

Penggunaan *biochar* dalam kompos dan baja organik untuk peningkatan kesuburan tanah dan produktiviti tanaman

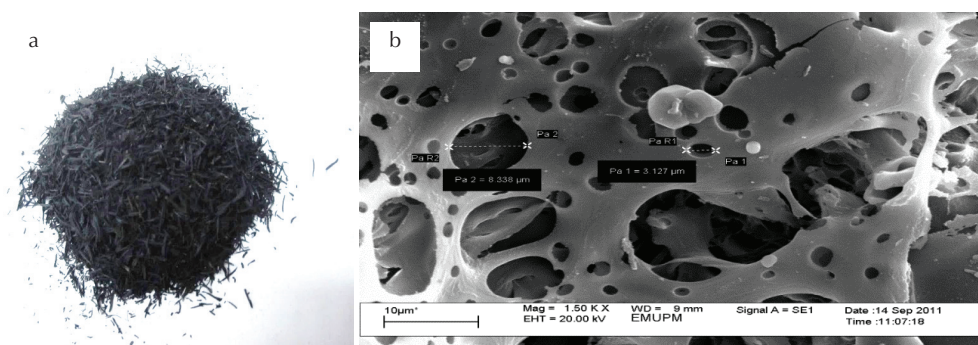
(*Incorporation of biochar into compost and organic fertilisers for enhancing soil fertility and crop productivity*)

Theeba Manickam, Illani Zuraihah Ibrahim dan Norziana Zin Zawawi

Kata kunci: *biochar*, baja organik, kompos, kesuburan tanah, mesra alam

Pengenalan

Biochar (arang bio) adalah bahan tinggi karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis (pembakaran tanpa oksigen) daripada *biomass* organik [Gambar 1(a)]. Terdapat beberapa kelebihan *biochar* bagi memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kecekapan penggunaan baja oleh tanaman. *Biochar* mempunyai struktur berliang [Gambar 1(b)] yang membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan pengudaraan dan keupayaan tanah memegang air. Ciri ini sangat bermanfaat terutama bagi tanah liat yang padat dan tanah berpasir yang mudah kering. *Biochar* bersifat alkali dan dapat membantu menyeimbangkan pH tanah berasid, menjadikan tanah lebih sesuai untuk penyerapan nutrien oleh tanaman. Selain itu, *biochar* juga berfungsi sebagai penyerap dan memegang nutrien penting seperti nitrogen (N), fosforus (P) dan kalium (K). Proses penyerapan dan pegangan ini penting dalam mengurangkan kehilangan nutrien melalui larut resap dan penyejatan. Nutrien yang dipegang secara elektrostatik ini dilepaskan secara beransur-ansur kepada akar tanaman, sekali gus meningkatkan keberkesanan pemberian baja dalam menyuburkan tanaman. *Biochar* menyediakan habitat bagi mikroorganisma bermanfaat seperti bakteria pengikat nitrogen dan kulat mikoriza yang memainkan peranan penting dalam kitaran nutrien dan kesihatan tanah secara keseluruhan.



Gambar 1. (a) *Biochar* daripada sekam padi dan (b) Liang mikro dan makro pada struktur di bawah imej Scanning Electron Microscopy (SEM)

Kelebihan utama gabungan *biochar* dengan substrat organik yang diperkaya nutrien adalah pada keupayaan *biochar* untuk memegang dan mengekalkan nutrien daripada substrat. Ini menjadikan *biochar* berfungsi sebagai “pemegang nutrien” yang dapat melepaskan nutrien secara perlahan-lahan dan konsisten kepada tanaman. Dengan cara ini, tanaman memperoleh nutrien secara beransur-ansur, mengurangkan risiko kehilangan nutrien melalui larut resap atau penyejatan. Hasilnya, tanaman berpotensi mendapat bekalan nutrien yang berterusan sepanjang tempoh pertumbuhannya serta dapat menyumbang kepada pertumbuhan yang lebih stabil dan hasil yang lebih tinggi. Apabila digabungkan dengan *biochar*, substrat organik yang kaya dengan nutrien NPK dapat membekalkan nutrien tambahan yang lebih tinggi bagi keperluan pertumbuhan tanaman. Selain itu, *biochar* juga bertindak sebagai medium yang stabil untuk mikroorganisma bermanfaat dalam tanah yang berperanan penting untuk proses penguraian organik dan kitaran nutrien. Ini kerana, penambahan *biochar* sahaja tidak mampu menyediakan sumber nutrien yang mencukupi untuk tanaman kerana kandungan NPK di dalamnya adalah rendah. Ini bermakna penggunaan *biochar* tanpa penambahan baja atau kompos organik yang diperkaya mungkin tidak memadai untuk memenuhi keperluan nutrien tanaman. Oleh itu, aplikasi kompos *biochar* atau baja organik yang mengandungi *biochar* adalah lebih efektif dalam menyediakan sumber nutrien yang mencukupi dan menyokong kesihatan tanaman sebelum dan sepanjang musim penanaman.

