

## **Quick Solution Bencana Tumpahan Minyak Mentah melalui Aplikasi Ecoenzim Produk Fermentasi Sampah Kulit Nanas sebagai Katalis Remediasi pada Metode Biostimulasi**

**Karin Alifia Rachmadani<sup>1</sup>, Lailatus Fitri<sup>1</sup>, Nynda Ayu Nadira Savitri<sup>1</sup>, Nur Fatimah Azzahra H<sup>1</sup>, Ayu Dewi Wulandari<sup>1</sup>, Aisyah Hadi Ramadani<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Prodi Biologi, FSTP, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Lamongan, Indonesia

[aisyahramadani47@gmail.com](mailto:aisyahramadani47@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Kasus bencana tumpahan minyak di perairan sering terjadi di Indonesia. Pada tahun 2019-2022 di Indonesia memiliki kasus hampir 31 kasus tumpahan minyak. Oleh karena itu, inovasi teknik pendegradasi minyak yang cepat dan ramah lingkungan sangat urgent untuk segera dikaji. Minyak dapat terdistribusi secara luas karena sifat minyak dengan berat jenis lebih ringan dari air. Menyelesaikan permasalahan minyak selama ini ada 3 yaitu secara kimia, fisika dan biologi. Metode fisika dengan metode oil skimmer. Metode biologi dengan bioremediasi memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi minyak. Ecoenzim atau enzim sampah (garbage enzyme) adalah larutan multienzim yang minimal terdiri dari protease, lipase dan amylase. Jenis enzim yang tergantung oleh bahan dasar yang digunakan. Ecoenzim terbentuk setelah tiga bulan melalui proses fermentasi. Pemberian ecoenzim pada badan air ketika proses remediasi akan mempengaruhi secara signifikan pH, koloni bakteri, TPH, dan viskositas baik dengan metode diam maupun shaker. Perlakuan metode diam yang efektif dalam mengurangi TPH pada A5B2 dan A6B2, untuk pengurangan viskositas A3B2, A4B2, dan A5B2. Pada metode shaker perlakuan yang efektif pada parameter TPH dan viskositas yaitu A5B1 dan A6B1. Konsentrasi ecoenzyme sebanyak 10% v/v dan 15% v/v merupakan takaran paling efektif untuk meremediasi kontaminasi minyak mentah 150ppm dan 200ppm.

Kata Kunci : Minyak Mentah, Ecoenzim, Bioremediasi dan Nanas

### **ABSTRACT**

*Cases of oil spills in the waters often occur in Indonesia. In 2019-2022, Indonesia had nearly 31 cases of oil spills. Therefore, it is urgent that the innovation of oil-degrading techniques that are fast and environmentally friendly is urgently needed to be studied. Oil can be widely distributed because of the nature of oil with a density lighter than water. So far, there are 3 solutions to oil problems, namely chemical, physical and biological. Physical method with oil skimmer method. Biological methods with bioremediation utilize microorganisms in degrading oil. Ecoenzyme is a multienzyme solution consisting of at least proteases, lipases and amylase. The type of enzyme depends on the base material used. Ecoenzymes are formed after three months through the fermentation process. Ecoenzymes are made from vegetable and fresh fruit waste, for example with pineapple peel waste. The application of ecoenzymes to water bodies during the remediation process will significantly affect pH, bacterial colonies, TPH, and viscosity with both stationary and shaker methods. The steady method treatment is effective in reducing TPH in A5B2 and A6B2, for viscosity reduction A3B2, A4B2, and A5B2. In the shaker method, the treatments that were effective in reducing TPH and viscosity parameters were A5B1 and A6B1. Ecoenzyme concentrations of 10% v/v and 15% v/v were the most effective doses to remediate 150ppm and 200ppm crude oil contamination.*

Keywords : Crude Oil, Ecoenzyme, Bioremediation, Pineapple

## **I. PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang**

Kasus bencana tumpahan minyak di perairan sering terjadi di Indonesia. Pada tahun 2019-2022 di Indonesia memiliki kasus hampir 31 kasus tumpahan minyak data tersebut berhasil dikumpulkan berdasarkan berbagai sumber berita di Indonesia. Oleh karena itu, inovasi teknik pendegradasi minyak yang cepat dan ramah lingkungan sangat urgent untuk segera dikaji. Minyak dapat terdistribusi secara luas karena sifat minyak dengan berat jenis lebih ringan dari air. Kandungan minyak mentah terdiri dari hidrokarbon aromatic, paraffin, dan sikloparafin yang mana sebagian besar bersifat toksik terhadap biota terutama pada ikan dan lingkungan (Helle *et al.*, 2020; Langangen *et al.*, 2017).

