

OPTIMASI DOSIS PUPUK NPK DAN ASAM HUMAT DALAM MEMPERBAIKI KUALITAS TANAH BEKAS TAMBANG BATUBARA DAN PERTUMBUHAN SENGON SOLOMON

Optimization of NPK Fertilizer and Humic Acid Dosage to Improve the Quality of Ex-Coal Mining Soil and the Growth of Solomon Sengon

GINDO TAMPUBOLON^{1*}, MUHAMMAD I. LAGOWA^{2*}, JHOY M. SIMARMATA^{3**} dan BOY J. SITANGGANG^{3**}

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

² Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

³ Fakultas Kehutanan, Universitas Jambi

Kampus Pinang Masak, Jl. Lintas Jambi-Muara Bulian Km.15,
Mendalo Darat, Jambi Luar Kota, Jambi 36122

Korespondensi e-mail : mikrarlagowa@unja.ac.id

* Kontributor Utama, ** Kontributor Anggota

ABSTRAK

Sengon Solomon (*Paraserianthes mollucana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) adalah salah satu spesies tanaman yang digunakan pada kegiatan revegetasi untuk reklamasi tanah bekas tambang batubara. Tanaman sengon Solomon memiliki beberapa kelebihan yaitu cepat tumbuh (*fast growing*), mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan yang ekstrim, serta mempunyai nilai ekologi dan ekonomi yang tinggi. Tanah bekas tambang batubara secara umum terdegradasi, serta memiliki kandungan bahan organik, ketersediaan hara esensial, KTK dan kejenuhan basa yang tergolong rendah. Kondisi ini kurang mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh aplikasi pupuk NPK dan asam humat terhadap sifat kimia tanah serta laju pertumbuhan tanaman sengon Solomon. Penelitian dilaksanakan di area reklamasi PT. Nan Riang, perusahaan pertambangan batubara di Desa Ampelu Mudo, Kecamatan Tembesi, Kabupaten Batang Hari, Provinsi Jambi. Penelitian ini menerapkan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan dosis pupuk NPK Plus asam humat sebanyak 9 taraf dan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 27 petak atau unit percobaan. Variabel yang diamati adalah pH, P-tersedia, Al-dd, K-dd, pertambahan tinggi, pertambahan diameter dan berat kering akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK sebanyak 100 g plus asam humat sebanyak 20 g /lubang tanam (P5) merupakan perlakuan terbaik dalam memperbaiki K-dd tanah dengan pertambahan tinggi tanaman 110,83 cm, diameter 28,65 mm dan BKA sebesar 10,63 g, terjadi peningkatan pertambahan tinggi tanaman sengon Solomon sebesar 101,21%, diameter sebesar 65,13% dan BKA sebesar 75,12 % dibandingkan dengan pemberian 50 g NPK plus 10 g asam humat (P1). Peningkatan dosis NPK dan asam humat dari 50 g NPK Plus 10 g asam humat menjadi 100 g NPK dan 20 g asam humat berpotensi meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon Solomon secara nyata.

Kata kunci: reklamasi tanah bekas tambang batubara, sengon Solomon (*Paraserianthes mollucana*), pupuk NPK, asam humat.

ABSTRACT

Solomon Sengon (*Paraserianthes mollucana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) is a plant species in land reclamation activities for former coal mines. This is because Solomon sengon has advantages including: very fast growth,

adaptive to extreme environments, and quite high economic and ecological values. Former coal mining soils are generally degraded and have low organic matter content, essential nutrient availability, CEC, and base saturation. These conditions do not support optimal plant growth. The aim of this study was to examine the effect of NPK plus humic acid fertilizer on several soil chemical properties and the growth of the Solomon sengan plant. This research was carried out in the coal mining concession area in Amplelu Mudo Village, Tembesi District, Batang Hari Regency, Jambi Province. The study used a randomized block design (RBD) with doses of NPK plus humic acid fertilizer in 9 levels and repeated 3 times, so there were 27 plots or experimental units. The observed variables were: pH, Al-dd, available-P, K-dd, height increase, diameter increase and root dry weight. The results showed that the application of NPK fertilizer 100 g plus humic acid 20 g/plant hole (P5) was the best treatment in improving soil K-dd with an increase in plant height of 110.83 cm, diameter of 28.65 mm and BKA of 10.63 g, there was an increase in the height of the Solomon sengan plant by 101.21%, diameter by 65.13% and BKA by 75.12% compared to the administration of 50 g NPK plus 10 g humic acid (P1). Increasing the dose of NPK and humic acid from 50 g of NPK plus 10 g of humic acid to 100 g of NPK and 20 g of humic acid has the potential to significantly increase the growth of the Solomon sengan plant.

