

**SKRINING BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK DARI
LIMBAH CAIR MINYAK BUMI YANG BERPOTENSI
MENDEGRADASI SENYAWA HIDROKARBON**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains di
Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

Oleh :

PUTRI KHAIRUNISA

08041282025039



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Skrining Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Minyak Bumi yang Berpotensi Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon
Nama Mahasiswa : Putri Khairunisa
NIM : 08041282025039
Jurusan : Biologi
Telah disidangkan pada 10 Juli 2024

Indralaya, Juli 2024

Pembimbing



1. Dwi Hardestyariki, S.Si., M.Si
NIP. 198812112019032012

(.....)

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Skrining Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Minyak Bumi yang Berpotensi Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon

Nama Mahasiswa : Putri Khairunisa

NIM : 08041282025039

Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Pada Tanggal 10 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Juli 2024

Pembimbing

1. Dwi Hardestyariki, S.Si., M.Si
NIP. 198812112019032012

()

Pembahas

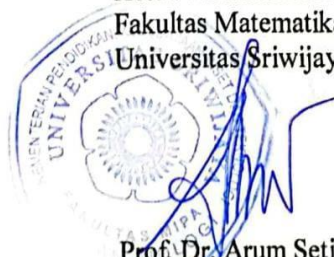
2. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si
NIP. 197504272000122001

()

3. Dr. Marieska Verawaty, M.Si
NIP. 19750427200122001

()

Mengetahui
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Arum Setiawan, M.Si
NIP. 197211221998031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Putri Khairunisa
NIM : 08041282025039
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasi atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.



Indralaya, Juli 2024



Putri Khairunisa
NIM.08041282025039

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Putri Khairunisa
NIM : 08041282025039
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/
Biologi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Skrining Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Minyak Bumi yang Berpotensi Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon”

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/memformatkan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Juli 2024



Putri Khairunisa
NIM.08041282025039

HALAMAN PERSEMBAHAN



Alhamdulillahillobbilamin

“ Think positive and positive things will happen”

Kupersembahkan Skripsi dan Gelar ini untuk :

- ❖ Allah SWT dan Nabiyullah Muhammad SAW.
- ❖ Mama dan Papa-ku tersayang, yang selalu memberikan semangat, selalu memberikan do'a terbaik untukku dan selalu menyayangiku hingga saat ini.
- ❖ Kakak-ku, Violita yang selalu memberi semangat.
- ❖ Pembimbing tugas akhir, ibu Dwi Hardestyariki, S.Si., M.Si. yang selalu memberikan dukungan, saran, bimbingan dan juga semangat.
- ❖ Seluruh rekan-ku Biologi angkatan 2020 dan seluruh keluarga besar biologi.
- ❖ Almamater-ku

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Skrining Bakteri Hidrokarbonoklastik dari Limbah Cair Minyak Bumi yang Berpotensi Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon”**. Rasa terimakasih disampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Papa Elwani dan Mama Nurmaidah serta kakak saya Violita yang selalu memberi do’a dan dukungan penuh selama masa perkuliahan. Terima kasih kepada dosen pembimbing tugas akhir, Ibu Dwi Hardestyariki, S.Si., M.Si atas bimbingan, arahan, saran, nasehat, dan dukungannya selama pelaksanaan penelitian serta penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, M.S.C.E, selaku Rektor Universitas Sriwijaya
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Dr. Arum Setiawan, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Drs. Enggar Patriono, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan serta motivasi selama perkuliahan.
5. Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. dan Ibu Dr. Marieska Verawaty, M.Si. selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Bapak/Ibu Dosen dan Staff serta karyawan Jurusan Biologi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
7. Ibu Rosmania, ST selaku Analis Laboratorium Mikrobiologi dan Kak Agus Wahyudi, S.Si selaku Analis Laboratorium Genetika dan Bioteknologi yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam melakukan penelitian.

8. Nyimas Luthpiah selaku rekan satu topik penelitian yang selalu menemani dan membantu penulis selama penelitian.
9. Seluruh rekan biologi angkatan 2020 dan keluarga besar jurusan biologi.
10. Sahabatku teman seperjuangan (Icak, Nabsai, Nurul, Nuri) serta tim lab (Rindang, Yaya, Deva, Nabiti, Sabril, Ilham) yang telah berbagi canda tawa, memberikan kekuatan, bantuan, dukungan dan nasihat selama penulis berada dalam proses penelitian tugas akhir.
11. Krisvatan Aditya yang telah menjadi salah satu pendengar keluh kesah penulis dan telah memberikan dukungan penuh selama penyusunan skripsi.
12. *Last but not least*, kepada diri saya sendiri terima kasih sudah bertahan untuk berjuang dan tidak menyerah untuk menyelesaikan skripsi ini dalam kondisi apapun.