Proses penghasilan kompos dan baja organik berasaskan biochar

Kompos berasaskan *biochar* ini dihasilkan menggunakan *biochar* daripada sekam padi yang diperoleh dari kilang pemprosesan padi BERNAS di Peringat, Kelantan. Dalam proses penghasilan ini, *biochar* dikomposkan bersama tinja ayam dan digaul mengikut kaedah penghasilan kompos yang biasa (*Gambar 2*). Kompos ini dinilai keberkesananannya terhadap tanaman ubi keledak di tanah berpasir (BRIS) dalam tempoh dua musim penanaman. Hasil kajian menunjukkan potensi *biochar* dalam meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan hasil tanaman, terutamanya di tanah bermasalah seperti BRIS.



Gambar 2. Pemprosesan kompos biochar

Manakala baja organik berasaskan *biochar* telah dibangunkan melalui proses pengomposan beberapa bahan organik mengikut piawaian myOrganic. Bahan asas bagi baja ini ialah *biochar* yang diperoleh daripada sekam padi dan *biomass* organik. Proses pembuatan baja dan kajian lapangan telah dilaksanakan secara terperinci yang mana tanaman timun organik dipilih sebagai tanaman kajian. Proses pengomposan baja dijalankan di Rumah Kompos, Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja, MARDI Ibu Pejabat, Serdang, Selangor dengan menggunakan dua formulasi baja organik *biochar*: i) formulasi baja organik *biochar*-1 (Co-BC5) yang mengandungi penambahan *biochar* sebanyak 5% dan ii) formulasi baja organik *biochar*-2 (Co-BC10) yang mengandungi penambahan *biochar* sebanyak 10%. Sifat kimia baja organik yang telah diproses ditunjukkan seperti dalam *Jadual 1*.

Kajian keberkesanan kompos berasaskan *biochar*

Beberapa kajian telah dijalankan di MARDI untuk menilai keberkesanan aplikasi baja organik dan kompos berasaskan *biochar* di beberapa lokasi dan jenis tanaman. Kajian bagi baja organik melibatkan penggunaan *biochar* yang dihasilkan daripada sekam padi dan tandan kosong pelepah kelapa sawit (EFB). *Biochar* ini dikomposkan bersama bahan organik lain dan diperkaya dengan mineral semula jadi untuk menghasilkan baja organik yang bernutrisi tinggi. Rawatan bagi kajian ini ialah T1: kompos *biochar* dengan kadar aplikasi sebanyak 5 t/ha, T2: kadar aplikasi sebanyak 10 t/ha dan T3: kadar aplikasi sebanyak 15 t/ha dengan kawalan adalah penggunaan tinja ayam sahaja.