Permasalahan minyak selama ini diselesaikan dengan 3 yaitu secara kimia, fisika dan biologi. Metode fisika dengan metode *oil skimmer*. Metode biologi dengan bioremediasi memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi minyak. Namun bioremediasi dengan menggunakan bakteri cenderung tidak stabil, harus spesifik, lama dan terlalu dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perairan (Darmayanti dan Afianti, 2017). Bioremediasi tidak hanya dengan bakteri, akan tetapi dapat juga dengan enzim sesuai dengan Bulai *et al.*, (2021) yang menggunakan biokatalik untuk mengatasi kontaminasi minyak di tanah dengan larutan ecoenzim dari limbah jeruk dan semangka. Ecoenzim juga telah digunakan untuk menjernihkan air kolam yang tercemar minyak dari ledakan depot minyak Balongan dan Cilacap milik PT Pertamina (Nurhidayat, Pres.com, 2021), akan tetapi belum ada saintifikasi mengenai konsentrasi dan mekanisme ecoenzime dalam mendegradasi minyak dari terapan ini.

Ecoenzim atau enzim sampah (*garbage enzyme*) adalah laruta multienzim yang minimal terdiri dari protease, lipase dan amylase. Jenis enzim yang tergantung oleh bahan dasar yang digunakan. Ecoenzim terbentuk setelah tiga bulan melalui proses fermentasi menggunakan limbah padat organik dan dapat dijadikan sebagai solusi potensial untuk mengolah air limbah (Hemalatha dan Visantini, 2020).

Ecoenzim dibuat dari limbah sayuran segar, misalnya dengan limbah kulit nanas. Nanas mengalami penumpukan diperkebunan dan di industry sekitar. Penggunaan kulit nanas mengurangi pencemaran terhadap lingkungan (Roni, 2020).

### **2. Perumusan Masalah**

Penggunaan ecoenzim sebagai penghilang lapisan minyak telah dilakukan oleh masyarakat namun belum ada bukti empiris yang bersifat saintifik dalam membuktikan keefektifan dari aplikasi tersebut. Penelitian ini akan membahas bagaimana proses dari remediasi kontaminasi minyak mentah oleh ecoenzime, dan penelusuran konsentrasi ecoenzim paling efektif untuk remediasi kontaminasi minyak mentah dengan metode biostimulasi.

### **3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini dapat mengetahui enzim yang aktif sebagai katalis dalam ecoenzim limbah kulit nanas, mengetahui proses remediasi kontaminasi minyak mentah oleh ecoenzim dan konsentrasi ecoenzim yang paling efektif untuk remediasi kontaminasi minyak mentah dengan metode biostimulasi.

### **4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini sebagai solusi mengatasi kontaminasi minyak di air secara cepat dan ramah lingkungan. Selain itu juga akan diperoleh suatu takaran minimal dalam pengaplikasian ecoenzym untuk perbaikan kualitas air.

## **II. METODE PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu**

Penelitian aplikasi ecoenzim untuk remediasi minyak mentah dilaksanakan dua lokasi. Pengambilan sampel minyak di Tuban sedangkan sampel air di Pantai Jenu Tuban dan eksperimen di Laboratorium Biologi, Universitas Muhammadiyah Lamongan. Penelitian berlangsung selama 4 bulan selama bulan Mei-agustus 2022.

### **Rancangan Penelitian atau Model**

Metode penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Uji yang dilakukan meliputi uji karakteristik enzim dan uji efektivitas kinerja ecoenzim secara in vitro yang diaplikasikan pada air yang diberi kontaminan minyak mentah. Adapun desain penelitian yang dilakukan pada tabel 1.

Tabel 1. Desain penelitian

No	Variasi Kadar Kontaminasi & Ecoenzim (A)	Variasi Perlakuan (B)	
		Shaker (B1)	Diam (B2)
1.	0 ppm dan tanpa ecoenzim	A1B1	A1B2
2.	50 ppm dan tanpa ecoenzim	A2B1	A2B2
3.	50 ppm dan ecoenzim 2,5%	A3B1	A3B2
4.	100 ppm dan ecoenzim 5%	A4B1	A4B2
5.	150 ppm dan ecoenzim 10%	A5B1	A5B2
6.	200 ppm dan ecoenzim 15%	A6B1	A6B2
7.	0 ppm dan ecoenzim 15%	A7B1	A7B2

Tiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dan pengamatan dilakukan pada hari ke-7,14, dan 21.

### Bahan dan Peralatan

Alat-alat yang diperlukan kertas label,botol sampel,pisau,ember,sarung tangan, tali rafia, plastik, baskom, pengaduk, kertas saring, telenan, saringan, fisikometer, PH meter, spektrofotometer, parameter air, shaker dan rotary evaporator. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Bahan yang digunakan untuk pembuatan ecoenzim adalah kulit buah nanas, air, dan gula. Bahan untuk uji analisa yaitu air yang tidak terkontaminasi minyak mentah dan minyak.

### Tahapan Penelitian

Variabel Bebas : Ecoenzim. Variabel Terikat : (1) Minyak (parameter yang diukur : viskositas dan TPH); (2) Air (parameter yang diukur : PH, DO, Suhu, Mikroba Air, Salinitas. Variabel Terkontrol : (1) lokasi asal sampel air; (2) lokasi asal minyak mentah.

