

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PENDEGRADASI LIMBAH CAIR MINYAK KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)

Hasni Aida¹, Kartika Manalu²
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara^{1,2}
Hasniaida855@gmail.com¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan bakteri pendegradasi di sungai Simangalam yang mengandung limbah cair kelapa sawit. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif. Data penelitian diperoleh dengan melakukan tahapan-tahapan yang dimulai dari sterilisasi alat, pengambilan sampel limbah, pembuatan media, isolasi bakteri, pemurnian, pewarnaan gram, uji motilitas, uji katalase, TSIA, sitrat, gelatin dan perhitungan total bakteri (TPC). Hasil dari penelitian ini didapatkan 6 isolat bakteri. Simpulan penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 6 isolat bakteri yang mampu mendegradasi limbah cair kelapa sawit di Desa Gunung Melayu Kabupaten Labuhanbatu Utara, diantaranya terdiri dari genus *Deinococcus* sp. (HB1ST1), *Morganella* sp. (HB2ST2), *Rhodobacter* sp. (HB3ST2), *Lysinibacillus* sp. (HB4ST2), *Paracoccus* sp. (HB5ST2), dan *Bacillus* sp. (HB6ST2).

Kata Kunci: Isolat, Kelapa Sawit, dan Limbah Cair.

ABSTRACT

*This study aims to determine the presence of degrading bacteria in the Simangalam river which contains palm oil wastewater. The method used is descriptive method. The research data was obtained by carrying out the stages starting from tool sterilization, waste sampling, media preparation, bacterial isolation, purification, gram staining, motility test, catalase test, TSIA, citrate, gelatin and total bacteria count (TPC). The results of this study obtained 6 bacterial isolates. The conclusions of this study indicate that there are 6 bacterial isolates capable of degrading palm oil wastewater in Gunung Melayu Village, North Labuhanbatu Regency, including the genus *Deinococcus* sp. (HB1ST1), *Morganella* sp. (HB2ST2), *Rhodobacter* sp. (HB3ST2), *Lysinibacillus* sp. (HB4ST2), *Paracoccus* sp. (HB5ST2), and *Bacillus* sp. (HB6ST2).*

Keywords: Isolate, Palm Oil, and Liquid Waste.

PENDAHULUAN

Persebaran perkebunan kelapa sawit selalu mengalami peningkatan sehingga produksi minyak di negara Indonesia meningkat juga. Perkembangan industri kelapa sawit ini dapat menimbulkan dampak, baik dampak negatif maupun dampak positif. Dampak positifnya yaitu dapat meningkatkan devisa Negara dan meningkatnya kesejahteraan masyarakat. Adapun dampak negatifnya yaitu dapat menimbulkan limbah yang bisa mencemari lingkungan jika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik dan benar. Dampak pencemaran ini dapat

berdampak pada lingkungan hidup maupun berdampak pada kualitas sumber daya alam. Hal ini dapat terjadi karena jumlah limbah pabrik kelapa sawit terus bertambah (Chairunnisa & Riyanto, 2019).

Limbah cair industri kelapa sawit adalah salah satu penyebab pencemaran di lingkungan dan sekitarnya. Limbah cair kelapa sawit ini memiliki kandungan organik yang cukup tinggi sehingga dapat mengganggu air dan tanah. Apabila bahan polutan ini dibuang ke badan air maka dapat menyebabkan terganggunya kualitas air dan juga dapat menurunkan daya dukung lingkungan perairan disekitar pabrik dan sekelilingnya. Dampak dari terganggunya daya dukung lingkungan ini yaitu terjadinya *alga gloming* dan menyebabkan kematian organisme air. Tidak hanya sampai disitu, dampak lainnya yaitu dapat menimbulkan bau busuk. Aktivitas yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran dari limbah cair minyak kelapa sawit yaitu dengan bioremediasi (Yuna & Mardina, 2019).