Mohon maaf apabila dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Besar harapan bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Indralaya,

Juli 2024

Putri Khairunisa

SCREENING HYDROCARBONOLASTIC BACTERIA FROM PETROLEUM LIQUID WASTE POTENTIALLY DEGRADE HYDROCARBON COMPOUNDS

Putri Khairunisa

08041282025039

SUMMARY

Petroleum exploration and production activities will produce petroleum liquid waste containing hydrocarbon compounds. The value of hydrocarbon compounds allowed in the environment is 25 mg/L. If the value exceeds the limit, the hydrocarbon compounds will have a negative impact on the environment and the living things. Bioremediation is an effort made to restore contaminated sites using microorganisms such as bacteria. The bacteria used to degrade hydrocarbon compounds are referred to as hydrocarbonoclastic bacteria. This is because hydrocarbonoclastic bacteria can utilize the element C, or carbon, present in hydrocarbons as a source for their growth, so that these bacteria can break the hydrocarbon chain into shorter ones.

The purpose of this study was to obtain hydrocarbonoclastic bacteria from petroleum liquid waste, to determine the potential of hydrocarbonoclastic bacteria in degrading hydrocarbon compounds, and to determine the character and identity of hydrocarbonoclastic bacterial isolates from petroleum liquid waste to degrade hydrocarbon compounds. This research was conducted from December 2023 to April 2024 at the Microbiology Laboratory and Genetics and Biotechnology Laboratory, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University. The stages of this research consisted of isolation, purification, selection 1 and 2, testing the ability of bacteria as bioremediation agents, characterization, and identification.

This study has the results that there are 3 hydrocarbonoclastic bacteria derived from petroleum liquid waste that have the potential to degrade hydrocarbon compounds, the bacterial isolates Oc7F, Oc7E, and Oc8D have the potential to degrade crude oil with a degradation percentage of 10.07%, 11.75%, and 14.98%, respectively. The bacterial isolate Oc7E was identified as a bacterium of the genus *Listeria*, and the bacterial isolates Oc7F and Oc8D were identified as bacteria of the genus *Bacillus*.

Keyword : Petroleum liquid waste, Hydrocarbonoclastic bacteria, Biodegradation, Hydrocarbon.

SKRINING BAKTERI HIDROKARBONOKLASTIK DARI LIMBAH CAIR MINYAK BUMI YANG BERPOTENSI MENDEGRADASI SENYAWA HIDROKARBON

Putri Khairunisa

08041282025039

RINGKASAN

Kegiatan eksplorasi serta produksi minyak bumi akan menghasilkan limbah cair minyak bumi yang mengandung senyawa hidrokarbon. Nilai senyawa hidrokarbon yang diperbolehkan berada di lingkungan yaitu 25 mg/L. Jika nilainya melebihi batas maka senyawa hidrokarbon akan menimbulkan dampak yang tidak baik bagi lingkungan dan juga kesehatan makhluk hidup. Bioremediasi merupakan upaya yang dilakukan untuk memulihkan lokasi yang terkontaminasi dengan menggunakan mikroorganisme seperti golongan bakteri. Bakteri yang digunakan untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon disebut sebagai bakteri hidrokarbonoklastik. Hal ini karena bakteri hidrokarbonoklastik dapat memanfaatkan unsur C atau karbon yang ada di hidrokarbon sebagai sumber untuk pertumbuhannya sehingga bakteri ini dapat memutus rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek.

Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan bakteri hidrokarbonoklastik dari limbah cair minyak bumi, mengetahui potensi bakteri hidrokarbonoklastik dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon dan mengetahui karakter serta identitas isolat bakteri hidrokarbonoklastik dari limbah cair minyak bumi yang berpotensi mendegradasi senyawa hidrokarbon. Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2023 sampai dengan April 2024 bertempat di Laboratorium Mikrobiologi serta Laboratorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Tahap dari penelitian ini terdiri dari isolasi, pemurnian, seleksi 1 dan 2, uji kemampuan bakteri sebagai agen bioremediasi, karakterisasi dan identifikasi.

