

**PEMANFAATAN ABU TERBANG BATUBARA UNTUK
MENINGKATKAN KETERSEDIAAN P, SERTA PENGARUHNYA
TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN KANGKUNG DARAT**

(*Ipomoea reptans* Poir) PADA TANAH BERPASIR

**Utilization of Coal Fly Ash to Increase P Availability, and Its Effect on the
Growth of Water Spinach (*Ipomoea reptans* Poir) on a Sandy Soil**

Panggah Jayengswasono* , Kurniawan Sigit Wicaksono

Departemen Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Jl. Veteran no. 1, Malang 65145

* Penulis korespondensi: pjayengswasono@gmail.com

Abstrak

Budidaya di tanah berpasir menghadapi banyak kendala karena sifat tanah yang memiliki kemampuan yang buruk untuk menahan air dan hara. Untuk meningkatkan hasil tanaman, perlu ditambahkan pembenah tanah yang dapat memperbaiki sifat-sifat tanah berpasir. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari dampak pemberian fly ash batubara sebagai pembenah tanah terhadap sifat kimia tanah dan tanaman, serta pertumbuhan dan produksi tanaman. Penelitian dilakukan di rumah kaca dengan dosis abu layang batubara yang berbeda diterapkan pada media tanam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis abu layang batubara yang diberikan mampu meningkatkan kadar P total (210-310%), P-tersedia (127%), dan kadar Pb tanah (28%) dibandingkan dengan kontrol. Sedangkan dosis abu layang batubara yang tinggi dapat mengganggu pertumbuhan dan produksi kangkung.

Kata kunci : abu terbang batubara, amelioran, kangkung, timbal

Abstract

Cultivation in sandy soils encounters many obstacles due to the nature of the soil, which has a poor ability to hold water and nutrients. In order to increase plant yield, it is necessary to add soil amendments that can improve the properties of sandy soil. The purpose of this study was to elucidate the impact of giving coal fly ash as a soil amendment on the chemical properties of soil and plants, as well as plant growth and production. The study was conducted in a greenhouse with different doses of coal fly ash applied to the growing media. The results showed that the higher dose of coal fly ash could increase the total P content (210-310%), P-available (127%), and soil Pb content (28%) compared to the control. Meanwhile, the high dose of coal fly ash can harm the growth and production of water spinach.

Keywords: ameliorant, coal fly ash, lead, water spinach

Pendahuluan

Budidaya tanaman di tanah berpasir memiliki banyak resiko karena karakteristiknya yang terkadang tidak dapat mendukung beberapa jenis tanaman. Saptiningsih (2007) mengemukakan budidaya pertanian pada tanah berpasir akan menjumpai kendala yang berkaitan dengan sifat fisik, kimia dan biologi tanah serta iklim yang kurang sesuai untuk pertumbuhan tanaman, lebih

khusus lagi tanah tersebut mempunyai sifat mudah meloloskan air, kandungan bahan organik rendah serta suhu tanah yang tinggi, sehingga keadaan demikian tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Saptiningsih (2007) dan Tewu *et al.* (2016), tanah-tanah berpasir mempunyai masalah antara lain berbutir tunggal lepas, mempunyai berat volume tinggi, mengandung banyak pori-pori makro sehingga sulit untuk

menahan air, serta peka terhadap pencucian unsur-unsur hara.

Tanah berpasir pada dasarnya memiliki kemampuan menahan air dan unsur hara yang rendah sehingga kesuburannya lebih rendah dari tanah yang bertekstur halus. Hal itu mengakibatkan budidaya tanaman di tanah berpasir sangat bergantung pada pemberian pupuk dan irigasi berkala di kondisi kering Saptiningsih (2007). Pertumbuhan tanaman dan hasil produksi dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk dan irigasi secara berkala, tetapi upaya dapat menurunkan efisiensi penggunaan pupuk karena unsur hara akan mudah tercuci (Siswanto, 2018) dan rendahnya kemampuan menahan air (Zotarelli *et al.*, 2007). Tanah berpasir mampu meloloskan unsur hara yang ditambahkan seperti pupuk P dan N mencapai 98,8% dan 54% (Chen *et al.*, 2004). Salah satu unsur hara makro esensial yang dibutuhkan tanaman yaitu unsur hara fosfor (P) karena memiliki peran penting selama masa pertumbuhan tanaman sehingga harus tersedia. Fosfor berperan untuk menstimulasi perkecambahan biji, pertumbuhan dan perkembangan akar, meningkatkan kekuatan batang dan cabang, pembentukan bunga dan biji, serta dapat meningkatkan hasil produksi serta kualitas panen. Rendahnya ketersediaan unsur P untuk tanaman dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman dan kecilnya ukuran daun sebagai akibat dari berkurangnya kemampuan sel dalam membelah diri (Malhotra *et al.*, 2018).

Kangkung merupakan salah satu jenis tanaman sayur yang banyak digemari oleh masyarakat. Suparso *et al.* (2020) melaporkan bahwa pada tahun 2009 luas panen penanaman kangkung nasional seluas 48.944 ha dengan total produksi mencapai 360.992 t. Pada tahun 2014 luas panen penanaman kangkung nasional meningkat menjadi 52.541 ha, namun terjadi penurunan total panen menjadi 319.607 t. Guna memaksimalkan hasil produksi kangkung, maka diperlukan optimalisasi lahan marginal seperti lahan tanah berpasir untuk meningkatkan hasil panen tanpa harus melakukan pembukaan lahan baru dengan cara perbaikan lahan-lahan marginal tersebut.