Keywords: reclamation of ex-coal mining area, Solomon sengan (*Paraserianthes mollucana*), NPK fertilizer, humic acid.

PENDAHULUAN

Penambangan batubara dengan metode tambang terbuka menyebabkan degradasi kualitas fisik, kimia, dan biologi tanah bekas tambang (Sopialena, Rosfiansyah dan Sila, 2017; Giam, Olden dan Simberloff, 2018). Hasil penelitian Nursanti (2018) menyatakan bahwa tanah bekas tambang batubara pada lokasi penelitian memiliki nilai N-total, P-tersedia dan K-total yang tergolong rendah, yaitu 0,11%, 9,20 ppm, dan 0,15 ppm secara berurutan; dan bahkan memiliki kandungan C-organik sangat rendah sebesar 0,16%. Fahrul, Jannah dan Patmawati (2019) menyatakan bahwa tanah bekas tambang batubara pada lokasi penelitian memiliki N-total 0,08% (sangat rendah), C/N rasio 6,39 (rendah), P tersedia 4,45 ppm (sangat rendah), pH H₂O 3,28 (sangat masam), C-organik 0,48% (sangat rendah), dan K tersedia 69,44 ppm (sangat tinggi). Hasil penelitian Tampubolon, Mahbub dan Lagowa (2020) di tanah bekas penambangan salah satu perusahaan tambang batubara di Jambi menunjukkan pH tanah bersifat masam dengan pH 4,57 dan kandungan C-Organik sebesar 1,43% (rendah).

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan penambahan pupuk anorganik sebagai upaya untuk memulihkan kembali ketersediaan unsur hara makro primer (N, P, K) pada tanah bekas tambang batubara. Salah satu pupuk anorganik yang dapat digunakan adalah pupuk majemuk NPK 16:16:16. Berdasarkan hasil penelitian Mansur dan Surahman (2011), pemberian 100 g pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap pertambahan diameter tanaman jabon

(*Anthocephalus cadamba* Roxb) serta menghasilkan nilai rata-rata pertambahan diameter tanaman yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian Hamzah dan Silaen (2018) menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan NPK (15-15-15) dengan dosis 6 g/bibit memberikan hasil paling baik terhadap pertambahan tinggi, jumlah daun, bobot kering akar, bobot kering total dan bobot kering pucuk. Firdaus, Juanda dan Iswahyudi (2022) melaporkan bahwa dosis NPK Mutiara berpengaruh nyata terhadap parameter panjang dan umur berbunga cabai. Pemberian pupuk NPK dengan dosis 28 g/tanaman cabai memberikan hasil terbaik dibandingkan perlakuan lainnya.

Penambahan asam humat perlu dilakukan untuk meningkatkan efektifitas dari aplikasi pupuk NPK (Putra dan Pamungkas, 2022). Asam humat bisa didapat dari beberapa sumber, salah satunya gambut. Berdasarkan hasil penelitian Puslitbangtan (2014), dijelaskan bahwa penambahan 0,15% asam humat mampu menurunkan penggunaan pupuk NPK sebanyak 25%. Hasil penelitian Djufry, Nurjanani dan Ramlan (2014) juga menunjukkan bahwa penambahan asam humat dapat menghemat penggunaan pupuk NPK sebesar 50%. Hasil penelitian Putra dan Pamungkas (2022) juga menunjukkan bahwa pemberian asam humat dengan pupuk tunggal dosis 50% juga sudah menunjukkan efektivitas agronomi relatif yang lebih tinggi 7% dibandingkan pupuk tunggal dosis 100%. Selain itu, hasil penelitian Ashari, Suherman dan Nuraini (2017) menunjukkan aplikasi 20 g asam humat dan 5 g FMA (*Fungi*

