



ISOLASI BAKTERI TANAH TERCEMAR MINYAK GORENG BEKAS SEBAGAI AGEN BIODEGRADASI

Dinda Almasah Bariyyah^{a,*}, Jilan Fairuz^a, Evi Roviati^a

^aJurusan Tadris Biologi, Universitas Islam Negeri Siber Syekh Nurjati Cirebon
Jl. Perjuangan By Pass Sunyaragi, Kota Cirebon

*E-mail: dindaab02@gmail.com

Masuk Tanggal: 3 Juli, revisi tanggal: 7 September, diterima untuk diterbitkan tanggal: 20 Desember 2025

Abstrak

Minyak goreng bekas (jelantah) merupakan limbah rumah tangga yang umum dihasilkan akibat penggunaan berulang dalam proses penggorengan. Pembuangannya secara langsung ke lingkungan, terutama ke tanah, dapat menyebabkan pencemaran yang mengganggu struktur tanah dan keseimbangan mikroorganisme di dalamnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri dari tanah tercemar minyak jelantah serta menguji potensi biodegradasinya dalam media garam mineral (MSM) yang mengandung minyak sebagai sumber karbon tunggal. Metode yang digunakan meliputi isolasi bakteri dengan teknik pengenceran bertingkat, identifikasi morfologi koloni dan karakteristik mikroskopis melalui pewarnaan gram, serta uji biodegradasi berdasarkan indikator visual seperti kekeruhan media dan penyebaran minyak selama 14 hari inkubasi. Hasil menunjukkan dua isolat bakteri Gram positif dengan morfologi sel basil (Isolat A) dan coccus (Isolat B), yang keduanya mampu tumbuh dalam media MSM. Isolat A menunjukkan aktivitas degradasi yang lebih tinggi dibandingkan Isolat B, ditunjukkan oleh media yang lebih keruh dan fragmentasi minyak yang lebih merata. Hasil ini mengindikasikan bahwa bakteri lokal dari tanah tercemar minyak memiliki potensi sebagai agen bioremediasi yang ramah lingkungan dalam penanganan limbah minyak goreng bekas secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Biodegradasi, Minyak goreng bekas, Isolasi bakteri, Gram positif, Bioremediasi

Abstract

Used cooking oil is a common household waste that is produced due to repeated use in the frying process. Disposal directly into the environment, especially into the soil, can cause contamination that disrupts the soil structure and the balance of microorganisms in it. This study aims to isolate and identify bacteria from soil contaminated with used cooking oil and test their biodegradation potential in mineral salt media (MSM) containing oil as a sole carbon source. The methods used include bacterial isolation using a multi-stage dilution technique, identification of colony morphology and microscopic characteristics through gram staining, and biodegradation tests based on visual indicators such as media turbidity and oil distribution during 14 days of incubation. The results showed two isolates of Gram-positive bacteria with bacillus cell morphology (Isolate A) and coccus (Isolate B), both of which were able to grow in MSM media. Isolate A showed higher degradation activity than Isolate B, indicated by more turbid media and more even oil fragmentation. These results indicate that local bacteria from oil-contaminated soil have the potential as environmentally friendly bioremediation agents in the sustainable handling of used cooking oil waste.

Keywords: Biodegradation, Used cooking oil, Bacterial isolation, Gram positive, Bioremediation

1. PENDAHULUAN

Minyak goreng merupakan bahan pangan utama yang digunakan dalam proses memasak, terutama untuk menggoreng. Di Indonesia, sebagian besar minyak goreng bersumber dari minyak kelapa sawit. Masyarakat Indonesia lebih

menyukai makanan yang dimasak dengan cara digoreng, hal ini berakibat terhadap penggunaan minyak goreng kelapa sawit terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk di Indonesia [1].

Menurut data BPS tahun 2019, dapat diketahui bahwa konsumsi minyak goreng sawit di Indonesia sekitar 10,79 liter/orang dalam kurun waktu satu tahun pada tahun 2018. Angka ini diprediksi terus seiring berjalannya waktu yaitu sebesar 11,09 liter/penduduk selama 1 tahun dan 11,38 liter/tahun di tahun 2019 dan juga tahun 2020 [2].