Salah satu bahan yang dapat ditambahkan ke tanah untuk memperbaiki permasalahan tanah berpasir adalah abu terbang batubara (ATB) yang berupa abu hasil pembakaran batubara di pembangkit listrik tenaga uap. ATB dapat berfungsi sebagai bahan amelioran yang dapat meningkatkan mikro pori dan meningkatkan kapasitas menahan air, serta mampu menyediakan hampir semua unsur

hara mikro dan makro esensial yang di butuhkan tanaman (Lee *et al.*, 2006; Sondari dan Nurkhalidah, 2012). Menurut Ismail *et al.* (2007) dan Bhatt (2019), ATB mengandung unsur hara seperti magnesium (Mg) 1,40%, kalsium (Ca) 6,90%, sulfur (S) 1,00%, kalium (K) 0,90%, fosfor (P) 0,24%, silika (Si) 59,00%, aluminium (Al) 21,00%, besi (Fe) 3,70%. Selain itu ATB mengandung unsur hara mikro seperti seng (Zn), besi (Fe), mangan (Mn), dan tembaga (Cu). Banyaknya kandungan unsur hara yang penting bagi tanaman yang terkandung dalam ATB memberikan banyak manfaat dalam kegiatan budidaya tanaman. Rautaray *et al.* (2003) melaporkan bahwa aplikasi ATB dapat meningkatkan biomasa tanaman hingga 29,20% dibandingkan tanpa pemberian ATB.

ATB memiliki banyak manfaat sebagai amelioran tanah, namun kandungan logam berat di dalamnya dapat membahayakan lingkungan serta makhluk hidup. ATB diklasifikasikan ke dalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 karena memiliki kandungan logam berat seperti kadmium (Cd), tembaga (Cu), arsen (As), dan timbal (Pb). Hal tersebut yang menyebabkan masih terbatasnya penggunaan ATB di bidang pertanian. Salah satu unsur berbahaya yang terkandung di dalam ATB adalah unsur Pb. Unsur Pb merupakan kelompok logam berat yang tidak esensial bagi tumbuhan, bahkan dapat mengganggu siklus hara dalam tanah. Ahmaruzzaman (2010) mengatakan bahwa kelebihan unsur Pb dalam tanah bukan hanya meracuni tanaman dan organisme, tetapi dapat berimplikasi pada pencemaran lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air. Kandungan timbal yang tinggi dalam tanah akan mencemari air tanah dan tanaman yang akan dimanfaatkan manusia untuk kegiatan sehari-hari seperti makan dan minum.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari dampak aplikasi ATB terhadap kandungan unsur P dan Pb yang ada di tanah ataupun di tanaman, serta dampaknya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung darat.

Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan enam perlakuan, yaitu perbedaan dosis ATB yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali. Perlakuan dalam penelitian ini adalah K (Kontrol); FA1 (10 t ATB ha⁻¹), FA2 (20 t ATB ha⁻¹), FA3 (25 t ATB ha⁻¹); FA4 (30 t ATB ha⁻¹), dan FA5 (40 t ATB ha⁻¹). Parameter yang diamati terdiri

atas P total, P tersedia, dan kandungan Pb tanah yang diamati pada saat panen umur 4 minggu setelah tanam (MST), serta parameter tanaman yang terdiri atas tinggi tanaman pada umur 1-3 MST, biomasa, serapan P, dan kandungan Pb tanaman kangkung darat pada saat panen.

Pengambilan sampel tanah dan abu terbang batubara

Tanah yang digunakan adalah tanah berpasir yang diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm di Desa Bambang, Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang yang digunakan sebagai media tanam. ATB yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PLTU Suralaya Cilegon, Banten.

Penanaman

Penanaman diawali dengan penyemaian benih kangkung darat selama 5-7 hari. Semai tanaman kangkung darat kemudian ditanam di *polybag* yang telah berisikan campuran ATB dan tanah masing-masing diisi dengan tiga bibit kangkung darat. Pemupukan dilakukan dua kali selama masa tanam, yaitu terdiri atas pupuk dasar dan pupuk lanjutan. Pupuk dasar yang diaplikasikan adalah pupuk kandang yang diberikan pada awal tanam dicampurkan dengan media tanam. Pupuk lanjutan yang diberikan adalah 0,24 g urea per *polybag*.

Pengamatan

Pengamatan tanaman kangkung terdiri atas pengamatan tinggi tanaman kangkung yang dilakukan setiap minggu yaitu pada 1, 2, dan 3 MST.

Pemanenan

Tanaman kangkung dipanen ketika berumur 4 MST. Saat panen dilakukan penimbangan bobot basah tanaman masing-masing perlakuan kemudian dimasukkan ke dalam map kertas coklat yang kemudian dioven dan ditimbang bobot keringnya.