Penelitian ini memiliki hasil yaitu terdapat 3 bakteri hidrokarbonoklastik yang berasal dari limbah cair minyak bumi dan memiliki potensi dalam degradasi senyawa hidrokarbon, isolat bakteri Oc7F, Oc7E dan Oc8D memiliki potensi dalam mendegradasi *crude oil* dengan persentase degradasi berturut-turut 10,07 %, 11,75 % dan 14,98 %. dan isolat bakteri Oc7E teridentifikasi sebagai bakteri dari genus *Listeria* dan isolat bakteri Oc7F dan Oc8D teridentifikasi sebagai bakteri dari genus *Bacillus*.

Kata kunci : Limbah cair minyak bumi, Bakteri hidrokarbonoklastik, Biodegradasi, Hidrokarbon.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Limbah Cair Minyak Bumi	5
2.2. Senyawa Hidrokarbon	6
2.3. Bioremediasi.....	7
2.4. Bakteri Hidrokarbonoklastik	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2. Alat dan Bahan	12
3.2.1. Alat.....	12
3.2.2. Bahan.....	12

3.3.	Cara Kerja.....	13
3.3.1	Sterilisasi Alat dan Bahan	13
3.3.2	Pengambilan Sampel.....	13
3.3.3	Pengayaan	14
3.3.4	Isolasi dan Pemurnian	14
3.3.5	Seleksi	15
3.3.6	Uji Potensi Bakteri Hidrokarbonoklastik Mendegradasi Senyawa Hidrokarbon	16
3.3.7	Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik.....	19
3.3.8.	Variabel Pengamatan.....	23
3.3.9	Identifikasi Bakteri.....	24
3.3.10	Penyajian Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1.	Isolasi Bakteri dari Limbah Cair Minyak Bumi.....	25
4.2.	Seleksi Bakteri Hidrokarbonoklastik.....	27
4.3.	Biodegradasi Bakteri Hidrokarbonoklastik	29
4.3.1	Jumlah Populasi Bakteri Selama Masa Degradasi.....	30
4.3.2	Persentase Degradasi Senyawa Hidrokarbon selama Masa Inkubasi ...	31
4.4.	Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		44
5.1.	Kesimpulan.....	44
5.2.	Saran	44
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.3. Peta lokasi pengambilan sampel	14
Gambar 4.4. Pengamatan morfologi bakteri di NA lempeng.....	36
Gambar 4.5. Pengamatan sel bakteri dan endospora perbesaran 1000×.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Isolasi dan pemurnian bakteri dari limbah cair minyak bumi	25
Tabel 4.2. Analisa lingkungan di Inlet oil catcher 7 dan 8.....	26
Tabel 4.3. Seleksi bakteri dari limbah cair minyak bumi.....	27
Tabel 4.4.1. Jumlah populasi bakteri selama masa inkubasi.....	30
Tabel 4.4.2. Persentase degradasi senyawa hidrokarbon selama masa inkubasi...	32
Tabel 4.5. Hasil karakterisasi pada bakteri hidrokarbonoklastik.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan medium	54
Lampiran 2. Lokasi pengambilan sampel.....	56
Lampiran 3. Isolasi dan pemurnian.....	57
Lampiran 4. Seleksi tahap 1 dan 2 pada bakteri dari limbah cair minyak bumi ...	58
Lampiran 5. Uji potensi bakteri hidrokarbonoklastik dalam degradasi TPH.....	59
Lampiran 6. Karakteristik bakteri hidrokarbonoklastik secara morfologi dan fisiologi.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak bumi menjadi komoditas sumber daya alam yang masih terus di eksplorasi. Produksi minyak bumi umumnya diproses di kilang minyak salah satu contohnya adalah kilang minyak Pertamina RU III Plaju. Sisa produksi dari kilang akan menghasilkan limbah cair yang masih mengandung minyak dan lemak. Kadar minyak dan lemak dalam minyak bumi adalah 25 mg/L (JDIH Maritim, 2010). Kadar minyak dan lemak dalam limbah cair minyak bumi adalah campuran senyawa hidrokarbon yang terlarut (Alcafi *et al.*, 2019). Nilai senyawa hidrokarbon yang diperbolehkan berada di lingkungan yaitu 25 mg/L. Jika nilainya melebihi batas maka senyawa hidrokarbon akan menimbulkan dampak yang tidak baik bagi lingkungan. Hal ini karena senyawa hidrokarbon pada minyak bumi bersifat toksik (Mebayedh *et al.*, 2023).

