

**ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACTERIA PALM OIL
MILL EFFLUENT AT LIRIK DISTRICT AND POTENTIAL
WORKSHEETS DESIGN FOR HIGH SCHOOL BIOLOGY
LEARNING**

Melita Utari¹, Irda Sayuti², Nursal³

*E-mail: melitautari@yahoo.co.id, irdasayuti63@gmail.com, Nusr_al@yahoo.com
Phone+6281277594631*

*Program Study of Biology Education
Faculty of Teacher Training and Education
University Of Riau*

Abstract : *The study was conducted aimed at isolation and identification bacteria in palm oil mill effluent in Lirik district from October to December 2018. The results of the study were used to design teaching materials in the form of a Student Worksheet (LKPD) in high school biology learning. This research was conducted in two stages, namely the field research stage and the design stage of teaching materials. The method used in this research is purposive sampling method. Bacterial identification was carried out by macroscopic / morphological observations which included observations of colony shape, colony edges and colony colors, then gram staining and biochemical tests were carried out. The results showed that it was thought that there were 3 genera of bacteria in palm oil mill effluents, the 3 genera of bacteria consisted of genus *Enterobacter* sp, *Pseudomonas* sp, and *Bacillus* sp. The results of this study can be used as a design teaching material in the form of Student Worksheets (LKPD) in biological kingdom monera material in high school.*

Key Words : *Isolation, Identification, Bacteria, Palm oil Mill Effluent, Design Of Student Worksheets*

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI PADA LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DI KECAMATAN LIRIK DAN POTENSINYA SEBAGAI RANCANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) PADA PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA

Melita Utari¹, Irda Sayuti², Nursal³

E-mail: melitautari@yahoo.co.id, irdasayuti63@gmail.com, Nusr_al@yahoo.com
phone+6281277594631

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri pada limbah cair pabrik kelapa sawit di Kecamatan Lirik pada bulan Oktober 2018 hingga April 2019. Hasil penelitian digunakan untuk membuat rancangan bahan ajar berupa rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada pembelajaran biologi SMA. Penelitian ini dilaksanakan dengan dua tahapan yaitu tahap riset lapangan dan tahap perancangan bahan ajar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *purposive sampling*. Identifikasi bakteri dilakukan dengan pengamatan makroskopis/morfologi yang meliputi pengamatan bentuk koloni, tepian koloni dan warna koloni, selanjutnya dilakukan pewarnaan gram dan uji biokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diduga terdapat 3 genus bakteri yang dijumpai pada limbah cair pabrik kelapa sawit, 3 genus bakteri tersebut terdiri dari genus *Enterobacter* sp, *Pseudomonas* sp, dan *Bacillus* sp. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi kingdom monera biologi di SMA.

Kata Kunci : Isolasi, Identifikasi, Bakteri, Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, rancangan Lembar Kerja Peserta Didik

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting di Indonesia khususnya di Kecamatan Lirik, yang berperan dalam pembangunan perkebunan nasional karena mampu menciptakan lapangan kerja dan dapat meningkatkan devisa negara. Minyak nabati merupakan produk utama yang dihasilkan kelapa sawit, minyak nabati yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit berupa minyak mentah (*Crude Palm Oil: CPO*) yang berwarna kuning dan minyak inti sawit (*Palm Kernel Oil: PKO*) yang tidak berwarna (jernih). Kegiatan pengolahan kelapa sawit menghasilkan produk samping, apabila tidak dikelola dengan baik maka akan menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Limbah pabrik kelapa sawit yang berasal dari proses pengolahan tandan buah sawit segar menghasilkan tiga jenis limbah, dalam bentuk padat, gas dan cair atau *Palm Oil Mill Effluent (POME)*.

Secara konvensional pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (PKS) dilakukan secara biologis dengan menggunakan sistem lagoon (kolam), yaitu limbah cair diproses di dalam kolam anaerobik dan aerobik dengan memanfaatkan mikroba sebagai perombak BOD, dan menetralkan keasaman cairan limbah.