Jadual 1. Sifat kimia baja organik yang telah dihasilkan

Elemen/rawatan	Co	Co-BC5	Co-BC10	RHBC*
Nitrogen (%)	1.71 ± 0.02 ^b	1.76 ± 0.02 ^{ab}	1.81 ± 0.02 ^a	0.6 ± 0.02
Fosforus (%)	1.46 ± 0.03 ^a	1.45 ± 0.02 ^a	1.48 ± 0.04 ^a	0.12 ± 0.01
Kalium (%)	1.80 ± 0.03 ^b	2.12 ± 0.21 ^b	2.19 ± 0.20 ^a	1.2 ± 0.12
Kalsium (%)	1.44 ± 0.05 ^b	1.69 ± 0.07 ^b	1.78 ± 0.08 ^a	1.1 ± 0.06
Magnesium (%)	0.91 ± 0.23 ^a	0.97 ± 0.26 ^a	1.0 ± 0.18 ^a	0.25 ± 0.01
pH _{water}	7.0 ± 0.15 ^b	7.45 ± 0.12 ^a	8.4 ± 0.29 ^a	9.1 ± 1.1
Karbon (%)	22.5 ± 1.29 ^c	24.2 ± 0.9 ^b	26.2 ± 1.5 ^a	28.5 ± 0.5
Bahan organik (%)	33.2 ± 2.5 ^b	35.8 ± 1.63 ^{ab}	39.2 ± 0.95 ^a	NA

*NA = Nilai tidak tersedia

Semua nilai (min ± ralat piawai) adalah purata daripada tiga replikasi sampel: RHBC = RHBC tulen, Co- = Kompos najis ayam tanpa RHBC, Co-BC5 = Najis ayam yang dikompos bersama 5% RHBC, dan Co-BC10 = Najis ayam yang dikompos bersama 10% RHBC. Signifikan statistik pada aras keyakinan 95% (*p* < 0.05) berdasarkan Ujian Pelbagai Julat Duncan (DMRT) ditunjukkan dengan huruf yang berbeza. *Sifat RHBC tidak dibandingkan secara statistik dengan kompos

Aplikasi dijalankan sebagai perapi tanah di mana kompos *biochar* dan tinja ayam digaul bersama tanah di atas batas tanaman seminggu sebelum penanaman dilakukan. Kajian dua musim dijalankan ke atas tanaman ubi keledek di tanah BRIS, di mana nilai perubahan sifat kimia, fizik dan biologi tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman direkodkan.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahawa aplikasi kompos *biochar* dalam semua kadar bukan sahaja meningkatkan kesuburan tanah, tetapi juga secara langsung mempengaruhi struktur tanah yang memberi kesan positif terhadap hasil tanaman. Secara spesifik, aplikasi kompos berasaskan *biochar* pada kadar 15 t/ha dan 10 t/ha mencatatkan peningkatan ketara bagi parameter kimia tanah seperti pH, kandungan karbon, bahan organik dan kapasiti pertukaran kation (KPK) seperti dalam *Jadual 1*. Penambahbaikan ini secara langsung memperbaiki persekitaran tanah untuk menyokong pertumbuhan akar yang lebih baik, meningkatkan penyerapan nutrien seperti nitrogen (N), fosforus (P) dan kalium (K) serta memacu hasil tanaman yang lebih tinggi.

Dari segi struktur tanah, aplikasi kompos *biochar* pada kadar 15 t/ha dan 10 t/ha menunjukkan pengurangan ketumpatan pukal tanah yang signifikan. Tanah berpasir BRIS mempunyai ketumpatan pukal yang tinggi berbanding dengan tanah mineral kerana saiz partikel yang besar, kandungan bahan organik yang rendah serta agregat tanah yang lemah telah menyebabkan kapasiti pertumbuhan akar dan kapasiti pegangan nutrien yang rendah. Keputusan kajian juga menunjukkan peningkatan kapasiti pegangan air tanah (*Jadual 2*). Penggunaan kompos berasaskan *biochar* ini dapat memastikan tanah mampu menyimpan lebih banyak air dan menyediakan kelembapan yang mencukupi bagi penyerapan tanaman, terutama dalam keadaan cuaca kemarau. Peningkatan kadar infiltrasi air tanah dengan aplikasi kompos *biochar* bermakna sumber air yang dibekalkan melalui pengairan dapat diserap lebih cepat ke dalam tanah, mengurangkan risiko hakisan permukaan dan kehilangan nutrien. Ini adalah faktor penting terutamanya bagi tanah bermasalah seperti BRIS, di mana kapasiti pegangan air dan nutrien sering menjadi cabaran utama untuk pengeluaran tanaman. Struktur tanah yang lebih baik ini bukan sahaja membantu dalam menyokong pertumbuhan akar, tetapi juga meminimumkan kehilangan nutrien melalui larut resap, sekali gus meningkatkan kecekapan penggunaan nutrien oleh tanaman. Struktur tanah yang lebih baik ini antara faktor yang menyumbang secara langsung kepada peningkatan hasil tanaman.

