

Peningkatan Ketahanan Pakcoy terhadap Cekaman Kekeringan Melalui Aplikasi Biochar dan Pupuk Guano

Maximus Seran^{1*}, Magdalena Sunarty Pareira²

^{1,2} Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Sains, dan Kesehatan Universitas Timor, Indonesia

Alamat : Jl. Km. 09 Kelurahan Sasi, Kefamenanu, Indonesia

Korespondensi penulis: mitha.pareira89@gmail.com

Abstract : This research aims to determine the effect of using biochar and guano fertilizer on the growth and resistance of pakcoy to drought stress and it is hoped that this research will add information for the development of pakcoy plant cultivation techniques that are more adaptive to dry land. The method used in this research was a 2 factorial completely randomized plan. The first factor is providing Biochar (B) which consists of 4 levels: B0= Control 0 tons/ha, B2= Biochar 5 tons/ha, B3= Biochar 10 tons/ha, B4= Biochar 15 tons/ha. The second factor is the application of Guano fertilizer (G) which consists of 4 levels: G0= control 0 tons/ha, G2= Guano 5 tons/ha, G3= Guano 10 tons/ha, G4= Guano 15 tons/ha. . Based on the level of treatment used, 16 combinations were obtained, BOGO, BOG2, BOG3, BOG4, B2GO, B2G2, B2G3, B2G4, B3GO, B3G2, B3G3, B3G4, B4GO, B4G2, B4G3, B4G4, which were repeated 3 times so that there were 48 experimental units. The parameters observed include plant height, number of leaves and stem diameter. The results of the research showed that there was an interaction between plant height at 7 dap, 14 dap, 21 dap, 28 dap, number of leaves at 7 dap, 14 dap, 21 dap and stem diameter at 14 dap and 28 dap. Treatment with biochar rates of 10 tons/ha, 15 tons/ha and guano fertilizer 10 tons/ha, 15 tons/ha gave good growth results in plant height, number of leaves and stem diameter. This combination of two treatments can increase the efficiency of good nutrient uptake for optimal vegetative plant growth and can increase the soil's capacity to retain air and nutrients, while guano fertilizer provides essential nutrients that support the development of pak choi plants.

Keywords: Biochar, Guano, Fertilizer, Pakchoy Plant.

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi penggunaan biochar dan pupuk guano terhadap pertumbuhan dan ketahanan pakcoy terhadap cekaman kekeringan serta diharapkan penelitian ini menambah informasi untuk pengembangan teknik budidaya tanaman pakcoy yang lebih adaptif pada lahan kering. Metode yang digunakan dalam penelitian ini rancangan acak lengkap 2 faktorial. Faktor pertama pemberian Biochar (B) yang terdiri dari 4 taraf: B0= Kontrol 0 ton/ha, B2= Biochar 5 ton/ha, B3= Biochar 10 ton/ ha, B4= Biochar 15 ton/ha. Faktor kedua pemberian pupuk Guano (G) yang terdiri dari 4 taraf: G0= kontrol 0 ton/ha, G2= Guano 5 ton/ha, G3= Guano 10 ton/ha, G4= Guano 15 ton/ha. . Berdasarkan taraf perlakuan yang digunakan maka diperoleh 16 kombinasi, BOGO, BOG2, BOG3, BOG4, B2GO, B2G2, B2G3, B2G4, B3GO, B3G2, B3G3, B3G4, B4GO, B4G2, B4G3, B4G4, yang diulangi sebanyak 3 kali sehingga terdapat 48 unit percobaan. Parameter yang diamati antara lain tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang. Hasil penelitian menunjukkan terjadi interaksi pada tinggi tanaman 7 hst, 14 hst, 21 hst, 28 hst, jumlah daun 7 hst, 14 hst, 21 hst dan diameter batang 14 hst, dan 28 hst. Perlakuan dengan takaran biochar 10 ton/ha, 15 ton/ha dan pupuk guano 10 ton/ha, 15 ton/ha memberikan hasil pertumbuhan yang baik pada tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang. Kedua perlakuan kombinasi ini dapat meningkatkan efisiensi serapan hara yang baik pada pertumbuhan vegetative tanaman secara optimal serta dapat meningkatkan kapasitas tanah dalam mempertahankan air dan nutrisi, sedangkan pupuk guano menyediakan unsur hara esensial yang mendukung perkembangan tanaman pakcoy.

Kata kunci: Biochar, Pupuk, Guano, Tanaman Pakcoy.

