



ECO-ENZYME SEBAGAI REKAYASA TEKNOLOGI BERKELANJUTAN DALAM PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Temmy Wikaningrum^{1*}, Mia El Dabo¹

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Presiden, Bekasi, 17530, Indonesia

*Penulis koresponden: temmy@president.ac.id

ABSTRAK

Teknologi pengolahan air limbah khususnya untuk mengurangi konsentrasi amonia telah banyak dikembangkan, baik teknologi pengolahan secara biologi maupun kimia. Masalah teknologi tersebut pada umumnya membutuhkan biaya yang tinggi yang tidak sejalan dengan konsep keberlanjutan, apalagi menghasilkan limbah B3 sebagai produk sampingannya. Untuk itu diperlukan alternatif rekayasa teknologi yang lebih berkelanjutan. **Penelitian ini bertujuan** untuk mengetahui potensi penggunaan *eco-enzyme* untuk mengurangi konsentrasi amonia dalam air limbah, sebagai alternatif teknologi rekayasa berkelanjutan. Hal ini dimungkinkan mengingat *eco-enzyme* terbuat dari air, bahan organik, dan gula merah atau molase, yang berarti semua bahan tidak mengandung bahan kimia dan residu berbahaya. Apalagi bahan organik yang digunakan bisa berasal dari sampah organik. **Metode penelitian** adalah eksperimen skala laboratorium pada sampel air buatan, menggunakan *eco-enzyme* yang terbuat dari kulit dan buah nanas yang telah difermentasi selama 6 bulan dengan hasil pH = 3,36 dan tidak terdeteksinya adanya amonia. Pada sampel air dengan konsentrasi amonia awal sebesar 34,5 mg/L, **hasil penurunan konsentrasi** amonia masing-masing sebesar 6,7%, 12,8%, 15,3% dan 25,2% pada pemberian *eco-enzyme* secara berturut-turut dengan konsentrasi 2%, 6%, 8% dan 10%. Pada data konsentrasi amonia yang mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai awal, dilakukan analisis uji-t statistik menunjukkan nilai P ($T \leq t$, *two tail*) sebesar $0,047 < 0,05$, sehingga nilai penurunan tersebut **signifikan** karena kedua data tersebut berbeda nyata. **Dapat disimpulkan** bahwa penurunan konsentrasi amonia meningkat dengan meningkatnya konsentrasi *eco-enzyme* yang diberikan pada sampel air dengan linieritas 97.3 %.

SEJARAH ARTIKEL

Diterima
18 Oktober 2021
Revisi
12 November 2021
Disetujui
10 Desember 2021
Terbit online
31 Januari 2022

KATA KUNCI

- Air Limbah
- Amonia
- Eco-enzyme
- Keberlanjutan

1. PENDAHULUAN

Permasalahan teknologi pengolahan air limbah, baik dari hasil kegiatan domestik maupun industri telah dikembangkan dengan kemajuan yang sangat pesat, baik pengolahan dengan prinsip kimia maupun biologi. Pengolahan kimia meskipun mempunyai hasil yang memuaskan, namun mempunyai konsekuensi biaya yang tinggi, baik biaya bahan kimia itu sendiri maupun hasil samping lumpur bahan berbahaya dan beracun (LB3). Alternatif pengolahan air limbah dengan prinsip biologi aerob serta anaerob umumnya memerlukan biaya yang lebih rendah dari pada pengolahan kimia, namun hasil samping lumpur tetap tidak dapat dihindari meskipun beberapa strategi seperti *extended aeration* dan *food chain reactor* dapat menurunkan produksi hasil samping LB3 tersebut. Salah satu alternatif menurunkan amonia dapat juga dengan adsorpsi zeolit. Dari penelitian (Nasir et al., 2019), penggunaan zeolit untuk menurunkan amonia dalam air limbah industri karet pada kondisi optimum penurunan lebih dari 80% dari semula 55 gr/L pada pH = 7, dosis = 4 gram, dan juga kecepatan pencampuran sebesar 150 rpm selama 90 menit. Namun demikian, dengan teknologi ini akan dihasilkan zeolit bekas pakai yang merupakan limbah padat yang harus dikelola. Biaya diperlukan selain untuk pembelian bahan zeolit, juga untuk pengelolaan limbahnya. Dengan kondisi ini diperlukan rekayasa pengolahan air limbah yang lebih berkelanjutan secara ekonomis dan pengurangan LB3.

