

Seleksi Adaptasi Jenis Tanaman pada Tanah Tercemar Minyak Bumi

Selection of Plants Species Adaptation in Petroleum Contaminated Soil

Yadi Setiadi¹, Fadliah Salim^{2,3}, Yahdiyani Silmi¹

¹Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB

²Mayor Silviculture Tropika, Sekolah Pascasarjana IPB

³Balai Teknologi Lingkungan - BPPT

ABSTRACT

The soil contaminated by Petroleum from oil operation contents Total Petroleum Hydrocarbon (TPH). Phytoremediation is the use of plant potential to reduce the level of TPH in the soil. We should select the appropriate plants species before starting phytoremediation activity. The aims of this study was to select the adaptability of the fourth plants species (Sorghum bicolor, Pueraria javanica, Tagetes erecta and Paspalum conjugatum); characterize their growth performance at the contaminated soil and investigate the most adaptive plant for phytoremediation activity. They were grown in the petroleum contaminated soil with the concentrations of TPH 1.41%, 4.69%, 8.15% and the control was 0.43%. The parameters measured were the plant length, the number of leaf, leaf color, root length, root performance and total dry weight. The result shown, fourth plants species adapted in all TPH concentration. However, the growth decreased in the soil with the TPH concentration 8.15%.

Keywords: adaptation test, petroleum, plant performance, total petroleum hydrocarbon

PENDAHULUAN

Kegiatan operasi pertambangan minyak bumi menimbulkan pencemaran yang berdampak buruk bagi lingkungan. Pencemaran minyak bumi berasal dari tumpahan dan ceceran minyak bumi selama kegiatan pengeboran, produksi pengilangan dan transportasi minyak bumi sehingga mengakibatkan gangguan pada keseimbangan ekosistem air, tanah maupun laut (Ditjen Migas 2004).

Minyak bumi maupun limbahnya merupakan campuran kompleks senyawa organik yang terdiri atas senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon merupakan komponen yang terbesar dari minyak bumi (lebih dari 90%) (Charlena 2006). Tanah yang tercemar minyak bumi mengandung *Total Petroleum Hydrocarbons* (TPH). Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor 128 tahun 2003 tentang tata cara dan persyaratan teknis pengolahan limbah minyak bumi secara biologis, kandungan minyak dalam tanah dinyatakan dengan nilai prosentase (%) TPH.

Pada tanah yang mengandung TPH tinggi (>3%), kebanyakan tanaman akan mati. Untuk menghindari hal tersebut, lahan tanam perlu dilakukan kegiatan yang disebut fitoremediasi. Fitoremediasi adalah upaya penggunaan tanaman dan bagian-bagiannya untuk dekontaminasi limbah dan masalah-masalah pencemaran lingkungan baik secara *ex situ* menggunakan kolam buatan atau reaktor maupun secara *in situ* pada tanah atau daerah yang terkontaminasi limbah (Subroto 1996). Kegiatan fitoremediasi bertujuan untuk menurunkan konsentrasi TPH tinggi

(toksik) menjadi kadar tidak toksik dengan menggunakan tanaman yang bersifat *fitoremediasi*.

Permenhut nomor 18 tahun 2011 tentang Pedoman Pinjam Pakai Kawasan Hutan mewajibkan perusahaan-perusahaan tambang yang mempunyai lokasi di dalam kawasan hutan untuk menghutankan kembali kawasan tersebut. Penghutanan kembali tanah yang terkontaminasi minyak bumi tidak bisa langsung ditanami spesies pohon. Penanaman pada kawasan hutan tidak dimungkinkan untuk menanam pohon secara langsung jika konsentrasi TPH >3%, karena dapat menyebabkan kematian tanaman pada tingkat *seedling*. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan fitoremediasi untuk menurunkan TPH di tanah sehingga dapat ditanami pohon kembali (Setiadi 2014, komunikasi pribadi). Penelitian ini dalam tahap mengidentifikasi dan mendeteksi kemampuan tanaman yang diduga adaptif dan mempunyai fungsi sebagai *fitoremediasi plant* untuk bisa hidup pada konsentrasi TPH yang bersifat toksik.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2013 sampai dengan Januari 2014 di rumah kaca Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan IPB.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah biji dari empat jenis tanaman yaitu *S. bicolor*, *P. javanica*, *T. erecta* dan *P.*

conjugatum, tanah tercemar minyak bumi yang berasal dari sumur minyak masyarakat di Desa Lubuk Bintialo, Kecamatan Batanghari Leko, Kabupaten Musi Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan dengan 3 konsentrasi TPH (1.41%, 4.69% dan 8.15%) dan kontrol (0.43%) dan zeolit berukuran 2 mm. Alat yang digunakan adalah bak kecambah (ukuran 31 cm x 3.5 cm x 23.5 cm), bak penyiram (ukuran 34 cm x 5 cm x 26.5 cm), penggaris, kamera, kalkulator, timbangan, desikator, alat tulis, label, *tally sheet*, laptop, *software* Ms. Excel 2010 dan SAS 9.1.