Guru Biologi yang profesional harus senantiasa memperkaya wawasan keilmuannya dengan hasil-hasil penelitian terbaru yang relevan dengan materi yang diajarkan kepada peserta didik, termasuk pembaharuan perangkat pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis terhadap kurikulum 2013 di SMA. Hasil dari penelitian ini nantinya akan dijadikan sebagai rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pembelajaran Biologi SMA.

METODE PENELITIAN

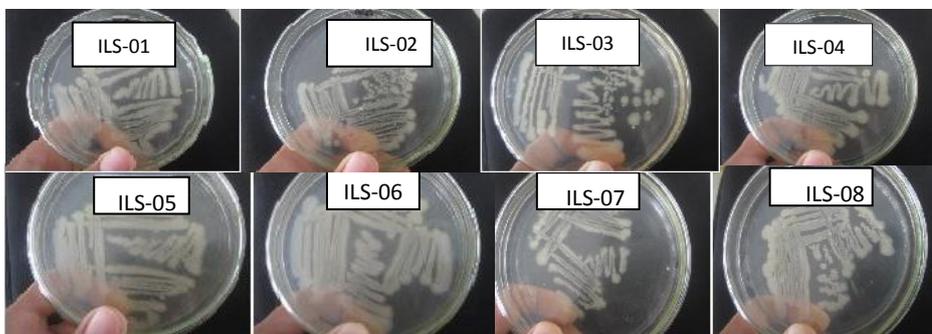
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran dan kampus Fakultas keguruan dan Ilmu Pendidikan Binawidya Universitas Riau pada bulan Oktober hingga Desember 2018. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang terdiri dari 2 tahap yaitu tahap riset dan tahap perancangan bahan ajar berupa lembar kerja peserta didik. Tahap riset dilakukan dengan pengambilan sampel limbah cair pabrik kelapa sawit pada kolam aerob satu dan dua di Kecamatan Lirik. Metode pengambilan sampel dilakukan dengan metode *Purposive sampling*. Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah steril untuk di bawa ke laboratorium. Tahap awal dilakukan pengenceran sampel dari 10^{-1} sampai 10^{-6} selanjutnya dilakukan pengisolasian bakteri dari pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} dan 10^{-6} yang diambil masing-masing 1 ml sampel kemudian dimasukkan kedalam cawan petri yang telah berisi media *Nutrient Agar* (NA) Selanjutnya di inkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37° C. Setelah bakteri tumbuh dilakukan reinokulasi pada media *Nutrient Agar* baru selama 1x24 jam pada suhu 37° C. Kultur murni yang didapatkan, selanjutnya dilakukan pengamatan morfologi, pewarnaan gram, dan uji biokimia bakteri. Isolat bakteri yang didapat diidentifikasi berdasarkan pengamatan makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia yang mengacu pada buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition*. Perancangan bahan ajar berupa lembar kerja peserta didik dilakukan berdasarkan hasil riset yang diperoleh pada tahap pertama. Hasil

penelitian tersebut disesuaikan dengan kompetensi dasar yang telah ditetapkan pada kurikulum. Hasil penelitian tentang isolasi dan identifikasi bakteri pada limbah cair pabrik kelapa sawit di Kecamatan Lirik yang didapatkan dirancang menjadi bahan ajar berupa lembar kerja peserta didik. Langkah perancangan dilakukan analisis potensi dan desain lembar kerja peserta didik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Isolasi Bakteri Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan koloni bakteri hasil isolasi dari sampel Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di Kecamatan Lirik dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. isolat bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit
(Data primer penelitian, 2018)

Keterangan :

ILS-01 = Isolat Limbah Cair Sawit 1	ILS-05 = Isolat Limbah Cair Sawit 5
ILS-02 = Isolat Limbah Cair Sawit 2	ILS-06 = Isolat Limbah Cair Sawit 6
ILS-03 = Isolat Limbah Cair Sawit 3	ILS-07 = Isolat Limbah Cair Sawit 7
ILS-04 = Isolat Limbah Cair Sawit 4	ILS-08 = Isolat Limbah Cair Sawit 8

