Jurnal Ilmiah Universitas Satya Negara Indonesia

Published by : LP3M Universitas Satya Negara Indonesia
Vol. 04 No.01, 2025
Page 39-45
P-ISSN : 1979-5246 | E–ISSN : 3090-8736

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF *FLY ASH* AND *BOTTOM ASH* (FABA) WASTE UTILIZATION ON THE RATE OF PLANT VEGETATIVE GROWTH

ANALISIS EFEKTIVITAS PEMANFAATAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* (FABA) TERHADAP LAJU PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN

Yusriani Sapta Dewi*, Endah Rahayu Restini[2]
[1*]Universitas Satya Negara Indonesia, Indonesia
[2]Universitas Satya Negara Indonesia, Indonesia
[1]yusrianisaptadewi@usni.ac.id, [2]endahrestinir@gmail.com (+62818702416)

INFORMASI ARTIKEL
Submitted:
04-12-2025

Accepted:
11-02-2026

Published:
23-02-2026

Keywords:
FABA; Utilization of FABA; Growing Media; Visual Observation; Soil Analyzer

Kata Kunci:
FABA; Pemanfaatan FABA; Media Tanam; Pengamatan Visual; Soil Analyzer

ABSTRACT

A coal-fired power plant is a type of power generation facility that uses coal as its primary fuel. During the power production process, both B3 (hazardous) and non-B3 waste are generated. One of the main types of waste produced is fly ash and bottom ash (FABA). When FABA is allowed to accumulate over a long period, it can cause environmental problems such as air and water pollution and a decline in ecosystem quality. The results of the FABA characteristic test using the Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) showed that none of the tested parameters exceeded the quality standards, particularly for heavy metals, in accordance with Government Regulation Number 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management. This study examines the use of FABA as a growing medium for chili plants (Capsicum frutescens). The research employed visual observation and soil analyzer methods. Visual observations focused on plant growth indicators, including plant height and number of leaves, while soil analyzer was used to measure pH, moisture, and temperature. The treatment consisting of 75% FABA and 25% soil was found to be the optimal composition, producing the highest plant height and number of leaves up to the 10th week of observation. Furthermore, soil analyzer revealed that this combination is suitabie as a planting medium.

ABSTRAK

PLTU batubara adalah jenis pembangkit yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Dalam proses produksinya, kegiatan tersebut menghasilkan limbah B3 dan non B3. Salah satu jenis limbah yang dihasilkan yaitu *Fly Ash* dan *Bottom Ash* yang selanjutnya disebut FABA. FABA yang dibiarkan menumpuk dalam waktu lama akan menimbulkan masalah bagi lingkungan seperti pencemaran. Hasil uji karakteristik FABA dengan Uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) FABA tidak ada yang melebihi baku mutu untuk semua parameter, terutama parameter logam berat sesuai dengan baku mutu yang ada pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lampiran XIV juga terdapat kebijakan yang mengeluarkan FABA sebagai Limbah Non B3 terdaftar. Pemerintah mengeluarkan FABA sebagai Limbah Non B3 Terdaftar agar dapat dikelola secara masif oleh para penghasil limbah FABA. Sehingga Penelitian ini membahas mengenai pemanfaatan FABA sebagai Media Tanam. Penelitian menggunakan metode pengamatan visual dan *soil analyzer*. Pengamatan visual dengan mengamati pertumbuhan tanaman tinggi dan jumlah daun dan *soil analyzer* pengamatan pH, kelembapan dan suhu. Perlakuan 75 % FABA dan 25 % Tanah merupakan komposisi yang baik dalam penanaman.

INTRODUKSI

Peningkatan kebutuhan energi listrik di Indonesia menyebabkan penggunaan batubara sebagai sumber energi utama masih relatif tinggi. Proses pembakaran batubara pada PLTU menghasilkan limbah padat berupa *fly ash* dan *bottom ash (FABA)* yang jumlahnya terus meningkat setiap tahun. Limbah ini umumnya dikategorikan sebagai limbah non-B3 bersyarat, namun tetap berpotensi menimbulkan pencemaran tanah dan air apabila tidak dikelola secara tepat [1]. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Lampiran XIV disebutkan bahwa Limbah FABA dari kegiatan PLTU tidak lagi termasuk ke dalam limbah B3 melainkan menjadi limbah Non B3 terdaftar.

