

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

S K R I P S I



**RATIH DEWI LESTARI
F1C421017**

**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. 08 Juli 2025

Yang menyatakan



Ratih Dewi Lestari

NIC 21017

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI INDIGENOUS
PENDEGRADASI MINYAK DARI PERAIRAN
PELABUHAN KUALATUNGKAL ILIR
KABUPATEN TANJUNG JABUNG BARAT**

S K R I P S I

Diajukan sebagai salah satu syarat dalam melakukan penelitian dalam rangka
penulisan Skripsi pada Program Studi Biologi



**RATIH DEWI LESTARI
F1C421017**

**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 Kualatungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat yang disusun oleh **RATIH DEWI LESTARI, NIM: F1C421017** telah dipertahankan didepan penguji pada tanggal 8 Juli 2025 dan dinyatakan Lulus.

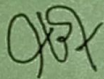
Susunan Tim Penguji:

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

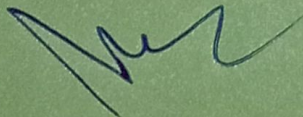


Ashif Irvan Yusuf, S.Pt., M.Si.
NIP. 198011122024211005

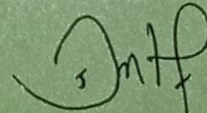
Diketahui:

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 Kualatungkal Ilir di Kabupaten Tanjung Jabung Barat merupakan salah satu kawasan perairan yang rentan terhadap pencemaran minyak akibat aktivitas pelabuhan, seperti bongkar muat kapal, pengisian bahan bakar, serta pembuangan limbah domestik dari masyarakat sekitar. Pencemaran minyak ini mengandung senyawa hidrokarbon yang berbahaya bagi ekosistem perairan. Salah satu solusi penanganan yang ramah lingkungan dan secara biologis adalah melalui bioremediasi, yaitu pemanfaatan bakteri indigenous yang hidup secara alami di lingkungan tersebut dan mampu mendegradasi senyawa minyak. Namun, informasi terkait keberadaan dan potensi bakteri indigenous dari wilayah perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir di Kabupaten Tanjung Jabung Barat masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak dan untuk mengetahui keanekaragaman bakteri indigenous yang memiliki potensi sebagai agen pendegradasi minyak. Metode penelitian yaitu *purposive sampling* yang dilakukan dengan pengambilan sampel air tercemar minyak yang kemudian ditumbuhkan dalam media selektif *Stone Mineral Salt Solution* (SMSS) yang diperkaya minyak solar. Proses isolasi dilakukan menggunakan teknik *pour plate* dan *streak plate* untuk memperoleh kultur murni. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi isolat melalui pengamatan makroskopis, mikroskopis, serta berbagai uji biokimia seperti katalase, motilitas, indol, TSIA, MR, uji Gram, dan MacConkey agar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak sembilan isolat bakteri berhasil diidentifikasi, yang terdiri dari empat genus utama yaitu *Micrococcus* (isolat 1 dan 2), *Alcaligenes* (isolat 4, 5, dan 6), *Klebsiella* (isolat 8) dan *Staphylococcus* (isolat 3, 7 dan 9). Keempat genus ini menunjukkan kemampuan tumbuh di media selektif SMSS, sehingga berpotensi sebagai agen pendegradasi hidrokarbon. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa bakteri indigenous dari perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan dalam proses bioremediasi pencemaran minyak.

Kata kunci: Hidrokarbon, Bioremediasi, Bakteri Indigenous, Pelabuhan Kualatungkal Ilir

SUMMARY

Kualatungkal Ilir Harbor in West Tanjung Jabung Regency is one of the water areas that is vulnerable to oil pollution due to port activities, such as loading and unloading of ships, refueling, and disposal of domestic waste from the surrounding community. This oil pollution contains hydrocarbon compounds that are harmful to aquatic ecosystems. One of the environmentally friendly and biological treatment solutions is through bioremediation, which is the utilization of indigenous bacteria that live naturally in the environment and are able to degrade oil compounds. However, information related to the presence and potential of indigenous bacteria from the Kualatungkal Ilir Harbor water area in Tanjung Jabung Barat Regency is still limited. This study aims to obtain bacterial isolates that have the potential to degrade oil and to determine the diversity of indigenous bacteria that have the potential as oil degradation agents. The research method is purposive sampling which is carried out by taking oil polluted water samples which are then grown in selective Stone Mineral Salt Solution (SMSS) media enriched with diesel oil. The isolation process was carried out using pour plate and streak plate techniques to obtain pure cultures. Furthermore, isolates were characterized through macroscopic, microscopic observations, as well as various biochemical tests such as catalase, motility, indole, TSIA, MR, Gram test, and MacConkey agar. The results showed that a total of nine bacterial isolates were identified, consisting of six main genera namely *Micrococcus* (isolates 1 and 2), *Alcaligenes* (isolates 4, 5, and 6), *Klebsiella* (isolate 8) and *Staphylococcus* (isolates 3, 7 and 9). These four genus showed the ability to grow in SMSS selective media, so they have the potential as hydrocarbon degrading agents. Based on the research conducted, it shows that indigenous bacteria from Kualatungkal Ilir Harbor waters have great potential to be utilized in the bioremediation process of oil pollution.

Keywords: Hydrocarbon, Bioremediation, Indigenous Bacteria, Kualatungkal Ilir Harbor

RIWAYAT HIDUP



Ratih Dewi Lestari lahir pada 20 September 2003 di Sidomulyo, Provinsi Sumatra Utara. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang berasal dari pasangan Samsul dan Sriwanti. Riwayat pendidikan dimulai di Taman Kanak-kanak Bina Insani, Pagar Jawa, Sumatra Utara pada tahun 2008–2009. Penulis melanjutkan pendidikan di SD Negeri 091562 AFD D1 Pagar Jawa pada tahun 2009–2015. Pendidikan tingkat menengah pertama ditempuh di SMP Negeri 23 Muaro Jambi (2015–2018), dan jenjang menengah atas di Madrasah Aliyah Negeri (MAN) 1 Muaro Jambi pada tahun 2018–2021. Pada tahun 2021 penulis diterima di Universitas Jambi sebagai mahasiswa Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, jenjang Strata 1 (S1).

Selama berkuliah penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan akademik. Penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMABIO) pada periode 2021/2022 dan bergabung dalam Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Sains dan Teknologi periode 2023/2024. Penulis juga pernah menjadi asisten laboratorium Mikrobiologi pada tahun ajaran 2023/2024. Pada bidang akademik penulis menunjukkan prestasi di ajang Kompetisi Debat Mahasiswa Indonesia (KDMI) tingkat fakultas, meraih juara 1 tim terbaik pada tahun 2022 dan juara 2 tim terbaik pada tahun 2023. Penulis juga berhasil lolos pendanaan dalam program Pengabdian Mahasiswa Pada Masyarakat (P2M2) tingkat Universitas Jambi pada tahun 2023, di bawah bimbingan Bapak Ade Adriadi, S.Si., M.Si. Pada tahun 2025 penulis mempublikasikan artikel ilmiah pada Jurnal Biologi Tropis yang terindeks SINTA 4. penulis juga aktif dalam kegiatan lingkungan, seperti peringatan Hari Bumi 2022 yang diselenggarakan oleh HIMABIO, serta aksi penanaman pohon pasca-kebakaran di kawasan PT Restorasi Ekosistem Indonesia Hutan Harapan pada tahun 2023. Sebagai tugas akhir penulis mengambil penelitian pada bidang mikrobiologi dengan judul skripsi “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir, Kabupaten Tanjung Jabung Barat.”

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir 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 doa, 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. Orang tua Ibu, Bapak, dan Saudara yang selalu memberikan do'a dan dukungan serta motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi.
4. Mahya Ihsan, S.Si., M.Si selaku Koordinator Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi sekaligus sebagai pembimbing akademik yang telah memberikan bantuan baik saran, arahan serta masukan selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Hasna Ul Maritsa S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing dan membantu banyak hal terkait penyelesaian skripsi ini.
6. Ashif Irvan Yusuf, S.Pt., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing dan membantu banyak hal terkait penyelesaian skripsi ini.
7. 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.
8. Seluruh dosen khususnya dosen Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi yang telah memberikan bekal ilmu selama masa perkuliahan.
9. Segenap staff laboratorium dan staf akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi yang telah membantu penulis selama penelitian.

10. Rekan sepenelitian saya Jaurani Nurul Putri yang telah bekerjasama dengan baik, selalu memberikan bantuan, saran dan semangat selama penelitian berjalan.
11. Seseorang yang selalu kebersamaian penulis dikala suka maupun duka. Abdullah Sani. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan penulis dalam penyusunan skripsi. Berkontribusi baik tenaga, waktu, pikiran, menemani, mendukung, menghibur, serta mendengarkan keluh kesah serta selalu meyakinkan penulis untuk tidak pantang menyerah hingga penyusunan skripsi ini terselesaikan.
12. 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.
13. Segenap pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung penyusunan baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga kebaikan kalian semua dibalas oleh Tuhan Yang Maha Esa.
14. Terakhir tetapi tidak kalah penting, kepada diri saya sendiri. Ratih Dewi Lestari. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini dan telah menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan diri sendiri.

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

Jambi, 08 Juli 2025



Ratih Dewi Lestari
F1C421017

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.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pencemaran Minyak dan Dampak Terhadap Lingkungan	5
2.2 Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak	6
2.3 Biodegradasi	7
2.3.1 Mekanisme Kerja Biodegradasi	9
2.3.2 Bakteri Biodegradasi.....	10
2.4 Biosurfaktan.....	11
2.4.1 Mekanisme Kerja Biosurfaktan	11
2.4.2 Bakteri biosurfaktan.....	12
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	13
3.2.1 Alat Penelitian	13
3.2.2 Bahan Penelitian	13
3.3 Metode Penelitian.....	13
3.3.1 Sterilisasi.....	13
3.3.2 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	14
3.3.3 Pengambilan Sampel Air yang terkontaminasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	14
3.3.4 Isolasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	14
3.3.5 Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	15
3.3.6 Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir	19

3.4 Analisis Data	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Karakteristik Lingkungan Perairan Bakteri Indigenous dari Pelabuhan Kualatungkal Ilir	20
4.2 Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous	21
4.3 Identifikasi Bakteri	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis.....	23
2. Hasil Uji Biokimia	24
3. Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Mekanisme Biodegradasi Aerobik.....	10
2. Mekanisme Biosurfaktan.....	12
3. Bentuk Koloni.....	15
4. Tepi Koloni.....	16
5. Permukaan Koloni.....	16
6. Bentuk Bakteri.....	17
7. Karakteristik Lingkungan di Sekitar Pelabuhan	21
8. Penumbuhan Bakteri dalam Media SMSS Cair:	22
9. Hasil Uji Katalase yang dinyatakan Positif	26
10. Hasil Negatif pada Uji Methyl Red	26
11. Hasil Uji Motilitas	27
12. Hasil Uji Indol	28
13. Hasil Uji TSIA.....	28
14. Hasil Uji Gram Ryu	29
15. Hasil uji mac conkey.....	30
16. Karakteristik Micrococcus	32
17. Karakteristik Alcaligenes.....	34
18. Karakteristik Klebsiella.....	36
19. Karakteristik Alcaligenes.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pengambilan Sampel Pengukuran Parameter Lingkungan Perairan	44
2. Isolasi Bakteri Hidrokarbonoklastik	45
3. Bentuk Makroskopis Bakteri	46
4. Bentuk Bakteri	48
5. Hasil Uji Katalase	49
6. Hasil Uji Motilitas	50
7. Hasil Uji Indol	51
8. Hasil Uji TSIA	52
9. Hasil Uji MR	53
10. Hasil Gram Ryu	54
11. Hasil Uji Mac Conkey	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sebagian besar wilayahnya terdiri dari perairan yang digunakan sebagai jalur transportasi. Transportasi laut memegang peranan penting dalam proses mobilitas antar pulau dan antar negara. Dengan posisinya yang strategis, Indonesia berfungsi sebagai titik persinggahan utama dalam jalur pelayaran global. Pelabuhan-pelabuhan di Indonesia memiliki peranan yang sangat penting dalam kegiatan transportasi laut seperti perdagangan, tempat singgah, pengisian bahan bakar kapal, bongkar muat barang, serta naik dan turunnya penumpang (Dewi *et al.*, 2023).

Pelabuhan Kualatungkal Ilir menjadi salah satu faktor pendukung pertumbuhan ekonomi di kota Kuala Tungkal karena letak pelabuhan yang mudah diakses menjadikan pelabuhan ini sebagai jalur perdagangan laut. Aktivitas bongkar muat barang, pengisian bahan bakar kapal, serta naik dan turunnya penumpang kapal tentu terus saja terjadi disetiap harinya. Selain itu masyarakat yang tinggal disekitar pelabuhan juga memanfaatkan pelabuhan sebagai sumber mata pencarian dengan membuka usaha rumah makan, namun limbah sisa makanan umumnya langsung dibuang ke perairan pelabuhan. Aktivitas yang terus-menerus di Pelabuhan Kualatungkal Ilir berpotensi menyebabkan terjadinya cemaran di perairan sekitarnya.

Penanganan cemaran minyak di perairan dapat dilakukan melalui berbagai metode, termasuk pendekatan fisika, kimia, dan biologis. Penanganan pencemaran minyak secara fisika dapat dilakukan dengan pengambilan minyak di permukaan air yang tercemar, seperti menggunakan *oli skimmer*, namun minyak yang terendap tidak dapat dibersihkan. Penanganan pencemaran minyak secara kimia dilakukan dengan mencari bahan kimia yang mempunyai kemampuan mendegradasi minyak, tetapi pemakaiannya dapat menimbulkan masalah, sedangkan penanganan pencemaran minyak secara biologis dapat dilakukan dengan memanfaatkan berbagai jenis agen biologi seperti tumbuhan, ganggang, jamur dan bakteri yang mampu mendegradasi minyak (Hasyimuddin *et al.*, 2016).

Bioremediasi perairan yang tercemar minyak telah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara Dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Minyak tergolong kedalam limbah berbahaya dan beracun karena minyak mengandung senyawa berbahaya yaitu hidrokarbon yang dapat mencemari lingkungan dan membahayakan lingkungan hidup, kehidupan manusia

maupun makhluk hidup lainnya. Salah satu alternatif yang digunakan untuk penanganan cemaran minyak di perairan secara biologis yaitu dengan teknik bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses pemulihan area yang tercemar, seperti air, tanah, dan daerah pantai dengan memanfaatkan agen biologi untuk menguraikan kontaminan minyak. Keuntungan menggunakan teknik bioremediasi untuk penanggulangan cemaran minyak diantaranya yaitu ramah lingkungan, mudah di aplikasikan di berbagai lingkungan dan biaya yang relatif rendah. Menurut (Puspitasari *et al.*, 2020), bakteri memiliki efektifitas yang lebih tinggi dibandingkan agen biologi lainnya dalam pendegradasian minyak. Bakteri mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi yang diperlukan bagi pertumbuhannya.

Novianty *et al.*, (2020) menyatakan bahwa proses biodegradasi dapat dilakukan melalui dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah dengan mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme alami yang terdapat di lingkungan setempat melalui perbaikan kondisi yang mendukung pertumbuhan dan aktivitasnya. Pendekatan kedua dilakukan dengan menginokulasi lokasi tercemar menggunakan mikroorganisme pengurai yang sebelumnya telah diisolasi dan dikembangkan di laboratorium. Selain itu, proses bioremediasi air yang terkontaminasi oleh minyak melalui dua fase. Fase pertama melibatkan bakteri yang dengan cepat menguraikan polutan dan menggunakannya sebagai substrat. Pada fase kedua, polutan diubah menjadi senyawa transisi atau *intermediate* yang sulit diuraikan, karena sulit untuk diuraikan mengakibatkan penurunan kinerja bakteri dan memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk proses bioremediasi, hal tersebut yang menjadi tantangan utama dalam proses ini.

Salah satu cara yang digunakan untuk menjaga kinerja bakteri adalah dengan mengisolasi bakteri hidrokarbonoklastik yang berperan dalam tahap awal dan tahap *intermediate* proses remediasi air yang tercemar minyak. Bakteri hidrokarbonoklastik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi minyak dengan memanfaatkan minyak sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya, karena enzimnya dapat memecah hidrokarbon dan mengubahnya menjadi energi. Selain itu, diperlukan bakteri yang dapat menghasilkan biosurfaktan agar bakteri hidrokarbonoklastik dapat berfungsi secara optimal. Dengan di isolasinya bakteri-bakteri ini, diharapkan proses bioremediasi air yang terkontaminasi minyak dapat berlangsung lebih cepat, sehingga waktu yang diperlukan untuk remediasi akan lebih singkat dan kapasitas air yang dapat diremediasi akan lebih besar. Bakteri-bakteri ini dapat

diperoleh dari proses pengisolasian bakteri yang terdapat dalam air yang telah tercemar minyak (Fitria *et al.*, 2018).

Nurjanah (2018), melaporkan bahwa bakteri yang berhasil diisolasi dari perairan pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang tercemar minyak solar memiliki potensi dalam proses biodegradasi minyak. Isolat bakteri yang ditemukan antara lain adalah bakteri Genus *Bacillus*, Genus *Pseudomonas*, Genus *Klebsiella*, Genus *Citrobacter* dan Genus *Enterobacter*. Isolat konsorsium memiliki persentase biodegradasi sebesar 94,57%, Genus *Pseudomonas* memiliki persentase biodegradasi sebesar 91,94% dan Genus *Bacillus* memiliki persentase biodegradasi sebesar 89,99%. Telah dilakukan penelitian oleh Banjarnahor *et al.*, (2025), bahwa bakteri *Eschericia coli* dan bakteri *Staphylococcus aureus* juga diduga mampu mendegradasi cemaran minyak oli bekas.

Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat telah mengalami pencemaran minyak yang sumber cemarannya berasal dari aktivitas limbah domestik masyarakat sekitar dan aktivitas di pelabuhan. Pencemaran tersebut tangani, salah satu cara penanganannya yaitu dengan memanfaatkan bakteri sebagai agen bioremediasi yang mampu mendegradasi minyak. Bakteri indigenous merupakan bakteri yang tumbuh secara alami dan hidup secara bebas di alam (Afianti *et al*, 2019). saat ini, informasi mengenai bakteri indigenous yang memiliki kemampuan mendegradasi minyak dari perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir belum diperoleh, sedangkan bakteri indigenous memiliki kemampuan yang lebih baik dalam proses mendegradasi karena tidak memerlukan penyesuaian lingkungan sehingga proses pendegradasian minyak lebih efektif. Oleh karena itu berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat”.

