

PENGGUNAAN BAHAN HUMAT DAN KOMPOS UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS TANAH BEKAS TAMBANG NIKEL SEBAGAI MEDIA PERTUMBUHAN SENGON (*Paraserianthes falcataria*).

*Utilization of Humic Materials and Compost to Improve The Quality of Nickel Mine Soil as Media Growth of Sengon (*Paraserianthes falcataria*)*

Ikbal^a, Iskandar^b, Sri Wilarso Budi R^c

^a Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Instiut Pertanian Bogor — ikballangit@gmail.com

^b Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Institut Pertanian Bogor, Kampus Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Bogor 16680

^c Departemen Silvikultur Tropika, Institut Pertanian Bogor, Kampus Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Bogor 16680

Abstract. The purpose of this study was to analyze the effect of humic materials and compost on soil chemical properties and plant growth. The research was conducted in the Nickel Mine Land in PT Aneka Tambang (Persero) Tbk., Pomalaa, Southeast Sulawesi. Soil analysis was carried out in the Laboratory of Soil Research Institution, Bogor. Experiments were performed using randomized block design factorial 2 factors, with: Humic material level (0; 0.5; and 1.0 ml/plant) and compost level dosage (0.0; 1.0; and 2.5 kg/plant). The results showed that humic material and compost affect the improvement of the soil chemical properties. The combination of humic material and compost were able to increase N total, CEC, P, available base and saturation exchangeable. Humic material able to reduce Cr and Ni available in the soil. Whereas compost and combination of humic materials and compost able to reduce Ni available in the soil. Humic material and compost were also significantly affect the plant height, root length, diameter, nodule, and biomass. The best treatment was 1.0 ml and compost 2.5 kg to plant growth.

.Keywords: *compost, humic material, nickel mine, Paraserianthes falcataria,*

(Diterima: 13-12-2015; Disetujui: 15-04-2016)

1. Pendahuluan

PT. Aneka Tambang Tbk. Sulawesi Tenggara merupakan perusahaan yang mengelola tambang nikel dan mengolahnya dari bahan mentah menjadi bahan baku setengah jadi. Lokasi tambang nikel PT. Aneka Tambang Tbk. terletak di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kegiatan penambangan nikel ini dilakukan di darat dengan menerapkan teknik penambangan terbuka (*open pit mining*) melalui kegiatan pembukaan dan pengupasan hutan alami. Berbagai dampak dapat ditimbulkan dari kegiatan pengolahan dan pemanfaatan tambang nikel baik bersifat positif maupun negatif. Dampak positifnya adalah meningkatkan penghasilan masyarakat, terbukanya lapangan kerja, perekonomian daerah bergerak lebih cepat dan memberikan pendapatan yang besar bagi negara. Sedangkan dampak negatif yang ditimbulkan meliputi gangguan kesehatan manusia, perubahan bentang alam, penurunan estetika lingkungan, habitat flora dan fauna menjadi rusak, timbulnya debu dan kebisingan, penurunan kualitas air atau penurunan permukaan air tanah, dan penurunan kualitas tanah. Menurut (Setyaningsih 2007; Tamin

2010) bahwa kegiatan pertambangan suatu daerah dapat memberikan pemasukan yang besar, namun jika tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif terutama penurunan kondisi tanah bekas penambangan seperti perubahan profil lapisan tanah, berkurangnya unsur hara tanah, terjadi pemadatan tanah, kondisi pH tanah rendah, populasi mikroba semakin berkurang dan terjadinya pencemaran logam-logam berat dalam tanah (Sembiring 2008; Widiatmaka *et al.* 2010).

Masalah utama yang terjadi di lahan bekas tambang nikel, dijelaskan oleh Sariwahyuni (2012) bahwa lahan bekas tambang nikel memiliki konsentrasi pH tanah yang masam, kandungan Ni (II) dalam konsentrasi yang tinggi dan ketersediaan fosfat rendah. Jika lahan bekas tambang dikembangkan untuk kegiatan pertanian maka akan menjadi faktor pembatas dan kemungkinan menjadi hambatan dalam proses berproduksi. Lebih lanjut dikemukakan pula oleh Widiatmaka *et al.* (2010) dalam penelitiannya bahwa pertumbuhan tanaman revegetasi di lahan bekas tambang nikel Pomalaa memiliki ukuran daun yang kecil, volume dan diameter tanaman yang kecil disebabkan defisiensi unsur hara seperti K, Ca, Fe, Cu dan Mn. Selain itu, tanah-tanah

tambang nikel terbentuk dari bahan induk batuan beku basa atau ultra basa yang memiliki kandungan logam berat yang mencapai kadar toksik pada tanaman, antara lain Ni dan Cr. Sementara logam Pb dan Cd berada pada konsentrasi yang masih relatif aman. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang baik untuk perbaikan kualitas tanah demi menunjang tercapainya kegiatan revegetasi di lahan bekas tambang nikel.

