

SCREENING OF POLYETHYLENE DEGRADATION BACTERIA MUARA FAJAR LANDFILL SITE PEKANBARU AS A HANDOUT DESIGN IN BACTERIA MATERIAL OF X CLASS SENIOR HIGH SCHOOL

Ridho Safna, Irda Sayuti, Sri Wulandari

Email: ridhosafna1994@gmail.com, irda.sayuti@lecturer.unri.ac.id , sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id
Phone Number: +6282285535902

*Biology Education
Teacher Training and Education Faculty
Riau University*

Abstract: *This study aims to explore bacteria that can degrade polyethylene from the Muara Fajar Pekanbaru landfill site to produce Bacteria material handouts in class X high school. The study was conducted at the Sumatra Biota Laboratory of Andalas University and the Microbiology Laboratory of the Faculty of Medicine, Riau University. Fajar Pekanbaru. The research took place in December 2017-May 2018. The research consisted of two stages, namely the screening stage of polyethylene degrading bacteria from the TPA Muara Fajar Pekanbaru landfill and the handout design stage. The stage of field data collection is carried out by exploratory research, data collection by experimental methods, determination of sampling points by purposive sampling. The parameters in the study are the types of isolates of polyethylene degrading bacteria and their level of degradation. The results obtained by 4 isolates of polyethylene degrading bacteria were coded BTS-1 (*Bacillus* sp 1) BTS-2 (*Bacillus* sp 2) BTS-3 (*Klasiella* sp) and BTS-4 (*Pseudomonas* sp). BTS-4 bacterial isolates had the highest degradation ability to degrade plastics by 10%, while the lowest bacterial isolates in polyethylene degradation were BTS-3 with a degradation rate of 1.9%. Based on an analysis of the potential results of the research, a handout of waste material and waste management for Biology learning in class X was designed.*

Key Words: *Bacteria, Handout, Polyethylene*

SKRINING BAKTERI PENDEGRADASI POLIETILEN DARI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) MUARA FAJAR PEKANBARU SEBAGAI RANCANGAN *HANDOUT* PADA MATERI BACTERIA KELAS X SMA

Ridho Safna, Irda Sayuti, Sri Wulandari

Email: ridhosafna1994@gmail.com, irda.sayuti@lecturer.unri.ac.id , sri.wulandari@lecturer.unri.ac.id
Nomor HP: +6282285535902

Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bakteri yang dapat mendegradasi polietilen dari TPA Muara Fajar Pekanbaru menghasilkan rancangan *handout* materi Bacteria di SMA kelas X. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biota Sumatra Universitas Andalas dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Riau, sampel penelitian diambil di Kawasan TPA Muara Fajar Pekanbaru. Penelitian berlangsung pada bulan Desember 2017-Mei 2018. Penelitian terdiri 2 tahapan yaitu tahap Skrining bakteri pendegradasi polietilen dari tanah TPA Muara Fajar Pekanbaru dan tahap perancangan *handout*. Tahap pengambilan data lapangan dilaksanakan dengan penelitian eksploratif, pengumpulan data dengan metode eksperimen, penentuan titik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Parameter dalam penelitian yaitu Jenis – jenis isolat bakteri pendegradasi polietilen dan tingkat kemampuan degradasinya. Hasil penelitian diperoleh 4 isolat bakteri pendegradasi polietilen yang diberi kode BTS-1 (*Bacillus sp 1*) BTS-2 (*Bacillus sp 2*) BTS-3 (*Klasiella sp*) dan BTS-4 (*Pseudomonas sp*). Isolat bakteri BTS – 4 memiliki kemampuan degradasi tertinggi dalam mendegradasi plastik yaitu sebesar 10%, sedangkan isolat bakteri yang terendah dalam mendegradasi polietilen adalah BTS – 3 dengan tingkat degradasi 1,9%. Berdasarkan analisis potensi hasil penelitian telah dirancang *handout* materi limbah dan pengelolaan limbah untuk pembelajaran Biologi di SMA kelas X.

Kata Kunci: Bakteri, *Handout*, Polietilen,

PENDAHULUAN

Pekanbaru merupakan ibu kota provinsi Riau yang mengalami perkembangan jumlah penduduk cukup pesat dalam 3 tahun terakhir. Pada tahun 2014 jumlah penduduk Pekanbaru tercatat sebanyak 1.011.467 jiwa. Jumlah ini naik menjadi 1.038.118 jiwa di tahun 2015 kemudian menjadi 1.064.566 jiwa pada tahun 2016 (Pekanbaru dalam angka, 2017). Pertambahan jumlah penduduk ini membuat aktivitas penduduk di Pekanbaru juga semakin tinggi yang berakibat pada tingginya produksi sampah plastik polietilen.