**Tahapan Fermentasi** : Pengambilan limbah nanas dan pembuatan ecoenzim selama 3 bulan.

**Tahapan Persiapan** : Pengambilan sampel air yang tidak terkontaminasi dan mengambil sampel minyak mentah

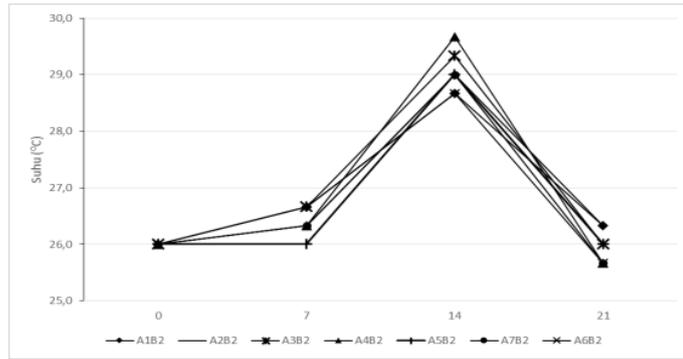
**Tahapan Perlakuan** : Sampel air dan minyak dimasukkan dalam erlemeyer steril kemudian ditambahkan kombinasi perlakuan dilakukan sesuai dengan rancangan penelitian. Pengamatan terhadap karakteristik air dan perubahan pada minyak dilaksanakan setiap hari ke-7,14, dan 21. Parameter air yang diukur meliputi pH, DO, Suhu, Mikroba, dan Salinitas. Pengukuran tersebut bertujuan untuk memonitor ada atau tidak pengaruh dari ecoenzim terhadap kondisi normal air laut. Parameter minyak yang diamati antara lain viskositas dan TPH.

**Tahap Analisis Data** : Data yang diperoleh kemudian diuji stastistik dengan ANOVA apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dan uji Duncan pada taraf 5%. Penyimpulan hasil riset ecoenzim yang terbuat dari limbah kulit nanas sebagai pengurangai kontaminasi minyak diambil dari hasil uji hipotesis (H0 : ecoenzim limbah kulit nanas tidak berpengaruh terhadap degradasi minyak mentah di air ; H1: ecoenzim limbah kulit nanas berpengaruh terhadap degradasi minyak mentah di air)

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

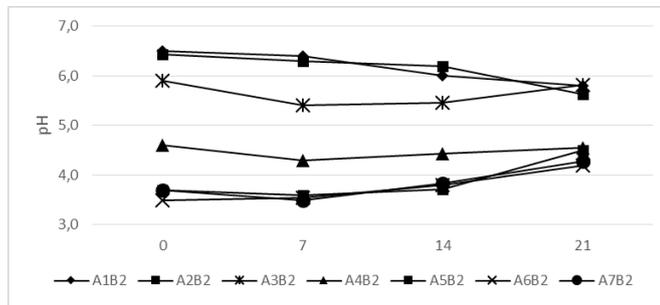
### Perhitungan Variasi Perlakuan Diam

Hasil dari perhitungan variasi perlakuan diam pada hari ke-7,14 dan 21 pada ecoenzim yang telah diberikan kontaminasi minyak mentah dengan beberapa variasi kadar kontaminasi 0, 50, 100, 150 dan 200 ppm dicantumkan pada Gambar 1.



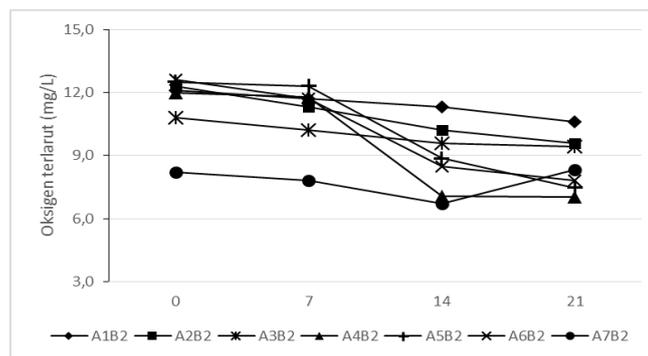
Gambar 1. Grafik suhu pada variasi perlakuan diam

Dari hasil grafik suhu perlakuan diam mengalami kenaikan pada pengamatan ke-14 sangat signifikan. Sedangkan suhu permukaan pada air laut memiliki kisaran 0-30°C (Hutabarat,1994). Pada hasil penelitian ini memiliki data suhu aman dari batas air laut yang dikemukakan oleh Hutabarat. Kenaikan suhu terjadi diasumsikan bahwa proses remediasi minyak mentah oleh ecoenzyme sedang berjalan maksimal