Salah satu tahap dari bioremediasi yaitu biodegradasi. Proses biodegradasi ini memanfaatkan mikroorganisme atau enzim yang dapat dihasilkan dari mikroorganisme itu sendiri. Prinsip kerjanya yaitu dengan cara merombak senyawa-senyawa organik yang ada di lingkungan tempat terjadi pencemaran secara alami. Penelitian yang dilakukan oleh Swandi et al., (2018) terdapat bakteri pendegradasi dari limbah cair kelapa sawit, adapun jumlah isolat bakteri pendegradasi yang didapatkan yaitu ada 5 isolat bakteri dengan menggunakan metode cawan tuang (*pour plate method*) yang ditanam pada medium NA (*nutrient agar*).

Desa Gunung Melayu merupakan desa yang berada di Kecamatan Kualuh Selatan Kabupaten Labuhanbatu Utara. Sungai yang terletak di Desa Gunung Melayu yaitu sungai Simangalam. Salah satu industri kelapa sawit membuang limbah cair kelapa sawit ke sungai Simangalam sehingga mengakibatkan air sungai berwarna kecoklatan dan terdapat lapisan minyak di atas permukaan sungai, hal ini menyebabkan sungai Simangalam tercemar dan mengakibatkan ikan menjadi mati. Hasil wawancara dan survei yang telah dilakukan di Desa Gunung Melayu diketahui bahwa banyak masyarakat yang memanfaatkan air sungai tersebut sebagai mata pencaharian untuk memenuhi kebutuhan seperti pangan, sandang, dan papan warga yang tidak memiliki kebun kelapa sawit atau hanya untuk sekedar penghasilan sampingan.

Pencemaran sungai dapat dikurangi dengan sistem bioremediasi. Salah satu tahap dari bioremediasi yaitu biodegradasi. Biodegradasi memiliki manfaat untuk lingkungan dengan menggunakan mikroba yang alami untuk menguraikan bahan pencemar dengan cara merombak senyawa-senyawa organik yang ada di lingkungan tempat terjadi pencemaran secara alami (Rolando et al., 2020).

Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi ini belum ada dilakukan pada sungai Simangalam di Desa Gunung Melayu Kabupaten Labuhanbatu Utara. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian tentang isolasi dan identifikasi bakteri

pendegradasi di Desa Gunung Melayu Kabupaten Labuhanbatu Utara. Peneliti menggunakan kajian tersebut guna referensi dan khazanah bagi pembaca terkait isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi limbah cair minyak kelapa sawit.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2022 di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan. Lokasi pengambilan sampel limbah cair kepala sawit yaitu kolam pembuangan limbah sebelum dialirkan ke sungai Simangalam di Desa Gunung Melayu Kabupaten Labuhanbatu Utara dengan dua titik pengambilan sampel.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif. Data penelitian diperoleh dengan melakukan tahapan-tahapan yang dimulai dari sterilisasi alat, pengambilan sampel limbah, pembuatan media, isolasi bakteri, pemurnian, pewarnaan gram, uji motilitas, uji katalase, dan perhitungan total bakteri (TPC).

HASIL PENELITIAN

Hasil Isolasi Bakteri

Adapun hasil isolasi bakteri dari dua sampel limbah cair minyak kelapa sawit sungai Simangalam setelah diinkubasi selama 72 jam dapat diamati pada gambar berikut.



Gambar1. Hasil Isolasi Bakteri Pendegradasi Limbah Cair Minyak Kelapa Sawit setelah 72 Jam, dengan U1. Sampel 1 dan U2. Sampel 2

Karakterisasi Morfologi Koloni Isolat Bakteri

Isolat bakteri yang telah berhasil dimurnikan kemudian dikarakterisasi secara makroskopis dengan melakukan pengamatan morfologi koloni bakteri, yang meliputi bentuk, margin, elevasi, dan warna koloni. Hasil karakterisasi morfologi koloni bakteri dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 1. Karakterisasi Morfologi Koloni Isolat Bakteri