Mikoriza Arbuskular) memberikan respon terbaik terhadap pertumbuhan tanaman jarak pagar. Asam humat dapat memperbaiki kualitas tanah pada lahan bekas tambang batubara dengan meningkatkan pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK), P-tersedia, N total dan kation basa yang dapat dipertukarkan serta menurunkan Al-dd (Suwahyono, 2016). Asam humat sangat berpotensi untuk digunakan karena mudah diperoleh dan ketersediaannya tinggi. Selain gambut, asam humat bisa didapatkan dari batubara berumur muda (Victolika, Sarno dan Ginting, 2014).

Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah sengon Solomon (*Paraserianthes mollucana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) yang termasuk dalam famili *Leguminoceae*. Tanaman ini merupakan salah satu tanaman hutan yang dapat tumbuh dengan baik pada tanah bekas penambangan batubara.

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh dosis kombinasi pupuk NPK dan asam humat yang optimal untuk perbaikan kualitas tanah bekas tambang batubara serta melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman sengon Solomon.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Desember 2021 di areal konsesi penambangan batubara yang berada di Desa Ampelu Mudo, Kecamatan Muaro Tembesi, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Karakteristik tanah awal memiliki C-Organik <1%, pH 4,2, Al-dd 5 me/100g, P-Tersedia 3,4 ppm dan K-dd 0,12 me/100g. Analisis tanah dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Sayur (BALITSA) Bandung.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah ajir, cangkul, timbangan digital, meteran, jangka sorong, alat-alat tulis, alat dokumentasi dan bor tanah serta alat-alat lain yang digunakan di laboratorium untuk analisis tanah dan tanaman. Bahan yang digunakan adalah bibit tanaman sengon Solomon umur 5 bulan yang telah lolos *quality control*, NPK (16:16:16) Mutiara, asam humat (AH 90), dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), sampel tanah dan bahan-bahan kimia yang dibutuhkan untuk analisis sifat kima tanah di Laboratorium.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 1 (satu) faktor dosis pupuk NPK Plus asam humat. Variasi dosis pupuk NPK plus asam humat yang diuji coba adalah:

- P1 : 50 g NPK plus 10 g asam humat;
- P2 : 50 g NPK plus 20 g asam humat;
- P3 : 50 g NPK plus 30 g asam humat;
- P4 : 100 g NPK plus 10 g asam humat;
- P5 : 100 g NPK plus 20 g asam humat;
- P6 : 100 g NPK plus 30 g asam humat;
- P7 : 150 g NPK plus 10 g asam humat;
- P8 : 150 g NPK plus 20 g asam humat; dan
- P9 : 150 g NPK plus 30 g asam humat.

Masing-masing taraf perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 27 satuan percobaan. Dalam setiap satuan percobaan terdapat 8 tanaman, dengan 4 tanaman sampel, sehingga diperoleh total tanaman sebanyak 216 tanaman dan 108 tanaman diantaranya sebagai tanaman sampel.

Kegiatan persiapan lahan dimulai dari pemilihan lokasi yaitu pada areal disposal tidak aktif dan pembersihan areal terpilih. Selanjutnya dilakukan penetapan kelompok atau ulangan serta *plotting* satuan percobaan dan pemasangan ajir menggunakan bambu dengan jarak tanam 3 x 3 meter. Kemudian dilakukan pembuatan lubang tanam berukuran 40 x 40 x 40 cm menggunakan cangkul dan dodos yang selanjutnya diinkubasi selama 2 minggu.

Bibit diperoleh dari pembibitan di sekitar lokasi penelitian yang terlebih dahulu diseleksi dan lolos *quality control* dengan kriteria yaitu: tinggi 65 - 70 cm, diameter 4 - 6 mm, serta bebas dari serangan hama dan penyakit. Bibit sengon yang ditanam dilepaskan dari *polybag* untuk mempertahankan tanah yang terdapat di dalamnya agar tidak hancur.

