untuk mengolah limbah cair domestiknya yang pengolahannya menggunakan metode konvensional. Metode tersebut memiliki tantangan dan beberapa kendala, seperti biaya operasional yang tinggi dan penggunaan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan. Ekoenzim merupakan alternatif pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan. Penambahan ekoenzim dapat meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan limbah cair domestik dan membantu mengurangi ketergantungan bahan kimia pada pengolahan limbah. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis dosis ekoenzim yang tepat dalam menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, dan menetralkan nilai pH serta menganalisis perbandingan efektivitas ekoenzim berbahan campuran buah dengan ekoenzim campuran sayur. Penelitian ini terdapat 7 perlakuan, meliputi kontrol, perlakuan 2 jenis ekoenzim berbeda yaitu ekoenzim berbahan buah dan ekoenzim berbahan sayur, dan 3 variasi penambahan dosis ekoenzim berturut-turut 10, 20, dan 30 mL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekoenzim meningkatkan nilai BOD dan TSS dibandingkan pada kontrol tanpa penambahan ekoenzim. Parameter COD dan pH, dosis ekoenzim buah 20 mL efektif menurunkan kadar COD menjadi 13,3 mg/L dan menetralkan pH menjadi 6,8. Ekoenzim campuran buah efektif untuk parameter BOD, COD, dan pH, sedangkan ekoenzim campuran sayur lebih efektif untuk parameter TSS.

Abstract

Improper treatment of liquid waste can cause water pollution and potentially harm the ecosystem. DLH Semarang City has a WWTP system to treat its domestic liquid waste, which is processed using conventional methods. This method has challenges and several obstacles, such as high operational costs and the use of chemicals that have a negative impact on the environment. Ecoenzymes are an environmentally friendly alternative to wastewater treatment. The addition of coenzymes can increase the ability of microorganisms to decompose domestic wastewater and help reduce chemical dependence in waste treatment. The purpose of this study was to analyze the right dose of ecoenzyme in reducing the content of BOD, COD, TSS, and neutralizing the pH value and analyzing the comparison of the effectiveness of ecoenzyme made from mixed fruit with mixed vegetable ecoenzyme. This study contained 7 treatments, including control, treatment of 2 different types of ecoenzyme, namely fruit-based ecoenzyme and vegetable-based ecoenzyme, and 3 variations in the addition of ecoenzyme doses of 10, 20, and 30 mL, respectively. The results showed that the addition of ecoenzyme increased the BOD and TSS values compared to the control without the addition of ecoenzyme. COD and pH parameters, the dose of fruit

Kata Kunci

limbah cair domestik, Sistem IPAL Domestik, ekoenzim

ecoenzyme 20 mL effectively reduced COD levels to 13.3 mg/L and neutralized pH to 6.8. Fruit-mixed ecoenzyme is effective for BOD, COD, and pH parameters, while vegetable-mixed ecoenzyme is more effective for TSS parameters.

** E-mail*

rahmagustina98students.unnes.ac.id

©2023 Published by UNNES. This is an open access

P ISSN: 2252-9195 E-ISSN: 2714-6189

PENDAHULUAN

Permasalahan terkait limbah adalah salah satu isu penting dalam pengelolaan lingkungan, termasuk dengan pengolahan limbah cair domestik yang diatur dalam Kepmenkes No. 892 Tahun 1999 sebagai persyaratan kesehatan perumahan dan lingkungan hidup. Pengolahan limbah cair yang tidak tepat dapat menimbulkan pencemaran air dan berpotensi membahayakan ekosistem. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berfungsi untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar baik organik maupun non-organik dalam limbah cair, sehingga membantu mengatasi masalah pencemaran yang diakibatkan oleh limbah domestik (Nilandita *et al.*, 2019).

Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Semarang memiliki peran penting dalam pengolahan limbah cair domestik untuk menjaga kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Pada Tahun Anggaran 2020, DLH Kota Semarang telah membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang digunakan untuk mengolah limbah dari kegiatan domestik seperti kamar mandi, musholla, dan pantry di lingkungan DLH Kota Semarang. Fasilitas ini bertujuan untuk mengurangi dampak pencemaran dari limbah cair domestik yang dihasilkan, dengan cara menghilangkan kontaminan dan menurunkan konsentrasi senyawa organik yang terkandung dalam limbah sehingga sesuai dengan baku mutu yang ada dan aman untuk dibuang ke lingkungan.