Analisis tanah

Analisis tanah pada saat panen yang terdiri atas kandungan P total, kandungan P tersedia tanah dan kandungan logam timbal (Pb), dilakukan menggunakan metode standar di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Analisis data

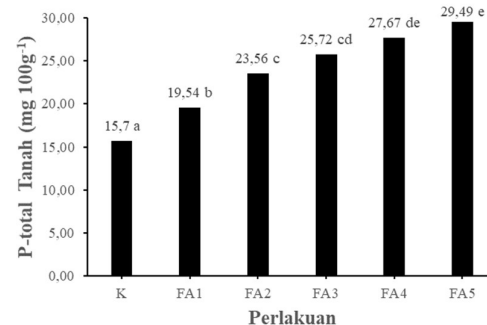
Data dianalisis menggunakan software GenStat *Discovery 12th Edition* dan Microsoft Excel. Analisis keragaman (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh abu terbang terhadap sifat kimia tanah.

Apabila pengaruh yang dihasilkan nyata ($p < 0,05$) maka dilanjutkan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) taraf 5% untuk mengetahui perbedaan nyata antara perlakuan.

Hasil dan Pembahasan

P total tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi ATB dengan berpengaruh nyata ($p \leq 0,05$) terhadap kandungan P total tanah (Gambar 1). Peningkatan kandungan P total akibat aplikasi ATB berkisar antara 210-310% dengan pemberian dosis ATB 10-40 t ha⁻¹. Peningkatan kandungan P total tanah akibat aplikasi ATB salah satunya diakibatkan oleh kandungan P yang ada di dalam ATB itu sendiri. Kandungan P yang terdapat dalam ATB berkisar antara 78,80-137,87 mg 100 g⁻¹ (Lee *et al.*, 2007; Fahrussyah *et al.*, 2018), sehingga semakin tinggi ATB yang diaplikasikan akan menghasilkan kandungan P total tanah yang semakin tinggi pula.



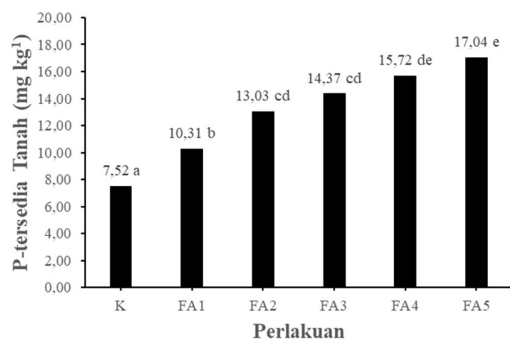
Gambar 1. Pengaruh dosis ATB terhadap kandungan P-total tanah.

Penelitian yang dilakukan Wilujeng *et al.* (2020) menunjukkan hasil yang sama, yaitu jumlah P total di tanah mengalami kenaikan seiring dengan semakin tingginya dosis ATB yang diaplikasikan. Kandungan P total tanah meningkat berkisar antara 13-101% jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa pemberian ATB. Sifat ATB yang memiliki ukuran partikel kecil (debu) dapat meningkatkan kemampuan menahan air pada tanah berpasir (Lee *et al.*, 2006) sehingga mampu mengurangi kehilangan P akibat pencucian (*leaching*).

Pencucian P dapat meningkat pada kondisi tanah tertentu seperti tanah yang memiliki tingkat permeabilitas yang tinggi seperti pada tanah-tanah dengan persentase pasir lebih dominan (Kang *et al.*, 2011; Rahutomo dan Ginting, 2018).

P-tersedia tanah

Berdasarkan hasil penelitian, terjadi peningkatan kandungan P-tersedia setiap penambahan dosis abu terbang (Gambar 2). P-tersedia merupakan jumlah kandungan fosfat yang tersedia dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman. Pada perlakuan dengan aplikasi ATB, nilai P tersedia mengalami peningkatan yang semakin besar seiring dengan meningkatnya dosis ATB. P tersedia dalam tanah akibat aplikasi ATB dalam penelitian ini dapat meningkat hingga 127%.



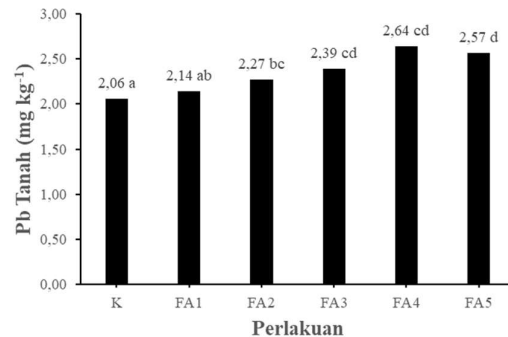
Gambar 2. Pengaruh dosis ATB terhadap kandungan P-tersedia tanah.