Kode Isolat	Bentuk	Margin	Elevasi	Warna
HB1ST1	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Convex</i>	Putih kuning
HB2ST2	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>	Putih kuning
HB3ST2	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Merah
HB4ST2	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Merah
HB5ST2	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Convex</i>	Putih kuning
HB6ST2	<i>Irregular</i>	<i>Lobate</i>	<i>Flat</i>	Merah

Setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa dari enam isolat bakteri, terdapat dua isolat yang memiliki bentuk koloni *circular* (HB1ST1 dan HB2ST2) dan empat isolat dengan bentuk koloni *irregular*. Isolat dengan kode HB1ST1 dan HB2ST2 sama-sama memiliki margin *entire* (rata) dan berwarna putih kuning, tetapi isolat HB1ST1 memiliki elevasi *convex*, berbeda dengan isolat HB2ST2 yang memiliki elevasi *flat*. Adapun isolat HB3ST2 dan HB4ST2 memiliki bentuk, margin, elevasi, dan warna yang sama, yaitu *irregular*, *undulate*, *flat*, dan berwarna merah. Isolat HB5ST2 memiliki karakter morfologi bentuk *irregular*, margin *undulate*, elevasi *convex*, dan berwarna putih kuning. Sementara itu, isolat HB6ST2 memiliki bentuk koloni *irregular*, margin *lobate*, elevasi *flat*, dan berwarna merah.

Karakterisasi Morfologi Sel dan Gram Isolat Bakteri

Setelah dilakukan karakterisasi secara makroskopis, isolat bakteri selanjutnyadikarakterisasi secara mikroskopis melalui pewarnaan Gram. Pewarnaan Gram ini bertujuan untuk mengetahui bentuk dan penataan sel bakteri,

Tabel 2. Karakterisasi Morfologi Sel dan Gram Isolat Bakteri

Kode Isolat	Bentuk	Penataan	Gram
HB1ST1	<i>Coccus</i>	<i>Streptococcus</i>	+
HB2ST2	<i>Bacil</i>	<i>Streptobacil</i>	-
HB3ST2	<i>Coccus</i>	<i>Monococcus</i>	-
HB4ST2	<i>Bacil</i>	<i>Streptobacil</i>	+
HB5ST2	<i>Coccus</i>	<i>Monococcus</i>	-
HB6ST2	<i>Bacil</i>	<i>Streptobacil</i>	+

Tabel yang disajikan di atas menunjukkan bahwa terdapat enam isolat bakteri, tiga isolat yang memiliki bentuk morfologi sel *coccus* (HB1ST1, HB3ST2, dan HB5ST2) dan tiga isolat dengan bentuk sel *bacil* (HB2ST2, HB4ST2, dan HB6ST2).

Hasil Uji Biokimia

Selain pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis, karakteristik biokimia tiap isolat juga perlu diperoleh dengan uji biokimia untuk membedakan isolat bakteri yang satu dengan yang lainnya. Uji biokimia yang dilakukan pada penelitian ini, meliputi uji hidrolisis gelatin, uji sitrat, uji TSI (*Triple Sugar Iron*),

produksi gas, uji hidrogen sulfida, motilitas, dan katalase. Setelah diperoleh data-data hasil uji biokimia tersebut, selanjutnya dilakukan identifikasi genus bakteri yang mengacu pada buku pedoman identifikasi bakteri, *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* tahun 1994. Hasil identifikasi genus bakteri dan uji biokimia isolat bakteri pendegradasi limbah cair minyak kelapa sawit dapat diamati pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Biokimia

Kode Isolat	Morfologi Sel			Uji Biokimia						Identifikasi Genus	
	Bentuk	Penataan	Gram	Hidrolisa Gelatin	Uji Sitrat	HidrogenSulfida			Motilitas		Katalase
						S/B	Gas	H ₂ S			
HB1ST1	<i>Coccus</i>	<i>Streptococcus</i>	+	-	-	A/K	-	-	-	+	<i>Deinococcus</i>
HB2ST2	<i>Bacil</i>	<i>Streptobacil</i>	-	-	-	A/K	+	-	+	+	<i>Morganella</i>
HB3ST2	<i>Coccus</i>	<i>Monococcus</i>	-	-	-	A/K	-	-	+	+	<i>Rhodobacter</i>
HB4ST2	<i>Bacil</i>	<i>Streptobacil</i>	+	-	-	K/K	+	-	+	+	<i>Lysinibacillus</i>
HB5ST2	<i>Coccus</i>	<i>Monococcus</i>	-	-	-	K/K	+	-	+	+	<i>Paracoccus</i>
HB6ST2	<i>Bacil</i>	<i>Streptobacil</i>	+	-	-	K/K	-	-	+	+	<i>Bacillus</i>