Sistem IPAL pada DLH Kota Semarang dirancang untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar hingga sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Nomor. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pengolahan limbah cair domestik di sistem IPAL DLH Kota Semarang dilakukan dengan pendekatan yang komprehensif dan metode yang konvensional yang mencakup proses fisik, biologis, dan kimia. Metode konvensional dalam sistem IPAL memiliki tantangan dan terdapat beberapa kendala, seperti biaya operasional yang tinggi dan penggunaan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan. Pada IPAL Domestik di DLH Kota Semarang menggunakan Kalsium hipoklorit (Kaporit) sebagai bahan disinfektan untuk mengurangi mikroorganisme patogen yang terdapat dalam limbah cair. Meski efektif mengurangi mikroorganisme patogen, penggunaan klorin dapat menghasilkan senyawa trihalomethan (THMs) yang bersifat karsinogen jika tidak dikelola dengan tepat dan dosis yang digunakan tidak sesuai (Zahara N. H, 2023).

Ekoenzim dapat menjadi salah satu alternatif bahan yang ramah lingkungan dalam pengolahan limbah cair domestik. Ekoenzim merupakan fermentasi dari limbah buah sayur segar dengan gula merah dan air yang hasilnya berupa larutan organik (Rohmah *et al.*, 2020). Ekoenzim adalah hasil fermentasi dari limbah organik yang memiliki berbagai manfaat, seperti menjadi agen penjernih air (Janarthanan *et al.*, 2020; Wen Low *et al.*, 2021), cairan pembersih (Patriani, 2022), antiseptik (Ginting *et al.*, 2021) karena memiliki sifat antibakteri (Ramadani *et al.*, 2022), serta dapat digunakan sebagai pupuk alami dalam pertanian (Hasanah, 2021; Novianto, 2022), dan pestisida alami Maryanti *et al.*, 2023).

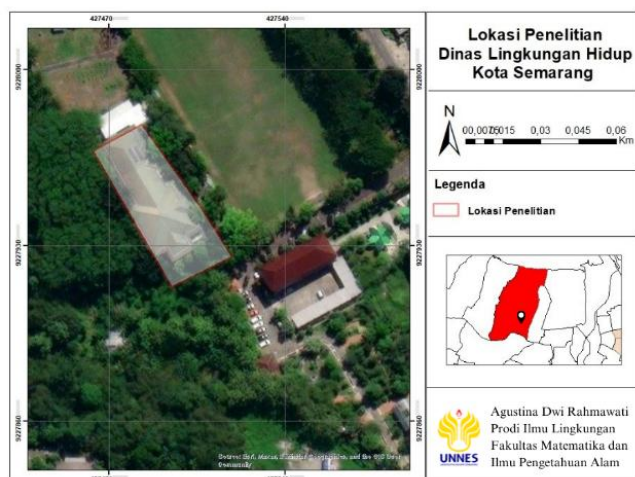
Ekoenzim memiliki kemampuan untuk secara alami menguraikan limbah organik karena mengandung berbagai jenis mikroorganisme dan enzim. Menurut (Pratamadina & Wikaningrum, 2022) ekoenzim mengandung enzim-enzim seperti lipase, amilase, dan tripsin yang bersifat biokatalisator sehingga dapat menurunkan konsentrasi zat pencemar pada air limbah. Dengan meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan limbah organik, penambahan ekoenzim dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan kimia tambahan dalam proses pengolahan limbah. Beberapa penelitian mengenai pengaruh penambahan ekoenzim dalam pengelolaan air telah dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh, Galintin *et al.*, (2021), larutan ekoenzim dengan konsentrasi 10% memiliki efektivitas saat diterapkan pada limbah lumpur akuakultur, dapat menurunkan konsentrasi TSS sebesar 89%, COD (88%), volatile suspended solid atau VSS (78%), total fosfat (97%), dan total amonia nitrogen (94%). Selanjutnya Kumar *et al.*, (2020), juga menyatakan bahwa dengan konsentrasi 10% larutan bioenzim dapat secara efektif menghilangkan amonia serta karakteristik lainnya seperti nitrogen, fosfat, TDS, BOD, dan COD dari air limbah domestik.

Penerapan ekoenzim dapat dilakukan pada unit aerasi yang merupakan komponen penting sebagai proses pengolahan biologis pada sistem IPAL Domestik, selain itu penerapan metode alternatif pada proses pengolahan ipal seperti pada unit aerasi belum banyak diteliti. Pemanfaatan ekoenzim pada unit aerasi IPAL Domestik dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap parameter kualitas air seperti penurunan kadar BOD, COD, TSS, dan menetralkan pH pada air limbah domestik. Oleh karenanya penelitian ini bertujuan untuk

menganalisis dosis ekoenzim yang tepat dalam menurunkan kandungan BOD, COD, TSS, dan menetralkan pH dalam limbah cair domestik di IPAL DLH Kota Semarang. Penelitian ini juga dilakukan untuk menganalisis perbandingan efektivitas ekoenzim berbahan campuran buah dengan campuran sayur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif ekoenzim sebagai pengganti bahan kimia dalam pengolahan limbah cair domestik yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada pada Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang di Jl. Tapak Raya, Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Objek utama penelitian yaitu Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di wilayah tersebut dengan titik penataan pada LS 06°59'03.38" dan BT 110°20'36.84". Gambar 3.1 menampilkan lokasi penelitian di Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di IPAL Domestik yang terletak di DLH Kota Semarang. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis penelitian eksperimental, data primer diperoleh melalui pengujian sampel di laboratorium. Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimen (percobaan) untuk mengetahui pengaruh penambahan ekoenzim terhadap kualitas limbah cair domestik. Tahapan yang dilalui dalam penelitian ini meliputi perencanaan, pengumpulan data, analisis, hingga pelaporan.