Gambar tersebut terlihat bahwa terdapat 8 isolat bakteri yang dipilih berasal dari limbah cair pabrik kelapa sawit. Secara keseluruhan biakan murni dari limbah cair pabrik kelapa sawit yang dipilih delapan isolat yang memiliki karakteristik berbeda. Berdasarkan gambar 4.1 menunjukkan hasil pengamatan secara makroskopis pada kolom satu yaitu pada isolat ILS-01, ILS-02 dan ILS-03 bentuk koloninya Bulat sedangkan pada isolat ILS-04 berbentuk tidak beraturan. Berdasarkan ukuran koloni pada ILS-01 berukuran sedang, ILS-02 berukuran titik, sedangkan ILS-03 berukuran kecil dan ILS-04 berukuran besar. Kemudian berdasarkan tepi koloni ILS-01, ILS-02 dan ILS-04 rata, sedangkan ILS-03 bergerigi. Berdasarkan elevasi semua isolat datar. Selanjutnya berdasarkan warna koloninya terdapat dua warna berbeda yaitu putih dan kuning, pada warna putih terdapat pada isolat ILS-01, ILS-03 dan ILS-04 sedangkan warna kuning terdapat pada isolat ILS-02.

Hasil pengamatan secara makroskopis pada empat isolat limbah cair pabrik kelapa sawit kolam dua yaitu bentuk koloninya bulat pada ILS-05, ILS-07 dan ILS-08 sedangkan ILS-06 tidak beraturan. Berdasarkan ukuran koloni pada ILS-05 berukuran sedang, ILS-06 berukuran besar, ILS-07 berukuran kecil sedangkan ILS-08 berukuran titik. Kemudian berdasarkan tepi koloni rata pada semua isolat. Berdasarkan elevasi koloni isolat ILS-05, ILS-06 dan ILS-07 datar, sedangkan ILS-08 cembung. Selanjutnya berdasarkan warna koloninya pada isolat ILS-05 berwarna putih, isolat ILS-06 berwarna Kuning sedangkan isolat ILS-07 dan ILS-08 berwarna putih kekuningan.

Menurut James G. Cappucino and Natalie Sherman (1987), karakteristik bakteri dapat dilihat melalui pengamatan morfologi yaitu secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dapat dilihat melalui warna koloni, bentuk koloni, elevasi koloni dan tepi koloni. Menurut Dwijoseputro (2005) pengamatan makroskopis morfologi koloni meliputi bentuk koloni (dilihat dari atas), permukaan koloni (dilihat dari samping), tepi koloni (dilihat dari atas) dan warna koloni bakteri. Selanjutnya telah dilakukan identifikasi morfologi (makroskopis : bentuk, ukuran, warna, tepi, elevasi dan warna koloni. Tiap isolat memiliki warna, tepi, elevasi dan bentuk koloni yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa kedelapan isolat memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lainnya.

B. Identifikasi Morfologi dan Sifat Biokimia Bakteri Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Koloni bakteri yang telah direinokulasi pada media *Nutrient Agar*(NA) maka selanjutnya dilakukan identifikasi, adapun hasil identifikasi biakan murni bakteri yang telah dipilih dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut ini :

Tabel 1. Hasil Identifikasi Morfologi dan Sifat Biokimia Isolat Bakteri Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Kolam Aerob Satu di Kecamatan Lirik

Identifikasi Morfologi dan Biokimia Bakteri	Isolat			
	ILS-01	ILS-02	ILS-03	ILS-04
Bentuk koloni	Bulat	Bulat	Bulat	Tidak beraturan
Ukuran koloni	Sedang	Titik	Kecil	Besar
Tepi koloni	Rata	Rata	Tepian bergerigi	Rata
Elevasi koloni	Datar	Datar	Datar	Datar
Warna koloni	Putih	Kuning	Putih	Putih
Pewarnaan gram	+	-	+	-
Bentuk sel	Basil	Kokus	Basil	Basil
Uji TSIA	+/-	+/+	+/+	+/+
Gas	+	+	+	+
H ₂ S	-	+	-	+
Uji SCA	+	+	+	+
Uji SIM	+	+	+	+
Genus	<i>Bacillus</i> sp	<i>Enterobacter</i> sp	<i>Bacillus</i> sp	<i>Enterobacter</i> sp