1. PENDAHULUAN

Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan salah satu sayuran hijau yang banyak diminati masyarakat di Indonesia karena sayuran ini memiliki pertumbuhan yang relatif cepat serta kaya akan nutrisi. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan hasil tanaman pakcoy antara lain tanah yang kekurangan akan unsur hara serta teknik budidaya yang kurang tepat

(Pareira *et al.* 2023). Budidaya tanaman pakcoy sering kali dihadapkan dengan tantangan cekaman kekeringan, terutama pada lahan kering atau selama musim kemarau dapat mengurangi hasil dan kualitas tanaman pakcoy. Cekaman ini semakin buruk disebabkan oleh perubahan iklim yang menyebabkan pola curah hujan yang tidak menentu dan menurunkan laju fotosintesis. Ketahanan tanaman pakcoy terhadap cekaman kekeringan sangat penting agar memastikan keberlanjutan produksi pangan. Tanaman yang tahan kekeringan tidak hanya bertahan dalam kondisi kurang air, namun dapat memanfaatkan air lebih efisien. Maka dari itu, perlu adanya upaya untuk meningkatkan ketahanan tanaman pakcoy terhadap cekaman kekeringan. Salah satu inovasi yang tepat digunakan adalah penggunaan pupuk guano dan biochar.

Biochar adalah bahan organik yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa. Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat meningkatkan kapasitas retensi air dalam tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan aktivitas mikroba. Hal ini berpotensi membantu tanaman bertahan lebih baik dalam kondisi kekeringan. Biochar juga dapat digunakan untuk mengabsorpsi polutan seperti logam-logam berat (Uchimiya *et al.* 2012), mineral termasuk unsur-unsur hara di tanah tanah tropika yang daya ikat haranya rendah dan rentan terhadap pelindian hara (Ventura *et al.*, 2012) serta dapat meningkatkan kapasitas tanah mengikat air. Penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar pada dosis tertentu dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy. Sementara itu, pupuk guano, merupakan pupuk organik hasil akumulasi kotoran burung yang kaya akan nutrisi, dan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium serta dapat meningkatkan kesehatan tanah. Pupuk ini juga berkontribusi dalam memperbaiki kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Perlakuan kedua kombinasi ini berpotensi memberikan pengaruh yang sinergis dalam meningkatkan ketahanan pakcoy terhadap cekaman kekeringan. Biochar dapat membantu mempertahankan kelembaban tanah sedangkan pupuk guano menyediakan nutrisi untuk tanaman pakcoy. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh aplikasi penggunaan biochar dan pupuk guano terhadap pertumbuhan dan ketahanan pakcoy terhadap cekaman kekeringan serta diharapkan penelitian ini menambah informasi untuk pengembangan Teknik budidaya tanaman pakcoy yang lebih adaptif pada lahan kering.

2. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu: benih pakcoy, biochar, pupuk guano, dan tanah entisol. Sebelum tanah digunakan diayak, setelah itu tanah dapat di isi dalam polybag yang berukuran 30x30 dan dengan volume beratnya setiap polybag 5 kg lalu dicampurkan dengan biochar dan pupuk guano dengan takaran sesuai metode yang digunakan. Biochar yang telah disiapkan ditimbang menggunakan timbangan analitik setelah selesai penimbangan biochar diaplikasikan pada media tanah yang sudah disiapkan terlebih dahulu dicampur sampai merata dengan tanah. Pengaplikasian biochar pada setiap polybag dengan takaran sesuai perlakuan yang digunakan dalam penelitian. Pupuk guano yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pupuk guano yang berasal dari kotoran kelelawar, bahan ini berasal dari Kelurahan Sasi, Kecamatan Kota Kefamenanu, Kabupaten Timor Tengah Utara, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Guano yang telah disiapkan ditimbang menggunakan timbangan analitik setelah ditimbang guano dapat diaplikasikan pada media tanah yang sudah di sediakan terlebih dahulu, berikut dicampurkan sampai merata dengan tanah. Pengaplikasian guano pada setiap polybag dengan takaran sesuai perlakuan yang digunakan dalam penelitian.

Prosedur Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain linggis, sekop karung, pengayak tanah, polybag, pengaris, isolasi kertas, camera, alat tulis, timbangan analitik, ember air.