Ada beberapa cara dalam pengolahan limbah cair minyak bumi antara lain secara fisika, kimia dan biologi. Pengolahan limbah secara fisika dan kimia belum tentu efisien karena memerlukan biaya yang mahal dan juga kurang ramah lingkungan. Maka dari itu, upaya biologis sering menjadi pilihan untuk melakukan pengolahan limbah karena efektivitas, biaya yang digunakan rendah dan juga sifat proses yang lebih ramah lingkungan (Omenna *et al.*, 2023). Metode biologi ini biasa dikenal dengan bioremediasi. Bioremediasi merupakan upaya yang dilakukan untuk memulihkan lokasi yang terkontaminasi dengan

menggunakan mikroorganisme seperti golongan bakteri (Cuadrado *et al.*, 2021). Bakteri yang digunakan untuk menguraikan senyawa hidrokarbon disebut sebagai bakteri hidrokarbonoklastik yang bisa didapatkan dari lokasi tercemar minyak seperti limbah cair minyak bumi dan dikelompokkan sebagai bakteri indigen (Mijaya *et al.*, 2019). Bakteri hidrokarbonoklastik dapat digunakan sebagai agen bioremediasi yang potensial karena bakteri ini dapat menurunkan TPH (*total petroleum hydrocarbon*). Hal ini karena bakteri hidrokarbonoklastik dapat memanfaatkan unsur C atau karbon yang ada di hidrokarbon sebagai sumber untuk pertumbuhannya sehingga bakteri ini dapat memutus rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek (Sayuti *et al.* 2022).

Penelitian Sayuti *et al.* (2020), menjelaskan terdapat bakteri indigen yang didapatkan dari sampel minyak bumi yang diperkaya dari tangki limbah milik Chevron Pacific Indonesia (CPI) Ltd, Petapahan, Riau, Indonesia yaitu *Bacillus cereus* IMB-11 dan *Pseudomonas stutzerii* IMB-15 yang dapat menurunkan TPH sebesar 76,64 % sedangkan *Lysinibacillus fusiformis* IMB-12 dapat menurunkan TPH sebesar 62,62 %. Sedangkan penelitian Oaikhena *et al.* (2016), menjelaskan bahwa terdapat bakteri yang diisolasi dari limbah cair minyak bumi di kilang minyak di Nigeria yaitu *Pseudomonas aeruginosa* yang mendegradasi minyak mentah sebesar 66,4%, *Serratia marcescens* mendegradasi sebesar 62,4 %, *Klebsiella pneumoniae* mendegradasi sebesar 59,7 %, *Proteus vulgaris* mendegradasi sebesar 52 % dan *Streptomyces* sp. mendegradasi sebesar 57 %.

Penelitian Khatoon dan Malik (2019), menjelaskan bahwa terdapat bakteri yang diisolasi air limbah dari sekitar pembuangan di sekitar kilang minyak

Mathura, India yaitu *Enterobacter ludwigii* yang digunakan untuk mendegradasi PAH dengan hasil degradasinya yaitu 66,07 % setelah 96 jam inkubasi. Penelitian Gupta dan Phatak (2019), menjelaskan bahwa didapatkan konsorsium bakteri indigen dari air limbah yang dikumpulkan dari industri kilang, Vadodara, Gujarat yaitu *Microbacterium* sp. SOY., *Streptomyces* sp. SOC dan *Xanthobacter* sp yang akan digunakan untuk biodegradasi naftalena yang merupakan senyawa PAH. Hasilnya yaitu konsentrasi naftalena 100 ppm berkurang menjadi 20 ppm, naftalena 250 ppm berkurang menjadi 70 ppm dan naftalena 500 ppm berkurang menjadi 160 ppm.

Berdasarkan penelitian terdahulu, telah ditemukan bakteri indigen dalam limbah cair minyak bumi yang mampu mendegradasi hidrokarbon. Oleh karena itu perlu dilakukan skrining dan pengujian bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon serta identifikasi bakteri yang berasal dari limbah cair minyak bumi untuk mendapatkan isolat yang dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi dalam mengatasi pencemaran minyak bumi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

1. Apakah terdapat bakteri hidrokarbonoklastik dari limbah cair minyak bumi yang berpotensi mendegradasi senyawa hidrokarbon ?
2. Bagaimana potensi bakteri hidrokarbonoklastik dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon ?