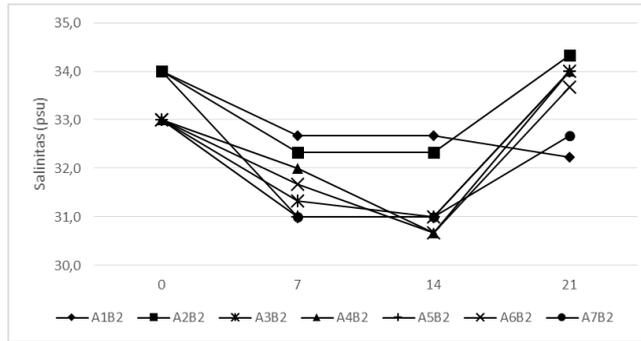
Gambar 2 Grafik pH perlakuan variasi diam

Hasil grafik pada gambar2. pH perlakuan variasi diam pada perlakuan dengan penambahan ecoenzyme mengalami penurunan pH namun setelah proses remediasi berlangsung selama 21 hari pH kembali mengalami kenaikan. Konsentrasi ecoenzyme yang digunakan berpengaruh pada penurunan pH. Konsentrasi yang cukup tidak menurunkan pH secara drastis terdapat pada perlakuan A3B2 dan A4B2. Batas pada pH air laut antara 6.0 – 8,5. Perubahan pH dapat mempunyai akibat buruk terhadap kehidupan biota laut, baik secara langsung maupun tidak langsung (Odum, 1993). Sedangkan pada pengamatan perlakuan variasi diam memiliki pH yang masih cukup aman untuk di lautan.



Gambar 3 Grafik oksigen terlarut (DO) perlakuan variasi diam

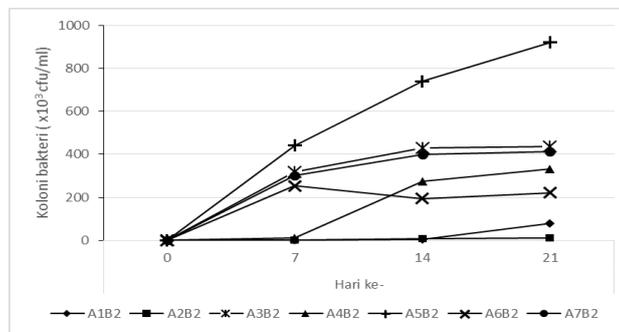
Grafik DO (gambar 3) perlakuan variasi diam memiliki data yang cenderung turun. Pada umumnya kadar DO nilainya kisaran 6-14 ppm. Nilai DO di permukaan air laut termasuk dalam kadar tercemar ringan apabila kadarnya adalah 5 mg/l dan masuk dalam kategori tercemar berat apabila kadar <2 mg/l (Andara *et al.*, 2014; Depasquale *et al.*, 2015). Penggunaan ecoenzyme dalam air laut untuk meremediasi minyak menurunkan kadar DO namun masih dalam rentang kadar normal dalam perairan. DO yang cenderung turun diasumsikan karena adanya aktivitas pertumbuhan bakteri dari ecoenzyme yang menggunakan kandungan oksigen dalam air untuk proses metabolisme.



Gambar 4. Grafik salinitas perlakuan variasi diam

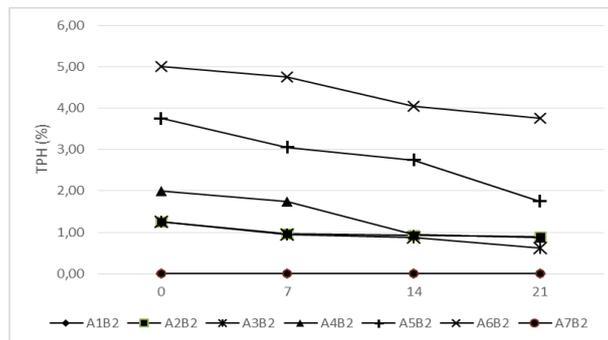
Hasil parameter salinitas (gambar 4) menunjukkan tren menurun pada pengamatan hari ke 7 namun di hari ke 21 beberapa perlakuan mengalami peningkatan salinitas. Salinitas air laut dipengaruhi oleh kandungan mineral yang ada di dalam air. Ambang normal salinitas air laut sekitar 29-38 psu, sehingga pada penelitian ini pemberian ecoenzyme meskipun menurunkan salinitas namun masih dalam batas ambang normal. Penurunan salinitas dapat dipengaruhi oleh menurunnya kadar oksigen, pH dan suhu.

Pengamatan total mikroba pada air laut yang diberi ecoenzim untuk meremediasi minyak ditampilkan pada gambar 5.