Rancangan Dan Analisis Data Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap 2 Faktorial yaitu:

1. Faktor pertama pemberian Biochar (B) yang terdiri dari 4 taraf:

B0= Kontrol 0 ton/ha

B2= Biochar 5 ton/ha

B3= Biochar 10 ton/ ha

B4= Biochar 15 ton/ha

2. Faktor kedua pemberian pupuk Guano (G) yang terdiri dari 4 taraf:

G0= kontrol 0 ton/ha

G2= Guano 5 ton/ha

G3= Guano 10 ton/ha

G4= Guano 15 ton/ha

Berdasarkan taraf perlakuan yang digunakan maka diperoleh 16 kombinasi, BOGO, BOG2, BOG3, BOG4, B2GO, B2G2, B2G3, B2G4, B3GO, B3G2, B3G3, B3G4, B4GO, B4G2, B4G3, B4G4, yang diulangi sebanyak 3 kali sehingga terdapat 48 unit percobaan.

Semua data yang diperoleh ditabulasikan kemudian dianalisis menggunakan sidik ragam (Anova), selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang di berikan, rata-rata perlakuan di uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada jenjang 5% sesuai petunjuk Gomes dan Gomes (2010). Analisis data menggunakan program SAS. 9.1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman (cm)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan pada tinggi tanaman interaksi maupun faktor tunggal perlakuan biochar dan pupuk guano berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada pengamatan 7 hst, 14 hst, 21 hst dan 28 hst, namun tidak terjadi interaksi pada pengamatan 35 hst perlakuan biochar dan pupuk guano. Pada fase awal sampai pertengahan pertumbuhan tanaman pakcoy dengan perlakuan kombinasi biochar dan pupuk guano memiliki efek yang saling melengkapi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, dalam penyerapan hara dan kelembaban yang berkontribusi pada percepatan pertumbuhan (Zhang *et al.*, 2019). Biochar memiliki struktur berpori yang mampu menyimpan air dan unsur hara lebih lama, sehingga tanaman dapat menyerap nutrisi secara lebih efisien (Lehmann & Joseph, 2015), biochar dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah, yang membantu mineralisasi unsur hara dari pupuk guano sehingga lebih mudah diserap oleh tanaman (Glaser *et al.*, 2002). Sedangkan fosfor dan nitrogen yang terkandung di dalam pupuk guano membantu pertumbuhan awal tanaman pakcoy terutama dalam pembentukan akar dan daun (Hadi *et al.*, 2021). Pada pengamatan akhir 35 hst tidak terjadi interaksi dikarenakan penyerapan hara yang sudah stabil karena mendekati fase panen, yang menyebabkan laju penyerapan hara tidak secepat fase awal, dan pupuk guano bersifat lebih cepat tersedia pada pertumbuhan awal tetapi pada akhir pengamatan sebagian unsur hara mungkin sudah terserap (Hadi *et al.*, 2021).

Tabel. 1. Tinggi Tanaman (cm)

Waktu Pengamatan	Perlakuan	Pupuk Guano				Rerata
	Takaran Biochar	G0	G2	G3	G4	
7 HST	B0	2.66i	6.33h	9.00gh	8.43gh	6.60c
	B2	6.80h	10.33gf	12.66ef	13.66ed	10.86b
	B3	7.00h	15.66bcd	15.00cde	19.66a	14.33a
	B4	9.00hg	17.00abc	18.00ab	18.66a	15.66a
	Rerata	6.366c	12.33b	13.66b	15.10a	+
14 HST	B0	3.66h	7.33g	10.00ef	9.66fe	7.66c
	B2	8.03fg	17.03d	17.33d	16.96d	14.87b
	B3	9.36ef	18.53cd	20.33c	26.30a	18.63a
	B4	10.40e	19.96c	20.00c	22.96b	18.33a
	Rerata	7.86d	15.71c	16.91b	18.97a	+
21 HST	B0	6.00h	8.66g	11.33gf	10.50gf	9.12c
	B2	10.60gf	19.33e	20.00ed	20.56ced	17.62b
	B3	12.30f	22.43cbd	23.23cb	32.50a	22.61a
	B4	12.00f	22.30cbd	23.53b	31.00ab	22.20a
	Rerata	10.22c	18.18b	19.52b	23.64a	+
28 HST	B0	6.33g	8.66f	11.33f	11.00fg	9.33c
	B2	11.40f	20.73cde	21.20bcd	21.76bc	18.77b
	B3	12.73e	24.63cb	25.36ab	34.90ab	24.40a
	B4	12.83de	24.90a	27.16bc	35.06a	24.99a
	Rerata	10.82b	19.73a	21.26a	25.68a	+
35 HST	B0	7.33h	9.70hg	12.23gf	12.03gf	10.32c
	B2	11.70gf	22.16e	22.96e	23.60ed	20.10b
	B3	13.10f	25.96cd	27.10cb	36.03ab	25.55ab
	B4	14.20f	26.83cd	29.00b	36.93a	26.74a
	Rerata	11.58c	21.16b	22.82b	27.15a	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT (0,05).

