

**GROWTH RESPONSE OF ELEUSINA INDICA ON PETROLEUM
CONTAMINATED SOIL FOR HANDOUT DESIGN IN GROWTH
AND DEVELOPMENT MATERIALS IN SENIOR HIGH
SCHOOL GRADE XII**

Fransiska Flonia¹, Suwondo², Irda Sayuti³

*email : f.flonia14@gmail.com +685374001606, wondo_su@yahoo.com, irdasayuti63@gmail.com

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

Abstract: *This research was conducted to find growth response *Eleusina indica* on petroleum contaminated soil which used for handout design in growth and development materials in senior high school grade XII, which was conducted in September 2018 until February 2019. This research used an experimental method with Completely Randomized Design (CRD). Parameters used include vegetative growth of plants crops shoots number, stem height, leaf length and biomass of plant then degradation rate (%) TPH. The data of growth response *Eleusina indica* on petroleum contaminated soil with total petroleum hydrocarbon (TPH) concentration which differences were an analysis of variance (ANOVA) continued Duncan's test if there are significant differences. While for handout design is done with two stages, namely analyze stage and design stage. The result showed that the *Eleusina indica* plant was able to grow on petroleum contaminated soil which can be seen of vegetative growth response. Besides, the *Eleusina indica* plant has the ability to degrade TPH with a percentage of 0,202-0,821%. It was concluded that *Eleusina indica* plant was able to well adapt to petroleum contaminated soil. The result of this research was further developed into handout in growth and development materials in senior high school grade XII.*

Key Words : *Growth, *Eleusina indica*, Fitoremediation, Petroleum contaminated soil, Handout.*

RESPON PERTUMBUHAN *ELEUSINA INDICA* PADA TANAH TERKONTAMINASI MINYAK BUMI UNTUK RANCANGAN HANDOUT PADA MATERI PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN KELAS XII SMA

Fransiska Flonia¹, Suwondo², Irda Sayuti³

*email : f.flonia14@gmail.com +685374001606, wondo_su@yahoo.com, irdasayuti63@gmail.com

Program Studi Pendidikan Biologi Jurusan PMIPA FKIP
Universitas Riau, Pekanbaru 28293

Abstrak: Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respon pertumbuhan *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi yang dimanfaatkan dalam merancang handout pada materi pertumbuhan dan perkembangan kelas XII SMA, dilaksanakan pada bulan September 2018 hingga Februari 2019. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL). Parameter yang digunakan meliputi pertumbuhan vegetatif tanaman yaitu jumlah tunas, tinggi batang, panjang daun dan biomassa tanaman serta tingkat degradasi (%) TPH. Data respon pertumbuhan tanaman *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi dengan konsentrasi total petroleum hidrokarbon (TPH) yang berbeda di lakukan analisis varians (ANAVA) dan dilanjutkan uji Duncan's apabila terjadi perbedaan nyata. Sedangkan untuk merancang handout dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap analisis dan desain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *Eleusina indica* mampu tumbuh pada tanah terkontaminasi minyak bumi yang dilihat dari respon pertumbuhan vegetatif tanaman. Selain itu, tanaman *Eleusina indica* memiliki kemampuan mendegradasi TPH dengan persentase 0,202-0,821%. Disimpulkan bahwa tanaman *Eleusina indica* mampu beradaptasi dengan baik pada tanah terkontaminasi minyak bumi. Hasil penelitian ini selanjutnya dikembangkan menjadi handout pada materi pertumbuhan dan perkembangan kelas XII SMA.

Kata kunci: Pertumbuhan, *Eleusina indica*, Fitoremediasi, Tanah terkontaminasi minyak bumi, Handout.

