

PERTUMBUHAN *Syzygium polyanthum* PADA TANAH TERCEMAR OLI DENGAN PENAMBAHAN BAHAN ORGANIK

(The growth of Syzygium polyanthum as a phytoremediant in used engine oil-contaminated soil with organic application)

Basuki Wasis^{1*}, Hastina Purnama¹, Bayu Winata¹

¹Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University

*Corresponding author. e-mail: basuki_wasis@yahoo.com

(Diterima 1 April 2026. /Disetujui 23 April 2026)

ABSTRACT

Used engine oil – a hazardous and toxic material contains chemical substances such as hydrocarbon compound, nitrogen oxides, sulfur, and heavy metals. This study aimed to investigate the growth response of *Syzygium polyanthum* seedlings to the application of goat manure and husk charcoal and seeks to determine the optimal dosage of these soil amendments for enhancing seedling performance in used engine oil-contaminated soils. In general, *S. polyanthum* was a tree species with strong potential as a phytoremediation agent candidate in used engine oil-contaminated soils. Soil amendment through the application of organic matters was necessary to enhance plant adaptation and increase the potential of phytoremediation. The single application of goat manure and husk biochar to used engine oil-contaminated soils had a positive effect on most growth parameters and soil properties. The single application of goat manure significantly enhanced seedling height, biomass, root length, and soil respiration. Conversely, the single application of husk charcoal had a significant effect on soil respiration only. The combined application of 90 g of goat manure and 60 g of husk charcoal per polybag was identified as the optimal dosage, promoting the adaptation and growth of *S. polyanthum* seedlings while improving the characteristic of used engine oil-contaminated soils. Moreover, these treatments effectively reduced the concentrations of several heavy metals, including Pb, Al, and Zn.

Keywords: husk charcoal, organic fertilizer, soil amendment, phytoremediation, *Syzygium polyanthum*, used engine oil

ABSTRAK

Limbah oli bekas merupakan bahan berbahaya dan beracun (B3) karena mengandung zat kimia seperti senyawa hidrokarbon, nitrogen-oksida, sulfur, dan logam berat. Studi ini bertujuan untuk menganalisis respon pertumbuhan semai *Syzygium polyanthum* terhadap penambahan pupuk kandang kambing dan arang sekam serta menganalisis dosis optimal pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam yang dapat meningkatkan pertumbuhan semai *S. polyanthum* pada tanah tercemar limbah oli bekas. Secara umum, *S. polyanthum* merupakan jenis pohon yang berpotensi dikembangkan menjadi kandidat tanaman fitoremediasi pada tanah tercemar limbah oli bekas. *Soil amendment* melalui pemberian bahan organik perlu dilakukan untuk meningkatkan adaptasi tanaman dan peluang fitoremediasi. Perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam pada tanah terkontaminasi limbah oli bekas memberikan pengaruh positif terhadap sebagian besar parameter pertumbuhan dan karakteristik tanah. Perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, biomassa, dan panjang akar, serta respirasi tanah. Adapun perlakuan tunggal pemberian arang sekam berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah. Pemberian masing-masing 90 g pupuk kandang kambing / polibag dan 60 g arang sekam / polibag merupakan dosis terbaik yang dapat mendukung adaptasi dan pertumbuhan semai *S. polyanthum* serta perbaikan karakteristik tanah yang terkontaminasi limbah oli bekas. Perlakuan ini juga mampu menurunkan konsentrasi beberapa logam berat seperti Pb, Al, dan Zn.

Kata kunci: amandemen tanah, arang sekam, fitoremediasi, oli bekas, pupuk organik, *Syzygium polyanthum*

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat di beberapa sektor baik industri dan transportasi saat ini, berimplikasi terhadap kebutuhan perawatan infrastruktur dan mesin yang semakin meningkat (Winata et al. 2018). Hal tersebut berdampak pada penggunaan oli yang semakin meningkat dan luas. Oli merupakan salah satu produk turunan dari minyak bumi yang berfungsi sebagai pelumas mesin. Bahan pelumas mesin umumnya mengandung sekitar 70 – 90% oli dasar (*base oil*), sedangkan sisanya merupakan bahan aditif tambahan untuk meningkatkan kualitas pelumas. Limbah oli bekas berpotensi menjadi bahan pencemar (polutan) terhadap lingkungan, karena kandungan berbagai bahan kimia, diantaranya senyawa hidrokarbon yaitu polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), logam berat (Pb, Cd, dan As), serta bahan aditif (Munirah et al. 2015; Armioni et al. 2024). Fakta di lapangan menunjukkan bahwa oli bekas seringkali dibuang ke lingkungan dan menyebabkan pencemaran. Cemar limbah oli bekas pada ekosistem dapat mempengaruhi kualitas tanah dan air, serta berbahaya bagi lingkungan hidup (Rolling et al. 2002). Selain itu, limbah oli bekas termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) (Khatimah et al 2016; Tahfifah et al 2016). Bahkan Winata et al. (2018) menyatakan bahwa cemaran minyak dapat menyebabkan dampak yang parah terhadap organisme, karena kandungan senyawa-senyawa beracun seperti hidrokarbon, nitrogen-oksida, sulfur, dan *heavy metal*.