Prosedur Penelitian

Uji viabilitas biji

Uji viabilitas dilakukan dengan menanam biji- biji pada media tanam zeolit. Uji viabilitas biji bertujuan untuk mengetahui daya kecambah dan kualitas biji. Langkah ini juga dilakukan untuk menghitung biji-biji sehat yang dapat berkecambah agar dapat menghitung kebutuhan biji yang akan digunakan. Tahapan uji viabilitas terdiri dari persiapan zeolit, perlakuan biji, penanaman biji, pengamatan daya kecambah biji dan perhitungan prosentase daya kecambah biji yang diamati selama 3 minggu.

Pengamatan adaptasi dan performa tanaman

1. Persiapan media

Keempat macam tanah dengan konsentrasi TPH 1.41%, 4.69%, 8.15% dan kontrol (0.43%) yang sudah diayak, ditempatkan pada bak-bak kecambah. Pada permukaan atas tanah dilapisi zeolit yang sudah dicuci bersih dengan ketebalan 2 cm untuk mempermudah pertumbuhan akar pada awal perkecambahan

2. Perlakuan biji sebelum tanam

Perlakuan biji dilakukan untuk mematahkan dormansi. Biji *S. bicolor* direndam air (suhu kamar) selama 1 jam sebelum ditanam. Biji *P. javanica* dicuci dan disterilkan menggunakan *bayclin* selama 5 menit, direndam air panas ($\pm 80^{\circ}\text{C}$) selama 1 jam (hingga air panas tersebut dingin), perendaman dilakukan sebanyak 3 kali. Biji *T. erecta* dan *P. conjugatum* tidak dilakukan pematahan dormansi, biji langsung ditanam.

3. Pemeliharaan

Pemeliharaan berupa penyiraman pada setiap bak kecambah dengan menuangkan air pada bak penyiram yang ditumpuk di bawah bak kecambah. Media tanam dijaga agar tetap lembab dan tidak jenuh air. Pemeliharaan lain berupa pemberantasan hama dan gulma secara fisik.

4. Pengukuran parameter penelitian

Parameter berupa persentase daya hidup (%), panjang tanaman (cm), jumlah daun, panjang akar (cm) dan performa akar dan berat kering.

Prosentase (%) daya hidup didapatkan dari persentase kecambah yang hidup per seluruh biji yang dikecambahkan dengan perhitungan,

$$\% \text{ daya hidup} = \frac{\text{(Jumlah biji hidup)}}{\text{Jumlah seluruh biji ditanam}} \times 100\%$$

Pengukuran panjang tanaman (cm), jumlah daun, warna daun, dan panjang akar (cm) dilakukan bersamaan pada 3 tanaman di setiap bak. Ketiga parameter diukur ketika akar sudah menembus tanah. Pengamatan dilakukan selama 4 kali (1 bulan).

Pengukuran panjang tanaman sebagai parameter pertumbuhan dilakukan setiap minggu, setelah biji mulai berkecambah. Pengukuran dilakukan dari pangkal batang (titik munculnya akar) hingga ujung daun tertinggi. Perhitungan jumlah daun yang tumbuh, dilakukan setiap minggu. Warna daun diamati sebagai respon toksik, diamati setiap minggu dengan membandingkan Bagan Warna Daun (BWD). Pengukuran panjang akar dilakukan setiap minggu menggunakan penggaris, diukur mulai pangkal batang sampai ujung akar, dimulai pengukuran ketika akar sudah menembus lapisan tanah. Pengamatan performa akar dilakukan setiap minggu untuk mengetahui respon toksik TPH pada akar.

Pengukuran Bobot Kering Tanaman (BKT) (gram) dilakukan pada saat pemanenan. Setiap jenis tanaman dari setiap bak kecambah dipisahkan akar dan pucuknya, akar dicuci bersih sehingga tidak ada tanah yang tertinggal pada akar. Setelah itu, sampel tanaman di oven dengan suhu 105°C selama 24 jam, kemudian sampel tanaman ditimbang massanya sebagai berat kering akar dan pucuk. BKT merupakan penjumlahan berat kering akar dan berat kering pucuk.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Model linear yang digunakan:

$$Y_{ij} : \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = Nilai/respon dari pengamatan pada faktor konsentrasi TPH ke-i dan ulangan ke-j