Masto *et al.* (2013) dalam penelitiannya yang dilakukan di tanah dengan pH 6 menunjukkan bahwa aplikasi ATB dapat meningkatkan ketersediaan P yang awalnya 4,60 menjadi 10,48 mg kg⁻¹. Peningkatan ketersediaan P dalam tanah diakibatkan oleh peningkatan pH tanah akibat pemberian ATB yang bersifat basa sehingga tanah cenderung memiliki pH netral. Ketersediaan P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh pH tanah di mana ketersediaan P akan semakin tinggi pada pH tanah netral, yaitu berkisar pada pH 5,5-7 (Siswanto, 2018). Pada pH rendah atau masam, unsur P akan bereaksi dengan ion besi (Fe²⁺) dan aluminium (Al²⁺) membentuk besi fosfat dan aluminium fosfat, pada pH tinggi atau alkalis fosfor akan bereaksi dengan ion kalsium (Ca²⁺) membentuk kalsium fosfat yang sukar larut dalam air (Dhage *et al.*, 2014). Kandungan Ca dalam ATB yang tinggi (Bhatt, 2016) dapat menaikkan pH tanah. Selain itu, pemberian Ca²⁺ dapat mengikat unsur P dimana kation Ca²⁺ mengikat anion H₂PO₄²⁻ menjadi ikatan Ca-P, sehingga Ca dapat meminimalisir kehilangan P (Favaretto *et al.*, 2014).

Kandungan Pb tanah

Aplikasi ATB meningkatkan kandungan Pb dalam tanah (Gambar 3). ATB pada dasarnya memiliki

kandungan logam berat yang tinggi, sehingga dapat mempengaruhi sifat kimia tanah. Meskipun ATB memiliki banyak unsur-unsur yang berguna bagi tanaman, kandungan logam berat di dalamnya dapat mencemari tanah, tanaman, hingga air. ATB sendiri memiliki kandungan bahan berbahaya seperti Cd, Cu, dan Pb sehingga jumlah ATB yang diaplikasikan akan sangat mempengaruhi kandungan logam berat di tanah (Gorai, 2018).



Gambar 3. Pengaruh dosis ATB terhadap kandungan Pb tanah.

Peningkatan konsentrasi timbal di tanah sejalan dengan peningkatan dosis abu terbang. Aplikasi ATB secara nyata meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah, salah satunya Pb, tergantung pada dosis aplikasi dan karakteristik abu terbang (Basu *et al.*, 2009; Mishra *et al.*, 2009; Turken *et al.*, 2015). Pada penelitian yang telah dilakukan, aplikasi ATB sampai dengan dosis sebesar 40 t ha⁻¹ dapat meningkatkan kandungan Pb di tanah mencapai 28%. Yu *et al.* (2019) menyatakan bahwa kandungan Pb di tanah tanpa aplikasi ATB (kontrol) sebesar 5,10 mg kg⁻¹, tanah dengan aplikasi ATB dengan dosis 10 t ha⁻¹ dan 20 t ha⁻¹ secara berturut-turut sebesar 10,60 mg kg⁻¹ dan 16,10 mg kg⁻¹. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kandungan Pb dalam tanah diakibatkan oleh semakin tingginya dosis ATB yang diaplikasikan. Yu *et al.* (2019) menambahkan bahwa aplikasi ATB dapat secara signifikan meningkatkan kandungan logam berat dalam tanah; Al (39,40%), As (537,90%), Cd (120,40%), Cr (109,10%), Pb (231,90%) and Se (352%).

Tinggi tanaman

Hasil analisis ragam yang dilakukan pada tinggi tanaman kangkung darat 1-3 minggu setelah tanam memberikan hasil yang tidak berbeda nyata (p>0,05) (Tabel 1). Berdasarkan hasil tersebut, pemberian ATB dapat memacu peningkatan tinggi tanaman kangkung darat pada dosis tertentu. Unsur

hara P yang diberikan ditranslokasikan ke bagian tanaman sehingga dapat dimanfaatkan untuk memacu pertumbuhannya. Sesuai pernyataan Malhotra *et al.* (2018) yaitu salah satu peran fosfor bagi tanaman adalah untuk memacu pertumbuhan dan perkembangan akar sehingga jangkaun penyerapan unsur hara semakin luas. Selain itu apabila ketersediaan unsur P rendah dapat mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman sebagai akibat dari berkurangnya kemampuan sel dalam membelah diri. Pertumbuhan tinggi tanaman perlakuan kontrol (K) menunjukkan tinggi tanaman yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan aplikasi ATB hampir disetiap minggunya. disebabkan oleh perlakuan tersebut tidak mendapatkan tambahan unsur hara yang terkandung dalam ATB.

Tabel 1. Pengaruh dosis ATB terhadap tinggi tanaman kangkung darat.

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm), MST		
	1	2	3
K (Kontrol)	7,47	13,23	21,97
FA1 (10 t ha ⁻¹ ATB)	8,13	15,93	25,90
FA2 (20 t ha ⁻¹ ATB)	7,23	12,33	21,87
FA3 (25 t ha ⁻¹ ATB)	7,30	14,60	24,90
FA4 (30 t ha ⁻¹ ATB)	8,23	13,90	25,50
FA5 (40 t ha ⁻¹ ATB)	7,43	13,90	23,90

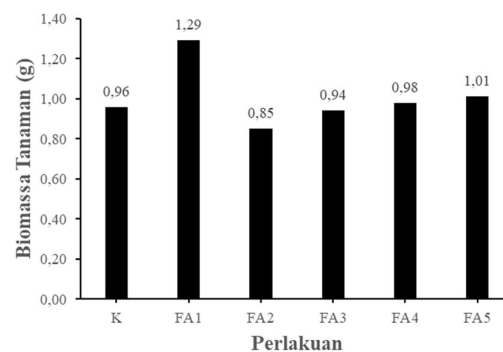
Keterangan: MST (Minggu Setelah Tanam); ATB (Abu Terbang Batubara).