Penerapan strategi perbaikan kualitas tanah yang tepat dapat mengatasi ketidaksuburan tanah lahan bekas tambang. Rahmawaty (2002) menjelaskan strategi yang perlu diterapkan pada perbaikan kondisi tanah antara lain perbaikan ruang tubuh tanah, pemberian top soil dan bahan organik, serta pemupukan dasar dan pemberian kapur. Selain itu, perlu pemanfaatan tanaman lokal untuk kegiatan revegetasi, seperti tanaman sengon. Dijelaskan oleh Hidayat (2002) tanaman sengon (*P. falcataria*) adalah salah satu jenis tanaman yang toleran terhadap kondisi tanah yang buruk dan memiliki kemampuan memperbaiki tanah, daya tumbuh dan penambat nitrogen. Kayu sengon dapat dimanfaatkan untuk kayu bakar, kayu perkakas, daunnya untuk pembuatan kompos dan pakan ternak. Untuk mendukung pertumbuhan tanaman sengon pada tanah yang kurang subur seperti tanah yang berdrainase jelek perlu pemberian pupuk. Dengan demikian, upaya pemanfaatan tanaman sengon (*P. falcataria*) di lahan bekas tambang nikel yang kurang subur atau kurang produktif diperlukan penambahan bahan-bahan organik yang bisa meningkatkan kualitas tanah guna memperoleh pertumbuhan tanaman revegetasi yang baik. Salah satu upaya pemanfaatan lahan bekas tambang agar lebih produktif dapat dilakukan dengan menggunakan perpaduan antara bahan humat dan kompos.

Bahan humat merupakan bahan yang memiliki potensi dalam memperbaiki kondisi tanah dengan kemampuannya untuk berinteraksi dengan ion logam, oksida dan hidroksida, termasuk zat pencemar lainnya (Trevisan *et al.* 2010). Kompos merupakan bahan yang telah mengalami pelapukan dari kotoran ternak dan sisa-sisa tumbuhan, seperti dedaunan, dedak padi, jerami, dan rumput-rumputan. Kompos yang baik akan memperkaya bahan makanan bagi tanaman, memicu perkembangan mikroorganisme dan berperan penting dalam meningkatkan kualitas sifat-sifat tanah (Zhen *et al.* 2014). Mengingat pentingnya peranan bahan humat dan kompos tersebut, maka perlu dilakukan penelitian agar diperoleh takaran yang baik untuk perbaikan kualitas tanah bekas tambang nikel, sehingga tanaman dapat memperlihatkan pertumbuhan tanaman dapat baik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh pemberian bahan humat dan kompos terhadap sifat-sifat kimia tanah, logam berat Cr (kromium) dan Ni (nikel) serta pertumbuhan tanaman sengon.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari sampai Agustus 2015. Lokasi penelitian dilakukan di lokasi lahan bekas tambang PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk., Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanah, Bogor

2.2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan humat, kompos, pupuk NPK dan bibit sengon. Kompos yang digunakan adalah kotoran kelelawar, kotoran kambing dan sekam padi. Peralatan yang digunakan antara lain: (1) Peralatan tanam meliputi cangkul, sekop, ayakan kawat dan bor, (2) Peralatan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) yang meliputi sepatu, helm safety, dan kaca mata, (3) Peralatan pendukung seperti label, meteran, karung, botol ukur, pipet, alat tulis, kamera dan buku catatan.

2.3. Rancangan Penelitian

Percobaan lapangan dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial 2 faktor. Berikut rancangan bahan humat dan kompos yang diaplikasikan ke tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan bahan humat dan kompos

Perlakuan	Bahan humat (ml/lubang tanam)	Kompos (kg/lubang tanam)
H0P0	0.0	0.0
H0P1	0.0	1.0
H0P2	0.0	2.5
H1P0	0.5	0.0
H1P1	0.5	1.0
H1P2	0.5	2.5
H2P0	1.0	0.0
H2P1	1.0	1.0
H2P2	1.0	2.5

2.4. Prosedur Kerja

Lahan yang disiapkan adalah tanah yang telah ditimbun *top soil*. Petak ukur dibuat seluas 26 m x 6 m (p x l) dengan jarak antara tanaman adalah 2 m x 2 m (Soerianegara dan Lemmens 1993), ukuran lubang tanam lubang tanam, 0.5 m x 0.5 m dengan asumsi kedalaman perakaran adalah 50 cm. Kelompok atau petak ukur penanaman dibagi 3 blok di lahan bekas

tambang (dianggap sebagai 3 ulangan), sehingga terdapat 27 satuan percobaan (3 x 3 x 3). Petak ukur dibatasi menggunakan bambu dan pita penanda.

Bibit sengon yang diujikan diperoleh dari lokasi pembibitan PT. Aneka Tambang (Persero) Tbk. dengan mempertimbangkan umur, kesehatan dan diameter tanaman. Dosis kompos yang digunakan merupakan modifikasi dari percobaan Widuri dan Yasir (2013). Komposisi kompos yang digunakan yaitu campuran kotoran kelelawar (guano), kotoran kambing dan sekam padi dengan perbandingan 2:1:1. Penelitian ini menggunakan tambahan pupuk dasar NPK sebanyak 10 g untuk masing-masing satuan percobaan. Pengukuran tinggi tanaman dan diameter batang dilakukan selama 3 bulan dengan interval waktu pengukuran setiap 3 minggu. Pengukuran panjang akar, bintil akar dan berat kering dilakukan pada akhir pengamatan (9 MST).

2.5. Analisis Tanah

Analisis sifat-sifat kimia dan logam berat tanah dilakukan sesudah percobaan lapang selesai. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara komposit dan sistem quartering pada masing-masing ulangan menjadi satu sampel perlakuan, sehingga jumlah keseluruhan adalah 9 Sampel tanah kemudian dibawa ke laboratorium untuk diuji. Hasil uji tanah yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

2.6. Parameter Pengamatan

Parameter sifat kimia tanah yang diukur terdiri dari pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, KTK dan kation dapat ditukar (K, Na, Ca dan Mg-dd). Parameter pertumbuhan tanaman yang diukur meliputi tinggi tanaman, diameter batang, panjang akar dan biomassa tanaman (bobot kering akar, bobot kering tajuk dan bobot kering total).