FABA yang dibiarkan menumpuk dalam waktu lama akan menimbulkan masalah bagi lingkungan seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem, karena nmasuk dalam logam berat. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar lingkungan. Selain aktivitas alam, hampir seluruh aktivitas manusia juga berpotensi menghasilkan logam berat sebagai efek samping [2].

Di sisi lain, pengelolaan limbah batubara melalui pendekatan *reuse* dan *recycle* menjadi salah satu strategi penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dan pengurangan dampak lingkungan. *Fly ash* dan *bottom ash* diketahui memiliki sifat dan komposisi yang relatif sama dengan bentuk asalnya, mengandung unsur silika (Si), alumina (Al), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) yang berpotensi memperbaiki sifat fisik tanah, seperti aerasi dan porositas[3]. Kualitas limbah FABA dari masing-masing PLTU memiliki perbedaan.

Pemanfaatan FABA sangat diperlukan untuk mengurangi timbulan FABA pada industri. Selain dimanfaatakan sebagai bahan untuk pembuatan semen, paving blok dan stabilisasai lahan, FABA juga dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian. Media tanam merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman karena berperan sebagai penyedia unsur hara, air, dan udara bagi akar. Penggunaan campuran bahan alternatif dalam media tanam, termasuk limbah industri, telah banyak dikaji sebagai upaya pemanfaatan limbah sekaligus peningkatan kualitas tanah. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengkaji potensi *fly ash* dan *bottom ash* sebagai campuran media tanam.

Fly ash merupakan partikel halus hasil pembakaran batubara yang terbawa gas buang dan ditangkap oleh alat pengendali emisi, merupakan mineral admixture. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik [4]. Secara kimia fly ash yaitu material oksida anorganik yang mengandung silica dan alumina aktif karena telah melalui proses pembakaran dengan suhu tinggi[5]. Bersifat aktif artinya dapat bereaksi dengan komponen lain dalam kompositnya agar membentuk material baru (*mullite*) yang tahan terhadap suhu tinggi[6]. *Bottom ash* adalah partikel berukuran lebih kasar yang mengendap di dasar tungku pembakaran[7]. Keduanya memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda, namun sama-sama mengandung mineral anorganik yang relatif stabil.

Media tanam berfungsi sebagai tempat tumbuh akar dan penyedia unsur hara bagi tanaman[8]. Media tanam yang baik harus memiliki struktur yang gembur, kemampuan menahan air yang cukup, serta aerasi yang baik[9]. Penambahan bahan anorganik tertentu dapat memperbaiki sifat fisik media tanam, terutama pada tanah yang terlalu padat atau miskin struktur[10]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa limbah industri tertentu dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran media tanam, asalkan memenuhi persyaratan keamanan lingkungan. Penggunaan limbah sebagai media tanam juga sejalan dengan konsep ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan[11].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) untuk mengetahui pengaruh campuran *fly ash* dan *bottom ash* terhadap pertumbuhan tanaman.

1. Bahan dan Alat

Bahan:

- *Fly ash*
- *Bottom ash*
- Tanah topsoil
- Tanaman uji cabai merah (*Capsicum frutescens*)

Alat:

- Pot/polybag

- Timbangan
- *Soil analyzer*

2. Perlakuan

Variasi media tanam:

- P1: FABA 100%
- P2: FABA 75% + Tanah (TA)25 %
- P3: FABA 50 % + Tanah (TA) 50 %
- P4: FABA 25 % + Tanah (TA)75 %
- P5: Tanah (TA) 100 %
- P6: Sekam 100%

3. Parameter Pengamatan
   - Tinggi tanaman
   - Jumlah daun
   - Kondisi visual tanaman
   - Sifat fisik media tanam
4. Analisis data

