

Aplikasi abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) terhadap hasil panen dan kadar fitokimia tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*)

Vivin Andriani^{1*}, Ngadiani¹

¹Program Studi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
Jl. Dukuh Menanggal XII No. 4 Surabaya, Jawa Timur, Indonesia. 60234

*E-mail: v.andriani@unipasby.ac.id

Abstrak: Kegiatan pembakaran batu bara di PLTU menyisakan limbah dalam jumlah besar setiap tahunnya. Pembakaran batu bara menghasilkan sekitar 5% polutan padat berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar). Unsur hara lain dalam abu batubara yang dibutuhkan dalam tanah untuk tanaman antara lain B, P, dan unsur-unsur seperti Cu, Zn, Mn, Mo, dan Se. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh abu terbang, abu dasar dan kombinasinya terhadap hasil panen dan kandungan fitokimia tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Penelitian ini dilakukan di *Green House* Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas PGRI Adi Buana Surabaya pada bulan Januari hingga Mei 2024. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 12 faktor dan 3 ulangan yakni k_0 (kontrol, tidak diberi apapun), k_1 (kontrol positif, pemberian pupuk urea), a_1 (400 g/polybag abu terbang), a_2 (800 g/polybag abu terbang), a_3 (1200 g/polybag abu terbang), b_1 (400 g/polybag abu dasar), b_2 (800 g/polybag abu dasar), b_3 (1200 g/polybag abu dasar), ab_1 (200 g/polybag abu terbang + 400g/polybag abu dasar), ab_2 (400 g/polybag abu terbang + 200 g/polybag abu dasar), ab_3 (600 g/polybag abu terbang + 400 g/polybag abu dasar) dan ab_4 (400 g/polybag abu terbang + 600 g/polybag abu dasar). Parameter pengamatan yang diamati meliputi hasil panen (jumlah buah, bobot buah dan diameter buah) serta kadar fitokimia (flavonoid dan antosianin). Data yang didapat dianalisis menggunakan uji Anova dengan signifikansi $\alpha = 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan ab_4 yang merupakan kombinasi 400 g/polybag abu terbang + 600 g/polybag abu dasar memberikan hasil yang baik pada parameter hasil panen yaitu berat buah dan diameter buah dan serta kadar fitokimia tanaman tomat.

Kata Kunci: *bottom ash*, *fly ash*, hasil panen, kandungan fitokimia, *Solanum lycopersicum*

Abstract: Coal burning activities in PLTU leave behind large amounts of waste every year. Coal burning produces about 5% solid pollutants in the form of fly ash and bottom ash. Other nutrients in coal ash that are needed in the soil for plants include B, P, and elements such as Cu, Zn, Mn, Mo, and Se. This study aims to determine the effect of fly ash, bottom ash and their combinations on the harvest and phytochemical content of tomato plants (*Solanum lycopersicum*). This research was conducted at the Green House of the Biology Study Program, Faculty of Science and Technology, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya from January to May 2024. The research was conducted experimentally using CDR (Completely Randomized Design) with 12 factors and 3 replications, namely k_0 (control, not given anything), k_1 (positive control, urea fertilizer), a_1 (400 g/polybag fly ash), a_2 (800 g/polybag fly ash), a_3 (1200 g/polybag fly ash), b_1 (400 g/polybag bottom ash), b_2 (800 g/polybag bottom ash), b_3 (1200 g/polybag bottom ash), ab_1 (200 g/polybag fly ash + 400g/polybag bottom ash), ab_2 (400 g/polybag fly ash + 200 g/polybag bottom ash), ab_3 (600 g/polybag fly ash + 400 g/polybag bottom ash) and ab_4 (400 g/polybag fly ash + 600 g/polybag bottom ash). The observed parameters include harvest results (number of fruits, fruit weight and fruit diameter) and phytochemical levels (flavonoids and anthocyanins). The data obtained were analyzed using the Anova test with a significance of $\alpha = 0.05$. The results showed that the ab_4 treatment which is a combination of 400 g/polybag fly ash + 600 g/polybag bottom ash gave good results on harvest parameters, namely fruit weight and fruit diameter and phytochemical levels of tomato plants.