Seiring dengan peningkatan konsumsi minyak goreng berpotensi menghasilkan minyak goreng bekas (jelantah) yang semakin banyak. Minyak jelantah merupakan minyak yang telah digunakan berulang kali dalam penggorengan yang umumnya lebih dari dua atau tiga kali [3]. Pembuangan minyak jelantah secara langsung ke tanah masih banyak dijumpai dan menjadi salah satu sumber pencemaran lingkungan. Aktivitas ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tanah, serta merusak struktur fisik dan komposisi kimia tanah yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan tanaman. Tanah tidak memiliki kemampuan alami untuk menguraikan minyak jelantah secara efisien, sehingga menyebabkan penyumbatan pori-pori dan pengerasan permukaan tanah [4].

Rumah produksi tahu menjadi salah satu penyumbang limbah minyak jelantah karena menggunakan minyak goreng dalam jumlah besar untuk menggoreng tahu. Umumnya minyak jelantah dibuang langsung ke tanah atau saluran air tanpa pengolahan. Minyak jelantah mengandung senyawa seperti asam lemak bebas, aldehida, dan senyawa peroksida sehingga menyebabkan bau tidak sedap [5].

Salah satu metode penanganan ramah lingkungan dalam menangani pencemaran adalah bioremediasi. Proses utama dalam teknik bioremediasi yaitu biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses alami yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri untuk menguraikan senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat terurai secara alami di lingkungan tercemar [6].

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa bakteri indigenos dari lingkungan tercemar memiliki potensi tinggi dalam proses biodegradasi. Ahmed et al., (2022) menemukan bahwa isolat *Burkholderia* dari limbah rumah tangga efektif mendegradasi minyak goreng bekas [7] Sementara itu, Gao et al. (2024) membuktikan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* yang dikultur dengan jelantah sebagai substrat utama mampu memproduksi rhamnolipid, biosurfaktan alami yang mempercepat proses emulsifikasi minyak dalam medium [8].

Beberapa mikroorganisme memiliki kemampuan adaptasi serta mekanisme khusus untuk menguraikan senyawa hidrokarbon dalam

minyak. Misalnya hasil isolasi dari lingkungan bengkel menunjukkan bahwa *Pseudomonas* dan *Bacillus* merupakan bakteri dominan dengan kemampuan tinggi dalam mendegradasi oli mesin bekas [9].

Proses degradasi hidrokarbon dilakukan melalui reaksi biokimia yang dikatalisis oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme [10]. Sebagai mikroorganisme, bakteri memiliki kemampuan untuk degradasi senyawa hidrokarbon dan dikenal sebagai bakteri hidrokarbonoklastik karena memiliki kemampuan yang berpotensi mengikat, mengemulsi, mentranspor, dan mendegradasi hidrokarbon dengan cara memotong rantai hidrokarbon menjadi bagian yang lebih sederhana. Jenis bakteri pendegradasi hidrokarbon umumnya berasal dari genus *Bacillus*, *Brevibacillus*, *Brevibacterium*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, dan *Alcaligenes* [11].

Bakteri hidrokarbonoklastik dapat diisolasi dari lingkungan yang tercemar hidrokarbon [12] Pemanfaatan bakteri indigenos yakni bakteri yang berasal dari lingkungan tercemar dalam proses biodegradasi hidrokarbon dapat mempersingkat waktu bioremediasi. Keberadaan bakteri pemecah hidrokarbon tersebar luas di berbagai ekosistem terutama pada lingkungan yang telah lama tercemar limbah minyak [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri dari tanah yang tercemar minyak goreng bekas serta mengamati potensi kemampuan biodegradasinya secara kualitatif melalui indikator visual seperti kekeruhan media dan penyebaran minyak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam pengembangan agen hayati untuk bioremediasi limbah minyak goreng di lingkungan secara lebih efisien dan berkelanjutan.

