



LETTER OF ACCEPTANCE
Papper Number #10627

Dear Ernitha Panjaitan & Lamria Sidauruk

This is to inform you that the manuscript entitled: " **Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.)**", authored by Ernitha Panjaitan & Lamria Sidauruk which was sent on 14 November 2023, has been **ACCEPTED**.

We are keep to ensuring a high standard of articles published in **Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian**, and the manuscript that is being sent to you has been submitted after a first selection process based on the agreement of the Associate Editors. In general, the standard of manuscripts forwarded to me after the vetting is good.

This paper is well organized and followed the manuscript guidelines of the journal to a large extent. The introduction section is good and shows the importance of the study. Literature review is adequate. Outcomes of the study are consistent with the findings. The approach used is praiseworthy. In my opinion, it should be published with no revision again.

Based on the review results, manuscript entitled, " **Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.)**", authored by Ernitha Panjaitan & Lamria Sidauruk is **ACCEPTED** for publication in **Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian** in **Volume 8, No. 1, December 2023**.

We thank you very much for your contribution. Congratulations on a wonderful job.

Warmest Regards,
Chief in Editor

AGROTEKMA
JURNAL AGROTEKNOLOGI DAN ILMU PERTANIAN

Saipul Sihotang, S.Si., M.Biotek

Editorial Office:

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area
Jl. Kolam No. 1, Pasar V, Medan Estate, Sumatera Utara
Website: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/agrotekma>
Email: agrotekma@uma.ac.id

AGROTEKMA: JURNAL AGROTEKNOLOGI DAN ILMU PERTANIAN
has been indexing on:





Agrotekma **Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian**

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/agrotekma>

Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*)

Utilization of Biochar and Bacterial Consortium for Remediation of Heavy Metal Contaminated Soil and Mustard Plant Test (*Brassica juncea L.*)

Ernitha Panjaitan* & Lamria Sidauruk

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Methodist Indonesia

*Corresponding Email: ernitha2005@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu metode pemulihan kualitas tanah tercemar logam berat adalah menggunakan teknik remediasi, yaitu kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Penelitian ini menggunakan tanaman sawi yang ditanam pada media tanah tercemar logam berat Pb dan Cu, diinokulasi dengan konsorsium bakteri (*Corynebacterium glutamicum*, *Lactobacillus sp.*) dan biochar. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam berat Pb dan Cu, baik pada tanah maupun tanaman, nyata mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya taraf inokulasi bakteri dan biochar. Rerata besar penurunan Pb pada tanah dan tanaman dengan perlakuan bakteri: 1,28% dan 0,29%; dan rerata penurunan kandungan Cu pada tanah dan tanaman: 1,03% dan 0,17%. Sedangkan rerata besar penurunan Pb pada tanah dan tanaman dengan perlakuan biochar masing-masing sebesar 0,44% dan 0,07%; dan rerata penurunan kandungan Cu pada tanah dan tanaman 0,34% dan 0,08%. Perlakuan inokulasi bakteri pada taraf 5 g tanaman⁻¹ dan biochar 20 g tanaman⁻¹ mengakibatkan jumlah daun terbanyak. Tinggi tanaman sampai 4 minggu setelah tanam nyata mengalami peningkatan, sedangkan jumlah daun dan bobot basah nyata mengalami peningkatan sampai 5 minggu setelah tanam dengan pemberian biochar. Tanaman sawi dengan inokulasi bakteri dan pemberian biochar disamping dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki sifat-sifat tanah, juga dapat berkontribusi terhadap stabilisasi logam berat pada tanah.