Pemberian perlakuan diawali dengan persiapan pupuk NPK dan asam humat yang dilakukan dengan cara menimbang masing-masing perlakuan sesuai dengan dosis yang ditentukan. Pemberian perlakuan dilakukan 4 hari setelah tanam. Pupuk NPK dan asam humat yang sudah ditimbang diaplikasikan pada lubang di sebelah kiri dan kanan tanaman. Kedalaman lubang adalah 15 cm dengan jarak sekitar 10 cm dari pokok tanaman.

Pemeliharaan tanaman dilakukan melalui penyulaman, penyiangan dan pengendalian hama secara manual. Penyulaman dilakukan pada saat dua minggu setelah tanam. Penyiangan dilakukan secara manual yaitu membersihkan gulma yang mulai tumbuh dengan menggunakan cangkul dan parang.

Variabel sifat kimia tanah yang diamati adalah pH, Al-dd, K-dd dan P-tersedia, sedangkan untuk variabel pertumbuhan tanaman adalah pertambahan tinggi, pertambahan diameter dan Berat Kering Akar (BKA). Variabel tanah dianalisis pada awal dan akhir penelitian. Pengukuran tinggi dan diameter tanaman awal dilakukan 1 minggu setelah penanaman (t_0), pengukuran selanjutnya dilakukan dengan interval 2 minggu (t_1 sampai t_8). Tinggi tanaman diukur pada posisi kurang lebih 5 cm di atas leher akar sampai ke titik tumbuh tertinggi tanaman, sehingga diperoleh data pertambahan tinggi dan diameter diukur pada posisi 5 cm di atas leher akar. Pengamatan BKA dilakukan pada akhir penelitian dengan cara mencabut salah satu tanaman sampel kemudian memotong bagian leher akar. Sampel kemudian dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam amplop, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 8 jam kemudian ditimbang. Pengeringan dan penimbangan dilakukan hingga diperoleh berat kering akar yang konstan.

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan sidik ragam (*Analysis of Variance* - ANOVA) untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap variabel yang diamati. Selanjutnya dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk melihat perbedaan antar perlakuan pupuk NPK plus asam humat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah (pH, Al-dd, K-dd, dan P-tersedia)

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa pemberian pupuk NPK plus asam humat memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap pH, Al-dd dan P-tersedia tanah, namun memberikan pengaruh yang nyata terhadap K-dd tanah (Tabel 1). Perbedaan yang nyata terhadap K-dd tanah dapat dilihat pada nilai K-dd tertinggi yaitu pada perlakuan P9 dengan nilai sebesar 0,72 me 100 g-1 dan terendah yaitu pada

perlakuan P3 dengan nilai sebesar 0,29 me 100 g-1. Perbedaan yang nyata terhadap K-dd tanah juga ditunjukkan pada perlakuan P2 dan P8. Terdapatnya perbedaan yang nyata pada berbagai dosis NPK plus asam humat terhadap K-dd karena asam humat yang permukaannya bermuatan negatif mampu menahan K. Mindari, Sassongko dan Syekhfani (2022) menyatakan bahwa fraksi asam humat mempunyai muatan negatif yang bersumber dari disosiasi ion H dari berbagai gugus fungsional. Hal ini menyebabkan KTK sangat tinggi pada fraksi humat. Dengan KTK yang sangat tinggi, fraksi humat dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam mengikat, menjerap dan mempertukarkan kation, serta membentuk senyawa kompleks dengan logam berat dan lempung.

Pemberian pupuk NPK Plus asam humat memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap nilai pH dan kandungan P-tersedia serta menurunkan kandungan Al-dd tanah. Hal ini diduga karena terdapatnya keragaman kondisi tanah bekas tambang batubara. Hasil observasi di lapangan menunjukkan bahwa pada lapisan atas tanah bekas tambang batubara terdapat sebaran batuan yang merupakan timbunan tanah penutup (*overburden*). Batuan tersebut mengandung sulfur atau pirit (FeS_2) yang jika teroksidasi dapat menyebabkan pH tanah tetap bersifat masam. Selain itu rendahnya pH tanah juga disebabkan karena curah hujan yang tergolong tinggi selama penelitian (> 200 mm/ bulan).