2. PROSEDUR PERCOBAAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cawan petri, labu Erlenmeyer 250 mL, spuit 1 cc, gelas kimia, tabung reaksi, ose kawat, mikroskop, laminar air flow, oven, autoklaf, inkubator, hote plate, vorteks dan bunsen. Bahan yang digunakan terdiri atas sampel tanah tercemar minyak goreng bekas, minyak goreng bekas dari penggorengan berbagai macam makanan di rumah sebanyak 3 kali penggunaan, aquades steril, minyak goreng bekas, media Nutrient Agar (NA), serta media Mineral Salt Medium (MSM) dengan penambahan minyak bekas sebesar 1% sebagai sumber karbon. Pewarnaan Gram dilakukan menggunakan reagen kristal violet, iodine, alkohol 96%, dan safranin.

2.2. Sterilisasi Alat

Alat-alat laboratorium dicuci terlebih dahulu, kemudian dikeringkan dan dibungkus menggunakan kertas, serta pada bagian mulut wadah ditutup menggunakan sumbat. Selanjutnya dimasukkan ke dalam autoklaf untuk disterilisasi pada suhu 121°C, selama 15 menit.

2.3. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari Halaman Rumah Produksi Tahu di Desa Cipeujeuh, Kabupaten Cirebon. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam botol steril.

2.4. Pembuatan Media

Media Nutrient Agar (NA) sebanyak 2 g dilarutkan dengan 100 mL aquades. Kemudian dituangkan pada cawan petri dan dibiarkan memadat.

2.5. Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri dari tanah yang terkontaminasi minyak dilakukan dengan pengenceran serial yang ditanam kultur dalam media Nutrient Agar (NA). satu gram tanah dilarutkan dalam 9 mL air suling dan diaduk. Berbagai pengenceran bertingkat 10^{-1} , 10^{-2} ... 10^{-10} suspensi disiapkan dan pengenceran 10^{-10} diaplikasikan ke media NA dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 2x24 jam.

2.6. Identifikasi Bakteri

Identifikasi isolat bakteri meliputi (a) Pengamatan morfologi dilakukan dengan mengamati koloni bakteri yang tumbuh pada media NA (Nutrient Agar) setelah diinkubasi. Bagian yang diamati meliputi bentuk koloni, permukaan, tepi, warna koloni dan elevasi koloni. (b) Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mengambil koloni dari media NA (Nutrient Agar) sebanyak 1 ose, kemudian dilakukan pewarnaan gram.

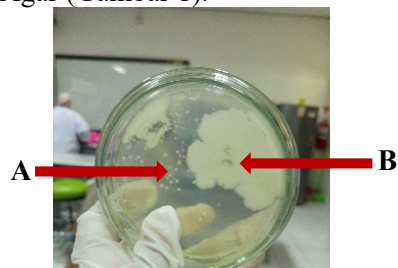
2.7. Uji Biodegradasi

Media garam mineral (MSM) dibuat dengan melarutkan 1,8 g K_2HPO_4 , 4,0 g NH_4Cl , 0,2 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 0,1 g $NaCl$, 0,01 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dalam 1 L Aquades yang ditambahkan 1,0% (v/v) minyak goreng bekas (jelantah) yang bertindak sebagai satu-satunya sumber karbon. Isolat bakteri di ambil 1-2 ose kemudian di inokulum ke dalam media MSM pada labu erlenmeyer 250 mL. Kultur diinkubasi pada suhu 37°C selama 14x24 Jam. Perubahan kekeruhan dan penyebaran minyak diamati sebagai indikator degradasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Bakteri Berdasarkan Morfologi

Isolasi bakteri dari tanah yang tercemar minyak goreng menghasilkan berbagai koloni pada media Nutrient Agar (Gambar 1).