Kajian menunjukkan bahawa jumlah *biomass* tanaman meningkat secara signifikan dalam semua rawatan kompos *biochar* berbanding dengan kawalan, menunjukkan pertumbuhan tanaman yang lebih sihat dan produktif (*Gambar 3*). Hasil tanaman seperti berat basah ubi keledek juga mencatat peningkatan yang paling tinggi (*Jadual 3*) dengan aplikasi kompos *biochar* pada kadar 15 t/ha dan 10 t/ha, menunjukkan hubungan antara struktur tanah yang lebih baik dan keupayaan akar untuk menyerap nutrien seperti N, P dan K. Ini merupakan faktor penting dalam meningkatkan kualiti dan kuantiti hasil tanaman.

Jadual 2. Perubahan sifat kimia, biologi dan fizik tanah selepas dua musim penanaman (nilai purata)

Sifat tanah/rawatan	Unit	Sebelum aplikasi	Kawalan (C)	T1 (kompos biochar 5 t/ha)	T2 (kompos biochar 10 t/ha)	T3 (kompos biochar 15 t/ha)	Nilai Pr
pH _{water}	-	4.06 ± 0.25	4.45 ± 0.15 ^{c*}	4.85 ± 0.44 ^c	5.82 ± 0.49 ^b	6.52 ± 0.45 ^a	0.0002
Karbon (C)	%	0.28 ± 0.06	0.38 ± 0.03 ^c	0.54 ± 0.03 ^c	1.22 ± 0.35 ^b	1.67 ± 0.37 ^a	0.0010
Bahan organik		0.88 ± 0.1	0.87 ± 0.07 ^c	1.24 ± 0.07 ^c	2.80 ± 0.80 ^b	3.82 ± 0.86 ^a	0.0010
Nitrogen (N)		0.06 ± 0.012	0.122 ± 0.03 ^b	0.16 ± 0.017 ^b	0.24 ± 0.05 ^a	0.29 ± 0.03 ^a	0.0006
Nisbah C/N	-	4.20 ± 1.27	4.14 ± 0.94 ^c	3.63 ± 0.32 ^{ab}	5.29 ± 2.17 ^{ab}	5.82 ± 1.5 ^a	
Fosforus (P)	%	0.016 ± 0.004	0.062 ± 0.09	0.09 ± 0.14	0.14 ± 0.17	0.18 ± 0.11	0.29
Kalium (K)	cmol(+)/kg soil	0.12 ± 0.015	0.27 ± 0.09	0.29 ± 0.08	0.49 ± 0.10	0.44 ± 0.14	0.17
Aluminium (Al)		0.41 ± 0.25	0.80 ± 0.28	0.99 ± 0.27	1.15 ± 0.14	1.25 ± 0.22	0.187
Nisbah Ca/Al		0.06 ± 0.04	0.064 ± 0.004 ^b	0.057 ± 0.009 ^b	0.043 ± 0.004 ^a	0.038 ± 0.004 ^a	<.0001
KPK		5.3 ± 01.02 ^b	12.7 ± 9.42 ^b	18.3 ± 8.7 ^{ab}	26.6 ± 5.67 ^{ab}	32.9 ± 8.4 ^a	0.008
Ketumpatan pukal		2.66 ± 0.51	2.75 ± 0.22 ^c	3.44 ± 0.46 ^{bc}	5.11 ± 1.10 ^{ab}	5.64 ± 0.41 ^a	0.0016
Kapasiti pegangan air		33.3 ± 4.72	39.75 ± 2.06 ^c	43 ± 4.16 ^c	54.5 ± 4.2 ^b	62 ± 3.6 ^a	0.0008
Kadar infiltrasi	Log ₁₀ cfu	1.52 log cfu ×10 ⁴ ± 0.02	4.0 log cfu 1 × 10 ⁵ d ± 0.01 ^c	5.1 log cfu 1 × 10 ⁶ c ± 0.07 ^c	1.6 log cfu 1 × 10 ⁷ ab ± 0.01 ^b	2.0 log cfu 1 × 10 ⁷ ± 0.02 ^a	<.0001

*Min dengan huruf superskrip yang berbeza dalam setiap lajur adalah berbeza secara signifikan berdasarkan ujian LSD pada aras $p < 0.01$

Peningkatan ini tidak hanya memberi manfaat kepada petani dari segi hasil tanaman yang lebih tinggi, tetapi juga menyumbang kepada amalan pertanian mampan melalui pengurusan tanah yang lebih baik, penggunaan input yang lebih efisien dan pengurangan kerosakan tanah dalam jangka panjang.