Keterangan tanda tabel di atas adalah (+) = hasil uji positif; (-) = hasil uji negatif; S = *Slant*; B = *Butt*; A/K = Merah/Kuning; K/K = Kuning/Kuning.

Berdasarkan tabel yang disajikan tersebut, dapat diketahui bahwa semua isolat bakteri yang diperoleh menunjukkan hasil negatif pada uji hidrolisis gelatin, uji sitrat, dan uji hidrogen sulfida.

Perhitungan Total Koloni Bakteri (TPC)

Selain pengamatan secara makroskopis, mikroskopis, dan karakteristik biokimia tiap isolat juga perlu dilakukan TPC dengan tujuan untuk menunjukkan jumlah mikroba yang terdapat pada suatu produk dengan cara menghitung koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media agar.

Tabel 4. Total Koloni Bakteri

No.	Sampel	Ulangan (U)	Total Koloni Bakteri (CFU/ml)
1	Sampel 1	1	3×10^7
		2	4×10^7
		Rata-rata	$3,5 \times 10^7$
2	Sampel 2	1	9×10^7
		2	8×10^7
		Rata-rata	$8,5 \times 10^7$

Tabel yang disajikan di atas menunjukkan total koloni bakteri dari sampel 2, dengan rata-rata 85.000.000 CFU/ml memiliki nilai yang lebih tinggi dari total koloni bakteri sampel 1, yaitu senilai 35.000.000 CFU/ml.

PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri yang dilakukan menggunakan media *Nutrient Agar* (NA) sebanyak 5,32 gram dan dilarutkan dalam 100 ml *aquadest* dengan tambahan 10

ml limbah cair minyak kelapa sawit, berhasil diperoleh berbagai macam koloni bakteri yang tumbuh dan menunjukkan zona halo di sekitar koloni yang tumbuh pada media tersebut. Koloni bakteri yang diisolasi merupakan bakteri aerobik, karena cara sampling dan metode inkubasi yang dilakukan membuat tersedianya oksigen bebas secara berlimpah. Zona halo di sekitar koloni bakteri digunakan sebagai indikator kualitatif untuk menunjukkan bahwa bakteri memiliki kemampuan untuk mendegradasi limbah cair minyak kelapa sawit. Koloni bakteri yang memperlihatkan adanya zona halo di sekitarnya akan dilanjutkan pada tahap pemurnian isolat bakteri. Adapun hasil isolasi bakteri dari dua sampel limbah cair minyak kelapa sawit sungai Simangalam setelah diinkubasi selama 72 jam.

Mikroorganisme yang diisolasi dari limbah cair minyak kelapa sawit atau *palm oil mill effluent* (POME) memiliki kemampuan untuk mendegradasi sumber karbon yang terdapat pada limbah tersebut dalam (Imo & Ihejirika, 2021). Kemampuan bakteri dalam mendegradasi limbah cair minyak kelapa sawit dapat ditentukan dari proporsi bakteri yang tumbuh membentuk zona halo dan tidak pada medium. Semakin besar zona halo yang terbentuk, maka semakin besar pula kemampuan bakteri dalam mendegradasi limbah tersebut (Chairunnisa et al., 2019).