Data parameter pertumbuhan diolah menggunakan sidik ragam (ANOVA) dan dihitung menggunakan program SPSS. Bila terdapat perbedaan yang nyata maka dilakukan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf 95%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kandungan Unsur Hara Tanah

Hasil analisis (Tabel 2) menunjukkan bahwa perlakuan bahan humat cenderung menaikkan pH lebih tinggi dibandingkan kompos. Akan tetapi, perlakuan kombinasi kompos dan bahan humat menunjukkan penurunan nilai pH. Penurunan pH tanah diduga akibat proses mineralisasi dari kompos yang berasal dari campuran kotoran guano, kotoran kambing dan sekam padi sehingga menghasilkan senyawa asam organik yang dapat membuat tanah menjadi lebih masam.

Berdasarkan kriteria kesuburan tanah, hampir semua perlakuan memiliki pH yang netral kecuali perlakuan H1P2 termasuk agak masam. Selain itu, Peningkatan pH tanah yang terjadi tidak terlalu besar dibandingkan kontrol. Hal ini sebagaimana dikemukakan oleh Herjuna (2011) bahwa karena sifat lahan bekas tambang yang memiliki kandungan Al³⁺ yang cukup tinggi sehingga terjadi *buffering capacity* yang tinggi, akibatnya pemberian amelioran dosis maksimal pada tanah tidak mampu meningkatkan pH secara signifikan.

Kandungan C-organik setelah penambahan kompos relatif lebih tinggi dibandingkan setelah penambahan bahan humat. Semua perlakuan menunjukkan bahwa hanya perlakuan H1P2 yang mengalami peningkatan kandungan C-organik tanah dibandingkan kontrol. Hasil pengukuran kandungan C-organik menunjukkan bahwa dibandingkan dengan kriteria kesuburan, kadar C-organik tanah masih menunjukkan nilai yang rendah. Artinya pemberian kedua bahan amelioran ini belum mampu meningkatkan C-organik dalam tanah. Demikian pula pada kandungan N-total tanah menunjukkan bahwa penambahan kompos dapat meningkatkan N-total tanah dibandingkan bahan humat. Kombinasi bahan humat dan kompos dapat meningkatkan ketersediaan N-total tanah lebih besar dibandingkan kontrol, kecuali perlakuan perlakuan H2P1. Berdasarkan kriteria kesuburan tanah, kandungan N-total tanah pada perlakuan H1P2 berada dalam kategori sedang dibandingkan perlakuan lainnya cenderung memiliki kadar yang rendah hingga sangat rendah.

Berdasarkan kriteria kesuburan tanah, kandungan P tersedia dalam tanah yang termasuk kategori sangat tinggi adalah perlakuan H0P2 dan H2P1. Sedangkan kandungan P tersedia dalam tanah yang termasuk kategori rendah adalah perlakuan H0P0, H2P0, dan H2P2. Perlakuan penambahan bahan humat maupun kompos dan kombinasinya dapat meningkatkan kadar P lebih tinggi dibandingkan kontrol, kecuali pada perlakuan H1P0 yang relatif sama. Hal ini karena penambahan bahan organik yang berasal dari kotoran hewan memiliki kandungan P yang tinggi. Pengaruh bahan humat dalam meningkatkan P tersedia dalam tanah adalah karena kemampuan bahan humat dalam menyerap Al dari ikatan Al-P sehingga ion P menjadi tersedia dalam tanah (Suwarno dan Idrus 2007; Herjuna 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Fauziah (2009) menunjukkan bahwa pemanfaatan bahan humat dan kompos telah merubah karakter media tilling dengan ketersediaan P yang tinggi dalam tanah. Hal ini karena adanya interaksi dari fosfor dengan senyawa humat membentuk kompleks fosfohumat. Bentuk kompleks fosfohumat dapat terjadi dengan adanya ion logam yang berfungsi sebagai jembatan antara senyawa humat dengan ion fosfor (Al-fosfohumat), sehingga ion P dapat tersedia dalam tanah (Tan 1998).

Kapasitas tukar kation (KTK) dalam tanah dengan perlakuan kompos meningkat dibandingkan kontrol. Bahan humat dalam penelitian ini relatif tidak

berpengaruh terhadap KTK dibandingkan kontrol. Dalam hal ini pengaruh bahan humat tertutupi oleh pengaruh kompos terhadap KTK. Pemberian kompos juga meningkatkan basa dalam tanah secara signifikan, khususnya pada Ca, Mg, K dan Na. Berdasarkan kriteria kesuburan tanah, semua perlakuan termasuk kategori rendah. Hardjowigeno (2010) menjelaskan bahwa KTK yang rendah dapat disebabkan oleh dominasi kation asam, Al, dan H. Tinggi rendahnya KTK tergantung pada kadar dan macam klei, kadar bahan organik dan senyawa-senyawa organik penyusun bahan organik. Semakin tinggi kadar klei dan kadar bahan organik, maka nilai KTK semakin tinggi (Huang dan Schnitzer 1997).

