

PEMANFAATAN ECO ENZYME UNTUK MENDEGRADASI KADAR BOD DAN COD PADA AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU

Utilization of Eco Enzyme to Degrade BOD and COD Levels In Tofu Liquid Waste

Fadel Muharram¹, Ir. Abdul Rifai, MT², Hj. Wahyuni Sahani, ST., M.Si²

¹Program Studi Sanitasi Lingkungan, Jurusan Kesehatan Lingkungan, Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar

²Jurusan Kesehatan Lingkungan Jl. Wijaya Kusuma I No. 2 Kota Makassar

*Corresponding author: fadelkesling087@gmail.com

Info Artikel: Diterima ..bulan...20XX; Disetujui ...bulan 20XX; Publikasi ...bulan ..20XX *tidak perlu diisi

ABSTRACT

Tofu liquid waste contains various organic and inorganic substances at high concentrations. This substance makes the Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) increasing quite high. One efficient and environmentally friendly alternative is the use of eco enzyme, which is a natural enzyme produced through fermentation of organic materials. Eco enzyme has the ability to decompose organic substances in liquid waste more effectively, it can also reduce BOD and COD levels, and energy use in the process. The type of research used in this research is quasi-experimental research by determining the ability of eco enzymes to decreasing BOD and COD levels in tofu industrial wastewater by treating three variations of doses 5, 10 and 15 on a laboratory scale with two replications (repetitions). Eco enzyme will be added to the sample of tofu industrial wastewater with variation of dose each 5, 10 and 15 ml then given a residence time by twenty days. After twenty days the sample of tofu industry wastewater will be taken to check the BOD and COD levels, then will be analyze and interpreted descriptively to determine the BOD and COD levels. The results of the study showed that out of three dose variants, the one that showed the greatest decrease was the 10 ml dose, where the percentage decrease in BOD was 89.8% and for COD was 56.6%, while for the other doses there was also a decrease, but the percentage was not as much as the 10 ml dose. Suggestions for future researchers are to combine other processing methods with the addition of eco enzyme to reduce the time that will be required.

Keywords : Eco enzyme, Tofu liquid waste, BOD, COD

ABSTRAK

Limbah cair tahu mengandung berbagai zat organik dan anorganik dengan tingkat konsentrasi yang tinggi. Kandungan ini membuat nilai Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) menjadi cukup tinggi. Salah satu alternatif yang ramah lingkungan adalah penggunaan eco enzyme, yaitu enzim alami yang dihasilkan melalui fermentasi bahan organik. Eco enzyme memiliki kemampuan untuk menguraikan zat organik dalam limbah cair dengan lebih efektif, mengurangi kadar BOD dan COD, serta mengurangi penggunaan energi dalam proses pengolahan. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen kuasi yaitu mengetahui katalisator eco enzyme dalam mendegradasi kadar BOD dan COD pada air limbah industri tahu dengan perlakuan tiga variasi dosis yakni 5, 10 dan 15 ml dalam skala laboratorium dengan tiga kali replikasi (pengulangan). Eco enzyme di masukkan ke dalam sampel air limbah industri tahu dengan masing masing variasi 5, 10 dan 15 ml dosis kemudian di beri waktu tinggal selama 20 hari. Setelah 20 hari, sampel air limbah industri tahu diambil untuk pemeriksaan kadar BOD dan COD kemudian di analisa dan di interpretasikan secara deskriptif untuk mengetahui kadar BOD dan COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari tiga varian dosis, yang menunjukkan penurunan terbanyak adalah dosis 10 ml yang dimana untuk persentasi penurunan BOD sebanyak 89,8% dan untuk COD sebanyak 56,6% sementara untuk dosis yang lain juga terdapat penurunan namun persentasenya tidak sebanyak dosis 10 ml. Saran untuk peneliti selanjutnya untuk mengkombinasikan metode pengolahan lain dengan penambahan eco enzyme guna mengurangi waktu yang diperlukan.

Kata kunci : Eco enzyme, Limbah Tahu, BOD, COD

PENDAHULUAN

Air yang terbuang dari rumah tangga, industri, dan tempat umum lainnya disebut limbah cair. Limbah ini mengandung campuran zat kimia yang dapat merusak lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan benar. (Suharto, 2020)

Di Indonesia, sistem pengolahan limbah cair belum sepenuhnya memadai. Meski demikian, pemerintah telah menunjukkan komitmen yang kuat dalam memperbaiki kondisi ini dengan mengeluarkan berbagai regulasi terkait pengelolaan air limbah dalam beberapa tahun terakhir. (Susanto)

Salah satu industri yang berkembang dan dapat menjadi sumber permasalahan di Indonesia adalah industri tahu. Di Indonesia industri tahu berkembang cukup pesat, Indonesia memiliki kurang lebih 84.000 industri pengolahan tahu meliputi industri skala rumah tangga dan 2 industri besar. Industri tahu di Indonesia menghabiskan sekitar 2,56 juta ton kedelai setiap tahun. (Faisal et al., 2016)

Kandungan protein, lemak, dan karbohidrat yang tinggi pada limbah cair tahu menyebabkan nilai Biological Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) mencapai kisaran 5.000-10.000 mg/L. Kondisi ini mengindikasikan beban organik yang sangat besar dalam limbah. Selain itu, pH limbah tahu cenderung asam dengan nilai sekitar 4-5. (Haerun et al., 2018)

Pembuangan limbah tahu secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang signifikan, ditandai dengan bau busuk dan kematian organisme akuatik. Pengolahan limbah tahu menjadi sangat penting untuk mencegah kerusakan lingkungan yang lebih parah. ((Zahra et al.). . Limbah cair tahu dapat diolah sesuai dengan karakteristik dari limbah awal sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan serta bermanfaat bagi masyarakat luas.

Di Makassar, masih banyak industri tahu yang belum memiliki fasilitas pengolahan limbah yang memadai, sehingga berisiko mencemari lingkungan. Limbah padat dan cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu jika tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan (Cahyani et al., 2021). Limbah cair industri tahu mengandung zat organik dalam jumlah tinggi, termasuk COD dan BOD, yang berasal dari protein, lemak, dan karbohidrat dalam kedelai. Proses produksi tahu yang intensif air menghasilkan volume limbah yang signifikan. Tahapan seperti pencucian, perebusan, pengpresan, dan pencetakan semuanya berkontribusi pada pembentukan limbah cair ini. (Pamungkas & Slamet, 2017).