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 Kualatungkal Ilir?
2. Apa jenis bakteri indigenous yang berpotensi sebagai agen pendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan isolat bakteri yang berpotensi mendegradasi minyak dari perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir.
2. Untuk mengetahui jenis bakteri indigenous yang memiliki potensi sebagai agen pendegradasi minyak di perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir.

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 Kualatungkal Ilir.
2. Bagi pemerintah sebagai referensi referensi adanya jenis-jenis bakteri indigenous pendegradasi minyak yang dapat digunakan sebagai rujukan dalam pengembangan bioremediasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Minyak dan Dampak Terhadap Lingkungan

Pencemaran minyak di perairan merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang sangat serius dan berdampak luas. Pencemaran minyak di perairan umumnya terjadi akibat tumpahan minyak dari kapal, kebocoran pipa, bongkar muat barang dan lalu lintas pelayaran (Darmayati dan Afianti, 2017). Selain itu sumber cemaran minyak di perairan juga di sebabkan oleh limbah domestik yang sengaja membuang sisa dari olahan masakan langsung keperairan. Ketika minyak masuk ke perairan akan membentuk lapisan di permukaan yang menghambat masuknya oksigen masuk kedalam air dan membahayakan kehidupan ekosistem di perairan. Cemaran minyak membahayakan bagi kehidupan ekosistem di perairan karena minyak mengandung senyawa hidrokarbon yang sangat berbahaya karena memiliki sifat toksik. Sebagian besar dari minyak terdiri atas senyawa hidrokarbon. Secara garis besar, terdapat beberapa senyawa hidrokarbon minyak yang mampu didegradasi. Senyawa hidrokarbon tersebut dapat digolongkan atas tiga kelompok, yaitu hidrokarbon parafin, naftena dan aromatik.

1. Senyawa parafin atau alkana

Parafin, atau yang dikenal sebagai alkana, merupakan kelompok hidrokarbon jenuh yang terdiri atas dua tipe utama: normal parafin yang memiliki rantai karbon lurus dan panjang, serta isoparafin yang memiliki struktur bercabang. Umumnya, isoparafin hanya memiliki satu cabang, sementara normal parafin lebih sering ditemukan dalam fraksi ringan minyak bumi. Alkana memiliki rumus molekul umum C_nH_{2n+2} dan tidak mengandung ikatan rangkap antar atom karbon. Senyawa ini merupakan komponen terbesar dalam minyak bumi (Roni, 2020).

2. Senyawa Naftena

Naftena adalah hidrokarbon jenuh yang memiliki struktur siklik sederhana, terdiri dari atom karbon yang membentuk cincin tertutup. Senyawa ini memiliki rumus umum C_nH_{2n} dan tidak mengandung ikatan rangkap. Naftena bersifat tidak larut dalam air dan merupakan fraksi kedua terbesar yang terdapat dalam minyak bumi (Roni, 2020).

3. Senyawa Aromatik

Adalah hidrokarbon tidak jenuh yang ditandai oleh adanya cincin yang terdiri dari enam atom karbon. Benzen merupakan bagian senyawa aromatik paling sederhana, biasanya menjadi dasar bagi pembentukan senyawa aromatik lainnya (Roni, 2020).

Komponen hidrokarbon yang terdapat pada minyak dapat mengeluarkan sifat toksik dan berpengaruh pada pertumbuhan, perkembangan, serta perilaku biota laut. Dampak jangka pendek senyawa hidrokarbon minyak yang mencemari perairan dapat mengganggu pertumbuhan biota laut dengan merusak membran selnya, hal tersebut mengakibatkan keluarnya cairan sel dan masuknya molekul hidrokarbon tersebut ke dalam sel. Proses ini menyebabkan berbagai jenis biota laut, seperti udang dan ikan, menjadi beraroma dan berbau minyak, sehingga mengurangi kualitasnya. Selain itu, minyak dapat menyebabkan kematian ikan akibat kekurangan oksigen, keracunan karbon dioksida, dan keracunan langsung oleh bahan berbahaya. Dampak jangka panjang dari minyak di perairan dapat mengakibatkan biota laut mengonsumsinya. Sebagian senyawa minyak dapat dikeluarkan dari biota laut, namun sebagian lainnya dapat terakumulasi dalam lemak dan protein, yang akhirnya dikonsumsi oleh manusia dan dapat menyebabkan penyakit. Selain itu dengan masuknya senyawa hidrokarbon di tubuh biota laut dapat mengakibatkan terjadinya kelainan pada biota laut. Akumulasi tumpahan minyak dan bahan kimia yang mencemari perairan pada akhirnya memberikan dampak negatif terhadap kehidupan biota laut dan kesehatan manusia (Darza, 2020).

2.2 Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak

Bakteri indigenous adalah mikroorganisme lokal yang secara alami berasal dari lingkungan limbah dengan karakteristik serupa dengan limbah yang akan ditangani (Ariadi *et al.*, 2022). Bakteri indigenous pendegradasi minyak merupakan jenis bakteri yang secara alami hidup di perairan dan memiliki kemampuan untuk menguraikan minyak serta senyawa hidrokarbon secara biologis. Fungsi utama bakteri indigenous adalah mengurangi dampak pencemaran minyak dengan menguraikan hidrokarbon menjadi bentuk yang lebih sederhana dan kurang berbahaya. Bakteri indigenous memiliki peranan penting dalam proses bioremediasi alami, yaitu pemulihan lingkungan yang tercemar oleh minyak. Bakteri tersebut mengambil peran penting pada keseimbangan ekosistem perairan dengan membantu menjaga kualitas air dan mendukung kelestarian mikroba perairan lainnya. Bakteri indigenous yang mendegradasi minyak sering kali termasuk bakteri hidrokarbonoklastik karena kemampuan utama mereka adalah mendegradasi komponen minyak seperti hidrokarbon (Willian *et al.*, 2024).

Bakteri hidrokarbonoklastik merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa hidrokarbon. Bakteri ini tergolong adaptif terhadap lingkungan yang tercemar minyak dan mampu memanfaatkan

residu minyak seperti minyak solar sebagai sumber karbon dan energi. Salah satu mekanisme penting yang dimiliki bakteri ini adalah kemampuannya dalam memproduksi biosurfaktan, yaitu senyawa permukaan aktif yang berperan dalam menurunkan tegangan permukaan serta tegangan antarmuka antara dua fase berbeda. Melalui proses emulsifikasi, biosurfaktan membantu melarutkan minyak dalam air, sehingga memudahkan proses degradasi. Setelah emulsifikasi terjadi, bakteri hidrokarbonoklastik melanjutkan proses biodegradasi dengan menghasilkan enzim lipase, yang berfungsi menghidrolisis senyawa lemak menjadi molekul-molekul sederhana. Senyawa ini kemudian dimanfaatkan sebagai sumber karbon dalam proses metabolisme sel. Produk akhir dari metabolisme ini adalah air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2), yang bersifat ramah lingkungan dan tidak berbahaya (Sujadi, 2019).

2.3 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan proses yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik menjadi biomassa serta senyawa yang lebih sederhana, seperti air, karbon dioksida, atau metana. Dalam proses metabolismenya, mikroorganisme memanfaatkan minyak sebagai sumber karbon dan energi dengan mentransformasikannya agar dapat terdegradasi. Biodegradasi senyawa organik terjadi ketika struktur kimia senyawa tersebut diubah oleh mikroorganisme, yang menghasilkan perubahan pada tingkat molekuler (Nuryana, 2017). Ada dua pendekatan dalam proses biodegradasi. Pertama memanfaatkan mikroorganisme alami dari lingkungan setempat untuk mengubah polutan dan kedua melakukan inokulasi di area yang terkontaminasi dengan mikroorganisme pengubah polutan yang telah diisolasi dan tumbuhkan di laboratorium (Mas'ud, 2018).

Menurut Tangahu *et al.*, (2024), terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi biodegradasi hidrokarbon yang saling berinteraksi satu sama lain. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Jumlah mikroba/ukuran inoculum

Ukuran inoculum yang kecil akan memperlambat laju degradasi karena waktu yang dibutuhkan mikroba untuk berkembang biak menjadi lebih lama. Sebaliknya, ukuran inoculum yang terlalu besar dapat menyebabkan kekurangan nutrisi dan oksigen, yang juga akan memengaruhi laju biodegradasi.

2. Laju pertumbuhan bakteri

Laju pertumbuhan bakteri berhubungan dengan durasi waktu pertumbuhannya dan fase-fase yang dilalui. Meskipun semua bakteri

melewati fase pertumbuhan yang sama, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai fase lag bervariasi antar jenis. Terdapat empat fase pertumbuhan bakteri yaitu fase lag (fase adaptasi), fase logaritmik/eksponensial (di mana mikroba mulai berubah bentuk dan membelah), fase stasioner (laju pertumbuhan relatif konstan karena penurunan populasi sel hidup), dan fase kematian (laju kematian meningkat karena kekurangan nutrisi).

3. Suhu

Suhu rendah dapat meningkatkan viskositas minyak dan menyebabkan senyawa menjadi toksik, sehingga menghambat laju degradasi. Suhu optimal untuk degradasi hidrokarbon dalam air laut berkisar antara 20-40°C.

4. pH

Tingkat keasaman (pH) memengaruhi tingkat biodegradasi dan jenis bakteri yang digunakan. Bakteri pendegradasi tumbuh optimal pada kisaran pH 6-8.

5. Salinitas

Salinitas yang tinggi meningkatkan tekanan osmotik dalam media. Jika salinitas terlalu tinggi, pertumbuhan bakteri akan terhambat karena kekurangan oksigen. Salinitas optimal untuk biodegradasi hidrokarbon berkisar antara 0,5%-3,5%.

6. Oksigen

Mikroorganisme yang mampu mendegradasi minyak bumi umumnya bersifat aerob, sehingga keberadaan oksigen sangat penting dalam proses degradasi. Oksigen berfungsi sebagai faktor pembatas dalam laju biodegradasi hidrokarbon. Mikroorganisme mendapatkan oksigen dari udara, tanah, dan oksigen terlarut dalam air, yang diperlukan untuk proses biodegradasi senyawa hidrokarbon jenuh dan aromatik.

7. Penambahan surfaktan

Penambahan surfaktan dapat meningkatkan interaksi antar sel serta mengubah sifat permukaan sel mikroba, sehingga mempercepat laju degradasi minyak. Biosurfaktan berperan sebagai agen emulsifikasi yang memfasilitasi proses biodegradasi senyawa hidrokarbon.

8. Nutrisi

Ketersediaan nutrisi yang cukup akan mendukung pertumbuhan mikroorganisme. Laju pertumbuhan mikroorganisme yang optimal berkontribusi pada peningkatan laju biodegradasi hidrokarbon."

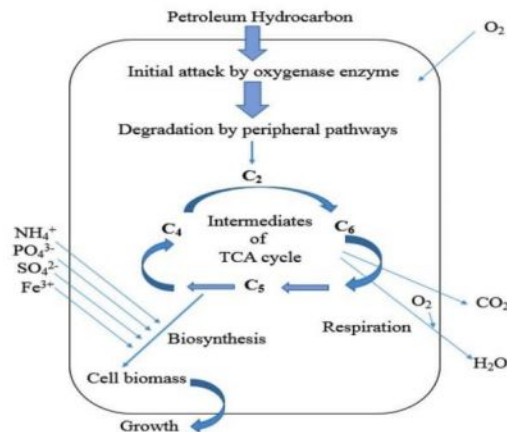
Penelitian yang dilaporkan oleh Khastini *et al.*, (2022), bioremediasi adalah metode yang digunakan untuk mengubah lingkungan yang terkontaminasi menjadi aman dengan memanfaatkan mikroorganisme khususnya mikroba. Proses bioremediasi dapat dilakukan menggunakan bakteri atau jamur yang

berasal dari lokasi pencemaran itu sendiri (indigenous). Namun, mikroorganisme juga dapat diisolasi dari area tercemar lainnya dan diterapkan di lokasi yang tercemar. Dalam proses bioremediasi, mikroorganisme menghasilkan enzim yang memodifikasi polutan berbahaya melalui perubahan struktur kimia yang disebut biotransformasi. Setelah tahap ini, bakteri melanjutkan proses dengan biodegradasi dimana pada proses ini terjadi penguraian polutan menjadi senyawa yang lebih sederhana dan kurang beracun.

Proses bioremediasi tumpahan minyak dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu bioaugmentasi dan biostimulasi. Bioaugmentasi melibatkan penambahan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan guna memperkuat populasi mikroba yang sudah ada dan biostimulasi adalah proses yang merangsang pertumbuhan mikroorganisme pengurai hidrokarbon yang sudah ada dengan menambahkan nutrisi atau mengubah kondisi lingkungan mereka untuk mendukung proses biodegradasi (Yasmin dan Wulansarie, 2018).

2.3.1 Mekanisme Kerja Biodegradasi

Mekanisme biodegradasi hidrokarbon minyak melibatkan beberapa langkah penting yang memungkinkan mikroorganisme untuk menguraikan dan memanfaatkan minyak sebagai sumber energi. Proses ini dapat dibagi menjadi dua bagian utama yaitu katabolisme aerobik dan katabolisme anaerobik. Katabolisme aerobik adalah proses utama dalam biodegradasi hidrokarbon minyak yang terjadi di lingkungan dengan ketersediaan oksigen yang cukup. Pada tahap awal, mikroorganisme menggunakan enzim khusus seperti oksigenase dan peroksidase untuk menambahkan gugus hidroksil (-OH) ke dalam struktur hidrokarbon. Enzim monooksigenase menambahkan satu atom oksigen, sedangkan dioksigenase menambahkan dua gugus hidroksil. Penambahan gugus-gugus ini membuat hidrokarbon menjadi lebih reaktif dan lebih mudah diolah. Setelah proses ini, produk hidrokarbon yang telah teroksidasi diubah menjadi metabolit perantara yang lebih sederhana melalui mekanisme degradasi yang lebih kompleks, seperti siklus asam trikarboksilat (TCA). Metabolit seperti asetil-CoA, suksinat, dan piruvat digunakan dalam sintesis biomassa dan glukoneogenesis, yaitu pembentukan gula. Gula ini kemudian digunakan dalam berbagai reaksi biosintesis yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme. Dengan cara ini, mikroorganisme dapat bertahan hidup dan berkembang di lingkungan yang memiliki nutrisi terbatas dengan mengandalkan minyak sebagai substrat (Sah *et al.*, 2022).



Gambar 1. Mekanisme Biodegradasi Aerobik (Sah *et al.*, 2022).

Katabolisme anaerobik adalah proses biodegradasi hidrokarbon minyak yang terjadi di lingkungan tanpa oksigen seperti lapisan bawah laut. Proses biodegradasi anaerob melibatkan sulfat dan nitrat yang berfungsi sebagai akseptor elektron. Proses ini kurang efisien dibandingkan dengan katabolisme aerobik dan umumnya berlangsung lebih lambat. Selama degradasi anaerobik, mikroorganisme menggabungkan hidrokarbon dengan karbon dioksida (CO₂) atau fumarat untuk menghasilkan energi. Proses ini menghasilkan metabolit yang berbeda dari yang dihasilkan dalam katabolisme aerobik. Meskipun lebih lambat, proses ini tetap penting di lingkungan yang kekurangan oksigen (Fuentes *et al.*, 2017).

2.3.2 Bakteri Biodegradasi

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh Puspitasari *et al.*, (2020), diperoleh 2 isolat bakteri pendegradasi minyak yaitu bakteri *Alcanivorax nanhaiticus* dan *Halomonas meridiana*. Novianty *et al.*, (2020) melaporkan hasil penelitiannya mengenai bakteri indigen pendegradasi hidrokarbon minyak bumi, diperoleh beberapa jenis bakteri yang mampu mendegradasi hidrokarbon yaitu *Bacillus*, *Lactobacter*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, dan *Articulosporium*. Hasyimuddin *et al.*, (2016) hasil penelitian mengenai isolasi bakteri pendegradasi minyak solar, diperoleh 3 isolat bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi yaitu *Alkaligenes feacalis*, *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas aeruginosa*. Penelitian Oetomo (2015), diperoleh 6 isolat bakteri yang dihasilkan dari penelitiannya mengenai biodegradasi minyak bumi yaitu bakteri *Bacillus* sp., *Vibrio* sp., *Nocardia* sp., *Staphylococcus* sp., *Mycobacterium* sp., dan *Pseudomonas* sp.

2.4 Biosurfaktan

Biosurfaktan merupakan biomolekul kompleks yang dihasilkan oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Berbeda dari surfaktan sintetis, biosurfaktan memiliki aktivitas permukaan yang khas, menjadikannya alternatif yang efektif untuk menurunkan tegangan permukaan dan menstabilkan emulsi. Hal ini memungkinkan molekul hidrokarbon lebih mudah larut dalam air. Biosurfaktan mampu mengurangi tegangan permukaan dalam campuran air dan hidrokarbon secara signifikan. Struktur molekulnya terdiri dari berbagai senyawa kompleks, termasuk glikolipid, lipopeptida, lipoprotein, fosfolipid, dan surfaktan polimerik. Selain memiliki stabilitas fisik dan kimia yang baik, biosurfaktan juga bersifat tidak toksik dan mudah terurai di lingkungan (Zia dan Linda, 2023).

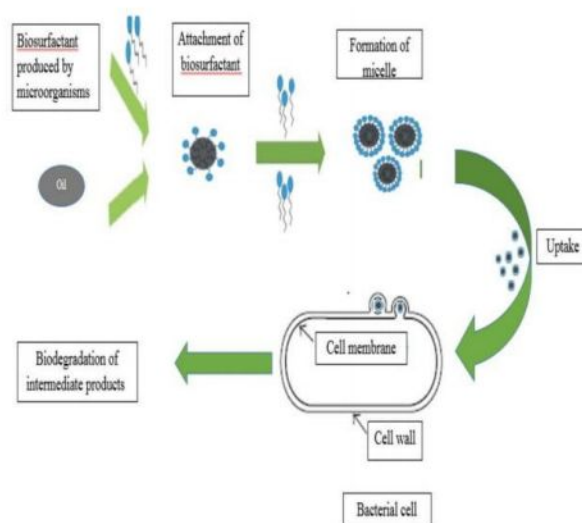
Biosurfaktan diperoleh dari ekskresi mikroba yang memiliki sifat mirip dengan surfaktan. Senyawa ini dilepaskan oleh mikroorganisme ke lingkungan sekitarnya untuk membantu melepaskan hidrokarbon dari bahan organik, serta meningkatkan kelarutan hidrokarbon dalam air melalui proses emulsifikasi. Mikroorganisme penghasil biosurfaktan juga dapat memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber karbon dengan menguraikannya, sehingga berperan penting dalam mengurangi pencemaran minyak di lingkungan perairan. Saat ini, biosurfaktan telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri, seperti kosmetik, farmasi, industri kimia dan makanan, pertanian sebagai aditif fungisida, serta dalam teknologi remediasi lingkungan, termasuk pemulihan minyak dari area yang tercemar (Deng *et al.*, 2020).