Pada parameter kation basa tanah yang dapat dipertukarkan menunjukkan bahwa perlakuan bahan humat dan kompos secara keseluruhan belum memperlihatkan perubahan yang berarti dalam meningkatkan kation basa tanah yang dapat dipertukarkan, terutama pada unsur Mg, K dan Na. Namun pada unsur Ca dapat dipertukarkan menunjukkan bahwa perlakuan kompos serta kombinasi bahan humat dan kompos dapat meningkatkan kandungan Ca dipertukarkan lebih tinggi dibandingkan perlakuan bahan humat dan kontrol. Berdasarkan kriteria kesuburan tanah, umumnya semua perlakuan termasuk kategori sedang dibanding kontrol

dan H₂P₀ dengan kategori rendah. Menurut Hardjowigeno (2010) bahwa secara umum kation-kation basa adalah unsur hara yang dibutuhkan tanaman dan mudah tercuci. Tanah dengan kejenuhan basa tinggi berarti memiliki kompleks jerapan yang lebih banyak diisi oleh kation-kation basa yakni Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ dan Na⁺. Kejenuhan basa berkaitan dengan pH tanah, dimana pH tinggi memiliki kejenuhan basa yang tinggi, sedang tanah dengan pH yang rendah mempunyai kejenuhan basa rendah.

Pada parameter kation basa tanah yang dipertukarkan (Ca, Mg, K dan Na) menunjukkan bahwa perlakuan bahan humat dan kompos secara keseluruhan belum memperlihatkan perubahan yang berarti dalam meningkatkan kation basa tanah yang dipertukarkan terutama pada unsur Mg, K, dan Na. Namun pada unsur Ca dapat dipertukarkan menunjukkan bahwa perlakuan kompos saja serta kombinasi bahan humat dan kompos dapat meningkatkan kandungan Ca dipertukarkan lebih tinggi dibandingkan perlakuan bahan humat saja dan kontrol. Berdasarkan kriteria kesuburan tanah menunjukkan bahwa kandungan Mg-dd termasuk kategori sangat tinggi. Sedangkan kandungan Ca-dd, K-dd dan Na-dd pada semua perlakuan masih berada dalam kategori sangat rendah.

Tabel 2. Hasil analisis sifat-sifat kimia tanah

Perlakuan	pH H ₂ O	C-organik	N-total	P ₂ O ₅ (Olsen)	KT K	Ca-dd	Mg-dd	K-dd	Na-dd	KB
		-----%-----		---ppm--		-----cmol/kg-----				-- %--
H0P0	6.8**	1.79	0.09	5	8.45	0.63	2.57	0.07	0.06	39
H0P1	6.9**	1.39	0.14	13	9.25	2.77	2.35	0.07	0.10	57
H0P2	6.7**	1.75	0.20	27	9.72	3.72	2.55	0.25	0.10	68
H1P0	7.0**	0.95	0.07	9	7.35	1.27	2.50	0.05	0.10	53
H1P1	6.7**	1.68	0.15	21	7.97	2.39	2.42	0.06	0.05	62
H1P2	6.5*	1.79	0.21	17	8.62	2.20	2.39	0.09	0.03	55
H2P0	7.0**	1.08	0.13	5	7.88	0.57	2.40	0.01	0.04	38
H2P1	6.8**	1.23	0.08	12	7.75	2.39	2.48	0.10	0.15	66
H2P2	6.8**	1.25	0.14	10	9.69	1.95	2.60	0.07	0.07	52
Kriteria kesuburan										
Sangat Rendah		<1	<0,1	<5	<5	<2	<0,3	<0,1	<0,1	<20
Rendah		1-2	0.1-0.2	5-10	5-16	2-5	0.4-1	0,1-0.3	0,1-0.3	20-40
Sedang		2-3	0.21-0.5	11-15	17-24	6-10	1,1-2,0	0,4-0,5	0,4-0,7	41-60
Tinggi		3-5	0.51-0.75	16-20	25-40	11-20	2,1-8,0	0,6-1,0	0,8-1,0	61-80
Sangat Tinggi		>5	>0,75	>20	>40	>20	>8	>1	>1	>80

Keterangan: pH H₂O (sangat masam <4,5), (masam 4,5-5,5) (agak masam 5,5-6,5)*, (netral 6,6-7,5)**, (agak alkalis 7,6-8,5), (alkalis >8,5) (BPT 2005).

3.2. Kandungan Logam Berat Tersedia dalam Tanah

Tanah secara alami mengandung logam-logam berat konsentrasi yang berbeda-beda. Seringkali logam berat tanah berada dalam konsentrasi yang tinggi, sehingga menyulitkan bagi tanaman untuk tumbuh dan berkem-

bang. Hasil analisis (Tabel 3) menunjukkan bahwa terjadi penurunan logam berat Cr tersedia dalam tanah dengan pemberian kompos dan bahan humat serta kombinasinya, kecuali perlakuan H1P0. Terlihat bahwa pemberian kompos cenderung meningkatkan kadar Ni dalam tanah. Logam berat Ni dalam konsentrasi rendah

memiliki peran penting bagi tumbuhan untuk pembentukan biji, membantu enzim urease untuk memecah urea, membebaskan N menjadi bentuk tersedia bagi tanaman dan diperlukan untuk penyerapan Fe oleh tanaman. Sementara Cr belum diketahui manfaatnya bagi tumbuhan (Munawar 2011; Kubicka *et al.* 2015).

