

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI INDIGENOUS
PENDEGRADASI MINYAK DARI PERAIRAN
PELABUHAN RORO KUALA TUNGKAL
KABUPATEN TANJUNG JABUNG BARAT**

S K R I P S I



**JAURANI NURUL PUTRI
F1C421065**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2025**

SURAT PERYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 8 Juli 2025



Yang menyatakan

Jaurani Nurul Putri

F1C421065

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI INDIGENOUS
PENDEGRADASI MINYAK DARI PERAIRAN
PELABUHAN RORO KUALA TUNGKAL
KABUPATEN TANJUNG JABUNG BARAT**

S K R I P S I

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Program Studi Biologi



**JAURANI NURUL PUTRI
F1C421065**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2025**

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat** yang disusun oleh **JAURANI NURUL PUTRI, NIM: F1C421065** telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 8 Juli 2025 dan dinyatakan Lulus.

Susunan Tim Penguji:

Ketua : Hasna Ul Maritsa, S.Si., M.Sc.
Sekretaris : Ashif Irvan Yusuf, S.Pt., M.Si.
Anggota : 1. Anggari Linda Destiana, S.Si., M.Sc.
2. Fitra Wahyuni, M.Si.
3. Ahmad Sazali, S.Si., M.Biotek.

Disetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Hasna Ul Maritsa, S.Si., M.Sc.
NIP. 198903262023212020



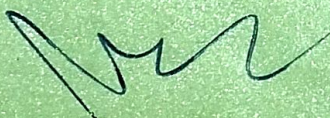
Ashif Irvan Yusuf, S.Pt., M.Si.
NIP. 198011122024211005

Diketahui:

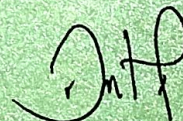
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Jurusan MIPA

Fakultas Sains dan Teknologi



Drs. Jefri Marzal, M. Sc., D. I. T.
NIP. 196806021993031004



Dr. Intan Lestari, S.Si., M.Sc.
NIP. 197409221999032002

RINGKASAN

Pelabuhan Roro Kuala Tungkal memiliki peran penting terhadap pelayanan transportasi laut dalam meningkatkan efisiensi keluar masuk barang maupun aktivitas manusia di wilayah tersebut. Semakin meningkatnya aktivitas yang terjadi di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air di sekitar pelabuhan tersebut. Hal ini dapat terjadi karena adanya tumpahan minyak ketika proses pengisian BBM (*bunkering*) pada kapal. Kesalahan dalam proses pengisian bahan bakar pada kapal seperti kebocoran pada pipa atau pengisian yang berlebihan dapat mengakibatkan minyak tumpah ke dalam air. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran tersebut adalah dengan bioremediasi dengan memanfaatkan bakteri indigenous. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan isolat bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak dari perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal dan mengetahui keanekaragaman bakteri indigenous yang memiliki potensi sebagai agen pendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan diperoleh sebanyak 11 isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon diidentifikasi sebagai genus *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus* dan *Alcaligenes*

Kata kunci : Bakteri hidrokarbonoklastik, Biodegradasi, Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

SUMMARY

Kuala Tungkal Roro Port has an important role in sea transportation services in improving the efficiency of goods and human activities in the region. The increasing activities that occur at the Kuala Tungkal Roro Port can cause water pollution around the port. This can occur due to oil spills during the bunkering process on the ship. Errors in the process of refueling the ship such as leaks in the pipe or overfilling can result in oil spilling into the water. One way that can be used to overcome this pollution is by bioremediation by utilizing indigenous bacteria. The purpose of this study was to obtain bacterial isolates that have the potential to degrade oil from the waters of the Kuala Tungkal Roro Port and to determine the diversity of indigenous bacteria that have the potential as oil degradation agents in the waters of the Kuala Tungkal Roro Port. This research was conducted using qualitative descriptive method. The results showed that 11 isolates of hydrocarbon degrading bacteria were identified as *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Bacillus* and *Alcaligenes* genus.

Keywords: Hydrocarbonoclastic bacteria, Biodegradation, Kuala Tungkal Roro Port

RIWAYAT HIDUP



Jaurani Nurul Putri lahir pada 6 Juni 2003 di Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Sutopo dan Watini. Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar Negeri Telang tahun 2009 – 2015 dan melanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Bayung Lencir tahun 2015 – 2018. Selanjutnya pada tahun 2018 – 2021 penulis menempuh Sekolah Menengah Atas 1 Bayung Lencir. Pada tahun 2021, penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Jambi, Program Strata 1 (S1) dan tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi.

Selama menempuh pendidikan di jenjang S1, penulis pernah mengikuti kepanitian di lingkungan kampus. Penulis juga pernah menjadi asisten laboratorium Fisiologi Tumbuhan tahun ajaran 2023/2024. Pada tahun 2023 penulis lolos dalam pendanaan Program Pengabdian Mahasiswa Pada Masyarakat (P2M2). Kemudian pada tahun 2025 penulis juga melakukan publikasi artikel ilmiah sinta 4 pada Jurnal Biologi Tropis. Penulis juga ikut berpartisipasi dalam kegiatan lingkungan seperti Hari Bumi 2022 yang diadakan oleh Himpunan Mahasiswa Biologi. Penulis mengerjakan tugas akhir di bidang mikrobiologi dengan judul Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul **“Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat”**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat do’a, dukungan serta semangat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan keteguhan hati untuk terus mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, Bapak Sutopo dan Ibu Watini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya, terima kasih atas kesabaran, bimbingan, dan semangat yang selalu kalian berikan. Kalian adalah inspirasi dan motivasi terbesar dalam hidup saya. Semoga skripsi ini bisa menjadi kado terindah untuk kalian.
3. Kedua saudara kandung, Indri Supratiwi dan Gilang Ahmad Pramada. Penulis ucapkan terima kasih atas segala dukungan, yang telah menghibur disaat lelah dan terima kasih telah menjadi kakak dan adik yang terbaik sepanjang hidupku.
4. Drs. Jefri Marzal, M. Sc., DIT Dekan Fakultas sains dan Teknologi Universitas Jambi.
5. Dr. Intan Lestari, S.Si., M.Si. ; Ketua Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi.
6. Ir. Bambang Hariyadi, M.Si., Ph.D. ; Wakil Dekan Bidang Akademik, Kerjasama dan Sistem Informasi
7. Mahya Ihsan, S. Si., M. Si selaku Koordinator Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi yang telah memberikan bantuan baik saran, arahan serta masukan selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Hasna Ul Maritsa S.Si., M Sc. dan Ashif Irvan Yusuf, S.Pt., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing dan membantu banyak hal terkait penyelesaian tugas akhir ini.
9. Anggari Linda Destiana, S.Si., M.Sc., Fitra Wahyuni, M.Si. dan Ahmad Sazali, S.Si., M.Biotek. selaku tim penguji yang telah meluangkan waktunya dalam pengujian skripsi ini untuk memberikan koreksi dan saran kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini menjadi skripsi yang baik.

10. Anggit Prima Nugraha, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang telah mengarahkan, membimbing dan membantu banyak hal selama masa perkuliahan.
11. Seluruh dosen khususnya dosen Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi yang telah memberikan bekal ilmu selama masa perkuliahan.
12. Segenap staff laboratorium dan staf akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi yang telah membantu penulis selama penelitian.
13. Rekan selama penelitian Ratih Dewi Lestari yang telah bekerjasama dengan baik, selalu memberikan bantuan, saran dan semangat selama penelitian berjalan. Serta seluruh rekan-rekan mahasiswa Biologi khususnya angkatan 2021 yang telah memberikan do'a, semangat serta saran selama perkuliahan maupun dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih atas pertemanan dan kebersamaannya yang akan selalu dikenang dan semoga silaturahmi kita tetap terjaga kedepannya.
14. Sahabat penulis, Itvah Usnul Khotimah. Terimakasih karena tidak pernah meninggalkan penulis sendirian, selalu ada saat penulis membutuhkan bantuan serta selalu mendengarkan keluh kesah penulis selama diperantauan ini.
15. Terima kasih untuk segalanya Andika Antonio Pangestu. Terima kasih telah membuat setiap hari terasa lebih cerah dan penuh warna. Serta semua anggota Bangtan Sonyeondan, terima kasih atas karya-karya yang sangat luar biasa yang telah menginspirasi dan menghibur penulis selama perkuliahan dan selama penyusunan skripsi ini.
16. Terima kasih untuk diri sendiri yang telah melewati masa-masa sulit, menahan lelah, dan terus bersemangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan serta jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Jambi, 8 Juli 2025



Jaurani Nurul Putri
F1C421065

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencemaran Perairan oleh Minyak	5
2.2 Senyawa Hidrokarbon	6
2.3 Bioremediasi.....	7
2.3.1 Biodegradasi.....	7
2.3.2 Biosurfaktan.....	9
2.4 Bakteri Bioremediasi.....	10
2.5 Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon	11
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	14
3.2.1 Alat Penelitian	14
3.2.2 Bahan Penelitian	14
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.3.1 Sterilisasi	14
3.3.2 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	15
3.3.3 Pengambilan Sampel Air yang terkontaminasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal	15

3.3.4 Isolasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal	16
3.3.5 Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro kuala Tungkal.....	16
3.3.6 Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	22
3.4 Analisis Data	22
VI. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Karakteristik Lingkungan Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal.....	23
4.2 Isolasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal.....	24
4.3 Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal	26
4.3.1 Karakteristik Morfologi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal.....	27
4.3.2 Uji Biokimia Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal	28
4.4 Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal.....	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bentuk-bentuk koloni bakteri.....	16
2. Ukuran koloni bakteri	17
3. Margin koloni bakteri	17
4. Elevasi koloni bakteri	18
5. Permukaan koloni bakteri	18
6. Karakteristik bakteri hidrokarbonoklastik.....	26
7. Identifikasi bakteri hidrokarbonoklastik	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bentuk-bentuk bakteri <i>coccus</i>	20
2. Bentuk-bentuk bakteri <i>bacill</i>	20
3. Bentuk-bentuk bakteri spiral	20
4. Bentuk bakteri <i>coccobacilli</i>	20
5. Karakteristik perairan di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal	24
6. Pencemaran air oleh minyak	24
7. Pertumbuhan bakteri pada media SMSS cair	25
8. Karakteristik genus <i>Micrococcus</i>	30
9. Hasil uji biokimia genus <i>Micrococcus</i>	32
10. Karakteristik genus <i>Staphylococcus</i>	33
11. Hasil uji biokimia genus <i>Staphylococcus</i>	34
12. Karakteristik genus <i>Bacillus</i>	35
13. Hasil uji biokimia genus <i>Bacillus</i>	36
14. Karakteristik genus <i>Alcaligenes</i>	38
15. Hasil uji biokimia genus <i>Alcaligenes</i>	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pengambilan sampel	44
2. Lokasi pengambilan sampel.....	44
3. Pengukuran parameter sampel.....	44
4. Isolasi bakteri	45
5. Karakteristik makroskopis	45
6. Bentuk sel	47
7. Hasil uji katalase	49
8. Hasil uji motilitas	50
9. Hasil uji <i>methyl red</i>	51
10. Hasil uji indol.....	52
11. Hasil uji TSIA	53
12. Hasil uji gram ryu	54
13. Hasil uji MacConkey.....	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia salah satu negara maritim yang memiliki wilayah perairan lebih luas dibandingkan dengan wilayah daratan. Transportasi laut menjadi sarana perhubungan yang sangat penting untuk mengembangkan hubungan antar pulau maupun antar negara. Selain itu, kelancaran lalu lintas transportasi di laut yang efisien sangat penting untuk menopang perekonomian nasional. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 31 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Pelayaran, pelabuhan merupakan suatu kawasan yang mencakup daratan dan perairan dengan batas-batas tertentu, yang berfungsi sebagai pusat kegiatan pemerintahan, pengusahaan dan transportasi laut. Pelabuhan merupakan infrastruktur strategis yang menyediakan fasilitas keselamatan, keamanan dan pelayanan transportasi laut. Peningkatan aktivitas pelabuhan di Indonesia memberikan dampak terhadap masalah lingkungan di kawasan Pelabuhan, salah satunya adalah pencemaran air. Penyebab utama dari pencemaran perairan di sekitar pelabuhan disebabkan secara langsung atau tidak langsung oleh pembuangan sampah ke dalam laut dan kontaminasi air oleh minyak dari kegiatan manusia (Zulfikar *et al.*, 2023).

Pelabuhan Roro Kuala Tungkal memiliki peran penting terhadap pelayanan transportasi laut dalam meningkatkan efisiensi keluar masuk barang maupun aktivitas manusia di wilayah tersebut. Sebagai kabupaten dengan luas wilayah yang kecil maka sarana dan prasarana transportasi perairan di Kabupaten Tanjung Jabung Barat menjadi tulang punggung penghubung antar wilayah. Pelabuhan Roro Kuala Tungkal terletak di Kecamatan Tungkal Ilir, Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. Pelabuhan Penyeberangan ini dikelola oleh Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Dinas Perhubungan Kabupaten Tanjung Jabung Barat. Pelabuhan Penyeberangan Kuala Tungkal melayani 2 (dua) lintasan yakni lintasan Kuala Tungkal Dabo Singkep dan Kuala Tungkal - Telaga Punggur.

Semakin meningkatnya aktivitas yang terjadi di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal dapat menyebabkan terjadinya pencemaran air di sekitar pelabuhan tersebut. Hal ini dapat terjadi karena adanya tumpahan minyak ketika proses pengisian BBM (*bunkering*) kapal. Kesalahan dalam proses pengisian bahan bakar pada kapal seperti kebocoran pada pipa atau pengisian yang berlebihan dapat mengakibatkan minyak tumpah ke dalam air serta minyak yang tersisa pada permukaan selang atau tangka pengisian memungkinkan akan jatuh ke air pada saat peralatan dipindahkan atau disimpan. Satria dan Hermanto (2019)

melaporkan bahwa pencemaran minyak di air pada saat pengisian BBM kapal pernah terjadi ketika pengisian bahan bakar kapal yang dilakukan tidak sesuai dengan prosedur sehingga menyebabkan tumpahan minyak.

Tumpahan minyak yang terjadi di perairan memiliki dampak jangka pendek dan dampak jangka panjang. Dampak jangka pendek dapat berupa kerusakan biota laut yang disebabkan oleh molekul hidrokarbon minyak sehingga makhluk hidup akan mati karena kekurangan oksigen dan paparan zat beracun seperti karbon monoksida dan zat toksin. Jika dilihat dari segi fisik, perairan yang terkontaminasi tumpahan minyak akan terlihat dengan jelas di atas permukaan air yang tertutupi oleh lapisan minyak sehingga laut akan terlihat kotor. Untuk dampak dalam jangka panjang yakni terjadinya kerusakan biota muda dan akumulasi senyawa berbahaya dalam rantai makanan. Minyak yang diserap dan dikonsumsi oleh organisme laut tidak akan langsung hilang, Sebagian besar akan disimpan sebagai senyawa lemak dan protein. Sifat yang terakumulasi ini mampu ditularkan antar organisme melalui rantai makanan (Yulianto, 2022).

Adanya aktivitas di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal yang terus berlangsung mampu menyebabkan kontaminasi minyak di perairan, beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi pencemaran minyak tersebut yaitu secara fisik, kimia dan biologis. Penanggulangan minyak dengan cara biologi adalah dengan teknik bioremediasi. Proses bioremediasi akan menggunakan mekanisme biologis (mikroorganisme dan tumbuhan) untuk mendegradasi zat-zat pencemaran di lingkungan. Tujuan dari bioremediasi yakni mengubah atau mengurai zat pencemar tersebut hingga mencapai tingkat yang tidak lagi membahayakan lingkungan maupun makhluk hidup. Penggunaan bakteri sebagai agen bioremediasi dapat menjadi solusi dalam menangani berbagai macam polutan baik yang berasal dari senyawa organik ataupun anorganik yang terakumulasi di lingkungan. Metode bioremediasi menggunakan bakteri dianggap lebih ramah terhadap lingkungan dan terjangkau dibandingkan dengan metode konvensional seperti proses fisika dan kimia (Khastini *et al.*, 2022).

Bakteri yang memiliki potensi untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon disebut sebagai bakteri hidrokarbonoklastik karena memiliki potensi untuk mengikat, mengemulsi, mengangkut dan memecah rantai hidrokarbon menjadi bagian-bagian yang lebih pendek. Diperlukan juga biosurfaktan untuk membantu bakteri hidrokarbonoklastik agar dapat bekerja lebih optimal. Biosurfaktan menjadi sumber energi bagi bakteri pendegradasi hidrokarbon dengan menurunkan tegangan permukaan dan menstabilkan emulsi sehingga molekul yang terdapat dalam hidrokarbon tersebut dapat larut dalam air.

Sebagian besar biosurfaktan dianggap sebagai metabolit sekunder, namun beberapa diantaranya berperan dalam membantu kelangsungan hidup mikroorganisme penghasil biosurfaktan dengan memfasilitasi transportasi nutrisi (Budiharjo *et al.*, 2019).