Populasi pada penelitian ini mencakup seluruh limbah cair domestik pada sistem IPAL. Terdapat dua kelompok sampel dalam penelitian ini, yaitu kelompok kontrol (tanpa ekoenzim) dan kelompok perlakuan yang menggunakan variasi dosis dan jenis ekoenzim. Analisis dilakukan

terhadap parameter pH, BOD, COD, dan TSS. Pada penelitian ini terdapat variabel bebas dan variabel terikat, dimana variabel bebas yaitu dosis ekoenzim dan variabel terikat mencakup parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, dan pH. Hasil yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk memberikan gambaran yang jelas dengan mendeskripsikan data serta menjawab rumusan.

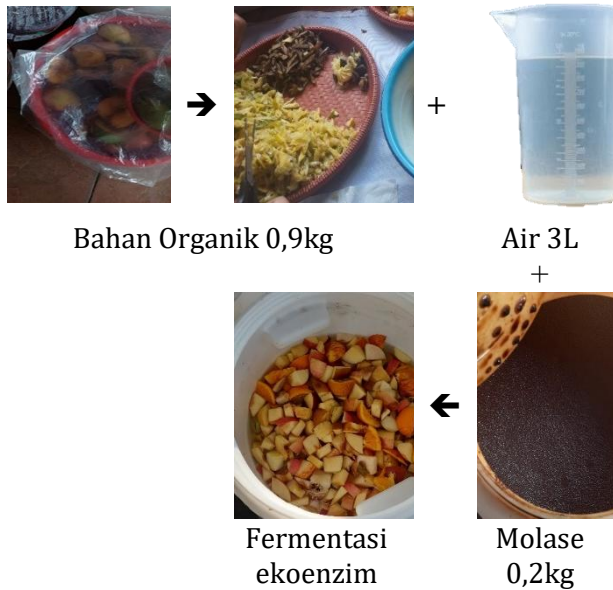
Ekoenzim dibuat dengan dua jenis bahan organik yaitu campuran buah dan campuran sayur. Bahan organik campuran buah-buahan yang digunakan seperti kulit jeruk, kulit jeruk lemon, kulit mangga, kulit jeruk nipis, kulit buah apel, dan kulit buah pepaya. Bahan organik campuran sayuran yang digunakan terdiri dari limbah sawi putih, kubis, wortel, brokoli, kembang kol, dan onclang. Proses pembuatan ekoenzim menggunakan perbandingan bahan organik : air : molase sebesar 3:10:1, kemudian difermentasi selama 3 bulan dalam wadah tertutup rapat. Pembuatan ekoenzim dilakukan bersama komunitas Ekoenzim Nusantara.

Sampel limbah cair yang digunakan diperoleh dari unit aerasi IPAL Domestik DLH Kota Semarang dengan metode pengambilan sampel sesaat (*grab sampling*). Pengambilan sampel dilakukan dengan alat-alat sederhana seperti ember plastik bertali dan gayung tangkai panjang. Sampel yang sudah diambil lalu diberi perlakuan penambahan ekoenzim dengan berbagai jenis dan variasi, dan diberi waktu kontak atau retensi waktu selama 24 jam sebelum dianalisis untuk parameter BOD, COD, dan TSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan dua jenis bahan organik sebagai bahan dasar pembuatan ekoenzim yang dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair pada sistem IPAL. Ekoenzim dilakukan uji karakterisasi untuk mengetahui karakteristik ekoenzim yang akan digunakan terutama yang berkaitan dengan variabel dalam penelitian ini. Ekoenzim yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan pH yang rendah sehingga bersifat asam. Ekoenzim berbahan limbah kulit buah memiliki pH 3,8 dan ekoenzim berbahan limbah sayuran memiliki pH 3,5. Hal tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa secara kimiawi ekoenzim memiliki pH berkisar antara 3-4 (Rochyani et al., 2020). Ekoenzim berbahan kulit buah memiliki warna cokelat pekat dengan aroma asam manis khas fermentasi, sedangkan yang berbahan sayuran memiliki warna cokelat pekat dengan aroma yang lebih tajam. karena kandungan sulfur

yang lebih tinggi, terutama dari sayuran seperti kubis dan brokoli. Pembuatan ekoenzim bahan beserta peralatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pembuatan ekoenzim