Tanaman biasanya melakukan mekanisme umum dalam mempertahankan homeostasis di bawah konsentrasi ion logam berat yang tinggi. Namun, ada sebagian tanaman yang tidak mampu bertahan dalam waktu lama pada kondisi logam berat yang tinggi. Pada konsentrasi tinggi dan waktu yang relatif lama, logam berat dapat mengganggu aktivitas kerja enzim dengan struktur protein atau mengganti elemen penting yang mengakibatkan gejala defisiensi. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya gejala klorosis, pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, berpengaruh terhadap fotosistem dan siklus sel (Szczygłowska *et al.* 2011; Boardman *et al.* 2013). Pemberian bahan organik dapat mengurangi pengaruh buruk dari logam berat dan mempertahankan kehidupan mikroorganisme tanah dalam keadaan normal. Sebagian mikroorganisme akan mempergunakan sebagian bahan organik sebagai sumber energinya. Pemberian kompos dan bahan humat mampu meningkatkan asam-asam organik dengan berat molekul yang tinggi, mampu menahan laju aliran logam berat dalam jumlah tinggi hanya sampai akar, sehingga residu logam ditemukan di akar lebih tinggi dan secara nyata mampu menahan penyerapan logam berat oleh tanaman. (Fleming *et al.* 2013; Kumpiene *et al.* 2013)

Tabel 3 Kandungan logam berat Cr dan Ni tersedia dalam tanah

Perlakuan	Cr	Ni
	-----ppm-----	
H0P0	9.35	34.75
H0P1	6.93	37.70
H0P2	5.42	42.66
H1P0	9.47	34.75
H1P1	7.21	35.97
H1P2	6.87	41.56
H2P0	8.45	30.52
H2P1	7.56	35.43
H2P2	7.18	44.97

3.3. Pertumbuhan Tanaman Sengon

a. Tinggi tanaman

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan kompos yang berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman dibandingkan bahan humat.

Kedua bahan ini tidak terdapat interaksi yang nyata dalam meningkatkan tinggi tanaman. Hasil uji pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan H1P2 memiliki rata-rata tinggi terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya, namun tidak jauh berbeda dengan perlakuan H0P1, H0P2, H1P1, H1P2, H2P1 dan H2P2. Hal ini diduga bahwa diawal pertumbuhan, tanaman sengon terlihat menggugurkan daunnya untuk mengurangi proses penguapan. Unsur-unsur hara yang tersedia dalam tanah akan digunakan untuk memperbaiki kembali organ-organ yang gugur seperti organ daun. Dengan pemberian kompos saja, kebutuhan unsur hara tanaman sudah terpenuhi. Penelitian ini sejalan yang dilakukan oleh Widuri dan Yasir (2013) pada pemberian asam humat dan kompos terhadap pertumbuhan tinggi tanaman *Vitex pinnata* pada umur 8 bulan. Dari hasil penelitian yang dilakukan Mansur *et al.* (2007) juga mengatakan bahwa pemberian kompos dapat meningkatkan pertumbuhan *Shorea beccariana* di lahan bekas tambang batubara PT Maruwai Coal. Penelitian yang dilakukan oleh Syukur dan Nur (2006) menunjukkan bahwa pemberian kompos limbah tanaman obat dan kotoran sapi takaran 20 ton/ha mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai sampai minggu ke-16.

Secara fisiologis diketahui bahwa tinggi merupakan pertumbuhan dari tanaman secara vertikal dan setiap harinya mengalami perubahan. Pada usia awal pertumbuhan tanaman, sel-sel secara aktif membelah dan tumbuh pada bagian terujung dari tanaman, disebut daerah pertumbuhan primer atau promeristem. Selain itu, pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh bermacam-macam faktor, antara lain: sinar matahari, suhu, udara, air dan unsur hara yang terkandung dalam tanah. Faktor ini memiliki korelasi positif yang kuat dalam menentukan sifat-sifat tanah menjadi kondusif bagi pertumbuhan tanaman (Hardjowigeno 2010; Munawar 2011)

Tabel 4 Pengaruh pemberian bahan humat dan kompos terhadap tinggi tanaman sengon umur 9 MST

Perlakuan	Tinggi tanaman
	-----cm-----
H0P0	53.53 ± 2.21 ^a
H0P1	76.30 ± 18.71 ^b
H0P2	86.53 ± 6.39 ^b
H1P0	56.50 ± 10.82 ^a
H1P1	82.87 ± 6.23 ^b
H1P2	88.73 ± 7.84 ^b
H2P0	59.90 ± 5.28 ^a
H2P1	84.43 ± 9.58 ^b
H2P2	89.53 ± 5.02 ^b

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf $\alpha=5\%$)

b. Diameter batang

Hasil Analisis ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan kompos memiliki pengaruh yang nyata terhadap diameter batang dibandingkan bahan humat. Selain itu, bahan humat dan kompos tidak memiliki interaksi yang nyata terhadap penambahan diameter batang. Hasil uji pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa perlakuan H2P2 memiliki rata-rata diameter batang yang terbaik dibanding tanaman yang diberi perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata pada perlakuan HOP1, HOP2, H1P1, H1P2 dan H2P1. Hal ini disebabkan pemberian kompos sudah mampu menyediakan unsur hara untuk pertumbuhan diameter batang tanaman. Selain itu, dapat diduga pada tanaman umur semai pertumbuhan tinggi lebih dominan terjadi dan tidak terlepas dari sifat fisiologi dan respon tanaman, sehingga unsur hara yang tersedia dalam tanah masih banyak digunakan untuk pertumbuhan tinggi tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Palanivell (2013), bahwa kompos jerami padi mampu meningkatkan diameter batang tanaman jagung dan meningkatkan serapan kation dibandingkan bahan humat. Peningkatan diameter batang dan tinggi tanaman menyebabkan peningkatan biomassa tanaman. Sebagaimana dikemukakan oleh Celik *et al.* (2010), bahwa kompos menyediakan unsur hara makro tambahan dan mikro yang penting bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, kompos mampu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan porositas tanah dan penetrasi akar di tanah. Pertumbuhan akar yang baik memungkinkan tanaman menyerap air dan nutrisi penting untuk digunakan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Tabel 5 Pengaruh pemberian bahan humat dan kompos terhadap diameter batang tanaman sengon umur 9 MST

