

***ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACTERIA WASTE OIL
FUEL FILLING STATION IN GENERAL (GAS STATIONS)
AND ITS POTENTIAL AS DESIGN MODULE BIOLOGY LEARNING
IN SENIOR HIGH SCHOOL***

Hamdi Harmanzah¹, Irda Sayuti², Evi Suryawati³

e-mail: Hamdiharmanzah94@gmail.com, Irdasayuti63@gmail.com, Evien_riau@yahoo.com
phone +6282388520122

Biology Education Faculty Of Teacher Training And Education
University Of Riau

***Abstract:** The study was conducted to determine the isolation and identification of bacteria petroleum waste in public refueling stations (gas stations) and its potential as a learning module design in high school biology in March and April 2016. The results are used for designing learning modules on subjects biology. This research was conducted in two stages: stage of field research and design phase of learning modules. This research is descriptive and conducted by examination in the laboratory. The sampling technique in this study, done by using purposive sampling method. The results showed that the isolated bacteria found in soil or sand contaminated petroleum waste in the form of a spill or spills of gasoline at gas stations COCO 11,282,604 Pekanbaru and gas stations 14,284,623 Panam consists of three genera namely the genus Bacillus, Micrococcus and Pseudomonas, whereas isolates bacteria found in soil / sand contaminated with petroleum waste in the form of a spill or spills of diesel at gas stations COCO 11,282,604 Pekanbaru and gas stations 14,284,623 Panam consists of four genera namely the genus Bacillus, Citrobacter, Enterobacter, and Micrococcus. The results of this study can be used as a learning module design in high school biology in order to enrich the teaching materials on the concept of bacterial characteristics eubacteria.*

Keywords: Bacteria, Public Refueling Stations (Gas Stations), Learning Modules

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI LIMBAH MINYAK BUMI DI STASIUN PENGISIAN BAHAN BAKAR UMUM (SPBU) DAN POTENSINYA SEBAGAI RANCANGAN MODUL PEMBELAJARAN BIOLOGI DI SMA

Hamdi Harmanzah¹, Irda Sayuti², Evi Suryawati³

e-mail: Hamdiharmanzah94@gmail.com, Irdasayuti63@gmail.com, Evien_riau@yahoo.com
phone +6282388520122

Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Dilakukan penelitian untuk mengetahui isolasi dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi di stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) dan potensinya sebagai rancangan modul pembelajaran biologi di Sekolah Menengah Atas pada bulan Maret hingga April 2016. Hasil penelitian digunakan untuk perancangan modul pembelajaran pada mata pelajaran biologi. Penelitian ini dilaksanakan dengan dua tahapan yaitu tahap riset lapangan dan tahap perancangan modul pembelajaran. Jenis penelitian ini bersifat deskriptif dan dilakukan dengan pemeriksaan di laboratorium. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat bakteri yang ditemukan pada tanah atau pasir yang terkontaminasi limbah minyak bumi berupa tumpahan ataupun cecceran bensin pada SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru dan SPBU 14.284.623 Panam terdiri dari tiga genus yakni genus *Bacillus*, *Micrococcus*, dan *Pseudomonas*, sedangkan isolat bakteri yang ditemukan pada tanah/pasir terkontaminasi limbah minyak bumi berupa tumpahan ataupun cecceran solar pada SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru dan SPBU 14.284.623 Panam terdiri dari empat genus yakni genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, dan *Micrococcus*. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan modul pembelajaran biologi di Sekolah Menengah Atas guna memperkaya bahan ajar pada konsep karakteristik bakteri Eubakteria.

Kata kunci: Bakteri, Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), Modul Pembelajaran

PENDAHULUAN

Berdasarkan penelitian Dachniar Hajar (2012) menyebutkan bahwa minyak bumi merupakan campuran kompleks senyawa kimia, termasuk hidrokarbon. Minyak bumi digunakan secara luas sebagai bahan bakar kendaraan dan industri, minyak pelumas, pelarut dan sebagai bahan mentah dalam pabrik petrokimia dan farmasi. Minyak bumi berpotensi sebagai sumber pencemaran tanah dan air karena penggunaannya yang tinggi.

Stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU) merupakan salah satu usaha yang cukup berkembang seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan kebutuhan BBM. SPBU juga merupakan salah satu tempat yang dapat menghasilkan limbah minyak bumi. Kegiatan yang berlangsung di SPBU tentu sedikit banyaknya menghasilkan limbah minyak bumi baik dari tumpahan, ataupun ceceran minyak bensin dan solar pada saat pengisian bahan bakar kendaraan bermotor baik disengaja ataupun tidak disengaja. Adapun produk olahan dari minyak bumi yang paling banyak disediakan pada SPBU adalah bahan bakar diesel yaitu solar dan gasolin yaitu bensin (Roksun dan Maya, 2013).