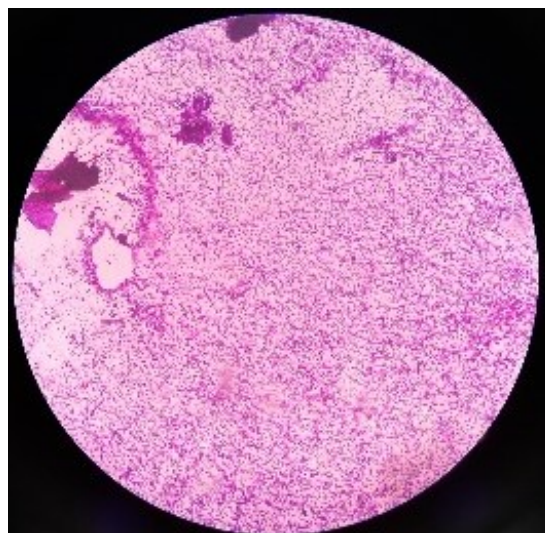


Gambar 1. Koloni bakteri hasil isolasi tanah tercemar minyak goreng bekas

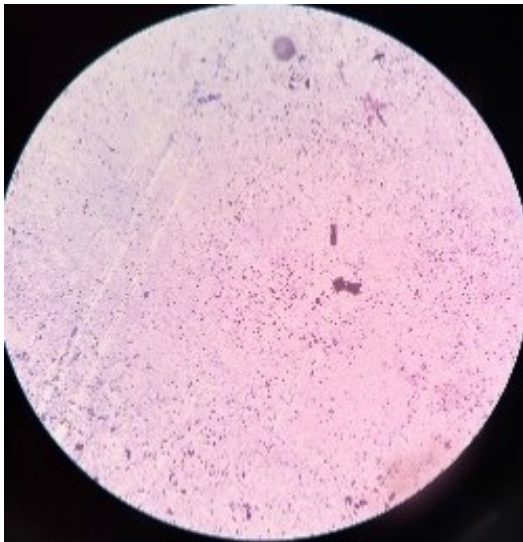
Hasil pengamatan pada cawan petri menunjukkan bahwa terdapat dua jenis koloni bakteri yang berbeda berdasarkan morfologi makroskopisnya (Gambar 1). Koloni A memiliki warna putih dengan bentuk tak beraturan (irregular), tepi bergelombang (undulate), permukaan timbul (raised) dan ukuran besar (large). Koloni B berwarna putih dengan bentuk bulat (circular), tepi rata (entire), permukaan timbul (raised). Morfologi yang berbeda menunjukkan bahwa koloni bakteri berasal dari spesies yang berbeda.

3.2. Identifikasi Mikroskopis

Identifikasi mikroskopis dilakukan dengan metode pewarnaan gram untuk mengetahui karakteristik dinding sel dan bentuk morfologi bakteri.



Gambar 2. Isolat A Hasil Pewarnaan Gram



Gambar 3. Isolat B Hasil Pewarnaan Gram

Tabel 1. Hasil Identifikasi Isolat Bakteri

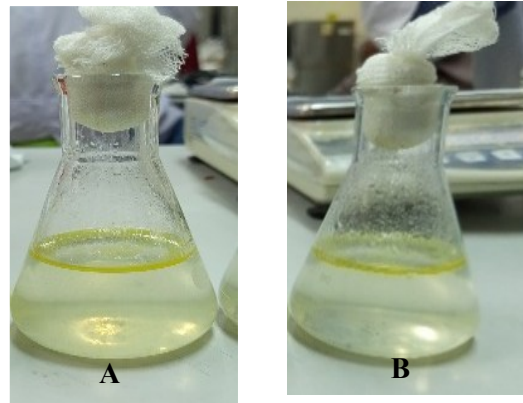
Isolat	Warna Hasil Pewarnaan Gram	Klasifikasi Gram	Bentuk Sel
A	Ungu	Positif	Basil
B	Ungu	Positif	Coccus

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa isolat A berwarna ungu dan berbentuk basil (batang), sedangkan isolat B juga berwarna ungu tetapi berbentuk coccus (bulat). Warna ungu menunjukkan bahwa kedua isolat merupakan bakteri gram positif, yang memiliki lapisan peptidoglikan tebal pada dinding selnya, sehingga mampu mempertahankan pewarna kristal violet setelah proses dekolorisasi dengan alkohol.

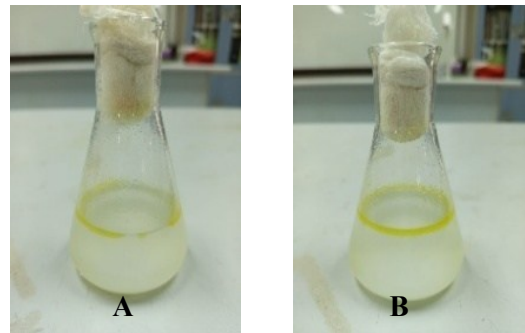
Menurut Hamidah et al., (2019), Bakteri gram positif memiliki dinding sel berwarna ungu karena mempertahankan warna ungu dari kristal violet. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya protein ribonukleat kompleks yang dapat mempertahankan warna dasar setelah dilakukan proses pelunturan. Selain itu, bakteri gram positif memiliki dinding sel yang terdiri dari dua lapisan yaitu peptidoglikan yang tebal dan membran dalam. Lapisan peptidoglikan yang tebal inilah yang berperan penting dalam mengikat pewarna kristal violet. [14].