Keywords: bottom ash, fly ash, harvest yield, phytochemical content, *Solanum lycopersicum*

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak industri yang beralih menggunakan batubara sebagai bahan bakar dalam menghasilkan uap. Hal ini disebabkan karena pemakaian batu bara dianggap lebih efisien dibandingkan dengan pemakaian minyak bumi yang harganya terus meningkat sedangkan cadangannya semakin berkurang. Selain tersebar merata di seluruh dunia, batu bara merupakan bahan yang siap dieksploitasi secara ekonomis karena terdapat dalam jumlah yang banyak, sehingga menjadi bahan bakar yang paling lama dapat menyokong kebutuhan energi dunia. Kegiatan pembakaran batu bara di PLTU menyisakan limbah dalam jumlah besar setiap tahunnya. Pembakaran batu bara menghasilkan sekitar 5% polutan padat berupa *fly ash* dan *bottom ash* (Damayanti, 2018). Sekitar 10-20% merupakan *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan (Noviardi, 2013). Peningkatan penyediaan energi listrik dengan membangun pembangkit listrik baru berkorelasi dengan peningkatan limbah batubara yang dihasilkan. Jika limbah batubara tidak dimanfaatkan secara optimal akan menjadi masalah pencemaran lingkungan (Utami, 2018).

Secara kimiawi, abu batubara merupakan mineral aluminosilikat yang banyak mengandung unsur Ca, K, dan Na serta mengandung sedikit bagian C dan N (Hermawan et al., 2014). Unsur hara lain dalam abu batubara yang dibutuhkan dalam tanah untuk tanaman antara lain B dan P, serta unsur-unsur lainnya seperti Cu, Zn, Mn, Mo, dan Se (Benito et al., 2023). Umumnya abu batubara bersifat basa (pH 8-12). Secara fisik memiliki ukuran partikel berukuran lanau dan memiliki karakteristik daya ikat air sedang hingga tinggi (Maryuningsih, 2015). Komponen utama dari abu terbang batubara yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), kalsium (CaO) dan sisanya adalah magnesium, potasium, sodium, titanium dan belerang dalam jumlah yang sedikit (Yanuarini et al., 2022). Selain senyawa-senyawa tersebut yang diperkirakan terdapat pada abu terbang dalam kisaran 95- 99%, abu terbang juga tersusun atas Na, P, K, sebesar 0,5-3,5% dan sisanya disusun oleh fase gelas *amorf*, fase kristalin, serta unsur-unsur mikro (*trace elements*) (Basu et al., 2009).