Penggunaan plastik disamping memberikan dampak positif juga memberikan dampak negatif. Menurut Zufahir (2007), plastik sangat berpotensi menjadi material yang mengancam kelangsungan makhluk hidup di bumi ini dikarenakan terbuat dari bahan kimia yang sulit didegradasi oleh mikroba di lingkungan. Limbah plastik yang melimpah saat ini kebanyakan diatasi dengan cara dibakar dan didaur ulang. Akan tetapi, pembakaran limbah plastik malah berdampak lain, yaitu tercemarnya udara oleh gas – gas hasil pembakaran diantaranya CO^2 dan CO. Disisi lain proses daur ulang hanya mampu menangani 25% sampah plastik. Berdasarkan hal tersebut diperlukan penanganan limbah plastik polietilen yang lebih ramah lingkungan yakni dengan penggunaan mikroorganisme.

Banyak isolat bakteri indigenous yang telah dilaporkan mampu untuk mendegradasi polietilen. Bakteri indigenous pendegradasi polietilen merupakan bakteri pendegradasi polimer plastik polietilen yang berasal dari habitat asalnya seperti tanah atau tempat pembuangan akhir (Zufahir, *et.al.*, 2007). Beberapa bakteri yang diketahui mampu mendegradasi plastik polietilen antara lain *Pseudomonas sp*, *Staphylococcus sp*, *Streptomyces sp*, dan *Bacillus sp*. Beberapa penelitian serupa yang pernah dilakukan menemukan beberapa jenis bakteri lainnya yang juga dapat mendegradasi plastik polietilen. Menurut Miftahul Jannah (2015) isolat bakteri yang tumbuh pada tanah Tempat Pembuangan Akhir dapat berbeda satu sama lainnya dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, pH dan kelembaban. Oleh karena itu di TPA Muara Fajar diduga juga terdapat bakteri – bakteri lainnya yang mampu mendegradasi plastik polietilen.

Untuk membuktikan dan mengetahui kemampuan degradasi oleh bakteri pendegradasi polietilen ini maka dapat dilakukan proses skrining terhadap bakteri tersebut. Menurut Miftahul Jannah (2015) skrining adalah proses menumbuhkan bakteri dalam suatu media tertentu kemudian diuji kemampuannya dalam mendegradasi plastik polietilen. Hal ini perlu dilakukan untuk melihat isolat bakteri yang efektif dalam mendegradasi plastik polietilen sendiri sehingga nantinya dapat dikembangkan potensi bakteri tersebut dalam skala besar. Jika hal ini dapat dilakukan, maka dapat diterapkan pada pengelolaan sampah di setiap TPA termasuk TPA Muara Fajar Pekanbaru dalam hal pengelolaan limbah plastik polietilen.

Isu lingkungan seperti limbah plastik ini sudah seharusnya mendapatkan perhatian dari berbagai pihak, pemerintah maupun masyarakat umum. Peserta didik sebagai calon generasi penerus harus memiliki paradigma dan wawasan konservatif tentang lingkungan yang nantinya akan terekspresikan melalui sikap, perilaku dan tindakan yang mampu menjaga kelestarian lingkungan. Berkaitan dengan hal ini, mata pelajaran biologi memiliki peran penting dalam menanamkan wawasan lingkungan tersebut di sekolah karena banyak materi – materi yang berhubungan dengan pelestarian lingkungan dalam mata pelajaran tersebut

Berdasarkan hasil analisis terhadap kurikulum 2013 data hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan pengayaan pada beberapa materi pembelajaran salah satunya pada kelas X, KD 3.5 : "Mengidentifikasi struktur, cara hidup, reproduksi dan peran bakteri dalam kehidupan". Dimana salah satu indikator Pencapaian Kompetensi yang harus dimiliki adalah siswa mampu mendeskripsikan bakteri yang berperan dalam lingkungan. Data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk *handout*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biota Sumatra, Universitas Andalas, Padang, dan Laboratorium Mikrobiologi Kedokteran Universitas Riau. Penelitian berlangsung 6 bulan dari Desember 2017 – Mei 2018.

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat – alat gelas seperti cawan petri, tabung reaksi, gelas ukur, gelas beker, tabung Erlenmeyer dan pipet tetes. Plastik wrap, lakban, kapas, jarum ose, Mikro pipet, autoklaf, *Laminary air flow*, *shaker incubator*, kompor listrik, pembakar bunsen, pipet ukur, dan neraca elektronik. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari TPA Muara Fajar, plastik polietilen LDPE, medium nutrient agar (NA), medium *nutrient Broth* (NB), medium mineral agar, etanol 70%, dan akuades.

Pengambilan Sampel

Tahap pengambilan sampel lapangan dilakukan secara *purposive sampling* berdasarkan banyaknya sampah plastik yang tertimbun dalam tanah serta lamanya timbunan sampah plastik tersebut. Sampel berupa tanah timbunan sampah plastik termasuk yang menempel pada sampah plastik.

Isolasi Bakteri Pendegradasi Polietilen

Sampel tanah ditimbang sebanyak 20 gram kemudian dimasukan kedalam tabung Erlenmeyer. Selanjutnya, dilarutkan dengan 100 ml Aquades steril. Sampel yang sudah di dicampur aquades kemudian dikocok menggunakan *shaker* sampai homogen. Setelah itu dilakukan pengenceran sampai tingkat 10^{-6} . Kemudian dari seri pengenceran diambil menggunakan pipet tetes sebanyak 1 ml ke cawan petri dan dituangkan ke dalam medium Nutrien Agar dengan teknik *pour plate*. Selanjutnya diinkubasi pada suhu kamar selama 24 jam. Isolat bakteri yang tumbuh kemudian dikarakterisasi secara makroskopis dan selanjutnya dimurnikan dengan metode cawan gores. Koloni tunggal yang tumbuh diinokulasikan pada biakan miring dan diberi label (sebagai stok bakteri).