3.3. Uji Biodegradasi

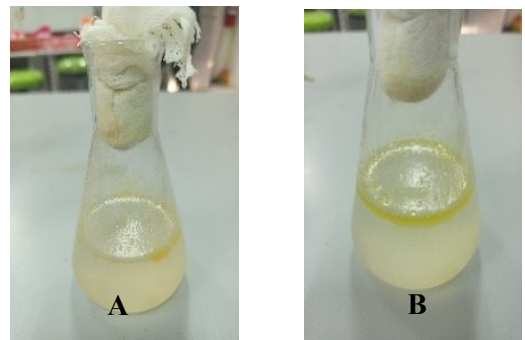
Uji dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri dalam media MSM yang hanya mengandung minyak goreng bekas sebagai sumber karbon.



Gambar 4. Media MSM inkubasi selama 1x24 jam; Ket: A (Isolat A), B (Isolat B)



Gambar 5. Media MSM inkubasi selama 7x24 jam; Ket: A (Isolat A), B (Isolat B)



Gambar 6. Media MSM inkubasi selama 14x24 jam; Ket: A (Isolat A), B (Isolat B)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kemampuan bakteri memanfaatkan minyak goreng bekas sebagai satu-satunya sumber karbon, diamati melalui perubahan visual pada media, khususnya peningkatan kekeruhan dan penyebaran minyak.

Gambar 4 menunjukkan media MSM setelah 1x24 jam inkubasi. Kedua isolat masih tampak bening dengan lapisan minyak utuh di permukaan, menandakan aktivitas degradasi masih rendah.

Gambar 5 memperlihatkan kondisi media pada 7x24 jam. Isolat A mulai menunjukkan kekeruhan dan fragmentasi minyak, sedangkan isolat B hanya sedikit berubah dengan minyak masih membentuk lapisan.

Tabel 2. Hasil Uji Biodegradasi

Waktu Inkubasi	Isolat	Kekeruhan Media	Fragmentasi/ Penyebaran Minyak	Indikasi Biodegradasi
1x24 Jam	A	Bening	Lapisan Utuh di Permukaan	+ (Rendah)
1x24 Jam	B	Bening	Lapisan Utuh di Permukaan	+ (Rendah)
7x24 Jam	A	Keruh ringan	Minyak terfragmentasi	++ (Sedang)
7x24 Jam	B	Bening-keruh	Minyak masih membentuk lapisan	+ (Rendah)
14x24 Jam	A	Keruh	Minyak lebih terfragmentasi menjadi butiran kecil	+++ (Tinggi)
14x24 Jam	B	Keruh sedang	Minyak terfragmentasi tapi relatif utuh	++ (Sedang)

Gambar 6 menampilkan media setelah 14x24 jam. Isolat A menunjukkan kekeruhan tinggi dan minyak terfragmentasi halus, sedangkan isolat B hanya keruh sedang dengan fragmentasi tidak merata.

Selama inkubasi, perubahan visual pada media menunjukkan perbedaan aktivitas antara isolat A dan B. Pada hari pertama (1x24 jam), kedua media masih tampak bening dengan sedikit lapisan minyak di permukaan, menandakan bahwa aktivitas degradasi belum signifikan. Setelah 7x24 jam, media dengan isolat A mulai menunjukkan peningkatan kekeruhan dan penyebaran minyak yang lebih merata ke dalam media, sedangkan isolat B hanya menunjukkan sedikit perubahan kekeruhan dan minyak masih cenderung membentuk lapisan di permukaan. Pada akhir inkubasi (14x24 jam), media isolat A tampak jauh lebih keruh dan minyak terlihat lebih terfragmentasi menjadi butiran kecil yang tersebar. Sebaliknya, isolat B menunjukkan kekeruhan yang lebih ringan dan lapisan minyak terfragmentasi tapi masih relatif utuh.