PENDAHULUAN

Riau merupakan salah satu provinsi penghasil minyak dan gas bumi dengan presentase mencapai 40% dari produksi MIGAS nasional yang memiliki 8 blok MIGAS dengan beberapa kontraktor kontrak kerja sama dari beberapa perusahaan luar negeri maupun dalam negeri (Profil perusahaan, 2017). Kegiatan pertambangan yang terjadi di lokasi tersebut meliputi eksplorasi produksi minyak, pemeliharaan fasilitas produksi, dan tangki penyimpanan minyak yang menghasilkan limbah atau sisa produksi. Sepanjang proses tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi alam sekitar yaitu tanah terkontaminasi minyak bumi.

Senyawa-senyawa yang terkandung di dalam tanah terkontaminasi minyak bumi bersifat toksik sehingga sulit terdegradasi dan dikelompokkan kedalam Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Oleh karena itu perlu dilakukan pengelolaan untuk mengatasi tanah terkontaminasi minyak bumi. Pengelolaan secara biologi menggunakan proses fitoremediasi yaitu proses penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan yang dimediasi oleh tanaman ke bentuk yang tidak berbahaya (Nuril Hidayati, 2005). Proses tanaman sebagai fitoremediasi melalui beberapa mekanisme yaitu: fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitotransformasi/ fitodegradasi, fitostimulasi, fitostabilisasi, fitovolatilisasi (Sri Pertiwi Estuningsih, dkk., 2013).

Kelompok tanaman seperti rumput-rumputan diduga berpotensi dibandingkan dengan tanaman lainnya. Dikarenakan sistem perakarannya yang menyebar dalam tanah dan memiliki kebutuhan hara yang lebih rendah. Jenis rumput yang digunakan pada penelitian ini adalah *Eleusina indica*. Tanaman *Eleusina indica* merupakan gulma tanaman yang banyak ditemukan di sekitar rumah warga dan juga dimanfaatkan warga setempat. Menurut Fadliah Salim dan Tuti Suryati (2014) mengenai fitoremediasi tanah tercemar limbah minyak bumi menggunakan empat jenis rumput selama 12 bulan tanam, mampu menurunkan kadar TPH tanah tercemar limbah minyak bumi.

Hasil dari penelitian ini didapatkan data pertumbuhan vegetatif dan data pemanfaatan tanaman *Eleusina indica* dalam menurunkan konsentrasi kadar hidrokarbon pada tanah terkontaminasi minyak bumi. Berdasarkan hasil analisis terhadap kurikulum 2013, data hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan ajar pengayaan pada materi pembelajaran KD 3.1 kelas XII SMA. Salah satu contoh bahan ajar yang dikembangkan adalah *handout*. *Handout* merupakan bahan ajar tertulis yang disiapkan oleh seorang guru untuk memperkaya pengetahuan siswa dan membantu belajar siswa karena bersifat lebih ringkas dan praktis. Dengan cara tersebut, diharapkan siswa dapat lebih mudah mempelajari dan memahami materi pembelajaran pertumbuhan dan perkembangan. Semua hal tersebut nantinya akan bertumpu untuk meningkatkan prestasi belajar siswa pada pembelajaran pertumbuhan dan perkembangan.

Berdasarkan latar belakang tersebut terdapat rumusan masalah yaitu (1) bagaimana pertumbuhan vegetatif rumput *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi dengan konsentrasi kadar hidrokarbon yang berbeda, dan (2) bagaimanakah rancangan *handout* dalam pembelajaran konsep pertumbuhan dan perkembangan kelas XII SMA. Oleh sebab itu, perlu diketahui lebih lanjut “Respon Pertumbuhan *Eleusina indica* pada Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi untuk Rancangan *Handout* pada Materi Pertumbuhan dan Perkembangan Kelas XII SMA.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2018 hingga Februari 2019. Pengujian Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Analisa Kimia FT Universitas Riau, sedangkan penanaman rumput *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi dilakukan di Area kebun Pendidikan Biologi FKIP Universitas Riau. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *polybag* (10,5 x 15 cm), plang kode sampel, gelas piala (500 mL), gunting, plastik sampel, timbangan, cangkul, parang, oven, cawan poselin, aluminium *foil*, timbangan analitik, alat uji TPH, kamera dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah rumput *Eleusina indica*, kompos TASPU, minyak bumi, tanah, bahan uji TPH.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) dan 3 kali ulangan pada setiap perlakuan untuk mengetahui respon pertumbuhan *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi dengan konsentrasi kadar hidrokarbon yang berbeda. Penelitian ini terdiri dari 2 tahap, Tahap I dimulai dari pengambilan sampel minyak bumi dari lokasi perbaikan sumur minyak Bangko, Rohil. Selanjutnya pembuatan media tanam dengan TPH tanah terkontaminasi minyak bumi 3% (12 kg tanah untuk 6 unit + 900 gr minyak bumi) dan TPH tanah terkontaminasi minyak bumi 5% (12 kg tanah untuk 6 unit + 1800 gr minyak bumi), sedangkan untuk perlakuan kontrol digunakan 12 kg tanah tanpa diberi minyak bumi. Tanah terkontaminasi minyak bumi juga ditambahkan kompos TASPU untuk menambah unsur hara pada tanah. Setelah itu dilakukan pengujian TPH awal pada media tanam dan proses penanaman.