Perlakuan	Diameter batang
	-----cm-----
HOP0	0.77 ± 0.06 ^a
HOP1	1.50 ± 0.20 ^b
HOP2	1.53 ± 0.25 ^b
H1P0	0.77 ± 0.12 ^a
H1P1	1.43 ± 0.15 ^b
H1P2	1.53 ± 0.15 ^b
H2P0	0.90 ± 0.00 ^a
H2P1	1.53 ± 0.31 ^b
H2P2	1.60 ± 0.10 ^b

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf $\alpha=5\%$)

c. Panjang akar

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa pemberian bahan humat dan kompos berpengaruh nyata terhadap peningkatan panjang akar tanaman. Dilihat dari interaksinya menunjukkan bahwa bahan humat dan kompos memiliki interaksi yang nyata terhadap panjang akar tanaman. Hasil uji (Tabel 6) terlihat bahwa perlakuan H1P2 memiliki rata-rata panjang akar yang terbaik dibanding tanaman yang diberi perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya pemberian bahan humat dan kompos memicu peningkatan unsur-unsur hara dalam tanah karena dapat mengaktifkan mikroba tanah yang berfungsi untuk mempercepat sistem humifikasi dan aktivitas nitrogenase sehingga dapat bermanfaat untuk mempercepat pembentukan humus pada daerah perakaran tanaman, merubah hara dalam bentuk metal organik yang lebih mudah diserap oleh tanaman melalui proses aliran massa dan difusi, serta dapat memperbaiki kondisi fisik tanah dan mempercepat perkembangan akar tanaman. Keberadaan bahan organik (kompos dan bahan humat) juga dapat mempengaruhi sifat fisik tanah, diantaranya akan merangsang terjadinya granulasi agregat dan mamantapkannya, meningkatkan kemampuan dalam mengikat air (Brady 1974; Ayowole *et al.* 2014; Siczek *et al.* 2014).

Tabel 6 Pengaruh pemberian bahan humat dan kompos terhadap panjang akar tanaman sengon umur 9 MST

Perlakuan	Panjang akar
	-----cm-----
HOP0	12.07 ± 0.60 ^a
HOP1	13.03 ± 0.57 ^b
HOP2	17.80 ± 0.363 ^c
H1P0	13.70 ± 0.70 ^b
H1P1	16.50 ± 0.36 ^d
H1P2	25.57 ± 0.25 ^e
H2P0	15.47 ± 0.21 ^c
H2P1	13.80 ± 1.76 ^b
H2P2	24.23 ± 3.49 ^f

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf $\alpha=5\%$)

d. Bintil akar

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa pemberian bahan humat dan kompos berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil akar tanaman, namun belum memperlihatkan interaksi yang nyata terhadap bintil akar. Hasil uji (Tabel 7) terlihat bahwa perlakuan H1P2 memiliki rata-rata jumlah bintil akar yang terbaik, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan HOP2

dan H2P2. Hal ini disebabkan penambahan bahan humat dan kompos terhadap media tanam dapat membantu penyediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman terutama ketersediaan unsur N yang ditambat oleh aktivitas simbiosis akar tanaman dengan bakteri *Rhizobium*. Akar merupakan bagian tanaman yang langsung memanfaatkan unsur hara dalam tanah untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman. Tanaman sengon dikenal bahwa pada bagian akarnya dapat digunakan untuk melakukan simbiosis dengan bakteri *Rhizobium* dalam menambat nitrogen bebas (Munawar 2011; Al-thabegoiti *et al.* 2014).

Munawar (2011) menjelaskan bahwa bakteri *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan akar tanaman akan membentuk bintil akar. Bakteri yang aktif menambat nitrogen ditandai dengan pembentukan pigmen hemoprotein (lehemoglobin). Nitrogen yang terfiksas sebagai amoniak dikeluarkan dari bakteroid ke sel-sel tanaman legum dan dibawa sebagai senyawa C-N ke dalam sistem vaskuler. Ketersediaan hara yang cukup dalam tanah akibat penambahan bahan humat dan kompos dapat menjadi penunjang membaiknya penyerapan unsur-unsur hara oleh akar tanaman. Dilaporkan pula oleh Novizan (2002) bahwa pemberian kompos memacu pertumbuhan akar muda dan penyerapan sumber hara esensial, seperti sumber N, P, dan S. Demikian pula halnya bahan humat dapat membantu meningkatkan masukan (*uptake*) nutrisi melalui konversi hara menjadi bentuk tersedia serta menstimulasi peningkatan aktivitas mikrobiologi tanah serta merangsang pertumbuhan akar lebih baik (Baldotto *et al.* 2011; David *et al.* 2014).