3. Bagaimana karakter dan identitas isolat bakteri hidrokarbonoklastik dari limbah cair minyak bumi yang berpotensi mendegradasi senyawa hidrokarbon?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu :

1. Untuk mendapatkan bakteri hidrokarbonoklastik dari limbah cair minyak bumi yang berpotensi mendegradasi senyawa hidrokarbon.
2. Untuk menguji potensi bakteri hidrokarbonoklastik dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon.
3. Untuk mengetahui karakter dan identitas isolat bakteri hidrokarbonoklastik dari limbah cair minyak bumi yang berpotensi mendegradasi senyawa hidrokarbon.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai bakteri hidrokarbonoklastik yang berpotensi untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon sebagai upaya dalam mengatasi pencemaran minyak bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainul, A., Eko, P., dan Muhammad, H. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Asal Limbah Cair Perbengkelan. *Jurnal Ilmu Perairan*. 9(1) : 31-37.
- Andika, B., Puji, W., dan Rahmatul, F. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 2(1) : 14-22.
- Andreas, P. (2019). Biodegradasi Minyak Solar Menggunakan Isolat Bakteri Indigenous Mangrove Tritih Kulon, Cilacap. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*. 1(1) : 18-27.
- Amelia, N., dan Harmin, S. T. (2021). Kajian Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan Rhamnolipida dan Surfaktan pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar *Crude Oil*. *Jurnal Teknik ITS*. 10(2) : 76-81.
- Ahamed, F., M, Hasibullah, and Jannatul, F. (2010). Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbon. *Bangladesh Journal of Microbiology*. 27(1) : 18-21.
- Alcafi, M. C., Maulana, Y., dan Ubaidillah, A. P. (2019). Penggunaan Zeolit dalam Menurunkan Konsentrasi Lemak dan Minyak pada Air Terproduksi Migas. *Jurnal Pertambangan*. 3(4) : 23-27.
- Apriliya, I., Nosa, T. P., dan Amanda, K. D. (2020). Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Oli dari Tanah Tercemar Hidrokarbon dan Rhizosfer Tanaman. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. 6(2) : 9-21.
- Azhara, I., Muhammad, R., Andi, S., dan Reski, P. P. (2022). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat pada Fermentasi Spontan Biji Kopi Robusta Asal Bantaeng. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 23(1) : 49-60.
- Cappucino, J., and Chad, W. (2017). *Microbiology a Laboratory Manual Eleventh Edition*. Pearson Education Limited : England.
- Cuadrado, G. T., Camilo, O. V., Henrique A. B., Diego, Q. M., and Mayerlenis, J. R. (2021). Effectiveness of a bio-catalytic agent used in the bioremediation of crude oil-polluted seawater. *Journal Heliyon*. 7(4) : 1-10.
- Effendi, D., Berkah, H., Rosda, S., dan Syamsyida, R. (2020). Penentuan Karakteristik Air pada Stasiun Pengumpul (SP) Lapangan Minyak yang

Sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup (Per-Men LH) No. 9 Tahun 2010. *Jurnal Lemigas*. 54(2) : 111-125.

- Effendi, M. R., Sri, S., dan Novia, F. (2020). Pengaruh Fenantren terhadap Aktivitas Enzim Katabolik *Pseudomonas Putida* TI (8). *Journal Chemical Engineering*. 3(2) : 99-105.
- Effiong, E., Etim, D., and Okon, A. J. (2024). Isolation and Identification of Hydrocarbon Degrading Bacteria and Fungi From Waste Engine Oil Impacted Soil, their Distribution Frequency and Hydrocarbon Degradation Capacity. *World Journal of Advanced Science and Technology*. 5(2) : 23-34.
- Fallo, G., dan Yuni, S. (2016). Isolasi dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* spp.). *Jurnal Pendidikan Biologi*. 1(2) : 27-29.
- Fanny, N. D., Tetty, M, L., dan Atria, M. (2018). Kemampuan Isolat Tunggal dan Konsorsium Aktinomisetes Lokal Riau dalam Mendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi. *Jurnal Biologi dan Sains Terapan*. 4(2) : 53-60.
- Ghouti, M. A., Maryam, A.A., Mohammad, Y. A., and Dana, A. D. (2019). Produced Water Characteristics, Treatment and Reuse. *Journal of Water Process Engineering*. 28 : 222-239.
- Gofar, N. (2012). Aplikasi Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik asal Rizosfer Mangrove pada Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 1(2) : 123-129.
- Gupta, S., and Bhawana, P. (2019). Biodegradation of Naphthalene Using Bacterial Consortium. *American International Journal of Research in Formal, Applied & Natural Sciences*. 25(1) : 19-22.
- Hardestyariki, D., Bambang, Y., dan Munawar. (2020). Uji Kemampuan Konsorsium Bakteri Hidrokarbonoklastik Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 1(1) : 8-15.
- Hasyany, S., Erliza, N., dan Moh, Y. (2015). Penerapan Produksi Bersih untuk Penanganan Air Terproduksi di Industri Minyak dan Gas. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 5(1) : 25-32.
- Hasyimuddin., Natsir, D., dan Farid, S. (2016). Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Perairan Teluk Pare-Pare. *Jurnal Biogenesis*. 4(1) : 41-46.