μ = Nilai rata-rata umum

α_i = Konsentrasi TPH ke-i

ϵ_{ij} = Galat percobaan perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Data diolah dengan menggunakan perangkat lunak statistika SAS 9.1. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan, dilakukan sidik ragam dengan uji F pada selang kepercayaan 95% dan uji lanjut *duncan* bila perlakuan berpengaruh nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosentase (%) Hidup

Berdasarkan uji viabilitas biji, hasil yang diperoleh untuk prosentase daya kecambah biji *S. bicolor* adalah 80%, *P. javanica* adalah 76%, *T. erecta* adalah 60% dan *P. conjugatum* adalah 56%. Semua biji hidup tumbuh normal. Sisa biji tidak tumbuh dikarenakan biji keras (*S.*

bicolor dan *P. javanica*) dan biji kosong (*T. erecta* dan *P. conjugatum*).

Prosentase tanaman hidup pada empat jenis tanaman pada tanah dengan tingkat TPH berbeda ditunjukkan pada Tabel 1. Semua biji yang tumbuh dan hidup hingga akhir pengamatan. Hasil prosentase hidup pada uji adaptasi tidak jauh berbeda dengan uji viabilitas (*S. bicolor*, *T. erecta* dan *P. conjugatum*). Untuk biji *P. javanica* prosentase hidup lebih kecil jika dibandingkan hasil uji viabilitas biji. Hal ini dimungkinkan karena faktor penyimpanan benih dan pematangan dormansi. Hasil dari Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi TPH tidak berpengaruh pada prosentase hidup tanaman.

Tabel 1 Prosentase (%) hidup empat jenis tanaman

Jenis Tanaman	TPH (%)			
	Kontrol	1.41	4.69	8.15
<i>S. bicolor</i>	84	89	82	70
<i>P. javanica</i>	38	39	38	37
<i>T. erecta</i>	60	65	48	60
<i>P.conjugatum</i>	51	41	44	44

Panjang Tanaman

Tabel 2 Pengaruh konsentrasi TPH terhadap rata-rata pertumbuhan panjang tanaman

Jenis Tanaman	Konsentrasi TPH (%)			
	Kontrol	1.41	4.69	8.15
<i>S. bicolor</i>	39.200ab	41.100a	36.167ab	32.333b
<i>P. javanica</i>	13.0000a	12.5000a	13.9667a	9.4333b
<i>T. erecta</i>	4.2667a	5.4333a	2.0667b	1.3333b
<i>P.conjugatum</i>	4.9333a	4.7000a	5.2333a	2.8333b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbedanya pada selang kepercayaan 95 %.

Pada konsentrasi TPH 8.15% memiliki nilai panjang tanaman paling kecil. Konsentrasi TPH tidak berpengaruh nyata terhadap parameter panjang tanaman *S. bicolor*, *P. javanica* dan *P. conjugatum* memiliki nilai pertumbuhan tertinggi pada konsentrasi TPH 4.69% dan melebihi kontrol serta konsentrasi TPH 1.41%. Pada kedua jenis ini pertumbuhan pada kontrol, konsentrasi TPH 1.41% dan 4.69% berbeda nyata dengan konsentrasi TPH 8.15%, berbeda dengan jenis *T. erecta* yang nilai pertumbuhan panjang tanaman semakin kecil dengan meningkatnya konsentrasi TPH. Pada konsentrasi TPH 1.41% pertumbuhan panjang tanaman tertinggi dan melebihi kontrol serta berbeda nyata dengan kedua tingkat konsentrasi lainnya (Tabel 2).

Daun

Respon toksik dikarenakan konsentrasi TPH dalam tanah tidak ditunjukkan pada warna daun keempat jenis tanaman selama pengamatan. Warna daun untuk jenis keempat tanaman yang ditanam pada tanah

dengan konsentrasi TPH 1.41%, 4.69% dan 8.15% tidak menunjukkan warna yang berbeda dibandingkan kontrol. Begitu pula dengan jumlah daun, untuk jenis *S. bicolor*, *P. javanica* dan *P. conjugatum* tidak terdapat perbedaan jelas dengan jumlah daun. Namun pada *T. erecta* cukup terlihat perbedaan jumlah daun pada akhir pengamatan dimana jumlah daun semakin sedikit seiring meningkatnya konsentrasi TPH tanah. Hasil sidik ragam parameter jumlah daun pada keempat jenis tanaman menunjukkan konsentrasi TPH belum berpengaruh pada pertumbuhan daun jenis *S. bicolor*, *P. javanica* dan *P. conjugatum*.