Pembuatan Potongan Tipis Plastik Polietilen

Film tipis polietilena dibuat dengan cara memotong plastik kemasan polietilen dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Selanjutnya potongan tipis polietilen dicuci dengan alkohol 70% dan aquades steril (Carine dalam mita 2015). Potongan tipis polietilen

yang telah terbentuk dikarakterisasi dan ditimbang terlebih dahulu sebelum digunakan untuk uji biodegradasi.

Skrining Awal Bakteri Pendegradasi Polietilen

Skrining bakteri pendegradasi polietilen dilakukan menurut metode Vetsedult dan Anbuselvi, (2014) yaitu dengan menginokulasikan isolat bakteri didalam medium mineral agar yang ditambahkan dengan potongan plastik polietilen. Medium kemudian diamati setelah 1 x 24 jam. Setelah koloni bakteri tumbuh, dilanjutkan dengan uji biodegradasi plastik polietilen.

Uji Biodegradasi Plastik Polietilen

Uji biodegradasi dilakukan dengan variasi waktu selama 30 hari pada suhu inkubasi 32⁰C. Potongan tipis polietilena dimasukan kedalam cawan petri yang telah berisi medium NA dan bakteri yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi polietilena, kemudian diinkubasi sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Proses biodegradasi dihentikan dengan cara membersihkan potongan tipis polietilena dengan alkohol 70% kemudian dicuci beberapa kali dengan akuades dan polietilen siap dikarakterisasi. Penentuan Isolat bakteri yang paling baik dalam mendegradasi polietilen dilihat dari kemampuannya dalam Uji biodegradasi polietilen. Penentuannya menggunakan rumus sebagai berikut

$$\% \text{ Pengurangan Berat Plastik} = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan : R1 = Berat awal film plastik
R2 = Berat akhir film plastic

(Saminathan , 2014)

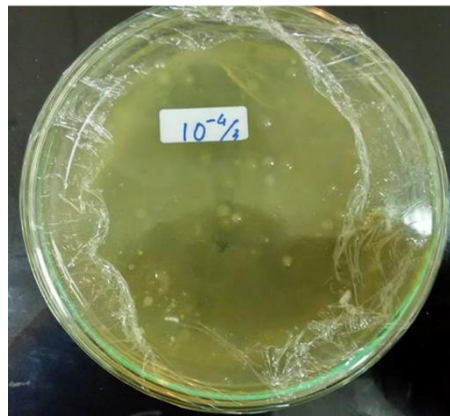
Perancangan Handout

Tahap perancangan *handout* dari hasil penelitian menggunakan model ADDIE dengan tahapan *analyze*, *design* dan *development*. Analisis yang dilakukan adalah analisis kurikulum, analisis perangkat pembelajaran berupa silabus dan RPP, analisis buku guru dan buku peserta didik, LKPD atau sumber belajar lainnya. Tahap perancangan terdiri dari dua rancangan yaitu rancangan perangkat pembelajaran berupa silabus dan RPP serta rancangan *handout*. Tahap pengembangan dilakukan penulisan konten atau isi *handout* dan perancangan grafis yang diperlukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Identifikasi Bakteri dari Tanah TPA Muara Fajar Pekanbaru

Pada tahap isolasi bakteri pengurai plastik polietilen dari tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Muara Fajar, Rumbai, Pekanbaru, yang diisolasi dengan medium NA ditemukan sejumlah isolat bakteri seperti pada gambar 4.1. Isolat bakteri yang tumbuh diberi kode BTS (Bakteri Tanah Sampah). Pada tahap ini bakteri diisolasi dari 3 sampel tanah yang diambil dari 3 lokasi berbeda di Kawasan TPA Muara Fajar. Isolat bakteri yang ditemukan dapat diduga sebagai bakteri pendegradasi polietilen karena lingkungan tempat tumbuhnya yang terdapat polietilen.



Gambar 1. Koloni bakteri hasil isolasi dari tanah TPA Muara Fajar

Pada gambar 1 dapat dilihat sejumlah koloni bakteri yang tumbuh dalam medium NA. Bakteri yang didapatkan diketahui hidup pada kondisi lingkungan yang memiliki nilai pH tanah 8,14 yang merupakan kondisi lingkungan basa. Bakteri yang tumbuh pada medium juga dipengaruhi oleh kandungan mineral yang terdapat pada tanah TPA Muara Fajar. Menurut Oktavianda (2016), keadaan pH tanah dan kandungan mineral akan menentukan diversitas bakteri yang muncul. Sutedjo (2016) menyebutkan pH asam sering kali miskin mineral. Tanah dengan kondisi asam memiliki kandungan hidrogen, besi, fosfor dan alumunium. Pada kondisi basa, tanah lebih banyak mengandung mineral yang dibutuhkan oleh bakteri seperti kalsium, kalium, magnesium, sulfur dan natrium. Selain itu suhu juga mempengaruhi diversitas bakteri yang tumbuh pada tanah. Suhu tanah TPA muara fajar setelah diukur adalah 33⁰C. Oktavianda (2016) menambahkan, suhu optimal untuk pertumbuhan bakteri pendegradasi plastik agar tumbuh secara optimal adalah 20⁰ – 40⁰ C.