- Hidayat, Z. I. (2017). Pengelolaan dan Proses Instalasi Perawatan Air Limbah dalam Pembersihan Minyak dan Gas dengan Menggunakan Separator dan Scrubber di Lapangan "X". *Jurnal Offshore*. 1(2) : 39-47.
- Irene, D. S., I Gusti, N., dan Ni Luh, P. R. (2020). Identifikasi Bakteri yang Berpotensi Mendegradasi Hidrokarbon dari Substrat Mangrove dengan Tekstur Berpasir, Berlumpur, dan Tanah Liat. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 6(2) : 175-184.
- Ismail, Y. S., Cut, Y., dan Putriani. (2017). Isolasi, karakterisasi dan uji aktivitas antimikroba bakteri asam laktat dari fermentasi biji kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Bioleuser*. 1(2) : 45-53.
- JDIH Maritim. (2010). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi. Website :www.jdih.maritim.go.id. Diakses 17 September 2023.
- Johnny, N. A., Antai, S. P., Asitok, A. D., and Ekpenyong, M. (2018). Hydrocarbonoclastic potentials of *Enterobacteriaceae* isolated from the crude oil polluted Iko river estuary and freshwater ecosystem of the Niger Delta Region of Nigeria. *Journal GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 02(01) : 038-046.
- Kamallia, S., Hasbi. M., dan Budijono. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Asal Limbah Cair Tahu UD. Dika Putra, Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Perairan*. 9(1) : 16-22.
- Kebede, G., Tekle, T., Ebrahim, M., and Kamaraj. (2021). Factors Influencing the Bacterial Bioremediation of Hydrocarbon Contaminants in the Soil : Mechanisms and Impacts. *Journal of Chemistry*. 1-17.
- Khatoon, K., and Abdul, M. (2019). Screening of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Degrading Bacterial Isolates from Oil Refinery Wastewater and Detection of Conjugative Plasmids in Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Tolerant and Multi-metal Resistant Bacteria. *Heliyon*. 5(10) : 1-7.
- Klau, M., Desi, I., dan Listyawati, N. (2021). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* L.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* Secara In vitro. *Cendana Medical Journal*. 21(1) : 102-112.
- Liempepas, A. G., Widya, A. L., dan Paulina, Y. (2019). Isolasi dan Uji Antibakteri dari Isolat Bakteri yang Berasosiasi dengan Spons

- Callyspongia aeriza* serta Identifikasi Secara Biokimia. *Jurnal Pharmacon*. 8(2) : 380-387.
- Mebayedh, H. A., Anyi, N., and Chuxia, L. (2023). Strategies for cost-effective remediation of widespread oil-contaminated soils in Kuwait, an environmental legacy of the first Gulf War. *Journal of Environmental Management*. 344. 1-10.
- Mijaya, R., Nur, A., dan Ardiansyah. (2019). Isolasi dan Seleksi Bakteri Pendegradasi Solar dari Pelabuhan Penyeberangan Kendari-Wawonii, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Biologi*. 6(2) : 995-1006.
- Mustamin, H. A., Retno, P. L., dan Ketut, S. (2020). Studi Kesesuaian Mikroorganisme pada Pengolahan Limbah Cair Industri. *Journal of Chemical and Process Engineering*. 1(2) : 45-52.
- Muzayana, F. U., dan Silvi, H. (2019). Analisis Warna, Bau dan pH Air di sekitar Tempat Pembuangan Akhir II Karya Jaya Musi 2 Palembang. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 3(1) : 16-19.
- Nabila, R., Purnamasari, C. B., dan Alhawaris, A. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii blume*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Porphyromonas gingivalis* dengan Metode Disc Diffusion. *Jurnal Kedokteran Mulawarman*. 8 (2) : 64-72.
- Novianty, R., Saryono., Amir, A., dan Nova, W. (2020). Bakteri Indigen Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi di Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 9(1) : 34-40.
- Nurjannah, I., Mauludiyah., dan Misbakhul, M. (2020). Potensi Degradasi Minyak Solar oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak. *Indonesian Journal of Marine Life and Utilization*. 1(1) : 31-38
- Nuryanti, S., Fitriana, F., dan Pratiwi, A.R. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Selulosa dari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *As-Syifaa Jurnal Farmasi*. 13(1) : 71-79.
- Oaikhena, E. E., Dominic, B. M., Samuel, D., Muhammad, M. N., and Omolola E. F. (2016). Bioremediation Potentials of Hydrocarbonoclastic Bacteria Isolated from Petroleum Refinery Effluent. *Frontiers in Environmental Microbiology*. 2(6) : 34-37.
- Omenna, E.C., Kingsley, O., Emmanuel, E., and Marshall, A. A. (2023). Tolerance, taxonomic and phylogenetic studies of some bacterial isolates involved in bioremediation of crude oil polluted soil in the southern region of Nigeria. *Journal Heliyon*. 7(4) : 1-14.