Industri tahu menghasilkan limbah cair yang mengandung banyak zat organik. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai metode pengolahan sudah dicoba, tapi belum semua efektif dan ramah lingkungan. Penggunaan eco enzyme muncul sebagai solusi baru. Eco enzyme adalah enzim alami yang bisa mempercepat proses penguraian zat organik dalam limbah. Dibandingkan dengan metode konvensional, eco enzyme lebih efisien, ekonomis, dan aman bagi lingkungan. Selain itu, eco enzyme juga bisa mengurangi penggunaan energi dalam proses pengolahan.

Eco enzyme, yang merupakan campuran enzim alami dari hasil fermentasi bahan organik, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah pencemaran limbah industri tahu. Enzim-enzim penyusun eco enzyme, yang sebagian besar berupa protein dan peptida, mudah terdegradasi secara alami sehingga tidak mencemari badan air. Namun, mengingat tingginya harga enzim komersial, eco enzyme menjadi alternatif yang lebih ekonomis. Selain itu, pembuatan eco enzyme secara mandiri dapat mengurangi emisi gas rumah kaca karena mengurangi jumlah limbah organik yang berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) (Aruna & P, 2015).

Berdasarkan penelitian Agustina tahun 2021 dengan judul "Efektivitas Pemberian Eco enzyme Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD di Tukad Badung" didapatkan bahwa penambahan eco enzyme pada Tukad Badung belum terbukti efektif dalam menurunkan pencemar khususnya BOD dan COD. Hal ini karena Tukad Badung merupakan perairan yang mengalir. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap efektivitas penurunan BOD dan COD serta memperhatikan jarak waktu pengambilan sampel air sungai setelah penambahan eco enzyme.

Penelitian Samiksha et al. (2020) dengan judul "Application of Eco enzyme for Domestic Waste Water Treatment" menunjukkan bahwa penggunaan eco enzyme 5% efektif menurunkan kadar BOD dan COD pada air limbah domestik. Dalam waktu lima hari, kadar BOD turun drastis dari 196 mg/l menjadi 74,2 mg/l, sedangkan COD menurun dari 416 mg/l menjadi 228 mg/l.

Meskipun beberapa penelitian telah diketahui bahwa eco enzyme memiliki potensi dalam mengurangi kadar BOD dan COD pada limbah industri tertentu, disamping itu minimnya referensi

mengenai penelitian terkait yang relevan membuat output yang dihasilkan kurang 5 maksimal. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menguji efektivitas dan aplikabilitas eco enzyme dalam konteks ini serta untuk mengidentifikasi parameter optimal penggunaannya. Adapun metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan penambahan eco enzyme hasil fermentasi 3 bulan yang berbahan dasar limbah kulit buah.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada bulan November 2023 di sebuah pabrik tahu di kawasan Mamajang, ditemukan bahwa limbah cair yang dihasilkan masih mengandung zat pencemar organik (BOD dan COD) dalam jumlah yang sangat tinggi, melampaui standar yang ditetapkan oleh pemerintah. Kondisi ini mengindikasikan adanya potensi pencemaran lingkungan yang serius. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini akan mengeksplorasi potensi penggunaan eco enzyme sebagai alternatif solusi dalam menurunkan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu. Harapannya, penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan metode pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, serta mendorong pertumbuhan industri tahu yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

MATERI DAN METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan digunakan merupakan jenis penelitian eksperimen kuasi dengan rancangan One Group Pre-Post Test Design yaitu membandingkan pengaruh pemberian tiga variasi dosis eco enzyme terhadap penurunan kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu dengan waktu tinggal 20 hari.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian mencakup industri tahu di Jalan Baji Nyawa, Karang Anyar, Makassar sebagai tempat pengambilan sampel. Sementara itu, kegiatan penelitian dan analisis data dilakukan di Kampus Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar. Pengujian parameter BOD dan COD dilaksanakan secara khusus di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Kesehatan Lingkungan.

Penelitian ini terbagi menjadi dua fase utama. Fase pertama adalah tahap persiapan yang meliputi penyusunan proposal penelitian dan seminar proposal. Kegiatan ini dilaksanakan pada periode Desember 2023 hingga Januari 2024. Fase kedua adalah tahap pelaksanaan penelitian lapangan yang berlangsung dari Maret hingga Mei 2024.

Pengumpulan Data

1. Data Primer

Data primer pada penelitian ini diambil dari hasil uji pendahuluan yang dilakukan serta hasil eksperimen yang akan dilakukan dan diperiksa di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar baik sebelum atau setelah perlakuan.

2. Data Sekunder

Data sekunder pada penelitian ini berasal dari penelusuran kepustakaan berupa referensi dari publikasi buku, jurnal nasional dan internasional, regulasi (peraturan terkait), artikel, maupun literatur lain yang dianggap mampu mendukung teori yang ada serta dianggap memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Pengolahan Data

Adapun sumber data yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah yang diperoleh dari hasil mengumpulkan data yang bersumber dari literatur, buku, dan hasil penelitian lainnya. Pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan cara menggunakan program komputer.