Konsentrasi TPH berpengaruh pada pertumbuhan jumlah daun *T. erecta*. Pertumbuhan jumlah daun *T. erecta* pada kontrol dan konsentrasi TPH 1.41% memiliki nilai sama. Pada konsentrasi TPH 1.41% jenis ini memiliki pertumbuhan jumlah daun lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan jumlah daun pada konsentrasi TPH 4.69% dan 8.15% (Tabel 3).

Tabel 3 Pengaruh konsentrasi TPH terhadap pertumbuhan jumlah daun

Jenis Tanaman	Konsentrasi TPH (%)			
	Kontrol	1.41	4.69	8.15
<i>S. bicolor</i>	2.000b	2.667a	2.000b	2.000b
<i>P. javanica</i>	7.000a	7.000a	6.667a	6.333a
<i>T. erecta</i>	6.000a	6.000a	4.000b	2.000b
<i>P.conjugatum</i>	2.333a	2.667a	3.000a	2.667a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbedanya pada selang kepercayaan 95 %.

Panjang dan Performa Akar

Konsentrasi TPH belum berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang akar keempat jenis tanaman seperti ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Pengaruh konsentrasi TPH terhadap pertumbuhan panjang tanaman

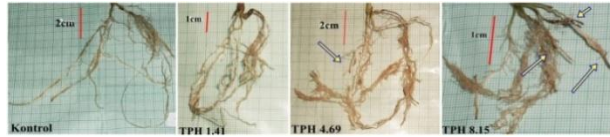
Jenis Tanaman	Konsentrasi TPH (%)			
	Kontrol	1.41	4.69	8.15
<i>S. bicolor</i>	9.400a	10.067a	7.833a	6.567a
<i>P. javanica</i>	10.90a	7.533ab	8.533ab	5.833b
<i>T. erecta</i>	5.867a	6.267a	5.767a	5.433a
<i>P.conjugatum</i>	1.033a	1.233a	1.100a	1.000a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbedanya pada selang kepercayaan 95 %.

Performa akar empat jenis tanaman berbeda. Pada awal pengamatan, *S. bicolor* menunjukkan respon kepekaan terhadap TPH dengan memanjangnya akar ke permukaan. Jumlah tanaman dengan performa ini paling banyak terdapat pada tanah dengan konsentrasi TPH 8.15%, performa lain pada konsentrasi ini jumlah bulu akar berkurang (Gambar 1). Pada akhir pengamatan, *S. bicolor* menunjukkan respon adaptasi toksik pada TPH 4.69% dan 8.15% dimana terjadi penebalan pada ujung akar (Gambar 2). Performa ini terlihat pada awal pengamatan hingga akhir pengamatan.



Gambar 1 Kepekaan akar *S. bicolor* pada awal pengamatan

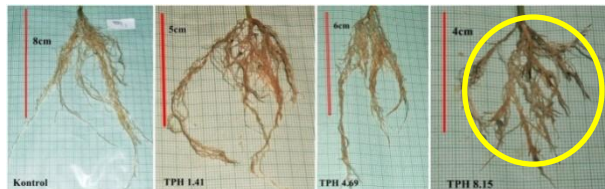


Gambar 2 Akar *S. bicolor* pada pengamatan terakhir

Pada Gambar 3 dan 4 terlihat akar *P. javanica* pada konsentrasi TPH 8.15%, dimana pada akar primer (akar tunggang) terjadi penebalan ujung akar. Pada akhir pengamatan performa *P. javanica* pada konsentrasi TPH kontrol, 1.41% dan 4.69% tidak menunjukkan perbedaan dengan kontrol.

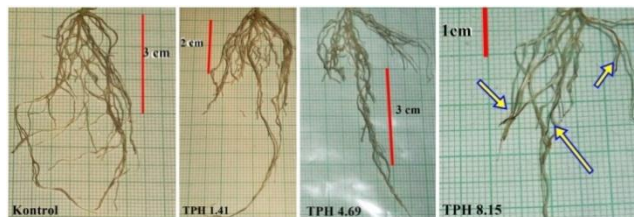


Gambar 3 Performa *P. javanica* pada pengamatan pertama



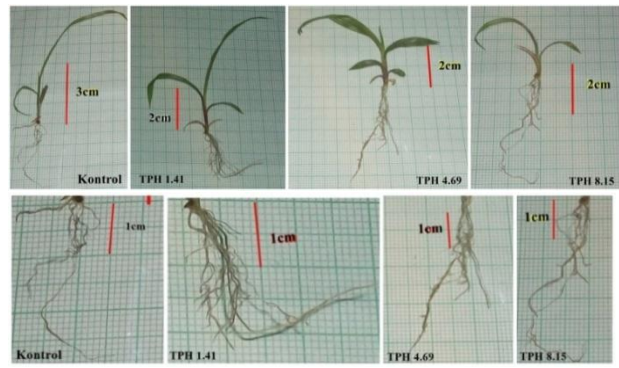
Gambar 4 Performa akar *P. javanica* pada pengamatan terakhir

T. erecta mempunyai akar tunggang seperti jenis dikotil *P. javanica*. Performa berbeda ditunjukkan pada pengamatan akhir, dimana akar *T. erecta* pada konsentrasi 8.15% menunjukkan respon toksik berupa adanya penghitaman (karat) pada ujung akar (Gambar 5).