Eco-enzyme diperoleh dari proses fermentasi anaerobik sisa / sampah buah-buahan dan sayuran dengan ditambah gula merah atau molase. Cara pembuatan *eco-enzyme* hampir sama dengan pembuatan kompos, namun bedanya yaitu pada *eco-enzyme* ditambahkan air dengan perbandingan air : sampah organik : molase (gula merah) sebesar 10 : 3 : 1 dengan waktu fermentasi selama minimal 3 bulan (Deepak, Singh, & A.K, 2019). Mengingat pembuatan *eco-enzyme* mudah dan murah maka penggunaan ini lebih disukai oleh masyarakat (Harahap, Nurawati, Dianiswara, & Putri, 2021). *Eco-enzyme* pertama kali dicetuskan oleh Dr. Rosukon Poompanvong, yaitu seorang peneliti dari Thailand yang telah menekuni tentang *eco-enzyme* lebih dari 30 tahun (Tong & Liu, 2020). Digunakannya 30% sampah organik sebagai bahan baku dalam pembuatan *eco-enzyme* merupakan hal yang menarik karena rekayasa ini dapat membantu permasalahan sampah organik. Di Indonesia volume sampah yang harus dikelola diperkirakan mencapai 64 juta ton setiap tahun. Bahkan di tahun 2020, dalam skala nasional dihasilkan 67.8 juta ton jumlah timbulan sampah (Aditya, 2020). Tambahan lagi, berdasarkan laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), terdapat 60% sampah organik yang mendominasi dari timbulan sampah di Indonesia (KLHK, 2017).

Pada awalnya *eco-enzyme* digunakan untuk perbaikan lahan pertanian, yaitu sebagai pupuk organik (Megah, 2018). Penggunaan *eco-enzyme* dari kulit buah naga, buah terung dan buah apel yang dilarutkan 1 : 800 untuk penyiraman tanah selama 4 minggu menunjukkan peningkatan kadar nitrogen dan zat hara yang berasal dari nutrient yang terkandung dalam *eco-enzyme* (Tong & Liu, 2020). Selanjutnya dimanfaatkan pula untuk pembersih lantai, pencucian sayur dan buah, pemberantasan hama dan serangga serta penyubur tanaman (Larasati, Astuti, & Maharani, 2020), dapat juga digunakan sebagai bahan tambahan untuk anti mikroba dan membunuh virus & bakteri (Mavani et al., 2020) (Kumar et al., 2019) serta meningkatkan imunitas ikan *eco-enzyme* disebut juga sebagai zat organik yang sempurna untuk kebutuhan pembersih di rumah tangga (*Dhiman-2017-Eco-Enzyme for House-Hold Cleanser.Pdf*, n.d.). Selain itu, *eco-enzyme* yang terbuat dari kulit buah semangka juga terbukti digunakan untuk pengawetan buah anggur, baik anggur merah maupun anggur hitam (Sari, Astuti, & Maharani, 2020). Oleh karena itu, banyak masyarakat yang sudah mencoba membuat dan menggunakan *eco-enzyme*, baik untuk sekedar memenuhi hobi dan kebutuhan pribadi, namun ada juga untuk keperluan komersial. Penggunaan *eco-enzyme* di perairan danau dilaporkan berhasil meningkatkan pH dari 6.7 menjadi 7.2 dan berhasil menurunkan konsentrasi Total padatan terlarut (TDS) dari 884 menjadi 745 mg/L, serta menurunkan padatan tersuspensi (TSS) dari 121 menjadi 47 mg/L. Namun penggunaannya untuk menurunkan tingkat kesadahan dan kadar klorida tidak menunjukkan keberhasilan. Penggunaan *eco-enzyme* dengan konsentrasi 0.5 % pada air drainase mampu menurunkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dari 690 menjadi 231 mg/l dan *Chemical Oxygen Demand* dari 537 menjadi 384 mg/l, nitrat dari 5.54 menjadi 3.39 mg/L dan penurunan Coliform sebesar 10 % (Kumar et al., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *eco-enzyme* berpotensi juga untuk dimanfaatkan dalam pengolahan air limbah, dalam hal ini parameter amonia. Pemilihan amonia sebagai parameter yang diteliti mengingat banyaknya sumber pencemar amonia baik yang berasal dari kegiatan industri maupun dari kegiatan domestik. Selain itu, parameter amonia merupakan salah satu parameter penting dalam kriteria kualitas air minum, air bersih maupun air limbah yang harus selalu dipelihara sehingga memenuhi baku mutu. Pencemaran amonia pada badan air dapat menimbulkan dampak negatif eutrofikasi bahkan bila konsentrasinya semakin meningkat, dapat mengancam kehidupan organisme akuatik (Nasir et al., 2019).