Identifikasi Makroskopis dan Makroskopis Isolat Bakteri

Berdasarkan pengamatan makroskopis (morfologi koloni) dan mikroskopis (Gram dan bentuk sel) yang dilakukan diperoleh 4 isolat bakteri. Hasil pengamatan menunjukkan bakteri memiliki karakteristik makroskopis yang berbeda-beda.

Tabel 1. Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis Bakteri

Kode Isolat	Pengamatan Makroskopis Koloni					Pengamatan Mikroskopis	
	Warna	Bentuk	Pinggir	Permukaan	Elevasi	Pewarnaan gram	Bentuk sel
BTS-1	Putih	Bulat	Rata	Licin	Timbul	Positif	Basil
BTS-2	Putih	Bulat	Bergerigi	Kasar	Timbul	Positif	Basil
BTS-3	Putih	Lonjong	Rata	Licin	Timbul	Positif	Basil
BTS-4	Putih	lonjong	Bergerigi	Kasar	Timbul	Negatif	Basil

Tabel 1 menunjukkan hasil pengamatan makroskopis dari 4 isolat bakteri yang dapat menguraikan polietilen, dapat dilihat bahwa semua karakteristik isolat bakteri tersebut berbeda satu sama lainnya. Perbedaan yang dimiliki setiap koloni bakteri merupakan sifat khas bagi suatu spesies tertentu. Suriawiria (2005) melaporkan bahwa perbedaan dari mikroba merupakan ciri khas bagi suatu spesies tertentu. Bentuk koloni, warna koloni, mengkilap atau tidaknya, halus dan kasarnya merupakan sifat – sifat yang diperlukan untuk identifikasi suatu spesies.

Skrining Isolat Bakteri Pendegradasi Polietilen

Hasil isolasi bakteri yang didapatkan, dilakukan pemurnian bakteri yang mana diperoleh 4 isolat bakteri yang berbeda. Dari 4 isolat bakteri kemudian dilakukan skrining bakteri pendegradasi plastik polietilen dengan cara menginokulasikan 4 isolat bakteri kedalam medium mineral agar yang ditambahkan potongan plastik polietilen. Hasil skrining menunjukkan ke empat isolat bakteri mampu tumbuh dalam medium mineral agar yang ditambahkan serbuk polimer plastik.

Tabel 2. Skrining Pengamatan Bakteri yang Tumbuh pada medium Mineral + Polietilen

Kode Isolat	Jumlah Koloni	
	Hari ke – 5	Hari ke – 10
BTS – 1	3	8
BTS – 2	2	2
BTS – 3	2	5
BTS – 4	22	38

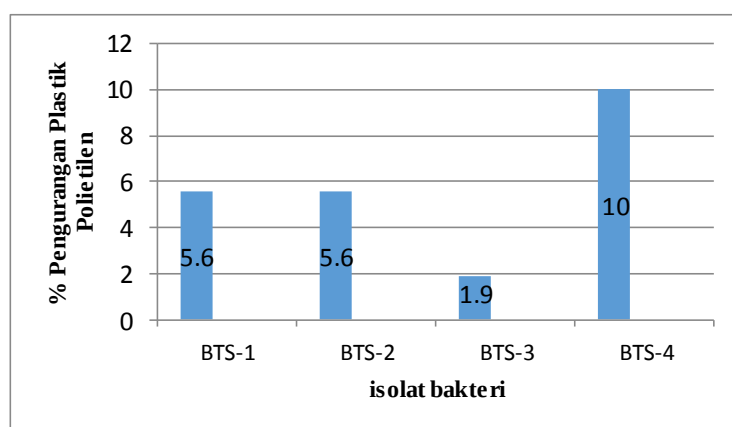
Dari 4 bakteri yang tumbuh dilakukan pengamatan awal pada hari kelima, karena pada hari pertama koloni bakteri belum tumbuh sehingga pada saat hari kelima bakteri telah tumbuh. Hal ini didukung oleh pendapat Zufahir *et al.*, (2007),

menyebutkan bahwa diperlukan rentang waktu 5 hari agar bakteri mampu beradaptasi dengan lingkungan yang baru dan mulai tumbuh. Isolat bakteri yang ditemukan tumbuh pada medium diberi kode BTS (Bakteri Tanah Sampah), berupa BTS-1, BTS-2, BTS-3, BTS-4. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut memanfaatkan plastik sebagai sumber karbon, dan hal ini mengindikasikan bakteri tersebut mampu menguraikan plastik polietilen. Jumlah koloni yang tumbuh juga berbeda – beda. Menurut Aulia (2017) terjadinya proses biodegradasi polimer yang dilakukan oleh mikroba berhubungan dengan kemampuan mikroba tersebut untuk beradaptasi dengan substrat yang baru.