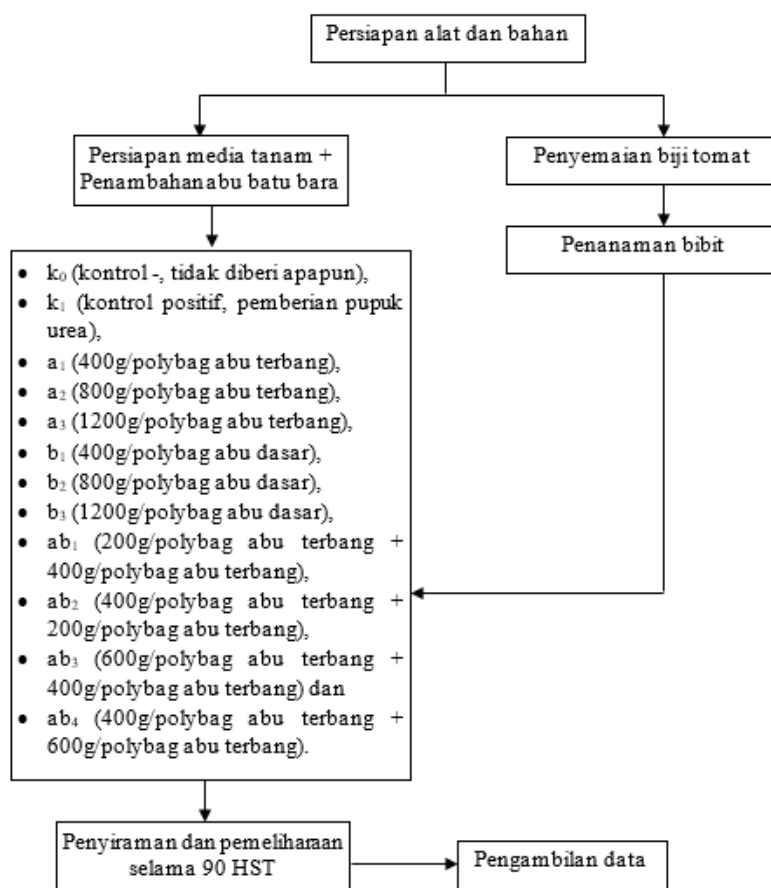
Komposisi kimia abu dasar terutama terdiri dari unsur Si, Al, Fe, dan Ca, serta Mg, S, Na, dan aspek kimia lainnya. Kandungan silikat dan alumina yang terkandung dalam *bottom ash* bersifat aktif karena dapat bereaksi dengan komponen lain. Silika pada *bottom ash* berperan dalam membantu pelarutan unsur P pada media tanam yang mengandung unsur hara fosfat (Mekar et al., 2018). Kemasaman tanah dapat diperbaiki dengan pengapuran, tetapi tanah masam membutuhkan pengapuran dalam jumlah yang banyak dan diberikan secara terus menerus sehingga mahal (Ilham et al., 2021). Berdasarkan hal tersebut, melihat potensi abu terbang dan abu dasar yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh abu terbang, abu dasar dan kombinasinya terhadap pertumbuhan dan hasil panen tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Penggunaan abu terbang dan abu dasar batu bara sebagai pengganti kapur dinilai lebih efisien karena memanfaatkan limbah yang tidak terpakai.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2024. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 12 faktor dan 3 ulangan yakni k_0 (kontrol, tidak diberi apapun), k_1 (kontrol positif, pemberian pupuk NPK), a_1 (400 g/polybag abu terbang), a_2 (800 g/polybag abu terbang), a_3 (1200 g/polybag abu terbang), b_1 (400 g/polybag abu dasar), b_2 (800 g/polybag abu

dasar), b_3 (1200 g/polybag abu dasar), ab_1 (200 g/polybag abu terbang + 400 g/polybag abu dasar), ab_2 (400 g/polybag abu terbang + 200 g/polybag abu dasar), ab_3 (600 g/polybag abu terbang + 400g/polybag abu dasar) dan ab_4 (400 g/polybag abu terbang + 600g/polybag abu dasar).

Prosedur penelitian aplikasi abu terbang dan abu dasar terhadap hasil panen dan kadar fitokimia tanaman tomat (*S. lycopersicum*) dapat diamati pada Gambar 1.



Gambar1. Prosedur kerja

Secara detail, Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut: (a) Persiapan media tanam, media tanam ditimbang sebanyak 5 kg, diberi abu terbang/abu dasar/kombinasi berdasarkan dosis perlakuan dan dimasukkan ke dalam polybag, kemudian diinkubasi selama 2 minggu; (b) Penanaman bibit, setelah inkubasi selesai, bibit tomat berumur 2 minggu ditanam pada polybag, dilakukan penyiraman secukupnya, kemudian polybag ditempatkan di *Green House*; (c) Penyiraman dan pemeliharaan, penyiraman dilakukan dengan memperhatikan kondisi media tanam, apabila kering dilakukan penyiraman dengan volume air yang sama untuk semua perlakuan sedangkan pemeliharaan dengan pengendalian hama penyakit yang dilakukan terhadap tanaman; (d) Uji fitokimia, dilakukan dengan melakukan uji flavonoid dan antosianin.