Karakterisasi Morfologi Koloni Isolat Bakteri

Setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa dari enam isolat bakteri, terdapat dua isolat yang memiliki bentuk koloni *circular* (HB1ST1 dan HB2ST2) dan empat isolat dengan bentuk koloni *irregular*. Isolat dengan kode HB1ST1 dan HB2ST2 sama-sama memiliki margin *entire* (rata) dan berwarna putih kuning, tetapi isolat HB1ST1 memiliki elevasi *convex*, berbeda dengan isolat HB2ST2 yang memiliki elevasi *flat*. Adapun isolat HB3ST2 dan HB4ST2 memiliki bentuk, margin, elevasi, dan warna yang sama, yaitu *irregular*, *undulate*, *flat*, dan berwarna merah. Isolat HB5ST2 memiliki karakter morfologi bentuk *irregular*, margin *undulate*, elevasi *convex*, dan berwarna putih kuning. Sementara itu, isolat HB6ST2 memiliki bentuk koloni *irregular*, margin *lobate*, elevasi *flat*, dan berwarna merah.

Tujuan dari purifikasi isolat bakteri yaitu untuk memperoleh koloni tunggal dengan morfologi yang berbeda dengan pemisahan dari koloni lain ataupun kontaminan. Koloni yang dimurnikan ini diseleksi berdasarkan perbedaan morfologi seperti warna, tekstur, elevasi, margin, dan lingkaran konsentrisnya (Layly et al., 2021).

Karakterisasi Morfologi Sel dan Gram Isolat Bakteri

Setelah dilakukan penelitian diketahui bahwa dari enam isolat bakteri, terdapat tiga isolat yang memiliki bentuk morfologi sel *coccus* (HB1ST1, HB3ST2, dan HB5ST2) dan tiga isolat dengan bentuk sel *bacil* (HB2ST2, HB4ST2, dan HB6ST2). Dari tiga isolat dengan bentuk sel *coccus*, terdapat dua

isolat (HB3ST2 dan HB5ST2) dengan penataan *monococcus*, berbeda dengan penataan isolat HB1ST1 yang berantai atau *streptococcus*. Sementara itu, semua isolat yang memiliki bentuk sel *bacil* memiliki penataan *streptobacil*. Adapun, dari seluruh isolat yang diwarnai, diperoleh tiga isolat bakteri Gram positif (HB1ST1, HB4ST2, dan HB6ST2) dan tiga isolat bakteri Gram negatif (HB2ST2, HB3ST2, dan HB5ST2).

Bakteri Gram positif berwarna ungu disebabkan oleh adanya kompleks zat warna kristal violet-iodin tetap dipertahankan di dinding sel bakteri setelah diberi aseton alkohol, sementara itu bakteri Gram negatif berwarna merah karena kompleks tersebut larut pada saat pemberian aseton alkohol sehingga mengambil warna merah safranin. Perbedaan warna ini menunjukkan adanya perbedaan struktur dinding sel bakteri Gram positif dan negatif di mana bakteri Gram positif memiliki dinding sel dengan kandungan peptidoglikan yang lebih tinggi, berbeda dengan bakteri Gram negatif yang memiliki kandungan lipid yang lebih tinggi (Khairunnisa, 2018).

Uji Biokimia

Selain karakteristik makroskopis dan mikroskopis isolat bakteri, karakteristik biokimia juga perlu dilakukan untuk membedakan isolat bakteri yang satu dengan yang lainnya. Uji biokimia yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu uji motilitas menggunakan 3 gram media *Sulfide Indole Motility* (SIM) yang dilarutkan dalam 300 ml *aquadest*. uji motilitas isolat HB1ST1 menunjukkan hasil negatif, sedangkan lima isolat lainnya (HB2ST2, HB3ST2, HB4ST2, HB5ST2, dan HB6ST2) menunjukkan hasil yang positif. Hasil ini mengindikasikan bahwa hanya isolat HB1ST1 yang bersifat non motil atau tidak memiliki alat gerak, sedangkan lima isolat lainnya bersifat motil atau memiliki alat gerak yang ditandai dengan adanya pertumbuhan atau jejak bakteri yang menyebar di sekitar tusukan jarum ose pada media SIM.