Remediasi merupakan salah satu upaya untuk menanggulangi pencemaran bahan beracun seperti minyak bumi dan logam berat. Secara umum, terdapat tiga metode remediasi, yaitu metode fisik, kimia, dan biologi. Bioremediasi merupakan metode remediasi secara biologi dengan memanfaatkan agen hayati untuk menjalankan proses biodegradasi terhadap bahan pencemar, sehingga dapat menghilangkan dan/atau mengubah bahan pencemar ke dalam keadaan yang tidak berbahaya. Biodegradasi senyawa hidrokarbon pada cemaran limbah oli bekas memerlukan peran komunitas mikroba yang dapat menguraikan bahan organik pada cemaran minyak, salah satunya dikenal dalam kelompok petrofil (Barathi & Vasudevan 2001). Selain itu, terdapat alternatif pendekatan lain yang sangat potensial dikembangkan dalam metode remediasi menggunakan agen hayati berupa tumbuhan, atau dikenal sebagai fitoremediasi. Fitoremediasi adalah teknik remediasi dengan menggunakan tumbuhan (tanaman) sebagai agen untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi, dan

mengimobilisasi bahan pencemar dari lingkungan (Winata et al. 2016). Kehadiran vegetasi pada area yang tercemar limbah oli bekas dapat berperan dalam menghadirkan substrat dan sumber energi dalam bentuk karbon bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroba pendegradasi kontaminan (Widyati 2013).

Pemilihan jenis tanaman yang adaptif sebagai fitoremediasi perlu mempertimbangkan berbagai macam aspek, baik ekologi, ekonomi, dan sosial. Winata et al. (2019) berpendapat bahwa pohon merupakan tanaman yang sangat berpotensi dikembangkan sebagai tanaman fitoremediasi, karena potensi ukuran, biomassa, dan periode umur yang lebih panjang dibandingkan tumbuhan bawah (rumput / herba). Salam (*Syzygium polyanthum*) merupakan salah satu jenis *multi purpose tree species* (MPTS) yang direkomendasikan untuk program rehabilitasi lahan kritis, sebab memiliki kemampuan tumbuh, tanpa syarat tempat tumbuh yang tinggi (Handayani 2009; Wasis & Naiborhu 2021; Wasis & Prihanto 2023). Di samping itu, perbaikan tanah (*soil amendment*) pada tanah tercemar juga perlu dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan memperbaiki karakteristik tanah. Diantara bahan pembenah tanah yang dapat digunakan, yaitu pupuk organik (pupuk kandang kambing) dan arang sekam yang diharapkan dapat meningkatkan porositas, permeabilitas, kemampuan menahan air (*water holding capacity*), dan laju biodegradasi kontaminan dalam tanah. Arang sekam juga dapat mempercepat ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan dapat meningkatkan pH (Komarayati et al. 2003; Wasis & Prihanto 2023).

Syzygium merupakan marga tumbuhan dari famili Myrtaceae yang memiliki banyak manfaat, salah satunya sebagai agen bioremediasi lahan tercemar logam berat dan limbah industri (Mudiningrat et al. 2023). Studi yang dilakukan oleh Wasis & Naiborhu (2021) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk kandang sapi dan arang kayu mampu meningkatkan pertumbuhan semai *S. polyanthum* pada tanah tercemar oli bekas. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan organik seperti limbah kotoran sapi, arang kayu, dan arang sekam memiliki potensi yang baik dalam mendukung pertumbuhan tanaman fitoremediasi dan meningkatkan peluang remediasi pada tanah terkontaminasi minyak bumi, serta cemaran logam berat yang terkandung di dalamnya. Selain pupuk kandang sapi, kotoran kambing juga merupakan salah satu bahan organik yang potensial dimanfaatkan dalam perbaikan sifat tanah, khususnya tanah yang tercemar. Oleh sebab itu, penelitian terhadap aplikasi bahan organik yang

berasal dari limbah kotoran kambing dengan kombinasi arang sekam perlu dilakukan dalam rangka mendukung pertumbuhan tanaman *S. polyanthum* pada media yang tercemar minyak bumi, seperti oli bekas. Hal ini sangat penting dalam memberikan alternatif metode atau bahan organik dalam upaya remediasi lingkungan yang tercemar kontaminan berbahaya, seperti minyak bumi (oli bekas).

Studi ini dilakukan untuk menganalisis respon pertumbuhan semai *S. polyanthum* terhadap penambahan pupuk kandang kambing dan arang sekam pada tanah tercemar oli bekas, serta menganalisis dosis optimal pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam yang dapat meningkatkan pertumbuhan semai *S. polyanthum* pada tanah tercemar oli bekas.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Studi ini dilaksanakan selama tiga bulan, dimulai pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni tahun 2020 di Rumah Kaca Silvikultur dan Laboratorium Pengaruh Hutan, Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University. Adapun analisis sifat tanah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University.

Pengumpulan Data atau Prosedur Penelitian

Studi ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu perlakuan penyiapan media tanam dan semai tanaman, penanaman dan pemeliharaan semai tanaman, pengamatan dan pengambilan data, dan analisis data.

Penyiapan Tanah (Media Tanam) dan Penyiapan Semai

Tanah topsoil dalam keadaan kering udara disaring dan ditimbang seberat masing-masing seberat 1 kg, lalu dimasukkan ke dalam polibag, dan dicampur dengan 60 ml limbah oli bekas secara merata (Wasis & Naiborhu 2021). Media tersebut lalu diaklimatisasi selama 7 hari agar limbah oli bekas meresap ke dalam tanah secara optimal. Setelah itu, dilakukan *soil amendement* dengan pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam. Dosis takaran pupuk kandang terdiri dari 0 g / polibag (K0), 30 g / polibag (K1), 60 g / polibag (K2), 90 g / polibag (K3), dan 120 g / polibag (K4). Adapun dosis arang sekam yang diberikan, yaitu 0 g / polibag (A0), 20 g / polibag (A1), 40 g / polibag (A2), dan 60 g / polibag (A3). Selanjutnya, semai *S. polyanthum* berumur \pm 4 bulan diseleksi dengan mempertimbangkan beberapa kondisi, seperti tinggi dan diameter yang relatif seragam, batang yang

lurus, serta bebas hama dan penyakit (Wasis et al. 2015)