Uji karakteristik juga dilakukan terhadap sampel limbah cair tanpa perlakuan penambahan ekoenzim serta setelah perlakuan penambahan ekoenzim. Sampel limbah cair selanjutnya akan dilakukan pengujian warna, bau, pH, BOD, COD, dan TSS di Laboratorium Lingkungan UNNES dan DLH Kota Semarang. Sampel limbah cair tanpa perlakuan memiliki warna yang sedikit keruh dan berbau kurang sedap karena berasal dari kegiatan

domestik kamar mandi, pantry, dan mushola. Penambahan ekoenzim pada setiap perlakuan menyebabkan perubahan bau dan warna pada sampel air limbah, bau yang dihasilkan menjadi segar dan terdapat aroma asam manis khas ekoenzim serta warna yang dihasilkan menjadi lebih keruh kekuningan. Penambahan ekoenzim menghasilkan perubahan warna dari kondisi awal air limbah yang telah diuji, perubahan warna dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan warna sampel uji setiap perlakuan

Variasi perlakuan penambahan ekoenzim dalam limbah cair domestik pada sistem IPAL di DLH Kota Semarang berpengaruh terhadap karakteristik dan kualitas air limbah dilihat dari nilai parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada sampel air limbah. Berikut merupakan hasil pengujian efektivitas ekoenzim berbahan campuran buah dengan ekoenzim berbahan campuran sayur dengan berbagai dosis penambahan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

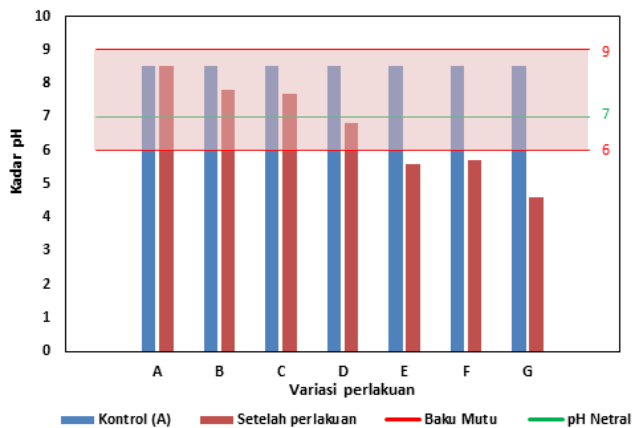
Tabel 1. Hasil Uji Parameter Pada Limbah Cair Domestik dengan Ekoenzim

Parameter	Sampel awal	Variasi Dosis Ekoenzim		
		10 ml	20 ml	30 ml
		Ekoenzim Buah		
BOD (mg/L)	13,5	18,2	15	15
COD (mg/L)	31,7	43,5	13,3	24,2
TSS (mg/L)	10	19	38	26
pH	8,5	7,8	6,8	5,7
Ekoenzim sayur				
BOD (mg/L)	13,5	18,6	16	15,9
COD (mg/L)	31,7	60,5	39,2	33,7
TSS (mg/L)	10	15	22	14
pH (mg/L)	8,5	7,7	5,6	4,6

Tabel 1 menunjukkan nilai pH, BOD, COD, dan TSS pada sampel limbah dengan penambahan berbagai perlakuan. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan variasi perlakuan penambahan ekoenzim dalam limbah cair domestik pada sistem IPAL di DLH Kota Semarang berpengaruh

terhadap karakteristik dan kualitas air limbah dilihat dari nilai parameter BOD, COD, TSS, dan pH pada sampel air limbah. Berikut penyajian grafik dan analisis setiap parameter limbah cair domestik.

a. Derajat Keasaman (pH)

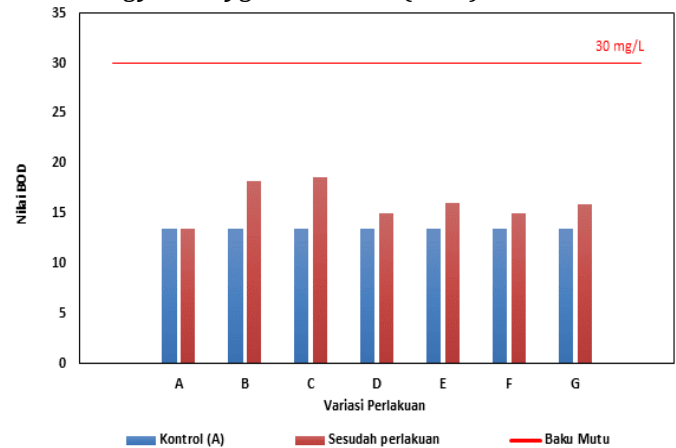


Gambar 4. Grafik Analisis pH

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 tersebut nilai pH pada sampel limbah cair awal tanpa perlakuan (kontrol) memiliki nilai 8,5 yang cenderung basa, pengukuran selanjutnya pada sampel setelah diberi penambahan ekoenzim (Perlakuan B – G) menunjukkan nilai pH yang semakin menurun. Pada perlakuan B, C, dan D nilai pH semakin menurun mendekati angka netral dan memenuhi baku mutu, sedangkan pada perlakuan E, F, dan G memiliki nilai pH yang tidak memenuhi baku mutu karena bersifat asam di bawah pH 6.