Vatsedult dan Anbuselvi (2014) menyebutkan polimer alam dapat terdegradasi oleh mikroba. Biodegradasi plastik dengan bakteri yang telah diisolasi ditandai dengan akan adanya zona bening. Terbentuknya zona bening disekitar koloni bakteri disebabkan oleh adanya enzim depolimerase yang dikeluarkan oleh bakteri. Akan tetapi dari hasil penelitian yang dilakukan, menunjukkan bakteri tumbuh namun zona bening tidak terlihat dengan jelas. Hal ini diduga bakteri tersebut dapat membentuk zona bening parsial, namun zona bening yang terbentuk tidak sempurna. Kondisi ini dapat disebabkan karena serbuk polimer yang digunakan tidaklah murni, dan kadar polimer yang diberikan juga berpengaruh terhadap terbentuknya zona bening.

Uji Biodegradasi Bakteri Terhadap Plastik Polietilen.

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi plastik polietilen. Metode ini dilakukan menurut metode Saminathan *et al* ., (2014). Potongan tipis polietilen dimasukan kedalam cawan petri yang telah berisi medium Nutrien Agar dan isolat bakteri. Proses biodegradasi dilakukan selama 30 hari. Terjadinya proses degradasi dibuktikan dengan adanya pengurangan berat akhir film polietilen setelah proses biodegradasi. Presentase pengurangan berat potongan plastik polietilen dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Uji biodegradasi plastik polietilen

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa empat isolat bakteri yang dilakukan uji biodegradasi plastik polietilen menunjukkan adanya pengurangan plastik polietilen. Hal

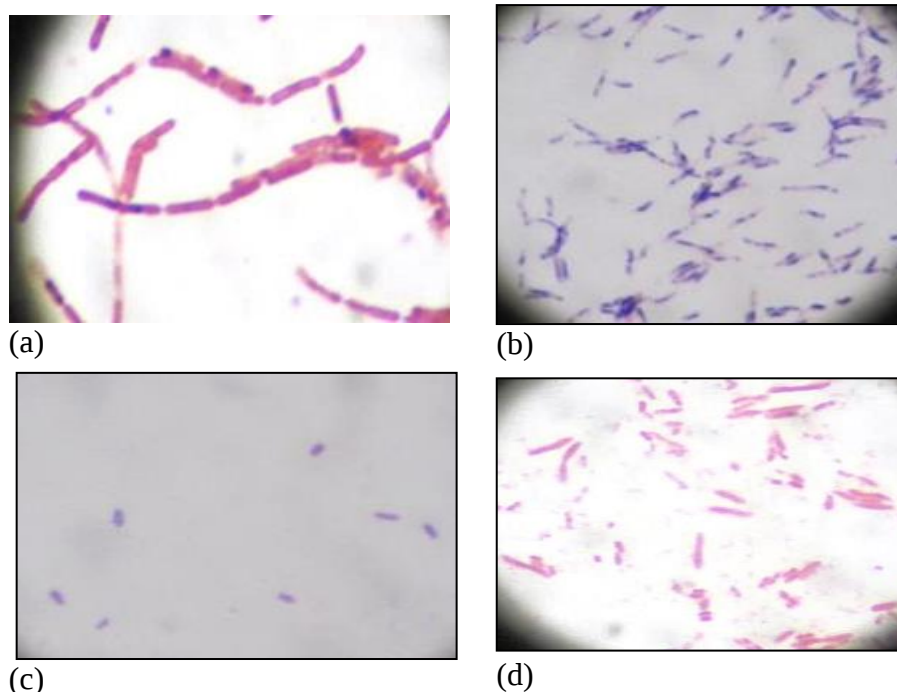
ini disebabkan karena perbedaan aktivitas enzim yang dikeluarkan bakteri untuk mengurai plastik polietilen. Pada pengamatan skrining tabel 1, isolat bakteri BTS-4 menunjukkan koloni bakteri yang tumbuh berukuran besar ($> 5\text{mm}$), dan pada saat uji lanjut dengan uji biodegradasi didapatkan pengurangan berat film besar yaitu 10%, sedangkan isolat bakteri BTS-3 memiliki pengurangan berat film plastik yang terkecil. Jika dilihat pada skrining, koloni bakteri isolat BTS-3 menunjukkan koloni tersebut tumbuh kecil ($< 5\text{mm}$).

Aktivitas enzim dipengaruhi oleh protein yang ada dalam sel bakteri. Dalam proses regulasi biosintesis enzim, protein merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi karena protein merupakan polimer yang paling penting dalam menguraikan bahan – bahan polimer yang ada di lingkungan untuk dijadikan nutrisi mikroorganisme. Oleh karena itu regulasinya berkaitan dengan kontrol enzim katabolik endoseluler (Agustien, 2010). Protease ekstraseluler dapat bersifat induktif atau konstitutif, namun pada kenyataannya sintesis sebagian enzim ekstraseluler meningkat selama pertumbuhan pada substratnya, jadi cenderung bersifat induktif (Suhartono, 1991).