- Panjaitan, F. J., Taufiq, B., Irsyana, A., Onesimus, K.L., dan Wharisma, I. (2020). Karakterisasi Mikroskopis dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Lingkungan*. 1(1) : 9-17.
- Poddar, K., Debapriya, S., and Angana, S. (2019). Construction of Potential Bacterial Consortia for Efficient Hydrocarbon Degradation. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 144 :1-9.
- Puspitasari, I., Agus, T., dan Jusup. S. (2020). Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Tanjung Mas, Semarang. *Journal of Marine Research*. 9(3) : 281-288.
- Puspita, F., Muhammad, A., dan Ridho, P. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi dan Fisiologi Bakteri *Bacillus* sp. Endotifik dari Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agrotek Tropikal*. 6(2) : 44-49.
- Rahayu, S. A., dan Muhammad, H. G. (2017). Uji Cemarkan Air Minum Masyarakat Sekitar Margahayu Raya Bandung dengan Identifikasi Bakteri *Escherichia coli*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 4(2) : 50-56.
- Rahayu, Y. S., Yuliani., dan Guntur, T. (2019). Isolation and Identification of Hydrocarbon Degradation Bacteria and Phosphate Solubilizing Bacteria in Oil Contaminated Soil in Bojonegoro, East Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Science and Technology*. 4(1) : 134-147.
- Raharjo, A. P., dan Isnawati. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Selulolitik pada Pakan Fermentasi Eceng Gondok, Tongkol Jagung, dan Bekatul Padi. *Jurnal Lentera Bio*. 11(1) : 44-51.
- Respati, N. Y. (2017). Optimasi Suhu dan pH Media Pertumbuhan Bakteri Pelarut Fosfat dari Isolat Bakteri Termofilik. *Jurnal Prodi Biologi*. 6(7) : 423-430.
- Risdiyanto, Agus, I., dan Husein, S. (2013). Biodegradasi Petroleum Menggunakan Bakteri Indigenous dari Perairan Muara Sungai Donan Cilacap. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*. 16(3) : 119-130.
- Rizal, M. (2017). Isolasi Kapang Pendegradasi Hidrokarbon dari Limbah Minyak Bumi PT. Ollopo Bula. *Techno : Jurnal Penelitian*. 6(1) : 1-10.
- Safitri, L., Agung, S., dan Endang, K. (2014). Optimasi Pemberian Pupuk Gramafix dalam Degradasi Cemarkan Minyak Bumi oleh Bakteri Indigenous secara In Vitro. *Jurnal Biologi*. 3(2) : 59-70.
- Saleh, T. A. (2020). Characterization, determination and elimination technologies for sulfur from petroleum: Toward cleaner fuel and a safe environment. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*. 25 : 1-8.