Jumlah Daun (Helai)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi maupun faktor tunggal perlakuan biochar dan pupuk guano berpengaruh nyata pada penambahan jumlah daun pada pengamatan 7 hst perlakuan biochar 10 ton/ha dengan pupuk guano 10 ton/ha menunjukkan hasil terendah yakni 3,33, sedangkan pada perlakuan 10 ton/ha biochar dengan 5 ton/ha pupuk guano memiliki hasil tertinggi yakni 5,66. Pada pengamatan 14 hst perlakuan biochar 10 ton/ha dan 10 ton/ha pupuk guano memberikan jumlah daun tertinggi yakni 9,33, kombinasi 15 ton/ha biochar + 10 ton/ha pupuk guano 9,33. Rerata jumlah daun menunjukkan bahwa perlakuan dengan 5 sampai 15 ton/ha biochar cenderung lebih baik dibandingkan tanpa biochar.

Peningkatan jumlah daun signifikan dibandingkan 7 HST, menandakan bahwa biochar mulai berperan dalam meningkatkan serapan hara. Pada pengamatan 21 hst jumlah daun tertinggi diperoleh pada perlakuan 15 ton/ha biochar + 10 ton/ha pupuk guano 12,66. Secara keseluruhan, perlakuan biochar 10–15 ton/ha dengan pupuk guano 5–10 ton/ha menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Pada fase ini, biochar sudah mulai bekerja secara optimal dalam meningkatkan ketersediaan hara, yang ditunjukkan oleh peningkatan jumlah daun pada perlakuan dengan dosis biochar yang lebih tinggi. Pada pengamatan 28 hst dan 35 hst tidak terjadi interaksi antar perlakuan, namun jumlah daun terus meningkat. Pengamatan 28 hst, perlakuan 15 ton/ha biochar + 10 ton/ha pupuk guano masih menghasilkan jumlah daun tertinggi 13,66, tetapi perbedaannya dengan perlakuan lain tidak signifikan. Efek pupuk guano mungkin mulai berkurang, karena sebagian besar hara sudah terserap pada fase pertumbuhan sebelumnya, sedangkan pada pengamatan 35 hst perlakuan 15 ton/ha biochar + 10 ton/ha pupuk guano tetap menghasilkan jumlah daun tertinggi 14,66. Tidak ada interaksi yang signifikan antara biochar dan pupuk guano, menandakan bahwa pada fase ini, tanaman tidak lagi merespons tambahan pupuk atau biochar dengan peningkatan jumlah daun yang signifikan. Faktor lain seperti kondisi lingkungan, genetik tanaman, dan akumulasi biomassa mungkin lebih dominan pada fase ini. Faktor penyebab menurunnya perlakuan.

Tabel 2. Jumlah Daun (Helai)

Waktu Pengamatan	Perlakuan	Pupuk Guano				Rerata
	Takaran Biochar	G0	G2	G3	G4	
7 HST	B0	4.00cd	5.33ab	5.66a	4.66abc	4.91a
	B2	4.33bc	5.00abc	4.33bc	4.00cd	4.41b
	B3	4.33bc	4.00cd	3.33e	3.66d	3.83bc
	B4	4.33bc	4.00cd	3.66de	4.00cd	4.00c
	Rerata	4.25	4.58	4.25	4.08	+
14 HST	B0	4.33g	5.66ef	5.66ef	5.33fg	5.25c
	B2	5.66ef	7.33cd	7.66cd	7.66cd	7.08b
	B3	5.66ef	8.00bc	9.33a	9.00ab	8.00a
	B4	6.66de	9.33a	6.66de	9.33a	8.00a
	Rerata	5.58b	7.58a	7.33a	7.83a	+
21 HST	B0	5.00g	6.66fg	6.66fg	6.00g	6.08c
	B2	6.66fg	9.33d	10.33cd	10.66bcd	9.25b
	B3	8.33ef	10.66bc	12.33ab	11.66abc	10.75a
	B4	9.00de	12.33ab	10.66bc	12.66a	11.16a
	Rerata	7.25b	9.75a	10.00a	10.25a	+
28 HST	B0	5.33	7.66	7.0.00	6.66	6.66c
	B2	7.66	10.66	11.33	11.66	10.33b
	B3	9.33	11.66	12.33	12.66	11.50a
	B4	10.00	13.33	11.66	13.66	12.16a
	Rerata	8.08b	10.83a	10.580a	11.16a	-
35 HST	B0	6.00	8.66	7.66	7.66	7.50c
	B2	8.66	11.66	12.33	12.66	11.33b
	B3	10.33	12.66	13.33	13.66	12.50a
	B4	11.00	14.66	13.00	14.66	13.33a
	Rerata	9.00b	11.91a	11.58a	12.16a	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT (0,05).