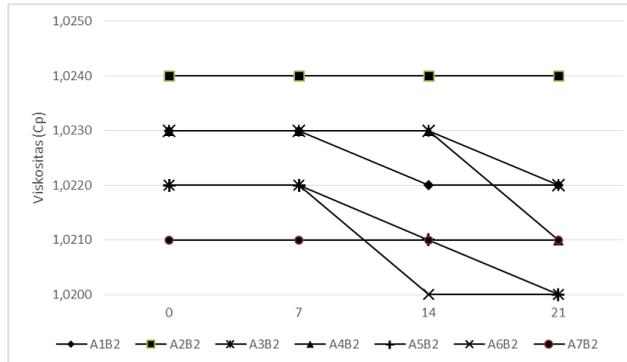
Gambar 5. Jumlah koloni bakteri pada air laut

Seluruh perlakuan memperlihatkan hasil kenaikan jumlah total koloni bakteri dalam air. Koloni bakteri tertinggi pada perlakuan A5B2 yang berisikan minyak (150 ppm), air, dan ecoenzyme (10%) mencapai  $920 \times 10^3$  cfu/ml sedangkan terendah dan sekaligus tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan adalah perlakuan A2B2 yang mengandung minyak dan air tanpa ecoenzim. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa penambahan ecoenzim dapat menambah bakteri dalam badan perairan. Bakteri ini lah yang berfungsi sebagai menghasilkan enzim pendegradasi minyak di permukaan air.



Gambar 6 Grafik nilai TPH perlakuan variasi diam

Hasil uji total petroleum hidrocarbon (Gambar 6) menggunakan metode gravimetri menunjukkan bahwa adanya trend penurunan jumlah pada perlakuan yang diberi larutan ecoenzyme. Penurunan nilai TPH menandakan adanya proses remediasi dan degradasi minyak di permukaan air oleh enzim - enzim yang terdapat di ecoenzym. Penurunan TPH yang cukup signifikan ada pada perlakuan A5B2 dan A6B2. Pada parameter viskositas nilai pada perlakuan cenderung turun (Gambar 7). Viskositas tetap pada kontrol positif dan kontrol negatif.



Gambar 7 Grafik nilai Viskositas perlakuan variasi diam

Tabel 2. Hasil Uji Anova Perlakuan Variasi Diam.

Parameter	Nilai Sig	Interpretasi
Suhu	1.000	tidak berbeda nyata
pH	0.000	berbeda nyata
DO	0.168	tidak berbeda nyata
Salinitas	0.901	tidak berbeda nyata
Total koloni bakteri	0.022	berbeda nyata
TPH	0.000	berbeda nyata
Viskositas	0.000	berbeda nyata

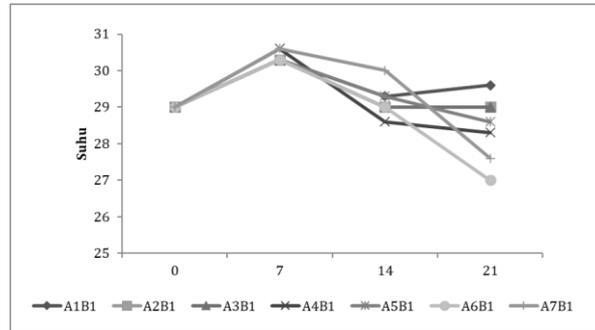
Tabel 3. Hasil uji lanjut perlakuan variasi diam

Perlakuan	pH	Total Koloni Bakteri (x 10 <sup>3</sup> cfu/ml)	TPH (%)	Viskositas (cP)
A1B2	6,2 ± 0,3d	21,17 ± 3,85a	0,00 ± 0,0a	1,0228±0,000d
A2B2	6,1 ± 0,3d	5,45 ± 0,5a	1,01 ± 0,1b	1,0240±0,000d
A3B2	5,6 ± 0,2c*	296,12 ± 20,4ab	0,93 ± 0,2b	1,0228±0,0005c*
A4B2	4,5 ± 0,1b*	154,72 ± 17,3a	1,39 ± 0,5b	1,0223±0,001bc*
A5B2	3,9 ± 0,4a	525,12 ± 40,1b*	2,83 ± 0,8c*	1,0213±0,001ab*
A6B2	3,8 ± 0,3a	167,42 ± 11,3a	4,39 ± 0,5d*	1,0210±0,001a
A7B2	3,8 ± 0,3a	278,87 ± 19,2ab	0,00 ± 0,0a	1,0210±0,000a

Keterangan : \*) menunjukkan signifikansi perlakuan dari uji BNT Huruf (a,b,c,d) yang berbeda dalam satu satu kolom menunjukkan perbedaan nyata (p < 0.05) dengan menggunakan uji Duncan

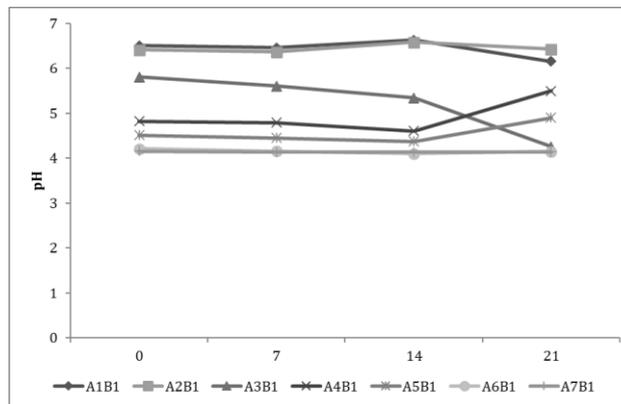
**Perhitungan Variasi Perlakuan Shaker**

Hasil dari perhitungan variasi perlakuan shaker pada hari ke-7,14 dan 21 pada ecoenzim yang telah diberikan kontaminasi minyak mentah dengan beberapa variasi kadar kontaminasi 0, 50, 100, 150 dan 200 ppm tertera pada gambar 8-14.