Isolat A menunjukkan indikasi aktivitas biodegradasi yang lebih tinggi dari isolat B berdasarkan visualisasi penyebaran minyak dan peningkatan kekeruhan. Menurut Varjani, (2017) Peningkatan kekeruhan tersebut mengindikasikan pertumbuhan biomassa bakteri sebagai hasil dari pemanfaatan minyak sebagai sumber karbon [15].

Penyebaran minyak yang merata disebabkan oleh produksi biosurfaktan. Biosurfaktan merupakan biomolekul kompleks yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti bakteri [16] Biosurfaktan dapat mengurangi tegangan permukaan antara air dan hidrokarbon, sehingga meningkatkan kelarutan dan dispersi minyak dalam medium. Biosurfaktan umumnya terdiri atas molekul kompleks seperti glikolipid, lipopeptida, fosfolipid, lipoprotein, dan senyawa surfaktan polimerik [17]. Studi oleh Zhou et al., (2022) menunjukkan bahwa penambahan biosurfaktan secara berkala dapat meningkatkan aktivitas mikroba dalam degradasi hidrokarbon secara signifikan, sementara penghentian aplikasi

justu menurunkan laju degradasi secara drastis [18].

Menurut Al-Tahhan et al., (2000), terdapat dua mekanisme utama yang dilakukan biosurfaktan dalam meningkatkan proses biodegradasi minyak. Pertama, biosurfaktan dapat melarutkan senyawa hidrofobik pada struktur sel sehingga meningkatkan daya larut antara minyak dengan media, sehingga dapat dipergunakan oleh sel. Kedua, biosurfaktan dapat menyebabkan permukaan sel lebih bersifat hidrofobik yang dapat meningkatkan interaksi antara sel dengan minyak sehingga akan menurunkan tegangan permukaan pada minyak [19].

Gautam et al., (2006) juga menjelaskan bahwa biosurfaktan dapat membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dalam senyawa organik dan meningkatkan konsentrasi senyawa hidrokarbon dalam media degradasi melalui pelarutan ataupun emulsifikasi [20]. Minyak yang semula menyatu dan membentuk lapisan tersendiri dipermukaan larutan media lama kelamaan terpecah menjadi butiran-butiran yang lebih kecil. Terbentuknya butiran-butiran kecil ini disebabkan adanya biosurfaktan yang diproduksi oleh isolat bakteri [21].

Selain itu, perubahan kekeruhan terjadi karena populasi bakteri pada media tersebut semakin banyak. Kekeruhan pada media yang diinokulasikan bakteri merupakan hasil metabolit-metabolit sekunder hasil perombakan hidrokarbon minyak bumi dan melimpahnya jumlah total sel bakteri [22].

Batas antara lapisan minyak dan air disebut biofilm, merupakan tempat bakteri biasa hidup. Perombakan yang terjadi, secara visual pada media buatan di laboratorium akan terjadi perubahan warna larutan medium. Warna yang terbentuk pada medium minyak yaitu antara kuning hingga jingga tua [23].

Bakteri yang terlibat dalam proses ini merupakan bakteri lipolitik, yakni bakteri yang membutuhkan konsentrasi lemak atau lipid. Bakteri ini memproduksi lipase yaitu enzim yang menghidrolisis lemak menjadi asam-asam lemak dan gliserol. Bakteri yang dikelompokkan ke dalam

bakteri lipolitik misalnya *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Serratia*, dan *Micrococcus* [24].

Adanya enzim lipase merupakan hal penting bagi bakteri dalam melakukan biodegradasi lahan tercemar minyak. Enzim lipase digunakan bakteri agar dapat kontak langsung dengan substrat yang mengandung lipid, minyak inilah yang akan digunakan bagi bakteri sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya [25].