Kajian keberkesanan baja organik berasaskan *biochar*

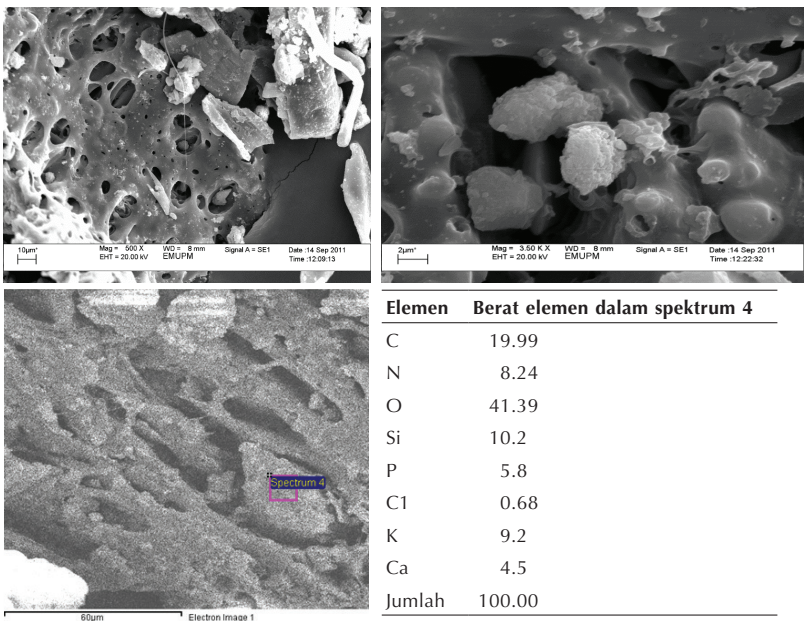
Kajian keberkesanan baja terhadap tanaman timun organik telah dijalankan selama dua musim penanaman di ladang organik MARDI Serdang dengan menggunakan baja organik semasa sebagai kawalan. Baja organik *biochar* dikaji dalam dua formulasi iaitu 5% dan 10% (Co-BC5 dan Co-BC10), aplikasi *biochar* secara terus pada kadar 3 t/ha (BC3) dan aplikasi *biochar* secara terus pada kadar 1 t/ha (BC1), manakala rawatan kawalan adalah baja kompos tinja ayam (Co). Hasil tanaman, pengambilan nutrien tanaman dan perubahan sifat fizik dan biologi tanah direkodkan mengikut rawatan.

Hasil kajian pemprosesan baja menunjukkan bahawa penambahan *biochar* sebanyak 10% dalam proses pengomposan mampu meningkatkan kualiti kompos dari segi tempoh kematangan yang lebih cepat dan jumlah populasi mikrob yang lebih tinggi. Liang mikro dan makro pada *biochar* berfungsi sebagai habitat bagi mikroorganisma serta membantu dalam penyerapan dan pegangan nutrien dan air yang lebih efisien (*Gambar 4* dan *5*). Ciri-ciri ini sangat penting untuk memastikan baja yang disalurkan kepada tanaman dapat menyediakan nutrien yang diperlukan dengan lebih cekap, di samping memainkan peranan dalam pemeliharaan dan pemulihan tanah. Dengan struktur liang yang terdapat pada *biochar*, proses pengomposan menjadi lebih berkesan, menyumbang kepada kesihatan tanah yang lebih baik dan pada masa yang sama meningkatkan keberkesanan baja dalam menyokong pertumbuhan tanaman.