Bakteri yang motil memiliki kemampuan kemotaksis yang membuat selnya dapat bergerak sepanjang gradien kimia dan menuju ke tempat yang optimal untuk biodegradasi. Motilitas pada bakteri menambah bioavailabilitas sehingga dapat meningkatkan bioremediasi limbah (Rolando et al., 2020). Motilitas suatu bakteri diketahui dapat meningkatkan frekuensi bakteri untuk bersentuhan dengan suatu permukaan sehingga tingkat pergerakan bakteri berkorelasi positif dengan laju perlekatan bakteri dengan minyak. Di samping itu, densitas bakteri motil juga memiliki waktu pertahanan yang lebih lama daripada bakteri non motil sehingga penggunaan bakteri motil untuk biodegradasi limbah lebih menguntungkan karena memiliki kemampuan adhesi ke minyak yang lebih cepat (Dewangan & Conrad, 2020).

Selain uji motilitas, uji biokimia lain yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji katalase dengan menggunakan reagen H₂O₂ 3% untuk menunjukkan kemampuan isolat bakteri dalam memproduksi enzim katalase secara kualitatif.

uji katalase semua isolat bakteri yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan hasil yang positif. Hasil positif pada uji ini ditandai dengan terbentuknya gelembung gas ketika bakteri ditetesi dengan reagen H₂O₂ 3%. Hasil ini menunjukkan bahwa semua isolat memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim katalase yang dapat menguraikan hidrogen peroksida.

Enzim katalase yang dihasilkan oleh mikroorganisme merupakan salah satu bentuk pertahanan yang membuat mikroorganisme tersebut mampu untuk memperbaiki atau menghindari kerusakan yang ditimbulkan akibat dampak oksidatif dari hidrogen peroksida. Katalase mampu untuk menetralkan efek berbahaya dari hidrogen peroksida dengan cara menguraikannya menjadi air dan oksigen sehingga tidak bersifat toksik. Selama respirasi, setiap mikroorganisme baik aerobik, anaerobik, maupun fakultatif aerobik selalu memproduksi hidrogen peroksida yang bersifat toksik (Layly et al., 2021).

Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam biodegradasi limbah cair minyak kelapa sawit adalah kemampuannya untuk tumbuh pada konsentrasi toksisitas tertentu. Toksisitas dalam limbah cair meningkat ketika konsentrasi asam naik. Mikroorganisme yang terhambat pertumbuhannya akan mengalami kesulitan dalam mendegradasi limbah cair tersebut (Dominic & Baidurah, 2022).

Adapun pada uji gelatin diketahui bahwa semua isolat bakteri yang diperoleh menunjukkan hasil negatif pada uji hidrolisis gelatin, uji sitrat, dan uji hidrogen sulfida. Hal ini berarti isolat bakteri tersebut tidak mampu menghasilkan enzim gelatinase, tidak mampu memanfaatkan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon, dan tidak memproduksi endapan hitam, hidrogen sulfida.

Adapun pada uji TSI, isolat HB1ST1, HB2ST2, dan HB3ST2 menunjukkan hasil slant berwarna kuning dan butt berwarna merah (alkaline/acid) yang berarti isolat bakteri tersebut hanya mampu memfermentasi glukosa, sebagai satu-satunya dekstrosa pada media uji. Isolat HB4ST2, HB5ST2, dan HB6ST2 menunjukkan hasil slant berwarna kuning dan butt berwarna kuning (K/K) yang berarti isolat tersebut mampu memfermentasi glukosa, sukrosa, ataupun laktosa. Pada uji TSI, diamati juga adanya produksi gas, baik CO₂ ataupun H₂ pada isolat HB2ST2, HB4ST2, dan HB5ST2 sebagai produk samping fermentasi. Sementara itu, isolat lainnya menunjukkan hasil negatif pada produksi gas. Berdasarkan data karakteristik makroskopis, mikroskopis, dan biokimia yang diperoleh, hasil identifikasi genus isolat bakteri tersebut, yaitu *Deinococcus sp.* (HB1ST1), *Morganella sp.* (HB2ST2), *Rhodobacter sp.* (HB3ST2), *Lysinibacillus sp.* (HB4ST2), *Paracoccus sp.* (HB5ST2), dan *Bacillus sp.* (HB6ST2).