Pada limbah minyak bumi tersebut, terdapat beberapa genera bakteri yang memanfaatkan senyawa hidrokarbon minyak bumi sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan dan metabolisme hidupnya sehingga kandungan hidrokarbon di lingkungan akan berkurang. Aplikasi bioremediasi di Indonesia mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 (KepMen LH No. 128/2003) mengatur tentang tata cara dan persyaratan teknis pengolahan limbah dan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologis. Disini dicantumkan bahwa bioremediasi dilakukan dengan menggunakan mikroba lokal. Pada umumnya, di daerah yang tercemar jumlah mikroba yang ada tidak mencukupi untuk terjadinya bioproses secara alamiah. Hal ini erat kaitannya dengan permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh minyak bumi. Dengan adanya beberapa genera bakteri tersebut, sekaligus dapat dijadikan sebagai pemecahan masalah akibat pencemaran minyak bumi di lingkungan.

Berdasarkan hasil pengamatan peneliti, pada saat pengisian bahan bakar oleh operator SPBU ternyata masih banyak operator SPBU yang masih kurang berhati-hati dalam proses pengisian bensin dan solar. Pada saat selesai mengisi minyak pada kendaraan bermotor, operator SPBU tersebut menarik selang dari tangki kendaraan bermotor tersebut. Sedangkan pada saat itu masih terdapat minyak bensin atau solar pada selang, sehingga terjadi tumpahan ataupun ceceran bensin atau solar dari ujung selang pengisian sehingga lantai di SPBU secara berkala terkena tumpahan ataupun ceceran minyak bumi tersebut. Hal ini menyebabkan rona pada lantai berubah menjadi hitam ataupun terlihat seperti bekas noda tumpahan minyak.

Kondisi lingkungan dari SPBU itu sendiri juga mempengaruhi tingkat pencemaran minyak bumi. SPBU yang kondisinya kurang bersih meskipun setiap hari di sapu namun dengan jumlah kendaraan yang mengisi minyak kendaraannya banyak sehingga selalu saja terjadi tumpukan tanah atau pasir. Berdasarkan pengamatan peneliti, tanah atau pasir tersebut masih ada yang menempel pada lantai di tempat pengisian tersebut menyebabkan tanah atau pasir dapat terkontaminasi senyawa hidrokarbon dalam waktu yang cukup lama. Menurut A. Nugroho (2006) limbah minyak bumi merupakan Bahan Beracun dan Berbahaya (B3) yang secara signifikan

memberikan kontribusi pada peningkatan penyakit serius serta menimbulkan bahaya potensial bagi manusia dan lingkungan.

Menurut Atlas & Bartha (1997) menyebutkan bahwa pemanfaatan bakteri hidrokarbonoklastik yang diisolasi langsung dari habitatnya (bakteri indigenous) sebagai agen pendegradasi hidrokarbon dapat mempersingkat waktu bioremediasi. Selanjutnya, dari hasil penelitian ini juga akan digunakan sebagai sumber belajar berupa rancangan modul pembelajaran biologi di SMA sesuai dengan Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar yang dituntut pada kurikulum di sekolah.

METODE PENELITIAN

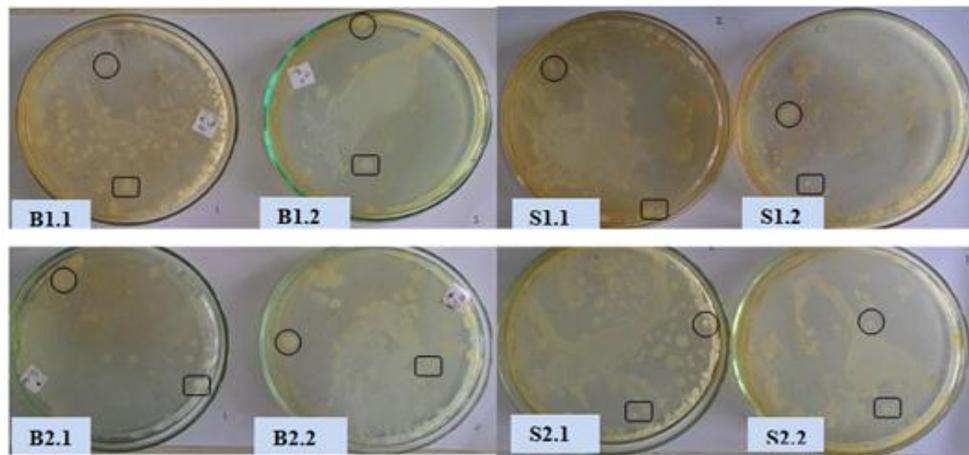
Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif melalui hasil pemeriksaan atau uji sampel di laboratorium. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Riau pada bulan Maret sampai April 2016. Sampel dari penelitian adalah tanah atau pasir yang tercemar minyak bumi bensin atau solar dari SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru dan SPBU 14.284.623 Panam. Sampel ditentukan dengan teknik *purposive sampling*. Sampel yang diambil dari kedua SPBU dimasukkan ke dalam wadah steril untuk di bawa ke laboratorium. Tahap awal dilakukan adalah mengisolasi bakteri limbah minyak bumi melalui pengenceran sampel dengan perbandingan 1:9 yaitu sebanyak 1 gr sampel tanah atau pasir dengan tambahan akuades steril sebanyak 9 ml dan diaduk kemudian diambil 1 ml larutan tanah atau pasir tersebut ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml akuades steril. Hasil dari pengenceran tersebut adalah pengenceran 10^{-1} . Selanjutnya diambil 1 ml larutan dari pengenceran 10^{-1} dimasukkan ke tabung reaksi kedua yang berisi 9 ml akuades steril dan dikocok hingga homogen maka akan diperoleh pengenceran 10^{-2} , demikian seterusnya hingga pengenceran 10^{-6} . Hasil pengenceran 10^{-4} dan 10^{-6} ditanam dalam media *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSE) yang ditambahkan bensin dan solar sebanyak 2% sebagai media selektif. Selanjutnya di inkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37°C. Setelah bakteri tumbuh dilakukan reinokulasi pada media selektif SMSSE 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*. Data penelitian yang terkumpul dalam bentuk tabel dan gambar dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Limbah Minyak Bumi