Masukan unsur hara yang baik seperti unsur P, K, S, Fe, Zn, Cu, Mn, dan B, perbaikan sifat fisika tanah berupa baiknya aerasi tanah yang dapat meningkatkan aktivitas akar dan serapan hara menjadi dampak positif dari aplikasi ATB yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen tanaman (Selvakumari *et al.*, 2000; Agustina, 2017; Wilujeng *et al.*, 2020). Adanya kecenderungan lebih rendahnya tinggi tanaman akibat semakin tingginya dosis ATB dapat diakibatkan oleh tingginya kandungan logam dalam ATB. Febriana *et al.* (2021) melaporkan dalam penelitiannya bahwa penambahan dosis ATB berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. Penurunan tinggi tanaman kangkung terjadi pada aplikasi ATB dengan dosis >50 t ha⁻¹ seiring dengan bertambahnya dosis. Dosis ATB yang lebih rendah memberikan hasil positif pada pertumbuhan serta hasil produksi, apabila dosis ATB yang diberikan terlalu tinggi dapat berakibat pada akumulasi logam berat di tanaman yang dapat mengganggu

pembelahan sel, menghambat pertumbuhan akar dan tunas serta tanaman tumbuh kerdil (Mahale *et al.*, 2012; Rashid *et al.*, 2014).

Biomasa tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan dosis aplikasi ATB tidak memberikan pengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap biomasa tanaman kangkung darat (Gambar 4). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, aplikasi ATB dengan dosis 10 t ha⁻¹ (FA1) dapat meningkatkan biomasa 34% lebih tinggi dibanding kontrol, namun biomasa akan turun apabila dosis ATB ditingkatkan. Febriana *et al.* (2021) melaporkan bahwa aplikasi ATB di tanaman kangkung menunjukkan kecenderungan penurunan biomasa kangkung seiring dengan peningkatan dosis ATB.



Gambar 4. Pengaruh dosis ATB terhadap biomasa tanaman.

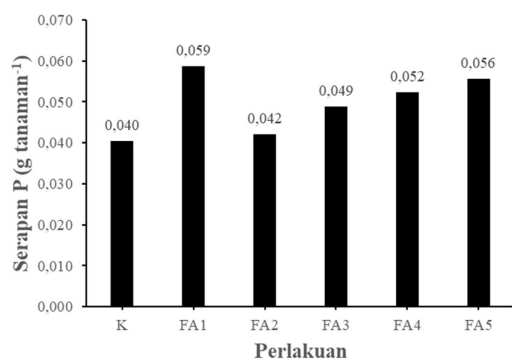
Penelitian tersebut menunjukkan bahwa aplikasi ATB dengan dosis 50 t ha⁻¹ memberikan biomasa lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 10 t ha⁻¹ dan 150 t ha⁻¹. Beberapa penelitian lainnya menunjukkan hasil serupa mengenai dosis aplikasi ATB terhadap biomasa tanaman. Peningkatan pertumbuhan dan hasil kacang hijau secara nyata terjadi pada dosis 20 t ha⁻¹, (Bhaisare *et al.*, 2000) pada dosis 10 ton ha⁻¹, dan bawang merah (Patil *et al.*, 2005) pada dosis 30 t ha⁻¹. Yu *et al.* (2019) menyatakan bahwa pengaruh ATB terhadap biomasa tanaman tergantung pada besarnya dosis yang diaplikasikan. ATB yang diaplikasikan dalam dosis yang besar akan secara signifikan menurunkan biomasa tanaman hingga 45,80%. ATB yang diaplikasikan dalam jumlah kecil dapat meningkatkan biomasa tanaman hingga 29,2%. Rautaray *et al.* (2003) mengaplikasikan ATB dengan dosis 10 t ha⁻¹ pada tanaman padi dan tidak didapatkan perbedaan yang nyata terhadap hasil

produksi, meskipun terjadi peningkatan hasil produksi.

Pandey *et al.* (2016) melaporkan bahwa variabel pertumbuhan tanaman seperti akar, batang, tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomasa tanaman meningkat dengan berkurangnya dosis abu terbang yang diaplikasikan. Aplikasi ATB dalam dosis yang rendah dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan biomasa melalui ketersediaan unsur hara dalam tanah, tetapi pada dosis yang tinggi stimulasi akan terhenti akibat stres yang menyebabkan meningkatnya kandungan logam berat yang bersifat toksik. ATB dapat digunakan sebagai amelioran tanah ketika dosis yang digunakan rendah guna meningkatkan biomasa tanaman dan menghindari kenaikan akumulasi logam berat yang bersifat toksik bagi tanaman (Gupta *et al.*, 2004; Sinha dan Gupta *et al.*, 2005; Yu *et al.*, 2019).