Diameter Batang (mm)

Hasil sidik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi dan berpengaruh nyata terhadap perlakuan biochar dan pupuk guano terhadap diameter batang pada pengamatan 7 hst, 21 hst, dan 35 hst dan berpengaruh nyata pada pengamatan 14 hst dan 28 hst. Pada pengamatan 7 hst dan 28 hst perlakuan biochar 5 dan 15 ton/ha cenderung menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan biochar dengan takaran 0 ton/ha. Sedangkan pada pengamatan 35 hst ada peningkatan yang signifikan, pada perlakuan biochar 10 ton/ha dan 15 ton/ha dan takaran pupuk guano yang lebih tinggi. Hasil uji DMRT menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan dalam diameter batang dengan perlakuan biochar 10 ton/ha dan 15 ton/ha + pupuk guano mempunyai batang yang cenderung lebih besar dibandingkan dengan perlakuan tanpa biochar. Takaran biochar lebih tinggi >10 ton/ha menunjukkan tidak jauh berbeda nyata dibandingkan dengan takaran 5 ton/ha dan 10 ton/ha, kondisi ini disebabkan oleh kejenuhan

karbon dalam tanah yang mengganggu keseimbangan nutrisi. Perlakuan tanpa biochar 0 ton/ha memiliki diameter batang paling kecil, menunjukkan biochar berperan dalam meningkatkan efektivitas pupuk guano dalam memperbaiki pertumbuhan batang. Diameter batang adalah salah satu parameter yang penting dalam pertumbuhan tanaman, semakin besar diameter batang maka semakin kuat tanaman dalam menopang daun, cabang dan buah. Struktur batang yang lebih besar dapat menunjukkan jaringan vaskular yang lebih berkembang, sehingga dapat meningkatkan efisiensi transportasi air dan nutrisi. Pemberian biochar dapat meningkatkan porositas tanah dan kapasitas tukar kation yang membantu tanaman dalam menyerap nutrisi sehingga diameter batang meningkat, sedangkan pupuk guano kaya akan fosfor (P), dapat membantu dalam penguatan jaringan tanaman dan perkembangan batang.

Tabel 3. Diameter Batang (mm)

Waktu Pengamatan	Perlakuan	Pupuk Guano				Rerata
	Takaran Biochar	G0	G2	G3	G4	
7 HST	B0	2.63	4.43	4.76	4.56	4.10
	B2	3.93	3.76	4.40	4.90	4.25
	B3	2.93	4.06	4.00	3.53	3.63
	B4	5.16	5.40	4.76	4.93	5.06
	Rerata	3.66b	4.41a	4.48a	4.48a	-
14 HST	B0	2.86d	5.56abc	6.80abc	6.66abc	5.47
	B2	5.06bc	5.60abc	6.46abc	6.56abc	5.92
	B3	4.73cd	5.93abc	7.83a	6.20bc	5.97
	B4	7.76a	7.16ab	5.40abc	7.0.0abc	7.03
	Rerata	5.10b	6.06ab	6.82a	6.40a	+
21 HST	B0	3.00	6.63	7.83	7.00	6.11b
	B2	6.13	6.10	7.60	7.43	6.81ab
	B3	5.73	6.96	9.00	6.73	7.10ab
	B4	8.53	8.33	6.86	8.30	8.00a
	Rerata	5.85b	7.00a	7.82a	7.36a	-
28 HST	B0	3.16e	6.86bc	8.16abc	7.46ab	6.41b
	B2	6.86bc	6.53cd	8.30abc	7.96abc	7.41ab
	B3	6.33d	7.63abc	9.20a	7.00bc	7.54ab
	B4	8.73ab	8.53abc	7.13abc	8.46abc	8.21a
	Rerata	6.27b	7.39a	8.20a	7.72a	+
35 HST	B0	9.08	10.78	11.81	27.23	14.72b
	B2	24.65	41.57	29.13	41.72	34.26a
	B3	43.91	49.63	44.70	25.00	40.53a
	B4	47.12	60.43	43.62	48.71	49.97a
	Rerata	30.03	40.60	32.31	35.66	-

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama adalah berbeda tidak nyata pada uji DMRT (0,05).