Data dianalisis secara deskriptif dan statistik untuk mengetahui perbedaan pertumbuhan tanaman antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji karakteristik FABA dengan Uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) FABA PLTU Banten 3 Lontar tidak ada yang melebihi baku mutu untuk semua parameter, terutama parameter logam berat sesuai dengan baku mutu yang ada pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berikut hasil uji TCLP FABA parameter logam berat pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Hasil Uji TCLP FABA

Sampel	Parameter	Hasil (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)		Keterangan
			A	B	
Fly Ash	Cd	<0,0164	0,9	1,5	Memenuhi baku mutu
	Cr^{6+}	<0,030	15	2,5	Memenuhi baku mutu
	Cu	<0,0861	60	10	Memenuhi baku mutu
	Pb	<0,0534	3	0,5	Memenuhi baku mutu
	Hg	0,004	0,3	0,005	Memenuhi baku mutu
	Ni	0,04	21	3,5	Memenuhi baku mutu
	Ag	<0,0323	40	5	Memenuhi baku mutu
Bottom Ash	Cd	<0,0164	0,9	1,5	Memenuhi baku mutu
	Cr^{6+}	<0,030	15	2,5	Memenuhi baku mutu
	Cu	<0,0861	60	10	Memenuhi baku mutu
	Pb	<0,0534	3	0,5	Memenuhi baku mutu
	Hg	0,002	0,3	0,005	Memenuhi baku mutu
	Ni	0,24	21	3,5	Memenuhi baku mutu
	Ag	<0,0323	40	5	Memenuhi baku mutu

Sumber : Olahan Peneliti

Lampiran XIV pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 juga terdapat kebijakan yang mengeluarkan FABA sebagai Limbah Non B3 terdaftar. Pemerintah mengeluarkan FABA sebagai Limbah Non B3 Terdaftar agar dapat dikelola secara masif oleh para penghasil limbah FABA.

1. Pengamatan Viusal

Berdasarkan hasil pembuatan media tanam FABA dan pengamatan visual, tanaman memberikan berbagai respon berbeda akibat penggunaan media tanam FABA, Campuran FABA dan tanah, serta sekam. Pada hasil akhir minggu ke-10 perlakuan FABA 100% terdapat 1 tanaman yang mati. Perlakuan TA 100%

hanya terdapat 1 tanaman yang tumbuh hingga minggu ke-10, 1 tanaman tumbuh hingga minggu ke-4 dan mati di minggu ke-5, serta 1 tanaman mati sejak minggu pertama. Perlakuan media tanam sekam terdapat 1 tanaman yang tidak tumbuh sejak minggu pertama. Perlakuan campuran FABA dan tanah ketiga tanaman tumbuh.

Berdasarkan hasil pengamatan visual, tanaman yang tumbuh baik, pada media tanam campuran FABA dan Tanah terutama dengan campuran FABA 75% + TA 25%. Secara kimia, abu batubara merupakan mineral aluminosilikat yang banyak mengandung unsurunsur seperti Ca, K, dan Na disamping juga mengandung sejumlah kecil unsur C dan N. Bahan nutrisi lain dalam abu batubara yang diperlukan dalam tanah bagi tanaman diantaranya unsur hara makro[12]. Begitupun dengan Tanah banyak mengandung unsur hara yang baik bagi tanaman, sehingga perlakuan media tanam yang diberikan campuran FABA dan Tanah akan lebih baik pertumbuhannya dibandingkan dengan menggunakan100% Tanah, 100% FABA atau 100% sekam.

Hasil uji kualitas FABA dibandingkan dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 209/Kpts/SR.320/2/2018 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk An-organik pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas FABA

Jenis Hara	Fly Ash	Bottom Ash	PTM Hara Makro
K_2O	0,30 %	0,15 %	Min 4 %
CaO	7,08 %	2,03 %	Min 15 %
MgO	1,77%	0,72 %	Min 9 %
SiO_2	46,77 %	37,65 %	Min 6 %