1. Uji flavonoid

Ekstrak sampel 1 mg/ml diambil sebanyak 20 μ l, ditambahkan dengan 150 μ l NaNO_2 5% dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 menit. Kemudian, sampel ditambahkan dengan 2,5 ml AlCl_3 10% dan diinkubasi pada suhu ruang selama 6 menit. Sampel diabsorbansi pada panjang gelombang 510 nm. Total flavonoid dihitung

menggunakan kurva standar dari Quercetin dari pembuatan standar Quercetin 1mg/ml. Perhitungan favanoid total sebagai berikut:

$$\text{TFC } (\mu\text{gQE/mg}) = \frac{c \cdot v}{g} \times fp$$

Keterangan:

- c : Konsetrasi Flavonoid (nilai x)
v : Volume (ml)
fp : Faktor pengenceran
g : Berat sampel yang digunakan (g)

2. Uji antosianin

Pengukuran kandungan antosianin menggunakan perbedaan pH. Ekstrak tomat dilarutkan dengan masing-masing dapar KCl pH 1,0 dan dapar $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ pH 4,5. Larutan pada kondisi pH yang berbeda tersebut diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 520 nm dan 700 nm. Kandungan antosianin total dalam buah tomat dihitung menggunakan perhitungan dengan koefisien ekstingsi molar (ϵ) sebesar 29.600 (berdasar koefisien ekstingsi molar dari sianidin-3 glukosida) dan bobot molekul sebesar 449,2 sebagai berikut:

$$\text{Total antosianin (mg/100 g)} = \frac{A}{\epsilon \times L} \times \text{MW} \times \text{DF} \times \frac{V}{W_t}$$

Keterangan:

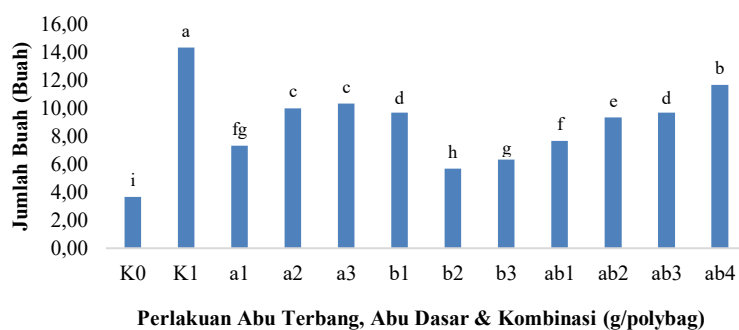
- A : ($A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}$) pH 1 – ($A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}}$) pH 4,5
E : Koefisien ekstingsi molar ($\text{L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)
MV : Bobot molekul
DF : Faktor pengenceran
L : Tebal kuvet (1 cm)
Wt : Berat bahan awal (gr)

Pengambilan data, pengambilan data dilakukan setelah tanaman berusia 3 bulan, pengambilan data meliputi hasil panen yaitu antara lain jumlah buah (buah), berat buah (g) dan diameter buah (cm) serta kandungan fitokimia meliputi flavonoid dan antosianin; Seanjutnya dilakukan analisis data. Data dianalisis menggunakan uji One Way Anova dengan signifikansi $\alpha = 0,05$. Bila terdapat perbedaan signifikan dilanjutkan dengan uji beda menggunakan Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