Penanaman dan Pemeliharaan Semai

Sebelum ditanam polybag pada semai *S. polyanthum* dilepas. Semai *S. polyanthum* dengan media tumbuh ditanam pada setiap media tanam yang sudah diberikan perlakuan dengan memperhatikan *root ball*-nya untuk menghindari stres pada tanaman (Wasis et al. 2015). Selain itu, proses penanaman dilakukan pada pagi hari untuk mengurangi stres lingkungan akibat peningkatan transpirasi. Semai dipelihara setiap hari dengan penyiraman secara seragam, dan monitoring terhadap potensi terjadinya serangan hama dan penyakit (Wasis et al. 2015; Winata et al. 2016)

Pengamatan dan Pengambilan Data

Pengamatan dilakukan setiap 1 minggu sekali selama 3 bulan dengan mengukur parameter pertumbuhan, berupa tinggi dan diameter. Tinggi diukur dengan mistar dari pangkal batang hingga pucuk tertinggi (terluar) tanaman. Diameter batang diukur menggunakan kaliper digital pada pangkal batang dengan ketinggian yang seragam, yaitu \pm 1 cm di atas permukaan tanah. Pada akhir pengamatan dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter pertumbuhan, meliputi biomassa (berat basah total dan berat kering total), panjang akar, dan nisbah pucuk akar (NPA) (Winata et al. 2016). Selain itu, dilakukannya analisis terhadap contoh tanah (media tanam) untuk mengetahui parameter respirasi tanah (biologi tanah) dengan menggunakan metode Nasution et al. (2015). Adapun sifat kimia tanah (pH, nitrogen (N)-Total, kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB), aluminium (Al), hidrogen (H), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), timbal (Pb) dan tekstur tanah) dianalisis di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Studi ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial menurut Steel & Torrie (1993) dengan 2 faktor, dan 3 ulangan. Faktor pertama, yaitu pupuk kandang kambing yang terdiri dari 5 taraf (0 g / polibag, 30 g / polibag, 60 g / polibag, 90 g / polibag, dan 120 g / polibag). Faktor kedua, yaitu arang sekam yang terdiri dari 4 taraf 0 g / polibag, 20 g / polibag, 40 g / polibag, dan 60 g / polibag. Sidik ragam dengan Uji F dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan dalam penelitian. Jika perlakuan berpengaruh nyata (p -value $<$ α 0,05), maka dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sidik ragam (Tabel 1) menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam terhadap tanah yang terkontaminasi limbah oli bekas tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter pertumbuhan *S. polyanthum* dan respirasi tanah pada selang kepercayaan 95%. Hasil temuan ini mengindikasikan jika *S. polyanthum* memiliki kemampuan dan adaptasi tumbuh yang baik terhadap tanah (media tumbuh) yang tercemar limbah oli bekas sebesar 60 ml per kg tanah selama 2 bulan pengamatan pertumbuhan, dengan dan tanpa pengaruh pemberian kombinasi pupuk kandang kambing dan arang sekam. Hal tersebut menunjukkan bahwa jenis pohon ini memiliki potensi yang baik sebagai agen fitoremediasi terhadap cemaran minyak bumi, seperti limbah oli bekas.

Di sisi lain, perlakuan tunggal pupuk kandang kambing memberikan pengaruh yang nyata terhadap beberapa parameter, meliputi tinggi, berat basah dan berat kering total, panjang akar, serta respirasi tanah. Selain itu, perlakuan tunggal arang sekam hanya berpengaruh nyata pada respirasi tanah. Fenomena ini mengindikasikan bahwa penambahan bahan pembenah tanah (*soil amendment*) seperti pupuk organik (pupuk kandang kambing) dan arang sekam masih dapat membantu memberikan pengaruh terhadap perbaikan pertumbuhan dan metabolisme organisme tanah (respirasi tanah). Adapun perlakuan tunggal arang sekam yang tidak berpengaruh nyata terhadap kebanyakan parameter dalam studi ini, diduga disebabkan oleh level kontaminan limbah oli bekas yang masih tergolong dalam batas adaptasi *S. polyanthum*. Pertumbuhan adalah parameter yang esensial dalam pemantauan kemampuan adaptasi tanaman terhadap tempat tumbuh yang terkontaminasi polutan, bahkan merupakan aspek yang mendasar dalam fitoremediasi, karena berkaitan dengan tingkat toleransi tanaman (Winata et al. 2016; Cunningham & Ow 1996).

Pertumbuhan Tinggi dan Panjang Akar Semai *S. polyanthum*

Pertumbuhan merupakan pertambahan dimensi, baik tinggi dan diameter pada tanaman (Wasis & Sandrasari 2011). Pertumbuhan tinggi merupakan pertumbuhan primer yang terjadi pada meristem di ujung akar dan pucuk tanaman. Jaringan meristem pada tanaman aktif membelah, sehingga menyebabkan pertambahan dimensi tanaman secara vertikal (Darmawan & Baharsjah 2010). Tabel 2 menyajikan hasil uji lanjut DMRT pada perlakuan

tunggal pemberian pupuk kandang kambing terhadap tinggi dan panjang akar semai *S. polyanthum* dalam media tercemar limbah oli bekas.