Keterangan

Bentuk Koloni : Bulat



Tidak beraturan



Tepi Koloni : Rata



Tepian bergerigi



Elevasi Koloni : Datar



TSIA +/+ : Lereng kuning/dasar kuning

SIM + : Motil

-/- : Lereng merah/dasar merah

SIM - : Non motil

SCA + : Menggunakan sitrat

Gas dan H₂S +: Reaksi positif

- : Tidak menggunakan sitrat

- : Reaksi negatif

Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat beberapa macam bentuk, ukuran, tepi, elevasi dan bentuk koloni melalui pengamatan makroskopis serta bentuk sel dan pewarnaan gram melalui pengamatan mikroskopis dari keempat isolat bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit yang telah dipilih dan dimurnikan. Berikut penjelasan isolat bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit yang ditemukan pada penelitian ini berdasarkan tabel hasil penelitian.

Pengamatan pada pewarnaan gram isolat ILS-01 dan ILS-03 memiliki pewarnaan gram positif sedangkan pewarnaan gram negatif terdapat pada isolat ILS-02 dan LS-04. Pengamatan bentuk sel isolat ILS-01, ILS-03 dan ILS-04 berbentuk basil, sedangkan ILS-02 berbentuk kokus. Keempat isolat bakteri hasil isolasi dan identifikasi secara morfologi (makroskopis dan mikroskopis) dan uji biokimia terdiri dari 2 jenis *Bacillus* sp dan 2 jenis *Enterobacter* sp.

Dalam buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* menjelaskan bahwa pada tiap-tiap kelompok bakteri itu sendiri terdapat beberapa spesies dan ada beberapa genus yang memiliki spesies tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa satu spesies bakteri pada satu genus yang sama bisa saja memiliki warna, tepi, elevasi, dan bentuk koloni yang berbeda. Seperti hasil penelitian Bambang Yudono, dkk.,(2013) dalam penelitiannya juga menemukan empat genus *Pseudomonas* sp dengan tepian yang berbeda yaitu tepian kerang, rata, berombak dan bergerigi. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh karakteristik dari spesies bakteri itu sendiri dan juga dapat dipengaruhi oleh aktivitas metabolisme dalam pertumbuhannya. Untuk hasil identifikasi morfologi dan sifat biokimia bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit pada kolom aerob dua, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Morfologi dan Sifat Biokimia Isolat Bakteri Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit pada Kolam Aerob Dua di Kecamatan Lirik

Identifikasi Morfologi dan Biokimia Bakteri	Isolat			
	ILS-05	ILS-06	ILS-07	ILS-08
Bentuk koloni	Bulat	Tidak beraturan	Bulat	Bulat
Ukuran koloni	Sedang	Besar	Kecil	Titik
Tepi koloni	Rata	Rata	Rata	Rata
Elevasi koloni	Datar	Datar	Datar	Cembung
Warna koloni	Putih	Kuning	Putih kekuningan	Putih kekuningan
Pewarnaan gram	-	+	+	-
Bentuk sel	Kokus	Basil	Basil	Basil
Uji TSIA	+/+	+/+	+/+	-/-
Gas	+	-	-	-
H ₂ S	+	-	-	-
Uji SCA	+	+	+	+
Uji SIM	+	+	+	+
Genus	<i>Enterobacter</i> sp	<i>Bacillus</i> sp	<i>Bacillus</i> sp	<i>Pseudomonas</i> sp