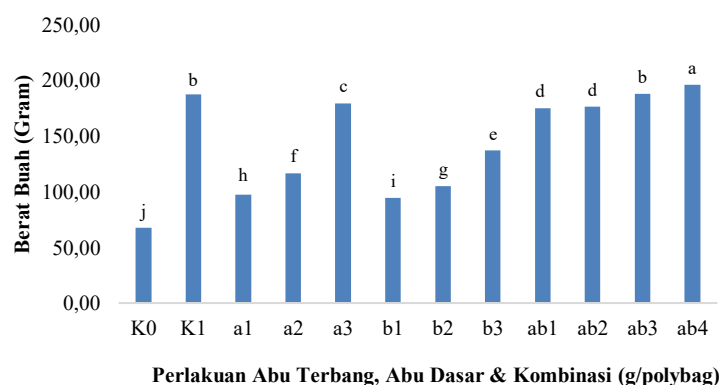
1. Hasil panen

Hasil pengamatan rata-rata hasil panen (jumlah buah, berat buah dan diameter buah) tanaman tomat setelah diberi perlakuan abu terbang dan abu dasar hasil pembakaran batu bara selama 90 HST disajikan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4.

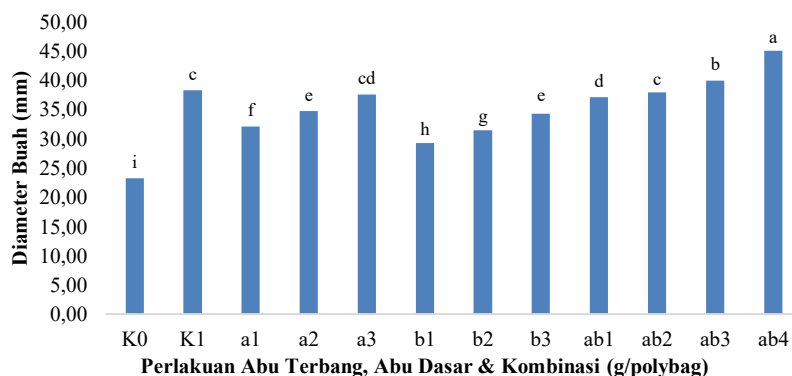


Gambar 2. Jumlah buah (buah) tanaman tomat pada 90 HST

Gambar 1 menunjukkan bahwa K₁ (Kontrol positif) memberikan hasil yang baik pada jumlah buah tanaman tomat dibandingkan dengan perlakuan pemberian limbah abu terbang dan abu dasar. Pada Gambar 2, pemberian perlakuan ab₄ kombinasi 400 g/polybag abu terbang + 600 g/polybag abu dasar memberikan hasil yang baik pada berat buah tanaman tomat dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Pada Gambar 3, pemberian perlakuan ab₄ kombinasi 400 g/polybag abu terbang + 600 g/polybag abu dasar memberikan hasil yang baik pada diameter buah tanaman tomat dibandingkan dengan perlakuan yang lain.



Gambar 3. Berat buah (gram) tanaman tomat pada 90 HST



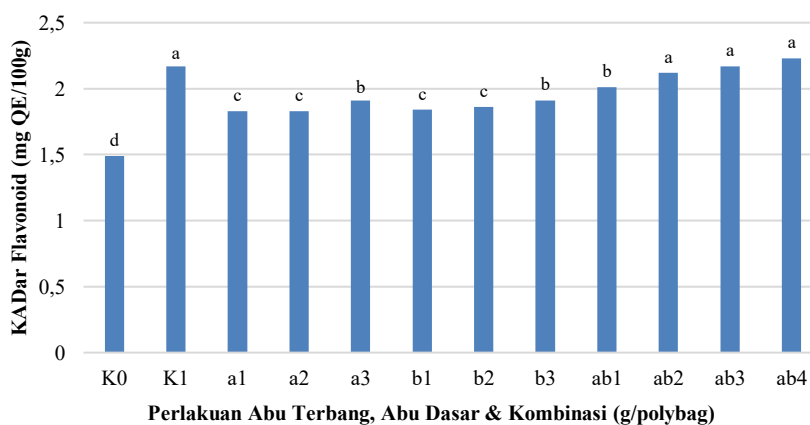
Gambar 4. Diameter buah (mm) tanaman tomat pada 90 HST