Uji biodegradasi dalam penelitian ini masih bersifat kualitatif berdasarkan indikator visual. Pengukuran konsentrasi residu minyak atau OD bakteri diperlukan untuk mendukung hasil secara kuantitatif. Penelitian ini juga belum dilakukan perbandingan antara bakteri indigenos dan non-indigenos. Sehingga dapat diperlukan penelitian lanjutan untuk mengetahui perbedaan efektivitas biodegradasi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengisolasi dua jenis bakteri dari tanah yang tercemar minyak goreng bekas, yaitu isolat A (basil, Gram positif) dan isolat B (coccus, Gram positif). Kedua isolat menunjukkan kemampuan tumbuh dan mendegradasi minyak goreng bekas dalam media Mineral Salt Medium (MSM), dengan indikator berupa peningkatan kekeruhan dan penyebaran minyak. Isolat A menunjukkan aktivitas biodegradasi yang lebih tinggi dibandingkan isolat B, ditunjukkan oleh media yang lebih keruh dan fragmentasi minyak yang lebih merata setelah inkubasi. Hasil ini menunjukkan bahwa isolat A berpotensi untuk diteliti lebih lanjut dalam pengelolaan limbah minyak goreng secara biologis. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan identifikasi spesies bakteri secara molekuler, pengukuran aktivitas biodegradasi secara kuantitatif, dan analisis produksi biosurfaktan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada para asisten laboran di Laboratorium Biologi Universitas Islam Negeri Siber Syekh Nurjati Cirebon atas bantuan teknis, dukungan, serta kerja sama selama pelaksanaan penelitian dan pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Hesti, O. Ainita, A. Nurhalizah, A. R. Putri, A. R. Hafizha, and P. Octavia, "Peningkatan Kesadaran Masyarakat Pada Penanganan Limbah Minyak Jelantah Untuk Kelestarian Lingkungan," *J. Pendidik. Sej.*

Dan Ris. Sos. Hum., vol. 2, no. 2, pp. 55–63, 2021.

- [2] BPS, "Statistik Minyak Kelapa Sawit Indonesia," 2019. Accessed: Jul. 07, 2025. [Online]. Available: www.bps.go.id
- [3] S. Rahayu, H. Aliyah, T. Tukasno, M. I. Pratiwi, and B. Solikah, "Pemanfaatan minyak jelantah dan arang kayu untuk membuat sabun daur ulang," *J. Pengabd. KITA*, vol. 3, no. 1, 2020.
- [4] A. Rinanti, M. F. Fachrul, D. I. Hendarawan, and R. Setiati, "Penyuluhan dan Pelatihan Pemanfaatan Minyak Jelantah menjadi Lilin dan Sabun di Kelurahan Cisalak, Depok, Jawa Barat," *-Com Indones. Community J.*, vol. 2, no. 2, pp. 142–148, 2022.
- [5] F. Abdilah and M. Hulupi, "Efektivitas Cangkang Telur untuk Menurunkan Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas pada Minyak Jelantah," *Fuller. J. Chem.*, vol. 5, no. 2, pp. 109–116, 2020.
- [6] A. Mas' ud, "Biodegradation Capability Analysis of Petroleum Hydrocarbon by Marine Bacteria Isolate From Territorial Water Column of Paotere Port Makassar as In Vitro," *J. Ilmu Alam Dan Lingkung.*, vol. 9, no. 1, 2018.
- [7] M. S. Ahmed, S. A. Ahmad, M. Y. Shukor, and M. T. Yusof, "Statistical Optimisation of Used-Cooking-Oil Degradation by Burkholderia vietnamiensis AQ5-12 and Burkholderia sp. AQ5-13," *Processes*, vol. 10, no. 11, p. 2178, 2022.
- [8] H. Gao, Z. Zhang, H. Yuan, L. Liu, H. Chen, and H. Lin, "Rhamnolipid production from waste cooking oil by a newly isolated thermo- and salt-tolerant *Pseudomonas aeruginosa* GH01," *World J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 40, no. 12, p. 396, 2024.
- [9] M. L. Sendo, F. R. Mantiri, and M. J. Rumondor, "Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Potensial Pendegradasi Oli Mesin Bekas Dari Beberapa Lokasi Bengkel di Kota Manado," *PHARMACON*, vol. 11, no. 1, pp. 1222–1230, 2022.
- [10] A. Truskewycz, T. D. Gundry, L. S. Khudur, A. Kolobaric, M. Taha, A. A. Medina, A. S. Ball, E. Shahsavari "Petroleum hydrocarbon contamination in terrestrial ecosystems—fate and microbial responses," *Molecules*, vol. 24, no. 18, p. 3400, 2019.
- [11] R. O. Khastini, L. R. Zahranie, R. A. Rozma, and Y. A. Saputri, "Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Bioremediasi," *Biosci. J. Ilm. Biol.*, vol. 10, no. 1, pp. 345–360, 2022.