Pengendalian pencemaran air yang disebabkan oleh minyak dengan mikroba yang semakin berkembang dan menunjukkan potensi yang besar di masa depan karena teknologinya yang ramah lingkungan, relatif lebih murah dan mengurangi dampak dari penggunaan bahan kimia (Andhini *et al.*, 2018). Penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh Puspitasari *et al.*, (2020), dalam eksplorasi bakteri pendegradasi minyak dari perairan, terdapat 2 isolat bakteri yang unggul dalam mendegradasi minyak yaitu *Alcacinovorax nanhaiticus* dan *Halomonas meridiana*. Telah dilakukan juga penelitian oleh Banjarnahor dkk (2025) bahwa bakteri *Eschericia coli* dan *Staphylococcus aureus* mampu dalam mendegradasi limbah oli bekas. Pencarian bakteri indigenous dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat masih belum diketahui. Pemanfaatan bakteri indigenous dari habitat aslinya berpotensi dalam mendapatkan bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi yang lebih baik. Bakteri ini sudah beradaptasi dan mampu menguraikan senyawa organik serta polutan yang terdapat dalam limbah, asalkan kondisi lingkungan mendukung. Hal tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian dengan judul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak di Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat”. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat dan mengidentifikasi bakteri indeginous yang mampu mendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Kuala Tungkal.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah ada bakteri indigenous yang memiliki potensi sebagai agen pendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal?
2. Bagaimana jenis-jenis bakteri indigenous yang berpotensi sebagai agen pendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan isolat bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak dari perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal.
2. Untuk mengetahui jenis-jenis bakteri indigenous yang memiliki potensi sebagai agen pendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti sebagai informasi baru untuk mengembangkan isolat bakteri yang diperoleh sehingga bisa di aplikasikan di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal.
2. Bagi pemerintah sebagi referensi referensi adanya jenis-jenis bakteri indigenous pendegradasi minyak yang dapat digunakan sebagai rujukan dalam pengembangan bioremediasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Perairan oleh Minyak

Pencemaran atau polusi adalah adanya perubahan suatu kondisi dari bentuk asal pada keadaan yang menjadi lebih buruk. Pencemaran perairan merupakan fenomena yang merubah kondisi fisik, kimia dan biologi yang tidak dikehendaki oleh ekosistem di perairan sehingga menyebabkan dampak buruk bagi kelestarian sumber daya alam dan keberlanjutan industri (Ainuddin dan Widyawati, 2017). Pencemaran air yang disebabkan oleh minyak dapat menyebabkan gangguan pada lingkungan tersebut termasuk flora dan fauna yang ada di dalamnya. Minyak bumi merupakan senyawa yang sebagian besar terdiri dari karbon (83-87%), hidrogen (11-14%), oksigen (0-3,5%), dan unsur lainnya seperti nitrogen (0,2-0,5%) dan sulfur (0-6%). Pembentukan minyak bumi dapat terjadi melalui proses penguraian senyawa organik yang terjadi selama jutaan tahun. Pembentukan minyak bumi melibatkan reaksi kimia kompleks pada suhu serta tekanan yang tinggi (Ardiatma and Sasmita, 2019).

Senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bersifat toksik, dan dalam beberapa kasus bersifat karsinogenik bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Kandungan toksin dalam minyak akan mengganggu aktivitas ekosistem dan biota yang ada sehingga produktivitas fotosintesis akan menurun karena cahaya matahari yang masuk ke dalam air terhambat. Komponen minyak yang tidak larut akan mengapung di atas permukaan air dan menyebabkan air berubah menjadi keruh (Qowiyah *et al.*, 2021).

Tumpahan minyak yang terjadi di laut memberikan dampak buruk bagi ekosistem di laut. Didalam minyak tersebut mengandung zat-zat kimia yang berbahaya dan mengganggu kehidupan di laut. Berbagai spesies yang hidup di laut mampu menyerap bahan kimia beracun dari minyak yang tumpah, sehingga dapat menyebabkan keracunan bahkan berpotensi menyebabkan kematian dan pada akhirnya akan mengurangi jumlah populasi makhluk hidup yang ada di laut. Selain berdampak pada kehidupan organisme laut, tumpahan minyak juga dapat berdampak bagi manusia seperti dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit dan gangguan saluran respirasi. Minyak berat yang tumpah ini tidak mudah menguap, yang berarti minyak tersebut tetap berada di air dalam waktu yang lama sehingga proses pembersihan dan pemurnian air laut menjadi sangat sulit. Akibat dari semua faktor diatas, kualitas air laut menjadi sangat buruk yang akan memengaruhi kesehatan dan keberlangsungan seluruh ekosistem laut (Amffa *et al.*, 2023).

2.2 Senyawa Hidrokarbon

Didalam minyak bumi terkandung senyawa hidrokarbon, Roni (2020) mengatakan meskipun didalam minyak bumi terkandung senyawa hidrokarbon dalam jumlah besar, tetapi senyawa hidrokarbon tersebut dapat dikelompokkan kedalam tiga golongan senyawa yakni senyawa hidrokarbon parafin, naften dan aromatik. Selain senyawa-senyawa tersebut, setelah adanya proses rengkahan minyak bumi akan terbentuk senyawa hidrokarbon monoolefin dan senyawa hidrokarbon diolefin.

1. Senyawa hidrokarbon paraffin

Senyawa hidrokarbon parafin termasuk senyawa hidrokarbon jenuh dengan rumus kimia C_nH_{2n+2} . Secara kimia senyawa ini bersifat stabil pada suhu kamar dan tidak bereaksi dengan asam sulfat pekat dan asam sulfat berasap, larutan alkali pekat, asam sitrat maupun oksidator kuat seperti asam khromat, kecuali senyawa yang memiliki atom karbon tersier.

2. Senyawa hidrokarbon naften

Senyawa hidrokarbon naften adalah kategori hidrokarbon jenuh dengan struktur cincin yang tidak memiliki ikatan rangkap dan memiliki rumus kimia C_nH_{2n} . Senayawa ini memiliki sifat kimia yang sama dengan senyawa hidrokarbon parafin dan memiliki struktur molekul siklis, senyawa ini disebut dengan senyawa sikloparafin. Senyawa hidrokarbon naften yang terkandung dalam minyak bumi adalah siklopentan (cincin yang terdiri dari 5 atom karbon) dan siklohesan siklopentan (cincin yang terditi dari 6 atom karbon).

3. Senyawa hidrokarbon aromatik

Senyawa hidrokarbon aromatik adalah senyawa hidrokarbon tidak jenuh yang memiliki rumus kimia C_nH_{2n-6} . senyawa ini mempunyai sifat kimia yang sangat reaktif yakni sangat mudah dioksidasi menjadi asam dan dapat mengalami reaksi substitusi atau adisi.

4. Senyawa hidrokarbon monoolefin

Senyawa hidrokarbon monoolefin adalah senyawa hidrokarbon tidak jenuh denga sebuah ikatan rangkap dua dan memiliki rumus kimia C_nH_{2n} . Karena adanya ikatan rangkap dua, senyawa ini lebih reaktif. Selama proses rengkahan atau pemanasan tinggi, hidrokarbon jenuh dapat teruarai dan membentuk senyawa monoolefin. Oleh sebab itu, senyawa ini lebih umum dijumpai pada produk minyak yang telah diolah atau dimurnikan.

5. Senyawa hidrokarbon diolefin

Senyawa hidrokarbon diolefin adalah senyawa tidak jenuh dengan dua buah ikatan rangkap dua dan memiliki rumus kimia C_2H_{2n-2} . Senyawa hidrokarbon diolefin tidak terdapat dalam minyak mentah tetapi terbentuk

setelah adanya proses rengkahan. Senyawa ini bersifat tidak stabil, sangat reaktif dan cenderung mengalami polimerasi.

2.3 Bioremediasi

Istilah bioremediasi berasal dari gabungan dua kata yakni bio yang berarti hidup dan remediasi yang artinya suatu proses penyelesaian atau pemulihan masalah. Bioremediasi adalah suatu bidang bioteknologi lingkungan yang dikembangkan dengan menggunakan pemanfaatan proses biologi untuk mengendalikan pencemaran. Bioremediasi memiliki potensi yang sangat baik dalam mengatasi pencemaran lingkungan, karena menggunakan teknologi lingkungan yang bersih, penggunaan biaya yang relatif murah dan alami. Bioremediasi memanfaatkan bantuan mikroorganisme untuk mengatasi masalah-masalah lingkungan. Mikroorganisme tersebut dapat berupa jamur, bakteri, alga, dan khamir yang berperan sebagai agen bioremediasi (Dewi, 2020).

Bioremediasi adalah teknik remediasi yang memiliki tujuan untuk mendegradasi pencemaran organik ataupun anorganik. Bioremediasi juga dikenal sebagai proses yang memanfaatkan agen biologi guna mengurangi konsentrasi suatu zat pencemar ke tingkat yang lebih rendah atau tidak lagi berbahaya baik melalui. Secara umum, teknik bioremediasi terbagi menjadi dua yaitu in situ dan ex situ. Teknik bioremediasi in situ adalah teknik bioremediasi yang dilakukan langsung di lokasi yang terjadi pencemaran tanpa memindahkan material yang terkontaminasi. Teknik bioremediasi in situ dianggap lebih hemat biaya karena dilakukan langsung di lokasi sehingga tidak memerlukan biaya tambahan untuk pengangkutan material yang terkontaminasi zat pencemar. Sebaliknya, teknik bioremediasi ex situ adalah teknik bioremediasi yang dilakukan dengan memindahkan material yang terkontaminasi zat tercemar ke lokasi lain untuk dibersihkan. Hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan teknik in ex situ adalah biaya pengawasan dan pemantauan, kedalaman polusi, jenis kontaminan, tingkat kontaminan dan lokasi geografis (Melati, 2020).

2.3.1 Biodegradasi

Biodegradasi dapat diartikan sebagai senyawa organik yang dipecah oleh mikroba yang membentuk biomassa dan senyawa yang lebih sederhana, kemudian menghasilkan karbondioksida dan air. Senyawa hidrokarbon yang terkandung di dalam minyak bumi akan dijadikan sumber karbon bagi mikroba, sehingga senyawa tersebut akan terdegradasi oleh mikroba dengan baik. Proses biodegradasi minyak bumi oleh mikroba dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan seperti nutrisi, suhu/temperatur, oksigen, dan pH. Hasil akhir dari degradasi minyak bumi oleh mikroba akan merubah komposisi minyak menjadi

lebih ringan, sehingga kepadatan dan kekentalan minyak akan diubah menjadi lebih kecil (Nurjanah, 2018).

Kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan senyawa hidrokarbon bergantung pada adaptasi dan fisiologis mikroorganisme tersebut dengan lingkungan yang menjadi penentu laju biodegradasi. Menurut Tangahu *et al* (2024) menyatakan bahwa faktor-faktor yang bisa mempengaruhi biodegradasi hidrokarbon yang satu dengan yang lainnya saling mempengaruhi.

1. Jumlah mikroba/ukuran inokulum

Semakin kecil ukuran inokulum maka laju degradasi akan semakin lambat karena waktu yang diperlukan mikroba untuk berkembang biak akan lebih lama. Namun, ukuran inokulum yang besar juga tidak menjadikan proses biodegradasi terjadi lebih cepat karena jika ukuran inokulum terlalu besar akan mengakibatkan kekurangan ketersediaan nutrisi dan oksigen sehingga mempengaruhi laju degradasi.

2. Laju pertumbuhan bakteri

Laju pertumbuhan bakteri adalah kaitan antara durasi waktu pertumbuhan bakteri dengan fase-fase laju pertumbuhannya. Setiap bakteri memiliki fase pertumbuhan yang sama namun setiap jenis bakteri memerlukan durasi waktu berbeda-beda yang diperlukan bakteri untuk mencapai fase lag. Menurut Rini dan Rohmah (2020) bakteri memiliki empat fase pertumbuhan. Fase pertama yakni fase lag (fase adaptasi), dimana bentuk dan pertumbuhan jumlah individu yang terjadi belum terlihat jelas. Fase kedua adalah fase logaritmik/eksponensial, pada fase ini mikroba mulai mengalami perubahan bentuk, terjadi pembelahan dan perubahan jumlah sel secara meningkat. Selanjutnya fase stasioner, pada fase ini laju pertumbuhan bakteri relative konstan karena adanya penurunan populasi sel hidup. Fase yang terakhir adalah fase kematian, pada fase ini laju kematian akan semakin meningkat karena sumber nutrisi

3. Suhu

Suhu rendah menyebabkan viskositas minyak meningkat dan senyawa menjadi toksik sehingga laju degradasi akan terhambat. Suhu optimum untuk degradasi senyawa hidrokarbon di air laut adalah 20-40°C.

4. Oksigen

Mikroorganisme pendegradasi minyak bumi umumnya bersifat aerob, sehingga adanya oksigen memiliki peran penting dalam proses degradasi. Keberadaan oksigen menjadi faktor pembatas laju biodegradasi hidrokarbon.

5. pH

Tingkat keasaman (pH) dipengaruhi oleh tingkat biodegradasi dan jenis bakteri yang digunakan untuk proses degradasi. Bakteri pendegradasi tumbuh dengan baik pada kisaran pH optimal yaitu 6-8.

6. Salinitas

Semakin tinggi salinitas air maka tekanan osmotik pada media akan semakin meningkat. Jika salinitas air terlalu tinggi maka laju pertumbuhan bakteri akan terhambat karena mikroorganisme akan kekurangan oksigen. Salinitas optimal yang dibutuhkan dalam biodegradasi senyawa hidrokarbon adalah pada kisaran 0,5%-3,5%.

7. Penambahan surfaktan

Penambahan biosurfaktan meningkatkan efisiensi degradasi minyak melalui interaksi antar sel yang ditingkatkan. Biosurfaktan ini akan berperan sebagai emulsifier untuk meningkatkan biodegradasi senyawa hidrokarbon.

8. Nutrisi

Jumlah nutrisi yang memadai akan mendukung laju pertumbuhan mikroorganisme. Laju pertumbuhan mikroorganisme yang optimal akan meningkatkan laju biodegradasi hidrokarbon.

2.3.2 Biosurfaktan

Biosurfaktan merupakan zat yang dihasilkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik untuk mendegradasi minyak. Biosurfaktan adalah surfaktan yang diproduksi mikroorganisme, terutama ketika mereka tumbuh pada substrat yang tidak larut dalam air. Sebagian besar biosurfaktan dianggap sebagai metabolit sekunder, namun beberapa diantaranya berperan dalam membantu kelangsungan hidup mikroorganisme penghasil biosurfaktan dengan memfasilitasi transportasi nutrisi (Budiharjo *et al.*, 2019).

Biosurfaktan diproduksi di permukaan sel mikroba atau dilepaskan ke lingkungan sekitar, dimana biosurfaktan bisa membantu melepaskan senyawa hidrokarbon dari senyawa organik serta meningkatkan konsentrasi hidrokarbon dalam air melalui pelarutan atau emulsifikasi. Biosurfaktan memiliki hidrofobik dan hidrofilik yang berperan dalam menurunkan tegangan permukaan molekul. Biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri sering kali berkaitan dengan kemampuan bakteri tersebut untuk menggunakan senyawa hidrokarbon sebagai substratnya. Mikroorganisme yang memproduksi biosurfaktan dalam jumlah yang besar biasanya juga memiliki kemampuan yang tinggi dalam menguraikan senyawa hidrokarbon, mikroorganisme seperti ini sangat berpotensi untuk mengatasi masalah pencemaran minyak di laut. Bakteri hidrokarbonoklastik

merupakan bakteri yang mampu memproduksi hidrokarbon dari petroleum yang dimanfaatkan sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi (Amelia dan Titah, 2021).

Biosurfaktan dapat meningkatkan kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon melalui dua acara. Pertama, biosurfaktan membantu meningkatkan ketersediaan hidrokarbon bagi mikroorganisme dengan cara emulsifikasi. Kedua, biosurfaktan memfasilitasi interaksi antara hidrokarbon dan sel bakteri dengan mengurangi sifat hidrofobik permukaan sel bakteri. Dengan demikian, biosurfaktan meningkatkan luas permukaan hidrokarbon terpapar dalam air dengan mengurangi tegangan permukaan dan antarmuka, sehingga proses degradasi dapat berlangsung dengan efektif. Hal ini akan membuat hidrokarbon lebih mudah diakses dan lebih mudah bergerak di lingkungan. Karena hidrokarbon menjadi lebih mudah dijangkau oleh mikroorganisme yang melakukan degradasi atau pembersihan polutan hidrokarbon menjadi lebih cepat dan efisien (Amelia dan Titah, 2021).

2.4 Bakteri Bioremediasi

Bakteri adalah organisme kecil yang terdiri dari satu sel tanpa membrane inti, bakteri mampu hidup di berbagai lingkungan. Untuk bakteri gram negatif suhu optimal untuk tumbuh pada suhu 30°C hingga 35°C. Bakteri umumnya dapat hidup kisaran suhu minus 5°C hingga 80°C (Nurlia dan Yunus, 2023). Setiap Bakteri mempunyai jenis yang berbeda-beda. Hal ini yang menyebabkan beberapa kelompok bakteri dikenal sebagai agen infeksi dan penyakit, sementara kelompok lain bisa memberikan manfaat di bidang pangan, kedokteran, dan industri (Rosahdi *et al.*, 2018).

Pemanfaatan bakteri sebagai agen bioremediasi pencemaran baik itu organik maupun anorganik dapat menjadi solusi yang tepat, karena dilakukan dengan cara yang ramah lingkungan dan lebih ekonomis dibandingkan dengan metode fisika dan kimia. Mikroorganisme yang tersebar luas di lingkungan memiliki kemampuan metabolisme untuk memanfaatkan polutan sebagai sumber energi, sehingga dapat digunakan dalam proses bioremediasi polutan. Berbagai jenis bakteri yang berperan sebagai agen bioremediasi memiliki mekanisme khusus untuk memecah polutan yang disesuaikan dengan proses metabolisme serta polutan yang mencemari lingkungan. Mekanisme ini memungkinkan bakteri untuk secara efektif memecah polutan sesuai karakteristiknya (Khastini *et al.*, 2022).

Pemanfaatan bakteri indigenous sebagai agen bioremediasi merupakan salah satu metode yang semakin banyak dikembangkan untuk mengatasi

berbagai polutan yang terjadi di lingkungan, terutama pencemaran air dan tanah yang disebabkan oleh senyawa berbahaya. Bakteri indigenous atau bakteri asli adalah bakteri yang secara alami dapat hidup di lingkungan tertentu yakni tempat mereka tumbuh sejak awal, seperti pada limbah atau substrat spesifik. Bakteri ini sudah beradaptasi dan mampu menguraikan senyawa organik serta polutan yang terdapat dalam limbah, asalkan kondisi lingkungan mendukung. Penggunaan bakteri indigenous dalam mengatasi pencemaran lebih menguntungkan dibandingkan bakteri komersial, karena selain harganya mahal, bakteri komersial mungkin tidak cocok dengan karakteristik limbah dan dapat bersaing dengan mikroba alami dalam limbah. Isolat yang diperoleh dari daerah yang tercemar memiliki kemampuan lebih baik dalam mendegradasi limbah (Martiningih dan Rahmi, 2019). Menurut Novianty dkk (2020) menyatakan bahwa penelitian mengenai biodegradasi hidrokarbon dengan menggunakan bakteri indigenous sudah banyak dilakukan, contohnya menggunakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteri indigenous mempunyai kemampuan untuk menguraikan senyawa hidrokarbon sebagai bagian dari proses metabolismenya dan telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan aslinya.

2.5 Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon

Bakteri yang mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon disebut dengan bakteri hidrokarbonoklastik karena dapat mengikat, mengakumulasi, mengangkut dan mendegradasi hidrokarbon dengan cara memotong rantai hidrokarbon menjadi pendek. Bakteri yang mampu memecah hidrokarbon biasanya hidup pada bahan yang banyak mengandung hidrokarbon karena bakteri tersebut membutuhkannya sebagai makanan. Bakteri hidrokarbonoklastik ini mempunyai enzim oksigenase yang melekat pada membrannya dan membran tersebut mengandung mekanisme untuk memecah hidrokarbon yang tidak larut di air. Beberapa bakteri memiliki kemampuan menghasilkan biosurfaktan yaitu suatu zat yang dapat meningkatkan kelarutan hidrokarbon yang berguna untuk bioremediasi (Khastini *et al.*, 2022).

Hidrokarbon minyak bumi umumnya yang ditemukan di lingkungan akan terdegradasi atau dimetabolisme oleh bakteri asli karena kebutuhannya akan energi dan karbon untuk proses pertumbuhan dan reproduksi, serta digunakan sebagai kebutuhan untuk menghilangkan stres fisiologis yang disebabkan oleh adanya hidrokarbon minyak di sekitar lingkungan hidup mikroorganisme. Banyak penelitian menyatakan bahwa terdapat sejumlah besar bakteri pendegradasi hidrokarbon di sekitar lingkungan yang kaya akan minyak, contohnya area tumpahan minyak. Banyak spesies bakteri normal dan ekstrim

telah diisolasi dan digunakan sebagai biodegrader untuk mengolah hidrokarbon minyak bumi. Beberapa bakteri seperti *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alkanindiges*, *Alteromonas*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Dietzia*, *Enterobacter*, *Kocuria*, *Marinobacter*, *Mycobacterium*, *Pandoraea*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptobacillus*, *Streptococcus*, dan *Rhodococcus* telah ditemukan memainkan peran penting dalam degradasi hidrokarbon minyak bumi (Xu *et al.*, 2018).

Bakteri indigen seperti *Bacillus maegaterium*, *Pseudomonas pseudomallei* dan *Micrococcus luteus* juga digunakan sebagai agen bioremediasi karena memiliki potensi dalam mengolah senyawa hidrokarbon sebagai sumber energinya. Bakteri tersebut memiliki potensi yang baik untuk beradaptasi dengan lingkungan yang ekstrem, dan memiliki kemampuan metabolisme untuk memecah senyawa hidrokarbon yang efektif pada pH dengan kisaran 6,5 - 7,5 (Xu *et al.*, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Nurjanah (2018) diperoleh 7 isolat bakteri yang dapat mendegradasi minyak dengan baik. Dari hasil identifikasi menunjukkan hasil bahwa konsorsium bakteri yang terdiri dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella*, *Enterobacter* dan *Citrobacter* mampu mendegradasi minyak solar dengan efisiensi 94,57%. Di stasiun 1, genus *Pseudomonas* dan *Bacillus* menunjukkan presentase degradasi tertinggi, masing-masing 91,4% dan 89,99%, sedangkan di stasiun 2, genus *Bacillus* mempunyai presentase paling tinggi dengan 88,61%.

Salah satu yang dihasilkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik adalah biosurfaktan. Biosurfaktan menjadi sumber energi bagi bakteri pendegradasi hidrokarbon dengan menurunkan tegangan permukaan dan menstabilkan emulsi sehingga molekul yang terdapat dalam hidrokarbon tersebut dapat larut dalam air. Biosurfaktan yang diproduksi oleh mikroorganisme memiliki sifat yang lebih stabil secara fisika dan kimia, tidak bersifat toksik dan lebih mudah terurai. Bakteri genus *Bacillus* sp. diketahui mampu menghasilkan biosurfaktan yang dapat dikembangkan untuk mengatasi pencemaran senyawa hidrokarbon di lingkungan (Zia dan Linda, 2023). Menurut Amraini *et al* (2021) mengatakan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* juga dapat menguraikan berbagai jenis senyawa hidrokarbon dan menghasilkan biosurfaktan.

Pada penelitian yang dilakukan Utamy *et al* (2021) setelah dilakukan uji emulsifikasi didapatkan dua spesies bakteri yang menghasilkan biosurfaktan yaitu *Enterobacter aerogenes* dan *Proteus mirabilis* dengan indeks emulsifikasi 30% dan 36,7%. Emulsifikasi tertinggi akan menghasilkan sifat surfaktan yang paling baik. Apabila indeks emulsifikasi yang dihasilkan semakin tinggi, maka kemampuan bakteri dalam mendegradasi limbah minyak pun akan semakin besar. Perbedaan nilai indeks yang dihasilkan oleh kedua isolat bakteri tersebut

disebabkan oleh adanya perbedaan kemampuan dari masing-masing bakteri dalam mendegradasi minyak. Oleh sebab itu, biosurfaktan yang diproduksi memungkinkan memiliki kualitas dan kuantitas yang berbeda.

Jumlah dan jenis biosurfaktan yang dihasilkan bergantung pada jenis bakteri untuk menghasilkan biosurfaktan tertentu. Beberapa jenis bakteri lain yang dapat menghasilkan biosurfaktan yaitu *Serratia marcescens*, *Rhodococcus erythropolis*, *Mycobacterium sp*, *Arthrobacter sp*, *Corynebacterium sp*, *Pseudomonas fluorescens*, *Agrobacterium sp*, *Lactobacillus fermentum*, *Cyanobacteria* (Hidayat *et al.*, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan sampel penelitian di Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat. Penelitian dilakukan di Laboratorium Agroindustri Tanaman Obat dan Bioteknologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi serta UPT Laboratorium Dasar dan Terpadu Universitas Jambi dari bulan Oktober 2024 hingga Februari 2025.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS, termometer, pH meter, *salinity hydrometer*, kamera *handphone* Oppo A96, botol sampel ukuran 250 ml, timbangan analitik, batang pengaduk, gelas ukur, gelas beaker, labu erlenmeyer, *hot plate*, *stirrer*, autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, inkubator, *shaker incubator*, cawan petri, tabung reaksi, rak tabung, jarum ose, kaca preparat, mikroskop, kulkas, plastik wrap, *aluminium foil*, kertas saring, mikropipet dan pipet ukur.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air laut steril, akuades, air yang tercemar minyak, solar, bacto agar, alkohol 70%, KOH (Kalium Hidroksida) 3 %, *MacConkey Agar*, *Nutrient Agar* (NA), *SuLfid Indol Motility* (SIM), *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), *Methylred* (MR), larutan H_2O_2 dan media *Stone Mineral Salt Solution* (SMSS) yang terdiri dari *yeast extract*, $CaCO_3$ (kalsium karbonat), NH_4NO_3 (amonium nitrat), $Na_2HPO_4 \cdot 7H_2O$ (*di-sodium hydrogen phosphate heptahydrate*), KH_2PO_4 (monopotassium fosfat), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (magnesium sulfat heptahidrat) dan $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (*manganese (II) chloride tetrahydrate*).

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Sterilisasi

Sebelum alat-alat digunakan, dilakukan proses sterilisasi terlebih dahulu untuk mencegah kontaminasi dengan cara dicuci dan dikeringkan, lalu dibungkus dengan kertas pembungkus dan masukkan kedalam plastik. Bahan seperti media yang digunakan dalam penelitian ini juga disterilkan bersamaan dengan alat. Sterilisasi alat dan bahan tersebut menggunakan autoklaf bertekanan 1 atm 121 °C, selama 15 menit. Sterilisasi dengan pemijaran digunakan untuk sterilisasi ose.

3.3.2 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

1. Pembuatan media SMSS cair

Dilarutkan semua bahan yang terdiri dari 5 gram CaCO_3 ; 2,5 gram NH_4NO_3 ; 1 gram $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5 gram KH_2PO_4 ; 0,5 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,2 gram $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dan *yeast extract* 0,1 gram kedalam 1 liter air laut steril. Media tersebut juga ditambahkan solar sebanyak 20 ml yang berfungsi sebagai sumber karbon, kemudian media disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

2. Pembuatan media SMSS padat

Komposisi dan Langkah-langkah untuk membuat media SMSS padat sama dengan komposisi pembuatan media SMSS cair, namun untuk membuat media SMSS padat ditambahkan 20 gram bacto agar sebagai bahan pematat pada media.

3.3.3 Pengambilan Sampel Air yang terkontaminasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini diambil secara *purposive sampling* dan berasal dari Pelabuhan Roro Kuala Tungkal, yaitu pada titik yang paling terkontaminasi minyak yang sebelumnya sudah diamati selama 6 jam. Sampel air diambil di permukaan laut dengan kedalaman 0-15 cm. Pengambilan sampel dilakukan di daerah sekitar pengisian BBM kapal. Menurut puspitasari et al., (2020) pada kedalaman 0-15 cm populasi bakteri sangat padat karena ketersediaan nutrisi dan oksigen yang melimpah. Minyak solar sering digunakan sebagai sumber karbon untuk mendukung pertumbuhan bakteri pendegradasi hidrokarbon.

Dalam melakukan pengambilan sampel air tersebut dilakukan pengukuran kualitas air. Adapun parameter yang dilakukan yaitu salinitas, kekeruhan, suhu dan pH. Sampel air tersebut diambil menggunakan botol sampel steril berukuran 250 ml dengan memegang bagian bawah botol sampel mencelupkannya ke dalam air hingga botol terisi air sebanyak kurang lebih 200 ml. Pengambilan sampel air yang terkontaminasi minyak dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Setelah sampel air diambil, botol tersebut ditutup lalu di angkat ke atas permukaan air. Botol diberi label dan disimpan dalam kondisi dingin di dalam *cool box* untuk mencegah terjadinya degradasi jumlah bakteri dan kematian bakteri pada sampel air tersebut.

3.3.4 Isolasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Isolasi bakteri dilakukan dengan diambil sebanyak 1 ml air yang terkontaminasi minyak dan dimasukkan kedalam 200 ml media SMSS cair yang telah dibuat sebelumnya. Sampel tersebut diinkubasi dengan shaker inkubator dengan kecepatan 120 rpm selama 3 hari. Setelah diinkubasi selama 3 hari, sebanyak 1 ml sampel diencerkan menggunakan akuades steril sebanyak 9 ml sampai pengenceran 10^{-5} . Hasil pengenceran yang diperoleh 10^{-1} - 10^{-5} dibiakkan dalam media SMSS padat dengan menggunakan metode *pour plate*, kemudian diinkubasi selama 2 hari pada suhu 37°C . Koloni bakteri yang tumbuh dipisahkan ke media SMSS padat untuk memperoleh kultur murni.

3.3.5 Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro kuala Tungkal

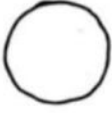
Hasil isolat bakteri yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan pengkarakterisasian yang meliputi pengamatan makroskopis, pengamatan mikroskopis dan uji biokimia.

1. Pengamatan makroskopis

Pikoli *et al* (2020) dalam bukunya menyatakan bahwa karakteristik morfologi setiap koloni bakteri yang diamati berupa karakter: bentuk, ukuran, margin, elevasi dan tekstur permukaan. Deskripsi istilah karakter morfologi bakteri dapat dilihat pada tabel berikut:

a. Bentuk koloni bakteri

Tabel 1. Bentuk-bentuk koloni bakteri

Gambar	Keterangan
	<i>Punctiform</i> : Bentuk melingkar dan ukuran kecil
	<i>Circular</i> : Bentuk koloni melingkar
	<i>Rhizoid</i> : Bentuk koloni berakar
	<i>Filamentous</i> : Bentuk berbenang-benang

	<i>Irregular</i> : Bentuk koloni tidak berpola
	<i>Spindle</i> : Bentuk seperti lensa

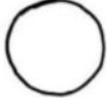
b. Ukuran koloni bakteri

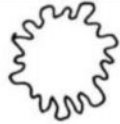
Tabel 2. Ukuran koloni bakteri

Gambar	Keterangan
	<i>Pin point</i> : bentuk titik, <1mm
	<i>Small</i> : kecil, 1-2 mm
	<i>Moderate</i> : sedang, 3-4mm
	<i>Large</i> : besar, >5 mm

c. Margin: pinggiran atau tepian koloni

Tabel 3. Margin koloni bakteri

Gambar	Keterangan
	<i>Entire</i> : tepi koloni tegas dan rata
	<i>Undulate</i> : tepi koloni bergelombang
	<i>Serrate</i> : tepi koloni bergerigi

	<i>Lobate</i> : tepi koloni berlekuk
	<i>Filamentous</i> : tepi koloni seperti benang
	<i>Curled</i> : tepi koloni keriting atau berkerut

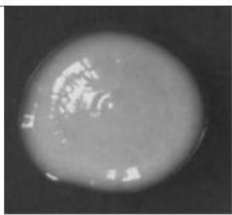
d. Elevasi

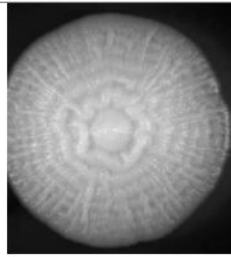
Tabel 4. Elevasi koloni bakteri

Gambar	Keterangan
	<i>Flat</i> : rata, hampir setinggi permukaan agar
	<i>Raised</i> : agak tinggi dari permukaan agar
	<i>Convex</i> : cembung, mendekati setengah lingkaran
	<i>Umbonate</i> : koloni agak tinggi dengan puncak cembung
	<i>Crateriform</i> : ada cekungan kecil di tengah
	<i>Pulvinate</i> : seperti bantal, permukaan cembung

e. Permukaan : tekstur permukaan koloni

Tabel 5. Permukaan koloni bakteri

Gambar	Keterangan
	Mengkilap: permukaan memantulkan cahaya



Wrinkle: permukaan berkerut-kerut



Powdery: permukaan kering, seperti ada bubuk



Mucoid: koloni basah dan lengket (berlendir)

e. Warna koloni (pigmentasi)

- Putih
- Kuning
- Merah
- Ungu
- Hijau, dan lain-lain

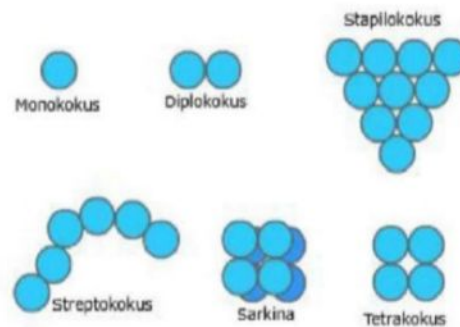
f. Karakteristik optik : diamati berdasarkan cahaya yang melewati koloni

- *Opaque* (tidak dapat ditembus cahaya)
- *Translucent* (dapat ditembus cahaya Sebagian)
- *Transparant* (bening)

2. Pengamatan Mikroskopis

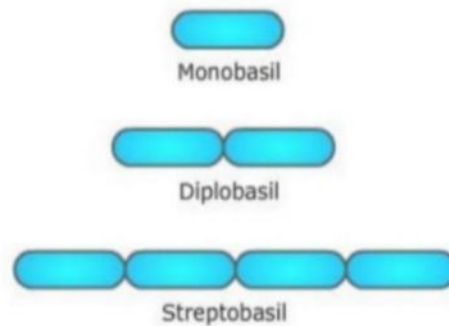
Karakterisasi bakteri secara mikroskopis dilakukan dengan melakukan pengamatan bentuk sel bakteri. Sel bakteri berbentuk bulat disebut *coccus*, dan bakteri berbentuk batang disebut *bacill*. Beberapa bakteri juga memiliki sel berbentuk batang pendek antara *coccus* dan *bacillus*, atau biasa disebut *coccobacill/coccobacillus*.

- Bakteri berbentuk bulat



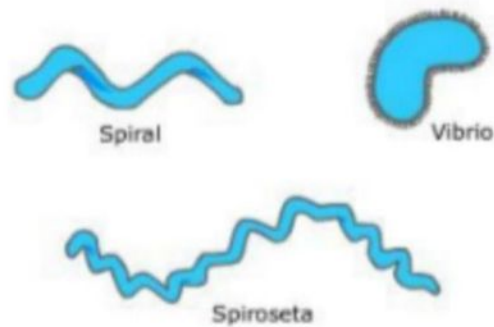
Gambar 1. Bentuk-bentuk bakteri coccus (Rini dan Rohmah, 2020)

- Bakteri berbentuk batang



Gambar 2. Bentuk-bentuk bakteri bacill (Rini dan Rohmah, 2020)

- Bakteri berbentuk spiral



Gambar 3. Bentuk-bentuk bakteri spiral (Rini dan Rohmah, 2020)

- Bakteri berbentuk batang pendek (*coccobacilli*)



Gambar 4. Bentuk bakteri *coccobacilli* (Astuti dkk., 2022)

3. Uji biokimia

Pada penelitian ini uji biokimia yang akan dilakukan yaitu katalase, uji motilitas, uji methyl red, uji indol, uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), uji gram dan uji MacConkey.

a. Uji Katalase

Prosedur pengujian ini dilakukan dengan diambil sebanyak satu ose biakan murni dan diinokulasikan ke dalam setiap tabung reaksi yang berisi media NA miring. Tabung-tabung tersebut kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah masa inkubasi, masing-masing tabung diberi 2-3 tetes larutan H_2O_2 pada permukaan media. Jika terjadi reduksi H_2O_2 , akan terlihat gelembung O_2 disekitar petumbuhan bakteri. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah bakteri dapat memproduksi enzim katalase atau tidak.

b. Uji Motilitas

Pengujian ini dilakukan dengan menginokulasi masing-masing kultur bakteri dengan jarum ose ke dalam media SIM (*Sulphide Indole Motility*) pada tabung reaksi aseptik kemudian ditusukkan pada agar dengan posisi tegak. Selanjutnya, diinkubasi selama 48 jam pada suhu $37^\circ C$, jika bekas tusukkan pada media tersebut menyebar berarti menandakan bahwa bakteri tersebut bersifat motil.

c. Uji *Methyl Red* (MR)

Langkah awal uji ini dilakukan dengan diambil sebanyak diambil 1 ose dari setiap isolat bakteri lalu diinokulasi ke dalam media MR. Kemudian media tersebut diinkubasi 24 jam pada suhu $29^\circ C$, setelah itu indikator methyl red ditambahkan sebanyak 3-4 tetes. Jika terjadi perubahan warna media menjadi merah maka uji dinyatakan positif yang menandakan adanya pembentukan asam.

d. Uji indol

Uji ini dilakukan dengan cara diambil sebanyak satu ose dari masing-masing isolat bakteri lalu diinokulasi ke dalam media SIM (*Sulphide Indole Motility*) dan diinkubasi pada suhu $37^\circ C$ selama 24 jam. Pada pengamatan uji indol dilakukan dengan ditamhkannya reagen *Kovac's* sebanyak 10-12 tetes, dan dinyatakan positif apabila terbentuk lapisan berwarna merah dibagian atas biakan.

e. Uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*)

Prosedur pelaksanaan uji TSIA dilakukan dengan diambil 1 ose dari setiap isolat bakteri lalu diinokulasi ke dalam media TSIA dengan menusukkan ose hingga menyentuh dasar media. Diambil lagi sebanyak

1 ose dari setiap bakteri untuk digoreskan ke permukaan media (bagian miring). Dilakukan inkubasi selama 24 jam pada suhu 25-37°C. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat jika bakteri mampu memfermentasi glukosa, maka pada bagian dasar media akan berwarna kuning yang menunjukkan sifat asam, sementara bagian miring berwarna merah menandakan sifat basa.

f. Uji Gram ryu

Langkah awal uji gram ryu dilakukan dengan meneteskan KOH 3% di atas kaca preparat dan ditambahkan isolat bakteri. Isolat bakteri tersebut diambil dengan menggunakan jarum ose steril, lalu dicampurkan ke dalam KOH 3% selama kurang leboh 60 detik. Bakteri gram negatif akan menghasilkan suspensi yang kental seperti lender saat jarum ose diangkat, sedangkan bakteri gram positif akan menghasilkan suspensi yang encer (tidak berlendir).

f. Uji MacConkey

Prosedur kerja dari uji MacConkey Agar (MCA) dilakukan dengan cara di ambil sampel bakteri yang akan ditumbuhkan dan diinokulasi ke dalam media MacConkey Agar menggunakan jarum ose steril. Inokulasi dilakukan dengan menggoreskan sampel bakteri yang telah di ambil ke permukaan media. Setelah diinokulasi kemudian diinkubasi pada suhu 30-35°C selama 24 jam. Bakteri yang mampu tumbuh pada media MacConkey Agar adalah bakteri gram negative, bakteri gram positif tidak dapat tumbuh karena media MacConkey Agar mengandung krostal violet yang mampu menghambat perumbuhan bakteri ram positif.

3.3.6 Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Identifikasi dilakukan dengan mencocokkan hasil dari pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia dengan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* serta jurnal-jurnal yang mendukung proses identifikasi.

3.4 Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan karakteristik yang telah diperoleh dari bakteri indigenous pendegradasi minyak di Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat.

VI. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Lingkungan Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Isolasi bakteri hidrokarbonoklastik dilakukan di perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal yang berada pada titik koordinat Lat -0.805928° Long 103.480932° . Salinitas air pada lokasi tersebut yakni 19,50 ppt, suhu 30°C dan tingkat keasaman (pH) air adalah 6,04 (dapat dilihat pada Lampiran 3). Tangahu *et al* (2024) menyatakan bahwa salinitas optimum untuk degradasi senyawa hidrokarbon di air adalah 0,5%-3,5% atau setara dengan 5-35 ppt, suhu optimum untuk degradasi senyawa hidrokarbon di air laut yaitu $20-40^{\circ}\text{C}$ dan pH optimum untuk proses biodegradasi hidrokarbon antara 6,0-8,0. Salinitas air, suhu dan pH sangat memengaruhi kemampuan bakteri dalam proses biodegradasi. Suhu yang optimum membantu enzim bakteri bekerja dengan baik untuk memecah hidrokarbon, sedangkan suhu yang terlalu dingin atau panas bisa memperlambat atau merusak proses ini. pH yang terlalu asam atau basa juga bisa mengganggu pertumbuhan bakteri. Begitu juga dengan salinitas, jika kadar garam di air terlalu tinggi atau rendah, bakteri bisa kesulitan bertahan hidup.

Sampel air diambil di perairan sekitar tempat pengisian BBM kapal di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal. Lokasi ini berdekatan dengan pelabuhan Roro Kuala Tungkal yang merupakan pusat transportasi laut yang sibuk dan banyak kapal-kapal yang bersandar. Pada sekitar area pengisian BBM kapal, terdapat juga fasilitas pengisian BBM untuk kendaraan bermotor dan mobil. Selain itu, area ini juga menjadi pusat aktivitas manusia, seperti perdagangan sembako dan lainnya (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4). Berdasarkan hal tersebut, lokasi pengambilan sampel air ini memiliki potensi terpapar berbagai sumber polusi, baik dari aktivitas pelabuhan maupun kegiatan manusia lainnya di sekitarnya.



a



b



c



d

Gambar 5. Karakteristik perairan di Pelabuhan Roro Kuala Tungkal, a: SPBU mobil dan motor; b: tempat pengisian BBM kapal; c: pelabuhan Roro Kuala Tungkal; d: kapal yang bersandar disekitar lokasi sampel

Pengamatan yang dilakukan pada perairan terlihat bahwa perairan tersebut terpapar oleh minyak akibat dari ceceran minyak pada saat pengisian BBM pada kapal-kapal. Terlihat lapisan minyak yang mengambang di permukaan air, dan air menjadi lebih keruh (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 6). Menurut Ibrahim dkk (2023) massa jenis minyak lebih rendah daripada air, sehingga minyak yang ada di air akan berada di lapisan permukaan. Air yang tercemar minyak akan terlihat jelas pada lingkungan perairan seperti air menjadi kotor dan terlihat lebih keruh akibat permukaan air laut tertutup oleh lapisan minyak. Selain itu air yang terkontaminasi minyak akan terlihat mengkilap ketika terpapar sinar matahari.



Cemaran minyak

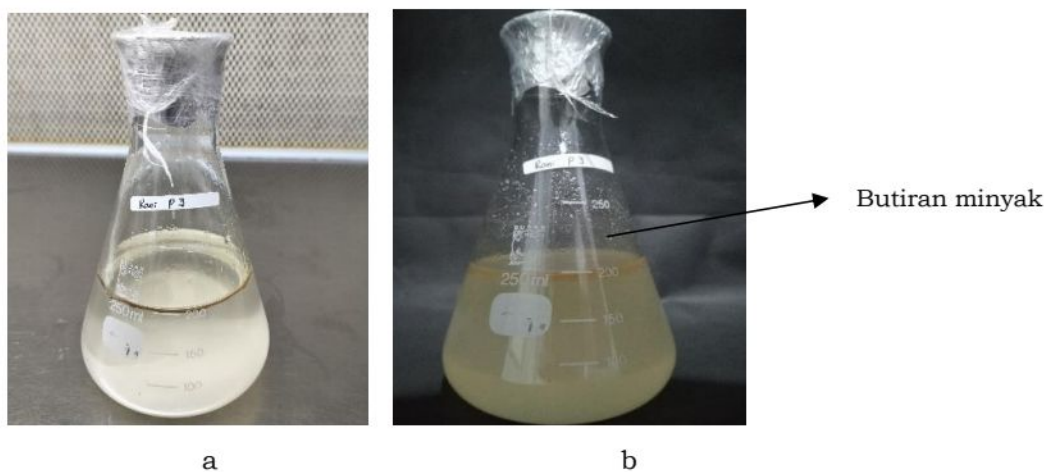
Gambar 6. Pencemaran air oleh minyak (Dokumentasi pribadi, 2025)

4.2 Isolasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Isolasi bakteri dari perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal menghasilkan total sebanyak 11 isolat bakteri yang menunjukkan kemampuan tumbuh dalam media selektif SMSS (*Stone Mineral Salt Solution*) yang diberi minyak solar. Penelitian yang dilakukan Nurjanah (2018) menyatakan bahwa media SMSS mengandung berbagai nutrisi seperti CaCO_3 (kalsium karbonat), NH_4NO_3 (amonium nitrat), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (*di-sodium hydrogen posphate hepthaydrate*) yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan, reproduksi, dan produksi

enzim untuk mendegradasi hidrokarbon. Selain itu, media SMSS ini juga dilengkapi dengan berbagai mineral-mineral pendukung seperti KH_2PO_4 (monopotassium fosfat), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (magnesium sulfat heptahidrat) dan $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (*manganese (II) chloride tetrahydrate*). Ekstrak ragi (*yeast extract*) juga ditambahkan sebagai sumber nitrogen dan faktor pertumbuhan tambahan. Penambahan minyak solar dengan konsentrasi 2% digunakan sebagai sumber karbon bagi bakteri. Penggunaan media tersebut digunakan untuk menumbuhkan bakteri tertentu, seperti dalam hal ini bakteri hidrokarbonoklastik, dan bakteri yang bukan hidrokarbonoklastik tidak mampu tumbuh karena media tersebut mengandung solar yang menjadikan media tersebut selektif. Solar tersebut dimanfaatkan sebagai sumber karbon oleh bakteri hidrokarbonoklastik.

Pertumbuhan bakteri di dalam media SMSS merupakan indikator terjadinya proses biodegradasi. Setelah inkubasi selama 3 hari terjadi perubahan warna media SMSS cair dari bening menjadi keruh yang menandakan bahwa populasi bakteri pendegradasi minyak telah berhasil tumbuh. Menurut Syafitri dkk (2022) perubahan warna yang terjadi pada media SMSS cair dari awalnya bening menjadi keruh juga disebabkan oleh bakteri yang mulai memasuki fase eksponensial yang menandakan bahwa bakteri tersebut mulai berkembang biak sehingga jumlah sel bakteri dalam media SMSS tersebut semakin banyak. Selain itu pada bagian dinding-dinding labu erlenmeyer terdapat butiran-butiran kecil (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 4). Pembentukan butiran-butiran kecil selama inkubasi menunjukkan adanya aktivitas metabolik oleh bakteri yang memanfaatkan minyak sebagai sumber karbon. Perubahan tersebut mengindikasikan keberhasilan pertumbuhan bakteri pendegradasi minyak (Ristiati dkk., 2016).



Gambar 7. Pertumbuhan bakteri pada media SMSS cair, a : sebelum inkubasi; b : setelah inkubasi selama 72 jam (Dokumentasi pribadi, 2025)

Bakteri yang berhasil tumbuh dalam media SMSS cair dipindahkan ke dalam media SMSS padat agar dapat melihat koloni morfologi bakteri dan dilakukan permurnian bakteri dengan media NA (*Nutrient Agar*). Menurut Handayani dkk (2023) proses pemurnian bakteri dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan dan mendapatkan koloni bakteri murni. Berdasarkan hasil pemurnian diperoleh sebanyak 11 isolat bakteri, kemudian masing-masing isolat tersebut diberi kode penamaan isolat yaitu isolat 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 dan 11. Setelah itu dilakukan pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia.

4.3 Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Hasil karakterisasi bakteri indigenous pendegradasi minyak dari perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal disajikan dalam tabel (dapat dilihat pada tabel 6).

Tabel 6. Karakteristik bakteri hidrokarbonoklastik

Kode isolat	Bentuk	Ukuran	Tepi	Elevasi	Permukaan	Warna	Karakter optik	Bentuk sel	Katalase	Motilitas	Methyl red	Indol	TSIA	Gram ryu	Mac Conkey
1	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	Kuning	<i>Trans parant</i>	<i>Coccus</i>	+	-	-	+	+ / +	-	-
2	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	Mengkilap	Putih	<i>Opaque</i>	<i>Coccus</i>	+	-	-	+	+ / +	-	-
3	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>	Kering	Crem	<i>Opaque</i>	<i>Bacil</i>	+	+	-	+	+ / -	-	-
4	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	Kuning	<i>Trans parant</i>	<i>Coccus</i>	+	+	-	+	+ / +	-	-
5	<i>Irregular</i>	<i>Small</i>	<i>Undulate</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	Putih	<i>Opaque</i>	<i>Bacil</i>	+	+	-	-	+ / +	-	-
6	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	Mengkilap	Putih	<i>Opaque</i>	<i>Coccus</i>	+	-	-	-	+ / +	-	-
7	<i>Circular</i>	<i>Small</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	Mengkilap	Putih	<i>Opaque</i>	<i>Coccus</i>	+	-	-	-	+ / +	-	-
8	<i>Irregular</i>	<i>Small</i>	<i>Undulate</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	Putih	<i>Opaque</i>	<i>Cocco bacil</i>	+	+	-	-	+ / +	+	+
9	<i>Irregular</i>	<i>Large</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	<i>Powdery</i>	Putih	<i>Opaque</i>	<i>Bacil</i>	+	+	-	-	+ / +	-	-
10	<i>Irregular</i>	<i>Moderate</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	<i>Powdery</i>	Kuning	<i>Opaque</i>	<i>Bacil</i>	+	+	-	-	+ / +	-	-
11	<i>Irregular</i>	<i>Small</i>	<i>Undulate</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	Putih kekuningan	<i>Trans lucent</i>	<i>Cocco bacil</i>	+	+	-	-	+ / +	+	+

Keterangan:

- +
 -
 - TSIA + / +
 - TSIA + / -
 - Gram ryu +
 - Gram ryu -
 - MacConkey +
 - MacConkey -
- : reaksi positif
 - : reaksi negatif
 - : permukaan kuning/dasar kuning
 - : permukaan kuning/dasar merah
 - : bakteri gram negatif
 - : bakteri gram positif
 - : bakteri tumbuh (bakteri gram nrgatif)
 - : bakteri tidak tumbuh (bakteri gram positif)

4.3.1 Karakteristik Morfologi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Hasil isolasi bakteri diperoleh sebanyak 11 isolat bakteri yang mempunyai ciri morfologi yang berbeda. Pada isolat 1, koloni bakteri berbentuk *circular*, memiliki ukuran kecil (*small*), tepi koloni rata (*entire*), elevasi *raised*, permukaan koloni mengkilap, koloni berwarna kuning dan memiliki bentuk sel bakteri *coccus*. Isolat 2 memiliki bentuk *circular*, memiliki ukuran kecil (*small*), tepi koloni rata (*entire*), elevasi *convex*, permukaan koloni mengkilap, koloni berwarna putih dan memiliki bentuk sel bakteri *coccus*. Isolat 3 koloni bakteri berbentuk *circular*, memiliki ukuran kecil (*small*), tepi koloni rata (*entire*), elevasi *flat*, permukaan koloni kering, koloni berwarna *cream* dan memiliki bentuk sel bakteri *bacill*. Isolat 4 memiliki karakteristik yang sama dengan isolat 1 namun isolat 4 memiliki bentuk sel *coccus*. Isolat 5 berbentuk *irregular*, memiliki ukuran kecil (*small*), tepi koloni bergelombang (*undulate*), elevasi *raised*, permukaan koloni mengkilap, koloni berwarna putih dan memiliki bentuk sel bakteri *bacill*. Isolat 6 dan 7 memiliki karakteristik yang sama-sama berbentuk *circular*, memiliki ukuran kecil (*small*), tepi koloni rata (*entire*), elevasi *convex*, permukaan koloni mengkilap, koloni berwarna putih dan memiliki bentuk sel bakteri *coccus*. Isolat 8 memiliki karakteristik yang sama dengan isolat 5 namun isolat 8 memiliki sel yang berbentuk *cocobacill*. Isolat 9 berbentuk *irregular*, memiliki ukuran besar (*large*), tepi koloni bergelombang (*undulate*), elevasi *flat*, permukaan koloni powdery, koloni berwarna putih dan memiliki bentuk sel bakteri *bacill*. Isolat 10 koloni bakteri berbentuk *irregular*, memiliki ukuran sedang (*moderate*), tepi koloni bergelombang (*undulate*), elevasi *flat*, permukaan koloni mengkilap, koloni berwarna kuning dan memiliki bentuk sel bakteri *bacill*. Isolat 11 memiliki karakteristik yang sama dengan isolat 8.

Berdasarkan hasil karakterisasi bakteri (dapat dilihat pada tabel 6) menunjukkan bahwa mayoritas koloni bakteri hidrokarbonoklastik yang diperoleh memiliki morfologi yang hampir sama. Bentuk koloni yang diperoleh umumnya adalah *circular* dan *irregular*, koloni bakteri memiliki ukuran koloni *small* (kecil) kecuali isolat 9 memiliki ukuran *large* (besar) dan koloni 10 memiliki ukuran *moderate* (sedang). Tepi koloni *entire* (rata) dan *undulate* (bergelombang), elevasi koloni *raised*, *flat* dan *convex*, permukaan koloni umumnya mengkilap dan beberapa bakteri memiliki permukaan yang *powdery* serta koloni berwarna putih. Untuk hasil pengamatan mikroskopis yaitu bentuk sel, diperoleh bentuk sel yang beragam yaitu *coccus*, *bacill* dan *cocobacill*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nurjanah (2018) yang menyatakan bahwa isolat bakteri indigenous yang berpotensi mendegradasi minyak memiliki karakteristik

morfologi yang umum ditemui berupa, berbentuk *circular* dan *irregular*, tepi koloni *entire* dan *undulate*, berwarna putih dan putih kekuningan, serta elevasi koloni *raised* dan *convex*.

4.3.2 Uji Biokimia Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

Uji biokimia yang telah dilakukan terhadap 11 isolat bakteri didapatkan hasil yang hampir sama. Pada uji katalase, 11 isolat bakteri tersebut menunjukkan hasil positif yang menandakan bahwa bakteri tersebut bersifat aerob. Menurut Fadilah dkk (2020) hasil uji katalase bakteri yang positif menunjukkan bahwa bakteri tersebut mempunyai enzim katalase yang dapat mengurai hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air (H_2) dan oksigen (O_2). Oksigen yang dihasilkan ini kemudian menyebabkan terbentuknya gelembung-gelembung gas pada sampel bakteri yang ditetesi H_2O_2 .

Uji motilitas bakteri diperoleh hasil positif dan pada beberapa bakteri ditemukan adanya endapan berwarna hitam yang menunjukkan bahwa bakteri tersebut menghasilkan gas H_2S (hidrogen sulfida). Hasil uji motilitas positif ini menandakan bahwa bakteri tersebut mampu melakukan pergerakan, yaitu biasa bergerak adalah bakteri yang mempunyai flagel (Fatmawati, 2022). Terbentuknya gas adanya endapan berwarna hitam pada media SIM (*Sulfid Indole Motility*) menandakan bahwa bakteri menghasilkan H_2S sebagai bagian dari proses metabolisme mereka untuk memenuhi kebutuhan energi dan pertumbuhan (Hagar et al., 2022).

Uji *methyl red* semua bakteri menunjukkan hasil negatif, menurut Ataikuru et al (2020) uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bakteri mampu menghasilkan dan mempertahankan produk akhir berupa asam dari proses fermentasi glukosa. Jika hasil uji *methyl red* dikatakan positif maka akan terjadi perubahan warna media menjadi merah dan sebaliknya jika tidak terjadi perubahan warna menjadi merah pada media maka dikatakan negatif, artinya bakteri tidak dapat menghasilkan produk akhir asam.

Uji indol pada 11 isolat bakteri diperoleh hasil negatif dan beberapa isolat (1,2,3 dan 4) diperoleh hasil positif. Uji indol bakteri yang menunjukkan hasil negatif, berarti bakteri tersebut tidak dapat menghidrolisa asam amino triptofan menjadi indol dan asam piruvat sebagai sumber karbon, sedangkan hasil uji indol positif artinya bakteri mampu menghidrolisa asam amino triptofan menjadi indol dan asam piruvat sebagai sumber karbon yang ditandai dengan terbentuknya cincin merah pada bagian atas media setelah ditetaskan reagen Kovac's triptofan (Septiana dkk., 2024).

Hasil uji TSIA mayoritas bakteri menghasilkan hasil positif dengan ditandai terjadinya perubahan warna menjadi kuning pada bagian bagian miring (*slant*) dan bawah (*butt*) media, hal ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu memfermentasikan karbohidrat (glukosa, laktosa, sukrosa). Namun terdapat satu isolate bakteri (isolat 3) media pada bagian miring (*slant*) berwarna merah dan bagian bawah (*butt*) berwarna kuning, hal ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut tidak dapat memfermentasikan glukosa, laktosa dan sukrosa (Nurjanah, 2018).

Uji gram ryu dan MacConkey dilakukan untuk mengetahui apakah bakteri tersebut bersifat gram positif atau negatif. Berdasarkan kedua uji tersebut diperoleh hasil bahwa mayoritas bakteri merupakan bakteri gram positif kecuali isolate bakteri 8 dan 11. Pada uji gram ryu bakteri bersifat gram positif ditunjukkan dengan tidak terbentuknya lendir dan terputus saat ditarik setelah dicampur dengan KOH 3%. Menurut Hardiansyah dkk., (2020) menyatakan bahwa jika setelah ditambahkan KOH pada isolat bakteri, suspense yang terbentuk tetap berair serta tidak ada lendir yang terlihat saat ose digerakkan maka kultur bakteri itu adalah gram positif. Hal ini disebabkan karena bakteri dinding sel bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal, hal ini membuat dinding sel gram positif lebih stabil dan tidak mudah dirusak oleh KOH. Menurut penelitian Rinihapsari dan Julianasya (2021) reaksi KOH positif, yang ditandai dengan terbentuknya gel atau lendir yang membentuk srting saat ose diangkat, menunjukkan bahwa bakteri adalah gram negatif. Ini disebabkan oleh struktur dinding sel bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis, sehingga membuatnya rentan terhadap kerusakan oleh larutan alkali.

Apabila bakteri mampu tumbuh di media MacConkey agar berarti bakteri tersebut bersifat gram negatif sedangkan jika bakteri tidak mampu tumbuh artinya bakteri tersebut bersifat gram positif. Media MacConkey agar digunakan untuk mengidentifikasi bakteri bakteri gram negatif karena kandungan garam empedu dan kristal violetnya yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif. Oleh karena itu, media ini sangat selektif dan hanya bakteri gram negatif yang mampu tumbuh (Kambuno dan Fanggidae, 2017).

4.4 Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal

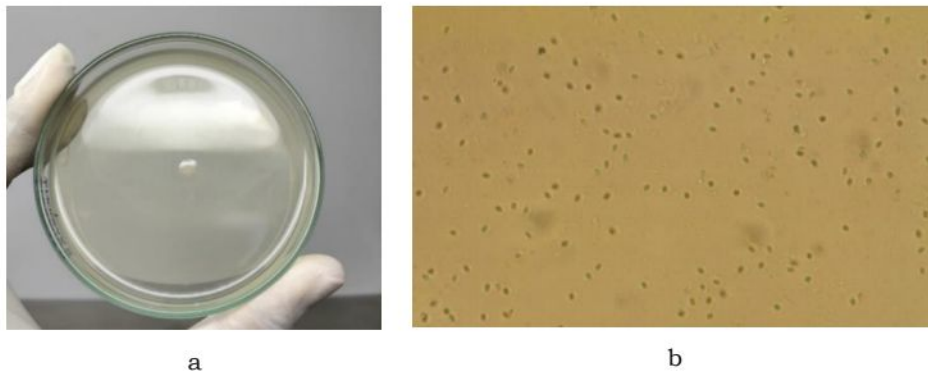
Berdasarkan tabel hasil karakteristik yang diperoleh dari pengamatan makroskopis, pengamatan mikroskopis dan uji biokimia memiliki kemiripan dengan bakteri dari beberapa genus (sebagaimana disajikan dalam Tabel 7).

Tabel 7. Identifikasi bakteri hidrokarbonoklastik

Isolat	Genus
1	<i>Micrococcus</i>
2	<i>Staphylococcus</i>
3	<i>Bacillus</i>
4	<i>Micrococcus</i>
5	<i>Bacillus</i>
6	<i>Staphylococcus</i>
7	<i>Staphylococcus</i>
8	<i>Alcaligenes</i>
9	<i>Bacillus</i>
10	<i>Bacillus</i>
11	<i>Alcaligenes</i>

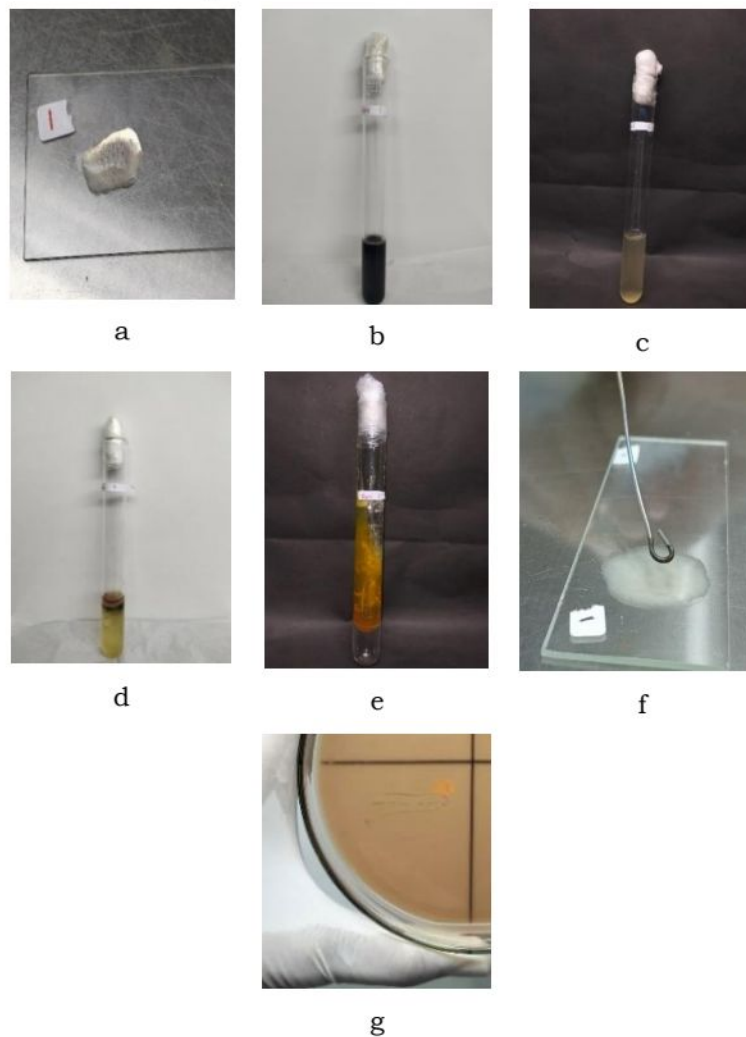
1. Genus *Micrococcus*

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan isolat 1 dan 4 secara karakteristik morfologis bakteri ini memiliki kemiripan dengan genus *Micrococcus* bakteri ini memiliki bentuk *circular*, tepian yang *undulate*, permukaan mengkilap, bentuk sel *coccus* dan bakteri gram positif (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 7). Menurut Holt *et al* (1994) *Micrococcus* memiliki karakteristik sel yang berbentuk *coccus* (bulat), berdiameter 0,5-2,0 μm , bersifat gram positif, jarang motil, tidak berspora dan bakteri *Micrococcus* bersifat aerobik. Koloni biasanya berpigmen dalam nuansa kuning-kuning atau merah. Katalase positif dan sering kali oksidase positif, meskipun lemah. Menurut Aladwan *et al.*, (2024) koloni morfologi *Micrococcus* berbentuk *circular*, tepi *undulate*, memiliki ukuran koloni *small*, elevasi *raised*, berwarna kuning dan tidak mampu tumbuh di media MacConkey agar.



Gambar 8. Karakteristik genus *Micrococcus*, a: morfologi koloni; b: bentuk sel (Dokumentasi pribadi, 2025).

Hasil uji biokimia pada genus *Micrococcus* menunjukkan beberapa karakteristik khas untuk membantu proses identifikasi (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 8). Berdasarkan penelitian yang dilaporkan oleh Ataikiru *et al* (2020) uji motilitas bakteri *Micrococcus* menunjukkan hasil motilitas positif. Uji motilitas genus *Micrococcus* pada isolat 1 tidak diketahui karena pada media SIM terbentuk endapan berwarna hitam menunjukkan bahwa bakteri *Micrococcus* menghasilkan hidrogen sulfida. Menurut Silalahi dkk., (2020) menyatakan bahwa bakteri genus *Micrococcus* dapat menghasilkan H₂S (hidrogen sulfida). Hasil penelitian pada uji indol dan *methyl red* menunjukkan hasil negatif, penelitian yang dilakukan oleh Karthika *et al.*, (2017) bahwa uji indol dan *methyl red* pada bakteri *Micrococcus* diperoleh hasil negatif. Hasil uji TSIA diperoleh hasil positif, hal ini sesuai dengan penelitian Silalahi *et al* (2020) bahwa bakteri *Micrococcus* mampu memfermentasikan glukosa, sukrosa, dan laktosa yang ditandai dengan bagian bawah dan miring media berwarna kuning.



Gambar 9. Hasil uji biokimia genus *Micrococcus*, a: uji katalase; b: uji motilitas; c: uji methyl red; d: uji indol; e: uji TSIA; f: uji gram ryu; g: MacConkey agar (Dokumentasi pribadi, 2025).

Berikut klasifikasi genus *Micrococcus* berdasarkan Bacdive (2025)

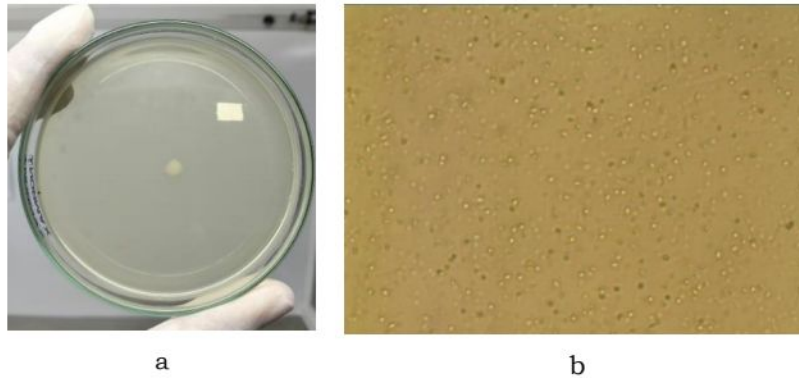
Kingdom : Bacteria
 Divisi : Actinobacteria
 Kelas : Actinomycetes
 Order : Micrococcales
 Family : Micrococcaceae
 Genus : *Micrococcus*

Micrococcus merupakan bakteri yang sering dijumpai di lingkungan tercemar minyak bumi dan bersifat petrofilik artinya mampu memanfaatkan hidrokarbon petroleum sebagai sumber karbon dan energinya (Munawar dan Elvita, 2015). Penelitian yang dilakukan oleh Alsulaiman and Ali (2021) juga menyatakan bahwa *Micrococcus* sp. adalah salah satu bakteri yang dapat digunakan dalam biodegradasi hidrokarbon. Uji biodegradasi minyak solar oleh isolate bakteri *Micrococcus* sp. yang dilakukan oleh Ibrohim (2021) diperoleh hasil bahwa bakteri *Micrococcus* sp. tersebut merupakan salah satu bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon yaitu 73,68%. Penelitian yang dilakukan oleh Titah *et al* (2018) bakteri pendegradasi solar berhasil diisolasi dari air laut dan tanah yang terkontaminasi solar. Dalam penelitian Titah *et al* (2018), tiga belas strain bakteri yang berpotensi mendegradasi solar berhasil diisolasi. Berdasarkan hasil uji skrining, strain bakteri berkode EL yaitu *Micrococcus* merupakan yang paling resisten dan menunjukkan persentase pertumbuhan tertinggi pada media yang terkontaminasi solar. Bakteri tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai bakteri pendegradasi solar dalam bioremediasi tanah atau air laut.

2. Genus *Staphylococcus*

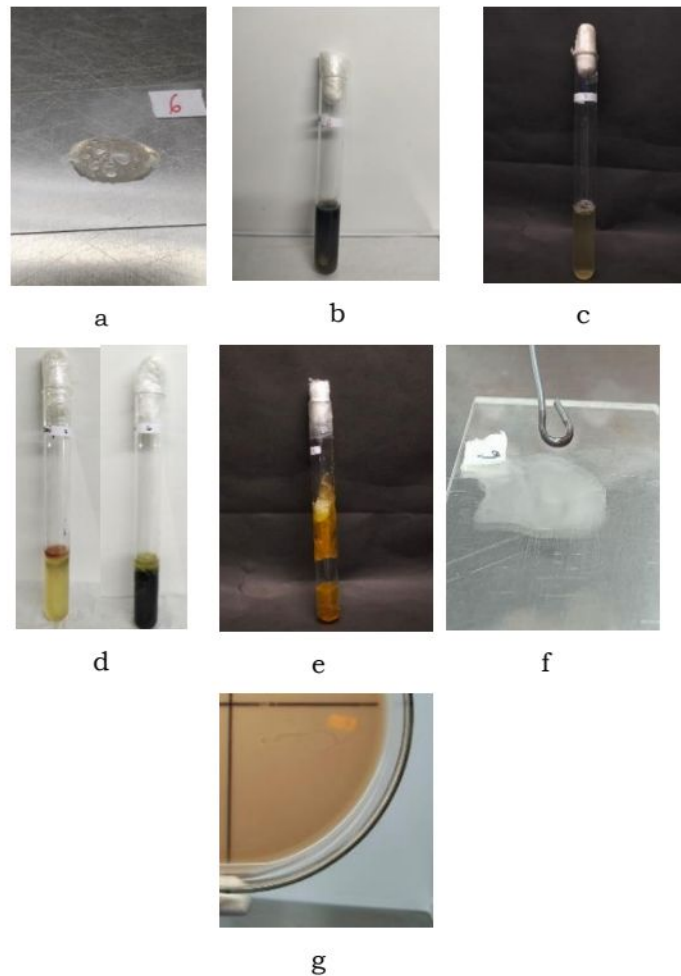
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan isolat 2,6 dan 7 secara karakteristik morfologis bakteri ini memiliki kemiripan dengan genus *Staphylococcus* bakteri ini memiliki bentuk bulat, tepian yang rata, permukaan mengkilap, bentuk sel *coccus* dan bakteri gram positif (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 9). Menurut Holt *et al* (1994) *Staphylococcus* memiliki karakteristik sel berbentuk bulat, berdiameter 0,5-1,5 μm , terdapat tunggal, berpasangan, dan dalam kelompok tidak beraturan. Gram positif, tidak bergerak atau non motil, tidak berspora dan termasuk

bakteri anaerob fakultatif. Koloni biasanya buram dan bisa berwarna putih atau krem dan terkadang kuning hingga jingga. Biasanya katalase positif dan oksidase negatif. Menurut Lasmini dkk (2022) *Staphylococcus* memiliki koloni berwarna kuning, elevasi cembung, tepi koloni rata (*entire*), bakteri gram positif dan memiliki bentuk sel *coccus*.



Gambar 10. Karakteristik genus *Staphylococcus*, a: morfologi koloni; b: bentuk sel (Dokumentasi pribadi, 2025).

Hasil uji biokimia pada genus *Micrococcus* sp. menunjukkan beberapa karakteristik khas untuk membantu proses identifikasi (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 10). Hasil uji katalase pada isolat 2,6 dan 7 ini diperoleh hasil positif. Penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim *et al.*, (2015) isolat bakteri *Staphylococcus* memiliki hasil uji katalase positif. Uji motilitas pada ketiga isolat bakteri ini tidak diketahui karena pada media SIM terbentuk endapan berwarna hitam menunjukkan bahwa bakteri *Staphylococcus* menghasilkan hidrogen sulfida (H_2S). Paramita dkk (2020) menyatakan bahwa pada media SIM dengan isolat bakteri *Staphylococcus* menunjukkan H_2S positif. Uji indol bakteri genus *Staphylococcus* pada isolat 2 menunjukkan hasil positif, sedangkan pada isolat 6 dan 7 menunjukkan hasil negatif. Penelitian yang dilakukan oleh Ibrahim *et al.*, (2015) isolat bakteri *Staphylococcus* menunjukkan hasil uji indol positif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Jesubunmi *et al.*, (2022) hasil uji indol bakteri *Staphylococcus* menunjukkan hasil negatif. Lasmini dkk., (2022) bahwa bakteri *Staphylococcus* menunjukkan hasil uji TSIA asam-asam. Cahyaningtyas *et al.*, (2024) uji MR *Staphylococcus* menunjukkan hasil negatif.



Gambar 11. Hasil uji biokimia genus *Staphylococcus*,
a: uji katalase; b: uji motilitas; c: uji methyl red; d:
uji indol; e: uji TSIA; f: uji gram ryu; g: MacConkey
agar (Dokumentasi pribadi, 2025).

Berikut klasifikasi genus *Staphylococcus* berdasarkan Bacdive (2025)

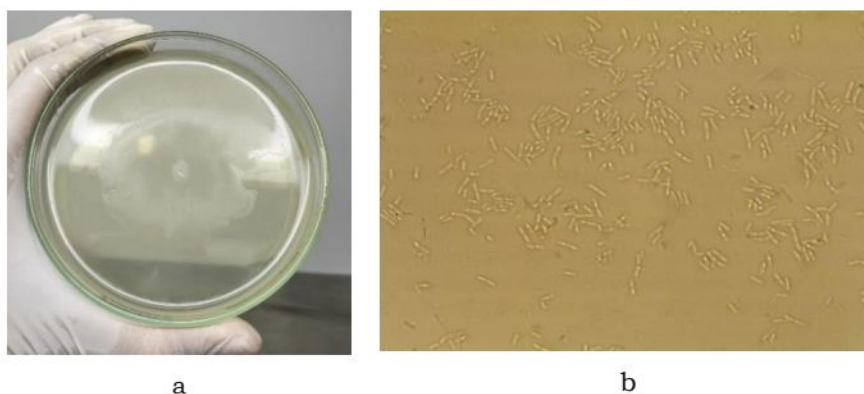
Kingdom : Bakteria
Divisi : Bacillota
Kelas : Bacilli
Ordo : Caryophanales
Famili : Staphylococcaceae
Genus : *Staphylococcus*

Penelitian yang dilakukan oleh Chakraborty *et al.*, (2022) ditemukan strain bakteri kuat memiliki aktivitas degradasi yang tinggi dalam waktu 15 hari masa inkubasi dan diisolasi dari tanah yang terkontaminasi diesel dan situs sampel limbah petrokimia. Strain diidentifikasi sebagai *Staphylococcus aureus*, strain ini mampu menurunkan hingga 82%. Dalam penelitian tersebut juga dikatakan bahwa beberapa penelitian mengenai spesies bakteri

Staphylococcus sp. yang telah ditemukan untuk menurunkan senyawa aromatic pirene dan degradasi hidrokarbon lainnya. Penelitian yang dilakukan Ibrahim *et al.*, (2015) juga dilaporkan bahwa diperoleh dua strain bakteri diisolasi dari tanah tercemar dari wilayah timur, Dammam; Arab Saudi. Salah satu Isolat diidentifikasi sebagai *S. aureus*. Dalam percobaan biodegradasi, strain bakteri yang diuji menunjukkan kemampuan degradasi yang lebih baik terhadap hidrokarbon.

3. Genus *Bacillus*

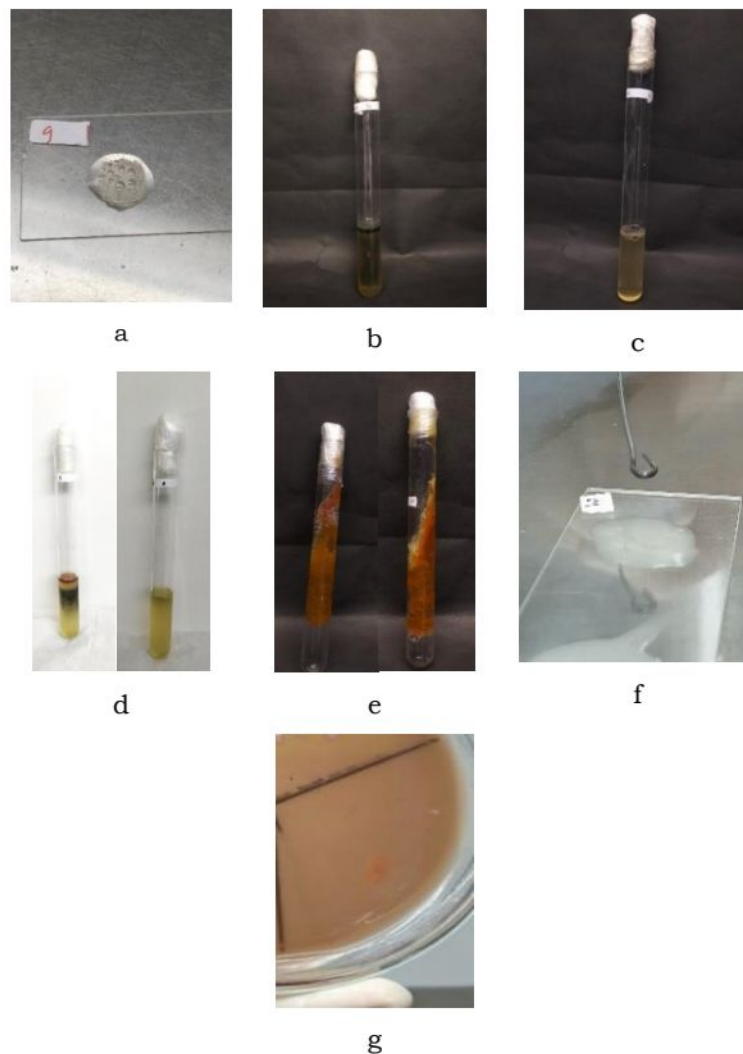
Hasil isolasi bakteri dari isolat 3, 5, 9 dan 10 memiliki persamaan karakter dengan genus *Bacillus* yaitu sel yang berbentuk batang dan bersifat gram positif. Morfologi koloni dan bentuk sel genus *Bacillus* dapat dilihat pada gambar 11. Menurut Vos *et al.*, (2009) bahwa ciri makroskopis bakteri genus *Bacillus* yaitu berukuran kecil hingga besar, berbentuk melingkar hingga tidak beraturan (*circular* dan *irregular*), berwarna putih, krem dan kuning, memiliki tepian rata (*entire*) dan ada pula yang bergelombang (*undulate*), dan permukaan koloni mengkilap, kering hingga *powdery*. Menurut Holt *et al* (1994) genus *Bacillus* memiliki ciri mikroskopis berupa sel berbentuk batang dan lurus, bersifat gram positif, menunjukkan hasil uji katalase positif dan uji motilitas positif. Selain itu, *Bacillus* dapat hidup dalam kondisi aerob maupun anaerob fakultatif, artinya dapat menggunakan oksigen atau tidak menggunakan oksigen dalam proses respirasinya. Menurut Ibrohim (2021) karakteristik morfologi koloni genus *Bacillus* berbentuk *irregular*, memiliki ukuran kecil (*small*) tepian *undulate*, berwarna krem dan elevasi koloni *raised*.



Gambar 12. Karakteristik genus *Bacillus*, a: morfologi koloni; b: bentuk sel (Dokumentasi pribadi, 2025).

Hasil uji biokimia pada genus *Bacillus* menunjukkan beberapa karakteristik khas untuk membantu proses identifikasi (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 12). Pada uji katalase *Bacillus* memberikan reaksi positif, Maher and Hawash (2023) bakteri genus *Bacillus* diperoleh hasil positif pada uji katalase. Pada uji motilitas *Bacillus* menunjukkan reaksi yang positif,

penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati (2022) bahwa hasil uji motilitas pada genus *Bacillus* adalah positif. Menurut penelitian yang dilakukan Kambey dkk., (2016) juga diperoleh hasil bahwa bakteri genus *Bacillus* mampu menghasilkan gas H₂S. Penelitian yang dilakukan oleh Dhabaan (2019) isolat bakteri *Bacillus* menunjukkan reaksi positif untuk uji indol dan juga diperoleh reaksi negatif pada uji *methyl red*. Pada uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) genus *Bacillus*, isolat 5, 9, dan 10 bakteri tersebut mampu memfermentasikan karbohidrat (glukosa, laktosa, sukrosa). Penelitian yang dilakukan Fadilah dkk., (2022) juga menunjukkan genus *Bacillus* dapat memfermentasi karbohidrat. Pada uji TSIA isolat 3 bakteri *Bacillus* tidak mampu memfermentasikan semua karbohidrat. Menurut nurjanah (2018) genus *Bacillus* tidak dapat memfermentasikan glukosa, laktosa dan sukrosa.



Gambar 13. Hasil uji biokimia genus *Bacillus*, a: uji katalase; b: uji motilitas; c: uji methyl red; d: uji indol; e: uji TSIA; f: uji gram ryu; g: MacConkey agar (Dokumentasi pribadi, 2025).

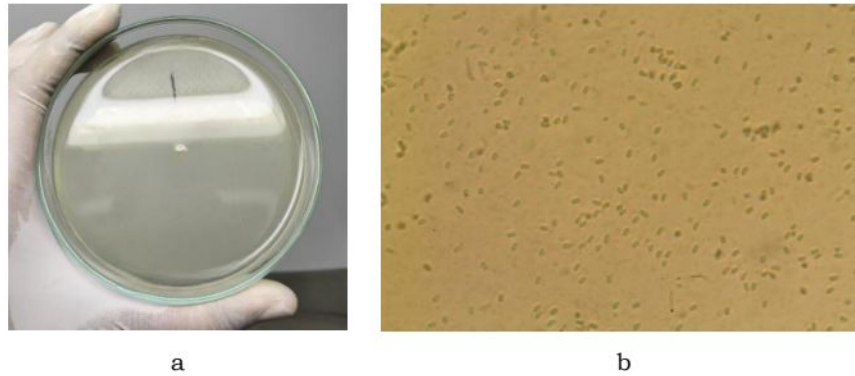
Berikut klasifikasi genus *Bacillus* berdasarkan Bacdive (2025)

Kingdom : Bakteria
 Divisi : Bacilliota
 Kelas : Bacilli
 Ordo : caryophonales
 Famili : Bacillaceae
 Genus : *Bacillus*

Penelitian yang dilakukan oleh Manalu dkk., (2016) berhasil mengisolasi bakteri indigenous yang diperoleh dari lokasi terkontaminasi minyak bumi di lokasi benakat menunjukkan kemampuannya senyawa hidrokarbon. Dalam penelitian tersebut diperoleh 4 isolat bakteri dan setelah diidentifikasi salah satu bakteri tersebut adalah *Bacillus cereus*. Bakteri *Bacillus cereus* tersebut merupakan bakteri yang berpotensi besar untuk mendegradasi berbagai komponen hidrokarbon dan dikembangkan dalam upaya bioremediasi lingkungan. Genus *Bacillus* telah terbukti efektif dalam mendegradasi minyak bumi, hal ini berdasarkan beberapa penelitian terdahulu seperti penelitian yang dilakukan oleh Nurjannah (2018) yang telah membuktikan bahwa *Bacillus* mampu mendegradasi minyak solar hingga 89,99 %. Menurut Ibrohim (2021) juga menyatakan bahwa bakteri genus *Bacillus* merupakan bakteri yang dapat mendegradasi minyak solar terbanyak, yaitu 89 % dengan jumlah minyak terdegradasi sebanyak 2,67 g.

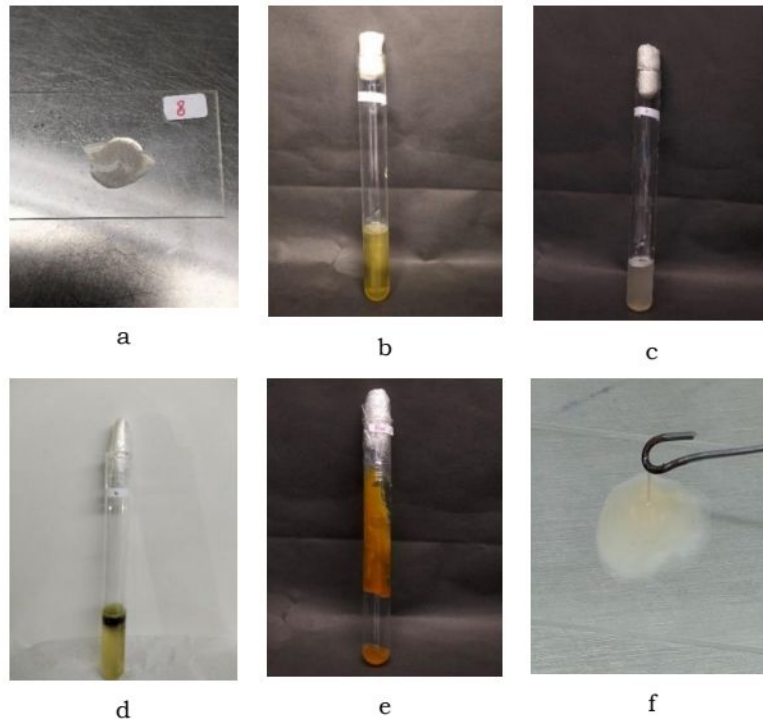
4. Genus *Alcaligenes*

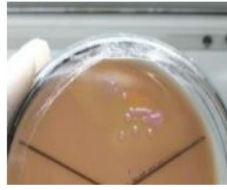
Hasil isolasi bakteri dari isolat 11 memiliki persamaan karakter dengan genus *Alcaligenes* yaitu bentuk koloni *irregular*, tepian yang *undulate*, permukaan mengkilap, sel yang berbentuk *cocobacill* dan bersifat gram positif (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 13). Menurut Holt *et al* (1994) *Alcaligenes* memiliki karakteristik sel yang berbentuk batang, batang kokus (*cocobacill*) atau *coccus*, bersifat gram negatif, motil, aerobik obligat namun beberapa spesies mampu melakukan respirasi anaerobik, katalase positif, dan indol negatif. Menurut Muzaifa *et al.*, (2023) *Alcaligenes* memiliki bentuk koloni *irregular*, berwarna *yellowish white* (putih kekuningan), margin *undulate*, dan elevasi koloninya *raised*. Selain itu bakteri *Alcaligenes* memiliki bentuk sel *cocobacill*, bersifat gram negatif dan hasil uji katalase menunjukkan reaksi positif.



Gambar 14. Karakteristik genus *Alcaligenes*, a: morfologi koloni; b: bentuk sel (Dokumentasi pribadi, 2025).

Hasil uji biokimia pada genus *Alcaligenes* menunjukkan beberapa karakteristik khas untuk membantu proses identifikasi (sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 14). Penelitian Ishaya *et al.*, (2023) bahwa uji katalase dan uji motilitas bakteri *Alcaligenes* diperoleh hasil reaksi positif. Penelitian yang dilaporkan oleh Ishaya *et al.*, (2023) juga menyatakan bahwa bakteri *Alcaligenes* menunjukkan hasil Uji indol dan *methyl red* negatif. Pada uji TSIA bakteri *Alcaligenes* diperoleh hasil positif atau asam-asam. Hal ini juga serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahayu dkk., (2018) bahwa bakteri *Alcaligenes* mampu memfermentasikan semua karbohidrat yang menghasilkan asam.





g

Gambar 15. Hasil uji biokimia genus *Alcaligenes*, a: uji katalase; b: uji motilitas; c: uji methyl red; d: uji indol; e: uji TSIA; f: uji gram ryu; g: MacConkey agar (Dokumentasi pribadi, 2025).

Berikut klasifikasi genus *Alcaligenes* berdasarkan Bacdive (2025)

Kingdom : Bakteria
 Divisi : Pseudomonadota
 Kelas : Betaproteobacteria
 Ordo : Burkholderiales
 Famili : Alcaligenaceae
 Genus : *Alcaligenes* sp.

Bakteri *Alcaligenes* dikenal memiliki kemampuan untuk menghidrolisis dan memetabolisme berbagai senyawa aromatik yang beracun, termasuk hidrokarbon dan polutan seperti minyak mesin bekas dan senyawa aromatik halogenasi (Ishaya *et al.*, 2023). Penelitian yang dilakukan oleh Ishaya *et al* (2023) menyatakan bahwa *Alcaligenes* memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mendegradasi minyak bekas, dengan tingkat degradasi mencapai 92,5%. Kemampuan ini didukung oleh kemampuan bakteri ini untuk menggunakan minyak bekas sebagai sumber karbon dan energi secara efisien, serta mampu bertahan terhadap kondisi lingkungan yang toksik. Penelitian yang dilakukan Adetitun *et al* (2020) juga menyatakan bahwa bakteri *Alcaligenes* memiliki potensi untuk mendegradasi hidrokarbon dan senyawa organik lainnya. Dalam penelitiannya disebutkan menunjukkan bahwa strain *Alcaligenes* mampu menggunakan berbagai hidrokarbon sebagai sumber karbon dan nitrogen, serta berperan dalam biodegradasi minyak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Isolasi bakteri hidrokarbonoklastik yang diperoleh dari perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal Kabupaten Tanjung Jabung Barat diperoleh sebanyak 11 isolat.
2. Isolat bakteri indigenous dari perairan Pelabuhan Roro Kuala Tungkal diperoleh 4 jenis yang berbeda, yaitu genus *Micrococcus* (isolat 1 dan 4), genus *Staphylococcus* (isolat 2, 6 dan 7), genus *Bacillus* (isolat 3, 5, 9 dan 10) dan genus *Alcaligenes* (isolat 8 dan 11).

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini perlu dilakukan identifikasi dengan menggunakan metode identifikasi molekuler, untuk memastikan klasifikasi taksonomi bakteri secara lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adetitun, D. O., Fagbemi, F.O. and Oguntoye, M.B. 2020. Hydrocarbon Degradative Potential of *Alcaligenes* sp. strain 3k Under Modified Nitrate Concentrations. *Nigerian Journal of Pure and Applied Sciences*. 33 (2): 3764-3770.
- Ainuddin dan Widyawati. 2017. Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara. *Jurnal Ecosystem*, 17(1):653-659.
- Aladwan, M.M., Dababneh, B.F., Farah, H.S and Abusalah, M.A.H. 2024. Identification of Oil Degrading Bacteria from Oil-Contaminated Soil in the Northeastern Part of Jordan. *Journal of Ecological Engineering*. 25(5): 306–320.
- Alsulaiman, A. and Ali Nizam, A. 2021. Evaluaton of the ability of *Micrococcus* sp. isolated from Barada river to biodegradation of vegetable oil wastes. *International Food Research Journal*. 25(1): 345-350
- Amelia, N dan Titah, H.S. 2021. Kajian Pengaruh Penggunaan Biosurfaktan Rhamnolipida Dan Surfaktin Pada Proses Bioremediasi Tanah Tercemar *Crude Oil*. *Jurnal Teknik ITS*. 10(2):76-81.
- Amffa, M.A.B., Arsy, M.F dan Assidiq, F.M. 2023. Analisis Dampak *Oil Spill* Pada Kehidupan Masyarakat Pesisir Karawang Dalam Perspektif Hukum Dan Lingkungan. *Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*. 6(1):86-89.
- Amraini, Z.A., Muria, S.R., Bahrudin., Irdoni, H.S., Artha, U.D dan Susanto, R. 2021. Aplikasi Biosurfaktan Dari Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* untuk Meningkatkan Produksi Minyak Bumi Dengan Memanfaatkan *Crude Palm Oil* Sebagai Sumber Karbon. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*. 326-332.
- Andhini, N., Nursyirwani dan S. Nedi. 2018. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Dari Perairan Sekitar Pelabuhan Bengkalis Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 23(1):15-20.
- Ardiatma, D dan Sasmita, Y. 2019. Optimasi Dosis Injeksi Reverse Demulsifier dalam Mengatasi Masalah Emulsi pada Pengolahan air Terproduksi PT Pertamina Hulu Mahakam. *Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*. 6(1):8-15.

- Astuti, R.T., Yufidasari, H.S., Perdana, A.W., A'yun., Putra, I.P dan Kusuma, M. 2022. *Mikrobiologi: Konsep Dasar dan Teknik Laboratorium*. Universitas Brawijaya Press (UB Press), Malang.
- Ataikiru, T. L., Okorhi-Damisa, F. B and Onyegbunwa, A. E. 2020. Hydrocarbon Biodegradation and Antibiotic Sensitivity of Microorganisms Isolated from An Oil Polluted Site in Kokori, Delta State, Nigeria. *Issues In Biological Sciences and Pharmaceutical Research*. 8(2):43-50.
- BacDive. 2025a. *The Bacterial Diversity Metadatabase: genus Micrococcus*. <https://bacdive.dsmz.de/strain/7673>. 30 Juni 2025.
- BacDive. 2025b. *The Bacterial Diversity Metadatabase: genus Staphylococcus*. <https://bacdive.dsmz.de/strain/14648>. 30 Juni 2025.
- BacDive. 2025c. *The Bacterial Diversity Metadatabase: genus Bacillus*. <https://bacdive.dsmz.de/strain/1263>. 30 Juni 2025.
- BacDive. 2025d. *The Bacterial Diversity Metadatabase: genus Alcaligenes*. <https://bacdive.dsmz.de/strain/134159>. 30 Juni 2025.
- Banjarnahor, R. C. O., Angraini, D. I., Lestari, R. D., Putri, J. N., Diyati, R., Alvi, A., dan Yusuf, A. I. (2025). Potential of Bacteria *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* as Degradation Agent Waste Used Oil. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 2068-2074.
- Budiharjo, H., Pamungkas, J., Rahayu, G dan Perwira, K.Y. 2019. Uji Laboratorium Efektivitas Biosurfaktan “U-Champ” Dalam Bioremediasi Oil Spill. *Jurnal Mineral, Energi Dan Lingkungan*. 3(2):101-106.
- Cahyaningtyas, D. E., Gaina, C. D., & Tangkonda, E. (2024). Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp. dan *Staphylococcus aureus* pada Ambing dan Susu Kambing Peternakan Etawa. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 7(1), 41-52.
- Chakraborty, R., Das, S.J., Sarkar, A and Sondhi, K. 2022. Environmental Impact Assessment of Sustainable Methyl Stearate (Biodiesel) Synthesis Employing Fly Ash Supported Tin Oxide Catalyst. *Cleaner Chemical Engineering*. 4
- Dewi, E.R.S. 2020. *Bioremediasi Mikroorganisme sebagai Fungsi Bioremediasi pada Perairan Tercemar*. Universitas PGRI Semarang Press, Semarang.
- Dhabaan, F.A.A. 2019. Morphological, Biochemical and Molecular Identification of Petroleum Hydrocarbons Biodegradation Bacteria Isolated from Oil

- Polluted Soil Indhahran, Saud Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 26: 1247-1252.
- Fadilah, W., Rasyidah dan Mayasari, U. 2022. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Heterotrofik pada Kawasan Perairan Pantai Indah Kalangan, Tapanuli Tengah. *Metamorfosa : Journal Of Biology Science*. 9(2):306-317.
- Fatmawati, R. 2022. Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri dari Tanah Bengkel dalam Degradasi Senyawa Hidrokarbon pada Limbah Oli. Skripsi.
- Handayani, N., Sabdaningsih, A., Jati, O.K dan Ayuningrumi, D. 2023. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit dari Akar *Avicennia marina* di Kawasan Mangrove Pantai Tirang, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*. 7(2):68-73.
- Hardiansyah. M.Y., Musa, Y dan Jaya, A.M. 2020. Identifikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria pada Rizosfer Bambu Duri dengan Gram KOH 3%. *Agrotechnology Research Journal*. 4(1):41-46.
- Hidayat, N., Meitiniarti, I., Setyahadi, S., Pato, U., Susanti, E., Padaga, M.C., Wardani, A.K., Purwandi, U., Srinta, I dan Ristiarini, S. 2018. *Mikrobiologi Industri Pertanian*. UB Press, Malang.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T and William, S.T. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Williams & Wilkins.
- Ibrahim, M.M., Turki, A.A., Sewedi, D.A., Arif, I.A and Gaaly, G.A.E. 2015. Molecular Application for Identification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Degrading Bacteria (PAHD) Species Isolated from Oil Polluted Soil in Dammam, Saud Arabia. *Saudi Journal of Biology Science*. 25(5):651-655.
- Ibrahim, R., Selintung, M., Zubair, A., Mangarengi, N.A.P., Abdullah, N.O dan Syarifuddin. 2023. Peningkatan Kemampuan Masyarakat dalam Mengolah Air Limbah Domestik Melalui Pelatihan Air Perangkap Lemak (*Grease Trap*) Sederhana. *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)*. 6(1):86-94.
- Ibrohim. 2021. Uji Biodegradasi Minyak Solar Oleh Isolat Bakteri Hidrokarbonoklastik Dari Pantai Sendangbiru Kabupaten Malang. *Skripsi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*.
- Ishaya, S., Usman, S., Nweke, O. D., Adams, N. H., Umar, R., Ilyasu, N. S., and Yakasai, H. M. 2023. Degradation of used engine oil by *alcaligenes* sp. strain isolated from oil contaminated site: Isolation, identification, and

- optimization of the growth parameters. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100516.
- Kambey, D., Fatmawati dan Manampiring, A.E. 2016. Isolasi Bakteri Resisten Merkuri dalam Urin Pasien dengan Tumpatan Amalgam di Puskesmas Balu Manado. *Jurnal e-Biomedik (e-Bm)*. 4(2).
- Karthika, R., Archaya, S., Nandhini, S., Gopinath, L. R. and Bhuvaneswari. R. Isolation and Identification of Effective Hydrocarbon Degrading Bacteria from Diesel Polluted Soil. *IOSR Journal of Biotechnology and Biochemistry (IOSR-JBB)*. 3 (3):60-63.
- Jesubunmi, O.C., Phil, E.K and Chigbu, C.C. 2022. Isolation and Optimization of Hydrocarbon – Degrading Bacteria. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*. 8(1): 46-54
- Kambuno, N.T and Fanggidae, D. 2017. Identifikasi Bakteri Gram Negatif Galur Extended Spectrum Beta Lactamase Pada Ruang NICU RSUD Prof. DR. W. Z. Johannes Kupang. *Jurnal Info Kesehatan*. 15(2):333-345.
- Khastini, R.O., Zahranie, L.R., Rozma, R.A dan Sauptri, Y.A. 2022. Review : Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan Melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*. 10(1):345-360.
- Lasmini, T., Hartini, H., Saphira, A., Marliana, L.D dan Margaretta, T.S. 2022. Identifikasi Bakteri *Staphylococcus aureus* pada Swab Rongga Hidung Penjamah Makanan di Jalan Durian Kota Pekanbaru. *Prosiding Asosiasi Institusi Pendidikan Tinggi Teknologi Laboratorium Medik Indonesia*. 1 : 281-292.
- Mahen, A.J dan Hawash, A.B. 2023. Biodegradation of Crude Oil and Biosurfactant Production by Crude Oil-Degrading Bacteria Strain. *European Scholar Journal (ESJ)*. 4(2):46-51.
- Manalu, R.T., Napoleon, A dan Hermawan, A. 2016. Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon Pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi. *Sainstech Farma*. 9(2):39-42.
- Martiningsih dan Rahmi, S.U. 2019. Efektifitas Bakteri Indigenous Limbah Cair Batik untuk Dekolorisasi Sisa Pencelupan Tekstil Dengan Zat Warna Remazol Blue. *Jurnal Teknologika*. 9(2).
- Melati, I. 2020. Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 272:286.

- Munawar dan Elvita. 2015. Biodiversitas bakteri indigen dan kontribusinya dalam pengelolaan lingkungan tercemar: Studi kasus beberapa wilayah di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(6): 1359-1363.
- Murwani, S. 2015. *Dasar-dasar mikrobiologi veteriner*. Universitas Brawijaya Press (UB Press), Malang.
- Muzaifa, M., Abubakar, Y., Febriani and Abubakar, A. 2023. Exploration study of indigenous civet (*Paradoxorus hermaphroditus*) bacteria: isolates characterization and molecular identification. *Agrointek: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*. 17(1): 78-85
- Nurjanah, I. 2018. Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Nurjanah, I., Mauludiyah dan Munir, M. 2020. Potensi Degradasi Minyak Solar oleh Bakteri Hidrokarbonoklastik di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak. *Journal of Marine Resources and Coastal Management*. 1(1):31-38.
- Novianty, R., Saryono., Awaluddin, A dan Pratiwi, N.W. 2020. Bakteri Indigen Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi di Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 9(1):34-40.
- Pikoli, M.R., Rahmah, F.A., Sari, A.F., Astuti, P dan Solihat, N.A. 2020. *Memancing Mikroba Dari Sampah Isolasi Mikroorganisme Pendegradasi Mikroplastik Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah*. CV. Kinzamedia Rizfa Aksara, Pamulang.
- Puspitasari, I., Trianto, A dan Suprijanto, J. 2020. Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Tanjung Mas, Semarang. *Journal of Marine Research*. 9(3):281-288.
- Pangindoman, M.I., Zikri, A dan Yuliati, S. 2022. Analisis Dampak Base Sediment dan Terhadap laju Korosi Internal Pipeline Api 5L Gr B. *Politeknik Negeri Sriwijaya*. 13(3):1-6.
- Qowiyah, S.N., Mahmiah dan Bintoro, R.S. 2021. Pencemaran Minyak di Perairan Utara Pulau Bawean. *Jurnal Tropimar*, 3(2):54-64.
- Rahayu, S., Rahmawati dan Kurniatuhadi, R. 2018. Deteksi Bakteri Selulolitik pada Kotoran Luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*) dari Kebun Binatang Bandung. *Jurnal Protobiont*. 7(2):19-28.

- Rini, C.S dan Rohmah, J.R. 2020. *Buku Ajar Mata Kuliah Bakteriologi Dasar*. UMSIDA Press, Sidoarjo.
- Rinihapsari, E dan Julianasya, S. 2021. Penggunaan KOH String Test Sebagai Alternatif Identifikasi Awal Bakteri Gram Negatif. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*. 1(1):100-110.
- Ristiati, N.P., Sanusi, M dan Putra, I.M.G. 2016. Uji Kemampuan Degradasi Minyak Solar oleh Konsorsium Bakteri Hasil Preservasi Dengan Kombinasi Metodeliofilisasi dan Metode Gliserol. *Prosiding Seminar MIPA*.
- Roni, K.A. 2020. *Teknologi Minyak Bumi*. Rafah Press UIN Raden Fatah Palembang, Palembang.
- Rosahdi, T.D., Tafiani, N dan Hafsari, A.R. 2018. Identifikasi Spesies Isolat Bakteri K2Brs5 Dari Tanah Karst Dengan Sistem Kekerabatan Melalui Analisis Urutan Nukleotida Gen 16S rRNA. *Al Kimia : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 5(2):84-88.
- Sajib, I and Rahman, T. 2017. Assessment of Hydrocarbon Degradability of The Bacteria Species Isolated from Different Oil Contaminated Sites of Bangladesh. *Environmental Science: An Indian Journal*. 13(4):141.
- Satria, J.E dan Hermanto, A.W. 2019. Optimalisasai pengawasan Bahan Bakar Kapal *TNI-AL* untuk Mengurangi Terjadinya *Oil Spill* di Dermaga Koarmada oleh PT Pertamina Trans Kontinental Cabang Surabaya. *Jurnal Dinamika Bahari*. 10(1):2377-2384.
- Silalahi, L.F.B., Mukarlina dan Rahmawati. 2020. Karakterisasi dan Identifikasi Genus Bakteri Endofit dari Daun di Batang Jeruk Siam (*Citrus obilis* var. *macrocarpa*) Sehat di Desa Anjungan Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. 9(1):26-29.
- Syafitri, D., Irda, S dan Mahdi, I. 2022. Efektifitas Rasio Nutrien Bakteri *Bacillus cereus* Strain Imb-11 Dalam Mendegradasi Pencemaran Biosolar sebagai Rancangan Poster Biologi SMA. *Jurnal Biogenesis*. 18(1):54-67.
- Tangahu, B. V., Arliyani, I., Titah, H.S., Wardhani, W.K., Purwanti, I.F., Ekaputri, J.J., Pratama, M.Z., Safrilia, S., Mashudi., Simanjuntak, S.M.G dan Mangkoedihardjo, S. 2024. *Aplikasi Teknologi Remediasi Lingkungan*. Media Nusa Creative, Malang.
- Titah, H.S., Pratikno, H., Moesriati, A., Imron, M.F and Putera, R.I. 2018. Isolation And Screening of Diesel Degrading Bacteria from Ship Dismanting Facility

- at Tanjungjati, Madura, Indonesia. *Journal Engineering Technologi Science*. 50(1):99-109.
- Usifo, E.O., Lucky, A.E and Nnaemeka, N.C. 2023. Biodegradation Of Hydrocarbon in Untreated Produced Water (From an Oil in The Warri, Delta State, Nigeria) Using Indigenous Bacterial Cultures. *American Journal of Engineering Research (AJER)*. 12(3):122-128.
- Utamy, G., Hasbi, M dan Purwanto, E. 2021. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Pada Air Kolam Anaerob Ipal Industry Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*. 2(1):231-240.
- Vos, P.D., Garrity, G.M., Jones, D., Krieg, N.R., Ludwig, W., Rainey, F.A., Schleifer, K.H and Whitman, W.B. 2009. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. William
- Xu, X., Liu, W., Tian, S., Wang, W., Qi, Q., Jiang, P., Gao, X., Li, F., Li, H and Yu, H. 2018. Proteolium Hydrocarbon-Degrading Bacteria For The Remediation Of Oil Pollution Under Aerobic Cinditions: A Perspective Analysis. *Fontiers in Microbiology*. 9, 2885.
- Yualianto. 2022. Pencegahan pencemaran Tumpahan Minyak ke Laut oleh MT. MPTP XV Menurut Peraturan Menteri Nomor 29 Tahun 2014. *Jurnal Universal Technic*. 1(2):110-112.
- Zia, K dan Linda, T.M. 2023. Potensi *Bacillus* Sp Sebagai Penghasil Biosurfaktan Untuk Pengolahan Limbah Minyak Pelumas. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 8(2):69-78.
- Zulfikar, H., Saputra, D.Z., Maulana, A dan Cahyono, Y.A. 2023. Implementasi Perkembangan Pelabuhan Hijau di Dunia pada Pelabuhan di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 9(9):533-544.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan sampel



Lampiran 2. Lokasi pengambilan sampel



Lampiran 3. Pengukuran parameter sampel



Pengukuran suhu



Pengukuran pH



Pengukuran salinitas

Lampiran 4. Isolasi bakteri



Penyimpanan sampel air di dalam
cool box



Sebelum inkubasi

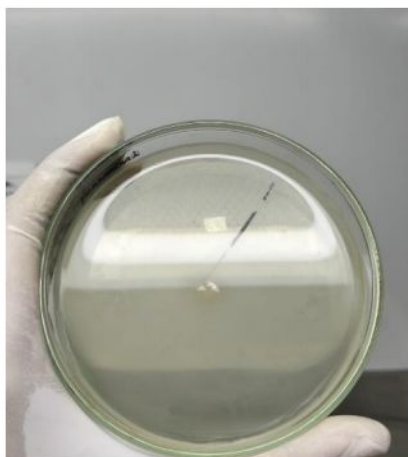


Proses inkubasi

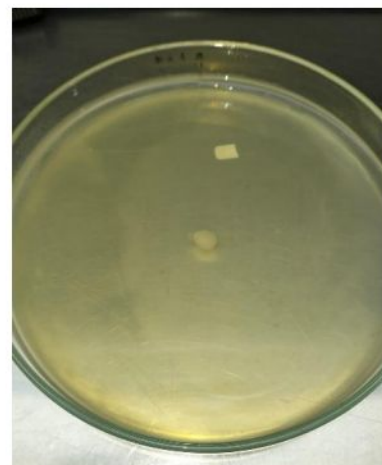


Setelah inkubasi selama 72 jam

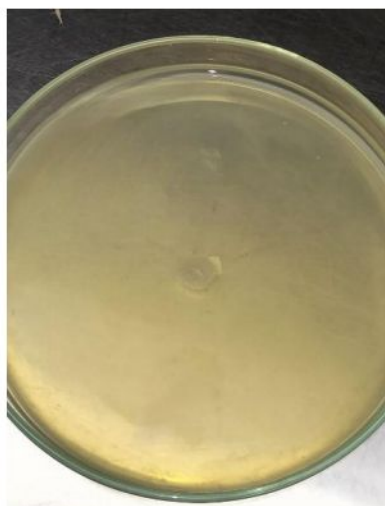
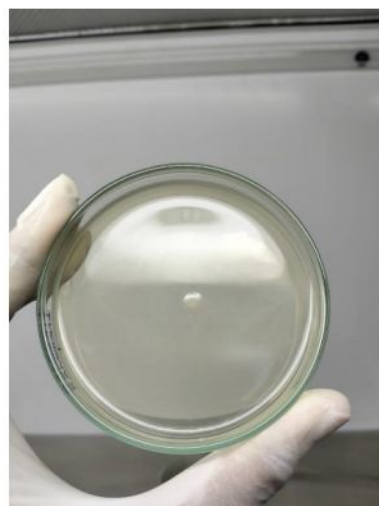
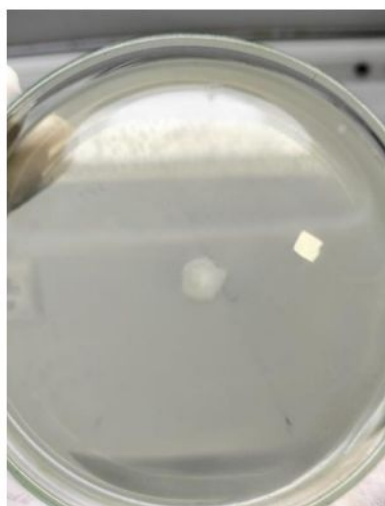
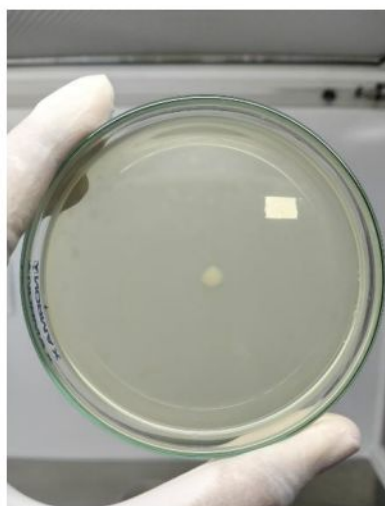
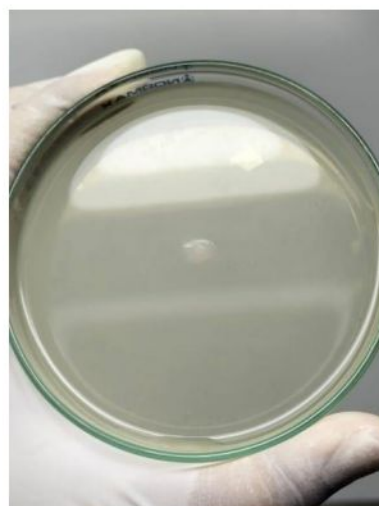
Lampiran 5. Karakteristik makroskopis



Micrococcus

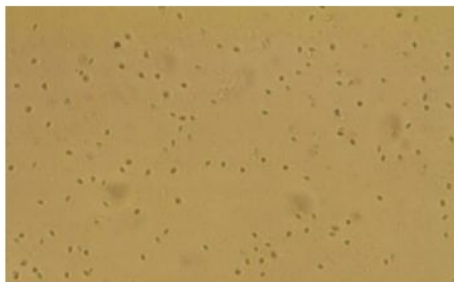
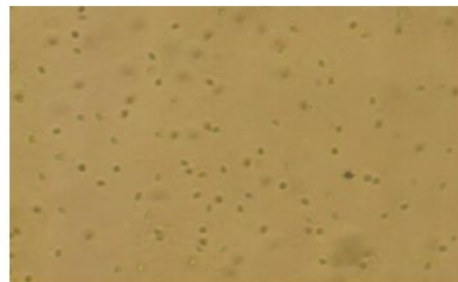


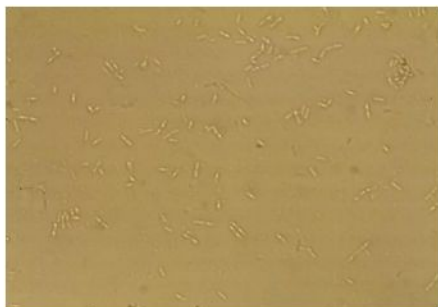
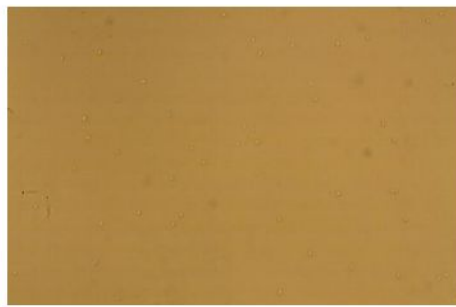
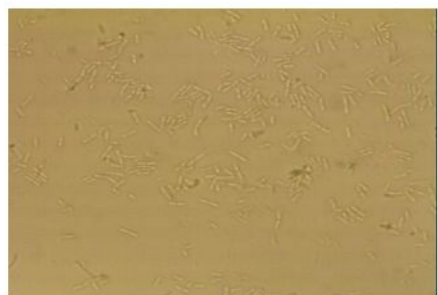
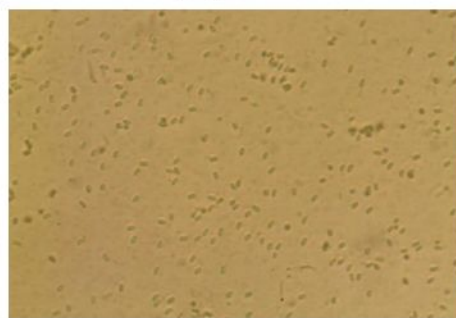
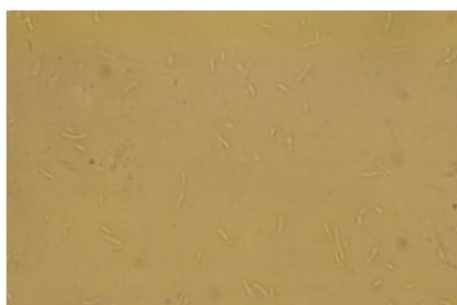
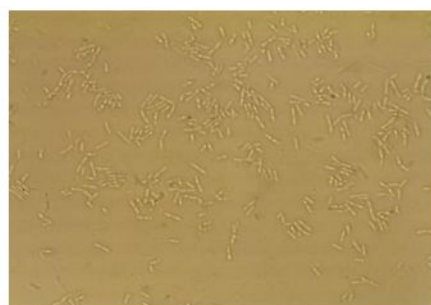
Staphylococcus

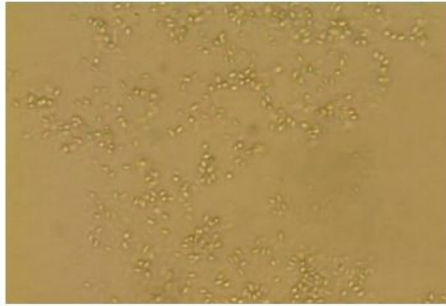
*Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus**Staphylococcus**Alcaligenes*

*Bacillus**Bacillus**Alcaligenes*

Lampiran 6. Bentuk sel

*Micrococcus**Staphylococcus*

*Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Bacillus**Bacillus*



Alcaligenes

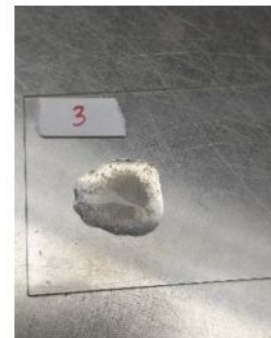
Lampiran 7. Hasil uji katalase



Micrococcus



Staphylococcus



Bacillus



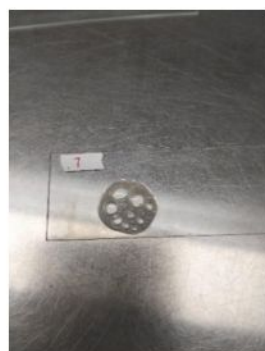
Micrococcus



Bacillus



Staphylococcus



Staphylococcus



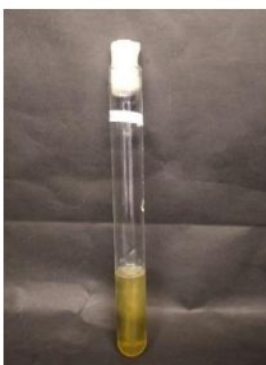
Alcaligenes



Bacillus

*Bacillus**Alcaligenes*

Lampiran 8. Hasil uji motilitas

*Micrococcus**Staphylococcus**Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus**Staphylococcus**Alcaligenes*

Isolat 9

*Bacillus**Alcaligenes*

Lampiran 9. Hasil uji *methyl red*

*Micrococcus**Staphylococcus**Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Bacillus*

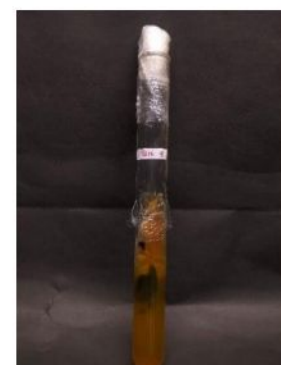
*Bacillus**Alcaligenes*

Lampiran 10. Hasil uji indol

*Micrococcus**Staphylococcus**Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Bacillus*

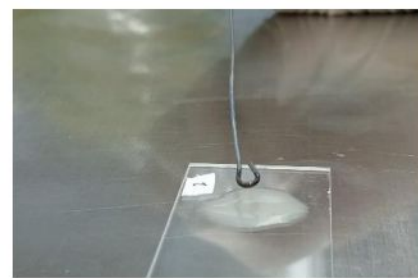
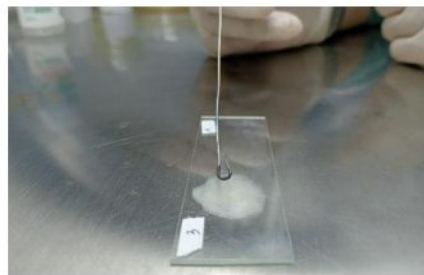
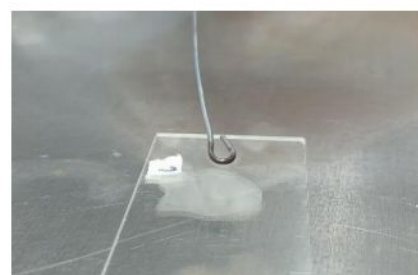
*Bacillus**Alcaligenes*

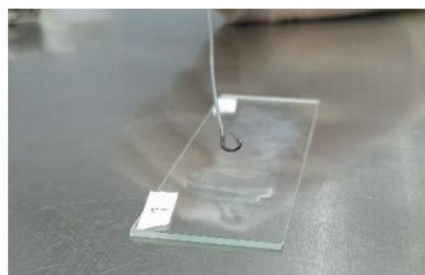
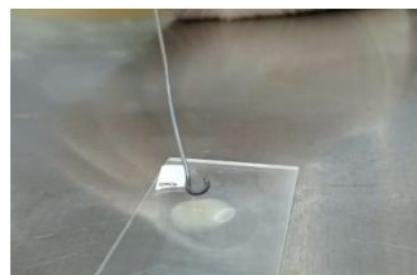
Lampiran 11. Hasil uji TSIA

*Micrococcus**Staphylococcus**Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Bacillus*

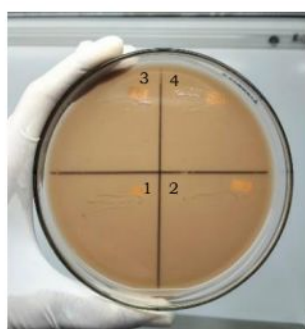
*Bacillus**Alcaligenes*

Lampiran 12. Hasil uji gram ryu

*Micrococcus**Staphylococcus**Bacillus**Micrococcus**Bacillus**Staphylococcus*

*Staphylococcus**Alcaligenes**Bacillus**Bacillus**Alcaligenes*

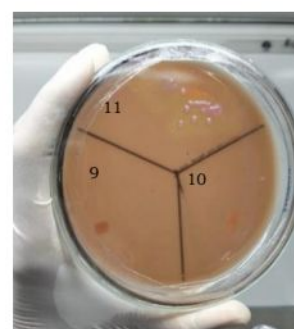
Lampiran 13. Hasil uji MacConkey



Isolat 1,2,3,4



Isolat 5,6,7,8



Isolat 9,10,11