Isolasi merupakan cara untuk memisahkan atau memindahkan mikroba tertentu dari lingkungan, sehingga diperoleh kultur murni atau biakkan murni. Kultur murni ialah kultur yang sel-sel mikrobaanya berasal dari pembelahan dari satu sel tunggal (Pleczar, 1986).

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan koloni bakteri hasil isolasi bakteri dari hasil pengenceran 10^{-4} dan 10^{-6} sampel tanah atau pasir terkontaminasi bensin (B) dan solar (S) dari SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru (SPBU 1) dan SPBU 14.284.623 Panam (SPBU 2) dapat dilihat pada Gambar 1.



Ket : ○ = sp a □ = sp b

B1.1 = Isolat bakteri limbah Bensin SPBU 1 10^{-4}

B1.2 = Isolat bakteri limbah Bensin SPBU 1 10^{-6}

S1.1 = Isolat bakteri limbah Solar SPBU 1 10^{-4}

S1.2 = Isolat bakteri limbah Solar SPBU 1 10^{-6}

B2.1 = Isolat bakteri limbah Bensin SPBU 2 10^{-4}

B2.2 = Isolat bakteri limbah Bensin SPBU 2 10^{-6}

S2.1 = Isolat bakteri limbah Solar SPBU 2 10^{-4}

S2.2 = Isolat bakteri limbah Solar SPBU 2 10^{-6}

Gambar 1 Kultur Murni Bakteri Limbah Minyak Bumi (Dokumentasi Pribadi).

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan, gambar dari keenam belas isolat bakteri yang diisolasi dari limbah minyak bumi yang terkontaminasi tumpahan ataupun cecceran bensin (B) dan solar (S) pada tanah atau pasir yang telah dimurnikan. Selanjutnya, dilakukan identifikasi morfologi dan pewarnaan Gram dari isolasi bakteri limbah minyak bumi yang diperkirakan koloni bakteri pendegradasi hidrokarbon, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Identifikasi Morfologi secara Makroskopis dan Mikroskopis

Sampel	Kode	Isolat	Morfologi Koloni				Mikroskopis	
			Warna	Tepi	Elevasi	Bentuk	Bentuk sel	Gram
SPBU 1	B1.1.a	1	Putih	Serate	Raised	Rizoid	Coccus	+
	B1.1.b	2	Kuning	Entire	Flat	Sirkuler	Coccus	-
	B1.2.a	3	Putih	Serate	Flat	Rizoid	Basil	+
	B1.2.b	4	Kuning	Entire	Raised	Sirkuler	Basil	-
	S1.1.a	5	Putih	Entire	Raised	Sirkuler	Basil	-
	S1.1.b	6	Kuning	Ondulate	Raised	Sirkuler	Basil	-
	S1.2.a	7	Putih	Lobate	Flat	Ireguler	Basil	-
	S1.2.b	8	Putih	Lobate	Flat	Ireguler	Basil	-
SPBU 2	B2.1.a	9	Krem	Ondulate	Flat	Ireguler	Basil	-
	B2.1.b	10	Putih	Entire	Raised	Ireguler	Coccus	+
	B2.2.a	11	Putih	Ondulate	Raised	Ireguler	Basil	+
	B2.2.b	12	Putih	Entire	Raised	Sirkuler	Coccus	+
	S2.1.a	13	Putih	Entire	Raised	Sirkuler	Coccus	+

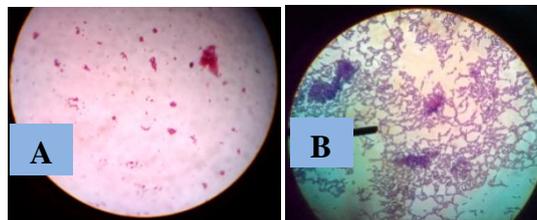
S2.1.b	14	Krem	Ondulate	Flat	Ireguler	Basil	-
S2.2.a	15	Putih	Serate	Flat	Ireguler	Coccus	+
S2.2.b	16	kuning	Entire	Flat	Sirkuler	Basil	-