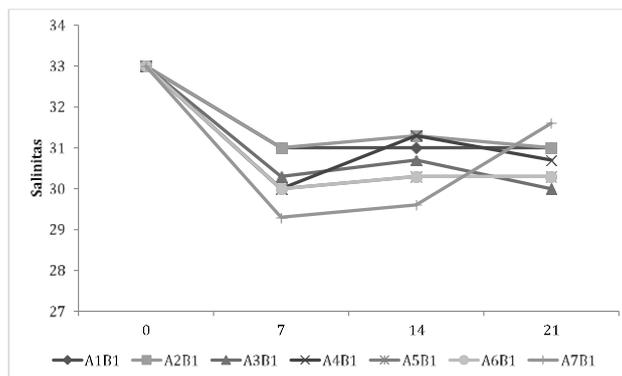


Gambar 8. Grafik nilai Suhu perlakuan variasi Shaker

Dari hasil grafik suhu (Gambar 8) perlakuan shaker mengalami kenaikan pada pengamatan ke-7 sangat signifikan, namun kemudian turun pada kisaran suhu awal 29<sup>o</sup>C pada hari ke-14. Rentang suhu pada perlakuan ini masih masuk dalam toleransi suhu permukaan pada air laut memiliki kisaran 25-30<sup>o</sup>C (Hutabarat,1994). Hasil grafik pada Gambar9. pH perlakuan variasi shaker pada perlakuan dengan penambahan ecoenzyme mengalami penurunan pH namun setelah proses remediasi berlangsung selama 21 hari pH kembali mengalami kenaikan. Konsentrasi ecoenzyme yang digunakan berpengaruh pada penurunan pH. Konsentrasi yang cukup tidak menurunkan pH secara drastis terdapat pada perlakuan A3B1, A4B1, dan A5B1. Batas pada pH air laut antara 6.0 – 8,5.

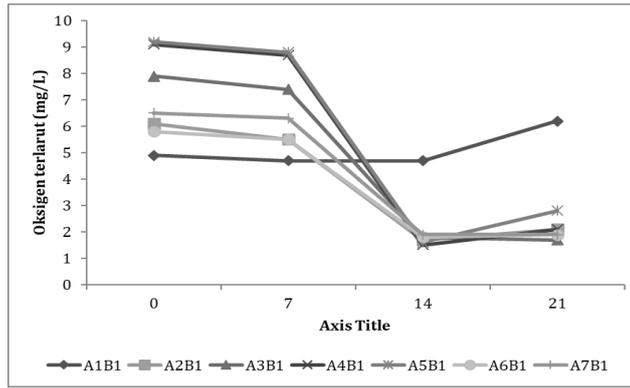


Gambar 9. Grafik nilai pH perlakuan variasi Shaker

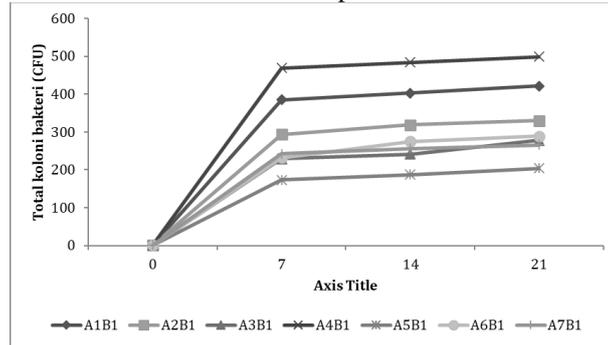


Gambar 10. Grafik nilai Salinitas perlakuan variasi Shaker

Hasil parameter salinitas (gambar 10) menunjukkan tren menurun pada pengamatan hari ke 7 namun di hari ke 14 beberapa perlakuan mengalami peningkatan salinitas. Ambang normal salinitas air laut skitar 29-38 psu, sehingga pada penelitian ini pemberian ecoenzyme meskipun menurunkan salinitas namun masih dalam batas ambang normal. Penurunan salinitas dapat dipengaruhi oleh menurunnya kadar oksigen, pH dan suhu.