Pertambahan Tinggi, Pertambahan Diameter dan BKA

Hasil percobaan menunjukkan bahwa aplikasi pupuk NPK plus asam humat memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertambahan tinggi, diameter dan BKA tanaman sengon Solomon (Tabel 2). Pemberian pupuk NPK sebanyak 100 g plus asam humat sebanyak 20 g (variasi perlakuan P5) berhasil meningkatkan pertambahan tinggi tanaman sebesar 110,83 cm dibandingkan dengan perlakuan P1 (50 g pupuk NPK plus 10 g asam humat) dengan nilai pertambahan tinggi tanamannya sebesar 55,08 cm. Selain itu, perlakuan P5 juga meningkatkan diameter tanaman sengon Solomon sebesar 28,65 mm dibandingkan dengan P1 yang pertambahan diameter tanamannya hanya mencapai 17,35 mm. BKA tertinggi yaitu sebesar 10,63 g diperoleh dari tanaman yang

diberi perlakuan 100 g NPK dan 20 g asam humat. Analisis statistik menunjukkan BKA yang diberi perlakuan P5 memberikan hasil yang berbeda nyata dengan BKA pada perlakuan P1, P3, P4 dan P7.

Perlakuan P5 memberikan pertumbuhan yang optimal terhadap tanaman sengan Solomon. Hal ini disebabkan karena asam humat tersebut mampu mengikat unsur hara N, P, dan K yang telah diberikan dalam bentuk kimia.

Tabel 1. Pengaruh perlakuan pupuk NPK *plus* asam humat terhadap sifat kimia tanah

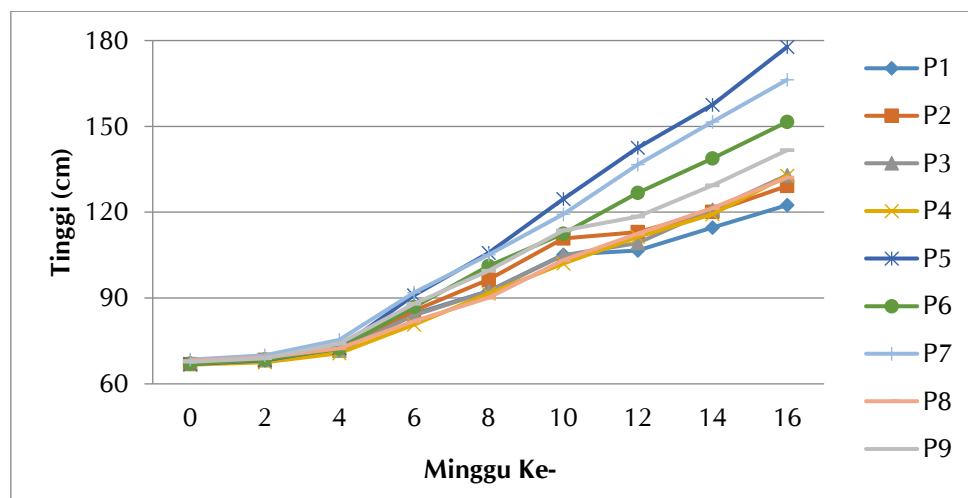
Perlakuan	Sifat Kimia Tanah			
	pH	Al-dd (me 100 g ⁻¹)	P-tersedia (ppm)	K-dd (me 100 g ⁻¹)
P1	4,63 a	0,61 a	30,57 a	0,36 ab
P2	4,80 a	0,60 a	26,31 a	0,30 b
P3	5,13 a	0,65 a	24,20 a	0,29 b
P4	4,63 a	1,21 a	25,89 a	0,45 ab
P5	4,67 a	0,60 a	36,62 a	0,57 ab
P6	4,63 a	1,21 a	32,07 a	0,62 ab
P7	4,77 a	0,52 a	35,00 a	0,60 ab
P8	5,30 a	0,35 a	29,25 a	0,71 a
P9	4,40 a	1,39 a	35,29 a	0,72 a