Ket: Serate (bergerigi) Flat (rata/datar) Rizoid (bentuk akar)
Entire (tepi rata) Raised (bercabang teratur) Sirkuler (bulat bertepi)
Ondulate (bergelombang) Ireguler (tidak beraturan)
Lobate (berlekuk) + : bakteri gram positif (ungu) - : bakteri gram negatif (merah)

Tabel 1, menunjukkan bahwa terdapat beberapa warna, tepi, elevasi, dan bentuk koloni melalui pengamatan makroskopis serta bentuk sel dan pewarnaan Gram melalui pengamatan mikroskopis dari keenam belas isolat bakteri limbah minyak bumi yang telah dimurnikan.

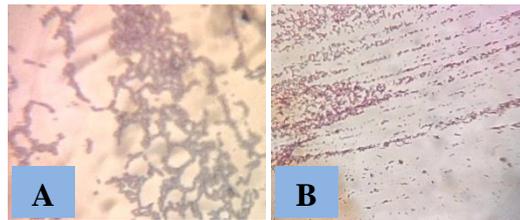
Tiap-tiap isolat memiliki warna, tepi, elevasi dan bentuk koloni yang berbeda-beda baik pada SPBU 1 dan SPBU 2. Hal ini menunjukkan bahwa keenam belas isolat bakteri memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Dalam buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh 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. Seperti hasil penelitian Bambang Yudono, dkk (2013) dalam penelitiannya juga menemukan 4 genus *Pseudomonas* 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.



Gambar 2 Pewarnaan Gram pada mikroskop binokuler perbesaran 100x (A) bakteri gram positif (B) bakteri gram negatif (Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan Tabel 4.1, menunjukkan hasil dari pewarnaan Gram yang berwarna ungu (Gram positif) adalah isolat 1, isolat 3, isolat 10, isolat 11, isolat 12, isolat 13 dan isolat 15, sedangkan yang berwarna merah (Gram negatif) adalah isolat 2, isolat 4, isolat 5, isolat 6, isolat 7, isolat 8, isolat 9, isolat 14, dan isolat 16. Hal ini sesuai dengan Lay (1994) bakteri gram positif akan mempertahankan zat warna *crystal violet* dan akan tampak berwarna ungu tua di bawah mikroskop. Adapun bakteri gram negatif akan kehilangan zat warna *crystal violet* setelah dicuci dengan alkohol, dan sewaktu diberi zat pewarna air *fucsin* atau *safranin* akan tampak berwarna merah. Perbedaan zat warna ini disebabkan oleh perbedaan dalam struktur kimiawi dinding selnya.



Gambar 3 Bentuk sel bakteri pada mikroskop binokuler perbesaran 100x (A) bakteri bentuk basillus (batang) (B) bakteri bentuk coccus (bulat) (Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan Tabel 1, hasil pengamatan bentuk sel bakteri menunjukkan bahwa isolat 1, isolat 2, isolat 10, isolat 12, isolat 13, dan isolat 15 memiliki bentuk sel *coccus*, sedangkan isolat 3, isolat 4, isolat 5, isolat 6, isolat 7, isolat 8, isolat 9, isolat 11, isolat 14, dan isolat 16 memiliki bentuk sel *basillus*. Menurut Schlegel, H.G. (1994) bakteri memiliki beberapa bentuk dasar sehingga dapat diklasifikasikan menjadi tiga bentuk dasar, yaitu *bacillus* (batang), *coccus* (bulat), dan *spirillum* (spiral).

Identifikasi Bakteri Limbah Minyak Bumi

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan, dari keenam belas isolat bakteri yang telah ditemukan dilakukan identifikasi dengan melakukan uji biokimia bakteri limbah minyak bumi berupa bensin (B) dan solar (S) dari SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru (SPBU 1) dan SPBU 14.284.623 Panam (SPBU 2), yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Identifikasi Bakteri melalui Uji Biokimia

Sampel	Kode	Isolat	Uji Biokimia				Genus	Kode Spesies
			TSIA	Gas	H ₂ S	SIM SCA		
SPBU 1	B1.1.a	1	k/k	-	-	+ -	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus sp1</i>
	B1.1.b	2	m/m	-	-	+ +	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas sp1</i>
	B1.2.a	3	k/k	-	-	+ -	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus sp2</i>
	B1.2.b	4	m/m	-	+	+ +	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas sp2</i>
	S1.1.a	5	k/k	-	+	+ +	<i>Enterobacter</i>	<i>Enterobacter sp</i>
	S1.1.b	6	m/k	-	+	+ +	<i>Citrobacter</i>	<i>Citrobacter sp1</i>
	S1.2.a	7	k/k	-	-	+ -	<i>Citrobacter</i>	<i>Citrobacter sp2</i>
	S1.2.b	8	k/k	-	-	+ -	<i>Citrobacter</i>	<i>Citrobacter sp3</i>
	B2.1.a	9	m/m	-	-	+ -	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas sp3</i>
	B2.1.b	10	k/k	-	-	+ -	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus sp3</i>
SPBU 2	B2.2.a	11	m/m	-	+	+ +	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus sp4</i>
	B2.2.b	12	m/k	-	-	+ -	<i>Mikrococcus</i>	<i>Mikrococcus sp1</i>
	S2.1.a	13	m/k	-	-	+ -	<i>Mikrococcus</i>	<i>Mikrococcus sp2</i>
	S2.1.b	14	m/k	-	-	+ -	<i>Citrobacter</i>	<i>Citrobacter sp4</i>
	S2.2.a	15	k/k	-	-	+ -	<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus sp5</i>
	S2.2.b	16	m/k	-	+	+ +	<i>Citrobacter</i>	<i>Citrobacter sp5</i>