4. KESIMPULAN

Terjadi interaksi pada tinggi tanaman 7 hst, 14 hst, 21 hst, 28 hst, jumlah daun 7 hst, 14 hst, 21 hst dan diameter batang 14 hst, dan 28 hst. Perlakuan dengan takaran biochar 10 ton/ha, 15 ton/ha dan pupuk guano 10 ton/ha, 15 ton/ha memberikan hasil pertumbuhan yang baik pada tinggi tanaman, jumlah daun dan diameter batang. Kedua perlakuan kombinasi ini dapat meningkatkan efisiensi serapan hara yang baik pada pertumbuhan vegetative tanaman secara optimal serta dapat meningkatkan kapasitas tanah dalam mempertahankan air dan nutrisi, sedangkan pupuk guano menyediakan unsur hara esensial yang mendukung perkembangan tanaman pakcoy.

DAFTAR PUSTAKA

- Alianti, Y., Zubaidah, S., & Saraswati, D. (2016). Tanggapan tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) terhadap pemberian biochar dan pupuk hayati pada tanah gambut. Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
- Benggu, Y. I., Gea, S. S., Ishaq, L. F., & Tae, A. S. J. A. (2021). Pengaruh aplikasi biochar dan mikoriza terhadap ketahanan cekaman kekeringan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Agrisa*, 10(1), 1-16.
- Danapriatna, N. (2010). Pengaruh cekaman kekeringan terhadap serapan nitrogen dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 12(3), 45-52.
- Gaskin, J. W., et al. (2008). The impact of biochar on the agronomic performance of crops. *Soil Science Society of America Journal*, 72(3), 915-924.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with biochar. *Biology and Fertility of Soils*, 35(4), 219-230.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Amelioration of soil fertility with biochar. *Journal of Applied Soil Ecology*, 19(1), 1-15.
- Hadi, W., Prasetyo, B. H., & Sugiarto, Y. (2021). Efektivitas pupuk guano dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman hortikultura. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 18(2), 112-125.
- Hidayat, I., Hadi, H., & Subiyantoro, A. (2020). Pengaruh pupuk guano terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai. *Jurnal Agroteknologi*, 15(3), 143-151.
- Husain, S., Mubeen, M., Ahmad, A., & Wajid, A. (2018). Physiological responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) to drought stress. *International Journal of Agriculture and Biology*, 20(1), 133-139.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: Science,

technology, and implementation. Routledge.

- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2006). Biochar effects on soil biota—A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(9), 1835-1851.
- Makoto, T., Nakahara, M., & Takahashi, H. (2015). Influence of biochar application on nutrient cycling and plant growth in different soil types. *Agronomy Journal*, 107(5), 1712-1722.
- Mathobo, R., Marais, D., & Steyn, J. M. (2017). The effect of drought stress on yield, leaf gaseous exchange and chlorophyll fluorescence of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultural Water Management*, 180, 118-125.
- Mutryarny, E., & Lidar, S. (2018). Respon tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) akibat pemberian zat pengatur tumbuh hormonik. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 14(2), 29-34.
- Pereira, M. S., Tuas, M. A., & Jehalu, A. R. (2023). Efek uji residu kompos biochar dan irigasi tetes terhadap pertumbuhan serta hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Agrokompleks*, 12(2), 103-115.
- Tama, S. A. (2018). Pengaruh aplikasi biochar dan tingkat cekaman air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada tanah pasiran. Skripsi. Universitas Jember.
- Thomas, D. S. G., & Benson, D. (2010). Guano and its use in agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 47(2), 305-313.
- Wibowo, W. A., Hariyono, B., & Kusuma, Z. (2016). Pengaruh biochar, abu ketel dan pupuk kandang terhadap pencucian nitrogen tanah berpasir Asembagus, Situbondo. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 3(1), 269-278.
- Zhang, X., et al. (2012). The effects of biochar application on soil properties and crop yield: A meta-analysis. *Agricultural Systems*, 108, 1-10.
- Zhang, X., Wang, H., He, L., Lu, K., Sarmah, A., Li, J., ... & Huang, H. (2019). Using biochar for remediation of soils contaminated with heavy metals and organic pollutants. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(5), 4028-4035.