Kata kunci: Remediasi; Logam Berat Pb Dan Cu; Konsorsium Bakteri; Biochar

Commented [11]: Gunakan tanda koma (,) mengacu pada format

Abstract

One of the restoration of heavy metal contaminated soil is using remediation techniques, that is recovery contaminated soil. This study uses mustard plants are grown in medium heavy metal contaminated soil Pb and Cu, inoculated with the bacterial consortium (*Corynebacterium glutamicum*, *Lactobacillus sp.*) and biochar. The content of heavy metals Pb and Cu, both on land and in plants, decreased significantly with the increasing level of bacterial inoculation and application of biochar. The mean of the decline Pb in soils and plants with bacterial treatment: 1.28% and 0.29%; and the mean decrease in Cu content in soil and plants with biochar respectively by 0.44% and 0.07%; and the mean decrease in Cu content in soil and plant 0.34% and 0.08%. The results showed bacterial inoculation treatment at the level of 5 g / plant and biochar dose of 20 g / plant resulted in the highest number of leaves. Plant height up to 4 weeks after planting increase significantly, while the number of leaves and real wet weight increased to 5 weeks after planting with the application of biochar. Mustard plants with bacterial inoculation and application besides biochar can improve soil fertility by improving soil properties, it can also contribute to the stabilization of heavy metals in the soil.

Keywords: Remediation; Heavy Metal; Bacterial Consortium; Biochar

How to Cite: Panjaitan, E., & Sidauruk, L., (2023), Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*), *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*. 4 (1): 1-10

PENDAHULUAN

Potensi pencemaran logam berat Pb dan Cu terdapat pada tanah yang diiri oleh limbah industri dan tanah yang dipupuk intensif baik dengan pupuk anorganik (terutama SP 36) maupun pupuk organik. Konsentrasi logam berat yang tinggi di dalam tanah dan air dapat masuk ke dalam rantai makanan dan berpengaruh buruk pada makhluk hidup. Pada lahan di sekitar Kawasan Industri Medan Mabar, masyarakat menanam berbagai jenis sayuran. Oleh karena adanya industri di sekitar pertanian penduduk tersebut menimbulkan kekhawatiran bahwa sayuran ini telah terpapar oleh logam timbal dan kadmium.

Upaya untuk mengantisipasi peningkatan kadar Pb dan Cu dan selanjutnya ketersediaannya untuk tanaman, maka diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar Pb dan Cu sebelum kadarnya melebihi ambang batas. Antisipasi ini perlu dilakukan karena efek toksik Pb dan Cu yang utama bukan pada penurunan produksi tanaman tetapi potensi akumulasinya di bahan makanan nabati. Potensi serapan Pb dan Cu dalam jumlah berlebih di tanaman dapat dikurangi antara lain dengan menurunkan konsentrasi logam di tanah, sehingga tidak berbahaya apabila dikonsumsi oleh

manusia maupun hewan ternak. Kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar disebut dengan remediasi. Remediasi lahan tercemar logam berat perlu dilakukan agar lahan tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan secara aman.

Metode biologi yaitu bioremediasi dan fitoremediasi dapat dijadikan alternatif metode penanggulangan pencemaran karena sudah diakui mempunyai kelebihan dari segi biaya operasional lebih murah, efektif dan ramah lingkungan karena senyawa organik mengalami mineralisasi dan menghasilkan produk akhir yang stabil dan tidak beracun meskipun metode ini memerlukan waktu yang lebih lama dibandingkan penanggulangan secara fisika ataupun kimia (Edwards, 2020; Lovanh et al., 2007; Singh & Prasad, 2016). Tanaman sawi (*Brassica juncea*) dapat menyerap logam berat di tanah melalui proses yang disebut fitoremediasi. Akar tanaman sawi dapat mengekstrak logam-logam berat ini dari tanah dan mengakumulasi dalam jaringan mereka dan mentranslokasikan logam tersebut ke berbagai bagian tanaman, seperti batang, daun, dan buah. Ini memungkinkan penumpukan logam berat dalam bagian tanaman yang dapat diambil atau dihilangkan dengan mudah (Junyo & Handayanto, 2017; Nurhasanah

et al., 2017). Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan. Pada penelitian ini menggunakan dua jenis konsorsium bakteri yaitu *corynebacterium glutamicum* dan *lactobacillus sp.* Konsorsium bakteri adalah campuran bakteri dalam bentuk komunitas yang mempunyai hubungan kooperatif dan mutualistik, dimana anggota komunitas saling besinergi sehingga menghasilkan efisiensi perombakan yang lebih tinggi selama proses degeadasi bahan cemar di dalam limbah. Pada saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun. Sedangkan fitoremediasi adalah penggunaan tanaman untuk mengekstrak, mengakumulasi, mendetoksifikasi polutan dan merupakan metode untuk membersihkan lingkungan yang tercemar. Tumbuhan adalah agensia ideal untuk perbaikan tanah dan air, karena sifat genetik tanaman yang unik baik dari aspek biokimia maupun fisiologisnya.