Koloni bakteri yang menempel pada permukaan plastik akan membentuk biofilm (Das dan Kumar, 2013), kemudian bakteri memecah polimer kompleks plastik menjadi senyawa yang lebih sederhana (oligomer, dimer, dan monomer) dengan bantuan enzim intraseluler dan ekstraseluler depolimerase sehingga senyawa tersebut dengan mudah diangkut ke dalam sel bakteri sebagai sumber karbon dan energi. Elpawati (2015), menjelaskan bahwa terdapat enzim lain yang diketahui membantu proses degradasi plastik. Enzim tersebut mampu mendegradasi plastik jenis PLA (*polylactic acid*) dan plastik biodegradable lainnya, termasuk PBS (*polybutylene succinate*), PHB (*poly -3- hydroxybutyrate*), dan PCL (*poly - ϵ -caprolactone*). Enzim ekstraseluler yang lainnya yaitu enzim lignin peroksidase dan mangan peroksidase yang dihasilkan oleh mikroba juga diketahui berhubungan dalam degradasi polietilen (Baral, 2014).

Identifikasi Bakteri Berdasarkan Karakteristik Biokimia.

Isolat-isolat yang diperoleh selanjutnya dilakukan uji biokimia guna mengetahui genus dari isolat – isolat tersebut (Cappucino dan Sherman. 1987). Hasil uji biokimia dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil uji biokimia ini selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi bakteri dengan merujuk kepada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Gambar 3 berikut menunjukkan pengamatan mikroskopis keempat isolat bakteri.



Gambar 3. Pengamatan Mikroskopis isolat bakteri. (a) BTS-1
(b) BTS-2 (c) BTS-3 (d) BTS-4

Untuk menentukan jenis dari suatu isolat bakteri pendegradasi polietilen, dilakukan tahapan – tahapan reaksi uji biokimia. Hasil dari reaksi uji biokimia tersebut diperoleh 4 spesies bakteri yaitu BTS-1 merupakan *Bacillus sp*, BTS-2 merupakan *Bacillus sp 2*, BTS-3 merupakan *Klasiella sp*, dan BTS-4 merupakan *Pseudomonas sp*. Isolat bakteri *Pseudomonas sp* memiliki kemampuan terbesar dalam mendegradasi plastik polietilen. Oktavianda (2016) melaporkan mikroba yang dapat mendegradasi plastik adalah *Pseudomonas sp*, *Streptococcus sp*, *Staphylococcus sp*, *micrococuc sp*, *Moxorella sp*. Riandi *et.al.*, (2017) menambahkan bahwa bakteri *Pseudomonas sp* memiliki kemampuan terbesar dalam mendegradasi plastik polietilen yaitu sebesar 40,5%.

Integrasi Hasil Penelitian sebagai Rancangan Handout Materi Bacteria di SMA Kelas X

Berdasarkan hasil penelitian Skrining bakteri pendegradasi polietilen dari TPA Muara Fajar Pekanbaru maka selanjutnya data hasil penelitian diintegrasikan sebagai rancangan pembuatan *handout* materi Bacteria limbah dan pengelolaan limbah di SMA kelas X. Pembahasan pada setiap tahapan sebagai berikut:

Hasil Analisis

Data yang diperoleh yakni tentang jenis – jenis bakteri pendegradasi polietilen dan kemampuan degradasinya selanjutnya, dilakukan analisis kurikulum 2013 yaitu Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar kelas X, XI, dan XII. Kompetensi Dasar yang

didapat selanjutnya dianalisis kembali untuk menentukan Kompetensi Dasar yang paling sesuai untuk pengayaan materi berdasarkan data hasil penelitian. Kompetensi Dasar yang dianggap sesuai dengan data hasil penelitian pada mata pelajaran Biologi SMA dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Kompetensi Dasar yang Berkaitan dengan Hasil Penelitian

Kelas	KD	Materi	Keterkaitan dengan Data Hasil Penelitian	Potensi Pengembangan
X	3.5 Mengidentifikasi struktur, cara hidup, reproduksi dan peran bakteri dalam kehidupan	Bakteri dan peranan bakteri dalam kehidupan	Jenis Bakteri Pendegradasi Polietilen dan tingkat kemampuan degradasinya	<i>Handout</i>
X	3.11 Menganalisis data perubahan lingkungan, penyebab, dan dampaknya bagi kehidupan	Limbah dan pengelolaannya	Penggunaan Bakteri dalam degradasi polietilen	modul

Berdasarkan hasil analisis pada 2 KD yang berkaitan dengan data hasil penelitian maka KD yang paling berpotensi untuk dijadikan sebagai pengembangan *handout* yaitu pada KD 3.5 karena seluruh data hasil penelitian dapat terpakai sebagai sumber referensi dalam pembuatan *handout*.