Ket: TSIA : m/k (*slant* merah/ *butt* kuning) , SIM: + (motil) , SCA: + (menggunakan sitrat)
 - (non motil) - (tidak menggunakan sitrat)
 + (reaksi positif) , - (reaksi negatif)

Tabel 2, menunjukkan bahwa dari keenam belas isolat bakteri yang diidentifikasi melalui uji biokimia merupakan kelompok bakteri yang memiliki karakteristik yang serupa dengan genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, dan *Pseudomonas*.

Teori dari identifikasi bakteri dengan teknik konvensional adalah membandingkan bakteri yang sedang diidentifikasi dengan bakteri yang telah teridentifikasi sebelumnya. Bila tidak terdapat bakteri yang ciri-cirinya 100% serupa, maka dilakukan pendekatan terhadap bakteri yang memiliki ciri-ciri yang paling menyerupai. Oleh karena itu, teknik identifikasi dengan metode konvensional akan selalu menghasilkan suatu bakteri tertentu yang sudah teridentifikasi sebelumnya dan tidak akan dapat menemukan spesies baru (Cowan, 1974).

Berdasarkan jenis-jenis bakteri limbah minyak bumi yang didapatkan dari hasil penelitian ini, yaitu bakteri genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, dan *Pseudomonas*. Berikut penjelasan dari masing-masing genus bakteri limbah minyak bumi yang ditemukan adalah, sebagai berikut:

Bakteri Genus *Bacillus*

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2, *Bacillus sp1*, *Bacillus sp2*, *Bacillus sp3*, *Bacillus sp4*, dan *Bacillus sp5* memiliki kemiripan karakteristik dengan genus *Bacillus* berdasarkan hasil uji biokimia TSIA, SIM, dan SCA. *Bacillus sp1*, *Bacillus sp2*, *Bacillus sp3*, dan *Bacillus sp5* menunjukkan kemampuannya dalam memfermentasikan laktosa dan sukrosa dan tidak menghasilkan gas dan tidak terjadi pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan tidak menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Namun, Spesies *Bacillus sp4* menunjukkan ketidakmampuannya dalam memfermentasikan gula (laktosa, sukrosa, maupun glukosa) dan tidak menghasilkan gas dan terjadi pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Gambar hasil uji biokimia pada media agar TSIA, SIM, dan SCA bakteri genus *Bacillus* dapat dilihat pada Gambar 4B.

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 Eubacteriales, Familia Bacillaceae, Genus *Bacillus*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ditemukan 5 Spesies bakteri limbah minyak bumi dari genus *Bacillus*. Berdasarkan ciri di atas, Isolat bakteri ini termasuk genus *bacillus*, grup 13 (berbentuk bulat dan batang, berendospora, dan Gram positif) (Bergeys, 1994). Meskipun terdapat beberapa hasil uji biokimia yang berbeda, namun spesies-spesies yang ditemukan tersebut memiliki kemiripan dengan genus *Bacillus* tetapi spesiesnya yang berbeda. Hal ini sehubungan dengan A. Hatmanti (dalam Roksun dan Maya, 2013) menyebutkan genus *Bacillus* merupakan bakteri yang mempunyai persebaran terluas di alam dan memiliki anggota 57 spesies dari berbagai macam habitat.

Bakteri Genus *Citrobacter*

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2, *Citrobacter sp1*, *Citrobacter sp2*, *Citrobacter sp3*, *Citrobacter sp4*, dan *Citrobacter sp5* memiliki kemiripan karakteristik dengan genus *Citrobacter* berdasarkan hasil uji biokimia TSIA, SIM, dan SCA. Bakteri *Citrobacter sp1*, *Citrobacter sp4*, dan *Citrobacter sp5* menunjukkan kemampuannya dalam memfermentasikan glukosa dan tidak menghasilkan gas dan terjadi pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan bakteri *Citrobacter sp1* dan *Citrobacter sp5* mampu menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi, sedangkan *Citrobacter sp4* tidak menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Namun, bakteri spesies *Citrobacter sp2* dan *Citrobacter sp3* menunjukkan kemampuannya dalam memfermentasikan laktosa dan sukrosa dan tidak menghasilkan gas dan juga tidak terjadinya pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan tidak menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Gambar hasil uji biokimia pada media agar TSIA, SIM, dan SCA bakteri genus *Citrobacter* dapat dilihat pada Gambar 4C.