Keterangan

Bentuk Koloni: Bulat



Tidak beraturan



Tepi Koloni : Rata



Elevasi Koloni: Cembung



Datar



TSIA +/+ : Lereng kuning/dasar kuning

SIM + : Motil

-/- : Lereng merah/dasar merah

SIM - : Non motil

SCA + : Menggunakan sitrat

Gas dan H₂S + : Reaksi positif

- : Tidak menggunakan sitrat

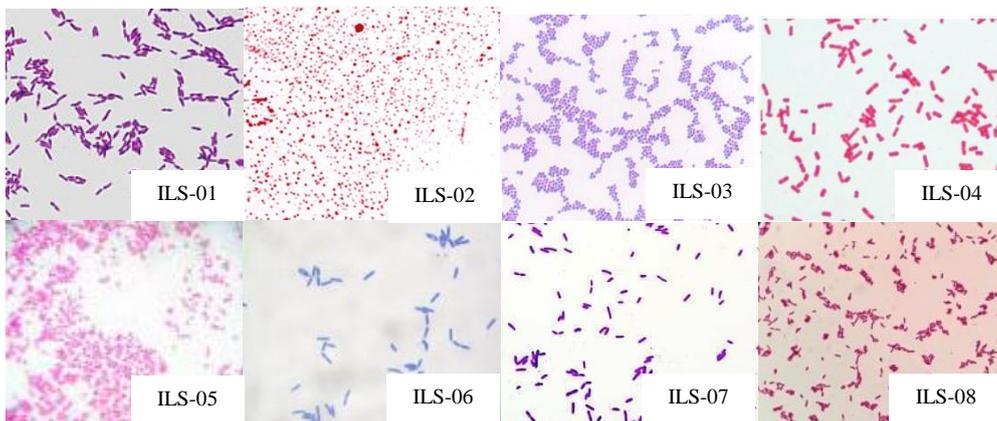
- : Reaksi negatif

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat beberapa macam bentuk, ukuran, tepi, elevasi dan bentuk koloni melalui pengamatan makroskopis serta bentuk sel dan pewarnaan gram melalui pengamatan mikroskopis dari keempat isolat bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit yang telah dimurnikan. Berikut penjelasan isolat bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit pada kolam aerob dua yang dipilih dan ditemukan pada penelitian ini berdasarkan tabel hasil penelitian.

Pengamatan pada pewarnaan gram isolat ILS-05 dan ILS-08 memiliki pewarnaan gram negatif sedangkan pewarnaan gram positif terdapat pada isolat ILS-06 dan ILS-07. Pengamatan bentuk sel ILS-06, ILS-07 dan ILS-08 isolat berbentuk basil sedangkan ILS-05 berbentuk kokus. Keempat isolat bakteri hasil isolasi dan identifikasi secara morfologi (makroskopis dan mikroskopis) dan uji biokimia terdiri dari 2 jenis *Bacillus* sp, *Enterobacter* sp dan *Pseudomonas* sp.

Tiap isolat memiliki warna, tepi, elevasi dan bentuk koloni yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa keempat isolat memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Dalam buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* menjelaskan bahwa pada tiap-tiap kelompok bakteri itu sendiri terdapat beberapa spesies dan ada beberapa genus yang memiliki spesies tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa satu spesies bakteri pada satu genus yang sama bisa saja memiliki warna, tepi, elevasi, dan bentuk koloni yang berbeda.

Hasil pengamatan morfologi secara mikroskopis terbagi menjadi dua kelompok yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif. Gambar hasil pengamatan pewarnaan Gram dari isolat bakteri pada mikroskop binokuler dengan perbesaran 100 dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini



Gambar 2. Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit
Keterangan :

ILS-01 = Bentuk sel basil (+)	ILS-05 = Bentuk sel kokus (-)
ILS-02 = Bentuk sel kokus (-)	ILS-06 = Bentuk sel basil (+)
ILS-03 = Bentuk sel basil (+)	ILS-07 = Bentuk sel basil (+)
ILS-04 = Bentuk sel basil (-)	ILS-08 = Bentuk sel basil (-)

Berdasarkan Gambar 2 melalui pengamatan secara mikroskopis isolat ILS-01, ILS-03, ILS-04, ILS-06, ILS-07 dan ILS-08 berbentuk sel basil, sedangkan isolat ILS-02 dan ILS-05 berbentuk sel kokus. Menurut Schegel, H.G. (1994) bakteri memiliki beberapa bentuk dasar sehingga diklasifikasikan menjadi tiga bentuk dasar, yaitu basil (batang), kokus (bulat) dan spirillum (spiral).

Berdasarkan jenis-jenis bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit yang didapatkan dari hasil penelitian ini, yaitu bakteri genus *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp dan *Enterobacter* sp. Berikut penjelasan dari masing-masing genus bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit yang ditemukan adalah sebagai berikut :

1. Bakteri *Bacillus* sp

Bakteri *Bacillus* memiliki karakteristik berbentuk bulat dan bulat kecil dengan tepian rata dan bergerigi, berwarna putih, sel bakteri bersifat gram positif yang bersifat fakultatif anaerob, mampu memfermentasikan sukrosa, dan ada yang menghasilkan gas dalam metabolismenya, menggunakan sitrat sebagai sumber karbon dan bersifat motil.