Gambar 5 Performa *T. erecta* dan akarnya pada akhir pengamatan

Perbandingan performa akar *P. conjugatum* pada konsentrasi 1.41%, 4.69% dan 8.15% terhadap kontrol jenis ini tidak menunjukkan respon toksik (Gambar 6).



Gambar 6 Performa *P. conjugatum* pada akhir pengamatan

Bobot Kering Total (BKT)

Berdasarkan hasil sidik ragam (Tabel 5), konsentrasi TPH hanya berpengaruh pada jenis *T. erecta*. Pada jenis ini semakin meningkat nilai konsentrasi TPH, BKT semakin berkurang. Pada konsentrasi TPH 1.41% *T. erecta* memiliki nilai BKT terbesar dan melebihi kontrol.

Tabel 5 Pengaruh konsentrasi TPH terhadap berat kering total

Jenis	Konsentrasi TPH (%)			
	Kontrol	1.41	4.69	8.15
<i>S. bicolor</i>	2.153a	2.473a	2.783a	2.047a
<i>P. javanica</i>	1.227a	1.363a	1.487a	1.237a
<i>T. erecta</i>	0.253a	0.330a	0.157b	0.107b
<i>P. conjugatum</i>	0.073ab	0.633ab	0.100a	0.040b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbedanya pada selang kepercayaan 95 %.

Pembahasan

Menurut Setiadi (2012), tanaman keracunan hidrokarbon minyak bumi memberikan respon toksik berupa akar yang keras bahkan kematian tanaman. Ada tidaknya pengaruh TPH pada tanah diperoleh dari data pengamatan panjang tanaman, daun, akar dan berat kering pada keempat jenis tanaman. Pada penelitian ini, respon toksik terhadap konsentrasi TPH berpengaruh pada semua jenis tanaman.

S. bicolor merupakan tanaman yang mampu hidup pada kondisi tanah yang kritis. Fase vegetatif jenis sorgum relatif tahan terhadap kondisi lingkungan yang kurang baik (Eastin *et al.* 1984). Hasil uji statistik menunjukkan konsentrasi TPH belum berpengaruh pada parameter panjang tanaman, panjang akar, jumlah daun dan berat kering *S. bicolor*. Hal ini menunjukkan bahwa *S. bicolor* hingga akhir pengamatan adaptif diantara ketiga jenis lainnya. Performa akar pada konsentrasi TPH 1.41% sama dengan kontrol, penebalan akar terjadi pada konsentrasi TPH 4.69% dan 8,15%.

S. bicolor bersama tanaman pertanian lainnya seperti jagung, dan alfafa efektif mengangkat logam berat dan kontaminan di tanah lainnya karena kemampuannya dalam menyerap dan mengekstraksi kontaminan. Hal ini didukung lagi dengan laju pertumbuhan yang cepat dan biomassa yang besar (Siregar dan Siregar 2010).

Feitriani (2012) membuktikan bahwa *S. bicolor* mampu tumbuh pada tanah tercemar minyak bumi. Pada penelitian ini menunjukkan jenis *S. bicolor* mampu tumbuh baik pada konsentrasi TPH 1.41% dan mengalami penurunan pertumbuhan pada konsentrasi 4.69% dan 8.16%.

Parameter panjang tanaman, akar, serta berat kering *P. javanica* menunjukkan jenis tanaman ini mampu baik tumbuh pada tanah dengan konsentrasi TPH 1.41 dan 4.69%, melebihi kontrol. Pertumbuhan pada konsentrasi TPH 4.69% paling baik dengan nilai parameter daun tertinggi dibanding ketiga jenis lainnya. *P. javanica* termasuk dalam famili Leguminosae yang mempunyai akar tunggang. Akar ini mempunyai cabang-cabang lurus. Cabang akar berfungsi untuk menyerap nutrisi tanah. *P. javanica* memiliki akar yang menjalar dimana pada masing-masing cabang yang buku-bukunya menyentuh tanah akan tumbuh akar liar (*adventitious root*). Dengan demikian daerah penyerapan hara akan lebih luas karena fungsi akar ini menyerap nutrisi tanah (AAK 1990). Respon toksik TPH terlihat pada konsentrasi TPH 8.15% dimana terdapat penebalan pada ujung akar.