Tanaman *Eleusina indica* selanjutnya dipindahkan dari tahap pembibitan ke media tanam yang telah disiapkan. Rumput yang dipindahkan sudah memiliki daun 5 lembar dengan ukuran tinggi seragam yaitu 12 cm sebanyak 2 rumpun dalam 1 *polybag*. Penanaman dilakukan selama 8 minggu untuk mengetahui pertumbuhan vegetatif tanaman. Agar tanaman tetap hidup dilakukan pemeliharaan. Parameter penelitian yang diukur adalah TPH tanah terkontaminasi minyak bumi awal, 4 minggu tanam dan 8 minggu tanam; dan juga mengukur pertambahan jumlah tunas, tinggi batang dan panjang daun setiap minggu selama 8 minggu penanaman. Pada akhir penanaman dilakukan pengukuran biomassa *Eleusina indica* untuk mengetahui berat organik tanaman.

Berdasarkan hasil analisis secara deskriptif dan memberikan penjelasan berdasarkan fakta yang diperoleh dalam pengukuran pertumbuhan vegetatif tanaman pada tanah terkontaminasi minyak bumi dengan konsentrasi hidrokarbon yang berbeda, maka selanjutnya masuk pada tahap II yaitu merancang handout dengan melakukan analisis dan pendesainan terhadap handout yang dikembangkan. Tahap analisis peneliti melakukan beberapa analisis kebutuhan salah satunya yaitu analisis kurikulum dan dilanjutkan dengan analisis silabus yang dikeluarkan oleh Kemendikbud tahun 2013. Setelah itu dilakukan pendesainan handout yang mengacu pada format Permendiknas (2008).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Vegetatif *Eleusina indica*

Respon pertumbuhan tanaman *Eleusina indica* pada konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH yang berbeda berpengaruh nyata pada taraf 0,05 terhadap jumlah tunas tanaman, tinggi batang dan panjang daun yang tumbuh selama 8 minggu penanaman, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH yang berbeda terhadap pertumbuhan tunas, tinggi batang dan panjang daun tanaman *Eleusina indica*.

Perlakuan Konsentrasi TPH (%)	Rerata		
	Jumlah Tunas	Tinggi Batang	Panjang Daun
0	4,33a	25,35a	25,20a
3	2,66b	16,96b	16,44b
5	1,66b	8,06c	11,00b

Berdasarkan Tabel 1, rerata jumlah tunas, tinggi batang dan panjang daun rumput *Eleusina indica* mengalami penurunan dari perlakuan konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi yang terkecil. Semakin tinggi konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi yang diberikan pada media tanam, maka pertumbuhan tunas, tinggi batang dan panjang daun menjadi semakin terhambat. Hal itu disebabkan oleh kandungan hidrokarbon yang terdapat pada tanah terkontaminasi minyak bumi bersifat racun sehingga menghambat pertumbuhan tanaman, misalnya hidrokarbon aromatik yang timbul dari konversi kimia molekul (Tri Retno D.L., 2013). Sehingga selama proses penyerapan air dan unsur hara tanah diduga senyawa hidrokarbon juga ikut terakumulasi di sekitar zona akar.