Sumber : Olahan Peneliti

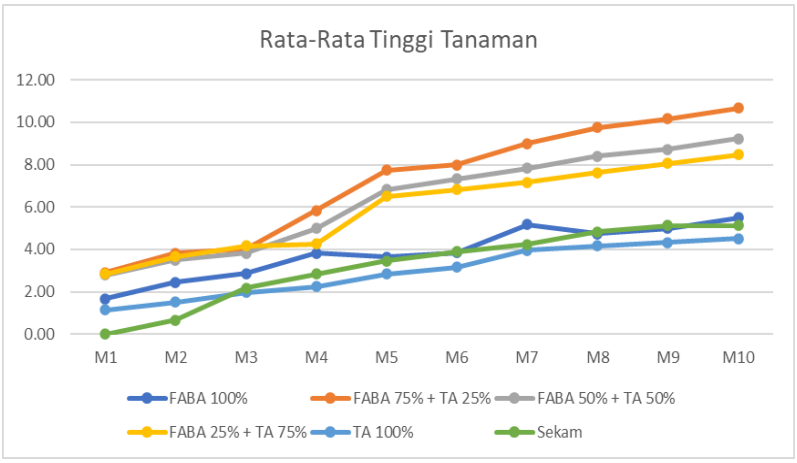
Kandungan K_2O kurang dari 4 %, kandungan CaO kurang dari 15%, kandungan MgO kurang dari 9% dan kandungan SiO_2 memenuhi di atas 6%. Silika adalah bagian besar unsur hara yang terkandung di dalam tanah. Silika memiliki peran untuk meningkatkan laju fotosintesis tanaman dan resistensi tanaman terhadap cekaman biotik (serangan hama dan penyakit) serta abiotic (kekeringan, salinitas, alkalinitas, dan cuaca ekstrim)[13]. Unsur hara CaO dan MgO dengan kadar cukup tinggi sehingga mampu mengatur tingkat keasaman tanah. Kalium dapat meningkatkan luas daun serta dapat meningkatkan kandungan zat hijau daun, menunda daun menjadi tua, karena itu kalium berkonstribusi besar terhadap proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman[14]. Tidak seperti N dan P, Kalium tidak memiliki efek terhadap pematahan cabang[15].

Pada perlakuan 100% Tanah, 100% FABA, dan 100% sekam, terdapat beberapa tanaman yang mati dikarenakan kurangnya unsur hara tambahan bagi tanaman. Di antara 3 tanaman yang harusnya tumbuh bersama tidak tumbuh akibat saling berebut unsur hara, sehingga pertumbuhan tanaman kurang optimal.

2. Pengamatan Tinggi Tanaman

Pengaruh media tanam terhadap rata-rata tinggi tanaman cabai ditunjukkan pada **Gambar 1.** Grafik tersebut memperlihatkan bahwa perlakuan FABA 75% + TA 25%, FABA 50% + TA 50% dan FABA 25% + TA 75% mengalami peningkatan setiap minggunya. Sedangkan untuk perlakuan 100% Tanah, 100% FABA dan 100% sekam sangat fluktuatif karena ada beberapa tanaman yang tidak tumbuh atau mati. Tanaman tertinggi pada perlakuan FABA 75% + TA 25% dengan tinggi rata-rata pada minggu ke-10 yaitu 10.67 cm. Perlakuan TA 100% memiliki rata-rata tinggi yang rendah pada minggu ke-10 yaitu 4.50 cm karena hanya terdapat 1 tanaman yang tumbuh dengan tinggi 13.5 cm dan 2 tanaman lain tidak tumbuh yang mengakibatkan nilai rata-rata tinggi tanaman menjadi kecil.