Eco-enzyme yang dipakai pada penelitian ini berasal dari buah nanas. Menurut Bartolemeuw, 2003 (Rochyani, Utpalari, & Dahliana, 2020), buah nanas, selain memiliki banyak vitamin, seperti vitamin E, vitamin C, vitamin B12, juga kaya akan mineral seperti iodium, natrium, fosfor, zat besi,

magnesium, dan bahkan sulfur dan klor. Dan yang terpenting buah nanas mengandung enzim bromelin, yaitu tergolong enzim protease yang mampu menghidrolisis peptide atau protein

2. METODOLOGI PENELITIAN

Waktu pelaksanaan penelitian selama 8 bulan, yaitu 6 bulan (September 2020-Maret 2021) untuk pembuatan *eco-enzyme*, kajian literatur, dan persiapan bahan dan alat, dan 2 bulan (April-Mei 2021) untuk percobaan di laboratorium; pengamatan dan pencatatan data; pengolahan dan analisis data; serta penyusunan laporan hasil penelitian. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Presiden di Kompleks *Medical Science Center*, Jababeka Education Park, Bekasi.

Penelitian yang dilakukan dirancang skala laboratorium, dengan menggunakan sampel air limbah buatan. Percobaan dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap 1 penambahan *eco-enzyme* dengan konsentrasi 2% dengan pengamatan perubahan konsentrasi amonia terhadap waktu. Sedangkan percobaan tahap 2, dilakukan penambahan *eco-enzyme* dengan variasi konsentrasi 6%, 8% dan 10 % dengan pengamatan perubahan konsentrasi amonia terhadap waktu. Percobaan dilakukan 2 kali pengulangan, sehingga data yang disajikan adalah data dari nilai rata-rata yang diperoleh.

Sampel dalam penelitian adalah sampel artifisial yang dibuat dari aquades yang diambil secara random dan sengaja ditambahkan larutan standar amonia sehingga mencapai konsentrasi larutan amonia yang diinginkan. Dalam kondisi ini populasi sampel termasuk homogen.

Bahan organik *eco-enzyme* yang terbuat dari bahan buah nanas (*Ananas comosus*), baik dari bagian kulit dan daging buah yang telah di fermentasikan dalam *jerry can* yang tertutup rapat. Waktu fermentasi bahan organik buah nanas dalam penelitian dari hasil fermentasi anaerobik selama 6 bulan (Tong & Liu, 2020). Perbandingan bahan untuk fermentasi adalah air : bahan organik : gula merah = 10:3:1. (Deepak et al., 2019). Selama fermentasi, pada bulan pertama dilakukan pembuangan gas yang terbentuk secara periodik, waktu selanjutnya ditutup rapat dan ditempatkan di ruang yang teduh, sirkulasi udara yang baik pada suhu ruangan. *Eco-enzyme* dari buah nanas yang terbentuk berupa cairan coklat muda dengan aroma asam. *Eco-enzyme* disaring terlebih dahulu sebelum digunakan.

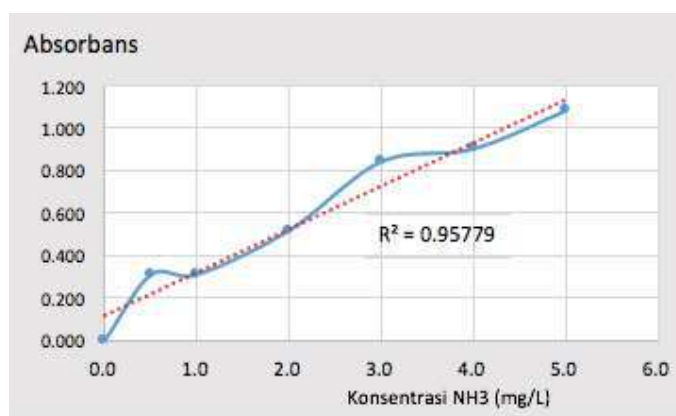
Data yang diperoleh adalah data primer yang dihasilkan dari analisis konsentrasi amonia dari sampel air, baik kondisi awal maupun setelah perlakuan. Analisis amonia dalam air menggunakan metoda analisis kolorimetri sesuai SNI 06-6989.30-2005 : Cara uji kadar amonia dengan spektrofotometer secara fenat. Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur warna yang terbentuk menggunakan *Spectrophotometer UV-Vis double beam UNICO 4802*