Konsentrasi penambahan ekoenzim buah 20 ml (perlakuan D) memiliki nilai pH (6,8) yang paling baik karena dapat menetralkan nilai pH limbah cair domestik. Penurunan nilai pH pada sampel limbah cair setelah diberikan perlakuan berbanding lurus dengan jumlah konsentrasi ekoenzim yang ditambahkan, yaitu semakin tinggi konsentrasi ekoenzim yang ditambahkan maka semakin kecil nilai pH sampel limbah cair.

Nilai pH yang rendah pada sampel yang diberikan perlakuan penambahan ekoenzim dipengaruhi oleh sifat asam dari ekoenzim yang memiliki nilai pH 4. Hal tersebut dikarenakan ekoenzim mengandung asam organik yang terbentuk dari proses fermentasi, pada ekoenzim berbahan kulit buah mengandung asam asetat yang berasal dari metabolisme bakteri limbah kulit buah secara anaerobik (Etienne et al., 2013). Fermentasi dari ekoenzim berbahan limbah sayuran juga bersifat asam, karena sayuran yang digunakan mengandung berbagai jenis asam seperti asam oksalat, asam asetat, asam folat dan asam laktat. Zat antinutrisi di dalam kubis yang cukup tinggi adalah oksalat (Firdaus, 2019). Brokoli (*Brassica oleracea*) dan kubis (*Brassica oleraceae*) merupakan sumber asam folat yang tinggi (Sari, 2016). Limbah kubis mengandung bakteri asam laktat (*Lactobacillus*) sehingga proses fermentasi kubis berpotensi menghasilkan asam laktat (Aliya et al., 2015).

b. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

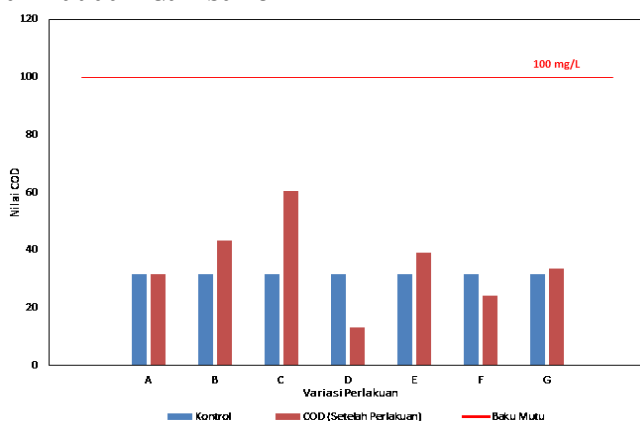
Gambar 5. Grafik Analisis BOD

Berdasarkan hasil uji kadar BOD limbah cair terhadap setiap perlakuan (Gambar 5) menunjukkan bahwa penambahan ekoenzim memberikan dampak yang bervariasi terhadap nilai BOD. Penambahan ekoenzim dengan konsentrasi berbeda menghasilkan variasi nilai BOD, di mana penambahan ekoenzim buah sebanyak 10 ml (Perlakuan B) dan ekoenzim sayur sebanyak 10 ml (Perlakuan C) menghasilkan peningkatan nilai BOD masing-masing sebesar 18,2 mg/L dan 18,6 mg/L. Konsentrasi ekoenzim yang lebih tinggi seperti 20 ml (Perlakuan D dan E) serta 30 ml (Perlakuan F dan G), menghasilkan nilai BOD yang lebih rendah, berkisar antara 15 mg/L hingga 16 mg/L. Penurunan nilai BOD pada perlakuan dengan penambahan ekoenzim menunjukkan bahwa dosis ekoenzim berpengaruh terhadap penurunan nilai BOD pada limbah cair.