Gambar 1. Rata-rata tinggi tanaman



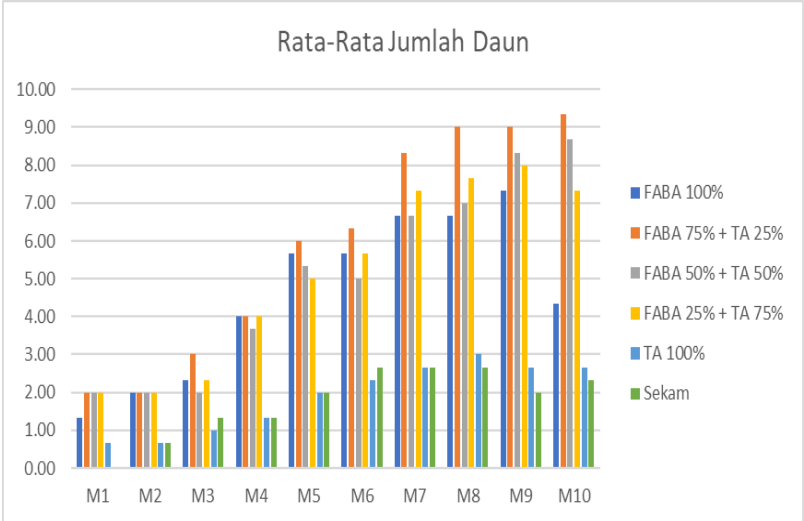
Sumber : Olahan Peneliti

3. Pengamatan Daun Tanaman

Gambar 2 menunjukkan pengaruh media tanam terhadap rata-rata jumlah daun pada tanaman cabai. Grafik tersebut menunjukkan bahwa rata-rata jumlah daun yang meningkat setiap minggunnya ada pada perlakuan FABA 75% + TA 25% , FABA 50% + TA 50% dan FABA 25% + TA 75%. Berbeda dengan perlakuan 100% Tanah, 100% FABA dan 100% sekam yang mengalami fluktuasi pada setiap minggunya, karena ada beberapa tanaman yang tidak tumbuh dan mati, serta karena faktor suhu yang menyebabkan daun layu dan kering.

Rata-rata jumlah daun terbanyak yaitu pada perlakuan FABA 75% + TA 25% dengan tinggi rata-rata pada minggu ke-10 yaitu 9 helai. dengan jumlah daun 3 tanaman masing masing yaitu 10, 9 dan 9 helai. Perlakuan Sekam 100% memiliki rata-rata jumlah daun pada minggu ke-10 yaitu 2 helai. Karena hanya terdapat 2 tanaman yang tumbuh dengan masing masing jumlah daun 5 helai dan 2 helai, untuk 1 tanaman lagi pada media sekam tidak tumbuh.

Gambar 2. Rata-rata jumlah daun



Sumber : Olahan Peneliti

4. Pengukuran dengan *Soil Analyzer*

Soil analyzer merupakan alat yang berfungsi untuk mengukur beberapa parameter penting kondisi tanah bagi tanaman seperti pH, kelambapan dan suhu[16]. Pengukuran *soil analyzer* dilakukan 1 kali untuk beberapa perlakuan media tanam. Hasil Pengukuran pH dan kelembapan menggunakan soil analyzer pada **Tabel 3.** sebagai berikut :

Tabel 3. Soil Analyzer Media Tanam

Perlakuan	pH	Temperatur ^{0}C	Moisture
TA 100%	6	34	Normal
FABA 100%	7	33	Normal
FABA 75% + TA 25%	6,5	33	Wet
FABA 50% + TA 50%	6,5	32	Normal
FABA 25% + TA 75%	6	32	Normal
Sekam	5	33	Normal

Sumber : Olahan Peneliti

Berdasarkan hasil pengukuran dengan *soil analyzer* yang dilakukan pada tabel di atas, apabila diurutkan dari media tanam yang ber-pH normal hingga asam yaitu perlakuan FABA 100% memiliki pH 7, FABA 75% + TA 25% dan FABA 50% + TA 50% memiliki pH 6,5, Tanah 100% dan FABA 25% + TA 75% memiliki pH 6 dan sekam memiliki pH 5. Media tanam yang baik umumnya memiliki pH normal. Tanah dengan pH normal sangat memungkinkan untuk tersedianya berbagai unsur tanah yang seimbang. Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Hayati dan Pembenahan Tanah yaitu pH 4 – 9.