Metoda analisis data yang dipakai menggunakan *software Microsoft Excell* untuk analisis statistik *t-Test : paired two samples for means*. Pada analisis ini dibandingkan data konsentrasi amonia sebelum pemberian *eco-enzyme* yg diasumsikan stabil selama percobaan selama 5 jam dengan sampel yang diberikan *eco-enzyme* pada variasi konsentrasi pada jam yang sama. Dengan demikian hipotesa $H_0 : \mu_D = 0$, tidak ada perbedaaan antara sebelum dan sesudah treatment, dan bila $H_a : \mu_D \neq 0$, bila ada perbedaan yang ditunjukkan nilai P (*two tail*) < 0.05 .

3. HASIL DAN DISKUSI

Pembuatan kurva kalibrasi analisis amonia

Pada analisis konsentrasi amonia pada sampel air sesuai SNI 06-6989.30-2005 , pertama-tama dilakukan pembuatan kalibrasi. Hasil kurva kalibrasi yang diperoleh dapat dilihat sesuai Gambar 1, yang menunjukkan nilai R^2 koefisien determinasi sebesar 96.7 % sehingga variabel konsentrasi amonia (variabel bebas) sangat erat berhubungan dengan variable terikat (absorbansi) yang terbaca pada spektrofotometer. Dengan tingginya nilai R^2 yang mendekati angka 1 tersebut menunjukkan reagen kimia dan alat yang dipakai untuk analisis konsentrasi amonia selanjutnya termasuk baik.



Gambar 1 Kurva Kalibrasi NH₃

Eco-enzyme yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai pH = 3.36, hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Arun & Sivashanmugam, 2015a) (Arun & Sivashanmugam, 2015b) yang melaporkan pH yang terbuat dari sampah buah nanas berkisar 3.4-3.7. Selain itu hasil analisis amonia (NH₃-N) pada *eco-enzyme* menunjukkan hasil yang tidak terdeteksi sesuai metoda analisis sesuai SNI 06-6989.30-2005. Menurut (Nazim, 2013), *eco-enzyme* yang terbuat dari sampah buah-buahan dan sayur mempunyai pH = 2.91 – 3.80 serta tidak terdeteksi adanya konsentrasi amonia (NH₃-N).

Hasil pengujian karakterisasi jenis enzim yang terdapat pada *eco-enzyme* yang terbuat dari buah nanas terbukti mengandung enzim amylase, protease dan lipase (Arun & Sivashanmugam, 2015a). Hasil pengujian biokatalis enzim amilase menggunakan substrat kanji, lipase menggunakan minyak zaitun dan enzim protease menggunakan susu. Dengan demikian *eco-enzyme* yang terbuat dari buah nanas mempunyai potensi untuk mendegradasi karbohidrat, lemak dan protein (Arun & Sivashanmugam, 2015a). Enzim amylase dan protease berperan sebagai bio-katalisa hidrolisa degradasi zat organik kompleks mejadi zat organik yang lebih sederhana (Chen, Liu, Wang, Huang, & Zhou, 2017) (song & feng, 2011).

Pada percobaan ini dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama percobaan penggunaan konsentrasi 2% pada sampel air yang telah mempunyai konsentrasi amonia sebesar 35.2 mg/L dan selanjutnya dilakukan pengamatan konsentrasi amonia setiap jam sampai terjadi indikasi penurunan. Proses pemberian *eco-enzyme* dilakukan dalam gelas kimia yang terbuka dan tanpa pengadukan sehingga diharapkan proses berlangsung fakultatif, baik aerobik maupun anaerobik, mengingat belum diketahui secara pasti jenis mikroba yang bekerja dalam proses ini.