Tabel 7 Pengaruh pemberian bahan humat dan kompos terhadap bintil akar tanaman sengon umur 9 MST

Perlakuan	Bintil akar
H0P0	2.33 ± 0.58 ^a
H0P1	4.33 ± 1.15 ^{ab}
H0P2	10.33 ± 0.58 ^c
H1P0	3.67 ± 0.58 ^a
H1P1	6.33 ± 0.58 ^{bc}
H1P2	11.33 ± 2.08 ^c
H2P0	4.33 ± 0.58 ^{ab}
H2P1	7.67 ± 1.15 ^{cd}
H2P2	9.67 ± 2.08 ^{de}

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf α=5%)

e. *Biomassa tanaman*

Pengukuran biomassa tanaman dilakukan dengan menghitung biomassa di bawah permukaan tanah seperti berat kering akar dan biomassa atas permukaan

tanah yaitu berat kering tajuk (batang, ranting, dan daun) (Sutaryo 2009). Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan dengan pemberian bahan humat dan kompos memberikan pengaruh dan interaksi yang nyata dalam meningkatkan biomassa tanaman. Hasil uji pada Tabel 8 menunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan H2P2 memiliki rata-rata biomassa yang terbesar dibanding tanaman yang diberi perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan H1P2. Dikemukakan oleh Suprihatno *et al.* (2012) bahwa akumulasi peningkatan biomassa dapat disebabkan oleh ketersediaan unsur hara, kondisi tanah, dan iklim setempat. Hal ini akan berpengaruh terhadap pada proses fotosintesis yang dilakukan oleh daun tanaman, karena hasil fotosintesis yang berupa karbohidrat akan ditranslokasikan ke organ lain seperti batang, ranting dan akar. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Palanivell *et al.* (2013) yang menjelaskan bahwa penggunaan kompos dan bahan humat mampu meningkatkan produksi bahan kering atau biomassa tanaman jagung.

Tabel 8 Pengaruh pemberian bahan humat dan kompos terhadap biomassa tanaman 9 MST

Perlakuan	BKA	BKJ	BKT
	-----g-----		
H0P0	4.00	9.90	13.90 ± 0.72 ^a
H0P1	5.90	15.87	21.77 ± 2.23 ^b
H0P2	6.70	44.54	51.24 ± 2.41 ^d
H1P0	2.77	5.96	8.73 ± 1.31 ^a
H1P1	5.03	18.34	23.37 ± 1.65 ^b
H1P2	15.00	48.90	64.90 ± 3.62 ^e
H2P0	4.40	15.43	19.83 ± 5.46 ^b
H2P1	7.47	31.10	38.57 ± 6.09 ^c
H2P2	12.43	56.74	69.17 ± 2.66 ^c

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT (taraf α=5%), BKA: bobot kering akar, BKJ: bobot kering tajuk, BKT: berat kering total.

4. Kesimpulan

Pemberian kompos serta kombinasi bahan humat dan kompos dapat meningkatkan N-total, P, KTK, Kejenuhan basa dan kation basa tanah yang dipertukarkan (Ca-dd, Mg-dd, K-dd, dan Na-dd). Pengujian logam berat tanah dengan perlakuan kompos, bahan humat dan kombinasinya mampu menurunkan logam berat Cr. Sedangkan logam berat Ni menurun dengan pemberian bahan humat. Parameter panjang akar, dan bintil akar

terbaik ditemukan pada perlakuan bahan humat 0.5 ml dan kompos 2.5 kg, sedangkan parameter tinggi tanaman, diameter batang dan biomassa tanaman terbaik