Pertumbuhan *T. erecta* semakin menurun dengan adanya peningkatan konsentrasi TPH dalam tanah. Konsentrasi TPH berpengaruh pada pertumbuhan panjang tanaman, jumlah daun, dan bobot kering tanaman. Berdasarkan performa akar yang terlihat *T. erecta* memiliki penyebaran akar yang cukup luas. Performa akar *T. erecta* pada konsentrasi TPH 8.15% terlihat adanya karat pada ujung akar.

Akar tanaman seharusnya menyerap air dan hara, tetapi adanya minyak dalam tanah akar tanaman akan menyerap minyak. Eksudasi berupa akar mengekskresi sejumlah substansi organik berupa asam organik (Handayanto, Hairiah 2007). Asam ini diserap oleh akar sehingga mempengaruhi respon akar dalam penyerapan hara dalam tanah. Penebalan serta terdapatnya karat pada akar dimungkinkan merupakan bentuk adaptasi tanaman karena adanya minyak dalam tanah yang diserap akar tanaman.

P. conjugatum merupakan jenis rerumputan. Akar rerumputan membentuk akar serabut yang tumbuh dari pangkal batang pokok, akar jenis rerumputan tidak membentuk akar pokok. Bentuk akar ramping, pendek, tidak bercabang banyak serta dapat tumbuh cukup dalam di dalam tanah (Hasan 2012). Hal ini terbukti dengan adaptifnya jenis *P. conjugatum*. Performa akar tidak jauh berbeda dengan kontrol. Jenis ini mampu tumbuh baik pada tiga konsentrasi TPH. Namun, pada konsentrasi TPH 8.15% jenis ini mengalami penurunan pertumbuhan. Hal ini menunjukkan jenis ini mampu tumbuh optimal pada konsentrasi TPH 4.69%. Dimana pada level TPH 4.69%, jenis ini juga tumbuh paling optimal dibandingkan pada kontrol dan konsentrasi TPH 1.41% berdasarkan parameter panjang tanaman, akar dan berat kering tanaman. *P. conjugatum* merupakan jenis rumput pionir yang mampu tumbuh dengan baik di lingkungan marginal seperti tanah tercemar limbah (Syarif *et al.* 2009).

Hidrokarbon minyak bumi merupakan senyawa organik. Senyawa organik yang mempunyai sifat hidrofobik akan mempengaruhi penyerapan dan

translokasi senyawa tersebut. Senyawa organik dengan tingkat sedang paling mudah diserap tanaman. Senyawa hidrofobik juga bisa terikat di permukaan akar atau diuraikan dalam akar, tapi tidak bisa ditranslokasikan dalam tumbuhan (Schnoor *et al.* 1995 dalam Siregar dan Siregar 2010). Adanya kontaminasi senyawa organik atau senyawa kimia lainnya yang sukar diuraikan dan bersifat toksik pada tanah akan menjadi pengganggu bagi pertumbuhan tanaman dan organisme lainnya (Alexander 1999). Tan (1991) menyatakan bahwa didalam penyerapan tanah, molekul organik akan menggantikan air yang terjerap oleh liat.

Pada konsentrasi TPH tanah 1.41% keempat tanaman menunjukkan pertumbuhan yang baik. Hal ini menunjukkan konsentrasi TPH 1.41% merupakan level konsentrasi TPH yang masih bisa ditolerir keempat jenis tanaman ini untuk tumbuh. Pada konsentrasi 4.69% dan 8.15% performa akar sudah menunjukkan respon toksik akar *S. bicolor* sedangkan pada *P. javanica* respon toksik terlihat pada TPH 8.15%. *T. erecta* menunjukkan respon toksik pada performa akar konsentrasi TPH 8.15% serta menurunnya pertumbuhan daun pada konsentrasi TPH 4.69% dan 8.15%. Berbeda dengan ketiga jenis tanaman, tidak terdapat perbedaan pada performa akar *P. conjugatum*, jenis ini paling baik diantara keempatnya.

Banyaknya percabangan akar lateral yang dimiliki menyebabkan kemampuan dalam mengikat air dan hara lebih tinggi (Priambodo 2002). Terlihat bahwa pada konsentrasi TPH 1.41% dan 4.69% memiliki percabangan akar lateral yang lebih banyak dibandingkan pada konsentrasi TPH 8.15%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan akar menembus tanah dengan konsentrasi TPH 1.41% dan 4.69% masih bisa ditolerir untuk penyerapan air dan unsur hara.