Respon pertumbuhan tinggi terbaik ditunjukkan oleh semai *S. polyanthum* dengan perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing sebesar 120 g / polibag. Perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan dosis 90 g dan 0 g / polibag. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian 90 g pupuk kandang kambing / polibag pada tanah terkontaminasi 60 ml limbah oli bekas, secara signifikan mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi semai *S. polyanthum*. Walaupun demikian, semai *S. polyanthum* masih bisa tumbuh dengan relatif baik pada tanah terkontaminasi 60 ml limbah oli bekas, tanpa pemberian pupuk kandang kambing. Hal tersebut diduga berkaitan dengan tingkat kontaminasi limbah oli bekas yang masih berada pada ambang toleransi (adaptasi) dari jenis ini. Studi ini juga mengungkap bahwa *soil amendment* melalui pemberian pupuk organik (pupuk kandang kambing) relatif bermanfaat dalam meningkatkan adaptasi pertumbuhan tanaman *S. polyanthum* pada tanah terkontaminasi limbah oli bekas. Hal ini dapat diindikasikan dari perlakuan tunggal pupuk kandang kambing sebesar 0 g / polibag yang tidak berbeda nyata dengan dosis 30 g dan 60 g / polibag, dimana keduanya menghasilkan persentase pertumbuhan tinggi yang paling rendah (masing-masing 19,36 cm dan 19,23 cm). Hardjowigeno (2003) menyatakan bahwa pemberian pupuk perlu memperhatikan konsentrasi dan jenis pupuk, karena berhubungan dengan kebutuhan tanaman terhadap unsur hara.

Di sisi lain, perlakuan tunggal pemberian 30 g / polibag pupuk kandang kambing memberikan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan panjang akar terbaik. Perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan pemberian 90 g dan 120 g pupuk kandang kambing / polibag. Nitrogen (N) merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan tanaman, khususnya pada tahap pertumbuhan primer (seperti tinggi) dalam rangka pembentukan asam amino yang penting bagi penyusunan protein untuk membentuk klorofil, asam nukleat, dan enzim (Sinuraya & Melati 2019). Ketersediaan N dalam pupuk kandang kambing bisa mempercepat pembentukan bagian vegetatif tanaman, karena proses pembelahan, pemanjangan, dan pembesaran sel baru pada jaringan meristem (ujung akar dan pucuk) berlangsung maksimal, sehingga pertumbuhan tinggi tanaman dapat berlangsung secara optimal (Sinuraya & Melati 2019). Selain itu, tanaman juga memerlukan unsur Fosfor (P) untuk mendukung pertumbuhan akar, khususnya pada awal pertumbuhan. Tanaman menyerap P dalam

bentuk ortofosfat dan ion ortofosfat sekunder (Wicaksono et al. 2014). Berdasarkan hasil penelitian ini, diketahui bahwa pemberian pupuk organik (pupuk kandang kambing) mampu membantu meningkatkan pertumbuhan tinggi dan panjang akar tanaman. Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan unsur hara pada pupuk kandang kambing. Studi Suarmaprasetya & Soemarno (2021) menunjukkan bahwa pupuk dari kotoran kambing mengandung unsur hara N dan P, masing-masing sebesar 2,5% dan 1,48%.

Biomassa Semai *S. polyanthum*

Biomassa tanaman dapat menggambarkan optimalisasi dari metabolisme tanaman yang dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal, serta dapat ditunjukkan dari berat basah dan berat kering tanaman. Berat basah mengindikasikan aktivitas metabolisme tanaman, karena masih berkaitan dengan kadar air, unsur hara, dan hasil metabolisme tanaman (Wasis et al. 2015; Sitompul & Guritno 1995; Anni et al. 2013). Adapun berat kering merupakan akumulasi massa tanaman hasil dari metabolisme dalam proses fisiologis yang efisien, tanpa adanya kandungan kadar air pada jaringan tanaman (Winata et al. 2015; Wulandari & Susanti 2012). Tabel 3 menyajikan hasil uji lanjut DRMT pengaruh perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing terhadap pembentukan biomassa tanaman.

Perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing sebesar 90 g / polibag menghasilkan berat basah total tertinggi (18,557 g). Perlakuan ini tidak

berbeda secara signifikan dengan pemberian 30 g dan 90 g pupuk kandang kambing / polibag. Selain itu, berat kering total tertinggi (6,783 cm) ditunjukkan oleh semai *S. polyanthum* yang ditanam pada media tanah terkontaminasi 60 ml limbah oli bekas dengan pemberian pupuk kandang sebesar 120 g / polibag. Perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan pemberian pupuk kandang kambing sebesar 90 g dan 30 g / polibag tanah. Akan tetapi perlakuan pemberian 30 g pupuk kandang kambing / polibag tidak berbeda secara signifikan dengan perlakuan kontrol, baik untuk berat basah maupun berat kering total. Berdasarkan hal tersebut, maka dosis pemberian pupuk kandang kambing yang optimal untuk meningkatkan pertumbuhan semai *S. polyanthum* yang ditanam pada media tanah terkontaminasi 60 ml limbah oli bekas, yaitu sebesar 90 g – 120 g / polibag. Adapun berat tanah terkontaminasi dalam penelitian ini, yaitu sebesar 1 kg per polibag.

Pupuk kandang kambing mengandung berbagai unsur hara, diantaranya kalium (K) yang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan air pada tanaman, sehingga berpotensi meningkatkan berat basah tanaman. Selain itu, pupuk kandang kambing juga mengandung unsur P yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan akar, dimana akar memiliki fungsi dalam penyerapan air dan hara (Wibowo et al. 2018), serta adaptasi terhadap stres lingkungan. Di sisi lain, berat basah juga memiliki hubungan keterkaitan dengan pembentukan berat kering tanaman sebagai hasil dari proses metabolisme fisiologis tanaman.