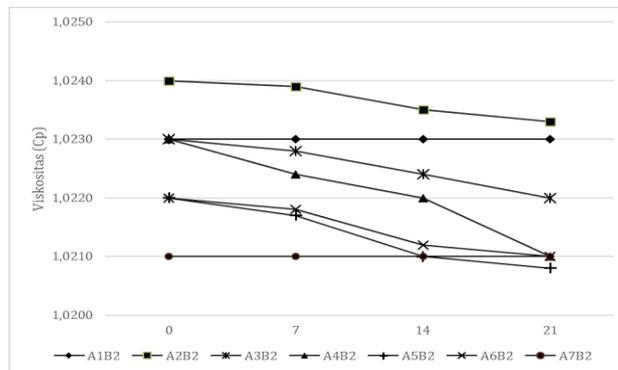


Gambar 11. Grafik nilai DO perlakuan variasi Shaker

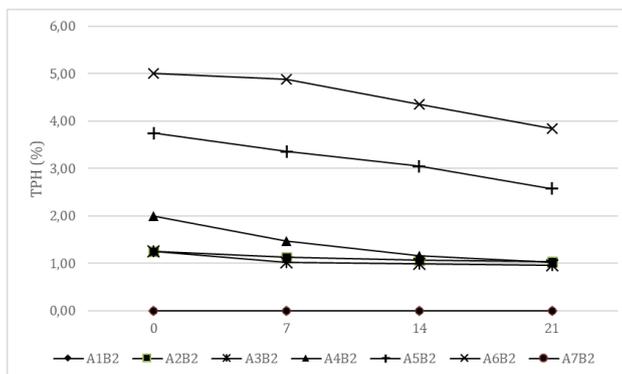


Gambar 12. Grafik nilai TPC perlakuan variasi Shaker

Perlakuan shaker seluruhnya memperlihatkan hasil kenaikan jumlah total koloni bakteri dalam air. Koloni bakteri tertinggi pada perlakuan A4B1 sedangkan terendah dan sekaligus tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan adalah perlakuan A5B1. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa penambahan ecoenzim dapat menambah bakteri dalam badan perairan. Bakteri ini lah yang berfungsi sebagai menghasilkan enzim pendeградasi minyak di permukaan air.



Gambar 13. Grafik nilai Viskositas perlakuan variasi Shaker



Gambar 14. Grafik nilai TPH perlakuan variasi Shaker

Hasil uji total petroleum hidrocarbon (Gambar 14) menggunakan metode gravimetri menunjukkan bahwa adanya trend penurunan jumlah pada perlakuan yang diberi larutan ecoenzyme. Penurunan nilai TPH menandakan adanya proses remediasi dan degradasi minyak di permukaan air oleh enzim - enzim yang terdapat di ecoenzym. Penurunana TPH yang cukup signifikan ada pada perlakuan A5B1 dan A6B1. Pada parameter viskositas nilai pada perlakuan cenderung turun (Gambar 13).

Table 4 Hasil Uji Anova Perlakuan Shaker

Parameter	Nilai Sig	Interpretasi
Suhu	0.965	Tidak berbeda nyata
pH	0.000	Berbeda nyata
DO	0.953	Tidak berbeda nyata
Salinitas	0.973	Tidak berbeda nyata
Total koloni bakteri	0.077	Berbeda nyata
TPH	0.001	berbeda nyata
Viskositas	0.003	Berbeda nyata

Dari tujuh parameter, empat parameter menunjukkan rerata yang berbeda nyata antar perlakuan yaitu pH, total koloni bakteri, TPH dan Viskositas Ini menunjukkan bahwa pemberian ecoenzyme memberikan pengaruh terhadap keempat parameter tersebut. Untuk mengetahui konsentrasi berapa yang paling memberikan pengaruh, maka dilakukan uji lanjut BNT dan Duncan.

Table 5 Hasil Uji BNT dan Duncan

Perlakuan	pH	Total Koloni Bakteri (x 10 <sup>3</sup> cfu/ml)	TPH (%)	Viskositas (cP)
A1B1	1,9 ± 0,3d	201,7 ±3,85b*	0,00 ± 0,0a	0.00±0,000d
A2B1	0,9 ± 0,3d	157,5±0,5ab	0,92 ± 0,1b	3,304±0,000d
A3B1	6,9 ± 0,2c*	126,1 ± 20,4ab	0,12 ± 0,2b	4,435±0,0005bc
A4B1	3,9 ± 0,1bc*	94,60 ±17,3a	4,29 ± 0,5b	8,406±0,001bc
A5B1	2,3 ± 0,4ab*	134,61 ±40,1ab	4,94 ± 0,8c*	2,380±0,001b*
A6B1	0,4 ± 0,3a	134,61 ±11,3ab	5,28 ± 0,5d*	4,761±0,001ab*
A7B1	0,1 ± 0,3a	1,02 ±19,2a	0,00 ± 0,0a	0,000±0,000a

\*) menunjukkan signifikansi perlakuan dari uji BNT

Huruf (a,b,c,d) yang berbeda dalam satu satu kolom menunjukkan perbedaan nyata (p < 0.05) dengan menggunakan uji Duncan