Uji hidrogen sulfida bertujuan untuk mengamati kemampuan bakteri dalam mengonversi asam amino alanin menjadi hidrogen sulfida yang berupa endapan hitam pada media TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*). Hasil uji ini menentukan kemampuan bakteri dalam memfermentasi asam amino. Adapun uji fermentasi karbohidrat yang juga menggunakan media TSIA bertujuan untuk mengetahui

kemampuan bakteri dalam menghidrolisis karbohidrat yang ditandai dengan perubahan warna media dari merah menjadi kuning. Pada media ini, juga dapat diamati pembentukan gas yang ditandai dengan adanya keretakan pada media TSIA. Sementara itu, uji sitrat digunakan untuk menentukan kemampuan bakteri dalam memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbonnya. Bila bakteri mampu memanfaatkan sitrat, maka pH media SCA (*Simmons' Citrate Agar*) akan naik dan mengubah warna media dari hijau menjadi biru (Liempepas et al., 2019).

Kultur konsorsium bakteri gabungan memiliki kemampuan degradasi limbah yang lebih baik dibandingkan kultur bakteri tunggal. Hal ini dikarenakan setiap individu dalam konsorsium tersebut bertindak bersama-sama untuk mempengaruhi penguraian polutan organik dalam limbah cair. Konsorsium ini juga mampu menyediakan microenvironment yang memadai. Adapun konsorsium bakteri gabungan yang digunakan meliputi bakteri yang berasal dari genus *Bacillus*, *Micrococcus*, *Providencia*, *Klebsiella*, dan *Stenotrophomonas* (Abu Hasan et al., 2021).

Rhodobacter merupakan salah satu genus bakteri ungu non-sulfur yang mampu berfotosintesis. Bakteri ini mampu memanfaatkan limbah cair kelapa sawit dan menurunkan total nitrogen dan fosforus di dalamnya. Hal ini menjadikan *Rhodobacter* sebagai salah satu bakteri yang berpotensi untuk menurunkan polutan organik dalam limbah tersebut. Sementara itu, berbagai aplikasi bakteri untuk pengolahan limbah cair kelapa sawit yang efisien dan praktikal sudah pernah dilakukan dan berhasil mengurangi nilai COD, volum pengerjaan, pengaturan suhu, dan waktu retensinya. Bakteri- bakteri tersebut berasal dari genus *Bacillus*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Lysinibacillus*, *Klebsiella*, *Stenotrophomonas*, dan *Clostridium* (Dominic & Baidurah, 2022).

Perhitungan Total Koloni Bakteri (TPC)

Jumlah koloni bakteri pada limbah cair minyak kelapa sawit sungai Simangalam berhasil diperoleh dengan metode TPC menggunakan media *Plate Count Agar* (PCA), kemudian jumlah koloni dihitung dan didata sehingga dapat ditentukan total koloni bakteri pada tiap sampel yang diuji. dapat diketahui bahwa total koloni bakteri dari sampel 2, dengan rata-rata 85.000.000 CFU/ml memiliki nilai yang lebih tinggi dari total koloni bakteri sampel 1, yaitu senilai 35.000.000 CFU/ml. Hal ini menunjukkan bahwa sampel 2 memiliki keragaman ataupun populasi bakteri yang lebih berlimpah daripada sampel 1.

Penelitian terkait total koloni bakteri pada limbah cair kelapa sawit juga dilakukan oleh Imo dan Ihejirika (2021), dengan total koloni bakteri tertinggi diperoleh pada saat pengambilan sampel limbah hari ke-28 terdekomposisi yaitu sebanyak 7.100.000 CFU/ml. Perbedaan jumlah koloni bakteri yang terdapat pada limbah cair minyak kelapa sawit bergantung pada tahapan dekomposisinya. Variasi jumlah koloni bakteri ini juga dapat disebabkan karena beberapa

parameter, seperti nutrisi, mineral, suhu, kadar oksigen, keasaman (pH), sampai volume limbah itu sendiri.