Tabel 1 Hasil sidik ragam pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam terhadap pertumbuhan semai *S. polyanthum* pada tanah terkontaminasi limbah oli bekas

Parameter	Perlakuan		
	Pupuk Kandang Kambing	Arang Sekam	Pupuk Kandang Kambing X Arang Sekam
Tinggi	0,0302*	0,7897 ^{tn}	0,8516 ^{tn}
Diameter	0,1652 ^{tn}	0,4882 ^{tn}	0,6003 ^{tn}
Berat basah total	0,0207*	0,7415 ^{tn}	0,5599 ^{tn}
Berat kering total	0,0167*	0,342 ^{tn}	0,4349 ^{tn}
Nisbah pucuk akar	0,8565 ^{tn}	0,5071 ^{tn}	0,3631 ^{tn}
Panjang akar	0,0043*	0,2731 ^{tn}	0,4598 ^{tn}
Respirasi tanah	0,0001*	0,0373*	0,1490 ^{tn}

Keterangan : Angka-angka dalam tabel Adalah nilai signifikan. * = perlakuan berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95%, dengan signifikansi $p\text{-value} < 0.05 (\alpha)$. ^{tn} = perlakuan tidak berpengaruh nyata pada selang kepercayaan 95%, dengan signifikansi $p\text{-value} > 0.05 (\alpha)$.

Tabel 2 Hasil uji lanjut DMRT pengaruh pemberian pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan tinggi dan panjang akar semai *S. polyanthum*

Perlakuan	Tinggi (cm)	% Peningkatan	Panjang Akar (cm)	% Peningkatan
0 g / polibag (K0)	21,91 ^{ab}	0,00	18,51 ^c	0,00
30 g / polibag (K1)	19,36 ^b	-11,64	23,73 ^a	28,20
60 g / polibag (K2)	19,23 ^b	-12,21	20,32 ^{bc}	9,77
90 g / polibag (K3)	24,59 ^a	12,25	22,27 ^{ab}	20,32
120 g / polibag (K4)	24,82 ^a	13,31	23,72 ^a	28,15

Tabel 3 Hasil uji lanjut DMRT pengaruh pemberian pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan biomassa semai *S. polyanthum*

Perlakuan	Berat Basah Total (g)	% Peningkatan	Berat Kering Total (g)	% Peningkatan
0 g / polibag (K0)	15,467 ^b	0,00	5,100 ^b	0,00
30 g / polibag (K1)	17,549 ^{ab}	13,46	5,912 ^{ab}	15,93
60 g / polibag (K2)	15,223 ^b	-1,58	5,003 ^b	-1,90
90 g / polibag (K3)	18,557 ^a	19,98	6,550 ^a	28,43
120 g / polibag (K4)	18,505 ^a	19,64	6,783 ^a	33,01

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom perlakuan, mengindikasikan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%, dengan signifikansi p-value > 0.05 (α).

Tabel 4 Hasil uji lanjut DMRT pengaruh perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam terhadap respirasi tanah

Perlakuan	Dosis	Respirasi Tanah (mg CO ₂ /hari/100 g tanah)	%Peningkatan
Pupuk kandang kambing	0 g / polibag (K0)	2,62 ^c	0,00
	30 g / polibag (K1)	4,10 ^c	56,19
	60 g / polibag (K2)	3,37 ^c	28,38
	90 g / polibag (K3)	6,40 ^b	143,81
	120 g / polibag (K4)	10,21 ^a	289,14
Arang sekam	0 g / polibag (A0)	4,29 ^b	0,00
	20 g / polibag (A1)	4,98 ^b	16,27
	40 g / polibag (A2)	5,43 ^{ab}	26,56
	60 g / polibag (A3)	6,71 ^a	56,53

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom perlakuan, mengindikasikan perlakuan tidak berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%, dengan signifikansi p-value > 0.05 (α).

Tabel 5 Pengaruh perlakuan pemberian pupuk kandang kambing dan arang sekam terhadap karakteristik tanah terkontaminasi limbah oli bekas

Parameter	Perlakuan				
	K0A0	Kriteria	K3A3	Kriteria	Perubahan
pH tanah	4,34	Sangat masam*	5,88	Agak masam*	+1,54
C-organik (%)	4,78	Tinggi*	5,77	Sangat tinggi*	+0,99
N-Total (%)	0,12	Rendah*	0,15	Rendah*	+0,03
P-tersedia (ppm)	1,21	Sangat rendah*	2,16	Sangat Rendah*	+0,95
Ca (me/100g)	1,43	Sangat rendah*	4,53	Rendah*	+3,1
Mg (me/100g)	0,16	Sangat rendah*	2,61	Tinggi*	+2,45
K (me/100g)	0,14	Rendah*	2,77	Sangat tinggi*	+2,63
Na (me/100g)	0,07	Sangat rendah*	0,28	Rendah*	+0,21
KTK (me/100g)	13,24	Rendah*	15,11	Rendah*	+1,87
KB (%)	13,52	Sangat rendah*	67,45	Tinggi*	+53,93
Al (me/100g)	2,28	-	tr	-	-2,28
H (me/100g)	0,65	-	0,2	-	-0,45
Fe (ppm)	9,15	-	12,89	-	+3,74
Cu (ppm)	2,43	-	4,46	-	+2,03
Zn (ppm)	28,72	-	22,65	-	-6,07
Mn (ppm)	38,38	-	37,82	-	-0,56
Pb (ppm)	2,3	-	2	-	-0,3
Tekstur (%)					
- Pasir	2,68		5,97		+3,28
- Debu	11,07	Liat (clay)	21,04	Liat (clay)	+9,97
- Liat	86,25		72,99		-13,26

Keterangan: K0A0 (kontrol) = 0 g pupuk kandang kambing + 0 g arang sekam. K3A3 = 90 g pupuk kandang kambing + 60 g arang sekam. * = Kriteria penilaia sifat kimia tanah (Departemen Pertanian 1983).