Serapan P oleh tanaman kangkung darat

Aplikasi ATB hingga dosis 40 t ha⁻¹ dapat meningkatkan serapan P hingga 47,50% (Gambar 5). Berdasarkan penelitian Rautaray *et al.* (2003), aplikasi ATB dapat meningkatkan serapan P hingga 90% dibandingkan kontrol. Rendahnya serapan P pada perlakuan kontrol (K) diakibatkan oleh lebih rendahnya ketersediaan P dalam tanah sebagai akibat dari tidak adanya tambahan P dari ATB. Wilujeng *et al.* (2020) menyatakan bahwa serapan P tanaman sangat dipengaruhi oleh konsentrasi P di dalam tanah dan kemampuan tanaman dalam menyerap P.



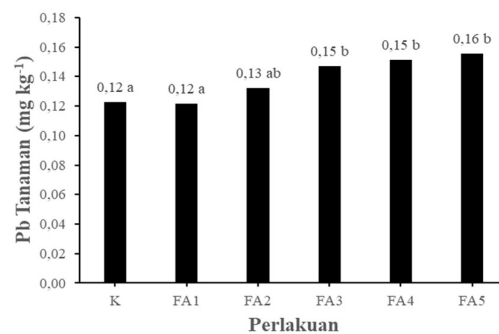
Gambar 5. Pengaruh dosis ATB terhadap serapan P tanaman.

Kemampuan ATB dalam meningkatkan serapan P oleh tanaman kangkung disebabkan oleh peningkatan ketersediaan P di tanah, yang berkaitan dengan P tersedia dalam tanah sejak awal dan sumbangan P dari ATB (Fahrussyah *et al.*, 2018).

Kecenderungan lebih rendahnya serapan unsur hara pada dosis ATB yang tinggi dapat diakibatkan oleh pemadatan tanah akibat tingginya partikel abu dari ATB sehingga mengganggu pemanjangan akar (Shaheen *et al.*, 2014). Pertumbuhan akar tanaman yang terganggu dapat berakibat pada kesulitan dalam menjangkau unsur hara yang ada di tanah (Haridjaja *et al.*, 2010). Unsur hara P diserap oleh tanaman melalui proses difusi.

Kandungan Pb tanaman kangkung darat

Pemberian ATB meningkatkan kandungan Pb dalam jaringan tanaman kangkung darat (Gambar 6). Peningkatan kandungan unsur hara dalam tanaman akibat aplikasi ATB diikuti dengan peningkatan logam berat dalam tanaman (Shaheen *et al.*, 2014). Meskipun aplikasi ATB dapat meningkatkan serapan unsur hara tanaman, logam berat yang ada di dalamnya seperti As, B, Cd, Cr, Ni, Mo, Se, Pb, dan Se dapat terakumulasi di dalam tanaman (Gupta *et al.*, 2002; Pandey *et al.*, 2016). Akumulasi Pb dalam tanaman sangat bergantung pada konsentrasi Pb yang ada di lingkungan tumbuh, yaitu berkaitan erat dengan dosis abu terbang yang diaplikasikan (Basu *et al.*, 2009; Amir *et al.*, 2018). Pandey *et al.* (2016) melaporkan bahwa konsentrasi logam berat yang bersifat toksik akan meningkat seiring dengan peningkatan dosis ATB. Pada dosis ATB <50 t ha⁻¹, konsentrasi logam berat seperti Pb, Cu, dan Ni lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi ATB dengan dosis yang tinggi (Shaheen *et al.*, 2014).



Gambar 6. Pengaruh dosis ATB terhadap kandungan P tanaman.

Timbal atau logam berat pada umumnya dapat diserap tanaman melalui dua cara, yaitu penyerapan melalui akar dan daun. Agar tanaman dapat menyerap timbal, maka timbal harus dibawa dalam larutan di sekitar sistem perakaran. Timbal berada di tanah dalam wujud tidak terlarut yang tidak

tersedia bagi tanaman. Tanaman dapat meningkatkan ketersediaan timbal dalam tanah dengan cara mengeluarkan eksudat akar yang dapat membantu mikroba tanah memproduksi asam-asam organik hasil perombakan sehingga dapat meningkatkan kelarutan timbal (Dalvi dan Bhalerao, 2013). Timbal akan terikat dengan asam-asam organik yang ada di permukaan akar sehingga dapat terserap tanaman (Sharma and Dubey, 2005). Rashid *et al.* (2014) serta Hardiani (2009) menjelaskan bahwa penyerapan timbal oleh tanaman dilakukan dalam tiga tahapan. Kompleks timbal-organik dalam tanah bergerak ke zona perakaran serta masuk ke rambut akar melalui membran sel (absorpsi). Setelah timbal menembus endodermis akar, timbal mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem) ke bagian tanaman lainnya (transportasi). Timbal kemudian ditempatkan pada sel dan jaringan tanaman (lokalisasi) dengan tujuan agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman.