Klasifikasi bakteri ini berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957) adalah Division Bacteria, Classis Schizomycetes, Ordo Eubacteriales, Familia Bacillaceae, Genus *Bacillus*.

Bakteri jenis ini tidak mampu memfermentasikan sukrosa pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Hal ini dapat dilihat dengan perubahan warna yang terjadi pada media TSIA. Sebelum dilakukan inkubasi dasar media berwarna merah sedangkan setelah dilakukan inkubasi terjadi perubahan warna menjadi warna kuning. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus* sp mampu memfermentasikan sukrosa dengan baik. Bakteri ini juga mampu menghasilkan H₂S hal ini dapat dilihat adanya bintik-bintik hitam pada media TSIA, juga terdapat rongga kosong pada media tersebut. Dalam metabolismenya, bakteri *Bacillus* sp menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber energi, hal ini dapat dilihat dengan adanya reaksi positif pada media *Citrat Cimon Agar* (SCA). Reaksi positif pada media SCA dapat dilihat dengan perubahan warna pada media baik pada lereng maupun dasar media yang pada awalnya berwarna hijau berubah menjadi warna biru. Bakteri *Bacillus* sp bersifat motil, hal ini dapat dilihat dengan tumbuhnya bakteri secara menyebar pada media *Sulphite Indole Motility*(SIM). Reaksi biokimia yang ditunjukkan oleh bakteri *Bacillus* sp dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini



Gambar 3 Reaksi Uji Biokimia *Bacillus* sp

Tiga Uji biokimia bakteri *Bacillus* sp yang dilakukan sesuai dengan pendapat Berber dan Yenidunya (2004) yaitu Bakteri yang berbentuk batang, gram positif dan tidak berantai kemudian dites untuk reaksi katalase positif selanjutnya dilakukan uji biokimia dan gula-gula yang meliputi uji Sulfide Indol Motility (SIM), uji Simmon Citrate (SCA), uji glukosa dan sukrosa.

2. Bakteri *Pseudomonas* sp

Klasifikasi bakteri *Pseudomonas* sp berdasarkan buku identifikasi bakteri Klasifikasi bakteri ini berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957) adalah Division Schizophyta, Classis Schizomycetes, Ordo Pseudomondales, Familia

Pseudomonadaceae, Genus *Pseudomonas*. Reaksi biokimia pada bakteri *Pseudomonas* sp dapat dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Reaksi Uji Biokimia *Pseudomonas* sp

Bakteri jenis ini tidak mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa pada media TSIA, hal ini dapat dilihat tidak adanya perubahan warna pada dasar dan lereng media TSIA. Bakteri ini menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya ditunjukkan dengan reaksi positif perubahan warna pada media SCA dari warna hijau menjadi biru. Nur Hidayat, *dkk.*, (2018) menambahkan bahwa bakteri ini juga menggunakan hidrokarbon sebagai salah satu sumber karbon dalam proses pembentukan energi dan pertumbuhannya. Bakteri *Pseudomonas* sp merupakan bakteri bersifat motil, dapat dilihat dengan adanya pertumbuhan menyebar pada media SIM.

Bakteri *Pseudomonas* sp memiliki karakteristik seperti Gram negatif, berbentuk batang (rods) atau kokus (coccus), aerob obligat, motil mempunyai flagel polar. Bakteri ini bersifat oksidase positif, katalase positif, nonfermenter dan tumbuh dengan baik pada suhu 4 °C atau dibawah 43 °C.

3. Bakteri *Enterobacter*

Bakteri *Enterobacter* sp memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, berwarna kuning dengan permukaan rata dan tebal, sel bakteri berbentuk batang gram negatif, mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa dan menghasilkan gas dalam metabolismenya, menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan bersifat motil.