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 Eubacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Citrobacter*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ditemukan 5 Spesies bakteri limbah minyak bumi dari genus *Citrobacter*. grup 5 (berbentuk batang, Anaerobik fakultatif dan Gram negatif) (Bergeys, 1994). Meskipun terdapat beberapa hasil uji biokimia yang berbeda, namun spesies-spesies yang ditemukan tersebut memiliki kemiripan dengan genus *Citrobacter* tetapi spesiesnya yang berbeda.

Bakteri Genus *Enterobacter*

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2, *Enterobacter sp* memiliki kemiripan karakteristik dengan genus *Enterobacter* berdasarkan hasil uji biokimia TSIA, SIM, dan SCA. *Enterobacter sp* menunjukkan kemampuannya dalam memfermentasikan laktosa dan sukrosa dan tidak menghasilkan gas dan terjadi pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Gambar hasil uji biokimia pada media agar TSIA, SIM, dan SCA bakteri genus *Enterobacter* dapat dilihat pada Gambar 4D.

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 Eubacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Enterobacter*. Genus ini dikenal juga dengan nama lain *Aerobacter*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ditemukan 5 Spesies bakteri limbah minyak bumi dari genus *Enterobacter*. grup 5 (berbentuk batang, Anaerobik fakultatif dan Gram negatif) (Bergeys, 1994).

Bakteri Genus *Micrococcus*

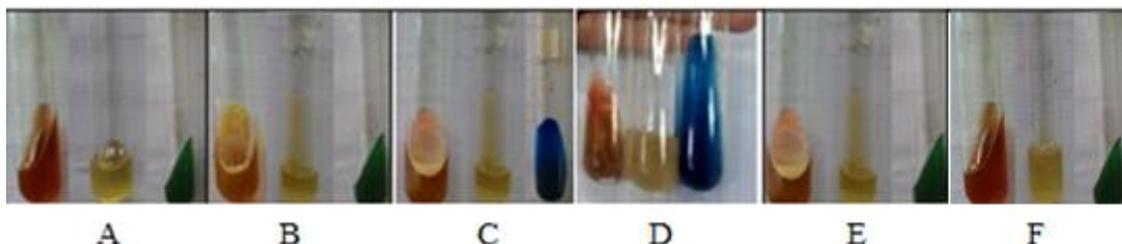
Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2, *Micrococcus sp1* dan *Micrococcus sp2* memiliki kemiripan karakteristik dengan genus *Micrococcus* berdasarkan hasil uji biokimia TSIA, SIM, dan SCA. Bakteri spesies *Micrococcus sp1* dan *Micrococcus sp1* menunjukkan kemampuannya dalam memfermentasikan glukosa dan tidak menghasilkan gas dan tidak terjadi pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan tidak menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Gambar hasil uji biokimia pada media agar TSIA, SIM, dan SCA bakteri genus *Micrococcus* dapat dilihat pada Gambar 4E.

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 Beggiatoales, Familia Microccaceae, Genus *Micrococcus*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ditemukan 2 Spesies bakteri limbah minyak bumi dari genus *Micrococcus*. grup 12 (berbentuk bulat dan Gram positif) (Bergeys, 1994).

Bakteri Genus *Pseudomonas*

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 2, *Pseudomonas sp1*, *Pseudomonas sp2*, dan *Pseudomonas sp3* memiliki kemiripan karakteristik dengan genus *Pseudomonas* berdasarkan hasil uji biokimia TSIA, SIM, dan SCA. Bakteri *Pseudomonas sp1*, *Pseudomonas sp2*, dan *Pseudomonas sp3* menunjukkan ketidakmampuannya dalam memfermentasikan gula (laktosa dan sukrosa maupun glukosa) dan tidak menghasilkan gas dan tidak terjadi pembentukan H₂S dalam metabolismenya, bersifat motil, dan *Pseudomonas sp1* dan *Pseudomonas sp2* menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Namun, bakteri *Pseudomonas sp3* tidak menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dan energi. Gambar hasil uji biokimia pada media agar TSIA, SIM, dan SCA bakteri genus *Pseudomonas* dapat dilihat pada Gambar 4F.

Klasifikasi bakteri *Pseudomonas* 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*. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, ditemukan 3 spesies bakteri limbah minyak bumi dari genus *Pseudomonas*. grup 4 (berbentuk batang dan bulat, Aerobik dan Gram negatif) (Bergeys, 1994). Robert S. Breed *et al* (1957) dalam bukunya *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* menjelaskan bahwa pada genus bakteri *Pseudomonas* sendiri terdapat 149 spesies dan 11 spesies tambahan. Hal ini dimungkinkan bahwa spesies yang didapatkan memiliki karakteristik yang berbeda, tetapi masih dalam genus *Pseudomonas*.



Gambar 4 Reaksi biokimia pada media TSIA, SIM dan SCA (A) media sebelum isolasi bakteri (B) sesudah isolasi bakteri *Bacillus* (C) sesudah isolasi bakteri *Citrobacter* (D) sesudah isolasi bakteri *Enterobacter* (E) sesudah isolasi bakteri *Micrococcus* (F) sesudah isolasi bakteri *Pseudomonas* (Dokumentasi Pribadi).

Lokasi pengambilan sampel tanah atau pasir terkontaminasi tumpahan atau ceceran bensin dan solar pada SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru (SPBU 1) dan SPBU 14.284.623 Panam (SPBU 2) juga mempengaruhi jenis isolat yang teridentifikasi, adapun jenis-jenis bakteri berdasarkan lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Jenis-Jenis Bakteri Limbah Minyak Bumi

Jenis Sampel Minyak Bumi	SPBU	Kultur Bakteri	Kode Spesies		
Bensin	1	Isolat 1	<i>Bacillus sp1</i>		
		Isolat 2	<i>Pseudomonas sp1</i>		
		Isolat 3	<i>Bacillus sp2</i>		
		Isolat 4	<i>Pseudomonas sp2</i>		
		Isolat 9	<i>Pseudomonas sp3</i>		
		Isolat 10	<i>Bacillus sp3</i>		
	2	Isolat 11	<i>Bacillus sp4</i>		
		Isolat 12	<i>Mikrococcus sp1</i>		
		Solar	1	Isolat 5	<i>Enterobacter sp</i>
				Isolat 6	<i>Citrobacter sp1</i>
				Isolat 7	<i>Citrobacter sp2</i>
				Isolat 8	<i>Citrobacter sp3</i>
2	Isolat 13		<i>Mikrococcus sp2</i>		
	Isolat 14		<i>Citrobacter sp4</i>		
	Isolat 15		<i>Bacillus sp5</i>		
	Isolat 16		<i>Citrobacter sp5</i>		

Berdasarkan Tabel 3, isolat bakteri yang ditemukan pada tanah atau pasir terkontaminasi limbah minyak bumi berupa tumpahan ataupun ceceran bensin pada SPBU 1 dan SPBU 2 terdiri dari tiga genus yakni genus *Bacillus*, *Micrococcus* dan *Pseudomonas*, sedangkan isolat bakteri yang ditemukan pada tanah atau pasir terkontaminasi limbah minyak bumi berupa tumpahan ataupun ceceran solar pada SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru (SPBU 1) dan SPBU 14.284.623 Panam (SPBU 2) terdiri dari empat genus yakni genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, dan *Micrococcus*.

Pada sampel solar lebih banyak ditemukan kelompok bakteri pendegradasi hidrokarbon dibandingkan dengan sampel bensin. Hal ini disebabkan oleh kondisi lantai tempat pengambilan sampel/pengisian bahan solar lebih banyak terdapat tumpahan maupun ceceran minyak dan meninggalkan bekas atau rona. Hal tersebut dilihat dari rona lantai yang agak gelap dari daerah disekitarnya dibandingkan dengan lantai pada pengisian bensin yang secara kasat mata lebih terlihat bersih. Hal ini juga dapat disebabkan oleh sifat dari bensin itu sendiri yang lebih cepat menguap dari pada solar sehingga minyak solar yang tumpah (ketersediaan karbon lebih banyak) akan lebih banyak dimanfaatkan berbagai genus bakteri pendegradasi hidrokarbon (bakteri minyak bumi) sebagai nutrisinya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bungaria Nababan (2008) yang menyebutkan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi keberadaan bakteri dalam proses biodegradasi minyak bumi adalah ketersediaan nutrisi di lingkungan.

Potensi Hasil Penelitian Sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA **Analysis Potensi**

Berdasarkan hasil analisis kurikulum dapat diinventarisir beberapa topik/kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian, berupa KI-KD di kelas X SMA yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) Yang Dapat Dijadikan Rancangan Modul Pembelajaran Biologi kelas X SMA.

Satuan Pendidikan	Kelas	KI/KD
SMA/MA	X (Sepuluh)	<p>Kompetensi Dasar (KD): 3.4 Menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan <i>archaebacteria</i> dan <i>eubacteria</i> berdasarkan ciri-ciri dan bentuk melalui pengamatan secara teliti dan sistematis.</p> <hr/> <p>Kompetensi Dasar (KD): 4.4 Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peran <i>archaebacteria</i> dan <i>eubacteria</i> dalam kehidupan berdasarkan hasil pengamatan dalam bentuk laporan tertulis.</p>

Salah satu materi pokoknya mengenai karakteristik bakteri *Eubacteria*. KD ini menuntut pembelajaran yang mengharuskan adanya metode praktikum dan teori. Faktanya, terdapat permasalahan dalam melaksanakan pembelajaran, yaitu kurangnya modul yang membahas mengenai isolasi, identifikasi dan pengklasifikasian bakteri limbah minyak bumi. Maka dari itu perancangan modul diharapkan sebagai salah satu alternatif pemecahan masalah pada KD 3.4 untuk pembelajaran terkait pemantapan teori/materi pembelajaran (kognitif) sedangkan pada KD 4.4 untuk penuntun pembelajaran praktikum di sekolah (psikomotor).

Design

Tahap selanjutnya dilakukan perancangan terhadap modul yang dapat dikembangkan nantinya sebagai bahan ajar alternatif. Lembar kerja siswa yang dirancang peneliti berupa modul materi karakteristik bakteri *Eubacteria*. Adapun modifikasi struktur rancangan modul pembelajaran biologi yang akan dibuat mengacu pada Format Depdiknas 2008 dan Yustina 2010, dapat dilihat pada Gambar 5.

1. Cover (pokok bahasan, nama penulis, nama mata pelajaran)
2. Kata pengantar, daftar isi, daftar gambar.
3. Kompetensi yang akan dicapai (KI, KD, Materi Pokok, Indikator, ITPK)
4. Panduan penggunaan modul pembelajaran
5. Pendahuluan
6. Kegiatan belajar
7. Rangkuman dan Tes formatif
8. Umpan balik dan Tindak lanjut
9. Kunci jawaban tes formatif
10. Daftar pustaka dan *Glosarium*

Gambar 5 Modifikasi Rancangan Modul Pembelajaran

Rancangan Modul Pembelajaran ini dirancang berdasarkan Departemen Nasional Tahun 2008 dan Yustina 2010 dengan berbagai modifikasi berupa pendekatan saintifik, data dan gambar dari hasil penelitian. Dimulai dari merekonstruksi Silabus, RPP, menentukan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD) yang sesuai dan selanjutnya merancang sumber belajar berupa bahan ajar yaitu modul pembelajaran biologi kelas X SMA

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

Isolat bakteri yang ditemukan pada tanah/pasir terkontaminasi limbah minyak bumi berupa tumpahan ataupun cecceran Bensin pada SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru (SPBU 1) dan SPBU 14.284.623 Panam (SPBU 2) terdiri dari 3 genus yakni genus *Bacillus*, *Micrococcus* dan *Pseudomonas*, sedangkan isolat bakteri yang ditemukan pada tanah/pasir terkontaminasi limbah minyak bumi berupa tumpahan ataupun cecceran Solar pada SPBU COCO 11.282.604 Pekanbaru (SPBU 1) dan SPBU 14.284.623 Panam (SPBU 2) terdiri dari 4 genus yakni genus *Bacillus*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, dan *Micrococcus*.

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan Modul Pembelajaran Biologi di SMA guna memperkaya bahan ajar pada konsep karakteristik bakteri *Eubacteria*.

Rekomendasi

Beberapa rekomendasi dari penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian identifikasi bakteri limbah minyak bumi sampai pada tingkatan spesies. Perlu dilakukan penelitian uji lanjut mengenai kemampuan masing-masing isolat bakteri dalam mendegradasikan limbah minyak bumi terkhusus lingkungan yang tercemar bensin dan solar. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut hingga tahap *Development, Implementation, dan Evalution* sesuai dengan model pembelajaran ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implemetation, Evaluation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Atlas, R.M & Bartha, R. 1997. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications 4th ed.* Benjamin Cumming Publishing, Co. Inc. Redwood City. California.
- Bambang Yudono, Sri Pertiwi Estuningsih, M. Said, Sabarudin dan Adipati Napoleon. 2013. Eksplorasi Bakteri Indigen Pendegradasi Limbah Minyak Bumi di Wilayah PT Pertamina UBEP Limau Muara Enim. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung.
- Bungaria Nababan. 2008. *Isolasi dan Uji Potensi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar dari Laut Belawan*. Tesis. Pascasarjana USU. Medan.
- Cowan, S.T. 1974. *Manual for the Identification of Medical Bacteria*. Cambridge University Press. Great Britain.
- Depdiknas. 2008. *Pengembangan Bahan Ajar*. Sosialisasi KTSP 2008. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Hajar, Dachniar. 2012. *Isolasi, Identifikasi, dan Analisis Kemampuan Degradasi Hidrokarbon Bakteri Tanah Sampel B, Cilegon, Banten*. Skripsi tidak dipublikasikan. FMIPA Universitas Indonesia. Depok.
- Lay Bibiana, W. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Rajawali. Jakarta.
- Lud Waluyo. 2008. *Teknik dan Metode Dasar dalam Mikrobiologi*. UMM Press. Malang.
- Nugroho, A. 2006. Biodegradasi sludge Minyak Bumi Dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi land treatment. *Makara Teknologi*. 10(2): 82-89.

- Robert S. Breed, E.G.D. Murray and Nathan R. Smith. 1957. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology seventh edition*. The Williams and Wilkins Company. United State of America.
- Roksun, N dan Maya, S. 2013. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik. *Jurnal sains dan seni pomits*. 2.(2):337-3520.
- Schlegel, H.G. 1994. *Mikrobiologi Umum. Edisi Bahasa Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Yustina. 2010. *Modul Pembelajaran*. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.