- [12] M. R. S. Mijaya, N. A. Yanti, and N. H. Muhiddin, "Isolasi dan Seleksi Bakteri Pendegradasi Solar Dari Pelabuhan Penyeberangan Kendari–Wawonii, Sulawesi Tenggara," *J. Penelit. Biol. J. Biol. Res. Vol 6 2 Hal 995-1006 Novemb. 2019*, 2019.
- [13] N. Willian, A. D. Syakti, L. Viruly, and F. Lestari, "Memperkasa Bioremediasi: Inovasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Dalam Menyelamatkan Lingkungan Berair," *J. Zarah*, vol. 12, no. 1, pp. 40–49, 2024.
- [14] M. N. Hamidah, L. Rianingsih, and R. Romadhon, "Aktivitas antibakteri isolat bakteri asam laktat dari peda dengan jenis ikan berbeda terhadap *E. coli* dan *S. aureus*," *J. Ilmu Dan Teknol. Perikan.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–21, 2019.
- [15] S. J. Varjani, "Microbial degradation of petroleum hydrocarbons," *Bioresour. Technol.*, vol. 223, pp. 277–286, 2017.
- [16] H. El-Sheshtawy, I. Aiad, M. Osman, A. Abo-ELnasr, and A. Kobisy, "Production of biosurfactant from *Bacillus licheniformis* for microbial enhanced oil recovery and inhibition the growth of sulfate reducing bacteria," *Egypt. J. Pet.*, vol. 24, no. 2, pp. 155–162, 2015.
- [17] M. Takahashi, T. Morita, K. Wada, N. Hirose, T. Fokuoka, T. Imura, D. Kitamoto, "Production of sophorolipid glycolipid biosurfactants from sugarcane molasses using *Starmerella bombicola* NBRC 10243," *J. Oleo Sci.*, vol. 60, no. 5, pp. 267–273, 2011.
- [18] H. Zhou, S. Li, L. Jiang, F. Zeng, X. Lin, C. Chen, Y. Li, C. Zhang, "Effects of regular addition and discontinuation of biosurfactant on hydrocarbon biodegradation and microorganisms in heavy oily sludge," *J. Soils Sediments*, vol. 22, no. 9, pp. 2475–2484, 2022.
- [19] R. A. Al-Tahhan, T. R. Sandrin, A. A. Bodour, and R. M. Maier, "Rhamnolipid-induced removal of lipopolysaccharide from *Pseudomonas aeruginosa*: effect on cell surface properties and interaction with hydrophobic substrates," *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 66, no. 8, pp. 3262–3268, 2000.
- [20] K. Gautam and V. Tyagi, "Microbial surfactants: a review," *J. Oleo Sci.*, vol. 55, no. 4, pp. 155–166, 2006.
- [21] N. P. Ristiati, "Uji Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Terhadap Limbah Oli Dari Perairan Pelabuhan Celukan Bawang," presented at the Prosiding Seminar Nasional MIPA, 2013.
- [22] D. Astuti, "Pengaruh Variasi Jumlah Inokulum Konsorsium Bakteri Terhadap Degradasi Hidrokarbon Minyak Bumi," *FMIPA Univ. Indones. Skripsi*, 2012.
- [23] A. Nugroho, "Dinamika populasi konsorsium bakteri hidrokarbonoklastik: studi kasus biodegradasi hidrokarbon minyak bumi skala laboratorium," *J. Ilmu Dasar*, vol. 8, no. 1, pp. 13–23, 2007.
- [24] Fardiaz, S., *Mikrobiologi Pangan I*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1992, pp 150.
- [25] F. Elyza, N. Gofar, and M. Munawar, "Identifikasi dan uji potensi bakteri lipolitik dari limbah SBE (Spent Bleaching Earth) sebagai agen bioremediasi," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 13, no. 1, pp. 12–18, 2015.