Berdasarkan pada Gambar 1 s.d. Gambar 3, pemberian perlakuan abu terbang dan abu dasar berpengaruh terhadap berat buah dan diameter buah. Pada parameter jumlah buah, perlakuan kontrol positif menggunakan pupuk NPK memberikan hasil terbanyak daripada penggunaan abu terbang, abu dasar maupun kombinasinya. Pembentukan buah sangat dipengaruhi ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan suatu tanaman tercukupi. Unsur hara yang tercukupi pada tanaman memberikan potensi pembentukan buah (Pem & Jeewon, 2015). Menurut Yao et al. (2015), abu terbang dan abu dasar mengandung unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman namun kandungan unsur karbon dan nitrogen yang relatif lebih sedikit, oleh karena itu dapat diaplikasikan sebagai bahan amelioran.

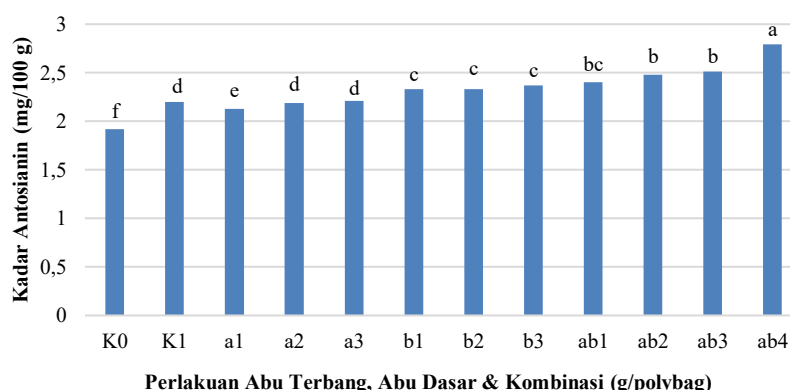
Kandungan unsur hara natrium, kalsium dan kalium, serta mengandung dalam limbah batu bara dapat meningkatkan hasil panen. Kalium mencegah terjadinya kerontokan pada bunga, menjaga kualitas buah lebih baik dan meningkatkan pembentukan serta distribusi dari asimilat, sehingga dapat meningkatkan cadangan pertumbuhan dan perkembangan buah lebih maksimal (Khan et al., 2022). Menurut Armaini et al. (2021), pemberian unsur kalium dalam jumlah yang optimal akan memberikan pengaruh positif terhadap hasil dan kualitas buah. Unsur tersebut akan meningkatkan metabolisme karbohidrat dan meningkatkan berat kering. Unsur lain yang terdapat pada limbah abu batu bara adalah kalsium. Menurut Wang et al. (2022), kalsium dapat meningkatkan hasil panen, kualitas buah, kekuatan buah, dan gangguan fisiologis. Senyawa magnesium yang terdapat pada limbah abu batu bara dapat memengaruhi bobot buah dan diameter buah, sejalan dengan penelitian Wang et al. (2022), pengaplikasian Mg pada tanaman dapat meningkatkan hasil panen 11,3% dengan pH tanah lebih rendah dari 6,5. Magnesium dapat meningkatkan metabolisme energi, protein, karbohidrat, klorofil daun, dan produksi asimilat, sehingga produksi akan tinggi (Wirawan et al., 2017).

2. Kadar fitokimia

Hasil pengamatan rata-rata kadar fitokimia (flavonoid dan antosianin) buah tomat setelah diberi perlakuan abu terbang dan abu dasar hasil pembakaran batu bara selama 90 HST disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Pemberian perlakuan ab₄ kombinasi 400 g/polybag abu terbang + 600 g/polybag abu dasar memberikan hasil yang baik pada kadar flavonoid (Gambar 5) dan kadar antosianin (Gambar 6) buah tanaman tomat dibandingkan dengan perlakuan yang lain.