adalah perlakuan bahan humat 1.0 ml dan kompos 2.5 kg

Daftar Pustaka

- [1] Althabegoiti, M.A., E.O. Orrillo, L. Lozano, G.T. Tejerizo, M.A. Rogel, J. Mora, E.M. Romero, 2014. Characterization of Rhizobium grahamii extrachromosomal replicons and their transfer among rhizobia. *Microbiol.* 14(4), pp. 2-14.
- [2] Ayowole, O.A., E. Inselsbacher, T. Nasholm, 2014. Direct estimation of mass flow and diffusion of nitrogen compounds in solution and soil. *New Phytol.* 201(3), pp.1056-1064.
- [3] Baldotto, A.M., C.R. Muniz, L.E.B. Baldotto, B.L. Dobbss, 2011. Root growth of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. treated with humic acids isolated from typical soils of Rio de Janeiro State, Brazil. *Rev. Ceres (Impr.)* 58(4), pp. 504-511.
- [4] [BPT] Balai Penelitian Tanah. 2005. *Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor.
- [5] Boardman, F.O., A. Balgobin, B. Pillay, 2013. Bioavailability of heavy metals in soil: impact on microbial biodegradation of organic compounds and possible improvement strategies. *Int J Mol Sci.* 14(5), pp. 10197-10228.
- [6] Brady NC. 1974. *The Nature and Properties of Soils*. MacMillan, New York (US).
- [7] Celik, I., H. Gunal, M. Budak, C. Akpınar, 2010. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma.* 160(2), pp.236-243.
- [8] David, J., D. Smejkalova, S. Hudecova, O. Zmeskal, V.R. Wandrszka, T. Gregor, J. Kucerik, 2014. The physico-chemical properties and biostimulative activities of humic substances regenerated from lignite. *J Springerplus.* 3(1), pp.165.
- [9] Fauziah, B.A., 2009. Pengaruh asam humat dan kompos aktif untuk memperbaiki sifat tailing dengan indikator pertumbuhan tinggi semai *Enterolobium cyclocarpum* Griseb dan *Altingia excelsa* Noronhae. Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [10] Fleming, M., T. Yiping, Z. Ping, B.M. McBride, 2013. Extractability and bioavailability of Pb and As in historically contaminated orchard soil: effects of compost amendments. *Environ Pollut.* 177, pp. 90-97.
- [11] Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M.A. Diha, G.B. Hong, H.H. Bailey, 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung, Lampung.
- [12] Hardjowigeno, S., 2010. *Ilmu Tanah*. Akademika Pr, Jakarta.
- [13] Herjuna, S., 2011. *Pemanfaatan bahan humat dan abu terbang untuk reklamasi lahan bekas tambang [Tesis]*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [14] Huang, P.M., M. Schnitzer, 1997. *Interaksi Mineral Tanah Dengan Organik Alami dan Mikroba*. Goenadi DH, penerjemah. Sudarsono, editor. *Interactions of Soil Minerals With Natural Organics and Microbes*. UGM press, Yogyakarta.
- [15] Hidayat. 2002. *Informasi Singkat Benih Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen. Di dalam: Herjuna S. 2011. *Pemanfaatan bahan humat dan abu terbang untuk reklamasi lahan bekas tambang [Tesis]*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [16] Kubicka, K., S.A. Cymerman, K. Kolon, P. Kosiba, J.A. Kempers, 2015. Chromium and nickel in *Pteridium aquilinum* from environments with various levels of these metals. *Environ Sci Pollut Res Int.* 22, pp. 527-534.
- [17] Kumpiene, J., P. Desogus, S. Schulenburg, M. 2013. Utilisation of chemically stabilized arsenic-contaminated soil in a landfill cover. *Environ Sci Pollut Res Int.* 20(12), pp. 8649-8662.
- [18] Mansur, I., R. Prematury, Dewi. 2007. *Species trial for revegetation of mining site at PT Maruwai Coal (BHP Biliton) Central Kalimantan*. Project Report. Bogor.
- [19] Munawar, A., 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press, Bogor.
- [20] Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agro Media Pustaka, Jakarta.
- [21] Palanivell, P., K. Susilawati, O.H. Ahmed, M. Nik Muhammad, 2013. Compost and crude humic substances produced from selected wastes and their effects on *Zea mays* L. nutrient uptake and growth. *Scientific World Journal.* 2013(15).
- [22] Rahmawaty. 2002. *Restorasi lahan bekas tambang berdasarkan kaidah ekologi*. USU Digital Library. Sumatera Utara.
- [23] Sariwahyuni. 2012. *Rehabilitasi lahan bekas tambang PT. Incosorowako dengan bahan organik, bakteri pelarut fosfat dan bakteri pereduksi nikel*. *J Riset Industri* 5(2), pp.149-155.
- [24] Sembiring S. 2008. Sifat kimia dan fisik tanah pada areal bekas tambang bauksit di Pulau Bintan, Riau. *Info Hutan.* 5(2), pp. 123-134.
- [25] Setyaningsih, L., 2007. *Pemanfaatan cendawan mikoriza arbuskula dan kompos aktif untuk meningkatkan pertumbuhan semai mindi (Melia azedarach Linn) pada media tailing tambang emas Pongkor*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [26] Siczek, A., J. Juli, G. Wielbo, J. D. Kida, P. Szarlip, 2014. Symbiotic activity of pea (*Pisum sativum*) after application of nod factors under field conditions. *Int J Mol Sci.* 15(5), pp. 7344-7351.
- [27] Suprihatno, B., R. Hamidy, B. Amin, 2012. Analisis biomassa dan cadangan karbon tanaman bambu belangke (*Gigantochloa pururiens*). *J Lingk.* 6(1), pp. 82-92.
- [28] Sutaryo D. 2009. *Perhitungan biomassa: sebuah pengantar untuk studi karbon dan perdagangan karbon*. *Wetlands International Indonesia Programme*. Bogor.
- [29] Suwarno dan Idris K. 2007. Potential and possibility of direct use of guano as fertilizer in Indonesia. *J Tanah dan Lingk.* 9(1), pp. 37-43.
- [30] Syukur, A., Nur, I.A., 2006. Kajian pengaruh pemberian macam pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada ultisol. *J Ilmu Tanah dan Lingk.* 6(2), pp. 124-131.
- [31] Szczygłowska, M., A. Piekarska, P. Konieczka, J. Namieśnik 2011. Use of brassica plants in the phytoremediation and biofumigation processes. *Int J Mol Sci.* 12(11), pp. 7760-7771.
- [32] Tamin, R.P. 2010. *Pertumbuhan semai jabon (Anthocephalus cadamba Roxb. Mic) pada media pasca penambangan batu bara yang diperkaya fungi mikoriza arbuskula, limbah batubara dan pupuk NPK*. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [33] Tan KH. 1998. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Gomardi DH, penerjemah. *Terjemahan dari: Principle of Soil Chemistry*. UGM Press, Yogyakarta.
- [34] Trevisan, S., O. Francioso, S. Quaggiotti, S. Nardi. 2010. Humic substances biological activity at the plant soil interface: from environmental aspects to molecular factors. *Plant Signal Behav.* 5(6), pp. 635-643.
- [35] Widiatmaka, Suwarno, N. Kusmaryandi, 2010. Karakteristik pedologi dan pengelolaan revegetasi lahan bekas tambang nikel: studi kasus lahan bekas tambang nikel Pomalaa, Sulawesi Tenggara. *J Tanah Lingk.* 12(2), pp. 1-10.
- [36] Widuri, S.A., I. Yassir, 2012. *Pertumbuhan laban (Vitex pinnata) dengan perlakuan asam humat dan kompos di lahan pascatambang batubara PT. Singlurus Pratama, Kalimantan Timur*. Makalah Seminar Penelitian. Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam, Samboja.

- [37] Zhen, Z., H. Liu, N. Wang, L. Guo, J. Meng, N. Ding, G. Wu, G. Jiang, X.W. Lin 2014. Effects of manure compost application on soil microbial community diversity and soil microenvironments in a temperate cropland in China. *Plos One*. 9(10), pp. 1-12.