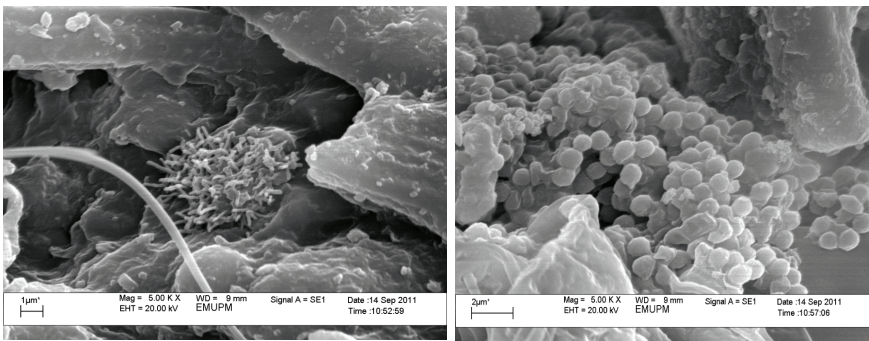
Kajian lapangan pada tanaman timun organik menunjukkan bahawa rawatan Co-BC10 (baja organik *biochar*) memberikan peningkatan yang signifikan pada ketinggian tanaman berbanding dengan kawalan (kompos tinja ayam sahaja). Berat akar dan berat buah (*Jadual 4*) juga menunjukkan peningkatan nilai yang signifikan dengan rawatan Co-BC10 berbanding dengan hanya menggunakan kompos tinja ayam (Co) sebagai kawalan. Penggunaan baja organik *biochar* dalam rawatan Co-BC10 juga menunjukkan peningkatan hasil buah timun sebanyak 24% dan berat akar sebanyak 34% berbanding dengan kawalan (Co). Ini menunjukkan penambahan *biochar* sebanyak 10% (Co-BC10) dalam formulasi baja organik Bio-RICHAR telah meningkatkan kecekapan baja dari segi penyerapan dan pelepasan nutrien yang lebih efisien. Selain itu, ia juga dapat memegang air dalam tanah dan meningkatkan populasi mikrob tanah. Semua faktor ini sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan pengeluaran hasil yang optimum.



Gambar 3. Hasil pertumbuhan tanaman ubi keledek mengikut rawatan. (a) Plot kawalan, (b) Plot T1 (kompos biochar 5 t/ha), (c) Plot T2 (kompos biochar 10 t/ha) dan (d) Plot T3 (kompos biochar 15 t/ha)



Gambar 4. Substrat nutrisi daripada biomass terperangkap dalam liang rongga makro biochar (spektrum 4) dalam baja organik biochar



Gambar 5. Kehadiran mikrob di liang rongga mikro dan makro biochar dalam baja organik biochar

Jadual 3. Nilai purata hasil dan pengambilan nutrien oleh tanaman ubi keledek

Musim penanaman	Data tanaman	Unit	Kawalan (tanpa biochar)	T1 (kompos biochar 5 t/ha)	T1 (kompos biochar 10 t/ha)	T1 (kompos biochar 15 t/ha)	Nilai Pr
Musim 1	Berat biomass (atas tanah)	g/pokok	232.5 ± 23.9 ^{b*}	273.1 ± 15.4 ^a	271.04 ± 14.6 ^a	281.1 ± 10.7 ^a	0.01
	Berat ubi (<i>tuber</i>)	kg/pokok	0.54 ± 0.28 ^b	0.85 ± 0.12 ^b	1.02 ± 0.32 ^a	1.10 ± 0.26 ^a	0.01
	Pengambilan nitrogen	g/pokok	0.93 ± 0.226 ^c	1.77 ± 0.22 ^b	2.35 ± 0.12 ^a	2.5 ± 0.13 ^a	<.0001
	Pengambilan fosforus	g/pokok	0.06 ± 0.017 ^c	0.11 ± 0.015 ^b	0.13 ± 0.015 ^b	0.19 ± 0.018 ^a	0.0001
	Pengambilan kalium	g/pokok	0.98 ± 0.15 ^c	1.79 ± 0.21 ^{ab}	2.00 ± 0.21 ^{ab}	2.38 ± 1.35 ^a	<.0001
Musim 2	Berat biomass (atas tanah)	g/pokok	4.45 ± 0.44 ^c	4.85 ± 0.49 ^b	5.82 ± 1.01 ^a	6.4 ± 0.45 ^a	<.0001
	Berat ubi (<i>tuber</i>)	kg/pokok	1.05 ± 0.23 ^c	1.68 ± 0.07 ^b	1.92 ± 0.09 ^a	2.08 ± 0.26 ^a	<.0001
	Pengambilan nitrogen	g/pokok	2.44 ± 0.42 ^c	5.42 ± 0.34 ^b	8.5 ± 0.46 ^a	9.07 ± 0.48 ^a	<.0001
	Pengambilan fosforus	g/pokok	0.122 ± 0.03 ^c	0.34 ± 0.05 ^b	0.45 ± 0.05 ^a	0.68 ± 0.15 ^a	0.0006
	Pengambilan kalium	g/pokok	4.14 ± 0.94 ^d	2.36 ± 0.27 ^c	7.6 ± 0.99 ^b	9.19 ± 1.21 ^a	<.0001