Respirasi Tanah

Respirasi tanah merupakan salah satu sifat biologi tanah yang dapat menggambarkan metabolisme atau aktivitas biota tanah melalui pelepasan CO₂ (Winata & Ramadhan 2025). Setiap

organisme yang hidup di dalam tanah seperti mikroba, fauna tanah, dan termasuk akar tanaman melakukan metabolisme fisiologis, diantaranya yaitu proses respirasi. Tabel 4 menyajikan hasil uji lanjut DMRT pada perlakuan tunggal pemberian

pupuk kandang kambing dan arang sekam terhadap respirasi tanah yang terkontaminasi limbah oli bekas.

Perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing pada tanah terkontaminasi limbah oli bekas pada dosis 120 g / polibag mampu meningkatkan aktivitas biota tanah, dimana hal tersebut ditunjukkan dengan nilai respirasi tanah yang tertinggi (10,21 mg CO₂/hari/100 g tanah). Perlakuan ini berbeda secara signifikan dengan perlakuan yang lain termasuk kontrol. Adapun perlakuan tunggal pemberian arang sekam dengan dosis 60 g / polibag menghasilkan respirasi tanah yang tertinggi, yaitu 6,71 mg CO₂/hari/100 g tanah. Perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan tunggal pemberian arang sekam dengan dosis 40 g / polibag yang menghasilkan respirasi tanah sebesar 5,43 mg CO₂/hari/100 g tanah. Hasil studi ini menunjukkan bahwa *soil amendemnet* melalui pemberian bahan organik berupa pupuk kandang kambing dan pemberian arang sekam memiliki potensi yang baik dan prospektif dalam memperbaiki kualitas tanah yang terkontaminasi minyak bumi, seperti limbah oli bekas. Kedua perlakuan tersebut diduga mampu menstimulasi aktivitas biologi tanah dan pertumbuhan semai tanaman yang merupakan kunci dalam perbaikan kualitas tanah melalui proses ekologis dalam ekosistem.

Arang (*biocharcoal*) memiliki porositas yang baik, sehingga penting dalam meningkatkan penyerapan air dan unsur hara (Wasis et al. 2015), serta dapat menjadi habitat bagi biota tanah. Di sisi lain, arang sekam juga diduga memiliki kemampuan untuk membantu proses adsorpsi kontaminan limbah oli bekas pada tanah. Syahputra (2006) menyatakan bahwa pemberian bahan organik pada tanah juga dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroba tanah. Adanya peningkatan jumlah dan aktivitas mikroba tanah memiliki korelasi yang positif terhadap respirasi tanah. Kehadiran mikroba tanah diharapkan mampu menstimulasi siklus ekologis dan biogeokimia, serta adaptasi dan pertumbuhan tanaman fitoremediasi, sehingga semakin meningkatkan proses remediasi pada tanah terkontaminasi polutan, seperti limbah oli bekas.

Karakteristik Tanah

Tabel 5 menyajikan hasil analisis tanah terkontaminasi limbah oli bekas pada perlakuan kontrol atau K0A0 (0 g pupuk kandang kambing + 0 g arang sekam dan K3A3 (90 g pupuk kandang kambing + 60 g arang sekam). Perlakuan K3A3 dipilih sebagai kombinasi perlakuan terbaik berdasarkan dari analisis statistik dengan uji lanjut DMRT pada selang kepercayaan 95% yang menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan

pemberian 90 g pupuk kandang kambing dan 60 g arang sekam mampu memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap pertumbuhan semai *S. polyanthum*. Penelitian ini mengungkap bahwa pH tanah yang terkontaminasi limbah oli bekas mampu ditingkatkan dari kategori sangat masam (pH = 4,34) menjadi agak masam (pH = 5,88) melalui pemberian 90 g pupuk kandang kambing dan 60 g arang sekam selama 2 bulan (8 minggu). pH tanah adalah parameter sifat kimia tanah yang sangat penting, sebab dapat menjadi indikator kesehatan, ketersediaan hara, serta kesuburan tanah.

Selain itu perlakuan ini juga mampu memberikan efek positif dalam meningkatkan ketersediaan hara pada tanah terkontaminasi limbah oli bekas, seperti C-organik, N, P, K, Ca, Mg, kapasitas basa (KB), dan kapasitas tukar kation (KTK). Unsur N berfungsi dalam pembentukan sel klorofil yang penting bagi proses fotosintesis. Unsur P berfungsi dalam proses metabolisme tanaman, perkembangan akar, dan penguatan batang. Adapun unsur K berperan penting dalam proses metabolisme karbohidrat, serta mendukung pertumbuhan jaringan meristematik tanaman. Selain itu, unsur Mg juga tidak kalah pentingnya, karena merupakan komponen dari klorofil dan penting dalam pembentukan biomassa tanaman (Munawar 2011). Kemudian unsur Ca memiliki pun memiliki peran dalam penyusunan dinding sel serta pembelahan sel tanaman (White & Broadley 2003; Hardjowigeno 2003; Wasis & Islamika 2019).