Klasifikasi bakteri ini berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957) adalah Division Schyzophyta, Classis Schizomycetes, Ordo Eubacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Enterobacter*. Genus ini dikenal juga dengan nama lain *Aerobacter*.

Bakteri jenis ini mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa dengan baik pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Hal ini dapat dilihat dengan adanya perubahan warna pada media TSIA. Media ini berwarna merah, setelah dilakukan inkubasi selama 1x24 jam media ini mengalami perubahan warna dasar dan lereng menjadi kuning. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Enterobacter* sp memiliki kemampuan dalam memfermentasikan laktosa dan sukrosa dengan baik. Bakteri ini juga menghasilkan gas H₂S, hal ini dapat dilihat dengan adanya rongga kosong pada media TSIA. Dalam metabolismenya, bakteri *Enterobacter* sp menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon. Hal ini ditunjukkan dengan reaksi positif dari media *Simon Citrat Agar* (SCA).

Reaksi positif dapat dilihat dengan adanya perubahan warna pada media SCA dari hijau menjadi biru. Bakteri *Enterobacter* sp juga bersifat motil, hal ini dapat dilihat dengan tumbuhnya bakteri secara menyebar pada media *Sulphite Indole Motility* (SIM). Reaksi biokimia yang ditunjukkan bakteri *Enterobacter* sp dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Reaksi Uji Biokimia *Enterobacter* sp

Beberapa penelitian telah menemukan bakteri *Enterobacter* sp seperti penelitian, Fandry (2006) pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Badan pengkajian dan Penerapan Teknologi (2010) juga menambahkan bahwa bakteri *Enterobacter* sp merupakan bakteri kosmopolit karena dapat dijumpai pada berbagai habitat seperti air, tanah, sampah, produk makanan dan dalam usus manusia.

C. Potensi Hasil Penelitian Sebagai Rancangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada Pembelajaran Biologi SMA

Hasil penelitian tentang isolasi dan identifikasi bakteri pada limbah cair pabrik kelapa sawit di Kecamatan Lirik dapat digunakan sebagai salah satu rancangan bahan ajar berupa Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada pembelajaran Biologi SMA. Tahap rancangan LKPD peneliti melakukan Analisis dan Desain menggunakan Model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*) yang disederhanakan menjadi dua Tahap yaitu *Analyze* dan *Design*. Perancangan LKPD tersebut dijadikan landasan dalam merancang lembar kerja peserta didik untuk memperkaya bahan ajar disekolah. Pembahasan dari tahapan *analyze* dan *design* dapat dilihat dibawah ini :

1. *Analysis* Potensi

Pada tahap *Analysis* dimulai dengan melakukan analisis instruksional Kurikulum dan Silabus yang dikeluarkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Tingkat SMA. Analisis kurikulum yang dilakukan yaitu kurikulum 2013. Berdasarkan rencana kegiatan program pembelajaran pada mata pelajaran, tujuan menelaah kurikulum ini untuk membantu masalah dasar pada rancangan LKPD. Tahap awal dari analisis kurikulum meliputi analisis Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD) dan kemudian silabus. Data hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kompetensi Dasar (KD) yang dapat dijadikan Rancangan Lembar Kerja Peserta Didik pada Pembelajaran Biologi Kelas X SMA

Satuan Pendidikan	Kelas	KD	Materi	Potensi Pengembangan
SMA/MA	X	3.5 Menganalisis struktur dan cara hidup bakteri serta perannya dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat	Kingdom monera	LKPD
		4.5 Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peran bakteri dalam kehidupan		
		3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan dan penyebab, serta dampak dari perubahan-perubahan tersebut bagi kehidupan	Perubahan lingkungan	<i>Handout</i>
		4.11 Merumuskan gagasan pemecahan masalah perubahan lingkungan yang terjadi di lingkungan sekitar		

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa Kompetensi Dasar yang dianalisis adalah kurikulum 2013. Berdasarkan rencana kegiatan program pembelajaran pada mata pelajaran, tujuan menelaah Kompetensi Dasar ini untuk membantu masalah dasar pada rancangan LKPD.