*Min dengan huruf superskrip yang berbeza dalam setiap lajur adalah berbeza secara signifikan berdasarkan ujian LSD pada aras $p < 0.01$

Jadual 4. Nilai purata berat akar dan hasil tanaman timun bagi dua musim penanaman

Parameter	Rawatan/musim penanaman	1	2	Purata nilai 2 musim
Berat kering akar (g)	C	0.9 ± 0.1 ^{d*}	0.3 ± 0.12 ^c	0.6 ± 0.06 ^d
	Co	4.0 ± 0.07 ^c	4.4 ± 0.5 ^b	4.1 ± 0.1 ^c
	Co-BC5	4.7 ± 0.26 ^b	4.9 ± 0.1 ^a	4.9 ± 0.1 ^b
	Co-BC10	5.4 ± 0.1 ^{ab}	5.6 ± 0.59 ^a	5.5 ± 0.5 ^a
	BC1	4.7 ± 0.2 ^b	4.7 ± 0.2 ^a	4.8 ± 0.3 ^b
	BC3	5.3 ± 0.2 ^a	5.5 ± 0.4 ^a	5.4 ± 0.2 ^a
Berat segar buah timun (g)	C			
	Co	3.3 ± 1.50 ^d	1.8 ± 1.0 ^e	2.6 ± 0.5 ^d
	Co-BC5	19.6 ± 1.49 ^c	23.3 ± 1.0 ^d	21.5 ± 1.0 ^c
	Co-BC10	22.2 ± 2.9 ^b	24.0 ± 1.7 ^{cd}	23.3 ± 2.0 ^b
	BC1	26.2 ± 1.4 ^a	28.3 ± 1.6 ^{ab}	27.6 ± 1.2 ^a
	BC3	23.5 ± 1.81 ^{ab}	24.0 ± 1.7 ^{bc}	23.3 ± 2.0 ^b

*Min dengan huruf superskrip yang berbeza dalam setiap lajur adalah berbeza secara signifikan berdasarkan ujian LSD pada aras $p < 0.01$

Kesimpulan

Penggunaan *biochar* sama ada sebagai bahan asas baja organik atau kompos, didapati sangat berpotensi dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktiviti tanaman. Keberkesanannya adalah lebih signifikan apabila diaplikasikan pada tanah bermasalah seperti tanah BRIS yang terkenal dengan ciri-cirinya yang kurang subur dan sukar diusahakan disebabkan kandungan pasir yang tinggi dan kandungan organik yang sangat rendah. Di Malaysia, sumber *biochar* sekam padi yang dihasilkan secara meluas di kilang pemprosesan padi menyediakan peluang besar untuk dimanfaatkan. Pendekatan ini bukan sahaja dapat meningkatkan nutrien yang diperlukan untuk tanaman, tetapi juga membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasiti pegangan air dan memulihkan kesuburan tanah secara lestari. Selain itu, penggunaan *biochar* sekam padi dalam penghasilan baja dan perapi tanah dapat mengurangkan kebergantungan kepada baja organik import, sekali gus menjimatkan kos dan menyokong inisiatif negara untuk memperkukuh sektor pertanian dalam negara.