Dari keempat jenis tanaman yang diteliti, *S. bicolor* dan *P. conjugatum* merupakan jenis rumput-rumputan yang memiliki perakaran serabut. Jenis tanaman yang memiliki perakaran serabut, menurut Siregar dan Siregar (2010), sistem perakaran serabut, yang terdiri dari banyak akar halus menyebar ke seluruh tanah akan memberikan kontak maksimum dengan tanah karena luasnya permukaan akar. Hal ini menunjukkan bahwa sistem perakaran serabut adaptif pada tanah yang mengandung TPH seperti ditunjukkan performa akar *S. bicolor* yang lebih baik dari *P. javanica* dan *T. erecta* yang mempunyai sistem perakaran tunggang. Jenis rerumputan memiliki perakaran banyak sehingga mampu menjangkau tanah lebih dalam daripada jenis perakaran tunggang. Penelitian-penelitian yang menggunakan jenis rerumputan sebagai hiperakumulator logam terbukti efektif, karena jenis rerumputan toleran terhadap keadaan tanah yang miskin hara karena terdapat kontaminan (Syarif *et al.* 2009).

Panjang akar pada keempat jenis tanaman efektif dan melebihi kontrol pada konsentrasi TPH 1.41% dan 4.69%. Kedalaman akar (panjang akar) menunjukkan tingkat efektifitas tanaman menyerap hara dari kontaminan berupa hidrokarbon. Menurut Siregar dan Siregar 2010, kedalaman akar merupakan satu faktor dalam pemilihan tanaman untuk kegiatan fitoremediasi, dimana kedalaman akar ini menunjukkan seberapa besar kemampuan akar mengekstraksi kontaminan dan

menangkapnya. Schwab (1998) dalam Siregar dan Siregar (2010), adanya tanaman mempengaruhi konsentrasi TPH dalam tanah yang terkontaminasi minyak bumi. Pertumbuhan tanaman bervariasi menurut spesiesnya. Keberadaan spesies-spesies ini menurunkan kadar TPH dalam tanah.

Pertumbuhan akar yang baik diperlukan untuk pertumbuhan pucuk yang baik pula. Apabila akar mengalami gangguan, pertumbuhan pucuk juga mengalami gangguan. Akar dianggap sumber utama pertumbuhan, yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara keseluruhan (Gardner, Pearce 2008). Keempat jenis tanaman tidak menunjukkan respon toksik pada bagian pucuk. Hal ini dimungkinkan waktu penelitian yang pendek, sehingga respon toksik belum ditemukan pada bagian pucuk (daun).

Berat kering merupakan indikator adanya pertumbuhan. Bobot kering tanaman mencerminkan akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman dari senyawa anorganik terutama air dan karbondioksida. Unsur organik yang telah diserap akar memberikan kontribusi terhadap penambahan berat kering tanaman (Lakitan 1996). Hasil pengukuran bobot kering total (BKT) pada *S. bicolor*, *P. javanica* dan *P. conjugatum* memiliki BKT tertinggi pada konsentrasi 4.69%. Berbeda dengan *T. erecta* yang sama seperti parameter pertumbuhan lainnya, dimana nilai BKT tertinggi dimiliki konsentrasi TPH 1.41%, melebihi kontrol. Namun tidak pada konsentrasi 4.69% dan 8.15% yang nilainya masih dibawah kontrol.

Keempat jenis tanaman adaptif hingga akhir pengamatan. Kriteria tanaman *fitoremediasi*, yaitu adaptif, berumur pendek, memiliki biomassa tinggi dan mampu meng-*absorb* dan mengubah kontaminan dalam tanah menjadi tidak toksik (Setiadi 2014, komunikasi pribadi). Dari keempat kriteria tersebut, tiga kriteria diantaranya yaitu adaptif, berumur pendek dan memiliki biomassa tinggi sudah terpenuhi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hingga akhir pengamatan (selama 4 minggu) *S. bicolor*, *P. javanica*, *T. erecta* dan *P. conjugatum* adaptif pada tanah dengan konsentrasi TPH 1.41%, 4.69%, 8.15% dan kontrol (0.43%).