Peningkatan nilai BOD setelah pemberian ekoenzim dibandingkan dengan kontrol dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah meningkatnya jumlah bahan organik dari ekoenzim yang harus diuraikan, meningkatnya aktivitas mikroorganisme, waktu reaksi, serta jenis gula yang digunakan pada ekoenzim. Menurut Rasit et al. (2019), penambahan ekoenzim dapat meningkatkan nilai BOD pada tahap awal pengolahan karena terdapat tambahan senyawa organik yang harus diuraikan oleh mikroorganisme, ekoenzim mengandung banyak bahan organik dari limbah buah dan molase sebagai substrat saat proses fermentasi. Penelitian ini menggunakan ekoenzim yang menggunakan substrat gula molase, sehingga hal tersebut juga berpengaruh pada peningkatan nilai BOD. Gula molase merupakan zat sisa dari produksi gula dan masih mengandung banyak zat organik serta mikroorganisme aktif sehingga akan meningkatkan nilai BOD (Siregar et al., 2024).

c. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Metode pengujian parameter Chemical Oxygen Demand (COD) menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri sesuai dengan SNI 6989.2:2019. Pengujian parameter COD menggunakan prinsip bahwa senyawa organik dan organik, terutama anorganik dalam sampel uji dioksidasi dalam refluks tertutup oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ selama 2 jam hingga menghasilkan Cr^{3+} . Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi akan dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat menggunakan indikator ferroin. Jumlah oksigen yang diperlukan dinyatakan dengan ekuivalen oksigen (O_2 mg/L). Hasil analisis *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada setiap perlakuan dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Analisa COD

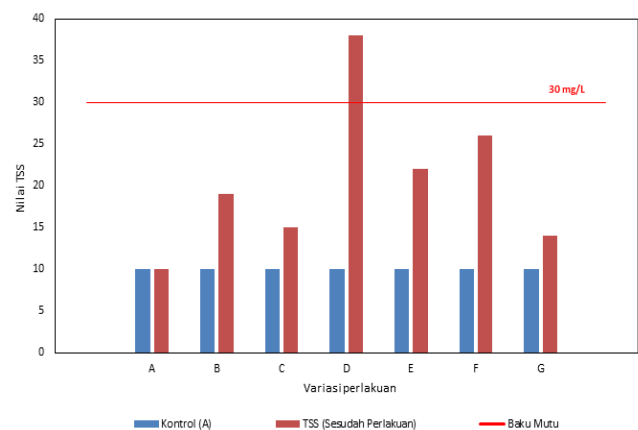
Pada perlakuan A atau kontrol yaitu air limbah domestik tanpa penambahan ekoenzim, hasil pengujian menunjukkan kadar COD yang rendah dan sesuai di bawah baku mutu dengan nilai 31,7 mg/L. Kadar COD yang rendah pada sampel kontrol terjadi karena titik pengambilan sampel air limbah berada pada unit aerasi IPAL. Pada sistem IPAL DLH Kota Semarang, unit aerasi yang dilengkapi dengan aerator juga sangat berpengaruh pada penurunan kadar parameter COD. Hal ini sesuai dengan penelitian Saleh & Purnomo, (2014) yang menyebutkan jika kolam aerasi yang dilengkapi dengan aerator mempunyai fungsi mensuplai oksigen untuk memenuhi kebutuhan oksigen sehingga dapat menurunkan kadar BOD/COD.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi ekoenzim berbahan buah lebih efektif daripada ekoenzim berbahan sayuran dalam perubahan nilai COD. Pada variasi penambahan ekoenzim berbahan buah, penambahan dosis ekoenzim 10 mL justru meningkatkan kadar COD menjadi 43,5 mg/L. Penambahan dosis ekoenzim buah 20 mL dapat menurunkan kadar COD menjadi 13,3 mg/L sebagai penurunan tertinggi dalam perlakuan uji, dosis 30 mL juga dapat menurunkan kadar COD menjadi 24,2 mg/L. Pada

hasil uji dengan variasi penambahan ekoenzim buah ini menunjukkan adanya fluktuasi yang cukup signifikan pada kadar COD, dapat dilihat bahwa konsentrasi yang paling memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai COD adalah pada pemberian dosis ekoenzim buah 20 mL. Hal ini sejalan dengan penelitian Ardiansyah & Mirwan, (2024) yang menyimpulkan bahwa konsentrasi ekoenzim 10% lebih memengaruhi perubahan nilai COD pada limbah cair tahu daripada konsentrasi 5 dan 15%. Pada penelitian ini penambahan dosis 10 mL terlalu rendah sehingga tidak memberikan efek yang signifikan, sedangkan pada dosis 20 mL terjadi penurunan terbaik karena konsentrasi enzim dalam sistem mencapai titik optimal karena ekoenzim buah dengan dosis yang pas (20 mL) mampu menguraikan bahan organik terlarut yang ada dalam limbah cair sehingga jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi akan berkurang, hingga nilai COD dapat menurun.