Design/Rancangan

Tahap perancangan (*design*) terdiri dari 2 tahap yaitu: tahap perancangan perangkat pembelajaran dan *handout*. Tahap perancangan perangkat pembelajaran meliputi silabus dan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang sesuai dengan Permendikbud 2013. Perancangan ini diawali dengan merekonstruksi silabus yang dikeluarkan oleh Kemendikbud 2013 di mana terdapat beberapa aspek yang direkonstruksi sesuai kebutuhan penelitian ini. Silabus yang telah direkonstruksi merupakan silabus 1 KD yaitu pada KD 3.5 dengan 4 pertemuan dan memuat tentang : satuan pendidikan, identitas mata pelajaran, kelas, alokasi waktu, kompetensi inti, kompetensi dasar, materi pokok, kegiatan pembelajaran, indikator pencapaian kompetensi, teknik penilaian, alokasi waktu dan sumber belajar.

Silabus yang sudah direkonstruksi selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pengembangan rancangan pelaksanaan pembelajaran (RPP). RPP yang dirancang yaitu RPP pada pertemuan ke 3 dengan alokasi waktu 3x45 menit, materi limbah dan pengelolaan limbah dengan topik limbah cair dengan menggunakan model *Problem Based Learning*.

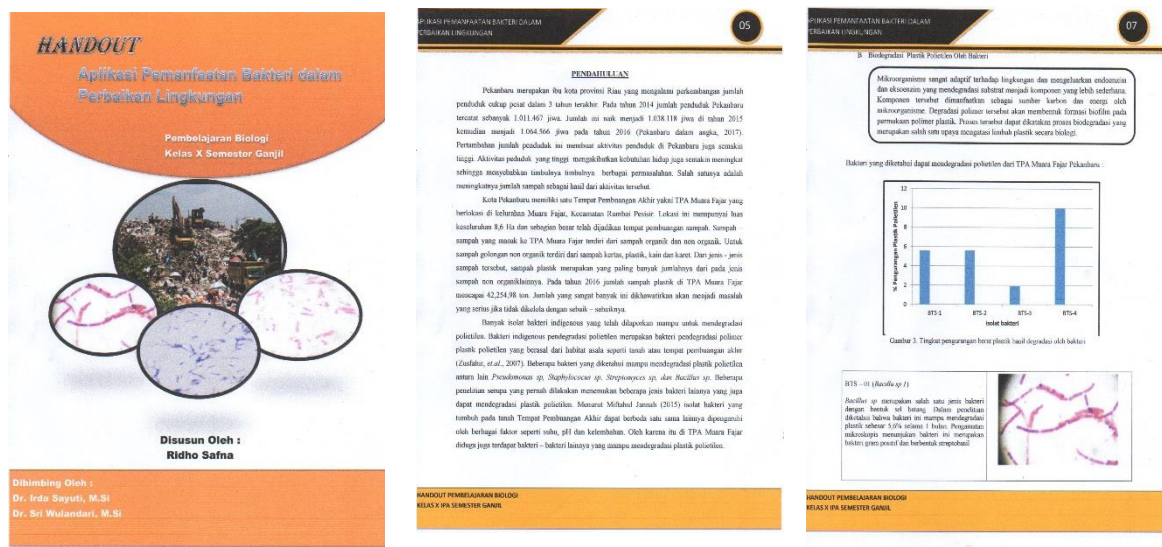
Tahap selanjutnya yaitu membuat rancangan *handout* materi limbah dan pengelolaan limbah. *Handout* yang dirancang bersifat kontekstual yaitu sesuai dengan

data hasil penelitian. Desain *handout* merupakan modifikasi dari Depdiknas 2008 oleh Enggia Pradipta, Helendra dan Meliya (2014) yang terdiri dari:

- Cover (Judul, Nama Penyusun, Pokok bahasan)
- Kata Pengantar
- Daftar Isi
- Tingkatan Kurikulum (KI, KD, IPK)
- Petunjuk Penggunaan *Handout*
- Pendahuluan
- Penjabaran Materi Pokok
- Evaluasi (Soal-Soal)
- Sumber Referensi

Development (Pengembangan)

Pada tahap ini dilakukan pengembangan struktur isi *handout* di mana isi *handout* ini secara garis besar memuat materi tentang peranan bakteri dalam lingkungan di mana struktur isi yang terdapat di dalam *handout* mengacu pada format yang telah dirancang pada tahap *design*. Berikut ini gambar cover, pendahuluan dan uraian materi pada *handout*:



Gambar 4. Bagian Cover, Pendahuluan dan Uraian Materi pada *Handout*

Cover *handout* yang dikembangkan memuat judul yang menggambarkan isi dari *handout* yaitu “Aplikasi pemanfaatan bakteri dalam perbaikan lingkungan” Pada cover disajikan gambar Tempat Pembuangan Akhir. Cover juga memuat nama penyusun yaitu Ridho Safna dan memuat nama dosen pembimbing yaitu Dr. Irda Sayuti, M.Si dan Dr. Sri Wulandari M.Si dengan tata letak pada bagian kiri bawah Halaman berikutnya setelah cover secara berturut-turut yaitu terdiri dari kata pengantar, daftar isi, tingkatan kurikulum, petunjuk penggunaan *handout*, pendahuluan, uraian materi, evaluasi dan terakhir yaitu sumber referensi dengan desain seluruh halaman yaitu pada bagian atas dengan desain perpaduan warna kuning dan hitam kecoklatan di mana pada sisi kiri memuat tulisan “ Aplikasi Pemanfaatan Bakteri Dalam Perbaikan Lingkungan” dan

pada sisi kanan memuat nomor halaman. Pada bagian bawah dengan desain perpaduan warna kuning dan hitam di mana pada sisi kiri memuat tulisan “ *Handout Pembelajaran Biologi Kelas X SMA*”.