Gambar 5. Kadar flavonoid buah (mg QE/100 g) tanaman tomat 90 HST



Gambar 6. Kadar antosianin buah (mg/100 g) tanaman tomat 90 HST

Berdasarkan Gambar 5 dan 6 pemberian perlakuan abu terbang dan abu dasar berpengaruh terhadap kandungan flavonoid dan antosianin buah tomat setelah 90 HST. Hasil penelitian ini sejalan dengan Muscolo et al. (2020) dimana pemberian pupuk organik biosulfur dapat meningkatkan kandungan biokimia dan antioksidan tanaman bawang merah. Biomassa tanaman dapat meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman. Peningkatan biomassa tanaman juga menyebabkan peningkatan kadar metabolit sekunder pada tanaman (Proklamasiningsih et al., 2019). Flavonoid yang termasuk ke dalam senyawa fenolik merupakan metabolit sekunder yang disintesis melalui jalur asam sikimat melalui kondensasi antara asam fosfoenol piruvat dan eritrosa 4-fosfat membentuk fenilalanin, serta melalui jalur asam malonat dengan asetil-CoA sebagai *starting* material. Menurut Elmongy et al. (2018), kandungan metabolit primer pada tanaman meningkat, sehingga menyediakan *starting* material dalam biosintesis flavonoid. Apabila *starting* material yang tersedia semakin banyak maka flavonoid yang dihasilkan juga semakin banyak.

KESIMPULAN

Aplikasi abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) terhadap hasil panen dan kadar fitokimia tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) dapat menjadi alternatif pupuk yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan, hasil panen, dan kandungan fitokimia tanaman tomat. Hal tersebut ditunjukkan bahwa pada perlakuan ab₄ yang merupakan kombinasi 400 g/polybag abu terbang + 600 g/polybag abu dasar memberikan hasil yang terbaik pada berat buah, diameter buah, dan kadar flavonoid serta antosianin buah tomat.

DAFTAR PUSTAKA

- Armainsi, A., Hardianti, T., & Irfandri, I. (2021). Pertumbuhan dan daya hasil bawang merah (*Allium ascolanicum* L.) dengan pemberian pupuk kalium dan pupuk kandang ayam pada ukuran bibit yang berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 12(1), 41–48. <https://doi.org/10.24014/JA.V12I1.8868>.
- Basu, M., Pande, M., Bhadoria, P. B. S., & Mahapatra, S. C. (2009). Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. *Progress in Natural Science*, 19(10), 1173–1186. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2008.12.006>.
- Damayanti, R. (2018). Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14(3), 213–231. <https://doi.org/10.30556/JTMB.VOL14.NO3.2018.966>.
- Elmongy, M. S., Zhou, H., Cao, Y., Liu, B., & Xia, Y. (2018). The effect of humic acid on endogenous hormone levels and antioxidant enzyme activity during in vitro rooting of evergreen azalea. *Scientia Horticulturae*, 227, 234–243. <https://doi.org/10.1016/J.SCI.2017.09.027>.