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

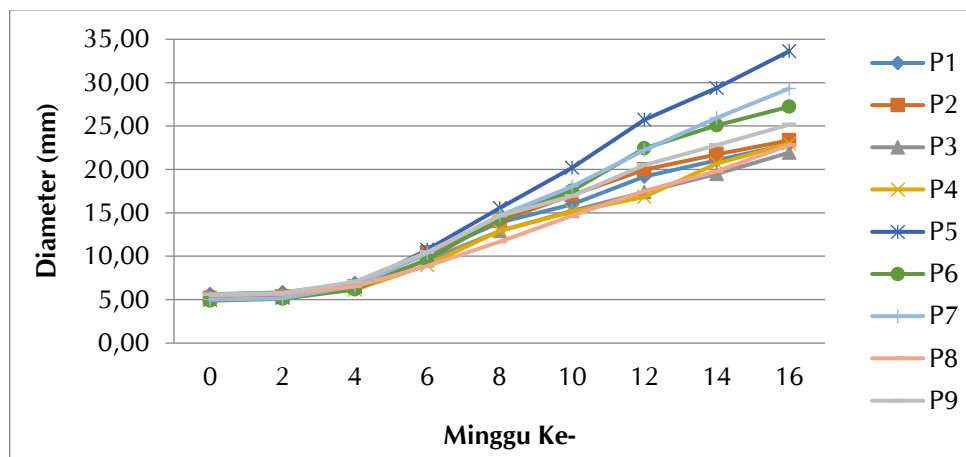
Tabel 2. Pengaruh perlakuan pupuk NPK *plus* asam humat terhadap pertumbuhan sengan Solomon

Perlakuan	Variabel Pengamatan		
	Pertambahan Tinggi (cm)	Pertambahan Diameter (mm)	BKA (g)
P1	55,08 c	17,35 b	6,07 b
P2	62,25 bc	18,71 b	6,78 ab
P3	65,75 abc	16,67 b	6,17 b
P4	73,78 abc	19,08 b	4,61 b
P5	110,83 a	28,65 a	10,63 a
P6	84,58 abc	23,43 ab	7,18 ab
P7	10,53 ab	24,45 ab	6,16 b
P8	70,50 abc	16,97 b	6,46 ab
P9	73,92 abc	19,59 ab	7,34 ab

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.



Gambar 1. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman sengan Solomon selama 4 bulan



Gambar 2. Grafik pertumbuhan diameter tanaman sengon Solomon selama 4 bulan

Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sengon Solomon (cm)

Pertumbuhan tinggi tanaman sengon Solomon mulai tampak pada minggu ke 3 sampai minggu ke 16. Pertumbuhan tinggi tanaman terendah terdapat pada pemberian 50 g NPK plus 10 g asam humat (Gambar 1).

Grafik Pertumbuhan Diameter Tanaman Sengon Solomon (mm)

Pertumbuhan diameter mulai tampak dari minggu ke-6 sampai minggu ke 16 (Gambar 2). Pemberian NPK plus asam humat pada penelitian ini mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Tabel 2, Gambar 1 dan Gambar 2). Hasil penelitian Hermanto *dkk.* (2013) menunjukkan bahwa asam humat mampu meningkatkan pengambilan serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Selanjutnya Musfira, Jayadi dan Ahmad (2021) juga melaporkan bahwa pemberian asam humat berpengaruh nyata terhadap peningkatan sifat kimia tanah dan tinggi tanaman pada tanah pasca tambang batu kapur.

KESIMPULAN

Pemberian pupuk NPK sebanyak 100 g plus asam humat sebanyak 20 g /lubang tanam merupakan dosis terbaik untuk memperbaiki K-dd tanah serta meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon Solomon. Aplikasi pemberian pupuk NPK dan asam humat dengan doses 100 g NPK dan 20 g asam humat disarankan