Kesimpulan

Aplikasi ATB dapat meningkatkan kandungan Ptotal tanah berkisar 210-310%, P-tersedia mencapai 127% pada perlakuan FA5, serta meningkatkan kandungan Pb tanah sebesar 28% pada perlakuan FA4. Semakin tinggi dosis ATB memberikan dampak negatif terhadap tinggi, biomasa, dan serapan P tanaman kangkung darat, sedangkan memberikan dampak positif terhadap kandungan Pb tanaman. Perlakuan FA1 dengan dosis 10 t ha⁻¹ masih memberikan dampak positif terhadap tinggi, biomasa, dan serapan P tanaman.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan staf PLTU Suralaya Cilegon, Banten atas perkenan penggunaan abu terbang batubara untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

Agustina, S. 2017. Aplikasi Abu Terbang Batubara Tergranulasi pada Lahan Kemasaman Netral untuk Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L.) Moench. IPB University Scientific Repository.

Ahmaruzzaman, A. 2010. A review on the utilization of fly ash. *Progress in Energy and Combustion Science* 36:327-363.

Amir, H., Arain, B.A., Jahangir, T.M., Abbasi, M.S. and Amin, F. 2018. Accumulation and distribution of lead (Pb) in plant tissues of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.):

profitable phytoremediation with biofuel crops. *Geology, Ecology, and Landscapes* 2(1):51-60.

Basu, M., Pande, M., Bhadoria, P.B.S. and Mahapatra, S. C. 2009. Potential fly-ash utilization in agriculture: a global review. *Progress in Natural Science* 19:1173-1186.

Bhaisare, B., Matte, D.B., Badole, W.P. and Deshmukh, A. 2000. Effect of fly ash on yield, uptake of nutrients and quality of green gram grown on Vertisol. *Journal of Soils and Crops* 10(1):122-124.

Bhatt, A., Priyadarshini, S., Mohanakrishnan, A. A., Abri, A., Sattler, M. and Techapaphawit, S. 2019. Physical, chemical, and geotechnical properties of coal fly ash: A global review. *Case Studies in Construction Materials* Volume 11, December 2019, e00263.

Chen, G.C., He, Z.L., Stoffella, P.J., Yang, X.E., Yu, S. and Calvert, D. 2004. Use of dolomite phosphate rock (DPR) fertilizers to reduce phosphorus leaching from sandy soil. *Environmental Pollution* 139:176-182.

Dalvi, A.A. and Bhalerao, S. 2013. Response of plants towards heavy metal toxicity: an overview of avoidance, tolerance and uptake mechanism. *Annual Plant Science* 2: 362-368.

Dhage, Shubhangi, J., Patil, V.D. and Dhamak, A.L. 2014. Influence of phosphorus and sulphur levels on nodulation, growth parameters and yield of soybean (*Glycine max* L.) grown on vertisol. *Asian Journal of Soil Science* 9(2):244-249.

Fahrnsyah, F., Kusuma, Z., Prasetya, B. and Handayanto, E. 2018. Improvement of some chemical properties of an Ultisol of East Kalimantan through the application of combined coal fly ash and oil palm empty fruit bunch. *Bioscience Research* 15(3):1805-1814.

Favaretto, N., Norton, L.D., Johnston, C.T., Bigam, J. and Sperrin, M. 2014. Nitrogen and phosphorus leaching as affected by gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium. *Soil Science Society of America Journal* 76(2):575-585.

Febriana, S., Priyadi, dan Taisa, R. 2021. Pengaruh Abu Terbang Batubara dan pupuk kandang sebagai bahan amelioran terhadap pertumbuhan tanaman kangkung (*Ipomoea reptans* Poir). *Agrotek Tropika* 9(1):161-169.

Gorai, S. 2018. Utilization of fly ash for sustainable environment management. *Journal of Materials and Environmental Science* 9(2):385-393.

Gupta, D.K., Rai, U.N., Sinha, S., Tripathi, R.D., Nautiyal, B.D., Rai, P. and Inouhe, M. 2004. Role of Rhizobium (CA-1) inoculation in increasing growth and metal accumulation in *Cicer arietinum* L. growing under fly-ash stress condition. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology* 73:424-431.

Gupta, D.K., Rai, U.N., Tripathi, R.D. and Inouhe, M. 2002. Impacts of fly-ash on soil and plant responses. *Plant Research* 115: 401-409.