Selanjutnya, perlakuan ini juga teridikasi mampu menurunkan konsentrasi H pada tanah, sehingga berdampak pada peningkatan pH tanah serta penurunan konsentrasi unsur Al dari 2,28 me/100 g menjadi tidak terukur (tidak terdeteksi). Hal tersebut diduga karena penurunan konsentrasi Al menurun hingga batas yang relatif sangat kecil. Unsur Al merupakan salah satu unsur yang dapat meracuni tanaman jika tersedia dalam jumlah yang relatif tinggi. Selain itu, perlakuan pemberian 90 g pupuk kandang kambing dan 60 g arang sekam juga mampu menurunkan beberapa logam berat lainnya, misalnya Pb, Mn, dan Zn. Limbah oli bekas memiliki kandungan beberapa logam berat, seperti Pb, Fe, Al, Mn, Zn, dan Cu yang tinggi, yang berasal dari bahan bakar serta kondisi mesin yang aus (Wasis & Andika 2017; Supriyanto et al. 2018). Adapun untuk unsur Fe dan Cu relatif meningkat. Namun, peningkatan konsentrasi kedua unsur tersebut tidak terindikasi terhadap penurunan atau gangguan adaptasi dan pertumbuhan semai *S. polyanthum*. Hal ini diduga karena konsentrasi unsur Fe dan Cu masih berada pada batas toleransi (kemampuan adaptasi) semai *S. polyanthum*.

Park (2011) dan Wasis & Naiborhu (2021) berpendapat bahwa arang dapat membantu dalam

mengatasi cemaran logam berat, karena memiliki area permukaan yang besar, kapasitas penyerapan logam berat (kontaminan) yang cukup tinggi, dan berpotensi mengurangi bioavailabilitas serta pelindian logam berat dalam tanah melalui adsorpsi atau reaksi fisikokimia. Adapun penggunaan bahan organik seperti pupuk kandang kambing juga berpotensi dalam membantu proses remediasi tanah, serta mendukung pertumbuhan dan adaptasi tanaman, juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah. Hal ini diharapkan dapat menjadi sinergi yang baik dalam mengoptimalkan teknik fitoremediasi pada tanah yang terkontaminasi minyak bumi, khususnya limbah oli bekas. Senyawa organik yang terdapat di dalam pupuk kandang kambing dapat mengikat senyawa logam menjadi senyawa kompleks yang tidak berbahaya bagi tanaman (Darmono 2006; Wasis dan Prihanto 2023).

SIMPULAN

S. polyanthum adalah jenis pohon yang berpotensi dikembangkan menjadi kandidat tanaman pada tanah tercemar limbah oli bekas. Perlakuan tunggal pemberian pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, biomassa, dan panjang akar, serta respirasi tanah. Adapun perlakuan tunggal pemberian arang sekam berpengaruh nyata terhadap respirasi tanah saja. Pemberian masing-masing 90 g pupuk kandang kambing / polibag dan 60 g arang sekam / polibag merupakan dosis terbaik yang dapat mendukung adaptasi dan pertumbuhan semai *S. polyanthum* serta perbaikan sifat tanah yang terkontaminasi limbah oli bekas. Bahkan perlakuan ini juga mampu menurunkan beberapa logam berat seperti Pb, Al, dan Zn. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan *S. polyanthum* dalam menyerap dan mengalokasikan logam berat serta degradasi PAH pada tanah terkontaminasi minyak bumi.

KONTRIBUSI PENULIS

BSW: Konseptualisasi, Metodologi, Kurasi Data, Penulisan - Draf Asli & Penyuntingan, Analisis Formal; **HP:** Perangkat Lunak, Kurasi Data, Investigasi, Penulisan - Tinjauan & Penyuntingan; dan **BYW:** Kurasi Data, Penulisan - Tinjauan & Penyuntingan. **KONFLIK KEPENTINGAN** Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI (*Artificial Intelligence*)

Selama penyusunan karya ini, penulis tidak menggunakan AI.

DAFTAR PUSTAKA

- Anni I A, Saptiningsih E, Haryanti S. 2013. Pengaruh naungan terhadap terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.) di Bandungan, Jawa Tengah. *Jurnal Biologi*. 2(3): 31-40.
- Armioni DM, Ratiu SA, Benera ML, Putan V. 2024. Overview on the environmental impact of used engine oil. *Journal of Physics: Conference Series*. 2927(2024): 1-9. doi: 10.1088/1742-6596/2927/1/012007
- Barathi S, Vasudevan. 2001. Utilization of petroleum hydrocarbon by *Pseudomonas fluorescens* isolated from a petroleum contaminated soil. *J. Environ. Int.* 26: 413-416.
- Cunningham SD, Ow DW. 1996. Promises and prospect of phytoremediation. *Plant Physiol.* 110: 715-719.
- Darmawan J, Baharsjah JS. 2010. *Dasar-Dasar Fisiologi Tanaman*. Jakarta (ID): SITC.
- Darmono. 2006. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta (ID): UI Press.
- Handayani M. 2009. Pengaruh dosis pupuk NPK dan kompos terhadap pertumbuhan semai salam (*Eugenia polyantha*. Wight) [Skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Hardjowigeno S. 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta (ID): Akademia Pressindo.
- Khatimah H, Hernawati, Rahmaniah. 2016. Uji kualitas fisis pengolahan limbah oli bekas menjadi bahan bakar alternative dengan metode distilasi sederhana. *Jurnal Fisika dan Terapannya (JFT)* Nomor 1, Volume 3, Desember 2016.
- Komarayati S, Pari G, Gusmalina. 2003. Pengembangan penggunaan arang untuk rehabilitasi lahan. *Bulletin Penelitian dan Pengembangan Kehutanan*. 4(1): 21-30.
- Mudiningrat A, Indriani BS, Istianah N, Retnoningsih A, Rahayu ES. 2023. Literatur review: pemanfaatan jenis-jenis *Syzygium* di Indonesia. *JB&P: Journal Biologi dan Pembelajarannya*. 10(3): 135-156.
- Munawar A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor (ID): IPB Press.
- Munriah AZ, Wan KWA, Ananthy R, Ng C. 2025. Concentration of heavy metals in virgin, used, recovered and waste oil: a spectroscopic study. *Procedia Environmental Sciences*. 30: 201-204.