Dari analisis Kompetensi Dasar tersebut terdapat ada 4 KD yang sesuai dengan hasil penelitian ini yaitu pada KD 3.5 kelas X Menganalisis struktur dan cara hidup bakteri serta perannya dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat. KD ini menuntut pembelajaran yang mengharuskan adanya metode praktikum dan teori. Faktanya, terdapat permasalahan dalam melaksanakan pembelajaran, yaitu kurangnya LKPD yang membahas mengenai isolasi, identifikasi dan pengklasifikasian bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit. Maka dari itu perancangan LKPD diharapkan sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah pada KD 3.5 untuk pembelajaran terkait pemantapan teori atau pembelajaran (kognitif) sedangkan pada KD 4.5 untuk penuntun pembelajaran praktikum di sekolah (psikomotor).

KD 4.5 kelas X Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peran bakteri dalam kehidupan berdasarkan hasil studi literatur dalam bentuk laporan tertulis. Hasil identifikasi bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit di Kecamatan Lirik dapat dijadikan sumber belajar yaitu berupa rancangan LKPD.

2. Design

Pada tahap desain terdapat dua tahapan yang dilakukan yaitu perancangan perangkat pembelajaran dan perancangan LKPD. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dirancang berdasarkan format yang disediakan oleh Departemen Pendidikan Nasional dengan berdasarkan kepada pendekatan saintifik. Berikut merupakan rancangan LKPD berdasarkan Analisis Kurikulum dan data hasil penelitian yang telah dilakukan. Lembar kerja peserta didik yang akan dirancang mengacu pada Depdiknas (2013).

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa Isolat bakteri yang ditemukan pada limbah cair pabrik kelapa sawit di kecamatan Lirik diduga terdiri dari 3 genus yakni genus *Enterobacter* sp, *Pseudomonas* sp dan *Bacillus* sp. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan lembar kerja peserta didik guna memperkaya bahan ajar pada konsep kingdom monera Biologi SMA.

Rekomendasi

Beberapa rekomendasi dari penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian identifikasi bakteri limbah cair pabrik kelapa sawit pada tingkatan spesies . Perlu dilakukan penelitian uji lanjut mengenai kemampuan masing-masing isolat bakteri dalam mendegradasikan limbah cair pabrik kelapa sawit. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) perlu dikembangkan lebih lanjut agar dapat diterapkan dalam pembelajaran di sekolah sehingga mendukung proses pembelajaran Biologi terutama pada konsep Kingdom Monera.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Prastowo. 2012. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif: Menciptakan Metode Pembelajaran yang Menarik dan Menyenangkan*. Diva Press. Yogyakarta
- Ateng supriyatna, 2012. Isolation and identification of Cellulotic Bacteria From Waste Organik Vegetables and Fruits For Role in Making Materials Biogas. Edisi Juli 2012
- Bala, J. D., J. Lalung and N. Ismail. 2014. Biodegradation of Palm Oil Mill Effluent (POME) by Bacterial. *International Journal of Scientific and Research Publications*
- Dick W, Carey L (1996). The systematic design of instruction. (4th ed.). New York: Harper Collins College Publishers.
- Dinda Zahidah.2013. Isolasi, Karakteristik dan Potensi Bakteri Aerob Sebagai Pendegradasi Limbah Organik. *Jurnal Sains dan semi pomits*.
- Fandri, W. 2006. Identifikasi Bakteri Lipolitik pada Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit PT. AMP Plantation. [Skripsi]. Universitas Andalas. Padang.
- Fitralia Elyza, Nuni Gofar, Munawar. 2015. Identifikasi Dan Uji Potensi Bakteri Lipolitik Dari Limbah SBE (*Spent Bleaching Earth*) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Jurusan Biologi Lingkungan Universitas Sriwijaya. Palembang
- Januar, W., S. Khotimah dan A. Mulyadi. 2013. Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Lipid dari Instalasi Pengolahan Limbah Cair PPKS PTPN-XIII Ngabang Kabupaten Landak. *Jurnal Protobiont* 2013.
- Munir, E. 2006. *Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan
- Nababan, bungaria. 2008. Isolasi dan uji potensi bakteri pendegradasi minyak solar dari laut belawan. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan
- Pelczar, Michael J. ECS. Chan. 2008. *Dasar-dasar mikrobiologi* Jilid II. UI Press. Jakarta.