Bibliografi

- Abukari, A. (2019) Influence of rice husk *biochar* on water holding capacity of soil in the savannah ecological zone of Ghana. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(6), 888–891.
- Akdeniz, N. (2019). A systematic review of *biochar* uses in animal waste composting. *Waste Management*, 88, 291–300.
- Anand, M., Koungeveng, T., Michael, W. H., & Yoshiyuki, S. (2017). Effects of rice husk and rice husk charcoal on soil physicochemical properties. *Rice Growth and Yield, Agricultural Sciences*, 8, 1014–103.
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453.
- Bet Noguer Pich (2020) Adding *biochar* to the composting process: effect of the resulting amendment in agricultural soil, Master's Final thesis, Department of chemical engineering and analytical chemistry, University of Barcelona.
- Food and Agriculture Organization Diperolehi dari <https://www.fao.org/3/y5797e/y5797e06.htm>.
- Molnar, M., Vaszita, E., Farkas, E., Ujaczki, E., Fekete-Kertesz, I., Tolner, M., Klebercz, O., Kirchkeszner, C., Gruiz, K., Uzinger, N., et al. Acidic sandy soil improvement with *biochar* —A microcosm study. *Sci. Total Environ.*, 563–564, 855–865.
- Socolow, R. H. (1999). Nitrogen management and the future of food: lessons from the management of energy and carbon. *Proc Natl Acad Sci USA* 96, 1999, 6001–6008.

Ringkasan

Aplikasi *biochar* dalam bidang pertanian semakin mendapat perhatian kerana potensinya yang signifikan dalam meningkatkan kesuburan tanah, menyokong pertumbuhan tanaman serta membantu menangani kesan perubahan iklim. Kajian yang dijalankan oleh MARDI telah menunjukkan keberkesanan *biochar* apabila digunakan sebagai baja organik dan perapi tanah dalam bentuk kompos. Hasil kajian mendapati bahawa baja organik berasaskan *biochar* mampu meningkatkan hasil tanaman sayuran organik sebanyak 10 – 15% berbanding dengan kawalan. Sementara itu, aplikasi kompos *biochar* menunjukkan peningkatan hasil lebih daripada 20% bagi tanaman ubi keledek yang ditanam di tanah berpasir seperti BRIS. Selain meningkatkan hasil tanaman, penggunaan *biochar* turut menunjukkan peningkatan ketara dalam kesuburan tanah selepas dua musim penanaman, khususnya di tanah bermasalah seperti BRIS. Peningkatan sifat kimia tanah seperti pH, kandungan karbon, bahan organik dan kapasiti pertukaran kation (KPK) serta sifat biologi (populasi mikroba) dan fizikal tanah (kapasiti pegangan air), adalah sangat penting untuk memastikan penyerapan nutrien oleh tanaman berlaku secara efisien. Peningkatan kesuburan tanah ini memainkan peranan utama dalam memberikan hasil tanaman yang optimum dan mampan.

Summary

The application of *biochar* in agriculture is gaining increasing attention due to its significant potential to enhance soil fertility, support plant growth and mitigate the impacts of climate change. Studies conducted by MARDI have demonstrated the effectiveness of *biochar* when used as an organic fertiliser and soil conditioner in the form of compost. Findings indicate that organic fertilisers based on *biochar* can boost the yield of organic vegetables by 10 – 15% compared to the control. Meanwhile, the application of *biochar* compost has shown yield improvements of over 20% for sweet potatoes grown in sandy soils (BRIS). In addition, improvement in soil chemical properties such as pH, carbon content, organic matter and cation exchange capacity (CEC), along with biological (microbial population) and physical properties (soil water-holding capacity) is crucial to ensure efficient nutrient absorption by plants. These enhancements not only improve soil fertility but also create an ideal environment for root growth and beneficial microorganism activity, which in turn increases nutrient availability. Various crops further confirm the potential of *biochar* as a key material for compost and organic fertiliser production. *Biochar* not only enhances nutrient use efficiency by crops but also contributes to sustainable agricultural practices. These findings highlight the importance of *biochar* as an agronomic innovation capable of improving agricultural productivity while preserving ecosystem sustainability.

Pengarang

Theeba Manickam

Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja

Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: theeba@mardi.gov.my

Illani Zuraihah Ibrahim (Dr.) dan Norziana Zin Zawawi

Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja

Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor