

***ISOLATION AND IDENTIFICATION OF BACTERIA OIL WASTE
OF WATERS SUNGAI DUKU PORT CITY OF PEKANBARU
AS LEARNING MODULE DESIGN BIOLOGY
IN SENIOR HIGH SCHOOL***

Irda Sayuti¹, Nursal², Istami Hiqma Butar-Butar³

e-mail: Irdasayuti63@gmail.com, Nusr_al@yahoo.com, hiqmaistami@gmail.com
phone +6285278696914

*Program Study of 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 Sungai Duku port city of Pekanbaru and its potential as a learning module design in senior high school biology in Juny to September 2016. This researchy was conducted two phases: the field research and planning stages 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 were found in the waters of the Sungai Duku port city of Pekanbaru consists of five genera namely Enterobacter, Acinetobacter, Citrobacter, Klebsiella, and Bacillus. Based on the analysis of the potential of the research results can be used as a module designed on eubacteria concept for senior high school students.*

Key Words : *Bacteria, Petroleum, Waters Sungai Duku Port, Design Module*

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI BAKTERI LIMBAH MINYAK BUMI DARI PERAIRAN PELABUHAN SUNGAI DUKU KOTA PEKANBARU SEBAGAI RANCANGAN MODUL PEMBELAJARAN BIOLOGI SMA

Irda Sayuti¹, Nursal², Istami Hiqma Butar-Butar³

e-mail: Irdasayuti63@gmail.com, Nusr_al@yahoo.com, hiqmaistami@gmail.com
phone +6285278696914

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau

Abstrak : Dilakukan penelitian untuk mengetahui isolasi dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi dari perairan pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru dan potensinya sebagai rancangan modul pembelajaran biologi di Sekolah Menengah Atas (SMA) pada bulan Juni hingga September 2016. Penelitian ini dilaksanakan dua tahap yaitu tahap riset lapangan dan tahap perencanaan 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 perairan pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru terdiri dari lima genus yakni *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, dan *Bacillus*. Berdasarkan analisis potensi hasil penelitian dapat dijadikan sebagai rancangan modul pembelajaran pada konsep eubacteria untuk siswa SMA.

Kata Kunci: Bakteri, Minyak Bumi, Perairan pelabuhan Sungai Duku, Rancangan Modul

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan campuran kompleks senyawa organik terdiri atas senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon yang berasal dari sisa-sisa mikroorganisme, tumbuhan dan hewan yang tertimbun selama berjuta-juta tahun. Senyawa hidrokarbon sulit diuraikan karena dapat menguap, tersapu air hujan, atau masuk ke dalam tanah dan mengendap sebagai zat beracun (Karwati, 2009).

Minyak bumi merupakan sumber energi utama yang dibutuhkan penduduk dunia sejalan dengan perkembangan penduduk dan teknologi. Minyak bumi dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam kegiatan industri, transportasi dan rumah tangga. Aktivitas transportasi baik di darat maupun di perairan menggunakan minyak bumi sebagai sumber energi. Kegiatan transportasi di perairan umumnya dilakukan di pelabuhan, salah satunya di pelabuhan Sungai Duku.

Pelabuhan Sungai Duku merupakan pelabuhan yang terdapat di kota Pekanbaru ibukota provinsi Riau tepatnya di jalan Tanjung Datuk. Pelabuhan sungai duku adalah prasarana transportasi untuk keperluan singgah, menurunkan dan mengangkat penumpang serta barang dari kapal, pengisian bahan bakar, bongkar muat barang dan pembuangan air *ballast*. Lalu lintas kapal yang berlabuh dan berangkat dari pelabuhan Sungai Duku menimbulkan konsekuensi yaitu kecenderungan meningkatnya volume buangan kapal yang khususnya mengandung minyak, hal ini menyebabkan minyak melayang dipermukaan perairan sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran.

Pada perairan yang tercemar minyak bumi diasumsikan bahwa terdapat beberapa bakteri yang memanfaatkan hidrokarbon pada minyak bumi sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan dan metabolisme hidupnya. Astri Nugroho (2007) menyebutkan bahwa bakteri yang memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon untuk keperluan metabolisme dan perkembangbiakannya disebut kelompok bakteri hidrokarbonoklastik.

Isolasi dan identifikasi bakteri minyak bumi dapat dijadikan sebagai sumber belajar khususnya pada konsep Eubacteria. Konsep Eubacteria merupakan salah satu materi yang terdapat pada Kompetensi Dasar pembelajaran Biologi SMA kurikulum 2013 yaitu KD 3.4 di kelas X. Untuk mencapai Kompetensi dasar tersebut salah satu elemen yang berperan penting yaitu bahan ajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun bahan yang tidak tertulis. Salah satu contoh dari bahan ajar yaitu modul pembelajaran. Hasil dari penelitian ini nantinya akan dijadikan sebagai rancangan pengembangan modul pembelajaran Biologi SMA.

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 Juni 2016. Sampel penelitian ini adalah air yang berasal dari pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru. Pengambilan sampel ditentukan dengan teknik *purposive sampling*, pengambilan sampel dilakukan di dua titik yang berbeda. Sampel yang telah diambil dimasukkan ke dalam wadah steril untuk di bawa ke laboratorium. Tahap awal dilakukan adalah mengisolasi bakteri limbah minyak bumi melalui pengenceran sampel. Hasil dari pengenceran 10^{-4} ditanam

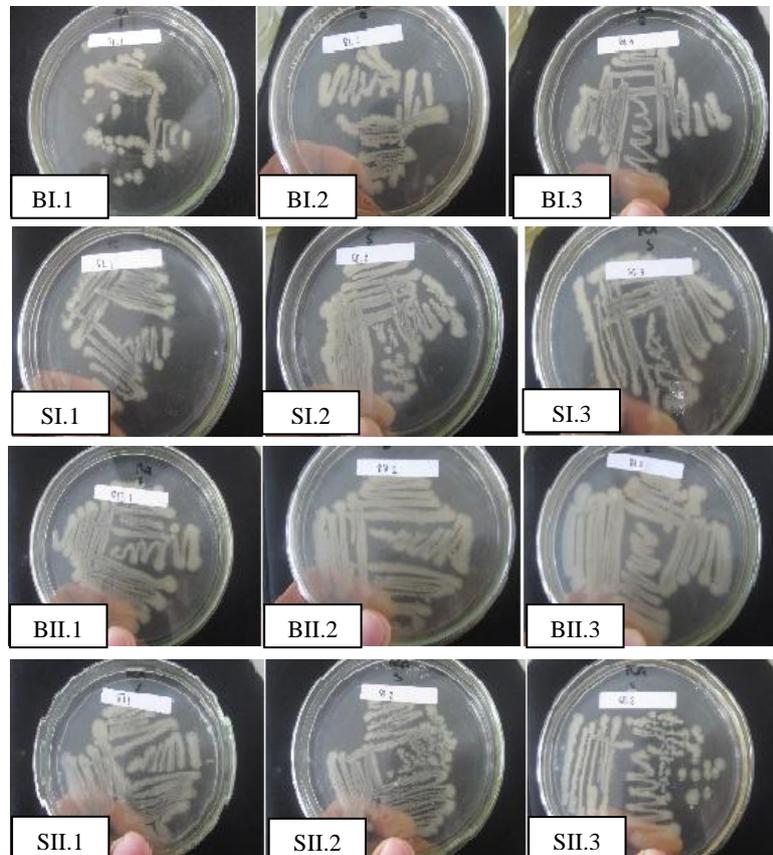
dalam media *Stone Mineral Salt Solution Extract Yeast* (SMSSe) yang ditambahkan bensin dan solar sebanyak 2% sebagai media selektif. Selanjutnya di inkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37°C. Setelah bakteri tumbuh dilakukan reinokulasi pada media selektif SMSSe baru selama 1x24 jam pada suhu 37°C. Kultur 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.

Tahap perancangan modul dilakukan dengan menganalisis kurikulum KD dan Silabus. Penelitian deskriptif ini dilakukan dengan menganalisis materi-materi pada pembelajaran. Tahap ini merupakan proses sistematis yang dimulai dengan menetapkan tujuan pembelajaran, merancang scenario, hingga alat evaluasi hasil belajar siswa. Perancangan modul pembelajaran biologi SMA yang meliputi 2 tahap yaitu tahap analisis potensi dan desain modul.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Identifikasi Bakteri Limbah Minyak Bumi

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan koloni bakteri hasil isolasi dari sampel air pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. koloni bakteri limbah minyak bumi (Data primer penelitian, 2016)

Keterangan :

BI.1 : Bensin Sampel I.1	BII.1 : Bensin Sampel II.1
BI.2 : Bensin Sampel I.2	BII.2 : Bensin Sampel II.2
BI.3 : Bensin Sampel I.3	BII.3 : Bensin Sampel II.3
SI.1 : Solar Sampel I.1	SII.1 : Solar Sampel II.1
SI.2 : Solar Sampel I.2	SII.2 : Solar Sampel II.2
SI.3 : Solar Sampel I.3	SII.3 : Solar Sampel II.3

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan gambar kedua belas isolat bakteri yang diisolasi dari perairan pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru yang telah dimurnikan, selanjutnya dilakukan pengamatan makroskopis, mikroskopis dan uji biokimia. Hasil karakteristik dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 berikut.

Tabel 1. Hasil Karakteristik dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi dari perairan pelabuhan sungai duku kota Pekanbaru pada stasiun I.

Pengamatan	Karakteristik	Sampel I (Kode Isolat)					
		BI.1	BI.2	BI.3	SI.1	SI.2	SI.3
Makroskopis	Bentuk Koloni	Irregular	Circular	Circular	Irregular	Circular	Irregular
	Tepi Koloni	Undulate	Enteri	Enteri	Undulate	Enteri	Enteri
	Warna Koloni	Putih	Kuning	Putih	Putih	Putih	Putih
	Elevasi Koloni	raised	Convex	Flat	Raised	Raised	Raised
Mikroskopis	Pewarnaan Gram	-	-	-	+	+	-
	Bentuk Sel	Basil	Basil	Basil	Basil	Basil	Basil
Uji Biokimia	Uji TSIA	+/+	+/+	+/+	-/-	-/-	+/+
	Gas	-	-	-	-	-	-
	H ₂ S	-	-	-	-	-	-
	Uji SCA	+	+	+	-	+	+
	Uji Motilitas	+	-	+	+	+	+
	Genus	<i>Enterobacter sp1</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Enterobacter sp2</i>	<i>Bacillus sp1</i>	<i>Bacillus sp2</i>	<i>Enterobacter sp3</i>

Keterangan → Serate (bergerigi) Flat (rata/datar) Rizoid (bentuk akar)
 Entire (tepi rata) Raised (bercabang teratur) Sirkuler (bulat bertepi)
 Ondulate (bergelombang) Irregular (tidak beraturan) Lobate (berlekuk)
 + : Hasil uji positif - : Hasil uji negatif
 TSIA +/+ : Lereng kuning/dasar kuning -/- : Lereng merah/dasar merah
 BI.1 : Bensin Sampel I.1 SI.1 : Solar Sampel I.1
 BI.2 : Bensin Sampel I.2 SI.2 : Solar Sampel I.2
 BI.3 : Bensin Sampel I.3 SI.3 : Solar Sampel I.3

Tabel.1 menunjukkan bahwa isolat bakteri yang diidentifikasi secara makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia adalah bakteri dari genus *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Bacillus* dan *Citrobacter*. Isolat dengan kode sampel BI.1, BI.3 dan SI.3 termasuk kedalam genus bakteri *Enterobacter*, isolat dengan kode sampel BI.2 termasuk kedalam genus bakteri *Acinetobacter*, isolat dengan kode sampel SI.1 dan SI.2 termasuk kedalam genus bakteri *Bacillus*. Bakteri genus *Enterobacter*, *Acinetobacter* memiliki karakteristik morfologi sel bakteri berbentuk basil dan bersifat gram negatif, sedangkan

bakteri genus *Bacillus* memiliki karakteristik morfologi sel bakteri berbentuk basil dan bersifat gram positif.

Berdasarkan hasil uji biokimia pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) bakteri genus *Enterobacter* dan *Acinetobacter* menunjukkan reaksi positif, hal ini menandakan bahwa bakteri genus *Enterobacter* dan *Acinetobacter* mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa. Sedangkan bakteri genus *Bacillus* menunjukkan reaksi negatif, hal ini menandakan bakteri genus *Bacillus* tidak mampu memfermentasi glukosa maupun laktosa dan sukrosa. Hasil uji biokimia pada media *Simon Citrat Agar* (SCA) bakteri genus *Enterobacter* dan *Acinetobacter* menunjukkan reaksi positif, hal ini menandakan bahwa bakteri genus *Enterobacter* dan *Acinetobacter* mampu menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi.

Sedangkan bakteri genus *Bacillus* menunjukkan reaksi negatif, hal ini menandakan bakteri genus *Bacillus* tidak mampu menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Hasil uji biokimia pada media *Sulphite Indole Motility* (SIM) ketiga genus bakteri menunjukkan reaksi positif, hal ini menandakan ketiga genus bakteri bersifat motil.

Tabel.2 Hasil Karakteristik dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi dari perairan pelabuhan sungai duku kota Pekanbaru pada stasiun II.

Pengamatan	Karakteristik	Sampel II (Kode Isolat)					
		BII.1	BII.2	BII.3	SII.1	SII.2	SII.3
Makroskopis	Bentuk Koloni	Circular	Circular	Circular	Irregular	Circular	Circular
	Tepi Koloni	Enteri	Enteri	Enteri	Undulate	Enteri	Enteri
	Warna Koloni	Kuning	Putih	Putih	Putih	Putih	Kuning
	Elevasi Koloni	Convex	Convex	Convex	Raised	Raised	Convex
Mikroskopis	Pewarnaan Gram	-	-	-	+	+	-
	Bentuk Sel	Basil	Basil	Basil	Basil	Basil	Basil
Uji Biokimia	Uji TSIA	+/+	+/+	+/+	-/-	-/-	+/+
	Gas	-	+	+	-	-	-
	H ₂ S	-	-	-	-	-	-
	Uji SCA	+	+	+	-	+	+
	Uji Motilitas	-	+	+	+	+	-
	Genus	<i>Klebsiella</i> <i>sp1</i>	<i>Citrobacter</i> <i>sp1</i>	<i>Citrobacter</i> <i>sp2</i>	<i>Bacillus</i> <i>sp3</i>	<i>Bacillus</i> <i>sp4</i>	<i>Klebsiella</i> <i>sp2</i>

Keterangan → Serate (bergerigi) Flat (rata/datar) Rizoid (bentuk akar)
Entire (tepi rata) Raised (bercabang teratur) Sirkuler (bulat bertepi)
Ondulate (bergelombang) Irregular (tidak beraturan) Lobate (berlekuk)
+ : Hasil uji positif - : Hasil uji negatif
TSIA +/+ : Lereng kuning/dasar kuning -/- : Lereng merah/dasar merah

BII.1 : Bensin Sampel II.1 SII.1 : Solar Sampel II.1
BII.2 : Bensin Sampel II.2 SII.2 : Solar Sampel II.2
BII.3 : Bensin Sampel II.3 SII.3 : Solar Sampel II.3

Tabel 2 menunjukkan bahwa isolat bakteri yang diidentifikasi secara makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia adalah bakteri dari genus *Bacillus*, *Citrobacter*, dan *Klebsiella*. Isolat dengan kode sampel BII.1, dan SII.3 termasuk kedalam genus bakteri *Klebsiella*, isolat dengan kode sampel BII.2, dan BII.3 termasuk kedalam genus

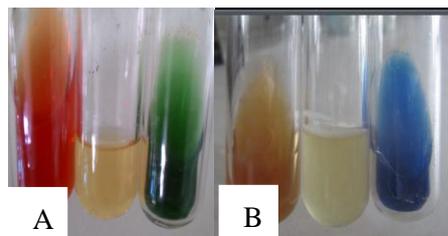
Citrobacter, dan isolat dengan kode sampel SII.1 dan SII.2 termasuk kedalam genus *Bacillus*. Bakteri genus *Bacillus* memiliki karakteristik morfologi sel bakteri berbentuk basil dan bersifat gram positif, sedangkan bakteri genus *Citrobacter*, dan *Klebsiella* memiliki karakteristik morfologi sel bakteri berbentuk basil dan bersifat gram negatif.

Berdasarkan hasil uji biokimia pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) bakteri genus *Klebsiella* dan *Citrobacter* menunjukkan reaksi positif, hal ini menandakan bahwa bakteri genus *Klebsiella* dan *Citrobacter* mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa. Sedangkan bakteri genus *Bacillus* menunjukkan reaksi negatif, hal ini menandakan bakteri genus *Bacillus* tidak mampu memfermentasi glukosa maupun laktosa dan sukrosa. Hasil uji biokimia pada media *Simon Citrat Agar* (SCA) bakteri genus *Klebsiella* dan *Citrobacter* menunjukkan reaksi positif, hal ini menandakan bahwa bakteri genus *Klebsiella* dan *Citrobacter* mampu menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Sedangkan bakteri genus *Bacillus* menunjukkan reaksi negatif, hal ini menandakan bakteri genus *Bacillus* tidak mampu menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Hasil uji biokimia pada media *Sulphite Indole Motility* (SIM) genus bakteri *Bacillus* dan *Citrobacter* menunjukkan reaksi positif, hal ini menandakan ketiga genus bakteri bersifat motil. Sedangkan bakteri genus *Klebsiella* menunjukkan reaksi negatif, hal ini menandakan bakteri genus *Klebsiella* tidak bersifat motil.

1. Bakteri Genus *Enterobacter*

Isolat bakteri dengan kode sampel BI.1, BI.3, dan SI.3 termasuk dalam genus bakteri *Enterobacter* dengan karakteristik sel berbentuk basil, bersifat gram negatif. Isolat BI.1 dan SI.3 memiliki kemiripan karakteristik dengan bentuk koloni tidak beraturan, tepian koloni bergelombang, koloni berwarna putih dengan permukaan raised, sedangkan isolat BI.3 koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, warna koloni kuning dengan permukaan datar. Klasifikasi bakteri *Enterobacter* 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 *Enterobacter* mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa serta tidak menghasilkan gas pada saat fermentasi karbohidrat, menggunakan sitrat sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi serta bersifat motil. Puti Sri Komala, *dkk* (2012) menambahkan bakteri *Enterobacter* berbentuk batang, bergerak dengan *peritrichously flagella*, dapat membentuk endospora, respirasi secara fakultatif anaerob dengan rentang suhu pertumbuhan 10-45⁰C. Reaksi biokimia yang ditunjukkan bakteri *Enterobacter* dapat dilihat pada Gambar 2.



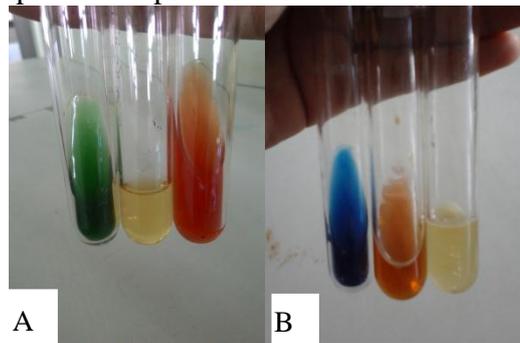
Gambar 2. Reaksi biokimia pada media TSIA, SIM dan SCA pada bakteri genus *Enterobacter* (A) sebelum isolasi bakteri (B) sesudah isolasi bakteri (Data primer penelitian, 2016).

Beberapa penelitian telah mendapatkan isolat bakteri *Enterobacter* diantaranya adalah penelitian Mohammad Yani dan Yusuf Akbar (2014) yang telah mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *Enterobacter* yang mampu menggunakan sumber karbon dari beberapa minyak bumi yaitu minyak diesel, minyak tanah, dan bensin. Penelitian lainnya, Irda Sayuti dan Suratni (2015) menemukan isolat bakteri *Enterobacter* pada buangan limbah minyak bumi di Benar GS Chevron Kecamatan Rimba Melintang Rokan Hilir.

2. Bakteri Genus *Acinetobacter*

Isolat bakteri dengan kode sampel BI.2 termasuk dalam genus bakteri *Acinetobacter*, isolat ini memiliki karakteristik morfologi sel berbentuk basil, bersifat gram negatif, koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, koloni berwarna kuning dengan permukaan *convex*. Klasifikasi bakteri *Acinetobacter* 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 Moraxellaceae, Genus *Acinetobacter*.

Berdasarkan uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) bakteri genus *Acinetobacter* mampu memfermentasikan glukosa dengan baik. Hal ini dapat dilihat dengan adanya perubahan warna pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Perubahan warna media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) pada daerah lereng berwarna kuning dan daerah dasar berwarna merah. Bakteri ini menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon dalam metabolismenya hal ini ditandai dengan reaksi positif yang terjadi pada media *Simon Citrate Agar* (SCA). Perubahan warna terjadi pada media *Simon Citrate Agar* (SCA) dari hijau menjadi biru. Bakteri ini bersifat non-motil, hal ini dapat dilihat dengan pertumbuhan bakteri hanya pada bekas tusukan tetapi tidak menyebar hingga ke permukaan media *Sulphite Indole Motility* (SIM). Reaksi biokimia yang ditunjukkan bakteri *Acinetobacter* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Reaksi biokimia pada media TSIA, SIM dan SCA pada bakteri genus *Acinetobacter* (A) sebelum isolasi bakteri (B) sesudah isolasi bakteri (Data primer penelitian, 2016).

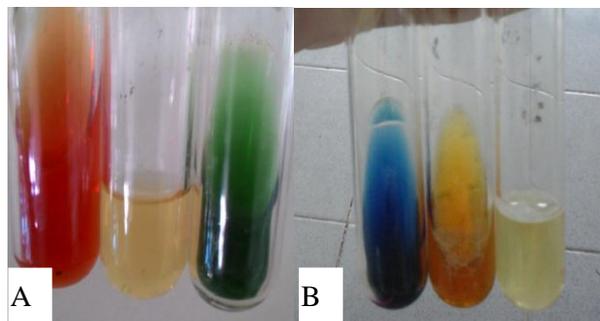
Ni Putu Ristiati (2013) menyatakan bahwa bakteri genus *Acinetobacter* menggunakan senyawa hidrokarbon yang terdapat pada minyak solar sebagai salah satu sumber karbon untuk metabolismenya. Robert S. Breed, *dkk* (1957) menjelaskan bahwa bakteri genus *Acinetobacter* memiliki kemampuan mendegradasi berbagai senyawa diantaranya aromatik salisiat, phenol, dan alkana.

3. Bakteri Genus *Citrobacter*

Isolat dengan kode sampel BII.2 dan BII.3 termasuk dalam genus bakteri *Citrobacter* dengan karakteristik morfologi sel berbentuk basil, bersifat gram negatif, koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, koloni berwarna putih dengan permukaan *convex*. Klasifikasi bakteri *Citrobacter* 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 uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) bakteri genus *Citrobacter* mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa dengan baik. Hal ini dapat dilihat dengan adanya perubahan warna pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Perubahan warna media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) pada daerah lereng dan dasar berwarna kuning. *Citrobacter* tidak menghasilkan gas dalam fermentasi karbohidrat. Bakteri ini menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon, hal ini ditunjukkan dengan reaksi positif yang terjadi pada media *Simon Citrate Agar* (SCA). Perubahan warna terjadi pada media *Simon Citrate Agar* (SCA) dari hijau menjadi biru. *Citrobacter* bersifat motil, hal ini dapat dilihat dengan pertumbuhan bakteri menyebar hingga ke permukaan media *Sulphite Indole Motility* (SIM).

Puti Sri Komala, *dkk* (2012) menambahkan bakteri genus *Citrobacter* merupakan kelompok bakteri yang dapat memfermentasi gula, menghasilkan enzim urease, menghasilkan enzim katalase, menghasilkan gas H₂S, sitrat positif, indol positif dan *methyl red-voges prokauer* positif. Reaksi biokimia yang ditunjukkan bakteri *Citrobacter* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Reaksi biokimia pada media TSIA, SIM dan SCA pada bakteri genus *Citrobacter* (A) sebelum isolasi bakteri (B) sesudah isolasi bakteri (Data primer penelitian, 2016).

Beberapa penelitian telah dapat mengisolasi bakteri *Citrobacter* diantaranya adalah penelitian yang dilakukan oleh Fitrialia *dkk* (2015) menemukan bakteri *Citrobacter* dari limbah minyak kelapa sawit dari PT SA Wilmar Sumatra Selatan.

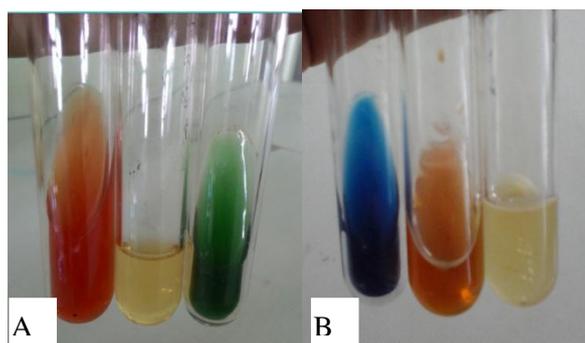
4. Bakteri Genus *Klebsiella*

Isolat dengan kode sampel BII.1 dan SII.3 termasuk dalam genus bakteri *Klebsiella* dengan karakteristik morfologi sel berbentuk basil, bersifat gram negatif, koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, koloni berwarna kuning dengan permukaan *convex*.

Irda dan Suratni (2015) menambahkan Genus *Klebsiella* memiliki karakteristik koloni berbentuk bulat dengan tepian rata, koloni berwarna putih dengan permukaan rata dan tipis, sel bakteri berbentuk Gram negatif, bersifat non-motil dan dapat tumbuh baik pada media MacConkey. Klasifikasi bakteri *Klebsiella* berdasarkan buku identifikasi bakteri *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Seventh Edition* (Robert S. Breed *et al*, 1957) adalah Divison Schizophyta, Classis Schizomycetes, Ordo Eubacteriales, Familia Enterobacteriaceae, Genus *Klebsiella*.

Bakteri jenis ini mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), hal ini dapat dilihat adanya perubahan warna pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Perubahan warna pada daerah *lereng* dan *dasar* berwarna kuning. Berdasarkan uji sitrat pada bakteri *Klebsiella* hasil reaksinya positif karena terjadi perubahan warna pada media *Simon Citrate Agar* (SCA), media yang sebelumnya berwarna hijau berubah warna menjadi biru. Nur Hidayat *dkk* (2006) menambahkan bahwa selain menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon bakteri ini juga menggunakan hidrokarbon sebagai sumber karbon dalam pembentukan energi dan pertumbuhannya.

Klebsiella bersifat non-motil, hal ini dapat dilihat pada media *Sulphite Indole Motility* (SIM) yang tidak berubah warna, karena pertumbuhan bakteri hanya terdapat pada bekas tusukan tetapi tidak menyebar hingga ke permukaan media *Sulphite Indole Motility* (SIM). Reaksi biokimia yang ditunjukkan bakteri *Klebsiella* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Reaksi biokimia pada media TSIA, SIM dan SCA pada bakteri genus *Klebsiella* (A) sebelum isolasi bakteri (B) sesudah isolasi bakteri (Data primer penelitian, 2016).

Feliatra (2007) menyatakan bakteri *Klebsiella* diketahui memiliki kemampuan hidup pada kondisi lingkungan yang tercemar hidrokarbon minyak bumi dan mampu mendegradasikan hidrokarbon minyak bumi. Penelitian Fatmawati *dkk* (2011) juga menemukan bakteri *Klebsiella* dari muara sungai Sario, bakteri ini dapat digunakan untuk detoksifikasi limbah merkuri.

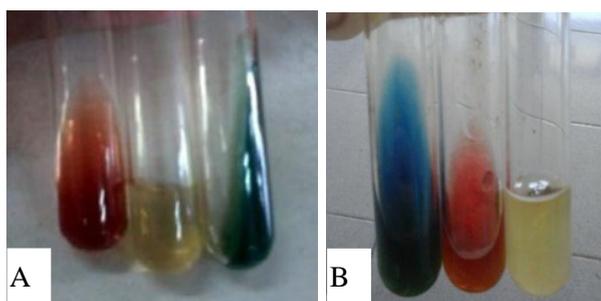
5. Bakteri Genus *Bacillus*

Isolat dengan kode sampel SI.1, SI.2, SII.1, dan SII.2 termasuk dalam genus bakteri *Bacillus* dengan karakteristik morfologi sel berbentuk basil, bersifat gram positif. Isolat SI.1, dan SI.2 memiliki karekteristik morfologi yang sama yaitu bentuk koloni tidak beraturan dengan tepi koloni bergelombang, warna koloni putih dengan

permukaan *raised*. Isolat SII.1, dan SII.2 memiliki karakteristik morfologi yang sama yaitu bentuk koloni bulat dengan tepian rata, warna koloni putih dengan permukaan *raised*. 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*.

Genus bakteri ini tidak mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa, hal ini ditandai dengan tidak terjadinya perubahan warna pada media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA). Astri Nugroho (2007) menjelaskan bakteri *Bacillus badius* tidak mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa, pada daerah dasar dan lereng berwarna merah. Isolat SI.1 dan SII.1 tidak menggunakan mampu menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon bagi metabolisemnya hal ini di tandai dengan tidak terjadinya perubahan warna pada media *Simon Citrate Agar* (SCA), sedangkan isolat SI.2, dan SII.2 mampu menggunakan sitrat sebagai salah satu sumber karbon bagi metabolisemnya hal ini ditandai dengan terjadinya perubahan warna pada media *Simon Citrate Agar* (SCA) yang sebelumnya berwarna hijau berubah menjadi warna biru.

Keempat genus bakteri ini bersifat motil, hal ini dapat dilihat dengan pertumbuhan bakteri menyebar hingga ke permukaan media *Sulphite Indole Motility* (SIM). Holt *et al*, (1994) menambahkan bakteri *Bacillus* sp bersifat motil dengan flagel peritrik. Reaksi biokimia yang ditunjukkan *Bacillus* dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Reaksi biokimia pada media TSIA, SIM dan SCA pada bakteri genus *Bacillus* (A) sebelum isolasi bakteri (B) sesudah isolasi bakteri (Data primer penelitian, 2016).

Beberapa penelitian telah dapat mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri genus *Bacillus* diantaranya adalah Penelitian Roksun dan Maya (2013) juga telah mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *Bacillus* dari perairan pelabuhan Gresik yang memiliki kemampuan mendegradasi solar dan bensin.

B. Potensi Hasil Penelitian Sebagai Rancangan Modul Pembelajaran Biologi SMA

Potensi hasil penelitian mengenai isolasi dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi dari perairan pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru dapat dijadikan sebagai rancangan modul pembelajaran biologi SMA pada konsep Eubacteria. Rancangan modul pembelajaran dibagi menjadi 2 tahap yaitu *Analysis*, dan *Design*.

1. Analisis Potensi

Berdasarkan hasil analisis kurikulum dan silabus terdapat topik/kajian yang berkaitan dengan hasil penelitian, berupa KD di mata pelajaran biologi SMA yang dapat dilihat pada Tabel 3.

	Kompetensi Dasar (KD)	Kelas / Semester	Materi Pokok	Potensi
3.4	Menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan <i>archaeobacteria</i> dan <i>eubacteria</i> berdasarkan ciri-ciri dan bentuk melalui pengamatan secara teliti dan sistematis.	X / I	Eubacteria	Modul
3.1	Mendeskripsikan komponen kimiawi sel, struktur, dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan, mengidentifikasi organel sel melalui pengamatan	XI / I	Sel Prokariot	Modul
4.4	Menyajikan data tentang ciri-ciri dan peranan <i>archaeobacteria</i> dan <i>eubacteria</i> dalam kehidupan berdasarkan hasil pengamatan bentuk laporan tertulis.	X / I	Eubacteria	LKS

Dari analisis Kompetensi Dasar tersebut terdapat ada 3 Kompetensi Dasar yang sesuai dengan hasil penelitian ini yaitu pada KD 3.4. kelas X menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan *archaeobacteria* dan *eubacteria* berdasarkan ciri-ciri dan bentuk melalui pengamatan secara teliti dan sistematis. Pada materi *eubacteria* terdapat sub materi peranan bakteri dalam kehidupan, salah satu bakteri yang berperan dalam kehidupan adalah bakteri minyak bumi yang mampu menguraikan minyak bumi pada lingkungan tercemar minyak bumi.

KD 3.1 kelas IX mendeskripsikan komponen kimiawi sel, struktur, dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan, mengidentifikasi organel sel melalui pengamatan. Salah satu sub materi pada KD 3.1 yaitu sel prokariot. Sel prokariotik adalah makhluk hidup tidak memiliki sistem endomembran (membran dalam), contoh sel prokariotik adalah bakteri. Jenis-jenis bakteri minyak bumi dapat dijadikan contoh dari sel prokariotik.

KD 4.4 kelas X menyajikan data tentang ciri-ciri dan peranan *archaeobacteria* dan *eubacteria* dalam kehidupan berdasarkan hasil pengamatan bentuk laporan tertulis. Hasil isolasi dan identifikasi bakteri limbah minyak bumi dapat di jadikan sumber belajar yaitu berupa rancangan lembar kerja siswa (LKS). LKS ini nantinya akan memuat prosedur pengamatan bakteri limbah minyak bumi mulai dari pengamatan makroskopis (bentuk koloni, warna koloni, tepian koloni dan elevasi koloni), pengamatan mikroskopis (pewarnaan gram dan bentuk sel bakteri), serta uji biokimia (TSIA, SCA, dan SIM).

2. Desain Rancangan Modul

Tahap selanjutnya yaitu membuat rancangan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka sumber belajar yang dirancang peneliti berupa modul yang kontekstual sesuai dengan hasil penelitian. Desain modul dapat dilihat pada lampiran. Adapun rancangan modul pembelajaran biologi yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 7.

1. Cover (pokok bahasan, nama penulis, nama mata pelajaran)
2. Kata pengantar, daftar isi, daftar gambart, tingkat kurikulum, panduan penggunaan modul.
3. Pendahuluan
4. Kegiatan belajar
5. Latihan
6. Rangkuman
7. Tes formatif
8. Umpan balik
9. Tindak lanjut
10. Kunci jawaban tes formatif
11. Daftar pustaka dan *Glosarium*

Gambar 7. Format/Struktur rancangan modul pembelajaran (Yustina, 2010)

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa Isolat bakteri yang ditemukan di perairan pelabuhan Sungai Duku kota Pekanbaru terdiri dari 5 genus yakni genus *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiella* dan *Bacillus*. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai rancangan modul pembelajaran guna memperkaya bahan ajar pada konsep eubacteria Biologi SMA.

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 *Evaluation* sesuai dengan model pembelajaran ADDIE (*Analyze*, *Design*, *Development*, *Implemetation*, *Evaluation*).

DAFTAR PUSTAKA

- Astri Nugroho. 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonklastik Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Dasar*. 8(1): 13-23. Teknik Lingkungan. Univesitas Trisakti.
- Fatmawali, Fatmawati Badaruddin, Irwan Yusuf. 2011. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Resisten Merkuri Dari Muara Sungai Sario Yang Dapat Digunakan Untuk Detoksifikasi Limbah Merkuri. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2): 282-288. Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Feliatra, Nursyirwarni. 2007. *Mikrobiologi Laut*. Pusat Pengembangan Pendidikan Universitas Riau. Pekanbaru
- Fitralia Elyza, Nuni Gofar, Munawar. 2015. Identifikasi Dan Uji Potensi Bakteri Lipolitik Dari Limbah SBE (*Spent Bleaching Earth*) Sebagai Agen Bioremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 2(1) : 12-18. Jurusan Biologi Lingkungan Universitas Sriwijaya. Palembang
- Irda Sayuti, Suratni. 2015. Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Hidrokarbonolistik dari Limbah Cair Minyak Bumi GS Chevron Pasifik Indonesia Di Desa Benar Kecamatan Rimba Melintang Rokan Hilir. *Prossiding Semirata Bidang MIPA BKS-PTN Barat*. 2015. Pontianak.
- Karwati. 2009. Degradasi Hidrokarbon Pada Tanah Tercemar Minyak Bumi Dengan Isolat A10 dan D8. Skripsi tidak dipublikasikan. FMIPA Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mohammad Yani, Yusuf Akbar. 2013. Proses Degradasi Minyak Diesel Oleh Campuran Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon. *Jurnal Indistri Pertanian*.19(1): 40-44. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Ni Putu Ristiati. 2013. Uji Kemampuan Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Terhadap Limbah Oli Dari Perairan Pelabuhan Celukan Bawang. *Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III*. FMIPA Undiksha.
- Puti Sri Komala, Denny Helard, dan Detia Delimas. 2012. Identifikasi Mikroba Anaerob Dominan Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet Dengan Sistem *Multi Soil Layering* (MSL) System. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 9(1): 74-88. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas. Padang.

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 Nasikhin, Maya Shovitri. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Solar dan Bensin dari Perairan Pelabuhan Gresik. *Jurnal Sains dan POMITS*. 2(2): 2337-3520. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

Yustina. 2010. *Modul Pembelajaran*. FKIP Universitas Riau. Pekanbaru.