Pertumbuhan tunas yang membentuk individu baru erat kaitannya dengan pertumbuhan akar (Budhi Priyanto, 2012). Dengan morfologi akar tanaman *Eleusina indica* yang serabut dan majemuk serta ada juga yang berupa stolon atau rhizoma dapat mendukung tanaman untuk melakukan penyerapan unsur hara dan linarut tanah lebih banyak. Sehingga keberhasilan tanaman untuk tumbuh pada tanah terkontaminasi minyak bumi akan semakin tinggi, dikarenakan luasnya cakupan akar kedalam tanah dan dapat menyebar di seluruh area tanam. Selain itu akar tanaman juga mengalami penambahan ukuran panjang akar dan juga banyak terdapat rambut-rambut akar. Hal ini dilakukan tanaman untuk dapat beradaptasi dengan tanah terkontaminasi minyak bumi. Karena apabila dalam suatu lingkungan tanaman memiliki unsur hara yang sedikit/terbatas maka tanaman rumput *Eleusina indica* ini akan beradaptasi dengan mekanisme eksternal baik secara morfologi maupun fisiologi (Didy Sopandie, 2014).

Tanaman juga melakukan adaptasi secara morfologi dan fisiologi untuk dapat bertahan hidup pada tanah terkontaminasi minyak bumi. Akar tanaman aktif mengikat stabil senyawa hidrokarbon di sekitar daerah rizosfer atau sering disebut fitostabilisasi. Fitostabilisasi ini merupakan salah satu mekanisme fitoremediasi yang dilakukan oleh tanaman sehingga senyawa hidrokarbon terakumulasi dan tidak mengikuti aliran massa atau berdifusi. Selanjutnya tanaman dapat mengubah senyawa kontaminan secara tidak

langsung dengan mengkatalisasi reaksi kimia di tanah untuk mendapatkan senyawa organik atau unsur hara. Proses ini disebut dengan fitotransformasi.

Fitotransformasi merupakan rangkaian proses fitoremediasi. Dalam proses ini diduga enzim yang dilepas oleh tanaman pada ujung akar (misalnya enzim dehalogenase, nitroreductase, peroxidase, laccase dan nitrilase) memiliki sifat katalis sehingga dapat mempercepat proses laju reaksi kimia (oksidasi-reduksi) yang terjadi di sekitar zona rizosfer tanpa ikut bereaksi. Efek katalitik tersebut dapat mengurangi senyawa yang bersifat racun pada tanah terkontaminasi minyak bumi (J.J. Germida *et al.*, 2002). Dengan demikian senyawa hidrokarbon yang berantai panjang dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon berantai pendek atau senyawa lainnya yang tidak berbahaya bagi tanaman maupun lingkungan yaitu CO₂ dan H₂O.

Pertumbuhan panjang daun pada tanaman juga sangat berguna untuk proses fotosintesis dan hasilnya diedarkan ke seluruh organ tanaman melalui pembuluh angkut floem. Hasil fotosintesis yang diedarkan pada organ akar akan berguna untuk menunjang ketersediaan bahan-bahan organik atau eksudat akar. Eksudat akar tersebut diduga dapat membantu proses fitoremediasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan mekanisme fitostimulasi. Selain itu, daun juga berfungsi untuk menyerap karbon dan sebagian besar oksigen dari udara serta melakukan transpirasi. Unsur karbon tanaman sebagian besarnya juga berasal dari gas karbon dioksida pada atmosfer diikat dalam bentuk karbohidrat melalui proses fotosintesis.