SIMPULAN

Enam isolat bakteri yang mampu mendegradasi limbah cair kelapa sawit di Sungai Simangalam berdasarkan data karakteristik makroskopis, mikroskopis, dan biokimia diperoleh, hasil identifikasi genus isolat bakteri tersebut, yaitu *Deinococcus* sp. (HB1ST1), *Morganella* sp. (HB2ST2), *Rhodobacter* sp. (HB3ST2), *Lysinibacillus* sp. (HB4ST2), *Paracoccus* sp. (HB5ST2), dan *Bacillus* sp. (HB6ST2).

DAFTAR PUSTAKA

- Abu Hasan, H., Abu Bakar, S. N. H., & Takriff, M. S. (2021). Microalgae Biofilms for the Treatment of Wastewater. In *Microalgae* (pp. 381–407). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821218-9.00012-8>
- chairunnisa, Riyanto, A. K. (2019). Isolasi dan Uji Bakteri Lipolitik dalam Mendegradasi Minyak pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Kebun Marihat, Pematang Siantar. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 2(september), 46–50.
- Chairunnisa, C., Riyanto, R., & Karim, A. (2019). Isolasi dan Uji Bakteri Lipolitik dalam Mendegradasi Minyak pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Kebun Marihat, Pematang Siantar. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 1(2), 44–52. <https://doi.org/10.31289/jibioma.v1i2.155>
- Dewangan, N. K., & Conrad, J. C. (2020). Bacterial Motility Enhances Adhesion to Oil Droplets. *Soft Matter*, 16(35), 8237–8244.
- Dominic, D., & Baidurah, S. (2022). Recent Developments in Biological Processing Technology for Palm Oil Mill Effluent Treatment—A Review. *Biology*, 11(4), 525. <https://doi.org/10.3390/biology11040525>
- Imo, E. O., & Ihejirika, C. E. (2021). Microbial Load and Biodegradation of Palm Oil Mill Effluent (POME) by Microorganisms at Different Stages of Discharge. *EQA-International Journal of Environmental Quality*, 44, 9–17.
- Khairunnisa, M. (2018). Isolasi dan Identifikasi *Staphylococcus aureus* pada Ambing Kambing Peranakan Etawa (PE). *JURNAL ILMIAH MAHASISWA VETERINER*, 2(4), 538–545.
- Liempepas, A., Lolo, W. A., & Yamlean, P. V. Y. (2019). Isolasi dan Uji Antibakteri dari Isolat Bakteri yang Berasosiasi dengan Spons *Callyspongia aerizusa* serta Identifikasi secara Biokimia. *PHARMACON*, 8(2), 380. <https://doi.org/10.35799/pha.8.2019.29304>
- Rahmatul Layly, I., MERYANDINI, A., HELIANTI, I., & ASTUTI, R. I. (2021). Identification of lipase Producing Bacteria from Palm Oil Sewage Sludge Processing Plant at Malimping, Banten, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(10). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221045>
- Rolando, L., Vila, J., Baquero, R. P., Castilla-Alcantara, J. C., Barra Caracciolo, A., & Ortega-Calvo, J.-J. (2020). Impact of Bacterial Motility on Biosorption and Cometabolism of Pyrene in a Porous Medium. *Science of The Total Environment*, 717, 137210. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137210>

- Swandi, M. K., Nurmiati, & Periadnadi. (2015). Isolasi Bakteri Pendegradasi Limbah Cair Industri Minyak. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 4(1), 71–76.
- Yeanny, M. S., & Muthawali, D. I. (2018). Analysis of Mercury Bioaccumulation on Bivalve Species in Belawan River. *Journal of Physics: Conference Series*, 1116(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1116/5/052077>
- Yuna, R., & Mardina, V. (2019). Pengujian Karakteristik Kimia pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Pabrik X Evaluation of The Chemical Characteristics of Palm Oil Liquid Waste in Factory X. *Jurnal Biologica Samudra*, 1(1), 1–08.