Tingkat kemasaman (pH) tanah yang sesuai adalah 6-7. Cabai merah (*Capsicum frutescens)* mempunyai toleransi yang sedang terhadap kemasaman tanah, dan dapat tumbuh baik pada kisaran pH tanah antara 5,5 - 6,8. Pada pH > 7,0 tanaman cabai merah (*Capsicum frutescens)* seringkali menunjukkan gejala klorosis, yakni tanaman kerdil dan daun menguning karena kekurangan hara besi (Fe). Pada pH < 5,5 tanaman cabai merah (*Capsicum frutescens)* juga akan tumbuh kerdil karena kekurangan Ca, Mg dan P atau keracunan Al dan Mn (Sumarni N dan Muharam A, 2005). Perlakuan sekam memiliki pH 5 kondisi tanaman sekam pada minggu ke-10 mengalami keracunan karena pertumbuhannya lama tidak seperti perlakuan lainnya.

Kelembaban atau moisture pada perlakuan FABA 50% + TA 50%, FABA 25% + TA 75%, 100% Tanah, 100% FABA dan 100% sekam pada soil analyzer normal. Sedangkan untuk perlakuan FABA 75% + TA 25% yaitu *wet* yang berarti terlalu basah. Hal ini disebabkan karena ketika pengukuran *soil analyzer* dilakukan setelah penyiraman dan pada perlakuan tersebut terlalu banyak air yang disiramkan. Tanaman cabai merah (*Capsicum frutescens)* mempunyai daya adaptasi yang cukup luas. Tanaman ini dapat diusahakan di dataran rendah maupun dataran tinggi sampai ketinggian 1400 m di atas permukaan laut, tetapi pertumbuhannya di dataran tinggi lebih lambat[17]. Suhu udara yang baik untuk pertumbuhan tanaman cabai merah(*Capsicum frutescens)* adalah 25-27^{0}C pada siang hari dan 18-20^0 C pada malam hari[18].

Berdasarkan hasil *soil analyzer* suhu seluruh media tanam di atas 31^0 C. Nilai hasil suhu pada perlakuan perlakuan 100% FABA, FABA 75% + TA 25%, FABA 50% + TA 50%, FABA 25% + TA 75%, 100% Tanah, dan 100% sekam secara berturut yaitu 34^{0}C, 33^{0}C, 33^{0}C, 32^{0}C, 32^{0}C dan 33^{0}C. Suhu siang hari di atas 32^{0}C dapat menggagalkan pembuahan. Faktor yang menyebabkan tanaman tidak tumbuh baik dan daun kering dikarenakan suhu yang terlalu tinggi[19].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas sebelumnya, maka terdapat temuan sebagai berikut (1) Pemanfaatan FABA sebagai campuran media tanam komposisi yang terbaik pada penelitian ini yaitu pada perlakuan FABA 75% + TA 25%. Pertumbuhan tanaman cabai merah (*Capsicum frutescens 0* dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti abiotik (temperatur, suhu dan pH) yang dijelaskan dalam hasil pengukuran *soil analyzer* dan biotik (penyakit dan hama); (2)Pengamatan visual meliputi pengamatan tinggi dan jumlah daun tanaman menyimpulkan pengamatan tanaman paling tinggi terdapat pada perlakuan 75% FABA dan 25 % Tanah yaitu 10.67 cm dengan tinggi 3 tanaman masing masing 12, 11.5 dan 8.5 cm. Jumlah daun terbanyak terdapat pada perlakuan 75 % FABA dan 25 % Tanah yaitu dengan rata-rata 9 helai dengan jumlah daun 3 tanaman masing masing 10, 9 dan 9 helai; (3) Berdasarkan hasil pengukuran dengan *soil analyzer* yang dilakukan dengan pengukuran 3 parameter yaitu pH, kelembaban dan suhu, sekam memiliki pH paling rendah 5. Media tanam yang baik umumnya memiliki pH normal. Kelembaban atau *moisture* pada perlakuan FABA 75% + TA 25% yaitu *wet* yang berarti terlalu basah. Suhu semua perlakuan media tanam diatas 30^0 C yang menyebabkan tanaman tidak tumbuh baik dan daun yang kering dikarenakan suhu yang terlalu tinggi. Dari temuan

tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa FABA dapat dipakai sebagai campuran media tanam dengan komposisi terbaik 75 % Faba dan 25 % tanah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. E. Pratiwi, T. A. Parwitasari, and others, "Legal Politics On Fly Ash Bottom Ash Waste Conversion Into Non-B3 Waste After Law Number 11 Of 2020 Concerning Job Creation In Indonesia," *Russian Law Journal.*, vol. 11, no. 2S, pp. 389–397, 2023.