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

1. Ditemukan 4 isolat bakteri pendegradasi polietilen dari tanah TPA Muara Fajar Pekanbaru. Isolat bakteri tersebut diberi kode BTS – 1, BTS – 2, BTS – 3, dan BTS – 4. Isolat bakteri BTS – 4 memiliki kemampuan degradasi tertinggi dalam mendegradasi plastik yaitu sebesar 10%, sedangkan isolat bakteri yang terendah dalam mendegradasi polietilen adalah BTS – 3 dengan tingkat degradasi 1,9%.
2. Hasil penelitian skrining bakteri pendegradasi polietilen dapat dijadikan bahan ajar dalam pembelajaran biologi SMA kelas X materi Bakteria.

Rekomendasi

Bakteri Tanah Sampah (BTS) ini dapat digunakan dalam mendegradasi plastik polietilen di lingkungan. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi bakteri pendegradasi polietilen secara molekuler sehingga diperoleh tingkat spesies serta dilanjutkan dengan tahap optimasi hingga aplikasi dalam rehabilitasi tanah tercemar plastik polietilen

DAFTAR PUSTAKA

- Agustien, A. 2010. *Protease Bakteri Termofilik*. Universitas Padjajaran Press: Bandung
- Ainiyah, Maya Shovitri. 2015. Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom *Winogradsky*. *Jurnal Sains Pomits* 2(1): 1 – 4
- Badan Pusat Statistik Pekanbaru. 2017. *Kota Pekanbaru dalam Angka tahun 2017*.
- Baral S. P. 2014. Microbial Effects and Approaches on Biodegradation of Polyethylene. *Asian Journal of Pharmaceutical Technology & Innovation*. 2 (7) : 1 – 5
- Cappucino, J.G dan N. Sheerman. 2005. *Microbiology A Laboratory Manual 7th Edition*. Perason Education Inc. Publishing as Benjamin Cummings. San Fransisco

- Das, M. P. Dan S. Kumar. 2014. An Approach to Low Density Polyethylen Biodegradation by *Bacillus amyloliquefaciens*. *Journal Biotech* 3.
- Depdiknas.2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*.Departemen Pendidikan Nasional. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta
- Elpawati.2015. Uji coba Produksi Mikroorganisme Pendegradasi Sampah Plastik.*Jurnal Agribisnis* 9(1):11 – 22
- Enggia Pradipta, Helendra dan Meliya Wati. 2014. Pengembangan *Handout* Bergambar dilengkapi Peta Pada Materi Alat Indera Untuk SMP. *Jurnal Pendidikan*
- Oktavianda, Tri Firsta., Mahanani dan Lisa, Maya. 2016. Potensi isolat Bakteri Pendegradasi Palstik Jenis Polietilen Oxodegradable dari Tanah TPA Benowo Surabaya. *Lentera Bio* 4 (2) : 32 – 36
- Miftahul Jannah. 2015. Skrining Bakteri Pendegradasi Plastik Sintetis Polietilen dari Tanah Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Kota Padang.Skripsi FMIPA Universitas Andalas. Padang.
- Prastowo.2011. *Panduan Kreatif Membuat Bahan Ajar Inovatif*. Divapres. Yogyakarta
- Riyandi, Muhammad Inas., Retno Kawuri.,Sang Ketut. 2017. Potensi Bakteri *Pseudomonas* Sp. Dan *Ochrobactrum* Sp. Yang Di Isolasi Dari Berbagai Sampel Tanah Dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar High Density Polyethylene (Hdpe) Dan Low Density Polyethylene (Ldpe). *Jurnal Simbiosis*. 5 (2) : 58 - 63
- Suhartono. 1991. *Protease*. PAU Bioteknologi IPB. Bogor
- Sinaga, P. 2011. *Material Plastik. Pelatihan Quality Controll alat – alat IPA*. Sugitek Indo Tama. Jakarta.
- Sutedjo,Shovitri, Maya. 2015. Potensi isolate bakteri *Pseudomonas* sebagai pendegradasi plastik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4 (2) : 67 – 70
- Vatsedult, dan Ambuselvi. 2014. Isolation and Characterization of Polyethene Degrading Bacteria From Polyethene Dumped Garbage. *International Journal Pharmacy* 25 (2): 205 – 206

Zusfahir, Puji Lestari, Dian Riana Ningsih, Senny Widyaningsih. 2007. Biodegradasi Polietilena Menggunakan Bakteri dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Gunung Tugel Kabupaten Banyumas. *Jurnal Molekul* 2(2):98-106