d. *Total Suspended Solids (TSS)*

Pengujian TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravitasi untuk menentukan residu tersuspensi dalam kertas saring. Metode pengukuran yang digunakan untuk uji TSS dilakukan secara gravimetri sesuai dengan SNI 6989.3:2019. Hasil analisis Total Suspended Solid (TSS) pada setiap perlakuan dapat dilihat dari Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Analisis TSS

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kontrol (tanpa penambahan ekoenzim), nilai TSS berada pada 10 mg/L. Setelah penambahan ekoenzim, nilai TSS bervariasi berdasarkan jenis dan dosis ekoenzim yang digunakan. Pengujian parameter TSS pada semua perlakuan kecuali perlakuan D menunjukkan nilai yang berada di bawah baku mutu sedangkan perlakuan D berada di atas baku mutu dengan angka 38 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa variasi penambahan dosis

ekoenzim berpengaruh terhadap hasil yang diperoleh.

Kadar TSS dengan nilai paling rendah berada pada perlakuan A (Kontrol), hal ini terjadi karena air limbah diambil dari unit aerasi IPAL yang sebelumnya telah melewati unit grit chamber, dimana unit ini menyaring partikel-partikel dalam air limbah sehingga sangat memengaruhi penurunan nilai TSS pada air limbah. Penambahan ekoenzim menyebabkan peningkatan nilai TSS karena pada proses penerapan ekoenzim dilakukan tanpa proses penyaringan terlebih dahulu. ekoenzim yang tidak disaring mengandung endapan berupa partikel padat seperti residu bahan organik dan sisa fermentasi yang dapat meningkatkan jumlah padatan tersuspensi dalam air limbah.

Peningkatan nilai TSS setelah perlakuan pemberian ekoenzim dibanding dengan kontrol dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu jenis bahan organik ekoenzim yang digunakan; proses sedimentasi yang tidak seimbang; dan waktu retensi yang singkat. Ekoenzim berbahan buah berpotensi menghasilkan nilai TSS yang lebih tinggi dibandingkan ekoenzim berbahan sayuran, hal ini berkaitan dengan perbedaan komposisi organik antara buah dan sayuran, yang dapat memengaruhi jumlah padatan tersuspensi yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Rasit *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa ekoenzim berbahan buah cenderung menghasilkan lebih banyak residu organik dan padatan tersuspensi dibandingkan ekoenzim berbahan sayuran karena kandungan gula dan asam organik yang lebih tinggi. Perbedaan bahan baku ekoenzim memengaruhi jumlah residu padatan yang tersisa setelah proses fermentasi, di mana bahan sayuran menghasilkan residu yang lebih mudah terdegradasi (Rochyani *et al.*, 2020).

Penambahan ekoenzim dapat berpengaruh terhadap proses sedimentasi, hal ini dikarenakan ekoenzim mengandung sisa-sisa fermentasi yang berukuran kecil dan tidak mudah mengendap sehingga dapat meningkatkan total padatan tersuspensi (TSS) dan proses sedimentasi menjadi kurang efektif. Pada kontrol (tanpa penambahan ekoenzim), unit grit chamber berfungsi optimal dalam mengurangi TSS, partikel berat sudah dapat tersaring di unit ini, menghasilkan limbah dengan TSS rendah sebelum proses aerasi. Penelitian lain seperti evaluasi kinerja IPAL di Kota Surakarta menunjukkan bahwa grit chamber mampu mengurangi TSS sebesar 25% (Araujo, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa jenis dan dosis

ekoenzim memengaruhi efektivitas pengolahan TSS pada limbah domestik.

PENUTUP

Pengolahan limbah cair domestik pada sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang dengan penambahan ekoenzim menunjukkan pengaruh terhadap kualitas air limbah. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium bahwa pada parameter BOD dan TSS pada limbah cair mengalami peningkatan nilai setelah diberikan perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Hal ini terjadi karena penambahan ekoenzim menimbulkan senyawa organik dan residu ekoenzim tambahan kedalam limbah cair, yang menyebabkan peningkatan nilai BOD dan TSS. Pada parameter COD dan pH, penambahan ekoenzim berbahan buah dengan dosis 20 ml efektif untuk menurunkan kadar COD menjadi 13,3 mg/L dan menetralkan pH yaitu dengan nilai 6,8. Hasil dari sebagian besar variasi perlakuan telah memenuhi baku mutu, kecuali pada TSS dengan variasi ekoenzim buah 20 mL yang melebihi batas baku mutu dan pada ekoenzim buah 20 mL serta sayur 20 mL dan 30 mL yang menyebabkan pH bersifat asam di bawah baku mutu ($\text{pH} < 6$). Perbandingan efektivitas ekoenzim berbahan buah dan ekoenzim berbahan sayur menunjukkan bahwa ekoenzim buah lebih unggul dalam menetralkan pH dan menurunkan kandungan BOD dan COD, sedangkan ekoenzim sayur lebih efektif terhadap parameter TSS. Implementasi ekoenzim dalam pengolahan limbah cair domestik memerlukan optimasi komposisi bahan baku, dosis, serta pengaturan waktu kontak yang tepat untuk meningkatkan efektivitas pengolahan secara keseluruhan dengan hasil yang konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliya, H., Maskalah, N., Numrapi, T., Buana, A. P., & Hasri, Y. N. (2015). Pemanfaatan Asam Laktat Hasil Fermentasi Limbah Kubis Sebagai Pengawet Anggur Dan Stroberi The Utilization of Fermented Lactid Acid of Cabbage Waste as Grape and Strawberry Preservation. *Bioedukasi*, 9(1), 23–28.
- Araujo, J. P. D. E. (2020). *Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Di PT. Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER) Jawa Timur, Indonesia* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Ardiansyah, Y. F., & Mirwan, M. (2024). Eco Enzim sebagai Larutan Pendukung untuk