- Park JH, Choppala GK, Bolan NS, Chung JW, Chuasavathi T. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant Soil* 348:439-451. doi: doi.org/10.1007/s11104-011-0948-y.
- Rolling W F M, Milner, D M Jones, K Lee, F Daniel, R P Swannell, I M Head. 2002. Robust hydrocarbon degradation and dynamics of bacterial communities during nutrient enhanced oil spill bioremediation. *J. Appl. Environ. Microbiol.* 68(1): 5537-5548.
- Sinuraya BA, Melati M. 2019. Pengujian berbagai dosis pupuk kandang kambing untuk pertumbuhan dan produksi jagung manis organik (*Zea mays* var. *Saccharata* Sturt). *Bul. Agrohorti.*7(1): 47-52.
- Sitompul SM, Guritno B. 1995. *Analisa Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Suarnaprasetya RA, Soemarno. 2021. Pengaruh kompos kotoran kambing terhadap kandungan karbon dan fosfor tanah dari kebun kopi Bangelan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan.* 8(2): 505-514.
- Supriyanto A, Alimuddin, Bohari. 2018. Analisis logam Fe, Cu, Pb, dan Zn minyak pelumas baru dan bekas menggunakan X-Ray Fluorescens. *Jurnal Atomik.* 3(1): 13-17
- Syahputra I. 2006. Pengaruh bahan organik terhadap beberap sifat kimia tanah serta populasi dan aktivitas mikroorganisme rhizosfer jagung (*Zea mays* L) pada lahan kering masam [Skripsi]. Banda Aceh (ID): Universitas Syiah Kuala.
- Tahfifah A, Lestari H D, Gunawan S. 2016. Pra Desain Pabrik Lube Base Oil dari Oli Bekas dengan Proses Ekstraksi Solvent. *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
- Wasis B, Sandrasari A. 2011. Pengaruh pemberian pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan semai mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) pada media tanah bekas tambang emas (tailing). *J. Silvikultur Tropika.* 3(1): 109-112.
- Wasis B, Andika A. 2017. Growth response of mahogany seedling (*Swietenia macrophylla* King.) to addition of coconut shell charcoal and compost on ex-sand mining site of West Java Province in Indonesia. *Agriculture and Environmental Science.* 2(3): 238-243.
- Wasis B, Islamika SE. 2019. Pengaruh penambahan arang tempurung kelapa dan bokhasi pupuk kandang terhadap pertumbuhan semai akasia (*Acacia mangium* Willd.) di media bekas tambang. *J. Silvikultur Tropika.* 10(01):29-34.
- Wasis B, Mulyana D, Winata B. 2015. Pertumbuhan semai jabon (*Anthocephalus cadamba*) pada media bekas tambang pasir dengan penambahan sub soil dan arang tempurung kelapa. *J. Silvikultur Tropika.* 6(2): 93-100.
- Wasis B, Naiborhu RH. 2021. Optimalisasi pemberian pupuk kandang sapi dan arang kayu terhadap pertumbuhan salam (*Syzygium polyanthum* (Wight) Walp.) pada tanah tercemar oli bekas. *J. Silvikultur Tropika.* 12(1):67-77.
- Wasis B, Prihanto D. 2023. Pertumbuhan semai salam (*Syzygium polyanthum*) terhadap pemberian pupuk kandang sapi dan arang sekam pada tanah tercemar oli bekas. *J. Silvikultur Tropika.* 14(1): 47-55.
- White PJ, Broadley MR. 2003. Calcium in plants. *Annals of Botany.* 92:487-511. doi:10.1093/aob/mcg164
- Wibowo, Suprpto A, Astiningrum A. 2018. Pengaruh dosis Trichoderma spp. dan komposisi media terhadap pertumbuhan semai durian (*Durio zibethinus* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika.* 3(1): 17-21.
- Wicaksono MI, Rahayu M, Samanhudi. 2014. Pengaruh pemberian mikoriza dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bawang putih. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian.* 29(1): 35-44.
- Widyati E. 2013. Dinamika komunitas mikroba di rizosfer dan kontribusinya terhadap pertumbuhan tanaman hutan. *Jurnal Hutan Tanaman.* 6(2): 55-64.
- Winata AY, Tangahu BV. 2018. Fitoremediasi tanah tercemar pelumas bekas menggunakan akar wangi (*Vetiveria zizaniodes*). *Jurnal Purifikasi.* 18(2): 97-105.
- Winata B, Ramadhan R. 2025. Keanekaragaman fauna tanah dan karakteristik lingkungan pada area konservasi PLTGU Cilegon, Indonesia. *J. Silvikultur Tropika.* 16(1): 73-80. doi: doi.org/10.29244/j-siltrop.16.1.71-78
- Winata B, Wasis B, Setiadi Y. 2016. Studi adaptasi samama (*Anthocephalus macrophyllus*) pada berbagai konsentrasi timbal (Pb). *JPSL.* 6(2): 211-216. doi: 10.19081/jpsl.2016.6.2.211
- Winata B, Wasis B, Setiadi Y. 2019. Efek timbal (Pb) terhadap pertumbuhan dan adaptabilitas *Acacia mangium* pada tailing emas. *J. Silvikultur Tropika.* 10(2): 119-124.
- Wulandari AS, Susanti S. 2012. Aplikasi pupuk daun organik untuk meningkatkan pertumbuhan semaijabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb. Miq.). *J. Silvikultur Tropika.* 3(2):137-142.