2.4.1 Mekanisme Kerja Biosurfaktan

Biosurfaktan adalah senyawa yang dihasilkan oleh mikroorganisme, seperti bakteri, yang memiliki kemampuan khusus untuk mengubah sifat permukaan zat, terutama yang tidak larut dalam air, seperti minyak. Mikroorganisme menghasilkan biosurfaktan melalui proses ekskresi atau dengan menempelkannya pada permukaan sel. Biosurfaktan sangat penting dalam bioremediasi karena membantu mengatasi kontaminasi minyak bumi dengan meningkatkan kelarutan kontaminan yang bersifat hidrofobik (tidak larut dalam air).

Mekanisme kerja biosurfaktan dalam bioremediasi minyak dapat dimulai melalui proses pembentukan misel. Pada konsentrasi tertentu, biosurfaktan dengan struktur amfipatik (memiliki bagian yang menyukai air dan bagian yang menyukai minyak) akan membentuk struktur misel. Dalam misel, bagian yang hidrofobik dari biosurfaktan akan berorientasi ke dalam, berinteraksi dengan kontaminan minyak yang hidrofobik, sementara bagian yang hidrofilik akan menghadap ke luar dan berinteraksi dengan air. Pembentukan misel ini

memungkinkan minyak yang sebelumnya tidak larut dalam air menjadi tersebar dan larut, sehingga lebih mudah diakses oleh mikroba. Biosurfaktan membantu degradasi hidrokarbon minyak bumi dalam dua cara utama. Pertama, biosurfaktan mengemulsikan minyak, yaitu mencampurkan minyak dengan air sehingga minyak menjadi lebih mudah larut dan tersedia bagi mikroba untuk dicerna. Kedua, biosurfaktan mengurangi tegangan permukaan antara sel bakteri dan minyak, mempermudah interaksi antara bakteri dan kontaminan minyak. Dengan cara ini, biosurfaktan memungkinkan bakteri untuk menempel dengan lebih efektif pada minyak dan memulai proses degradasi (Santos *et al.*, 2017).



Gambar 2. Mekanisme Biosurfaktan (Sah *et al.*, 2022).

2.4.2 Bakteri biosurfaktan

Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh Ewida dan Mohamed (2019), ditemukan bahwa bakteri *Pseudomonas protegens* mampu menghasilkan biosurfaktan yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon. Aswin dan Rasyidah (2023), pada penelitiannya diperoleh dua jenis bakteri yang mampu menghasilkan biosurfaktan yaitu *Clostridium* dan *Bacillus* sp. *Bacillus* sp memiliki kemampuan dalam menghasilkan biosurfaktan juga didukung oleh penelitian Zia dan Linda (2023), yang menyatakan bahwa *Bacillus* sp mampu menghasilkan biosurfaktan yang berasal dari golongan lipopeptida yang memiliki kemampuan mengemulsi minyak bekas maupun baru. Penelitian Utamy *et al.*, (2021), diperoleh 2 jenis bakteri yang mampu menghasilkan biosurfaktan yaitu *Enterobacter aerogenes* dan *Proteus mirabilis*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

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

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan selama penelitian ini diantaranya GPS, termometer, pH meter, *salinity hydrometer*, kamera, botol sampel 250 ml, timbangan analitik, batang pengaduk, gelas ukur, labu Erlenmeyer, gelas beaker, *hot plate*, autoklaf, *Laminar Air Flow*, bunsen, inkubator, *rotary shaker*, tabung reaksi, cawan petri, rak tabung, jarum ose, kaca preparat, mikroskop, kulkas, plastik wrap, aluminium foil, kertas saring, mikro pipet, pipet ukur.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bacto agar*, air yang tercemar minyak di Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat, *Stone Mineral Salt Solution* (SMSS) yang terdiri dari air laut steril, Akuades, *Yeast extract*, CaCO_3 (kalsium karbonat), NH_4NO_3 (amonium nitrat), $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (di-sodium hidrogen fosfor heptahidrat), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (magnesium sulfat heptahidrat), $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (mangan (II) klorida tetrahidrat), KH_2PO_4 (potassium pospat), solar, *Nutrient Agar* (NA) untuk uji katalase, *Sulfid Indol Motility* (SIM) untuk uji motilitas dan indol, *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) untuk uji TSIA, *Metyl Red-Voges Poskauer* (MR-VP) untuk uji MR, larutan H_2O_2 , reagen *Kovac's*, alkohol 70%.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Sterilisasi

Alat yang akan digunakan dalam penelitian terlebih dahulu dicuci dan dikeringkan. Setelah bersih, alat tersebut dibungkus dengan kertas pembungkus dan dimasukkan ke dalam plastik. Bahan seperti media yang akan digunakan juga disterilkan bersama dengan alat. Selanjutnya, sterilisasi dilakukan pada alat dan bahan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.3.2 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Proses pembuatan media SMSS cair yang digunakan untuk pertumbuhan awal bakteri terdiri dari 2,5 gram NH_4NO_3 , 5 gram CaCO_3 , 1 gram $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0,5 gram KH_2PO_4 , 0,2 gram $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0,1 gram *Yeast extract* yang dilarutkan dalam 1 liter air laut. Setelah media tersebut dilarutkan, maka ditambahkan 20 ml minyak solar sebagai sumber karbon. Selanjutnya proses pembuatan media SMSS padat untuk pertumbuhan bakteri yang akan dimurnikan, memiliki komposisi yang sama seperti pembuatan media SMSS cair, namun media tersebut ditambahkan 20 gram *bacto agar* yang berfungsi untuk memadatkan media SMSS. Setelah seluruh media telah siap maka selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm dengan waktu selama 15 menit.

3.3.3 Pengambilan Sampel Air yang terkontaminasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Parameter yang akan diukur pada saat pengambilan sampel yaitu melakukan pengukuran suhu, pH dan salinitas. Sampel air diambil berdasarkan titik yang paling tercemar minyak yang telah diamati selama 7 jam dan telah menetap di perairan. Adapun prosedur pengambilan sampel yaitu sampel diambil menggunakan botol steril dengan volume 250 ml. Botol sampel dimasukkan ke bawah permukaan air hingga kedalaman $\pm 0-15$ cm dengan posisi botol sampel berlawanan arah dengan aliran air. Setelah botol sampel masuk ke dalam air yang tercemar minyak, selanjutnya isi botol sampel dengan air tersebut hingga bervolume ± 200 ml, selanjutnya botol sampel di tutup dan di angkat ke permukaan. Proses pengambilan sampel dilakukan tiga kali pengulangan. Sampel kemudian dibawa ke laboratorium dan dimasukkan ke dalam *cool box* untuk menjaga agar jumlah bakteri tidak terdegradasi dan mencegah kematian bakteri pada sampel air yang tercemar minyak.

3.3.4 Isolasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Isolasi bakteri dilakukan dengan mengambil 1 ml air yang tercemar oleh minyak dan dimasukkan kedalam media SMSS cair bervolume 200 ml. Selanjutnya sampel diinkubasi dengan *rotary shaker* selama 3 hari dengan kecepatan 120 rpm (rotasi per menit). Setelah diinkubasi sampel diambil 1 ml dan diencerkan menggunakan akuades steril sebanyak 9 ml. Pengenceran dilakukan dari pengenceran 10^{-1} - 10^{-5} dan dilakukan 1 kali pengulangan. Hasil dari pengenceran selanjutnya dilakukan pembiakan di dalam media SMSS padat

dengan metode *pour plate* dan diinkubasi selama 48 jam dengan suhu 37°C. Koloni bakteri yang telah diperoleh selanjutnya di pisahkan ke media Nutrient Agar dengan metode *streak plate* untuk memperoleh kultur murni.

3.3.5 Karakterisasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Isolat yang telah diperoleh, kemudian di lakukan karakterisasi dengan menggunakan beberapa pengamatan seperti pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia dengan menggunakan buku dan jurnal pendukung proses karakterisasi bakteri.

1. Pengamatan Makroskopis

a. Ukuran Koloni

Ukuran koloni bakteri merupakan karakteristik penting untuk identifikasi dan dapat diukur. Ukuran koloni dikategorikan atas titik (*punctiform*), kecil (*small*), besar (*large*) dan sedang (*moderate*). Kategori ukuran koloni bakteri adalah besar (>1 mm), sedang (1 mm), kecil (<1 mm), dan titik (<0,5 mm).

b. Warna Koloni

Koloni bakteri memiliki warna yang berbeda-beda seperti warna kuning, putih, merah, ungu dan warna lainnya yang membedakannya dari koloni bakteri lainnya.

c. Bentuk Koloni

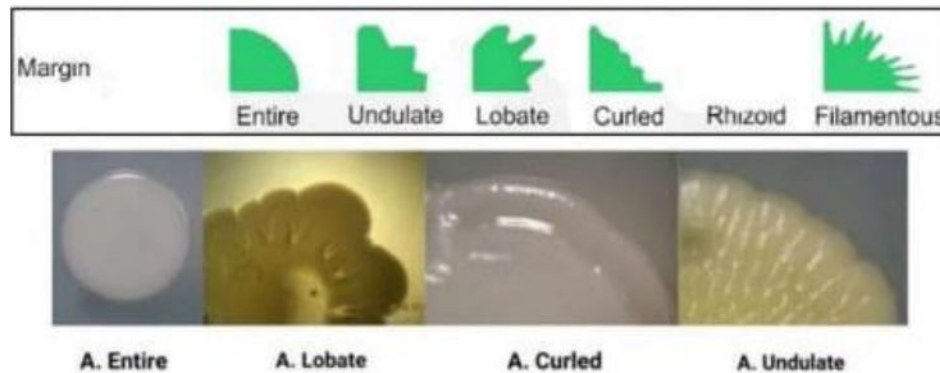
Koloni bakteri dapat memiliki beberapa bentuk antara lain *Circular* (bulat dengan tepi yang jelas), *Ireguler* (tidak beraturan dengan tepi yang tidak terdefinisi), dan *Rhizoid* (bentuk seperti akar dengan pertumbuhan yang menyebar), dan *Filamentous*.



Gambar 3. Bentuk Koloni (Aruan dan Andareas, 2024)

d. Tepi Koloni (*Margin*)

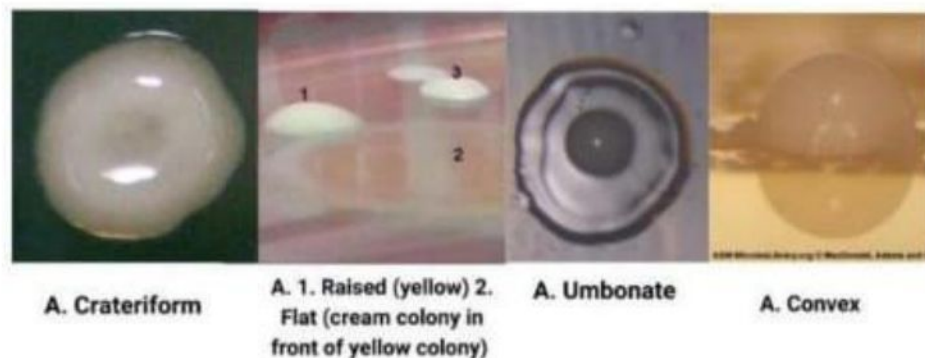
Tepi koloni bakteri merupakan karakteristik penting dalam identifikasi bakteri. Tepi koloni umumnya terdiri dari tepi bergelombang atau menyerupai gelombang (*undulate/resembling waves*), tepi berlekuk (*lobate/lobed structure*), tepi rata (*entire*), tepi bergerigi (*rhizoid, serrate*), tepi melengkung (*curled*), tepi seperti benang-benang atau berfilamen dengan berlekuk tidak beraturan (*Filamentous/erose* atau *irregularly notched*).



Gambar 4. Tepi Koloni (Aruan dan Andareas, 2024)

e. Elevasi

Elevasi koloni bakteri diklasifikasikan dalam beberapa kategori diantaranya *Flat* (ketinggian sulit diukur, hampir rata dengan media), *Raised* (ketinggian yang jelas terlihat namun rata di seluruh permukaan), *Umbonate* (bentuk cembung dengan bagian tengah yang lebih menonjol) dan *Convex* (bentuk cembung seperti tetesan air).



Gambar 5. Permukaan Koloni (Aruan dan Andareas, 2024)

f. Permukaan

Permukaan koloni bakteri terbagi atas beberapa kategori yaitu permukaan koloni mampu memantulkan cahaya (mengilap), permukaan koloni lengket, basah dan berlendir (*muroid*), permukaan koloni berkerut-kerut (*wrinkle*) dan permukaan koloni kering seperti ada bubuk (*powdery*).

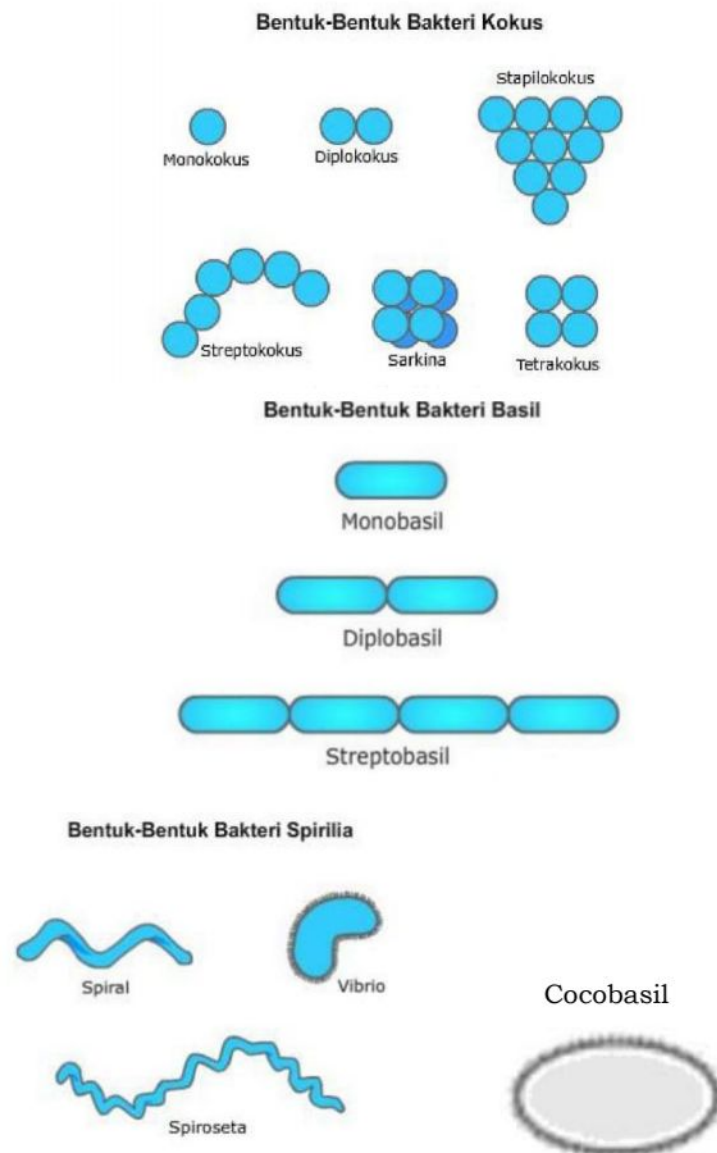
g. Karakteristik Optik

Karakteristik optik koloni bakteri terbagi atas tiga kategori yaitu, bening atau dapat menembus cahaya keseluruhan (*transparent*), dapat menembus cahaya sebagian (*translucent*) dan tidak dapat menembus cahaya (*opaque*).

2. Pengamatan Mikroskopis

a. Bentuk Bakteri

Terdapat tiga klasifikasi dalam bentuk bakteri yaitu bentuk bulat (kokus), bentuk batang (basil), bentuk batang pendek (cocobasil) dan bentuk spiral (*spirillum*).



Gambar 6. Bentuk Bakteri (Fifendy, 2017)

3. Uji Biokimia

a. Uji Katalase

Uji katalase dilakukan dengan mengambil 1 ose dari biakan murni dan menginokulasikannya ke dalam tabung reaksi yang berisi media NA miring, serta satu tabung sebagai kontrol. Setelah itu, tabung-tabung tersebut diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah inkubasi, masing-masing tabung diberi 2-3 tetes larutan H_2O_2 di permukaan media. Jika terjadi reduksi H_2O_2 akan muncul gelembung O_2 di sekitar pertumbuhan bakteri, yang menunjukkan bahwa bakteri bersifat aerob. Uji ini bertujuan untuk menentukan kemampuan bakteri dalam memproduksi enzim katalase.

b. Uji Motilitas

Uji motilitas dilakukan dengan cara menginokulasikan setiap kultur bakteri secara aseptik ke dalam media SIM (*Sulfide Indole Motility*) menggunakan jarum ose. Inokulasi dilakukan dengan menusukkan jarum secara tegak lurus ke tengah media dalam tabung reaksi. Setelah itu, tabung diinkubasi pada suhu $30^\circ C$ selama 24–48 jam. Hasil uji dinyatakan negatif (non-motil) apabila hanya terlihat garis lurus di sepanjang jalur tusukan, sedangkan hasil positif ditunjukkan dengan penyebaran pertumbuhan menjauhi jalur tusukan, yang mengindikasikan bahwa bakteri tersebut bersifat motil.

c. Uji Indol

Uji indol dilakukan dengan mengambil 1 ose dari masing-masing kultur bakteri, kemudian diinokulasikan ke dalam media SIM (*Sulfide Indole Motility*) dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu $30^\circ C$. Setelah masa inkubasi, sebanyak 10–12 tetes reagen Kovac's ditambahkan ke dalam tabung. Hasil uji dinyatakan positif apabila terbentuk lapisan berwarna merah di permukaan media. Uji ini bertujuan untuk mengidentifikasi kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim triptofanase, yaitu enzim yang mengkatalisis pemecahan asam amino triptofan menjadi indol.