- Menurunkan TSS dan COD Pada Air Limbah Tahu dengan Proses Anaerob. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(2), 9023-9029.
- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbéguié-A-Mbéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. *Journal of Experimental Botany*, 64(6), 1451-1469.
- Firdaus, R. Z. (2019). *Pengaruh Penambahan Garam NaCl dan Campuran Mikroorganisme Acetobacter aceti dan Saccharomyces cerevisiae terhadap Perubahan Kadar Oksalat dan Asam Total pada Fermentasi Kubis (Brassica oleraceae)* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Galintin, O., Rasit, N., & Hamzah, S. (2021). Production and characterization of eco enzyme produced from fruit and vegetable wastes and its influence on the aquaculture sludge. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10205-10214.
- Ginting, N., Hasnudi, H., & Yunilas, Y. (2021). Eco-enzyme Disinfection in Pig Housing as an Effort to Suppress Esherechia coli Population. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 16(3), 283-287.
- Hasanah, Y. (2021). Eco enzyme and its benefits for organic rice production and disinfectant. *Journal of Saintech Transfer*, 3(2), 119-128.
- Janarthanan, M., Mani, K., & Raja, S. R. S. (2020). Purification of Contaminated Water Using Eco Enzyme. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 955(1).
- Kumar, A., Sadhya, H. K., Ahmad, E., & Dulawat, S. (2020). *Application of Bio-Enzyme in Wastewater (Greywater) Treatment*. May.
- Novianto, N. (2022). Response Of Liquid Organic Fertilizer Eco Enzyme (EE) On Growth And Production Of Shallot (*Allium Ascalonicum*. L.). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, 4(1), 147-154.
- Patriani, P. patriani. (2022). Eco-Enzyme Applications for Biosecurity and Sanitation on Goat Farm in Namorambe District, Deli Serdang Regency. *Journal of Saintech Transfer*, 5(1), 34-39.
- Pratamadina, E., & Wikaningrum, T. (2022). Potensi Penggunaan Eco Enzyme pada Degradasi Deterjen dalam Air Limbah Domestik. *Serambi Engineering*, VII(1).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan kehutanan RI Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*
- Ramadani, A. H., Karima, R., & Ningrum, R. S. (2022). Antibacterial Activity of Pineapple Peel (*Ananas comosus*) Eco-enzyme Against Acne Bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Prapionibacterium acnes*). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 9(3), 201-207.
- Rasit, N., Hwe Fern, L., & Ab Karim Ghani, W. A. W. (2019). Production and characterization of eco enzyme produced from tomato and orange wastes and its influence on the aquaculture sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3).
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis hasil konversi eco enzyme menggunakan nenas (*Ananas comosus*) dan pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*, 5(2), 135-140.
- Rohmah, N. U., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Organoleptic Test of the Ecoenzyme Pineapple Honey With Variations in Water Content. *Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS*, 4, 408-414.
- Sari, I. P. (2016). *Perolehan Asam Folat dari Konsentrat Sayuran Fermentasi Dengan Kultur Kombucha* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Saleh, C., & Purnomo, H. (2014). Analisis Efektifitas Instalasi Pengolahan Limbah Lindi Di TPA Supit Urang Kota Malang. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 5(1), 103-109.
- Siregar, A. F., Rasyidah, R., & Nasution, R. A. (2024). Pengujian Kadar BOD, COD dan Isolasi Bakteri Hasil Remediasi Air Limbah Lindi dengan Menggunakan Ekoenzim Kulit Buah Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Biogenerasi*, 9(1), 1014-1021.
- Wen Low, C., Leong Zhi Ling, R., & Teo, S.-S. (2021). Effective Microorganisms in Producing Eco-Enzyme from Food Waste for Wastewater Treatment. *Applied Microbiology: Theory & Technology*, 2(1), 28-36.