Pertumbuhan *S. bicolor* dan *T. erecta* optimal pada konsentrasi TPH 1.41%, pertumbuhan kedua jenis ini menurun seiring meningkatnya konsentrasi TPH dalam tanah. Pertumbuhan *P. javanica* dan *P. conjugatum* paling optimal pada konsentrasi TPH 4.69%. Performa yang ditunjukkan keempat jenis tanaman berbeda, performa ini menunjukkan respon adaptif. *S. bicolor* dan *P. javanica* terjadi penebalan akar pada konsentrasi TPH 4.69% dan 8.15%. Akar *T. erecta* menunjukkan respon akar yang berbeda, berupa karat pada ujung akar pada konsentrasi TPH 8.15%. Performa akar *P. conjugatum* tidak terjadi perbedaan pada semua konsentrasi TPH dalam tanah. Keempat jenis ini dapat

dijadikan rekomendasi tanaman *fitoremediasi* yang akan digunakan pada kegiatan fitoremediasi.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, konsentrasi TPH belum berpengaruh nyata terhadap beberapa parameter pertumbuhan keempat jenis tanaman. Perlu dilakukan penelitian yang sama dengan memperpanjang waktu pengamatannya.

Jenis monokotil rerumputan (*S. bicolor* dan *P. conjugatum*) memiliki potensi pertumbuhan yang lebih baik dibanding jenis dikotil (*P. javanica* dan *T. erecta*) sehingga perlu dilakukan penelitian sejenis untuk menggali jenis rerumputan lainnya yang adaptif pada tanah yang tercemar minyak bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1980. *Kacang Tanah*. Yogyakarta (ID): Penerbit Kanisius
- Alexander M. 1999. *Biodegradation and Bioremediation* Ed ke-2. California: academic Pr.
- Charlena. 2006. Perubahan molekuler senyawa hidrokarbon hasil bioremediasi tanah tercemar minyak bumi [laporan penelitian]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [Direktorat Jenderal Minyak dan Gas]. 2004. Keselamatan kerja dan lingkungan [internet]. [diunduh 2014 Feb 25]. Tersedia pada <http://www.migas.esdm.go.id>.
- Eastin JD, Sullivan CY, Bennett JM, Dhopte AM, Gerik TJ, Gonzalez VA, Lee KW, Oguniela V, Rice JR. 1984. Sorghum sensitivities to environmental stresses. ICRISAT, editor. *Sorghum Root and Stalk Rots, a Critical Review: Proceedings of the Consultative Group Discussion on Research Needs and Strategies for Control of Sorghum Root and Stalk Rot Diseases*; 1983 Nov-Des 27-2; Brllagio, Italy. Bellagio (IT). India ICRISAT. hlm 131-143.
- Feitriani W. 2012. Pengaruh *Acinetobacter* sp. dan *Azotobacter* spp. terhadap proses fitoremediasi limbah minyak bumi pada tanaman sorghum (*Sorghum bicolor*) [skripsi]. Bandung (ID): Universitas Padjajaran.
- Gardner FP, Pearce RB. 2008. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Susili H, penerjemah. Jakarta (ID): UI Pr. Terjemahan dari: *Physiology of Crop Plants*.
- Handayanto E, Hairiah K. 2007. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Malang (ID): Pustaka Adipura.
- Hasan S. 2012. *Hijauan Pakan Tropik*. Bogor (ID): PT Penerbit IPB Press.
- [Kemehut] Kementrian Kehutanan. 2011. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2011 tentang Pedoman Pinjam Pakai Kawasan Hutan. Jakarta (ID): Kemenhut.

- [KemenLH]. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi Secara Biologis. Jakarta (ID): KemenLH.
- Lakitan B. 1996. *Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman*. Jakarta (ID): PT. Raja Grafindo Persada.
- Priambodo S. 2002. Fitoremediasi logam berat menggunakan kultur akar rambut *Solanum nigrum* L [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Schnoor JL, Licht LA, McCutcheon SC, Wolfe NL, Carreira LH. 1995. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environ Sci Technol* 29:318-323.
- Schwab AP. 1998. Phytoremediation of Soils Contaminated with PAHs and Other Petroleum Compounds. Presented at: Beneficial Effects of Vegetation in Contaminated Soils Workshop, Kansas State University, Manhattan, KS, January 7-9, 1998.
- Sponsored by Great Plains/ Rocky Mountain Hazardous Substance Research Center.
- Setiadi Y. 2012. Pembenahan lahan pasca tambang. Post Mining Restoration Technical Note. Tidak diterbitkan.
- Siregar UJ, Siregar CA. 2010. *Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya dalam Restorasi Lahan Pasca Tambang di Indonesia*. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP.
- Subroto MA. 1996. Fitoremediasi. Didalam *Prosiding Pelatihan dan Lokakarya Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan*. Bogor (ID): LIPI. hal 52-69.
- Syarif F, Juhaeti T, Hidayati N, Hidayat S. 2009. *Jenis Rumput-rumputan Berpotensi Akumulator*. Di dalam Tumbuhan Akumulator untuk Fitoremediasi Lingkungan Tercemar Merkuri dan Sianida Penambangan Emas. Bogor (ID): LIPI Press.
- Tan KH. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta (ID): Gajah Mada University.