Instrument Penelitian

1. Pembuatan Eco enzyme

a. Alat

- 1) Galon bekas
- 2) Ember

- 3) Gunting
 - 4) Pisau
 - 5) Timbangan Digital
- b. Bahan
- 1) Sampah organik (sisa kulit buah)
 - 2) Air
 - 3) Molase
 - 4) Label
- c. Prosedur Kerja
- 1) Siapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
 - 2) Cacah bahan organik yang telah dikumpulkan menjadi potongan kecil.
 - 3) Masukkan potongan bahan organik ke dalam ember sesuai dengan jenisnya.
 - 4) Untuk pembuatan eco enzyme menggunakan perbandingan 1:3:10 bagian, molases satu bagian atau 0,7 kg, bahan organik tiga bagian sebanyak 2,1 kg dan air sebanyak 10 bagian atau 7 kg.
 - 5) Untuk bahan organik yang digunakan ditimbang sebanyak 1,6 kg kulit nanas, 0,1 kg kulit pisang, 0,1 kg kulit alvokad, 0,1 kg kulit semangka, 0,1 kg kulit mangga dan 0,1 kg kulit jeruk.
 - 6) Siapkan 1 buah galon plastik berukuran 15 L, lalu masukkan air sebanyak 7 kg ke dalam galon plastik.
 - 7) Potong bahan organik menjadi ukuran yang lebih kecil kemudian masukkan bahan organik ke dalam gallon plastic.
 - 8) Setelah itu timbang sebanyak 0,7 kg molases ke dalam galon plastik berisi bahan organik.
 - 9) Tutup galon plastik, lalu goyangkan hingga bahan tercampur rata.
 - 10) Berikan label penanda pada galon plastik yang telah berisi bahan eco enzyme dengan mencantumkan tanggal pembuatan, BO (Bahan Organik) yang digunakan, jenis molase/gula merah yang digunakan, dan nama pembuat.
 - 11) Simpan ditempat dengan suhu ruang.
 - 12) Lakukan pemeriksaan selama 1 minggu dengan membuka penutup galon plastik agar gas yang dihasilkan dapat tereduksi.
 - 13) Kemudian lakukan fermentasi selama ± 3 bulan (90 hari).
 - 14) Setelah ± 3 bulan (90 hari), panen eco enzyme yang akan digunakan.
 - 15) Lakukan pemeriksaan pH pada eco enzyme untuk mengetahui kualitas eco enzyme yang akan digunakan (Eco enzyme, 2021).
- 2. Cara Pelaksanaan Eksperimen**
- a. Siapkan alat berupa wadah yang memiliki kapasitas 1.000 ml sebanyak empat buah, tiga buah digunakan untuk penelitian dan satu buah sebagai control.
 - b. Kemudian sipakan larutan eco enzyme yang telah di buat dengan konsentrasi masing-masing 5ml ,10ml dan 15ml.
 - c. Masukan sampel limbah cair industri tahu yang telah diambil sebanyak 1.000 ml ke masing-masing tabung.
 - d. Masukan larutan eco enzyme dengan konsentrasi berbeda ke dalam masing-masing wadah.
 - e. Berikan label pada wadah .
 - f. Kemudian diamkan selama 20 hari.
 - g. Setelah 20 hari, ambil sampel dari ketiga wadah kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaaan BOD dan COD.
 - h. Lakukan replikasi sebanyak tiga kali untuk memvalidasi hasil penelitian.
 - i. Analisis hasil yang didapatkan dan berikan kesimpulan.
- 3. Pemeriksaan BOD (*Biological Oxygen Demand*)**
- a. Siapkan sampel air dengan menggunakan botol wingkler, tambahkan 2 ml larutan MnSO₄ dan pereaksi oksigen. Tutup rapat botol kemudian kocok untuk pengendapan dan penyempurnaan reaksi, larutan didiamkan selama kurang lebih 10 menit.
 - b. Kemudian di tambahkan 1-2 ml larutan asam sulfat (H₂SO₄) pekat, lalu kocok sampai larut.
 - c. Sampel dimasukan kedalam erlemeyer satu sebanyak 200 ml dan sisanya diukur kembali dan

- dimasukan ke dalam erlemeyer dua.
- d. Larutan kemudian di titrasi dengan thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,025 N sampai warna larutan menjadi kuning muda.
 - e. Kemudian tambahkan satu ml larutan amylum kanji, larutan menjadi biru tua, kemudian titrasi sampai warna biru hilang.
 - f. Catat hasil titrasi yang digunakan kemudian hitung nilai BOD yang didapatkan.
- 4. Pemeriksaan COD (*Chemical Oxigen Demand*)**
- a. Siapkan tabung termoreactor sebanyak dua buah.
 - b. Isi masing-masing tabung dengan 0,1 gram atau sepucuk sendok mercury sulfat HgSO_4 .
 - c. Masukkan dua ml sampel kedalam tabung I, dan 2 ml aquades ke dalam tabung II, kemudian masing-masing tabung ditambahkan satu ml larutan kalium dicromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
 - d. Tambahkan juga masing-masing larutan perak sulfat (AgSO_4) sebanyak tiga ml, panaskan kedalam tabung termoreaktor selama kurang lebih dua jam.
 - e. Angkat masing-masing lalu pindahkan kedalam gelas erlemeyer.
 - f. Tambahkan aquades ke masing-masing tabung sebanyak 10 ml dan setetes indicator ferroin.
 - g. Titrasi dengan larutan Ferry Aluminium Sulfat (FAS) 0,1 N.
 - h. Hitung seberapa banyak titrasi yang digunakan lalu hitung nilai COD yang didapatkan.

HASIL

1. Hasil pemeriksaan pH dan suhu secara berkala pada sampel.

Tabel 5.1
Hasil pemeriksaan pH dan suhu secara berkala pada sampel kontrol dan sampel yang telah diberi perlakuan

Pemeriksaan pH dan Suhu Berkala	Pemeriksaan Hari-1		Pemeriksaan Hari-5		Pemeriksaan Hari-10		Pemeriksaan Hari-20	
	pH	Suhu	pH	Suhu	pH	Suhu	pH	Suhu
Kontrol	3,88	32	5,35	28,22	5,81	27,1	7,28	29,4
A	3,72	31,5	5,1	28,2	5,68	26,9	6,56	29,4
B	3,65	31,5	5,32	28,3	5,51	27,1	6,54	29,3
C	3,59	31,5	5,22	28,2	5,61	27,1	6,65	29,4

Sumber: *Data Primer*, 2024

Tabel 5.1 diatas untuk hasilnya didapatkan pH pada sampel cenderung naik dari pemeriksaan pertama sampai dengan yang terakhir yang dimana pH paling rendah di 3,55 dan pH tertinggi di 7,28 sedangkan suhu terendah pada 26,9°C dan paling tinggi di 32°C.

2. Hasil penelitian kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu penggunaan dosis 5 ml

Tabel 5.2
Gambaran kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu dengan penambahan *eco enzyme* 5 ml waktu kontak 20 hari

NO	Parameter	Kontrol		Replikasi			Rata-rata penurunan
		Sebelum	Setelah	I	II	III	
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
1	BOD	633,6	111,6	69,5	80,8	66,2	88,6%

2	COD	1.500	880	720	810	750	760	49,3%
---	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------------

Sumber: *Data Primer*, 2024

Berdasarkan tabel 5.2 di atas menunjukkan hasil persentase penurunan pada perlakuan 5 ml ini yakni untuk BOD sebanyak 88,6% dan untuk kadar COD sebanyak 49,3%.

3. Hasil penelitian kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu penggunaan dosis 10 ml

Tabel 5.3
Gambaran kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu dengan penambahan *eco enzyme* 10 ml waktu kontak 20 hari

NO	Parameter	Kontrol		Replikasi			Rata-rata	
		Sebelum	Setelah	I	II	III	penurunan	
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
1	BOD	633,6	111,6	64,8	59,5	68,3	64,2	89,8%
2	COD	1.500	880	650	600	700	650	56,6%

Sumber: *Data Primer*, 2024

Berdasarkan tabel 5.3 di atas menunjukkan persentase penurunan pada perlakuan 10 ml ini yakni untuk BOD sebanyak 89,8% dan untuk kadar COD sebanyak 56,6%.

4. Hasil penelitian kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu penggunaan dosis 15 ml

Tabel 5.4
Gambaran kadar BOD dan COD pada limbah cair industri tahu dengan penambahan *eco enzyme* 15 ml waktu kontak 20 hari

NO	Parameter	Kontrol		Replikasi			Rata-rata	
		Sebelum	Setelah	I	II	III	penurunan	
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%
1	BOD	633,6	111,6	84,8	64,2	158,8	102,6	83,8%
2	COD	1.500	880	870	710	820	800	46,6%

Sumber: *Data Primer*, 2024

Berdasarkan tabel 5.2 di atas menunjukkan hasil persentase penurunan pada perlakuan 15 ml ini yakni untuk BOD sebanyak 83,8% dan untuk kadar COD sebanyak 46,6%.

PEMBAHASAN

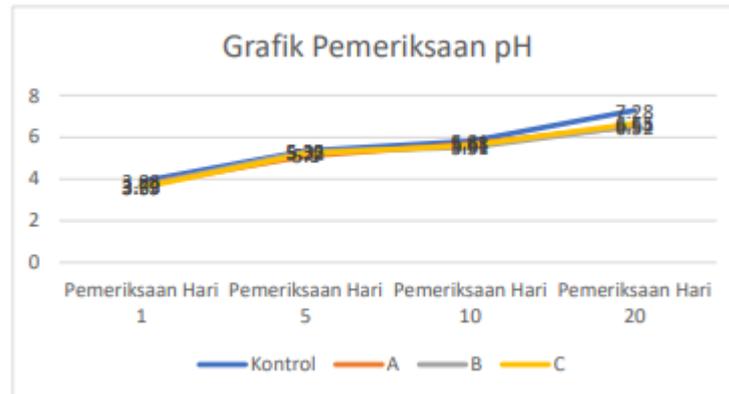
1. Hasil pengamatan pH, suhu serta kondisi fisik limbah tahu secara berkala.

Pada hasil pengamatan pH dan suhu secara berkala didapatkan hasil yang tidak jauh signifikan perbedaannya dari kontrol yang diperiksa yang dimana pH terendah di 3,55 dan pH tertinggi di 7,28 sedangkan suhu terendah ada pada 26,9°C dan paling tinggi di 32°C.

Dapat diperhatikan pada grafik di bawah proses peningkatan pH pada limbah hampir cenderung sama yang dimana sampel awal ber-pH asam lama kelamaan naik menjadi normal (netral) dapat disebabkan beberapa proses alami yang mempengaruhi komposisi kimia air tersebut seperti degradasi biologis oleh aktifitas mikroorganisme alami yang ada di dalam air limbah tahu akan mulai menguraikan bahan organik, termasuk asam amino dan asam lemak, yang merupakan

komponen utama dari limbah tahu. Proses ini menghasilkan produk sampingan seperti karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O), yang tidak asam, sehingga dapat meningkatkan pH. beberapa mikroorganisme juga ada yang dapat menghasilkan alkalin yang dapat menetralkan keasaman.

Reaksi kimia juga dapat memengaruhi hal ini seperti reaksi redoks di dalam air limbah dapat mengubah senyawa asam menjadi senyawa yang lebih netral. Misalnya, oksidasi asam organik dapat menghasilkan senyawa yang kurang asam. Ataupun proses pengendapan yang dimana ion-ion tertentu dalam air (besi dan mangan) dapat bereaksi dengan senyawa asam dan mengendap sebagai oksida atau hidroksida, yang mengurangi keasaman.



Gambar 5.1. Grafik peningkatan kadar ph pada sampel selama 20 hari

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa pH awal sampel ada di sekitaran 3 yang menandakan ph dari sampel asam yang disebabkan karena pada pemrosesan tahu terdapat banyak kadar protein dan karbohidrat serta penambahan cuka dalam proses. Kadar pH yang rendah dapat memengaruhi proses pertumbuhan mikroorganisme umumnya bakteri dapat tumbuh dengan baik pada pH netral (neutrofilik), yaitu 6,5 sampai 7,5. Namun, ada juga mikroba yang tahan pada kondisi pH rendah atau asam (asidofilik). Jadi dapat dikatakan bahwa mikroorganisme yang tumbuh pada air limbah berjenis asidofilik yang bisa tumbuh di kondisi asam seperti pada mikroorganisme dalam *eco enzyme* yang juga bersifat asam.

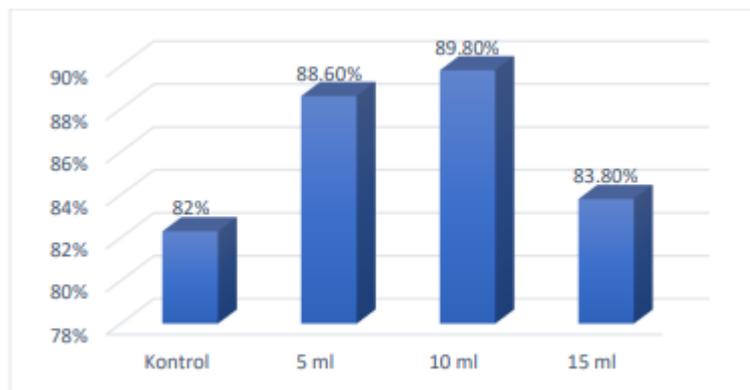
Suhu limbah tahu umumnya sama dengan suhu ruangan. Kenaikan suhu awal disebabkan oleh proses pembuatan tahu yang melibatkan pemanasan. Suhu sangat memengaruhi pertumbuhan mikroba. Suhu yang lebih tinggi mempercepat pertumbuhan, tetapi suhu yang terlalu tinggi dapat merusak sel mikroba.

Berdasarkan hal tersebut, ada tiga tingkatan suhu yang memengaruhi mikroorganisme. Suhu minimum adalah batas terendah bagi suatu mikroba masih dapat hidup, suhu optimum adalah suhu optimal bagi suatu mikroba untuk melakukan pertumbuhan, dan suhu maksimum adalah batas tertinggi bagi suatu mikroba untuk dapat hidup.

Dari pengamatan secara fisik yang dilakukan secara berkala warna dari limbah yang diberikan penambahan *eco enzyme* lebih gelap daripada kontrol yang tidak di berikan perlakuan karena *eco enzyme* sendiri berwarna coklat gelap dan warna *eco enzyme* juga dapat dipengaruhi dari bahan penyusunnya seperti kulit buah atau sayur atau jenis glukosa yang digunakan. Dari segi bau selama pengamatan didapati bahwa pada sampel kontrol memiliki bau yang lebih menyengat daripada sampel yang diberikan perlakuan justru sampel yang diberi perlakuan memiliki sedikit bau khas aroma jeruk. Sementara kondisi pada sampel dari hari ke dua sudah mulai muncul jamur di permukaan air, pada kontrol jamur muncul lebih cepat daripada sampel yang lain adanya jamur ini dapat disebabkan karena pemilihan wadah yang digunakan merupakan wadah plastik yang transparan sehingga terdapat cahaya matahari yang masuk dan memungkinkan jamur untuk hidup.

2. Hasil penurunan kadar BOD pada limbah cair industri tahu dengan penambahan *eco enzyme* selama 20 hari.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan *eco enzyme* terhadap air limbah industri tahu dengan waktu kontak selama 20 hari berpengaruh terhadap penurunan kadar BOD pada air limbah. Dilihat pada dosis 5 ml terdapat penurunan kadar BOD yang bervariasi setelah waktu kontak yang dimana kadar sebelum mencapai 663,6 mg/l dan didapatkan rata-rata penurunan tiga replikasi untuk dosis 5 ml sebanyak 88,6%, untuk dosis 10 ml didapatkan rata-rata penurunan tiga replikasi sebanyak 89,8% dan untuk dosis 15 ml didapatkan rata-rata penurunan tiga replikasi sebanyak 83,8 ml, sedangkan kontrol yang awalnya 633,6 mg/l setelah 20 hari turun menjadi 111,6 mg/l yang dimana jika dirata-ratakan penurunannya sebanyak 82,3% dan jika digambarkan ke dalam grafik persentase penurunan didapatkan hasil seperti ini,



Gambar 5.2: Grafik persentase penurunan kadar BOD

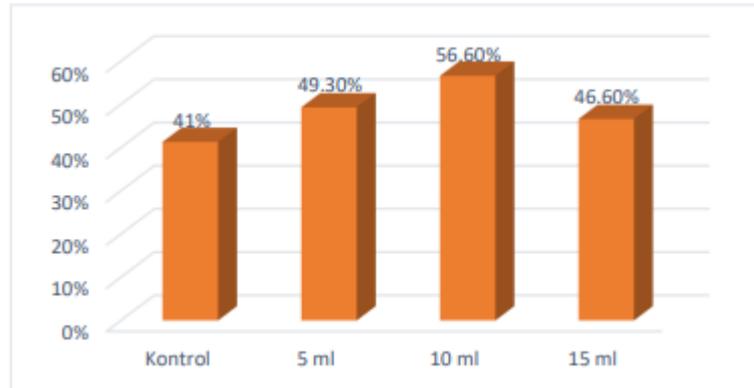
Dari grafik di atas terlihat bahwa penurunan kadar BOD pada perlakuan lebih besar dari kontrol setelah dimana didapatkan bahwa konsentrasi 10 ml mendapatkan persentase penurunan terbesar yakni 89,8%. Dimana dalam hal ini terjadi penurunan kadar BOD yang disebabkan proses biologi oleh *eco enzyme*, bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah tahu dapat didegradasi oleh mikroorganisme yang ada pada *eco enzyme*. *Eco enzyme* dapat berperan sebagai agen remediasi yang memanfaatkan enzim dan mikroorganisme aktif yang dihasilkan selama proses fermentasi untuk mendegradasi zat polutan yang berbahaya bagi lingkungan.

Hasil yang di dapatkan menunjukkan bahwa penurunan BOD cukup besar hingga mencapai 89% yang dimana hal ini dapat disebabkan oleh pengaruh mikroorganisme yang dapat tumbuh di dalam limbah. Mikroorganisme dalam melakukan pertumbuhan membutuhkan suatu kondisi tertentu agar pertumbuhannya optimal. Mikroorganisme memiliki habitat tertentu yang menunjang mikroorganisme untuk tumbuh. Habitat tersebut menyediakan kondisi yang sesuai untuk suatu mikroorganisme agar tumbuh secara optimal. Selain itu, ada juga mikroorganisme yang dapat hidup di habitat yang ekstrem, seperti hidup di kondisi suhu dan salinitas yang sangat tinggi. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme seperti faktor fisik (pH dan suhu). Selain fisik faktor kimia juga mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme seperti senyawa kimia yang berfungsi sebagai sumber nutrisi. Senyawa kimia yang berfungsi sebagai nutrisi untuk mikroorganisme antara lain karbon, nitrogen, sulfur, fosfor, trace element, dan faktor pertumbuhan organik.

Selain itu didalam penelitian ini menggunakan waktu kontak yang lama dimana hal ini dapat memengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dapat mencapai fase eksponensial. Fase-fase pertumbuhan mikroorganisme ini dapat dibagi menjadi empat yakni fase lag merupakan fase peningkatan aktivitas mikroorganisme untuk menyiapkan proses pembelahan sel, namun belum terjadi pertambahan jumlah sel dalam populasi. Kemudian fase log dimana dalam fase ini terjadi peningkatan jumlah mikroorganisme secara eksponensial. Ketiga fase stasioner adalah fase penghentian dalam peningkatan jumlah mikroorganisme secara eksponensial. Pada fase eksponensial, terjadi keseimbangan antara jumlah mikroba yang mati dengan jumlah mikroba yang hidup. Fase terakhir adalah fase kematian, merupakan fase penurunan jumlah mikroba secara logaritmik. Waktu 20 hari merupakan waktu yang cukup atau bahkan lebih dimana fase pertumbuhan mikroorganisme ini dapat terjadi sehingga penurunan kadar BOD dan COD dapat terjadi dengan signifikan karena banyaknya mikroorganisme yang tumbuh.

3. Hasil penurunan kadar COD pada limbah cair industri tahu dengan penambahan *eco enzyme* selama 20 hari.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa *eco enzyme* terhadap air limbah industri tahu dengan waktu kontak selama 20 hari berpengaruh terhadap penurunan kadar COD pada air limbah. Dilihat pada dosis 5 ml terdapat penurunan kadar COD yang bervariasi setelah waktu kontak yang dimana kadar sebelum mencapai 1.500 mg/l dan didapatkan rata-rata penurunan tiga replikasi untuk dosis 5 ml sebanyak 49,3%, untuk dosis 10 ml didapatkan rata-rata penurunan tiga replikasi sebanyak 56,6% dan untuk dosis 15 ml didapatkan rata-rata penurunan tiga replikasi sebanyak 46,6%, sedangkan kontrol yang awalnya 1.500 mg/l setelah 20 hari turun menjadi 880 mg/l yang dimana jika dirata-ratakan penurunannya sebanyak 41,3% dan jika digambarkan kedalam grafik persentase penurunan didapatkan hasil seperti ini :

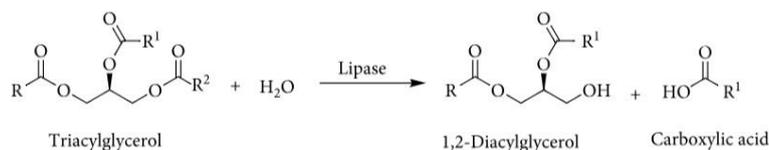


Gambar 5.3: Grafik persentase penurunan kadar COD

Dari grafik di atas terlihat bahwa penurunan kadar COD pada perlakuan lebih besar dari kontrol setelah yang dimana didapatkan bahwa konsentrasi 10 ml juga mendapatkan persentase penurunan terbesar untuk kadar COD yakni 56,60%. Dimana dalam hal ini terjadi penurunan kadar COD yang disebabkan oleh proses biologi yang disebabkan oleh *eco enzyme*, bahan-bahan organik yang terdapat pada limbah tahu dapat didegradasi oleh mikroorganisme yang ada pada *eco enzyme*. *Eco enzyme* dapat berperan sebagai agen remediasi yang memanfaatkan enzim dan mikroorganisme aktif yang dihasilkan selama proses fermentasi untuk mendegradasi zat polutan yang berbahaya bagi lingkungan. Selain mikroorganisme seperti asam laktat dalam *eco enzyme* juga mengandung enzim-enzim yang dapat bersifat katalis yang dapat mempercepat proses degradasi oleh mikroba. Dalam limbah cair industri tahu umumnya terkandung protein kurang lebih 65%, kadar lemak 25% dan karbohidrat kurang lebih 25% yang dimana dengan adanya kandungan ini berpotensi untuk menghasilkan produk baru yang melibatkan aktivitas mikroorganisme (Sakti & Trimulyono, 2019).

Selain itu salah satu bahan penyusun *eco enzyme* yang digunakan yakni kulit jeruk dan kulit nanas dapat menghasilkan enzim multi hidrolitik, seperti enzim amilase, protease, dan lipase yang mampu mendegradasi air limbah. Enzim-enzim ini mengubah berbagai substrat menjadi senyawa yang tidak beracun yang dapat dengan mudah dihilangkan dari limbah (Tang & Tong, 2011).

Lipase sebagai salah satu enzim yang terdapat pada *eco enzyme* berperan untuk menghidrolisis lemak pada limbah tahu, dalam konteks ini lipase dapat membantu mendegradasi komponen organik dalam air limbah yang mengandung lemak atau minyak, sehingga mengurangi kadar BOD dan COD dengan cara lipase mengadsorpsi ke permukaan partikel lemak atau minyak di dalam air limbah. Proses ini sering difasilitasi oleh adanya emulsi yang memecah lemak menjadi tetesan-tetesan kecil, meningkatkan luas permukaan kontak antara enzim dan substrat. Lipase kemudian mengkatalisis reaksi hidrolisis ester lemak, memecah molekul trigliserida (lemak dan minyak) menjadi monogliserida, digliserida, gliserol, dan asam lemak bebas. Reaksi ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5.4 Proses hidrolisis lipase memecah trigliserida menjadi gliserol, dan asam lemak bebas

Setelah trigliserida dipecah menjadi molekul yang lebih kecil Gliserol dan asam lemak lebih mudah terlarut dalam air dibandingkan dengan lemak atau minyak asli, sehingga lebih mudah diuraikan oleh mikroorganisme di dalam sistem pengolahan air limbah. Sebelum dilakukan perlakuan kadar BOD dari limbah diketahui sebanyak 633,6 mg/l sedangkan untuk kadar COD lebih tinggi sebanyak 1.500 mg/l. Akan tetapi setelah dilakukan penambahan *eco enzyme*.

Terdapat perbedaan tingkat penurunan yang terjadi pada setiap dosis. Penurunan kadar BOD cenderung lebih tinggi penurunan COD dari segi persentase hal ini disebabkan karena nilai COD mampu mengukur bahan organik yang mudah terurai maupun yang lebih sulit terurai oleh mikroorganisme, sebagaimana yang telah diketahui limbah tahu mengandung efluen yang tinggi seperti minyak dan lemak yang lebih sulit terurai oleh mikroorganisme. Walaupun di dalam *eco enzyme* sendiri sudah memiliki kandungan enzim-enzim yang dapat memecah bahan organik namun jumlahnya tidak diketahui secara pasti dan walaupun telah dipecah mikroorganisme yang terdapat di dalam limbah masih sulit untuk mendegradasi zat tersebut sehingga penurunan kadar COD cenderung lebih rendah secara persentase daripada kadar BOD. Dari hasil penelitian pemberian dosis 10 ml lebih baik dari pada dosis 5 ml dan dosis yang mengalami penurunan paling sedikit yakni dosis 15 ml dalam grafik terlihat penambahan dosis yang lebih banyak justru mengurangi efisiensi dari *eco enzyme* hal ini dapat dikaitkan dengan teori kinetika enzim. Kinetika Michaelis-Menten adalah model kinetika enzim yang menjelaskan bagaimana laju reaksi yang dikatalisis oleh enzim bergantung pada konsentrasi enzim dan substratnya. V_{max} merupakan laju reaksi maksimum, ketika semua situs aktif enzim jenuh dengan substrat. Jadi diperlukan dosis enzim yang tepat sehingga dapat mencapai v_{max} , namun dalam penelitian ini tidak dilakukan pemeriksaan jumlah dan kadar enzim dalam *eco enzyme* sehingga tidak dapat diketahui jumlah pasti enzim yang dibutuhkan dalam mencapai reaksi maksimum.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Widyastuti dkk., 2023 menunjukkan bahwa penerapan *eco enzyme* terhadap limbah tahu memengaruhi penurunan kadar BOD dan COD. Dari hasil yang didapatkan dari dosis 10,15 dan 20% selama 20 hari hasil penurunan terbaik didapatkan oleh dosis 10% yang dimana dapat menurunkan kadar BOD dan COD masing-masing 79,75% dan 41,38%.

Dalam penelitian Shridhar Kerkar dkk., 2020 dalam pemanfaatan *eco enzyme* dengan dosis 5% dan 10% dalam limbah domestik selama lima hari diketahui bahwa terdapat perbedaan penurunan yang dimana persentase penurunan kadar BOD dan COD yang lebih baik ada pada dosis 10% sementara pada dosis 5% juga terdapat penurunan namun penurunan dosis 10% sedikit lebih baik hal ini bisa disebabkan karena pada dosis 10% dapat memberikan konsentrasi enzim yang tepat untuk mengurai bahan organik dalam limbah selama lima hari sedangkan untuk konsentrasi 5% jumlah enzim di dalamnya belum cukup untuk membantu mengurai dan membutuhkan waktu yang lebih lama sehingga penurunannya kurang dari dosis 10%.

Dari dua penelitian diatas dapat dibuktikan bahwa perbedaan dosis yang diberikan terhadap limbah dapat memengaruhi penurunan kadar BOD dan COD dapat terlihat dari perbedaan pemberian dosis dengan persentase penurunan kadar terdapat perbedaan hal ini dapat disebabkan karena dalam kandungan enzim seperti lipase dan amilase dapat membantu penguraian zat anorganik sementara mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi *eco enzyme* terutama adalah bakteri dan jamur seperti asam laktat, asam asetat dan yeast yang sudah terkandung dalam *eco enzyme* dapat membantu menurunkan kadar BOD dan COD limbah.

Penelitian yang lain yang dilakukan Putri F. Lamato, dkk tahun 2023 dalam Analisis Aplikasi *Eco enzyme* Terhadap Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Pada Limbah Cair Tahu Di Industri Tahu Malalayang dengan menganalisis pengaruh pengaplikasian *eco enzyme* terhadap limbah cair tahu dengan membandingkan tiga dosis yakni 0,5 dan 10% hasil yang didapatkan menyatakan bahwa nilai BOD dan COD yang paling rendah ada pada dosis 0% atau yang tidak diberikan *eco enzyme* dan dosis yang diberikan *eco enzyme* malah menunjukkan peningkatan kadar BOD dan COD hal ini dapat disebabkan karena dalam dalam penelitian ini tidak menggunakan waktu kontak yang cukup sehingga enzim dan mikroorganisme di dalam *eco enzyme* belum bisa membantu mendegradasi kadar BOD dan COD dalam limbah tahu tersebut.

Menurut (Permatananda, 2023) dari karakteristiknya *eco enzyme* memiliki potensi sebagai alternatif pengganti tata laksana kimiawi pada limbah, tidak hanya untuk kadar BOD dan COD *eco enzyme* dapat menurunkan kadar Ph, TSS, TDS dan amonia pada limbah termasuk limbah hasil perikanan. *Eco enzyme* menawarkan sebuah alternatif tata laksana kimiawi meskipun memerlukan waktu terapi yang lebih lama, namun baik untuk digunakan dibandingkan agen kimiawi lainnya. Perlu penelitian lebih lanjut untuk dapat memastikan pengaruh *eco enzyme* terhadap limbah.

Oleh karena itu diharapkan agar peneliti selanjutnya untuk dapat memanfaatkan penelitian ini sebagai pertimbangan dalam melakukan penelitian dengan memberikan intervensi, perlakuan berbeda atau dengan mengkombinasikan metode ini dengan metode pengolahan lainnya sehingga diharapkan mampu menutup kekurangan dari penelitian ini yakni waktu yang dibutuhkan cenderung lebih lama.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian variasi dosis eco-enzyme pada limbah tahu, didapatkan bahwa semua dosis yang diuji (5 ml, 10 ml, dan 15 ml) efektif dalam mengurangi kadar BOD dan COD. Namun, dosis 10 ml menunjukkan kinerja paling optimal dengan penurunan BOD hingga 89,8% dan COD hingga 56,6%. Hal ini mengindikasikan bahwa dosis 10 ml merupakan dosis yang paling efektif dalam mengolah limbah tahu menggunakan eco-enzyme.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A. (2021). *Efektivitas Pemberian Eco enzyme Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD di Tukad Badung*. *Jurnal Media Sains*, 5(1), 1–5.
- Arief, M. (2016). *Pengolahan Limbah Industri: Dasar-Dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja*. https://books.google.co.id/books?id=mFM5DgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=id&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Aruna, C., & P, S. (2015). *Solubilisation of Waste Activated Sludge Using Garbage 3 Enzyme Produced From Different Pre-Consumer Organic Waste*. *RSC Advances*, 5, 51421–51427.
- Atima, W. (2015). *Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Biosel: Biology Science and Education*, 4(1), 83. <https://doi.org/10.33477/bs.v4i1.532>
- Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., Raharjo, S. B., Pramono, E., Wahyuningsih, S., Lestari, W. W., & Widjonarko, D. M. (2021). *Pengolahan Limbah Tahu dan Potensinya*. *Proceeding of Chemistry Conferences*, 6, 27. <https://doi.org/10.20961/pcc.6.0.55086.27-3>
- Eco enzyme*, M. B. P. (2021). *Pembuatan Eco enzyme*. In *Eco enzyme nusantara* (Vol. 2).
- Faisal, M., Gani, A., Mulana, F., & Daimon, H. (2016). *Treatment and utilization of industrial tofu waste in Indonesia*. *Asian Journal of Chemistry*, 28(3), 501–507. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2016.19372>
- Gusliana, I. (2021). Bab II Landasan Teori. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Haerun, R., Mallongi, A., Fajaruddin Natsir, M., Kesehatan Lingkungan, D., & Kesehatan Masyarakat, F. (2018). *Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4 Efficiency Toward Liquid Waste of Tofu Industry using biofilter upflow system with Additional Effective Microorganism 4*. In *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK) LP2M Unhas* (Vol. 1).
- Harahap, M. R., Amanda, L. D., & Matondang, A. H. (2020). *Analisis Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis* *Jurnal Amina*, 2(2), 79–83.
- Hermawan, A. (2021). *ECO ENZYME*.
- Hisyam Khalid. (2020). Yang Kalian Harus Ketahui Tentang Pencemaran oleh Limbah Cair! *Environment-Indonesia.Com*. <https://environment-indonesia.com/yang-kalian-harus-tahu-tentang-pencemaran-limbah-cair/>
- Infinita Biotech. (n.d.). *What Are The Different Types of Enzymes for Reducing BOD and COD Levels?* https://infinitabiotech-com.translate.google/blog/different-types-of-enzymes-for-reducing-bod-and-cod-levels/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup*

- Republik Indonesia. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 13(April), 15–38.
- Kumar, R., & Kumar, A. (2004). *Biochemical Oxygen Demand. Encyclopedia of Analytical Science: Second Edition*, 315–324. <https://doi.org/10.1016/B0-12-369397-7/00662-2>
- Manguju, M. O. (2023). *Use of Sedimentation Tanks To Lower Bod Level in Tofu Liquid Waste. HIGIENE: Jurnal Kesehatan*, 1(1), 1–6. <https://journal3.uinalauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/32448%0Ahttps://journal3.uinalauddin.ac.id/index.php/higiene/article/download/32448/17202>
- Modul Pemeriksaan BOD COD dan TSS. (2014). Mugitsah, A. (2023). *The Amazing Eco enzyme*.
- Pamungkas, A. W., & Slamet, A. (2017). *Pengolahan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Kota Surabaya. Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24585>
- Permatananda, P. A. N. K., Pandit, I. G. S., Cahyawati, P. N., & Lestarini, A. (2023). *Studi Literature Potensi Penggunaan Eco enzyme Sebagai Alternatif Tata Laksana Kimiawi Pada Limbah Pemandangan. Jurnal Education and Development*, 11(2), 8–12. <https://doi.org/10.37081/ed.v11i2.4383>
- Putri F. Lamato, dkk. (2023). *Analisis Aplikasi Eco enzyme Terhadap Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Pada Limbah Cair Tahu. Analisis Aplikasi Eco enzyme Terhadap Biochemical Oxygen Demand Dan Chemical Oxygen Demand Pada Limbah Cair Tahu Di Industri Tahu Malalayang*, 21(85).
- Ronny, & Ihsan, M. (2022). *Pemanfaatan Sampah Buah dan Sampah Sayuran sebagai Eco enzyme untuk Penyubur Tanaman. Jurnal Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat Jurusan Kesehatan Lingkungan Poltekkes Kemenkes Makassar*, 22(1), 61–65. <https://journal.poltekkes-mks.ac.id/ojs2/index.php/Sulolipu/article/view/2684/1821>
- Sains, J., Lingkungan, T., Royani, S., Fitriana, A. S., Bias, A., Enarga, P., & Bagaskara, Z. (n.d.). *Kajian Cod Dan Bod Dalam Air Di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas*.
- Sakti, D. W., & Trimulyono, G. (2019). *Pengaruh Penambahan Limbah Cair Industri Tahu sebagai Sumber Nitrogen terhadap Kualitas Nata De Coco. LenteraBio*, 8(1), 36–43. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Samiksha, I., Kerkar, S., & Sipil, D. T. (2020). *Penerapan Eco enzyme untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Penerapan Eco enzyme untuk Limbah Domestik Pengolahan air. April*, 8–11. <https://doi.org/10.35291/2454-9150.2020.0075>
- Sato, A., Utomo, P., & Abineri, H. S. B. (2015). *Pengolahan Limbah Tahu secara Anaerobik-Aerobik Kontinyu. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan III*, 13(1), 185–192.
- Sholichin, M. (2023). *Pengelolaan Air Limbah: Teknologi Pengelolaan Air Limbah. In Politeknik Negeri Semarang (Issue July)*.
- Shridhar Kerkar, S., Sahil Sanjeev Salvi, B., & Profesor Keterampilan, A. (2020). *Penerapan Eco enzyme untuk Sampah Domestik Pengolahan air. Jurnal Internasional Untuk Penelitian Dalam Aplikasi & Manajemen Teknik (IJREAM)*, 05(11), 8–11. <https://doi.org/10.35291/2454-9150.2020.0075>
- Suharto. (2020). *Limbah Cair. Asuharto*, 2013–2015.
- Susanto, S. (n.d.). *Analisa Trend Dunia dalam Sistem Pengolahan Air Limbah*. 5(01), 2022.
- Suyasa, W. B. (2015). *Pencemaran Air dan Pengolahan Air Limbah. In Udayana University Press*.
- Widyastuti, S., Sutrisno, J., Wiyarno, Y., Gunawan, W., & Nurhayati, I. (2023). *Eco enzyme untuk pengolahan air limbah tahu. WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 21(02), 51–59. <https://doi.org/10.36456/waktu.v21i02.7260>
- Zahra, S. A., Sumiyati, S., & Sutrisno, E. (n.d.). *Penurunan Konsentrasi Bod Dan Cod Pada Limbah Cair Tahu Dengan Teknologi Kolam (Pond) ± Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan Dan Bioball*.