- Sari, G., Yulina, T., and Ni'matuzahroh. (2019). Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons in Crude Oil Contaminated Soil from Wonocolo Public Oilfields using Aerobic Composting with Yard Waste and Rumen Residue Amendments. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. 7(3) : 482-492.
- Sari, H. C., Haryo, T., dan Abdus, S. J. (2021). Potensi Konsorsium Sampel Air Pelabuhan Kamal dan *Bittern* dalam Mendegradasi Solar. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(2) : 195-204.
- Sayuti, I., Yusni, I., Bintal, A., Anthoni, A., and Adrian, H. (2020). Molecular Typing of Crude Oil Degrading Bacterial Strains from Riau, Indonesia. Asia Pacific. *Journal of Science and Technology*. 25 (2) :1-10.
- Sayuti, I., Zulfarina., dan Teguh, J. W. (2022). Pengaruh pH terhadap Pertumbuhan *Bacillus cereus* IMB-11 selama Degradasi Hidrokarbon secara *In-Vitro*. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*. 8(3) : 686-693.
- Sehol, M., Armus, R., Mochammad, I. I., Tarzan, P., dan Riyanti. (2022). *Biologi Lingkungan*. Padang : PT Global Eksekutif Teknologi.
- Setiawan, B. (2021). Activity of Fruit and Leave Juice of Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) against Dandruff-Causing Fungi. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Research*. 1(2) : 33-37.
- Singh, J., Deepans, S., Gaurav, K., and Neeta, R. S. (2018). *Microbial Bioprospecting for Sustainable Development*. Springer Singapore : Singapore.
- Speight, J. G., & El-Gendy, N. S. (2017). *Introduction to petroleum biotechnology*. Gulf Professional Publishing.
- Stepanova, A. Y., Evgeny, A. G., Ekaterina, S. O., Olga, V. G., and Dmitry, V. T. (2022). Bioremediation of Soil from Petroleum Contamination. *Processes*. 10 : 1-17.
- Suharno., Dirk, Y. P., dan Puguh, S. (2023). *Buku Ajar Pengantar Bioremediasi*. Sleman : Deepublish.
- Sulistyorini. (2018). Bioremediasi dengan *Pseudomonas putida* Terhadap Pencemaran Tanah Minyak Bumi dengan Bioaugmentasi. *Jurnal Envirotek*. 10(1) : 59-63.
- Sumiardi, A. (2021). Laju Degradasi Senyawa Hidrokarbon yang Mencemari Tanah oleh *Alterierythrobacter evoxidivorans* (DQ 304436) dengan

- Stimulasi Fertilizer. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam*. 4(2) : 117-129.
- Susanti, W. I., dan Ricky, T. (2017). Potensi Bakteri Asal Tanah Rhizosfer, Sedimen Tanah, dan Pupuk Kandang Sapi untuk Biodegradasi Minyak Berat dan Oli Bekas. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 41(1) : 37-44.
- Titah, H. S., Herman, P., Ipung, F., and Widhowati, K. (2021). Biodegradation of *Crude Oil Spill* Using *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas putida* in Sequencing Method. *Journal of Ecological Engineering*. 22(11) : 157-167.
- Tuhuloula, A., Suprpto, S., Ali, A., and Sri, R. J. (2019). Biodegradation of Exreactable Petroleum Hydrocarbons by Consortia *Bacillus cereus* and *Pseudomonas putida* in Petroleum Contaminated Soil. *Indonesian Journal of Chemistry*. 19(2) : 347-355.
- Tuhuloula, A. (2020). Disolved Oxygen Perfomance In Degradation of *Total Petroleum Hydrocarbons* by Ex Siter Activated Sludge. *Journal Konversi*. 9(2) : 41-47.
- Welan, Y., Refli., dan Rony, S. M. (2019). Isolasi dan Uji Biodegradasi Bakteri Endogen Tanah Tumpahan Oli Bekas di Kota Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*. 16(1) : 61-72.
- Wulandari, D., dan Purwaningsih, D. (2019). Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik pada Umbi *Colocasia esculenta* L. Secara Morfologi, Biokimia, dan Molekuler. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 6(2) : 247-258.
- Wulandari, E. (2022). Identifikasi Bakteri Kontaminan Pada Kultur Jaringan Bambu Jenis *Fargesia scabrida*. *Integrated Lab Journal*, 10(02), 99-107.
- Yani, M., dan Akbar, Y. (2010). Proses Biodegradasi Minyak Diesel oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 19(1) : 40-44.
- Yasmin, Z., dan Ria, W. (2018). Review Perbandingan Pencemaran Minyak di Perairan dengan Proses Bioremediasi Menggunakan Metode Biostimulus dan Bioaugmentasi. *Jurnal Reka Buana*. 3(1) : 67-72.
- Yudistira, D. R. (2022). Analisis Kualitas Air Limbah Kilang Sebelum Dibuang Ke Badan Air. *Swara Patra : Majalah Ilmiah PPSDM Migas*. 12(1) : 46-55.
- Yudono, B., dan Estuaningsih, S. P. (2013). Bacteria Exploration Indigen as Microbial Enchane Oil Recovery (MEOR) in Old Wells (Abandon well) in

PT Pertamina UBEP Lemons Muara Enim. *In Prosiding Seminar Nasional Added Value of Energy Resources 5* : 254-259.

Zafira, Z. (2021). Bioremediasi sebagai Alternatif Pengembalian Fungsi Tanah yang Tercemar Minyak Bumi. *Jurnal Jaring Saintek*. 3(2) : 67-74.