Biomassa Tanaman

Perlu dilakukannya pengukuran biomassa tanaman rumput *Eleusina indica*, karena pertumbuhan tanaman tidak bisa dibatasi secara tegas sehingga berat kering total tanaman (biomassa) dapat dipilih sebagai indikator. Biomassa tanaman rumput *Eleusina indica* dihitung dengan menimbang berat kering akar, batang dan daun. Hasil biomassa tanaman *Eleusina indica* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH yang berbeda terhadap biomassa tanaman *Eleusina indica* selama 8 minggu penanaman.

Perlakuan Konsentrasi TPH (%)	Rerata Biomassa Tanaman
0	6,43a
3	3,68a
5	3,41a

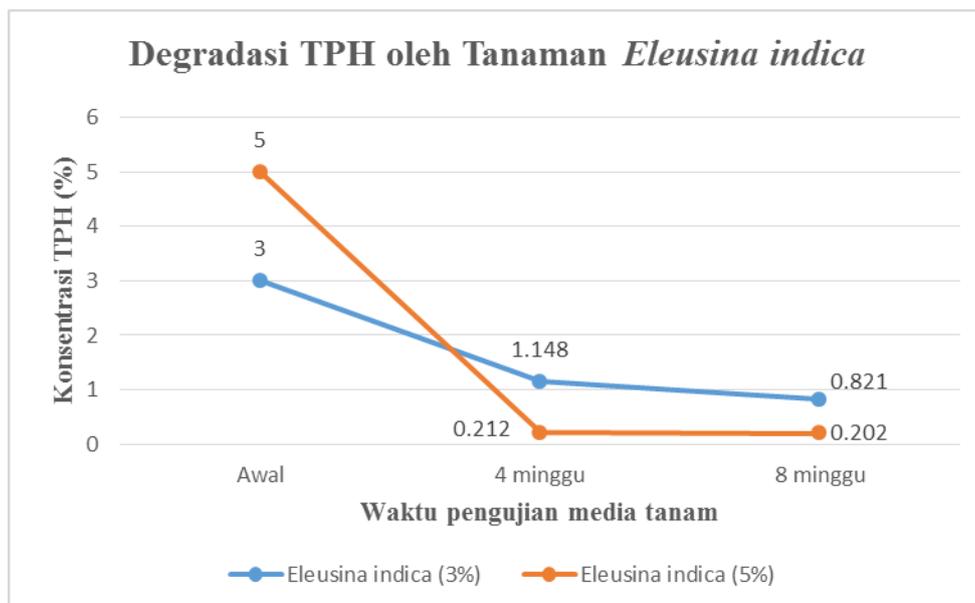
Perlakuan kontrol biomassa rumput *Eleusina indica* 6,43 gram sedangkan perlakuan konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH sebesar 3% adalah 3,68 gram dan 3,41 gram pada perlakuan konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH sebesar 5%. Di setiap perlakuan pada tanaman *Eleusina indica* tidak memberikan pengaruh pada biomassa tanaman. Hal ini diduga karena tanaman *Eleusina indica* mampu untuk beradaptasi pada tanah terkontaminasi minyak bumi. Tanaman *Eleusina indica* tidak melakukan proses imobilisasi polutan hingga ke batang ataupun daun, sehingga banyaknya senyawa hidrokarbon tidak berpengaruh

terhadap biomassa tanaman *Eleusina indica*. Senyawa hidrokarbon pada tanah terkontaminasi minyak bumi hanya di akumulasikan di sekitar zona akar dan didegradasi di daerah rizosfer.

Mekanisme fitoremediasi lainnya yang dilakukan tanaman adalah fitostimulasi untuk membantu menyempurnakan proses degradasi tanah terkontaminasi minyak bumi. Mekanisme fitostimulasi yaitu pengeluaran eksudat akar untuk menutrisi mikroorganisme rizosfer dalam mendegradasi tanah terkontaminasi minyak bumi. Sehingga hasil dari proses tersebut akan meningkatkan humifikasi pada tanah (J.J. Germida *et al.*, 2002). Pada akhirnya, biomassa pada setiap tanaman diduga sebagian kecilnya berasal dari reduksi karbon apabila kandungan unsur hara dan air diabaikan. Menurut S.M. Sitompul dan Bambang Guritno (1995) Karbon reduksi merupakan sebagian besar senyawa organik yang mendukung pertumbuhan biomassa tanaman, yang umumnya berasal dari atmosfer tetapi diduga juga sebagian kecilnya berasal dari tanah.

Persentase Degradasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)

Hasil analisis degradasi TPH oleh tanaman *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi dengan konsentrasi hidrokarbon yang berbeda disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut tanaman *Eleusina indica* memiliki kemampuan dalam mendegradasi TPH. Pada konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH sebesar 3% tanaman *Eleusina indica* mendegradasi sebesar 0,821%. Hal ini dikarenakan selama waktu penanaman, tanaman *Eleusina indica* ada yang terhambat pertumbuhannya. Sehingga tingkat pendegradasian pada tanaman *Eleusina indica* menurun.



Gambar 1. Degradasi TPH oleh Tanaman *Eleusina indica* pada konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH yang berbeda selama 8 minggu penanaman.

Pada konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH sebesar 5% tanaman *Eleusina indica* mengalami proses degradasi yang cepat, dari TPH awal sebesar 5% didegradasi menjadi 0,212% dalam kurun waktu 4 minggu dan melambat pada minggu ke-8 yaitu 0,202%. Secara keseluruhan tanaman *Eleusina indica* memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi pada lingkungan tercekam. Diduga dalam proses mendegradasi TPH kedua jenis tanaman melakukan mekanisme fitoremediasi yang sama yaitu fitostabilisasi, fitotransformasi dan fitostimulasi (Sri Pertiwi Estuningsih, dkk., 2013).

Kandungan hidrokarbon minyak bumi (*crude oil*) meliputi alkana (metana, etana, propana), aromatik (benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena atau lebih dikenal BTEX), hidrokarbon polisiklik aromatik (PAHs : naftalena, fenantrena, benzo dan pyrene) (J.J. Germida *et al.*, 2002). Untuk mencegah penyebaran kontaminan dalam limpasan dan pembentukan lindi, tanaman *Eleusina* melakukan proses fitostabilisasi. Ada dua mekanisme yang umum terjadi pada proses fitostabilisasi; (1) presipitasi kontaminan dari yang larut menjadi tidak larut dalam bentuk endapan di akar dan (2) pengikatan bahan-bahan organik ke dalam bagian lignin tanaman atau sering disebut *phytolignification*.

Zat kontaminan lainnya pada tanah terkontaminasi minyak bumi selanjutnya ditranslokasikan ke dalam organ tanaman atau sekitar daerah rizosfer untuk diuraikan menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang sederhana (Sri Pertiwi Estuningsih, dkk., 2013). Proses ini biasa dinamakan fitotransformasi. Pada tanaman *Eleusina indica* proses fitotransformasi terjadi di daerah rizosfer dan tidak ditranslokasikan di dalam akar. Proses ini berlangsung dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh tanaman pada ujung akar, misalnya enzim dehalogenase, nitroreductase, peroxidase, laccase dan nitrilase (J.J. Germida *et al.*, 2002).

Selain dengan proses fitotransformasi dan fitostabilisasi tanaman *Eleusina indica* secara tidak langsung akan bekerjasama dengan mikroba di sekitar daerah rhizosfer untuk melengkapi proses degradasi tanah terkontaminasi minyak bumi atau dikenal dengan fitostimulasi. Mikroba di sekitar daerah rhizosfer mengalami pertumbuhan karena dipicu oleh zat kimia yang ada di dalam tanah terkontaminasi, misalnya saja unsur C. Disamping terdapatnya nutrisi dari tanah untuk mikroba, tanaman *Eleusina indica* juga mengeluarkan eksudat yang mengandung senyawa organik misalnya gula, asam amino, asam organik, asam lemak, enzim dan golongan senyawa lainnya yang dapat digunakan sebagai nutrisi pada bakteri di sekitar rhizosfer. Sedangkan mikroba dengan enzimnya akan mendegradasi tanah terkontaminasi minyak bumi. Proses ini terjadi di sekitar akar tanaman karena pada proses fitostabilisasi yang dilakukan tumbuhan menyebabkan zat-zat kontaminan tertentu menempel erat (stabil) pada akar sehingga mengurangi mobilisasi kontaminan dan mencegah perpindahannya ke air tanah. Adapun contoh bakteri yang berasosiasi disekitar akar tanaman antara lain *Pseudomonas*, *Acinetobacterium*, *Mycobacterium* (Sri Pertiwi Estuningsih, dkk., 2013).

Analisis Potensi dan Pengembangan Rancangan *Handout* Pembelajaran dari Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang didapatkan mengenai respon pertumbuhan tanaman *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi digunakan sebagai bahan ajar berupa *handout* pada materi pertumbuhan dan perkembangan kelas XII SMA. Adapun

langkah perancangan *handout* yang dilakukan dengan menggunakan dua tahap yaitu tahap Analisis dan Desain.

A. Analisis

Pada tahap analisis ini meliputi beberapa langkah yaitu mengkaji silabus yang dikeluarkan oleh pemerintah dan meninjau kurikulum yang digunakan di sekolah, sehingga dapat membantu merumuskan arah perancangan *Handout*. Setelah itu barulah dilakukan tahap analisis mengenai materi pembelajaran. Berdasarkan hasil analisis kurikulum yang telah dilakukan, data respon pertumbuhan *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi bisa dijadikan pengayaan pada topik/ kajian pertumbuhan dan perkembangan KD 3.1 kelas XII SMA. Adapun uraian materinya yaitu faktor eksternal dan internal yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup. Berdasarkan tahap analisis potensi yang dilakukan, maka bahan ajar yang bisa dikembangkan dan sesuai dengan data hasil penelitian adalah *handout*. Menurut Azhar Arsyad (2002) penggunaan *handout* selama proses pembelajaran dapat membantu siswa untuk memperoleh informasi tambahan, memberikan rincian prosedur dan untuk materi yang terlalu panjang/kompleks diringkas dalam bentuk catatan yang mudah dipahami.

B. Desain

Pada tahap perancangan (*design*) terdiri dari 2 tahap yaitu: tahap perancangan perangkat pembelajaran dan desain *handout*. Perancangan perangkat pembelajaran meliputi silabus, RPP dan instrumen penilaian. Silabus yang dikembangkan telah disesuaikan dengan ketetapan Kemendikbud tahun 2017 tentang pedoman model silabus mata pelajaran kurikulum 2013. RPP (Rencana Perangkat Pembelajaran) dirancang untuk satu kali pertemuan 2 x 45 menit menggunakan model pembelajaran *Problem Based Learning* (PBL). Penggunaan model ini sesuai dengan kegiatan pembelajaran yang akan dilaksanakan oleh siswa.

Menurut Glazer (2001) dalam Yunin Nurun (2014) *Problem Based Learning* menekankan pembelajar sebagai proses yang melibatkan pemecahan masalah dan berpikir kritis dalam konteks yang sebenarnya. Selain itu, model PBL juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mempelajari hal yang lebih luas dan fokus untuk mempersiapkan siswa menjadi aktif dan bertanggung jawab. Melalui model PBL siswa memperoleh pengalaman dalam menangani masalah-masalah yang realistis dan menekankan komunikasi, kerjasama dan sumber-sumber yang ada untuk merumuskan ide dan mengembangkan keterampilan penalaran.

Tahap desain yaitu tahapan yang dilakukan dalam merancang konsep materi yang berkaitan dengan fakta dan data yang didapatkan dari hasil penelitian. Selanjutnya merancang Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) yang harus dicapai oleh siswa serta merancang butir soal objektif maupun essay sebagai instrument evaluasi siswa yang mengacu pada indikator pencapaian kompetensi (IPK). Format *Handout* yang dirancang oleh peneliti mengacu pada Depdiknas (2008) yang selanjutnya dilakukan beberapa modifikasi menurut beberapa sumber guna memperkaya rancangan *Handout*. Adapun desain *Handout* modifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Desain rancangan *Handout*

HANDOUT

Cover (Judul, Nama Penulis, Pokok Bahasan)

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar

Petunjuk Belajar

Pendahuluan

Penjabaran KI dan KD

Penjabaran Materi Pokok

Latihan

Daftar Pustaka

Sumber: *Handout* Modifikasi Depdiknas (2008)

SIMPULAN DAN REKOMENDASI

Simpulan

1. Respon pertumbuhan *Eleusina indica* terhadap tanah terkontaminasi minyak bumi menunjukkan bahwa rumput ini dapat beradaptasi dengan baik dan memiliki kemampuan mendegradasi senyawa hidrokarbon. Pada konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH sebesar 3% tanaman *Eleusina indica* mendegradasi sebesar 0,821%. Pada konsentrasi tanah terkontaminasi minyak bumi dengan TPH sebesar 5% tanaman *Eleusina indica* memiliki kemampuan mendegradasi sebesar 0,202%.
2. Hasil penelitian respon pertumbuhan *Eleusina indica* pada tanah terkontaminasi minyak bumi dengan konsentrasi hidrokarbon yang berbeda dijadikan sebagai pengayaan sumber belajar berupa *handout* pada materi pertumbuhan dan perkembangan kelas XII SMA.

Rekomendasi

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap respon pertumbuhan tanaman lainnya yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon dan memanfaatkan hasil penelitian sebagai media pembelajaran lainnya untuk menunjang tercapainya tujuan pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar Arsyad. 2002. *Media Pembelajaran*. Jakarta : PT. Rajawali Pers.
- Bruce E. Pivetz. 2001. Ground Water Issue: Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites. *United States Enviromental Protection Agency*.
- Budhi Priyanto. 2012. Toleransi Lima Jenis Rumput terhadap Minyak dan Kapasitas Degradasinya dalam Sistem Fitoremediasi. *Balai Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi* 13(2) : 141-149. Kawasan Puspitek Serpong. Serpong.
- Depdiknas. 2008. Panduan Pengembangan Bahan Ajar. (Online) <http://gurupembaharu.com//> (diakses pada 20 April 2018).
- Didi Sopandie. 2014. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. Kampus IPB Taman Kencana Bogor: IPB Press.
- Fadhiah Salim dan Tuti Suryati. 2014. Fitoremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Menggunakan Empat Jenis Rumput. *Balai Teknologi Lingkungan, BPPT*. Tangerang Selatan.
- J.J. Germida, C. M . Frick and R. E. Farrel. 2002. Development in Soil Science: Phytoremediation of Soil-Contaminated Soils. *University of Saskatchewan*.
- Nuril Hidayati. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. *Pusat penelitian biologi lembaga ilmu pengetahuan indonesia* 12(1) : 0854-8587. Bogor.
- Profil Perusahaan. 2017. *SKK migas*. Gedung wisma mulya: Kantor pusat SKK migas.
- S.M. Sitompul dan Bambang Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Malang: Gadjah Mada Universiy Press.
- Sri Pertiwi Estuningsih , Juswardi , Bambang Yudono , Resa Yulianti. 2013. Potensi Tanaman Rumput Sebagai Agen Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*. Lampung.
- Tri retno D.L. dan Nana mulyana. 2013. Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Menggunakan Campuran *Bulking Agents* yang Diperkaya Konsorsia

Mikroba Berbasis Kompos Iradiasi. *Pusat aplikasi teknologi isotop dan radiasi* 9(2): 1907-0322. Batan.

Yunin Nurun Nafiah. 2014. Penerapan Model *Problem-Based Learning* untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis dan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Pendidikan Vokasi* 4(1). Program Studi Pendidikan dan Kejuruan PPs. Universitas Negeri Yogyakarta.