dilakukan pada awal penanaman sengon Solomon.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada perusahaan tambang batubara PT Nan Riang yang sudah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashari, A.M., Suherman, C. dan Nuraini, A. (2017) "Respons pertumbuhan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) akibat pemberian asam humat dan fungi mikoriza arbuskula," *Jurnal Agroekoteknologi*, 9(2), hal. 148–158.
- Djufry, F., Nurjanani dan Ramlan (2014) "Efektivitas pupuk majemuk dan asam humat pada budidaya kentang di Kabupaten Gowa Sulawesi Selatan," *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 17(2), hal. 115–124.
- Fahrul, M., Jannah, R. dan Patmawati, P. (2019) "Perbaikan beberapa sifat kimia pada tanah pasca tambang batubara dengan pemberian dosis bokashi kiapu (*Pristia stationes* L.) dan krinyu (*Choromolaena odorata* L.)," *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 2(1), hal. 29–37. Tersedia pada: <https://doi.org/10.35941/jatl.2.1.2019.2530.2> 9-37.
- Firdaus, R., Juanda, B.R. dan Iswahyudi (2022) "Pengaruh varietas dan dosis pupuk NPK Mutiara terhadap pertumbuhan dan hasil cabai merah hibrida," in *Seminar Nasional Fakultas*

- Pertanian Universitas Samudra Ke-VI*. Langsa: Fakultas Pertanian Universitas Samudra Langsa, hal. 111–124.
- Giam, X., Olden, J.D. dan Simberloff, D. (2018) "Impact of coal mining on stream biodiversity in the US and its regulatory implications," *Nature Sustainability*, 1(4), hal. 176–183. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0048-6>.
- Hamzah dan Silaen, R.H. (2018) "Pengaruh dosis pupuk NPK (15-15-15) terhadap pertumbuhan bibit jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus* Roxb.) Havil) di pembibitan," *Jurnal Silva Tropika*, 2(2), hal. 1–5.
- Hermanto, D., Dharmayani, N.K.T., Kurnianingsih, R. dan Kamali, S.R. (2013) "Pengaruh asam humat sebagai pelengkap pupuk terhadap ketersediaan dan pengambilan nutrien pada tanaman jagung di lahan kering Kecamatan Bayan-NTB," *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 16(2), hal. 28–41.
- Mansur, I. dan Surahman (2011) "Respon tanaman jabon (*Anthocephalus cadamba*) terhadap pemupukan lanjutan (NPK)," *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3(1), hal. 71–77.
- Mindari, W., Sassongko, P.E. dan Syekhfani (2022) *Asam humat sebagai amalioran dan pupuk*. 3 ed. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- Musfira, Jayadi, M. dan Ahmad, A. (2021) "Application of humic substances and bottom ash compounds in improving soil quality in limestone post-mining land," *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(2), hal. 022038. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022038>.
- Nursanti, I. (2018) "Karakteristik tanah area pasca penambangan di Desa Tanjung Pauh," *Jurnal Media Pertanian*, 3(2), hal. 54–60. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33087/jagro.v3i2.73>.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan (Puslitbangtan). 2014. Laporan Akuntabilitas Kinerja Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Tahun 2013. <https://pangan-litbang-ppid.pertanian.go.id/doc/29/LAPORAN%20KINERJA%20PUSLITBANGTAN/lakip2013.pdf> (Diakses 6 September 2023).
- Putra, R.C. dan Pamungkas, A.S. (2022) "Peningkatan efektivitas pupuk anorganik tunggal dengan pemberian asam humat di pembibitan tanaman karet," *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian*, 3(1), hal. 655–669. Tersedia pada: <https://doi.org/10.47687/snppvp.v3i1.344>.
- Sopialena, Rosfiansyah dan Sila, S. (2017) "The benefit of top soil and fertilizer mixture to improve the ex-coal mining land," *Nusantara Bioscience*, 9(1), hal. 36–43. Tersedia pada: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090107>.
- Suwahyono, U. (2016) "Prospek teknologi remediasi lahan kritis dengan asam humat (humic acid)," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(1), hal. 55–65. Tersedia pada: <https://doi.org/10.29122/jtl.v12i1.1262>.
- Tampubolon, G., Mahbub, I. dan Lagowa, M. (2020) "Pemulihan kualitas tanah bekas tambang batubara melalui penanaman *Desmodium ovalifolium*," *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 16(1), hal. 39–45. Tersedia pada: <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol16.No1.2020.997>.
- Victolika, H., Sarno, S. dan Ginting, Y.C. (2014) "Pengaruh pemberian asam humat dan K terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill)," *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(2), hal. 297–301. Tersedia pada: <https://doi.org/10.23960/jat.v2i2.2101>.