Hardiani, H. 2009. Potensi tanaman dalam mengakumulasi logam Cu pada media tanah

- terkontaminasi limbah padat industri kertas. Berita Selulosa 44(1):27-40.
- Haridjaja, O., Hidayat, Y. dan Maryamah L.S. 2010. Pengaruh bobot isi tanah terhadap sifat fisik tanah dan perkecambahan benih kacang tanah dan kedelai. Ilmu Pertanian Indonesia 15(3):147-152.
- Ismail, K.N., Hussin, K. and Idris, M.S. 2007. Physical, chemical, and mineralogical properties of fly ash. Nuclear and Related Technology 4:47-51.
- Kang, J., Amoozegar, A., Hesterberg, D. and Osmond, D.L. 2011. Phosphorus leaching in a sandy soil as affected by organic and inorganic fertilizer sources. Geoderma 161:194-201.
- Lee, C.H., Lee, H., Lee, Y.B., Chang, H.H., Ali, M.A., Min, W. and Kim, P.J. 2007. Increase of available phosphorus by fly-ash application in paddy soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38(11):1551-1562.
- Lee, H., Ha, H.S., Lee, C.H., Lee, Y.B. and Kim, P.J. 2006. Flyash effect on improving soil properties and rice productivity in Korean paddy soils. Bioresource Technology 97:1490-1497.
- Mahale, N.K., Patil, S.D., Sarode, D.B. and Attarde, S.B. 2012. Effect of fly ash as an admixture in agriculture and the study of heavy metal accumulation in wheat (*Triticum aestivum*), mung bean (*Vigna radiata*), and urad beans (*Vigna mungo*). Environmental Study 21(6):1713-1719.
- Malhotra, H., Vandana, Sharma, S. and Pandey, R. 2018. Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance.
- Masto, R.E., Mahato, M., Selvi, V.A. and Ram, L.C. 2013. The effect of fly ash application on phosphorus availability in an acid soils. Energy Sources, Part A 35:2274-2283.
- Mishra, P.C. 2009. Heavy metal accumulation in crops grown in fly ash amended soil. The Ecoscane 1: 3-26.
- Pandy, R.N., Nayak, N., Dash-Mohini, R.R., Rath, S. and Sahu, R.K. 2016. Growth, metabolism and yield of rice cultivated in soils amended with fly ash and cyano-bacteridia and metal loads in plant parts. Rice Science 23:22-32.
- Patil, P.V., Chalwade, P.B., Solanke, A.S. and Kulkarni, V.K. 2005. Effect of fly ash and FYM on nutrient uptake and yield of onion. Journal of Soils and Crops 15(1):187-192.
- Rahutomo, S. dan Ginting, E.N. 2018. Tingkat pencucian N, P, K dan Mn, dari aplikasi beberapa jenis pupuk. Penelitian Kelapa Sawit 26(1):37-47.
- Rashid, H.O., Shanto, A.S., Roy, D.R., Hossain, S., Islam, S., Hoque, M. and Urbi, Z. 2014. Impact of coal mining on soil, water and agricultural crop production: a cross-sectional study on Barapukuria coal mine industry, Dinajpur, Bangladesh. Journal of Environmental Sciences and Research 1(1):00001.
- Rautaray, S.K., Ghosh, B.C. and Mitra, B.N. 2003. Effect of fly ash, organic wastes and chemical fertilizers on yield, nutrient uptake, heavy metal content and residual fertility in a rice–mustard cropping sequence under acid lateritic soils. Bioresource Technology 90(3):275-283.
- Saptiningsih, E. 2007. Peningkatan produktivitas tanah pasir untuk pertumbuhan tanaman kedelai dengan inokulasi mikorhiza dan rhizobium. BIOMA 9(2):58-61.
- Selvakumari, G., Baskar, M., Jayanthi, D. and Mathan, K. K. 2000. Effect of integration of fly ash with fertilizers and organic manures on nutrient availability, yield and nutrient uptake of rice in alfisols. Journal of the Indian Society of Soil Science 48(2):268-278.
- Shaheen, S.M., Hooda, P.S. and Tsadilas, C.D. 2014. Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements - a review. Environmental Management 145:249-267.
- Sharma, P. and Dubey, R.S. 2005. Lead toxicity in plants. Brazilian Journal of Plant Physiology 17:35-52.
- Sinha, S. and Gupta, A. K. 2005. Translocation of metals from fly ash amended soil in the plant of *Sesbania cannabina* L. Ritz: effect on antioxidants. Chemosphere 61:1204-1214.
- Siswanto, B. 2018. Sebaran unsur hara N, P, K dan pH dalam tanah. Buana Sains 18(2):109-124.
- Sondari, N. and Nurkhalidah, E. S. 2012. Application of bokashi bottom ash for increasing upland rice yield and decreasing grain Pb content in Vitric Hapludans. Journal of Tropical Soils 17(2):157-163.
- Suparso, Sudarmaji, A. dan Rivandi, M.A. 2020. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir.) pada Berbagai Konsentrasi Pupuk Nitrogen Secara Fertigasi di Lahan Pasir Pantai. Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-44 UNS Tahun 2020.
- Tewu, R.W.G., Theffie, K.L. dan Pioh, D.D. 2016. Kajian sifat fisika dan kimia tana pada tanah berpasir di Desa Noongan Kecamatan Langowan Barat. COCOS 7(2):1-12.
- Turken, C., Muftuoglu, U. M. and Uysal, I. 2015. Effect of fly ash applications on heavy metal contents of soil and corn plant (*Zea mays* L.). Turkish Journal of Agriculture and Natural Sciences 2(1):92-98.
- Wilujeng, R., Ichriani, G. I., Fahrunsyah, Nuraini, Y. and Handayanto, E. 2020. The possible use of coal fly ash and phosphate-solubilizing fungi for improving the availability of P and plant growth in acid soil. Degraded and Mining Lands Management 8(1):2471-2480.
- Yu, C.L., Deng, Q., Jian, S., Li, J., Dzantor, E.K. and Hui, D. 2019. Effects of fly ash application on plant biomass and element accumulations in a meta-analysis. Environmental Pollution 250:137-142.
- Zotarelli, L., Scholberg, J.M., Dukes, M.D. and Muñoz-Carpena, R. 2007. Monitoring of nitrate leaching in sandy soils. Journal of Environmental Quality 36:953–962.