Tabel 1 Perubahan Konsentrasi Amonia Pada Pemberian *Eco-enzyme* 2%

	Waktu (jam)					
	0	1	2	3	4	5
Konsentrasi NH ₃ (mg/L)	35.2	35.1	36.5	36.9	33.7	33.2

Sumber : Pengolahan data, 2021

Data yang diperoleh dari pengamatan dapat disusun pada Tabel 1 yang menunjukkan terjadi peningkatan konsentrasi amonia pada jam ke 2 dan 3, namun selanjutnya terjadi penurunan pada jam ke 4 dan 5. Peningkatan konsentrasi amonia pada jam ke 2 dan 3 menunjukkan adanya proses transisi awal aktivitas *eco-enzyme*, namun selanjutnya konsentrasi amonia dapat diuraikan pada jam ke 4-5. Ketidakstabilan ini karena kurangnya konsentrasi *eco-enzyme* yang ditambahkan.

Selanjutnya percobaan dilakukan dengan tahap kedua, yaitu percobaan dengan variasi konsentrasi *eco-enzyme* sebagai variabel tidak bebas dan dilakukan pengukuran perubahan konsentrasi amonia sebagai variabel bebas. Percobaan dilakukan pada sampel air dengan konsentrasi amonia awal yang sama, serta seluruhnya dilakukan pengukuran konsentrasi amonia pada waktu awal

t = 0 dan setelah proses berlangsung 5 jam (t = 5). Percobaan dilakukan pengulangan dua kali, sehingga data yang dianalisis dihitung dari data rata-rata. Hasil pengamatan disajikan pada Tabel 2

Tabel 2 Konsentrasi Amonia pada inkubasi 5 jam dengan variasi konsentrasi *eco-enzyme*

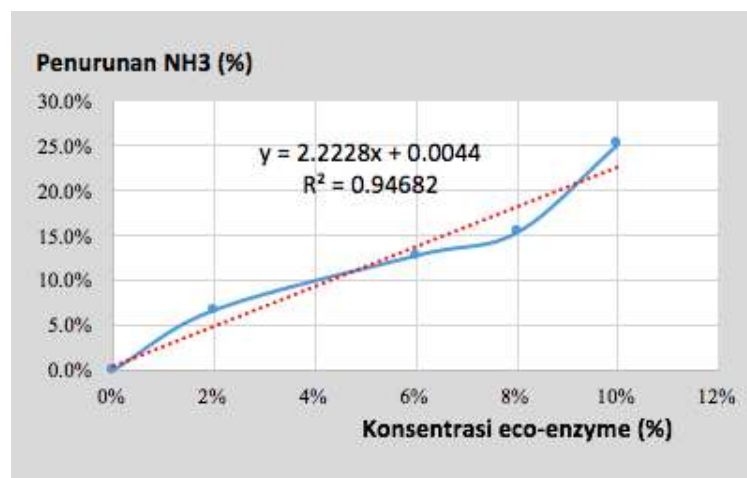
No	Item	Konsentrasi <i>eco-enzyme</i> dalam sampel air (%)				
		0	2	6	8	10
1	Konsentrasi NH ₃ (mg/L)	34.5	32.2	30.1	29.2	25.8
2	%-Penurunan Konsentrasi Amonia	0	6.7	12.8	15.4	25.2

Sumber : Pengolahan data, 2021

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa pada sampel air dengan konsentrasi amonia awal yang sama, dengan penambahan konsentrasi %-eco-enzyme yang semakin tinggi dalam sampel air tersebut, diperoleh konsentrasi hasil amonia yang semakin rendah setelah waktu inkubasi yang sama, yaitu selama 5 jam. Pada data hasil pengamatan perubahan konsentrasi amonia sesuai Tabel 2 selanjutnya dilakukan analisis statistik dengan *Microsoft excell* untuk uji *t-Test: Paired Two Sample for Means* dengan membandingkannya dengan konsentrasi amonia awal yang diasumsikan tetap sebesar 34.5 mg/L selama 5 jam karena tidak diberi *eco-enzyme*. Hasil uji t tersebut menghasilkan nilai P sebesar 0.047 atau < 0.05. Hal ini membuktikan ada perbedaan signifikan antara data sampel yang tidak diberikan *eco-enzyme* dan yang diberikan *eco-enzyme* dengan variasi %-konsentrasi pada masa inkubasi yang sama selama 5 jam.

Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara variabel bebas konsentrasi *eco-enzyme* (%) dengan variabel terikat % penurunan konsentrasi amonia (mg/L) dalam sampel air, dapat dibuat grafik sesuai gambar 2. Dari data analisis statistik di peroleh hasil nilai *R-square* sebesar 94.7 % yang menunjukkan tingginya prediksi nilai %-penurunan konsentrasi amonia terhadap meningkatnya nilai %-konsentrasi *eco-enzyme*. Selain itu hasil analisis statistik juga dilakukan untuk mengetahui linieritas hubungan antara %-konsentrasi *eco-enzyme* terhadap %-penurunan konsentrasi amonia yang menunjukkan hasil *multiple R* sebesar 97.3 %. Hal ini menunjukkan adanya linieritas yang kuat antara %-konsentrasi *eco-enzyme* dan %-penurunan konsentrasi amonia dalam sampel air dalam korelasi yang bersifat positif.

Percobaan penggunaan *eco-enzyme* dari bahan kulit buah-buahan dan sayuran dilakukan pada air limbah domestik buatan (*artificial grey water*) dengan konsentrasi amonia awal sebesar 9.6 mg/L. Konsentrasi *eco-enzyme* yang diberikan sebesar 5%, 10%.



Gambar 2 Konsentrasi Amonia terhadap %-eco-enzyme
Sumber : Pengolahan data, 2021

Hasil pengamatan setelah masa inkubasi selama 5 hari, menunjukkan penurunan sebesar 70.83% pada konsentrasi 5% dan penurunan sebesar 100% pada konsentrasi *eco-enzyme* sebesar 10% (Nazim, 2013).

Percobaan penurunan konsentrasi amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dalam air limbah domestik dari konsentrasi awal sebesar 9.5 mg/L dengan *eco-enzyme* yang terbuat dari kulit jeruk selama 27 hari masa inkubasi dilaporkan mengalami penurunan hingga 100 % dengan konsentrasi pemberian *eco-enzyme* 5% (Deepak et al., 2019). Penggunaan *eco-enzyme* dari sampah buah jeruk dengan masa inkubasi jagan selama 5 hari pada air limbah industri logam menunjukkan hasil dapat menurunkan parameter pH, BOD, TSS yang signifikan (Hemalatha & Visantini, 2020).

Penggunaan *eco-enzyme* dari bahan kulit buah-buahan untuk restorasi sungai Yamuna India pada tahun 2016. Percobaan dilakukan dengan variasi konsentrasi pemberian *eco-enzyme* sebesar 0.5 %, 1 %, 2.5%, dan 5 %, dan 0% sebagai control. Hasil pengamatan menunjukkan kenaikan kadar oksigen dalam air yang iringi dengan menurunnya kada amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) dalam air sungai karena meningkatnya proses nitrifikasi dalam air sungai (Kumar et al., 2019). Hal ini dimungkinkan karena dengan aktivitas biokatalisa dalam degradasi zat organik dalam air, terjadi penurunan konsentrasi zat organik dalam air, sehingga konsentrasi oksigen terlarut meningkat. Adanya peningkatan oksigen terlarut mendorong proses nitrifikasi yaitu oksidasi amonia menjadi nirit dan nitrat dalam air yang pada akhirnya menurunkan konsentrasi amonia dalam air. Dalam penurunan ammonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) ini, amonia sebagai sumber nitrogen, karena dalam fermentasi faktor sumber nitrogen merupakan factor yang

harus diperhatikan, selain faktor waktu, temperature, pH, dan sumber karbon (Renge, Khedkar, & Nandurkar, 2012).

Dalam penelitian ini penggunaan konsentrasi eco-enzyme sebesar 6% dapat menurunkan konsentrasi amonia dalam air dari semula sebesar 34.5 mg/L menjadi 30.1 mg/L atau penurunan sebesar 12.8% hanya dalam waktu 5 jam dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dengan waktu inkubasi 5 hari. Hal ini karena dalam penelitian ini digunakan parameter tunggal amonia saja dan tanpa adanya tambahan bahan kimia lain ke dalam aquades, sehingga reaksi yang terjadi hanya semata-mata degradasi amonia. Sedangkan dalam penelitian sebelumnya tersebut, selain amonia, juga terdapat polutan lain seperti Phosphat, BOD, TSS, COD dan bahkan MPN (Kumar et al., 2019), sehingga proses degradasi amonia diperlukan waktu lebih lama. Penelitian penggunaan eco-enzyme dari bahan nanas juga dilakukan (Syahirah & Nazaitulshila, 2019) untuk pengolahan lumpur akuakultur yang dilaporkan berhasil menurunkan amonia total sebesar 50% dengan waktu inkubasi selama 12 jam.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *eco-enzyme* yang terbuat dari sampah organik buah nanas dapat menurunkan konsentrasi amonia (NH₃-N) dalam sampel air, yang dibuktikan dengan perbedaan konsentrasi amonia (NH₃-N) yang signifikan antara sebelum dan sesudah perlakuan. Perbedaan yang signifikan ini didukung dengan hasil analisis statistik uji t yang memberikan hasil *P(two tail)* sebesar 0.047 (<0.05). Korelasi penurunan konsentrasi amonia (NH₃-N) bersifat positif, yaitu terbukti semakin besar %-konsentrasi *eco-enzyme* menghasilkan semakin besar pula %-penurunan konsentrasi amonia (NH₃-N) yang didukung dengan analisis linearitas dengan nilai multiple R sebesar 97.3 %.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A. F. (2020). KLHK: Jumlah Sampah Nasional 2020 Mencapai 67,8 Juta Ton.
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015a). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 94(C), 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.10.008>
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015b). Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5(63), 51421–51427. <https://doi.org/10.1039/c5ra07959d>
- Chen, J., Liu, S., Wang, Y., Huang, W., & Zhou, J. (2017). Effect of different hydrolytic enzymes pretreatment for improving the hydrolysis and biodegradability of waste activated sludge. *Water*

- Science and Technology*, 2017(2), 592–602. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.185>
- Deepak, V., Singh, A. N., & A.K, P. S. (2019). Use of Garbage Enzyme. *International Journal of Scientific Research and Review*, 07(September No.07), 210–205. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/335528212%0AUSE>
- Dhiman-2017-Eco-enzyme for house-hold cleanser.pdf. (n.d.).
- Harahap, R. G., Nurmawati, N., Dianiswara, A., & Putri, D. L. (2021). Pelatihan Pembuatan Eco-Enzyme sebagai Alternatif Desinfektan Alami di Masa Pandemi Covid-19 bagi Warga Km. 15 Kelurahan Karang Joang. *SINAR SANG SURYA: Jurnal Pusat Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 67–73.
- Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012016>
- KLHK. (2017). Komposisi Sampah di Indonesia Didominasi Sampah Organik. *Databoks*, 2017. Retrieved from databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/11/01/komposisi-sampah-di-indonesia-didominasi-sampah-organik
- Kumar, Rajshree, Yadav, Malhotra, Gupta, & Pusp. (2019). Validation of eco-enzyme for improved water quality effect during large public gathering at river bank. *International Journal of Human Capital in Urban Management*, 4(3), 181–188. <https://doi.org/10.22034/IJHCUM.2019.03.03>
- Larasati, D., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. (2020). Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Seminar Nasional Edusainstek*, 278–283.
- Mavani, H. A. K., Tew, I. M., Wong, L., Yew, H. Z., Mahyuddin, A., Ghazali, R. A., & Pow, E. H. N. (2020). Antimicrobial efficacy of fruit peels eco-enzyme against *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145107>
- Nasir, N., Daud, Z., Abd, A., Aziz, A., Latiff, A., Ahmad, B., ... Abdul, A. (2019). Removal of ammonia nitrogen from rubber industry wastewater using zeolite as adsorbent. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 15(6), 862–866.
- Nazim, F. (2013). Treatment of Synthetic Greywater Using 5% and 10% Garbage Enzyme Solution. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 3(4), 111–117. <https://doi.org/10.9756/bijiems.4733>
- Renge, V. C., Khedkar, S. V., & Nandurkar, N. R. (2012). *Enzyme Synthesis By Fermentation Method : a Review*. 2(6), 585–590.
- 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. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.5060>
- Sari, R. P., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh Ecoenzym Terhadap Tingkat Keawetan Buah Anggur Merah dan Anggur Hitam. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 6(2), 70–75.
- song, G. J.-, & feng, X. Y.-. (2011). Review of Enzymatic Sludge Hydrolysis. *Journal of Bioremediation and Biodegradation*, 02(05). <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000130>
- Syahirah, M. F., & Nazaitulshila, R. (2019). The Utilization of Pineapples Waste Enzyme for the Improvement of Hydrolysis Solubility in Aquaculture Sludge. *Journal of Energy and Safety Technology (JEST)*, 1(2–2), 35–41. <https://doi.org/10.11113/jest.v1n2-2.29>
- Tong, Y., & Liu, B. (2020). Test research of different material made garbage enzyme's effect to soil total

nitrogen and organic matter. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 510(4).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/510/4/042015>