- Hermawan, A., Sabaruddin, S., Marsi, M., & Hayati, R., & Warsito, W. (2014). Perubahan titik muatan nol dan muatan negatif abu terbang batubara akibat penambahan kotoran ayam dan waktu inkubasi. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 3(4), 191-200.
- Ilham, F., Maulana, A., Hasiholan, B., Ilham, I., & Negsih, F. Y. (2021). Pengaruh aplikasi amelioran dari formulasi limbah batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) dan sampah pasar dengan kapur terhadap pH, KTK dan P tersedia ultisol dan gambut. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8(1), 239-247. <https://doi.org/10.21776/UB.JTSL.2021.008.1.27>.
- Khan, S. U., Alizai, A. A., Ahmed, N., Sayed, S., Junaid, M., Kanwal, M., Ahmed, S., Alqubaie, A. I., Alamer, K. H., & Ali, E. F. (2022). Investigating the role of potassium and urea to control fruit drop and to improve fruit quality of “Dhakki” date palm. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3806-3814. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2022.02.060>.
- Kinasti, M. R. A., Lestari, E., & Mayasari, D. (2018). Potensi pemanfaatan limbah pembakaran batubara (bottom ash) pada pltu sebagai media tanam dalam upaya mengurangi pencemaran lingkungan. *KILAT*, 7(1), 36-46. <https://doi.org/10.33322/KILAT.V7I1.97>.
- Maryuningsih, Y. (2015). Analisis dampak industri *stockpile* batu bara terhadap lingkungan dan tingkat kesehatan masyarakat Desa Pesisir Raurip Kec. Pangenan Kab. Cirebon. *Scientiae Educatia: Jurnal Pendidikan Sains*, 4(2), 490-500. <https://doi.org/10.24235/sc.educatia.v4i2.490>.
- Muscolo, A., Papalia, T., Settineri, G., Mallamaci, C., & Panuccio, M. R. (2020). Sulfur bentonite-organic-based fertilizers as tool for improving bio-compounds with antioxidant activities in red onion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(2), 785-793. <https://doi.org/10.1002/JSFA.10086>.
- Noviardi, R. (2013). Limbah batubara sebagai pembenah tanah dan sumber nutrisi: Studi kasus tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus*). *Riset Geologi Dan Pertambangan - Geology and Mining Research*, 23(1), 67-78. <https://doi.org/10.14203/RISETGEOTAM2013.V23.70>.
- Pem, D., & Jeewon, R. (2015). Fruit and vegetable intake: benefits and progress of nutrition education interventions-narrative review article. *Iranian Journal of Public Health*, 44(10), 1309-1321.
- Proklamasiningsih, E., Budisantoso, I., & Maula, I. (2019). Pertumbuhan dan kandungan polifenol tanaman katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr) pada media tanam dengan pemberian asam humat. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 12(1), 96-102. <https://doi.org/10.15408/KAUNIYAH.V12I1.8972>.
- Purwanto, B. H., Hanudin, E., & Destri, E. (2023). Accumulation levels of available Cu and Cu Absorption in corn in ultisolss and alfisolss after the addition of fly ash and organic materials. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 12(1), 11-26. <https://doi.org/10.36706/JLSO.12.1.2023.617>.
- Utami, S. W. (2018). Karakteristik kimiawi *fly ash* batu bara dan potensi pemanfaatannya sebagai bahan pupuk organik. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 12(2), 108-112. <https://doi.org/10.21107/AGROINTEK.V12I2.4048>.
- Wang, G., Wang, J., Han, X., Chen, R., & Xue, X. (2022). Effects of spraying calcium fertilizer on photosynthesis, mineral content, sugar-acid metabolism and fruit quality of fuji apples. *Agronomy*, 12(10), 1-18. <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12102563>.
- Wirawan, D. S. B., Putra, E. T. S., Yudono, P. (2017). Pengaruh pemberian magnesium, boron dan silikon terhadap aktivitas fisiologis, kekuatan struktural jaringan buah dan hasil pisang (*Musa acuminata*) Raja Bulu. *Vegetalika*, 5(4), 1-14. <https://doi.org/10.22146/VEG.25675>.
- Sukarman, S., Yanuarini, E., Tiyani, L., Salsabila, S. R., & Seren, V. (2022). Pengaruh substitusi slag nikel dan fly ash terhadap kuat tekan beton sebagai pemecah gelombang. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 9(1), 121-128. <https://doi.org/10.33197/JITTER.VOL9.ISS1.2022.952>.
- Yao, Z. T., Ji, X. S., Sarker, P. K., Tang, J. H., Ge, L. Q., Xia, M. S., & Xi, Y. Q. (2015). A comprehensive review on the applications of coal fly ash. *Earth-Science Reviews*, 141, 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.016>.