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

Uji TSIA dilakukan dengan mengambil 1 ose dari masing-masing isolat bakteri, kemudian diinokulasikan ke dalam media agar TSIA dengan cara menusukkan ose hingga mencapai dasar tabung. Selanjutnya, ambil kembali 1 ose dari isolat yang sama dan goreskan secara horizontal pada permukaan miring media. Tabung kemudian diinkubasi pada suhu 25 – $30^\circ C$ selama 24 jam. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa apabila

bakteri mampu memfermentasi glukosa, maka bagian dasar media akan berubah warna menjadi kuning (menandakan kondisi asam), sementara bagian miring akan tetap berwarna merah (menandakan kondisi basa).

e. Uji MR (*Methyl Red*)

Uji *methyl red* (MR) dilakukan dengan mengambil 1 ose dari masing-masing isolat kultur murni bakteri dan menginokulasikannya ke dalam media MR-VP, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 29°C. Setelah diinkubasi, media diuji dengan menambahkan 3-4 tetes indikator *methyl red*. Uji ini dianggap positif jika terjadi perubahan warna media menjadi merah, yang menunjukkan pembentukan asam. Sebaliknya, hasil negatif ditandai dengan tidak adanya perubahan warna pada media.

f. Uji Gram Ryu

Uji gram ryu dilakukan dengan meneteskan KOH 3% ke kaca preparat yang sudah diseterilkan. Selanjutnya ambil isolat dengan jarum ose yang telah steril dan usapkan pada preparat. Kemudian dilakukan pengamatan pada preparat, jika terdapat tarik menarik berarti bakteri itu bersifat gram negatif (-) dan jika tidak terdapat tarik menarik berarti bakteri itu bersifat gram positif (+).

g. Uji *Mac Conkey*

Uji mac conkey dilakukan dengan menyiapkan media mac conkey agar yang telah di sterilkan. Setelah itu ambil 1 ose isolat bakteri dari masing-masing kultur dan goreskan pada permukaan media. Selanjutnya inkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam. Kemudian dilakukan pengamatan, apabila bakteri tidak tumbuh pada media maka bakteri bersifat positif (+) dan apabila bakteri tumbuh pada media maka bakteri bersifat negatif (-).

3.3.6 Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Proses pengidentifikasian bakteri indigenous dilakukan dengan melakukan pencocokan dari hasil pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia dengan buku *bergey's manual of determinative bacteriology* dan jurnal terkait 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 Kualatungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Lingkungan Perairan Bakteri Indigenus dari Pelabuhan Kualatungkal Ilir

Isolasi bakteri pendegradasi minyak dilakukan di perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir yang terletak pada titik koordinat Lintang -0.8121° dan Bujur 103.461222° . Pada saat pengukuran parameter lingkungan diperoleh hasil bahwa suhu lingkungan perairan berada pada suhu 33°C . pH lingkungan perairan 5,68. salinitas perairan sebesar 16,90 ppt.

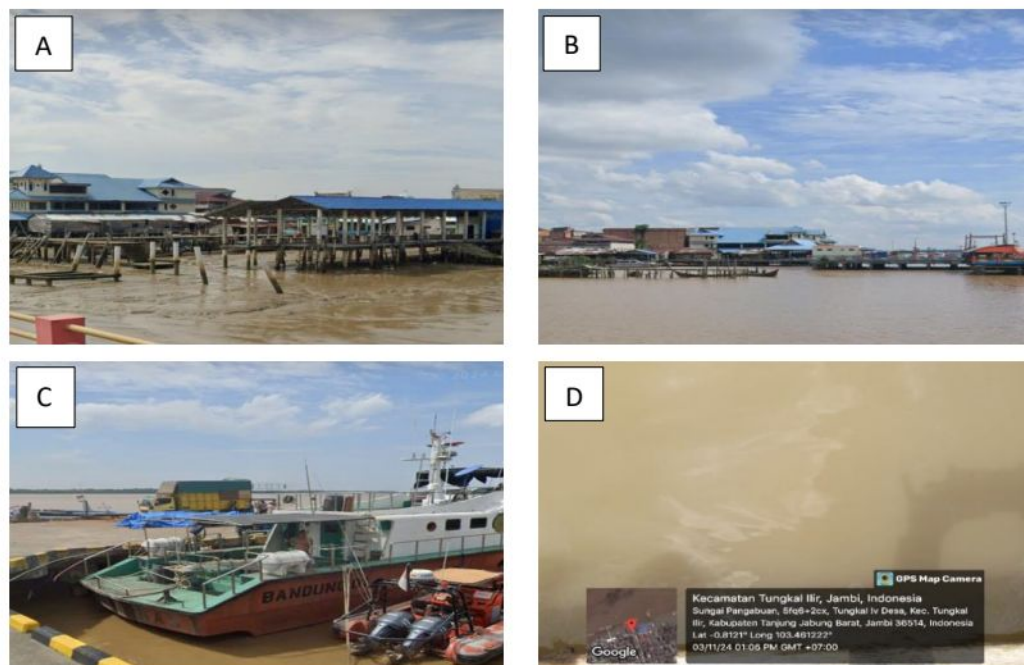
Sujadi (2019), melaporkan bahwa suhu lingkungan sangat berpengaruh terhadap proses metabolisme bakteri hidrokarbonoklastik, Suhu optimal untuk mendukung aktivitas metabolisme bakteri jenis ini berkisar antara $30-40^{\circ}\text{C}$. Apabila suhu berada di bawah kisaran optimal tersebut, maka aktivitas enzimatik bakteri akan menurun, sehingga laju degradasi hidrokarbon pun menjadi lebih lambat. Sebaliknya, jika suhu melebihi batas maksimum, maka kadar oksigen terlarut dalam air cenderung menurun. Kondisi ini berisiko menyebabkan kematian pada bakteri yang bersifat aerobik, karena bakteri tersebut membutuhkan oksigen terlarut untuk menjalankan fungsi biologisnya secara efektif.

Menurut Puspitasari (2020), pH optimum bagi pertumbuhan dan aktivitas bakteri hidrokarbonoklastik berada pada rentang 6,0-8,0. Rentang tersebut dianggap ideal untuk mendukung proses biodegradasi senyawa hidrokarbon secara maksimal. Ketidaksesuaian nilai pH pada saat pengukuran parameter lingkungan perairan kemungkinan besar disebabkan oleh masuknya limbah domestik ke badan air, yang dapat menurunkan pH menjadi lebih asam. Selain itu, beberapa saat sebelum pengambilan sampel terjadi hujan lokal yang meskipun singkat dapat memengaruhi sifat air.

Pada umumnya bakteri hidrokarbonoklastik mampu bertahan hidup pada salinitas rendah hingga tinggi, seperti penelitian yang dilakukan oleh Bhaktinagara *et al.*, (2015), bahwa bakteri hidrokarbonoklastik mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon pada salinitas 9,4-19,6 ppt. Menurut Harfiyanto *et al.*, (2020), salinitas dengan kisaran 16-30 ppt termasuk dalam kategori *polyhaline*, yang umumnya ditemukan di perairan payau. Kondisi ini sesuai dengan hasil pengambilan sampel air yang dilakukan di wilayah perairan pelabuhan yang berseberangan dengan Sungai Pangabuan, dimana terjadi percampuran antara air laut dan air sungai.

Karakteristik lingkungan perairan dalam penelitian berada di sekitar jembatan penyeberangan yang mengarahkan ke pasar, berbatasan dengan sungai

Pangabuan, area permukiman warga, serta pelabuhan kapal dan perahu (dapat dilihat pada gambar 7). Lokasi ini merupakan lokasi dengan aktivitas manusia dan lalu lintas perahu yang cukup tinggi. Selama proses pengamatan terlihat dengan jelas bahwa perairan tersebut terkontaminasi oleh berbagai jenis limbah, baik itu limbah domestik yang berasal dari aktivitas rumah tangga maupun limbah yang lebih spesifik seperti ceceran minyak yang dapat dengan mudah dilihat di permukaan air, yang diduga berasal dari perahu-perahu yang melintas di daerah tersebut (dapat dilihat pada gambar 7). Pengamatan karakteristik lingkungan perairan dilakukan cukup lama, hal tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa bakteri yang dapat terisolasi merupakan bakteri indigenous yang sudah menetap pada lokasi tersebut. Berikut merupakan gambar karakteristik perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir.



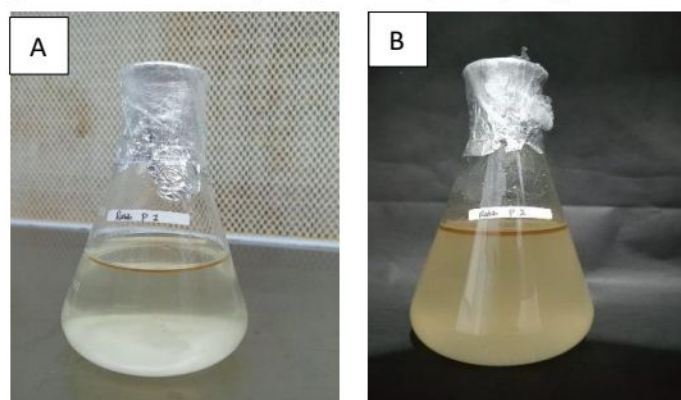
Gambar 7. Karakteristik Lingkungan di Sekitar Pelabuhan
A. Pasar Di Sekitar Pelabuhan, B. Sungai Pangabuan dan Permukiman, C. Persandaran Kapal dan Perahu, D. Perairan Yang Tercemar Oleh Minyak
(Dokumentasi Pribadi, 2025)

4.2 Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigenous

Isolasi dilakukan dengan menumbuhkan bakteri indigenous yang berasal dari sampel air yang tercemar oleh minyak di pelabuhan Kualatungkal Ilir. Agar proses isolasi lebih efektif, digunakan media selektif untuk mendukung pertumbuhan bakteri yang mampu mendegradasi minyak sekaligus menghambat pertumbuhan bakteri lain yang tidak memiliki kemampuan tersebut. Media selektif yang digunakan adalah *Stone Mineral Salt Solution* (SMSS). Menurut Ibrohim, (2021) media SMSS mengandung berbagai zat mineral dan nutrisi

penting yang dibutuhkan oleh bakteri hidrokarbonoklastik untuk tumbuh hidup dan berkembang. Beberapa komponen utama dalam media SMSS antara lain kalsium karbonat (CaCO_3), amonium nitrat (NH_4NO_3), natrium hidrogen fosfat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), kalium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), magnesium sulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), dan mangan klorida ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Zat-zat tersebut berperan penting dalam mendukung pertumbuhan, perkembangan dan aktivitas metabolisme bakteri, termasuk membantu pembentukan enzim-enzim yang dibutuhkan untuk memecah minyak. Selain itu, media SMSS juga mengandung *yeast extract* yang berfungsi sebagai sumber nitrogen tambahan dan faktor pertumbuhan lainnya seperti vitamin dan asam amino yang berguna untuk mempercepat proses pertumbuhan awal bakteri. Media SMSS juga ditambahkan minyak solar sebanyak 2% sebagai sumber karbon utama. Bakteri yang mampu memanfaatkan minyak sebagai sumber energi yang dapat tumbuh didalam media SMSS. Hal ini membuat media SMSS sangat efektif dalam menyeleksi bakteri-bakteri yang mampu mendegradasi minyak, sehingga hanya jenis bakteri hidrokarbonoklastik saja yang akan bertahan dan berkembang dalam media ini.

Pada saat proses penumbuhan bakteri di media SMSS cair terjadi perubahan warna kuning pada media yang menandakan bahwa bakteri pendegradasi minyak telah tumbuh pada media tersebut. Sebelum diinkubasi media SMSS yang berisi air yang tercemar minyak berwarna putih bening, namun setelah diinkubasi media SMSS cair tersebut mengalami perubahan warna menjadi kuning keruh (dapat di lihat pada gambar 8). Sesuai dengan pernyataan yang disampaikan oleh Nurjanah (2018), bahwa perubahan warna pada media terjadi karena bakteri hidrokarbonoklastik telah tumbuh dan memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber nutrisi. Setelah itu, senyawa hidrokarbon tersebut mengalami perombakan yang mengakibatkan terjadinya perubahan warna pada media dan perubahan warna yang umumnya terjadi yaitu kuning hingga jingga.



Gambar 8. Penumbuhan Bakteri dalam Media SMSS Cair:
A. Sebelum inkubasi , B. Sesudah inkubasi (Dokumentasi pribadi, 2025)

Bakteri yang tumbuh dalam media SMSS cair kemudian biakkan ke dalam media SMSS padat dan dilakukan pemurnian pada media *Nutrient Agar*. Berdasarkan hasil pemurnian diperoleh 9 isolat bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu tumbuh pada media selektif. Masing-masing isolat tersebut kemudian diberi kode penamaan isolat yaitu isolat 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan 9. Selanjutnya dilakukan karekterisasi meliputi pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis

Kode Isolat	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Bentuk koloni	Tepi Koloni	Elevasi Koloni	Permukaan	Optik	Bentuk bakteri
1	Besar	Putih bening	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	<i>transparent</i>	<i>Coccus</i>
2	Sedang	Putih bening	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>	Mengkilap	<i>transparent</i>	<i>Coccus</i>
3	Sedang	Putih keruh	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	Mengkilap	<i>translucent</i>	<i>Coccus</i>
4	Sedang	Putih keruh	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Kering	<i>opaque</i>	<i>Cocco bacill</i>
5	Sedang	Putih keruh	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Kering	<i>opaque</i>	<i>Cocco bacill</i>
6	Besar	Putih keruh	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Kering	<i>opaque</i>	<i>Cocco bacill</i>
7	Sedang	Putih keruh	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	mengkilap	<i>translucent</i>	<i>Coccus</i>
8	Sedang	Putih ke kuningan	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Umbonate</i>	Mengkilap	<i>transparent</i>	<i>Bacill</i>
9	Besar	Putih keruh	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	Mengkilap	<i>translucent</i>	<i>Coccus</i>

Keterangan:

Irregular : tidak beraturan

Circular : beraturan

Undulate : bergelombang

Entire : rata

Raised : timbul-datar

Umbonate : timbul-tengah menonjol

Flat : datar

Convex : timbul-cembung

Transparent : dapat menembus cahaya

Translucent : dapat menembus cahaya sebagian

Opaque : tidak dapat menembus cahaya

Berdasarkan data pada tabel 1 dapat diketahui bahwa terdapat sembilan isolat bakteri dengan ciri koloni yang berbeda-beda. Isolat 1 memiliki koloni berukuran besar, berwarna putih bening, berbentuk beraturan (*circular*), tepinya rata (*entire*), permukaannya mengkilap, dan elevasi koloni sedikit timbul (*raised*), serta bakteri berbentuk *coccus*. Isolat 2 memiliki karakteristik serupa, namun ukuran koloninya sedang. Isolat 3 koloni berukuran sedang dengan warna putih keruh, bentuk koloni bulat, tepi rata, dan permukaannya mengkilap serta menonjol cembung (*convex*). Isolat 4 dan 5 sama-sama berukuran sedang dan berwarna putih keruh, tetapi bentuk koloninya tidak beraturan (*irregular*), tepinya

bergelombang (*undulate*), permukaannya kering dan datar (*flat*), serta bentuk bakterinya adalah *coccobacill*. Isolat 6 memiliki ukuran koloni besar dengan ciri-ciri sama seperti isolat 4 dan 5. Isolat 7 kembali menunjukkan ciri koloni *circular*, tepi *entire*, permukaan mengkilap dan cembung (*convex*), dengan ukuran sedang dan warna putih keruh, serta bentuk bakteri *coccus*. Isolat 8 sedikit berbeda karena warnanya putih kekuningan, ukuran sedang, bentuk koloni bulat dengan elevasi menonjol di tengah (*umbonate*), permukaan mengkilap, dan bentuk bakteri *bacill*. Terakhir, isolat 9 berukuran besar dengan warna putih keruh, bentuk koloni bulat, tepi rata, elevasi cembung, permukaan mengkilap, dan bentuk bakteri *coccus*.

Berdasarkan data sembilan isolat bakteri yang diamati, dapat diketahui bahwa karakteristik dominan koloni bakteri adalah berukuran sedang, berwarna putih keruh, berbentuk beraturan (*circular*), dengan tepi rata (*entire*), permukaan mengkilap, dan elevasi koloni cembung (*convex*) serta datar (*flat*). Bentuk bakteri yang paling sering ditemukan adalah *coccus*, dilanjutkan oleh *coccobacill* dan *bacill*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Andhini *et al.*, (2018), yang mengisolasi bakteri pendegradasi minyak dari perairan sekitar pelabuhan Bengkalis. Penelitian tersebut menemukan bahwa karakteristik koloni yang umum ditemui adalah berbentuk bulat, berwarna putih, permukaannya licin dan mengkilap, serta memiliki elevasi yang menonjol (*umbonate-convex*).

Tabel 2. Hasil Uji Biokimia

Kode Isolat	Katalase	Motilitas	Indol	TSIA	Methyl Red	Gram Ryu	Mac Conkey
1	+	-	-	+/+	-	+	-
2	+	-	-	+/+	-	+	-
3	+	-	-	+/+	-	+	-
4	+	+	-	+/+	-	-	+
5	+	+	-	+/+	-	-	+
6	+	+	-	+/+	-	-	+
7	+	-	-	+/+	-	+	-
8	+	-	-	+/+	-	-	+
9	+	-	-	+/+	-	+	-

Keterangan:

Uji katalase

+: menghasilkan gelembung O₂

-: tidak menghasilkan gelembung O₂

Uji motilitas

+: perluasan bekas tusukan pada media

-: tidak terjadi perluasan bekas tusukan pada media

Uji indol

+: terbentuk lapisan berwarna merah di bagian atas biakan

-: tidak terbentuk lapisan berwarna merah di bagian atas biakan

Uji TSIA

+: kuning bersifat asam

-: merah bersifat basa

+/+ : dasar kuning/permukaan kuning

Uji methyl red

+

 : perubahan warna media menjadi merah

-

 : tidak terjadi perubahan warna media

Uji gram Ryu

+

 : gram positif ditandai dengan tidak terjadinya tarik menarik

-

 : gram negatif ditandai dengan terjadinya tarik menarik

Uji MacConkey

+

 : bakteri tumbuh pada media

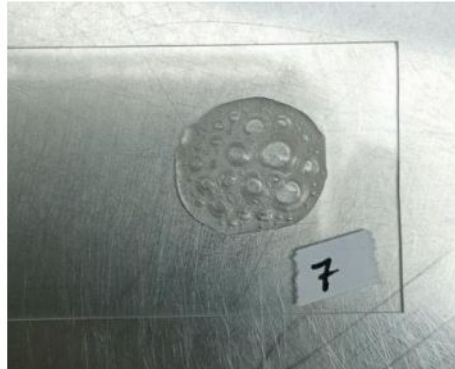
-

 : bakteri tidak tumbuh pada media

Berdasarkan data pada tabel 2 dapat diketahui bahwa seluruh isolat menunjukkan hasil positif (+) terhadap uji katalase, yang berarti bakteri mampu memecah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Sebagian besar isolat yaitu isolat 1, 2, 3, 7, 8, dan 9, tidak menunjukkan kemampuan motilitas (bergerak), sementara hanya tiga isolat (4, 5, dan 6) yang motil. Seluruh isolat menunjukkan hasil negatif (-) pada uji indol, menandakan bahwa bakteri tidak menghasilkan indol dari triptofan. Pada uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*), seluruh isolat menunjukkan hasil positif terhadap produksi asam dan gas (ditunjukkan dengan simbol +/+), yang menunjukkan fermentasi gula dengan produksi gas. Untuk uji *Methyl Red*, semua isolat memberikan hasil negatif, yang mengindikasikan bahwa mereka tidak menghasilkan asam stabil selama fermentasi glukosa. Berdasarkan uji penentuan gram bakteri menggunakan metode Ryu, isolat 1, 2, 3, 7, dan 9 menunjukkan hasil positif (+), artinya termasuk bakteri Gram positif, sementara sisanya Gram negatif. Dalam media MacConkey isolat 1, 2, 3, 7, dan 9 tidak mampu tumbuh pada media MacConkey (negatif), namun isolat 4, 5, 6 dan 8 menunjukkan pertumbuhan pada media MacConkey (positif), menunjukkan bahwa mereka mampu tumbuh pada media selektif tersebut, yang umumnya digunakan untuk mendeteksi keberadaan bakteri Gram negatif.

Berdasarkan hasil uji biokimia yang telah dilakukan karakter yang paling dominan dari sembilan isolat adalah hasil positif pada uji katalase dan TSIA, hasil negatif pada uji indol dan *Methyl Red*, serta sifat non-motil (tidak bergerak). Selain itu, sebagian besar isolat juga menunjukkan hasil positif pada uji Gram Ryu dan beberapa bakteri tidak mampu tumbuh pada media *MacConkey*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurjanah (2018), Hasil uji biokimia menunjukkan pola yang sama, yaitu uji katalase positif, uji indol negatif, serta hasil TSIA menunjukkan produksi asam dari glukosa (asam/asam). Selain itu, ditemukan beberapa isolat yang bersifat motil maupun non-motil, serta variasi hasil pewarnaan gram, yaitu terdiri dari bakteri gram positif dan gram negatif. Uji katalase dilakukan untuk mengetahui suatu mikroorganisme memiliki enzim katalase atau tidak. Menurut Fadilah *et al.*, (2022), Enzim katalase yaitu enzim yang berfungsi menguraikan hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air (H_2O) dan oksigen (O_2). Hidrogen peroksida itu sendiri merupakan senyawa toksik bagi sel karena dapat merusak struktur

protein dan enzim di dalamnya. Prosedur uji ini dilakukan dengan mengoleskan koloni bakteri ke atas kaca objek, lalu meneteskan 2 tetes larutan H_2O_2 3%. Jika terbentuk gelembung gas (oksigen), maka hasil uji dinyatakan positif, menandakan adanya aktivitas enzim katalase pada mikroorganisme tersebut. Uji ini penting untuk membedakan bakteri aerob dan anaerob (Lestari *et al.*, 2020). Hasil uji katalase pada keseluruhan isolate bakteri adalah positif dan berikut hasil uji katalase yang dinyatakan positif (dapat dilihat pada gambar 9).



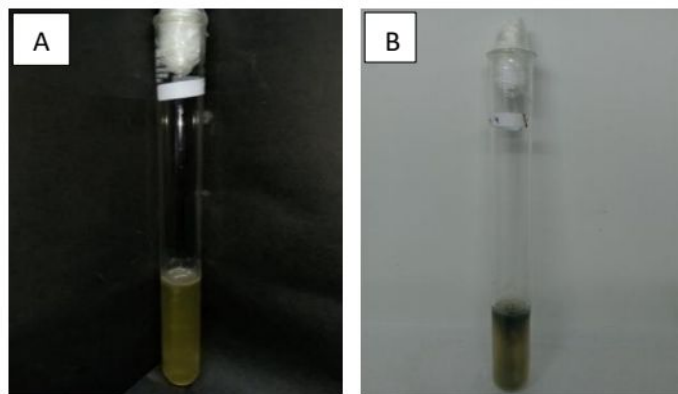
Gambar 9. Hasil Uji Katalase yang dinyatakan Positif
(Dokumentasi pribadi, 2025)

Menurut Puspawati *et al.*, (2017), uji *Methyl Red* merupakan uji yang digunakan untuk mendeteksi kemampuan bakteri dalam melakukan fermentasi glukosa secara stabil untuk menghasilkan asam kuat. Proses ini menunjukkan bahwa mikroorganisme mampu mempertahankan kondisi asam meskipun berada dalam media pertumbuhan yang kompleks. Berdasarkan laporan dari Kartikasari *et al.*, (2019) hasil positif ditandai dengan perubahan warna media menjadi merah yang menunjukkan pH media tetap rendah, Sedangkan hasil negatif ditandai dengan warna kuning yang berarti pH media lebih tinggi akibat tidak terbentuknya asam secara stabil (dapat dilihat pada gambar 10). Keseluruhan isolat bakteri pada uji MR memperoleh hasil negatif.



Gambar 10. Hasil Negatif pada Uji Methyl Red
(Dokumentasi pribadi, 2025)

Uji motilitas digunakan untuk menentukan apakah suatu mikroorganisme memiliki kemampuan bergerak atau tidak. Pada gambar 11 memperlihatkan bakteri bersifat motil dan non-motil. Pergerakan bakteri terjadi karena bakteri memiliki alat gerak berbentuk rambut-rambut halus yang dinamakan flagella (Yuka *et al.*, 2021). Jika bakteri bersifat motil, maka akan terlihat pertumbuhan menyebar dari titik inokulasi dan media menjadi keruh seperti kabut. Sebaliknya, bakteri non-motil hanya akan tumbuh sepanjang jalur inokulasi (Rahmawati dan Isnaeni, 2016). Berdasarkan hasil uji motilitas, isolat bakteri 1, 2, 3, 7, 8, 9 memiliki sifat non motil dan isolat bakteri 4, 5, 6 memiliki sifat motil.



Gambar 11. Hasil Uji Motilitas
A. Non motil, B. Motil (Dokumentasi pribadi, 2025)

Uji indol digunakan untuk menentukan kemampuan mikroorganisme dalam menguraikan asam amino triptofan menjadi indol melalui aktivitas enzim triptofanase. Pada uji indol digunakan reagen *Kovacs* untuk mendeteksi keberadaan indol, yang merupakan salah satu produk hasil degradasi triptofan oleh bakteri (Fallo dan Sine, 2016). Menurut (Rifai, 2021), triptofan dapat diuraikan menjadi tiga produk utama, yaitu indol, asam piruvat, dan amonia. Deteksi indol menunjukkan bahwa proses degradasi triptofan telah terjadi, yang ditandai dengan terbentuknya lapisan berwarna sebagai hasil reaksi kimia. Zat aktif dalam reagen Kovacs, yakni p-dimetilaminobenzaldehida, bereaksi dengan indol membentuk lapisan berwarna merah muda hingga merah sebagai indikator hasil uji positif. Sebaliknya, jika hasil uji negatif, tidak terjadi reaksi dan warna reagen tetap kuning (dapat dilihat pada gambar 12). Pada keseluruhan isolat bakteri pada uji indol diperoleh hasil bakteri tidak menghasilkan indol.



Gambar 12. Hasil Uji Indol (Dokumentasi pribadi, 2025)

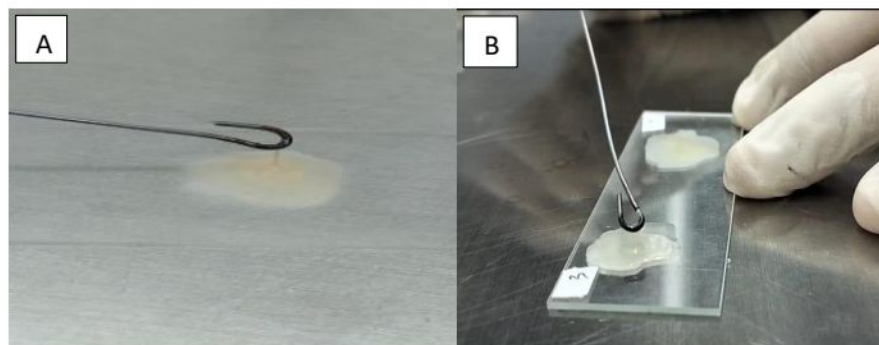
Uji TSIA merupakan uji biokimia kompleks yang digunakan untuk menilai kemampuan bakteri dalam memfermentasi tiga jenis gula (glukosa, laktosa, dan sukrosa) serta memproduksi gas dan hidrogen sulfida (H_2S). Media TSIA terdiri dari dua bagian yaitu bagian permukaan miring dan permukaan dasar tabung. Fermentasi glukosa ditandai dengan terjadinya perubahan warna dasar menjadi kuning, fermentasi laktosa dan sukrosa menyebabkan permukaan miring juga berubah menjadi kuning (dapat dilihat pada gambar 13). Produksi gas ditunjukkan dengan terbentuknya rongga atau retakan pada media, sedangkan produksi H_2S menyebabkan terbentuknya endapan hitam pada dasar tabung. (Wahyuni et al., 2018). Berdasarkan hasil uji TSIA yang telah dilakukan ke-9 isolat bakteri media berubah menjadi dasar kuning dan miring kuning.



Gambar 13. Hasil Uji TSIA (Dokumentasi pribadi, 2025)

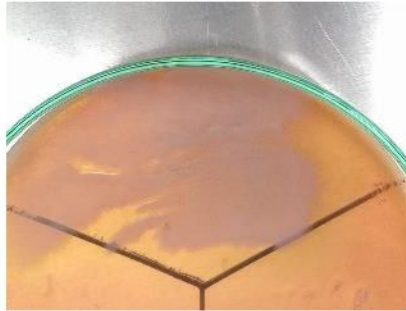
Uji Gram Ryu atau disebut dengan KOH *string test* merupakan metode identifikasi cepat dan sederhana untuk menentukan jenis pewarnaan gram pada bakteri tanpa menggunakan teknik pewarnaan mikroskopis. Metode ini hanya memerlukan satu reagen, yaitu larutan kalium hidroksida (KOH), sehingga pelaksanaannya lebih praktis dan efisien dibandingkan metode Gram

konvensional (Dash dan Payyappilli, 2016). Bakteri gram negatif yang memiliki dinding sel lebih tipis dan mengandung lipopolisakarida akan mengalami lisis bila terkena larutan KOH 3%, sehingga DNA di dalam sel keluar dan membentuk lendir atau benang saat disentuh menggunakan jarum ose, sehingga reaksi ini dianggap positif. Sebaliknya, bakteri gram positif yang memiliki dinding sel lebih tebal dan kuat tidak akan mengalami lisis, sehingga tidak terbentuk lendir dan hasilnya dianggap negatif (Rinihapsari dan Julianasya, 2021). Pada uji gram ryu isolat 4, 5, 6 dan 8 terjadi pembentukan lender dan pada isolat 1, 2, 3, 7 dan 9 tidak menghasilkan lender. Berikut hasil uji gram ryu (dapat dilihat pada gambar 14).



Gambar 14. Hasil Uji Gram Ryu
A. Gram negatif, B. Gram Positif (Dokumentasi pribadi, 2025)

Mac Conkey merupakan media yang bersifat selektif sekaligus diferensial, dan secara luas digunakan dalam bidang mikrobiologi untuk isolasi serta identifikasi bakteri Gram negatif (Toruan *et al.*, 2023). Sebagai media selektif, MacConkey mengandung garam empedu dan kristal violet yang berfungsi menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif, sehingga hanya bakteri Gram negatif yang dapat tumbuh. Sementara itu, sifat diferensial media ini berasal dari kandungan laktosa, yang memungkinkan pembedaan antara bakteri Gram negatif yang mampu memfermentasi laktosa dan yang tidak. Bakteri yang memfermentasi laktosa akan menghasilkan asam, menyebabkan penurunan pH di sekitar koloni, sehingga koloni tampak berwarna merah muda (sebagaimana ditunjukkan pada gambar 15). Sebaliknya, bakteri yang tidak memfermentasi laktosa akan membentuk koloni yang tidak berwarna atau transparan (Widyastuti dan Rachmawati, 2022). Isolat yang memiliki koloni berwarna merah muda yaitu isolate 4, 5, 6 dan 8.



Gambar 15. Hasil uji mac conkey (Dokumentasi pribadi, 2025)

4.3 Identifikasi Bakteri

Berdasarkan hasil isolasi dan karakterisasi terhadap sembilan isolat bakteri indigenous, diketahui bahwa isolat tersebut berasal dari empat genus yang berbeda. Identifikasi menggunakan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* edisi ke-9 dilakukan dengan mencocokkan karakteristik makroskopis, mikroskopis, dan hasil uji biokimia isolat bakteri dengan deskripsi taksonomi yang ada dalam buku tersebut. Proses identifikasi dimulai dari menentukan sifat dasar seperti gram bakteri, bentuk sel, dan kemampuan motilitas, lalu dilanjutkan dengan uji biokimia. Setelah mendapatkan kemungkinan genus dari *Bergey's*, dilakukan penguatan identifikasi dengan membandingkan hasil karakteristik isolat terhadap data dari jurnal yang melaporkan karakteristik isolat bakteri yang sama. Pencocokan ini meliputi kesamaan dalam pengamatan makroskopis, mikroskopis, biokimia, dan lingkungan asal isolat. Tabel berikut merupakan hasil identifikasi yang telah dilakukan.

Tabel 3. Identifikasi Bakteri Hidrokarbonoklastik

Kode isolat	Genus
1	<i>Micrococcus</i>
2	<i>Micrococcus</i>
3	<i>Staphylococcus</i>
4	<i>Alcaligenes</i>
5	<i>Alcaligenes</i>
6	<i>Alcaligenes</i>
7	<i>Staphylococcus</i>
8	<i>Klebsiella</i>
9	<i>Staphylococcus</i>

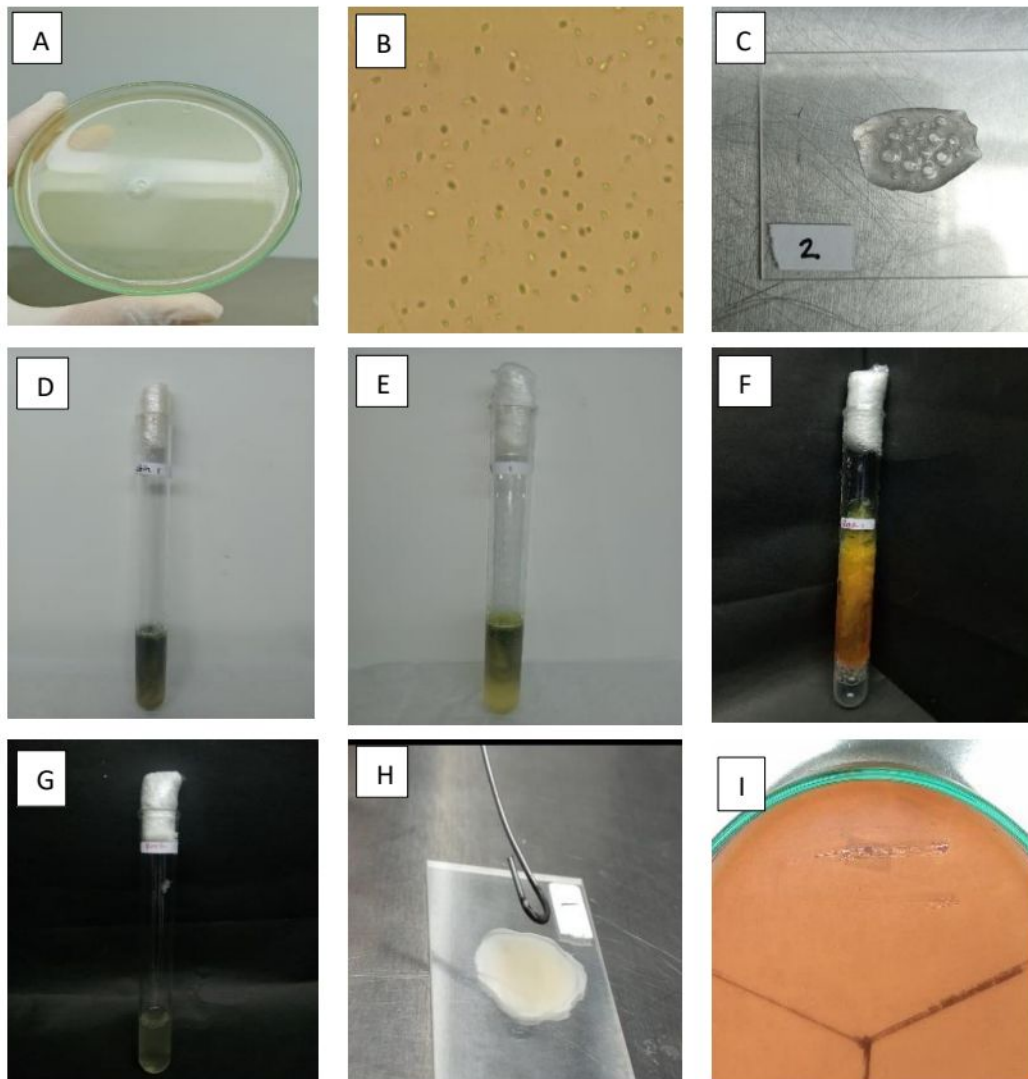
1. Genus *Micrococcus*

Hasil pengamatan mikroskopis, makroskopis, dan uji biokimia dapat dilihat pada gambar 16. Adapun karakternya menunjukkan bahwa isolat bakteri 1 memiliki ukuran koloni yang lebih besar dibandingkan isolat 2. Namun, pada pengamatan lainnya, kedua isolat tersebut menunjukkan karakteristik yang serupa. Berdasarkan hasil karakterisasi tersebut, isolat dengan kode 1 dan 2 yang diperoleh dari perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir berhasil diidentifikasi sebagai anggota genus *Micrococcus*. Menurut Holt *et al.*, (1994), genus *Micrococcus* merupakan bakteri yang memiliki beberapa ciri khas antara lain bentuk sel bulat dengan diameter 0,5–2,0 μm , gram positif, susunan sel yang dapat berupa berpasangan, berkelompok, tunggal, tidak beraturan dan tidak membentuk rantai. Bakteri ini bersifat, non-motil, aerob, dan tidak membentuk spora. Koloni *Micrococcus* umumnya berwarna putih, kuning, atau merah, serta memberikan hasil positif pada uji katalase. Suhu optimum pertumbuhan bakteri ini berkisar antara 25–37°C.

Klasifikasi genus *Micrococcus* berdasarkan ITIS.gov (2025) sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Divisi	: Actinobacteria
Kelas	: Actinomycetes
Order	: Micrococcales
Family	: Micrococcaceae
Genus	: <i>Micrococcus</i>

Berdasarkan hasil uji biokimia yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri *Micrococcus* menunjukkan beberapa karakteristik penting (dapat dilihat pada gambar 16). Hasil uji katalase yang merujuk pada penelitian Aulia *et al.*, (2022) menunjukkan hasil positif pada uji katalase *Micrococcus*. Berdasarkan uji motilitas menurut Pratiwi *et al.*, (2023), *Micrococcus* menunjukkan sifat non motil, yang berarti bakteri tidak mampu bergerak. Pada uji indol dengan hasil negatif mengacu pada pernyataan Pratiwi *et al.*, (2023), yang menjelaskan bahwa bakteri *Micrococcus* tidak menghasilkan indol. Hasil uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*) menurut Silalahi *et al.*, (2020) *Micrococcus* menunjukkan reaksi asam/asam, yang berarti Bakteri mampu memfermentasi glukosa, laktosa, dan sukrosa. Hasil uji MR (*Methyl Red*) menunjukkan reaksi negatif, hal ini merujuk pada pernyataan Aulia *et al.*, (2022) yang menyatakan hasil MR *Micrococcus* adalah negatif.



Gambar 16. Karakteristik *Micrococcus*: A. Pengamatan Makroskopis, B. pengamatan Mikroskopis, C. Uji Katalase, D. Uji Motilitas, E. Uji Indol, F. Uji TSIA, G. Uji MR, H. Uji Gram Ryu, I. Uji Mac Conkey (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Bakteri *Micrococcus* merupakan salah satu jenis bakteri yang dikenal memiliki kemampuan sebagai agen bioremediasi. Menurut Abidin *et al.*, (2019), *Micrococcus* tergolong dalam kelompok bakteri hidrokarbonoklastik yaitu bakteri yang mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon. Kemampuan ini menjadikannya efektif digunakan dalam proses bioremediasi terutama pada lingkungan yang tercemar oleh senyawa hidrokarbon seperti minyak bumi. Selain itu *Micrococcus* juga memiliki potensi sebagai agen bioremediasi untuk menurunkan kadar logam berat di lingkungan. Penelitian Marzan *et al.*, (2017), menunjukkan bahwa bakteri ini dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam berat seperti kromium (Cr), tembaga (Cu), dan seng (Zn), yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan kelestarian ekosistem. Menurut Munawar (2015), bakteri *Micrococcus* juga termasuk dalam biodiversitas bakteri indigenus yang berperan

penting dalam mengatasi pencemaran lingkungan, baik di perairan maupun di tanah. Peran ini menjadikan *Micrococcus* sebagai salah satu mikroorganisme potensial yang dapat dimanfaatkan dalam program pelestarian lingkungan dan pemulihan ekosistem yang tercemar.

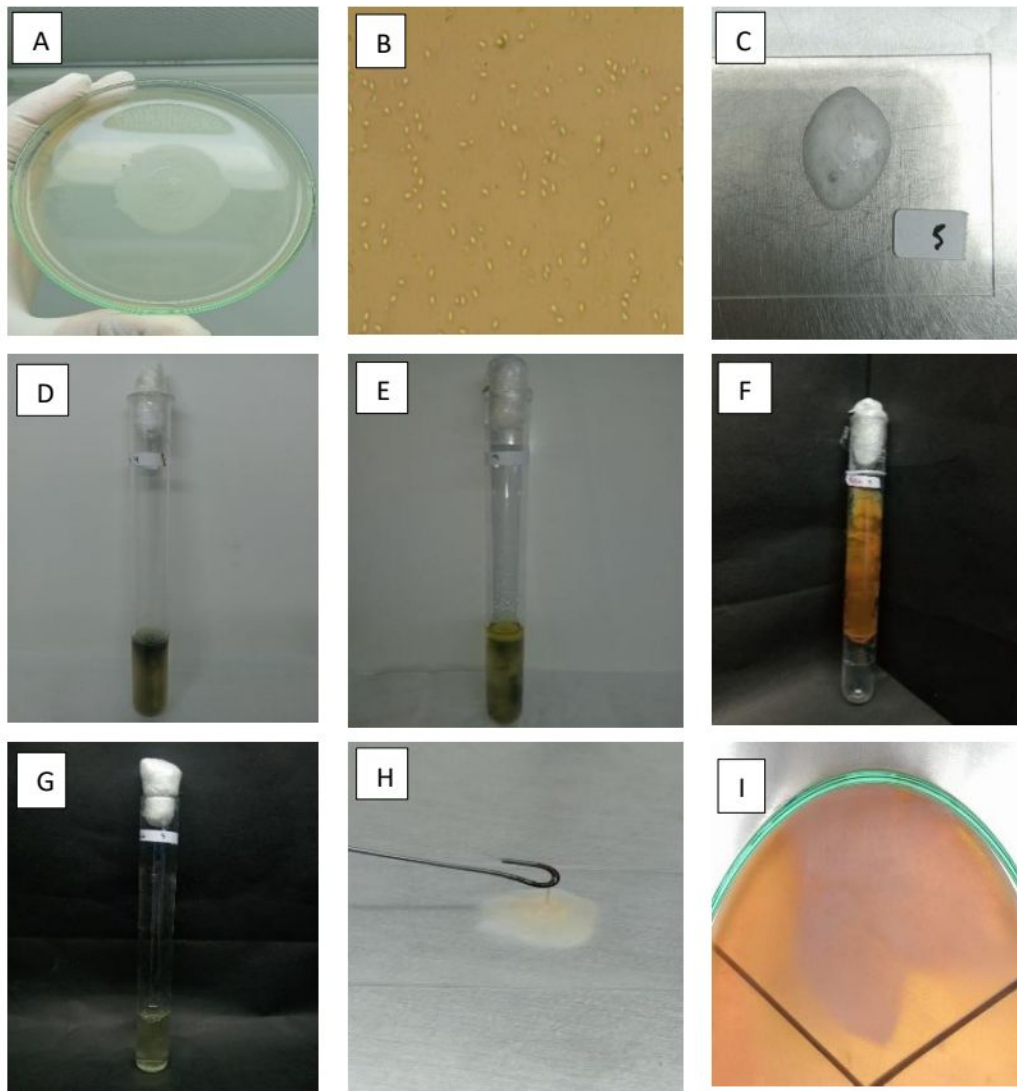
2. Genus *Alcaligenes*

Berdasarkan hasil karakterisasi yang disajikan pada tabel 1 dan tabel 2, serta dapat dilihat pada gambar 17 bahwa isolat 4, 5, dan 6 menunjukkan karakteristik yang serupa. Dari karakteristik tersebut, ketiga isolat yang diperoleh dari perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir berhasil diidentifikasi sebagai anggota genus *Alcaligenes*. Menurut Holt *et al.*, (1994), genus *Alcaligenes* memiliki beberapa ciri khas antara lain bentuk sel yang dapat berupa batang kokus, batang, atau kokus dengan ukuran 0,5–1,0 x 0,5–2,6 μm , biasanya tersusun secara terpisah, tergolong bakteri gram negatif, bersifat motil, serta fase pertumbuhannya bersifat aerob fakultatif. Beberapa jenis *Alcaligenes* juga mampu melakukan respirasi anaerobik dengan menggunakan nitrat atau nitrit sebagai akseptor elektron. Koloni pada media agar nutrisi umumnya tidak berwarna atau berwarna putih. Selain itu, isolat ini memberikan hasil uji oksidase dan katalase yang positif, serta tidak memproduksi indol. Suhu optimum pertumbuhan bakteri ini berkisar antara 20–37°C.

Klasifikasi genus *Alcaligenes* berdasarkan ITIS.gov (2025) sebagai berikut:

Kingdom	: Bakteria
Divisi	: pseudomonadota
Kelas	: Betaproteobacteria
Ordo	: Burkholderiales
Famili	: Alcaligenaceae
Genus	: <i>Alcaligenes</i>

Berdasarkan hasil uji biokimia untuk mengidentifikasi, *Alcaligenes* memiliki beberapa karakteristik yang penting. Suraya *et al.*, (2023) melaporkan bahwa bakteri *Alcaligenes* menunjukkan hasil positif pada uji katalase. Berdasarkan penelitian Juniawan *et al.*, (2023) menyatakan bahwa isolat *Alcaligenes* menunjukkan hasil negatif pada uji indol, yang berarti bakteri tersebut tidak mampu memecah triptofan menjadi indol, serta menghasilkan gas H_2S , yang menandakan kemampuannya mereduksi senyawa sulfur menjadi hidrogen sulfida dalam kondisi anaerob. Ishaya *et al.*, (2023) melaporkan bahwa isolat *Alcaligenes* menunjukkan hasil negatif pada uji *Methyl Red*. Berdasarkan laporan Welan dan Refli (2019), hasil uji TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*) terhadap *Alcaligenes* menunjukkan reaksi asam-asam.



Gambar 17. Karakteristik *Alcaligenes*: A. Pengamatan Makroskopis, B. pengamatan Mikroskopis, C. Uji Katalase, D. Uji Motilitas, E. Uji Indol, F. Uji TSIA, G. Uji MR, H. Uji Gram Ryu, I. Uji Mac Conkey (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Bakteri *Alcaligenes* telah dikenal luas sebagai agen biodegradasi yang potensial dalam penanganan pencemaran lingkungan. Sayed *et al.*, (2024) melaporkan bahwa *Alcaligenes* mampu menghasilkan biosurfaktan yang berperan penting dalam proses pendegradasian minyak. Indrawan (2018), sebelumnya juga telah berhasil mengisolasi dan mengkarakterisasi *Alcaligenes* dari tanah tercemar limbah di Desa Bengkala, yang menunjukkan potensi besar sebagai bakteri bioremediasi. Hal yang sama dikemukakan oleh Juniawan *et al.*, (2023), yang berhasil mengidentifikasi *Alcaligenes* sebagai bakteri termofilik yang mampu mendegradasi lumpur minyak di wilayah Kalimantan Timur. Selain itu, penelitian oleh Wilian *et al.*, (2024) mengenai inovasi pemanfaatan bakteri hidrokarbonoklastik dalam pelestarian lingkungan perairan juga menemukan bahwa dari sepuluh jenis bakteri pendegradasi minyak yang diidentifikasi, salah

satunya adalah *Alcaligenes* yang menunjukkan efektivitas tinggi dalam mendegradasi. Sementara itu, Ishaya *et al.*, (2023) mengisolasi dan mengidentifikasi *Alcaligenes* sebagai agen biodegradasi yang mampu menguraikan minyak oli bekas dari mesin.

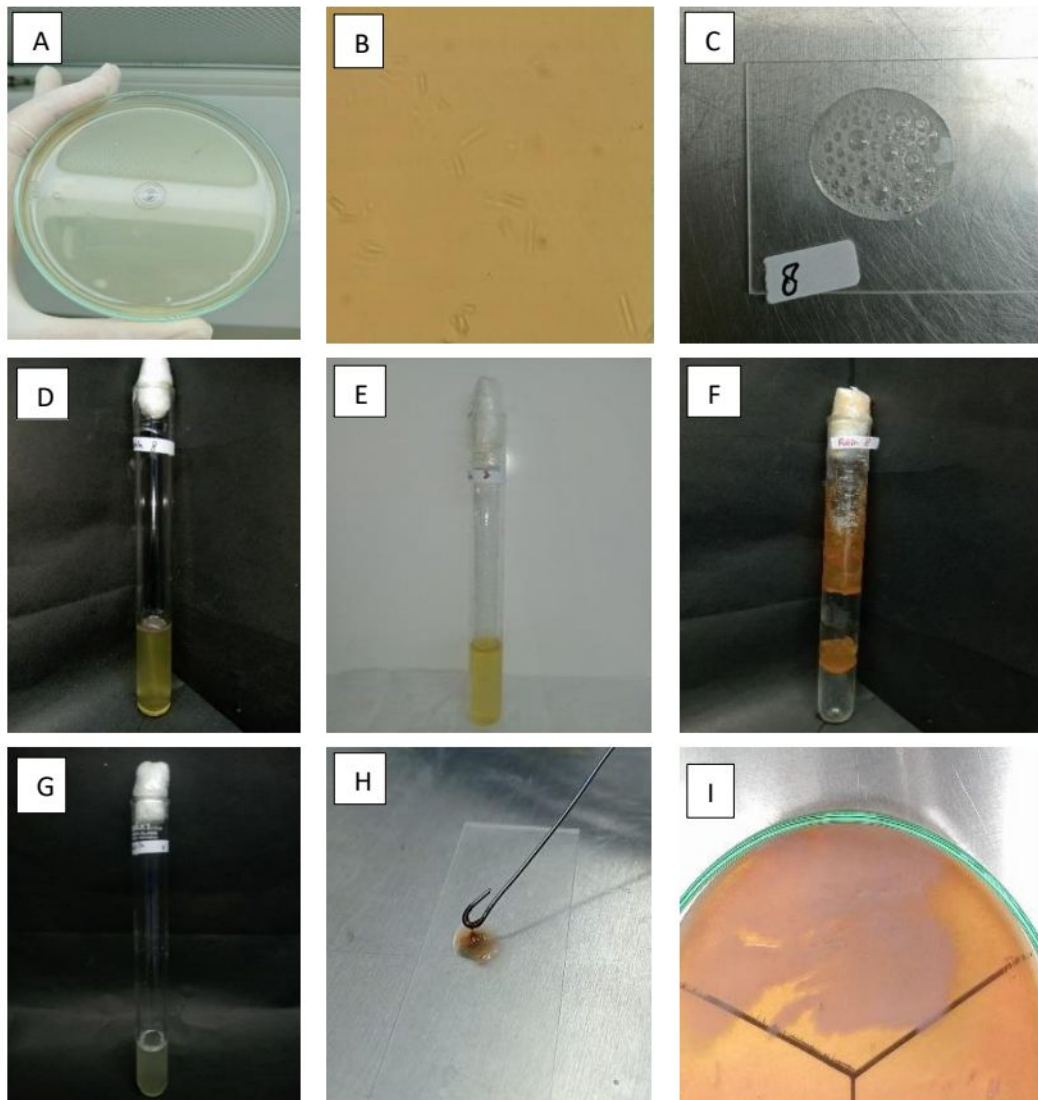
3. Genus *Klebsiella*

Berdasarkan hasil karakterisasi dan dapat di lihat pada gambar 18 bahwa isolat 8 menunjukkan ciri-ciri berupa bentuk batang (basil), bersifat Gram-negatif, dengan koloni berwarna putih kekuningan. Bentuk koloni bersifat melingkar (circular) dengan tepi halus (entire), elevasi umbonate, serta permukaan yang mengkilap. Berdasarkan data tersebut, isolat 8 berhasil diidentifikasi sebagai anggota genus *Klebsiella*. Menurut Holt *et al.*, (1994), genus *Klebsiella* sel-selnya dapat tersusun atas tunggal, rantai pendek dan dapat tersusun berpasangan. Bakteri berbentuk batang lurus dengan diameter 0,3–1,0 μm dan panjang 0,6–6,0 μm . *Klebsiella* termasuk bakteri gram negatif, tidak motil, dan tumbuh dengan mekanisme aerob fakultatif serta memiliki kapsul. Suhu optimum pertumbuhannya adalah sekitar 37°C. Bakteri ini mampu memproduksi asam dan gas, memberikan hasil negatif pada uji indol, positif pada uji katalase dan tidak menghasilkan gas H_2S .

Klasifikasi genus *Klebsiella* berdasarkan ITIS.gov (2025) sebagai berikut:

Kingdom	: Bakteria
Divisi	: pseudomonadota
Kelas	: Gammaproteobacteria
Ordo	: Enterobacteriales
Famili	: Enterobacteriaceae
Genus	: <i>Klebsiella</i>

Pada saat proses identifikasi isolat terdapat kesesuaian yang di nyatakan oleh Butar *et al.*, (2016) Yang menyatakan bahwa Genus *Klebsiella* memiliki karakteristik dengan tepian koloni rata, koloni berbentuk bulat, permukaan rata dan tipis, koloni berwarna putih, , bersifat non-motil, gram negatif dan dapat tumbuh baik pada media *Mac Conkey*. Berdasarkan hasil uji katalase yang dilaporkan oleh Cahyaningtyas *et al.*, (2022) isolat menunjukkan reaksi positif. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sayati (2015), hasil uji indol menunjukkan reaksi. Hasil uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) berdasarkan penelitian Ibrohim (2021) menunjukkan reaksi asam-asam. Berdasarkan uji *Methyl Red* (MR) yang dilaporkan oleh Bolla *et al.*, (2021), *Klebsiella* menunjukkan reaksi negatif.



Gambar 18. Karakteristik *Klebsiella*: A. Pengamatan Makroskopis, B. pengamatan Mikroskopis, C. Uji Katalase, D. Uji Motilitas, E. Uji Indol, F. Uji TSIA, G. Uji MR, H. Uji Gram Ryu, I. Uji Mac Conkey (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Bakteri *Klebsiella* dikenal sebagai salah satu mikroorganisme yang berpotensi tinggi dalam bidang bioremediasi, khususnya dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon. Kemampuan ini menjadikannya sebagai bakteri hidrokarbonoklastik adalah bakteri yang mampu memecah dan dapat memanfaatkan senyawa hidrokarbon sebagai sumber energi dan karbon. Penelitian yang dilakukan oleh Huyyirnah dan Rosmaniar (2021), secara spesifik telah mengidentifikasi *Klebsiella* sebagai bakteri hidrokarbonoklastik, yang mampu tumbuh dan berkembang pada lingkungan yang tercemar senyawa hidrokarbon. Hal ini menunjukkan bahwa *Klebsiella* memiliki mekanisme metabolik yang mendukung proses dekomposisi senyawa kompleks hidrokarbon menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Selanjutnya berdasarkan penelitian Khastini *et al.*, (2022) menyatakan bahwa

Klebsiella memiliki peranan penting dalam proses bioremediasi, terutama dalam konteks degradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat di lingkungan tercemar. Kemampuannya dalam memanfaatkan hidrokarbon tidak hanya bermanfaat untuk membersihkan lingkungan, tetapi juga membantu memulihkan kualitas tanah dan air yang terkontaminasi limbah minyak bumi dan turunannya. Hal ini sejalan dengan temuan dari Sayati *et al.*, (2015) yang berhasil mengisolasi *Klebsiella* dari lingkungan limbah cair minyak bumi. Pernyataan ini semakin menguatkan bahwa *Klebsiella* merupakan bakteri indigenus yang dapat bertahan dan aktif di lingkungan ekstrem serta berperan sebagai agen biodegradasi alami dalam kondisi yang tercemar.

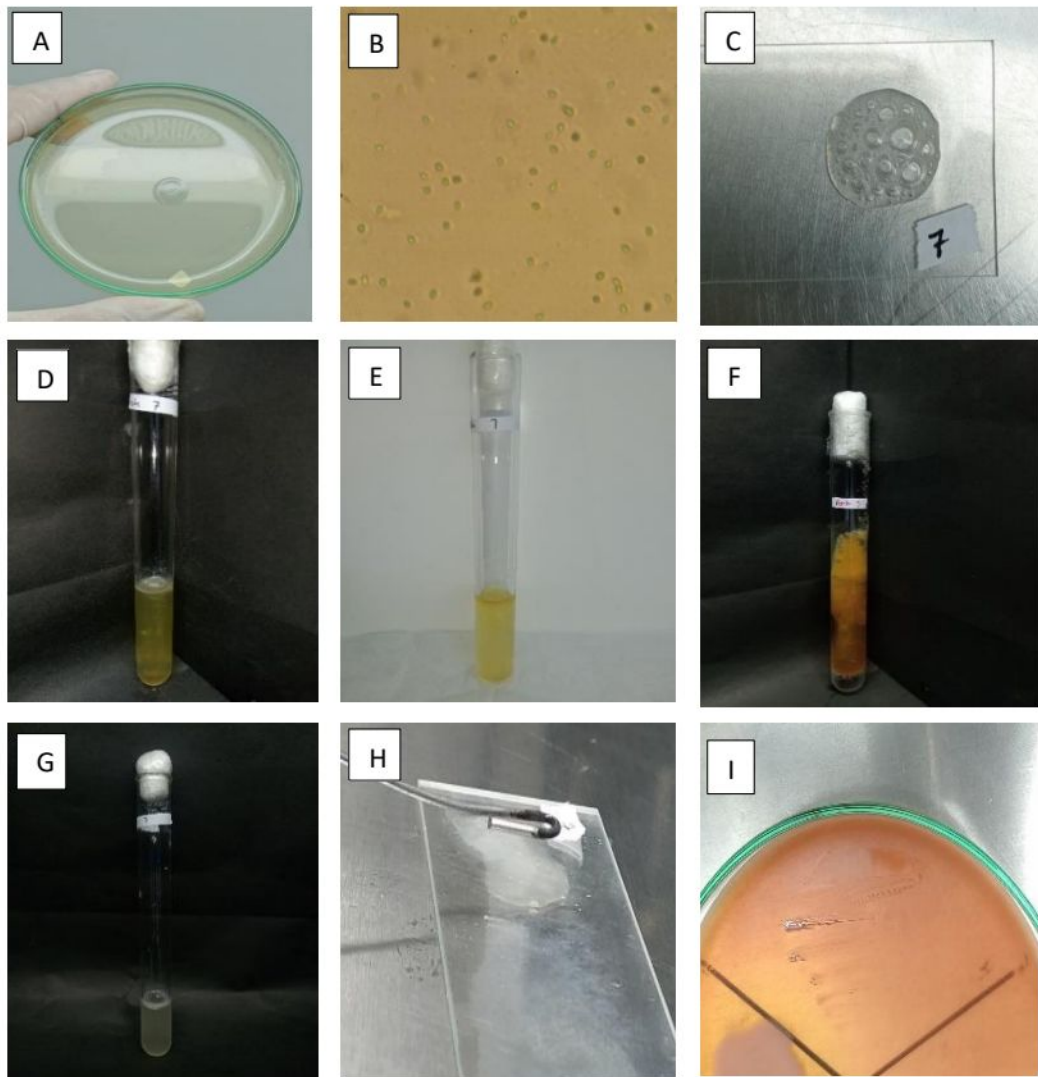
4. Genus *Staphylococcus*

Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis, mikroskopis, serta uji biokimia dan dapat dilihat pada gambar 19 bahwa isolat bakteri dengan kode isolat 3, 7 dan 9 yang diperoleh dari perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir teridentifikasi sebagai anggota genus *Staphylococcus*. Berdasarkan pernyataan Holt *et al.*, (1994) menyebutkan bahwa genus *Staphylococcus* memiliki sel berdiameter 0,5-1,5 μm , sel dapat ber kelompok tidak beraturan, berpasangan dan tunggal. Sel bakteri berbentuk bulat, tergolong gram positif, tidak berspora, non motil, mekanisme pertumbuhannya anaerob fakultatif, koloni umumnya buram dan bisa berwarna putih atau krem dan terkadang kuning hingga jingga, uji katalase positif, serta tidak menghasilkan H_2S .

Klasifikasi genus *Staphylococcus* berdasarkan ITIS.gov (2025) sebagai berikut:

Kingdom	: Bakteria
Divisi	: Bacillota
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>

Bakteri *Staphylococcus* merupakan salah satu genus bakteri yang memiliki sejumlah ciri biokimia khas yang dapat digunakan untuk identifikasi dan karakterisasi. Berdasarkan hasil uji katalase yang dilakukan oleh Dunggio dan Paramita (2024), *Staphylococcus* menunjukkan reaksi katalase positif, uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) menunjukkan reaksi asam-asam, indol negatif dan non motil. Cahyaningtyas *et al.*, (2024), hasil uji *Methyl Red* (MR) *Staphylococcus* menunjukkan reaksi negatif.



Gambar 19. Karakteristik *Alcaligenes*: A. Pengamatan Makroskopis, B. pengamatan Mikroskopis, C. Uji Katalase, D. Uji Motilitas, E. Uji Indol, F. Uji TSIA, G. Uji MR, H. Uji Gram Ryu, I. Uji Mac Conkey (Dokumentasi Pribadi, 2025)

Bakteri *Staphylococcus* telah diidentifikasi sebagai salah satu agen potensial dalam proses biodegradasi minyak bumi. Menurut Oetomo (2015), *Staphylococcus* ditemukan sebagai hasil dari aktivitas mikroba dalam proses degradasi minyak bumi di lingkungan tercemar. Hal ini diperkuat oleh penelitian Xu *et al.*, (2018), yang berhasil mengisolasi *Staphylococcus* dan mengungkapkan perannya sebagai agen bioremediasi yang efektif dalam menguraikan senyawa petroleum hidrokarbon. Selain itu, studi terbaru oleh Khanmohammad (2024) mengkaji berbagai jenis bakteri pendegradasi minyak dan menemukan bahwa *Staphylococcus* memiliki kemampuan yang signifikan dalam mendegradasi senyawa-senyawa hidrokarbon, sehingga berpotensi digunakan dalam pemulihan lingkungan yang terkontaminasi minyak.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Sebanyak 9 isolat bakteri di temukan di perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir.
2. Bakteri indigenous di perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir teridentifikasi terbagi menjadi 4 jenis genus yang berbeda, Isolat 1 dan 2 termasuk dalam genus *Micrococcus*, Isolat 4, 5 dan 6 tergolong ke dalam genus *Alcaligenes*. Isolat 8 termasuk genus *Klebsiella*, Isolat 3, 7 dan 9 tergolong dalam genus *Staphylococcus*.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah agar dilakukan identifikasi lebih mendalam terhadap isolat bakteri menggunakan metode molekuler, seperti analisis 16S rRNA. Hal ini penting agar tingkat identifikasi dapat mencapai tahap spesies, sehingga memberikan informasi yang lebih akurat mengenai karakteristik dan potensi biodegradasi bakteri indigenous di perairan Pelabuhan Kualatungkal Ilir Kabupaten Tanjung Jabung Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. Z., Renjana, E., & Fatimah, N. M. 2019. Uji Toleransi Logam Berat Bakteri Hidrokarbonoklastik dan Uji Kemampuan *Micrococcus* sp. LII61 dalam Menurunkan Kromium (Cr VI), Tembaga (Cu II), Seng (Zn II) Heavy Metal Tolerance Determination of Hydrocarbon-Degrading Bacterial Strains and Reducing Ability of *Micrococcus* sp. LII61 Strain toward. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 12(1), 66-73.
- Afianti, N. F., Febrian, D., & Falahudin, D. 2019. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Mentah dan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon dari Sedimen Mangrove Bintan. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)*, 4(3), 155-165.
- Andhini, N., Nursyirwani, N., & Nedi, S. 2018. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Dari Perairan Sekitar Pelabuhan Bengkalis Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 23(1), 15-20.
- Ariadi, H., Linayati, L., & Mardiana, T. Y. 2022. Pengaruh Bakteri Indigenous dalam Degradasi Senyawa Fisika Kimia Limbah Batik dan Tekstil. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 20(2), 168-175.
- Aruan, M., & Andareas, P. 2024. *Teknik Dasar Dalam Bakteriologi*. Media Pustaka Indo, Jawa Tengah.
- Aswin, F. R., & Rasyidah, R. 2023. Isolasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Yang Berperan Sebagai Bioemulsifiers Pada Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit Di Kecamatan Medan Labuhan. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 6(2), 169-175.
- Aulia, U., Helmi, T. Z., Darmawi, D., & Fakhrurrazi, F. 2022. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Micrococcus luteus* dan *Staphylococcus epidermidis* pada Ambing Sapi Aceh (Isolation and Identification *Micrococcus luteus* and *Staphylococcus epidermidis* Bacteria on the Udder of Aceh Cattle). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*, 6(2), 46-56.
- 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.
- Bhaktinagara, R. A., Suprihadi, A., & Raharjo, B. 2015. Biodegradasi senyawa hidrokarbon oleh strain *Bacillus cereus* (VIC) pada kondisi salinitas yang berbeda. *Jurnal Akademika Biologi*, 4(3), 62-71
- Bolla, N. E., Suarjana, I. G. K., & Gelgel, K. T. P. 2021. Isolasi dan Identifikasi *Klebsiella* sp. Asal Rongga Hidung Babi Penderita Porcine Respiratory Disease Complex. *Indonesia Medieus Verterinus*, 10(6), 917-925.

- Butar-Butar, I. H., Sayuti, I., & Nursal, N. 2016. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Limbah Minyak Bumi dari Perairan Pelabuhan Sungai Duku Kota Pekanbaru sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA*. Doctoral dissertation, Riau.
- 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 peranakan etawa. *Jurnal Veteriner Nusantara*, 7(1), 41-52.
- Darmayati, Y., & Afianti, N. F. 2017. Penerapan dan Tingkat Efektivitas Teknik Bioremediasi untuk Perairan Pantai Tercemar Minyak. *Oseana*, 17(4), 55-69.
- Darza, S. E. 2020. Dampak Pencemaran Bahan Kimia dari Perusahaan Kapal Indonesia Terhadap Ekosistem Laut. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 4(3), 1831-1852.
- Dash, C., & Payyappilli, R. J. 2016. KOH string and Vancomycin susceptibility test as an alternative method to Gram staining. *Journal of International Medicine and Dentistry*, 3(2), 88-90.
- Deng, Z., Jiang, Y., Chen, K., Li, J., Zheng, C., Gao, F., & Liu, X. 2020. One Biosurfactant-Producing Bacteria *Achromobacter* Sp. A-8 and Its Potential Use in Microbial Enhanced Oil Recovery and Bioremediation. *Frontiers in microbiology*, 11, 247.
- Dewi, R., Pitri, P., Siregar, I., & Purnomo, B. 2023. Kontribusi Pelabuhan Talang Duku Terhadap Sektor Perekonomian Masyarakat Kabupaten Muaro Jambi. *Journal of Indonesian History*, 11(1), 1-8.
- Dunggio, Y., & Paramita, D. A. 2024. DETECTION OF *Staphylococcus aureus* BACTERIA ON ESCALATOR HANDRAINS IN GORONTALO SHOPPING CENTER. *Journal of Health, Technology and Science (JHTS)*, 5(2), 62-70.
- Ewida, A. Y. I., & Mohamed, W. S. E. D. 2019. Isolation and Characterization of Biosurfactant Producing Bacteria From Oil-Contaminated Water. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 16(04), 833-841.
- Fadilah, W., Rasyidah, R., & Mayasari, U. 2022. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Heterotrofik Pada Kawasan Perairan Pantai Indah Kalangan, Tapanuli Tengah. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 9(2), 306-317.
- Fallo, G. dan Y. Sine. 2016. Isolasi dan Uji Biokimia Bakteri Selulolitik Asal Saluran Pencernaan Rayap Pekerja (*Macrotermes* spp), *Jurnal Pendidikan Biologi*, 1(2): 27-29.
- Fifendy, M. 2017. *Mikrobiologi*. Kencana, Depok.

- Fitria, G. U., Nursyirwani, N., & Thamrin, T. 2018. Isolation of Oil Degradation Bacteria From Sediment In Sungai Pakning Waters of Bengkalis Regency And The Ability To Degrade Crude Oil. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 5(2), 1-13.
- Fuentes, S., Méndez, V., Aguila, P., & Seeger, M. 2017. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons: Catabolic Genes, Microbial Communities, And Applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 4781-4794.
- Harfiyanto, E., Nurhayati, N., & Marsudi, M. 2020. Karakteristik salinitas Sungai Pawan dengan metode pengukuran konduktivitas. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 7-15.
- Hasyimuddin, A., Djide, M. N., & Samawi, M. F. 2016. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Perairan Teluk Pare-Pare. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 4(1), 41-46.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A., Staley, J.T and William, S.T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Maryland. Williams & Wilkins.
- Huyyirnah, H., & Rosmaniar, R. 2021. Modifikasi Medium Menggunakan Saline-Water Soluble Fraction (SSF) atau Fraksi Minyak Terlarut untuk Menumbuhkan Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon. *Indonesian Journal of Laboratory*, 4(2), 72-81.
- Ibrohim, I. 2021. *Uji biodegradasi minyak solar oleh bakteri hidrokarbonoklastik dari pantai sendangbiru Kabupaten Malang*. Skripsi.Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Indrawan, I. M. Y. 2018. Isolasi dan karakterisasi bakteri tanah pada tempat pemrosesan akhir di Desa Bengkala Kabupaten Buleleng. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, 12(1), 64-77.
- Ishaya, S., Usman, S., Nweke, O. D., Adams, N. H., Umar, R., Ilyasu, N. S., & 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.
- ITIS. 2025a. *Integrated Taxonomic Information System: Micrococcus*. https://itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=331#null. 30 Juni 2025.
- ITIS. 2025b. *Integrated Taxonomic Information System: Alcaligenes*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=222#null. 30 Juni 2025.

- ITIS. 2025c. *Integrated Taxonomic Information System: Klebsiella*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=9749#null. 30 Juni 2025.
- ITIS. 2025d. *Integrated Taxonomic Information System: Staphylococcus*. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=359#null. 30 Juni 2025.
- Juniawan, M. F., Artanti, D., Gayatri, Y., & AINUTAJRIANI, A. 2023. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Termofilik Dari Oil Sludge Asal Kalimantan Timur. *THE JOURNAL OF MUHAMMADIYAH MEDICAL LABORATORY TECHNOLOGIST*, 6(1), 18-29.
- Kartikasari, A. M., Hamid, I. S., Purnama, M. T. E., Damayanti, R., Fikri, F., & Praja, R. N. 2019. Isolasi dan identifikasi bakteri *Escherichia coli* kontaminan pada daging ayam broiler di rumah potong ayam Kabupaten Lamongan. *Jurnal Medik Veteriner*, 2(1), 66-71.
- Khanmohammad, Z. 2024. The Study of Bacterial Biodegradation of Crude Oil using Bacteria Mixture. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 44(2), 613-621.
- Khastini, R. O., Zahranie, L. R., Rozma, R. A., & Saputri, Y. A. 2022. Peranan Bakteri Pendegradasi Senyawa Pencemar Lingkungan melalui Proses Bioremediasi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 10(1), 345-360.
- Lestari, R., Supriatno, B., & Anggraeni, S. 2020. Analisis Konseptual, Praktikal, Konstruksi Pengetahuan dan Rekonstruksi Lembar Kerja Praktikum Enzim Katalase:(Conceptual Analysis, Practical, Knowledge Construction and Reconstruction of Catalase Enzyme Worksheets). *Biodik*, 6(4), 476-491.
- Marzan, L. W., Hossain, M., Mina, S. A., Akter, Y., & Chowdhury, A. M. A. 2017. Isolation and biochemical characterization of heavy-metal resistant bacteria from tannery effluent in Chittagong city, Bangladesh: *Bioremediation viewpoint*. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(1), 65-74.
- Mas'ud, A. 2018. Biodegradation Capability Analysis of Petroleum Hydrocarbon by Marine Bacteria Isolate From Territorial Water Column of Paotere Port Makassar as In Vitro. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 9(17), 22-31.
- Munawar, E. 2015. Biodiversitas Bakteri Indigen dan Kontribusinya dalam Pengelolaan Lingkungan Tercemar: Studi Kasus Beberapa Wilayah di Indonesia. *PROS SEMNAS MASY. BIODV. INDON*, 1(6), 1359-1363.

- Novianty, R., Awaluddin, A., & Pratiwi, N. W. 2020. Bakteri Indigen Pendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi di Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(1), 34-40.
- Nurjanah, I. 2018. Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Di Perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Skripsi*. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Nuryana, D. 2017. Bioremediasi Pencemaran Minyak Bumi. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(2), 9-13.
- Oetomo, D. 2015. Biodegradasi Minyak Bumi oleh Mikroba pada Media Air Laut dan Air Tawar. *Bio-Pedagogi: Jurnal Pembelajaran Biologi*, 4(1), 1-4.
- Paramita, P. W., Suarjana, I. G. K., & Besung, I. N. K. 2020. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Staphylococcus* sp. pada Babi Penderita Porcine Respiratory Disease Complex. *Indonesia Medicus Veterinus*, 9(3), 426-434.
- Pratiwi, L., Rasyidah, R., & Mayasari, U. 2023. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Heterotrofik di Perairan Pantai Pandaratan Kecamatan Sarudik Kabupaten Tapanuli Tengah Provinsi Sumatera Utara. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 25(1), 28-37.
- Puspadewi, R., P. Adirestuti, dan A. Abdulbasith. 2017. Deteksi *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella* Pada Jajanan Sirup. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 3(1): 26-33.
- Puspitasari, I., Trianto, A., & Supriyanto, J. 2020. Eksplorasi Bakteri Pendegradasi Minyak dari Perairan Pelabuhan Tanjung Mas, Semarang. *Journal of Marine Research*, 9(3), 281-288.
- Rahmawati dan D. Isnaeni. 2016. Isolasi dan Karakterisasi Mikrosimbion Dari Spons *Callyspongia Vaginalis* dan Uji Daya Hambat Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella thypi*, *The National Journal Of Pharmacy*, 13(2): 8-19.
- Rifai, K. R. 2021. Uji indole sebagai kegiatan penjaminan mutu tambahan pada hasil pengujian coliform dalam sampel air mineral. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 6(1), 1-6.
- Rinihapsari, E., & Julianasya, S. 2021. Penggunaan KOH String Test Sebagai Alternatif Identifikasi Awal Bakteri Gram Negatif. *Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan Indonesia*, 1(1), 100-110.
- Roni, K. A. 2020. *Teknologi Minyak Bumi*. Rafah Press UIN Raden Fatah, Palembang.

- Sah, D., Rai, J. P. N., Ghosh, A., & Chakraborty, M. 2022. A review on biosurfactant producing bacteria for remediation of petroleum contaminated soils. *3 Biotech*, 12(9), 218.
- Santos, D. K., Resende, A. H., de Almeida, D. G., Soares da Silva, R. D. C. F., Rufino, R. D., Luna, J. M., & Sarubbo, L. A. 2017. Candida Lipolytica UCP0988 Biosurfactant: Potential as a Bioremediation Agent and In Formulating a Commercial Related Product. *Frontiers in microbiology*, 8, 767.
- Sayed, S. E., Abdelaziz, N. A., Alshahrani, M. Y., El-Housseiny, G. S., & Aboshanab, K. M. 2024. Biologically active metabolites of *Alcaligenes faecalis*: diversity, statistical optimization, and future perspectives. *Future Science OA*, 10(1), 2430452.
- Sayuti, I., & Wulandari, S. 2018. Identifikasi bakteri dari limbah cair minyak bumi pada sektor gs chevron kecamatan rimba melintang rokan hilir sebagai modul pembelajaran konsep prokariot pada mata kuliah mikrobiologi dasar. *Biogenesis*, 12(1), 39-46.
- Silalahi, L. F., Mukarlina, M., & Rahmawati, R. 2020. Karakterisasi dan identifikasi genus bakteri endofit dari daun dan batang jeruk siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*) sehat di Desa Anjungan Kalimantan Barat. *Protobiont*, 9(1), 26-29.
- Sujadi, F. M. 2019. Analisis Kemampuan Bakteri Hidrokarbonoklastik Dari Perairan Tercemar Sebagai Kandidat Agen Bioremediasi Limbah Oli Bekas. *Tesis*. Program Studi Magister Budidaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
- Suraya, U., Yasin, M. N., & Hermansyah, H. 2023. Identifikasi Jenis Bakteri yang Ditemukan pada Ikan Tapah (*Wallago leerii*) di Hulu Sungai Sebangau. *JURNAL ILMU HEWANI TROPIKA (JOURNAL OF TROPICAL ANIMAL SCIENCE)*, 12(1), 1-7
- 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.
- Toruan, S. A. L., Manu, T. T., & Evriarti, P. R. 2023. Pemanfaatan air kelapa muda sebagai media alternatif Mac Concey untuk pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*, 4(1), 25-36.

- Utamy, G., Hasbi, M., & Purwanto, E. 2021. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Pada Air Kolam Anaerob IPAL Industri Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Sumberdaya dan Lingkungan Akuatik*, 2(1), 231-240.
- Wahyuni, R.M., A. Sayuti, M. Abrar, Erina, M. Hasan, dan Zainuddin. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Enterik Patogen Pada Badak Sumatera (*Dicerorhinus Sumatrensis*) di Suaka Rhino Sumatera (SRS), Taman Nasional Way Kambas (TNWK), Lampung. *Jurnal JIMVET*, 2(4):474-487.
- Welan, Y. S., & Refli, M. R. 2019. Isolasi dan uji biodegradasi bakteri endogen tanah tumpahan oli bekas di Kota Kupang. *Jurnal Biotropikal Sains*, 16(1), 61-72.
- Widyastuti, D. A., & Rachmawati, R. C. 2022. Identifikasi Genera Bakteri Coliform Pada Air Sungai Desa Datar Kabupaten Jepara. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 14(2), 124-131.
- Willian, N., Syakti, A. D., Viruly, L., & Lestari, F. 2024. Memperkasa Bioremediasi: Inovasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Dalam Menyelamatkan Lingkungan Berair. *Jurnal Zarah*, 12(1), 40-49.
- Xu, X., Liu, W., Tian, S., Wang, W., Qi, Q., Jiang, P & Yu, H. 2018. Petroleum hydrocarbon-degrading bacteria for the remediation of oil pollution under aerobic conditions: a perspective analysis. *Frontiers in microbiology*, 9, 2885.
- Yasmin, Z., & Wulansarie, R. 2018. Review Perbandingan Pencemaran Minyak di Perairan Dengan Proses Bioremediasi Menggunakan Metode Biostimulus Dan Bioaugmentasi. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 3(1), 67-72.
- Yuka, R. A., Setyawan, A., & Supono, S. 2021. Identifikasi bakteri bioremediasi pendegradasi total ammonia nitrogen (TAN). *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(1), 20-29.
- Zia, K. Z., & Linda, T. M. 2023. Potensi *Bacillus* spp. Sebagai Penghasil Biosurfaktan untuk Pengolahan Limbah Minyak Pelumas. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 8(2), 69-78.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan Sampel Pengukuran Parameter Lingkungan Perairan



Pengambilan sampel



Pengukuran pH



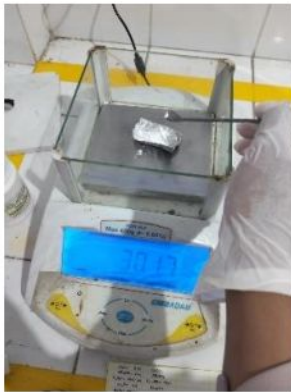
Pengukuran suhu



Penyimpanan sampel
kedalam *cool box*



Pengukuran salinitas

Lampiran 2. Isolasi Bakteri Hidrokarbonoklastik

Penimbangan media

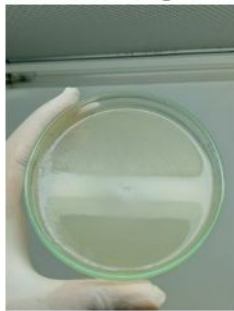
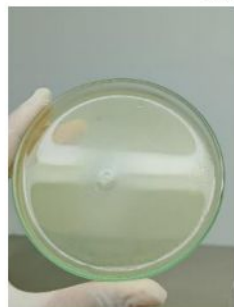
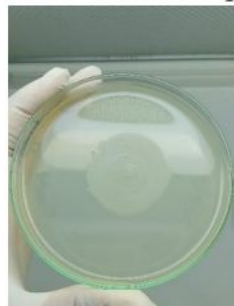
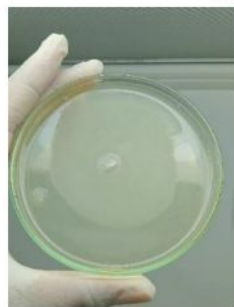


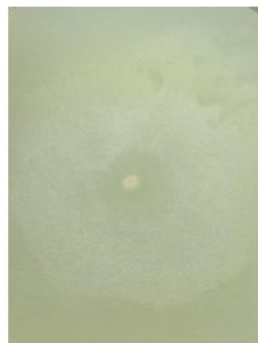
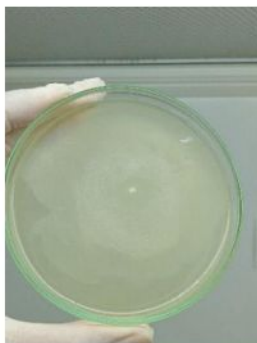
Pembuatan media



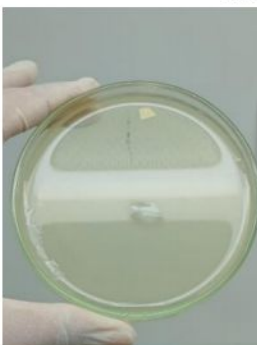
Sterilisasi

Media sebelum di
shaker inkubatorMedia setelah di shaker
inkubatorMedia di shaker
inkubator

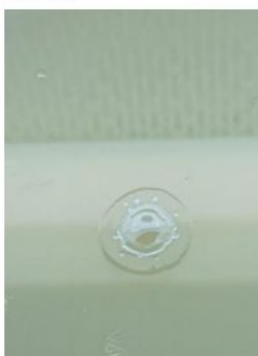
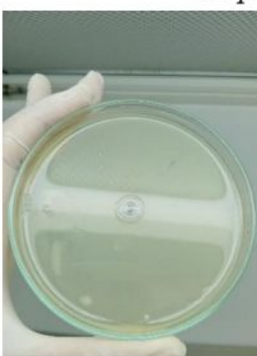
Lampiran 3. Bentuk Makroskopis Bakteri*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes*



Alcaligenes



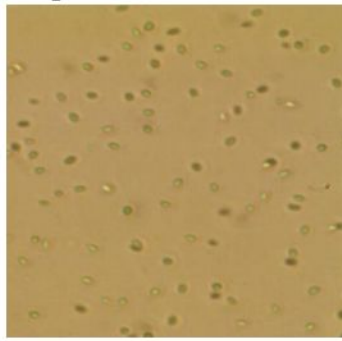
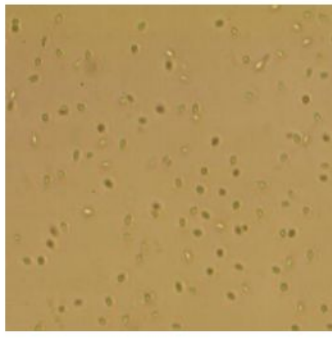
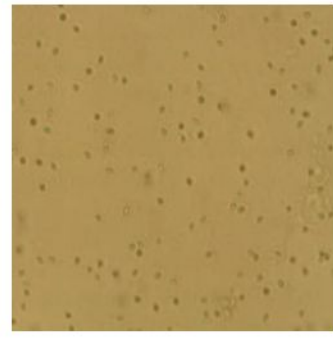
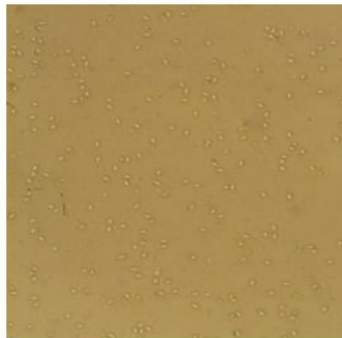
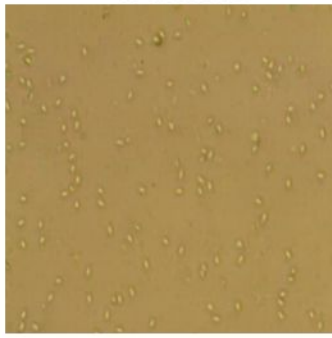
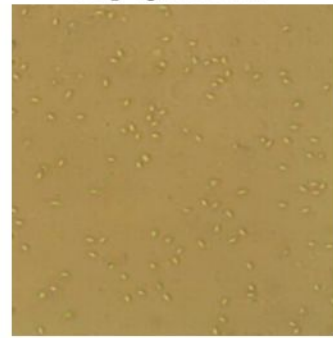
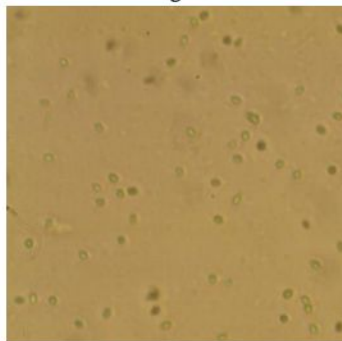
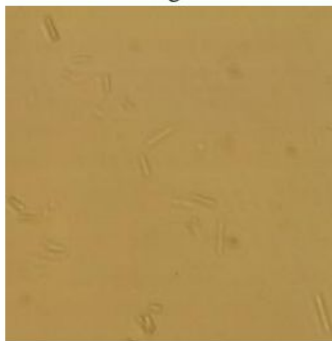
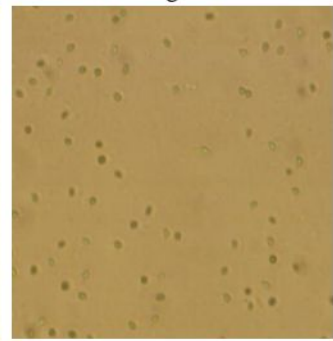
Staphylococcus

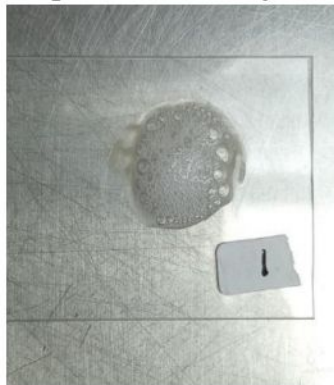
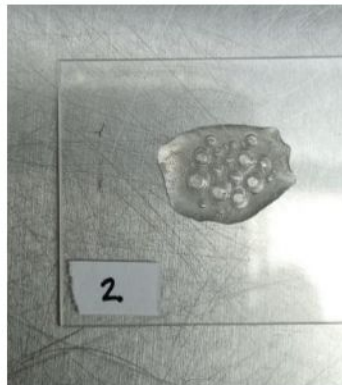
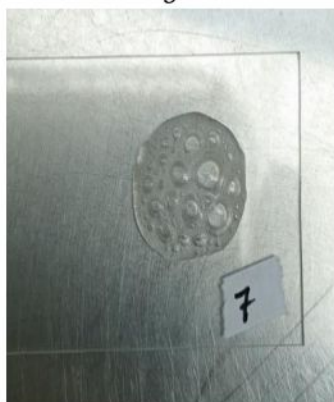


Klebsiella



Staphylococcus

Lampiran 4. Bentuk Bakteri*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

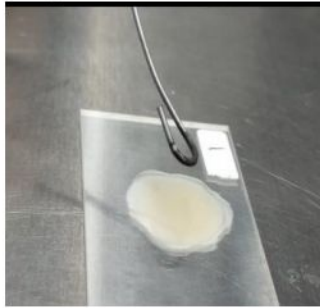
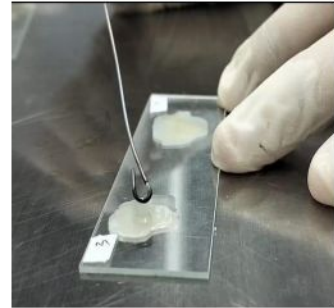
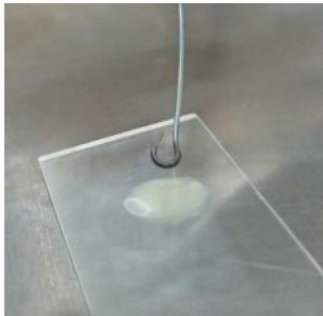
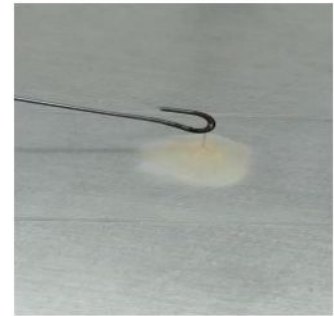
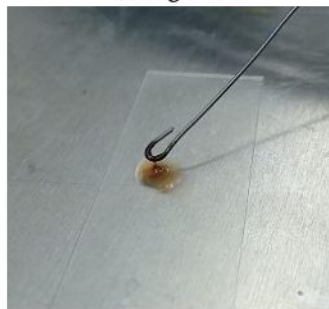
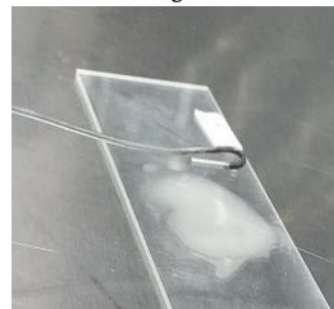
Lampiran 5. Hasil Uji Katalase*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

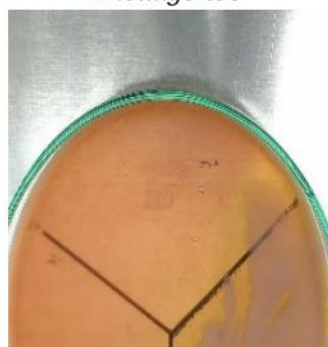
Lampiran 6. Hasil Uji Motilitas*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

Lampiran 7. Hasil Uji Indol*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

Lampiran 8. Hasil Uji TSIA*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

Lampiran 9. Hasil Uji MR*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

Lampiran 10. Hasil Gram Ryu*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*

Lampiran 11. Hasil Uji Mac Conkey*Micrococcus**Micrococcus**Staphylococcus**Alcaligenes**Alcaligenes**Alcaligenes**Staphylococcus**Klebsiella**Staphylococcus*