Dari hasil uji lanjut diketahui bahwa untuk parameter pH perlakuan paling menentukan yaitu A3B1, A4B1, A5B1. Parameter total koloni bakteri perlakuan yang paling menentukan adalah A1B1. Untuk parameter degradasi minyak yang diukur dari nilai TPH dapat disimpulkan bahwa perlakuan dengan variasi diam yang paling efektif antara lain A5B1 dan A6B1. Dan untuk parameter Viskositas dapat disimpulkan bahwa perlakuan dengan variasi shaker yang paling efektif adalah A5B1 dan A6B1.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian aplikasi ecoenzyme sebagai solusi cepat dalam mengatasi pencemaran air akibat kontaminasi minyak mentah dapat disimpulkan efektif. Pemberian ecoenzim pada badan air ketika proses remediasi akan mempengaruhi secara signifikan pH, koloni bakteri, TPH, dan viskositas baik dengan metode diam maupun

shaker. Perlakuan metode diam yang efektif dalam mengurangi TPH pada A5B2 dan A6B2, untuk pengurangan viskositas A3B2, A4B2, dan A5B2. Pada metode shaker perlakuan yang efektif pada parameter TPH dan viskositas yaitu A5B1 dan A6B1. Konsentrasi ecoenzyme sebanyak 10% v/v dan 15% v/v merupakan takaran paling efektif untuk meremidasi kontaminasi minyak mentah 150ppm dan 200ppm.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andara, D.R., Haerudin dan Suryanto, A. 2014. Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampiasan di Kawasan Industri Candi Semarang. *Management of Aquatic Resources*. 3(3):177-187.
- Andriansyah, A. 2021. Kasus Tumpahan Minyak di Teluk Balikpapan, Koalisi Masyarakat Ajukan Kasasi. URL : <https://www.voaindonesia.com/a/kasustumpahan-minyak-di-teluk-balikpapan-koalisi-masyarakat-ajukankasasi/6003348.html> Diakses 21 Maret 2022.
- Arumingtyas, L. and D. Syahni. 2019. Tragedi Tumpahan Minyak Pertamina di Karawang, Horor bagi Manusia dan Lingkungan. URL: <https://www.mongabay.co.id/2019/07/30/tragedi-tumpahan-minyak-pertaminadi-karawang-horor-bagi-manusia-dan-lingkungan/> Diakses 22 Maret 2022
- Arvirianty,A. 2019. Montara sampai Karawang, 3 Kasus Tumpahan Minyak di Laut RI. URL : <https://www.cnbcindonesia.com/news/20190726143145-4-87852/montara-sampai-karawang-3-kasus-tumpahan-minyak-di-laut-ri>. Diakses 21 Maret 2022
- Bulai, I. S., H. Adamu, Y. A. Umar dan A. Sabo. 2021. Optimatization of Fruit Garbage Enzyme Requirements for Biocatalytic Remediation of Used Motor Oil-Contaminated Soil. *J. Korean Soc. Environ. Eng.* 43(4): 24-256.
- Gozali, I. 2020 Tumpahan Minyak Nyaris Setiap Tahun Terjadi di Pesisir Laut. URL : <https://www.portonews.com/2020/laporan-utama/tumpahan-minyaknyaris-setiap-tahun-terjadi-di-pesisir-laut/>. Diakses 22 Maret 2022.
- Hemalatha, M., & Visantini, P. 2020. Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 9-10 April 2019, Perak, Malaysia. 716 (012016). pp 1-6.
- Hidayat, A. A. N.. 2022. Kasus Tumpahan Minyak Balikpapan, Pertamina Menang Gugatan Rp 1.5 T. URL : <https://bisnis.tempo.co/read/1553138/kasustumpahan-minyak-balikpapan-pertamina-menang-gugatan-rp-15-t>. Diakses 22 Maret 2022.
- Hutabarat,Evans. Kunci Identifikasi Plankton. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2022. Perairan Kabupaten Karawang Terdampak Tumpahan Minyak. URL : <https://www.kkp.go.id/>. Diakses 21 Maret 2022.
- Odum, E.P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi ketiga. Yogyakarta.Gajah Mada Universitypress.
- Roni, K A, Tri S, Indra P dan Netty H. 2020. Peningkatan Kadar Bioetanol dari Kulit Nanas dengan Adsorben dari Limbah Katalis Bekas Cracking Pertamina RU III Plaju yang Teraktivasi secara Fisika. *Majalah Teknologi Agro Industri*. 12(1): 29-33.
- Wahana Lingkungan Hidup Indonesia. 2022. Pencemaran Minyak di Laut Lampung Terus Berulang, WALHI: Pemerintah Harus Usut Tuntas Pelaku Pencemaran. URL: <https://www.walhi.or.id/pencemaran-minyak-di-lautlampung-terus-berulang-walhi> pemerintah-harus-usut-tuntas-pelaku pencemaran. Diakses 22 Maret 2022.