[2] Y. S. Dewi, "The Influence of Zeolite on the Level of Mercury (Hg) And Chromium (Cr) in Adsorption Treatment," *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, vol. 11, no. 5, p. 51003, 2022.

[3] L. C. Ram and R. E. Masto, "Fly ash for soil amelioration: a review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments," *Earth-Science Reviews*, vol. 128, pp. 52–74, 2014.

[4] S. S. Alterary and N. H. Marei, "Fly ash properties, characterization, and applications: A review," *Journal of King Saud University-Science*, vol. 33, no. 6, p. 101536, 2021.

[5] S. Marinković and J. Dragaš, "Fly ash," in *Waste and supplementary cementitious materials in concrete*, Elsevier, 2018, pp. 325–360.

[6] S. Ren *et al.*, "Preparation and characteristic of the fly ash cenospheres/mullite composite for high-temperature application," *Fuel*, vol. 233, pp. 336–345, 2018.

[7] H. Kurama and M. Kaya, "Usage of coal combustion bottom ash in concrete mixture," *Construction and building materials*, vol. 22, no. 9, pp. 1922–1928, 2008.

[8] K. Mengel, E. A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel, "The soil as a plant nutrient medium," in *Principles of plant nutrition*, Springer, 2001, pp. 15–110.

[9] S. S. Kukal, D. Saha, A. Bhowmik, and R. K. Dubey, "Water retention characteristics of soil bio-amendments used as growing media in pot culture," *Journal of Applied Horticulture*, vol. 14, no. 2, pp. 92–97, 2012.

[10] H. P. S. A. Khalil *et al.*, "The role of soil properties and it's interaction towards quality plant fiber: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 43, pp. 1006–1015, 2015.

[11] H. Jun and H. Xiang, "Development of circular economy is a fundamental way to achieve agriculture sustainable development in China," *Energy Procedia*, vol. 5, pp. 1530–1534, 2011.

[12] N. L. Ukwattage, P. G. Ranjith, and M. Bouazza, "The use of coal combustion fly ash as a soil amendment in agricultural lands (with comments on its potential to improve food security and sequester carbon)," *Fuel*, vol. 109, pp. 400–408, 2013.

[13] C. H. Chanchal Malhotra, R. Kapoor, and D. Ganjewala, "Alleviation of abiotic and biotic stresses in plants by silicon supplementation," *Scientia*, vol. 13, no. 2, pp. 59–73, 2016.

[14] W. Hu *et al.*, "The reduction in leaf area precedes that in photosynthesis under potassium deficiency: the importance of leaf anatomy," *New Phytologist*, vol. 227, no. 6, pp. 1749–1763, 2020.

[15] R. C. Rosecrance, S. A. Weinbaum, and P. H. Brown, "Alternate bearing affects nitrogen, phosphorus, potassium and starch storage pools in mature pistachio trees," *Annals of Botany*, vol. 82, no. 4, pp. 463–470, 1998.

[16] J. Ryan, G. Estefan, and A. Rashid, *Soil and plant analysis laboratory manual*. ICARDA, 2001.

[17] M. D. Siddik, "Influence Of Salinity On Yield And Seed Quality Of Chilli (*Capsicum frutescens* L.)," Institute Of Seed Technology, Sher-E-Bangla Agricultural University Dhaka 1207, 2017.

[18] H. L. Cochran, "Some factors influencing growth and fruit-setting in the pepper.(*Capsicum frutescens L.*).," 1936.

[19] U. Feller and I. I. Vaseva, "Extreme climatic events: impacts of drought and high temperature on physiological processes in agronomically important plants," *Frontiers in Environmental Science*, vol. 2, p. 39, 2014.