Biochar (arang sekam) merupakan bahan kaya karbon yang berasal dari biomassa seperti kayu maupun sisa hasil pengolahan tanaman yang dipanaskan dalam wadah dengan sedikit atau tanpa udara. Aplikasi biochar ke tanah pertanian memberikan manfaat agronomis yang nyata, antara lain dapat memperbaiki struktur tanah, menahan air dan tanah dari erosi karena luas permukaannya lebih besar, memperkaya karbon organik dalam tanah, meningkatkan pH tanah sehingga secara tidak langsung meningkatkan produksi tanaman (Gani, 2010; Ismail & Basri, 2011). Selain itu biochar memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitasnya dengan memperbaiki sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Ippolito et al., 2012; Komárek et al., 2013). Mekanisme biochar dalam meremediasi tanah tercemar logam berat adalah tergantung pada jenis tanah dan keberadaan kation pada tanah dan biochar, keberadaan mineral seperti fosfat dan karbonat dalam aplikasi biochar memainkan peran penting dalam stabilisasi berat logam dalam tanah karena garam-garam ini dapat berikatan dengan berat logam dan mengurangi bioavailabilitas mereka (Lu et al., 2012).

Commented [12]: Gunakan referensi terbaru

Selain itu pH biochar juga memengaruhi mobilitas logam berat dalam tanah. Nilai pH biochar akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu pirolisis, oleh sebab itu sebahagian besar biochar adalah bahan alkali dan memiliki efek pengapuran, yang mampu berkontribusi dalam pengurangan mobilitas logam berat dalam tanah tercemar (Wu et al., 2012).

Oleh karena itu, pemberian biochar berpotensi untuk dapat memberikan solusi perbaikan tanah tercemar logam berat disamping memiliki manfaat agronomis yaitu dapat meningkatkan kesuburan tanah yang pada akhirnya meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Pemanfaatan konsorsium bakteri sebagai agen bioremediasi dan biochar sekam padi dapat meningkatkan mobilisasi dan serapan logam berat oleh tanaman akumulator sehingga kadar logam berat tanah menurun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari bakteri *corynebacterium glutamicum*, *lactobacillus sp.* dan biochar sekam padi dalam menurunkan konsentrasi timbal dan tembaga pada tanah tercemar logam berat Pb dan Cu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di lahan Fakultas Pertanian Universitas Methodist Indonesia, Jl. Harmonika Baru Pasar II,

Tanjung Sari Medan. Contoh tanah yang digunakan untuk penelitian ini diambil dari lahan penduduk yang berlokasi disamping Kawasan Industri Medan Mabar, pada kedalaman 0-40 cm.

Rancangan Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama inokulan bakteri meliputi: tanpa inokulan (I₀), 5 g tanaman⁻¹ (I₁), 10 g tanaman⁻¹ (I₂), dan biochar meliputi: tanpa biochar (B₀), 10 g tanaman⁻¹ (B₁), dan 20 g tanaman⁻¹ (B₂). Tanaman sawi dipelihara selama 2 bulan, dengan penyiraman hingga mencapai kapasitas lapang. Parameter yang diamati adalah: konsentrasi logam berat Pb dan Cu yang terjerap tanaman dan di dalam tanah, tinggi tanaman, jumlah daun dan berat per sampel. Pemeriksaan beberapa sifat kimia tanah serta konsentrasi Pb dan Cu pada tanah dianalisis sebelum dan sesudah penelitian. Data yang dikumpulkan diolah dan dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), jika terjadi beda nyata akan diuji lanjut menggunakan Beda Nyata Jujur (BNJ)) pada taraf 5% untuk melihat perbedaan antar perlakuan.

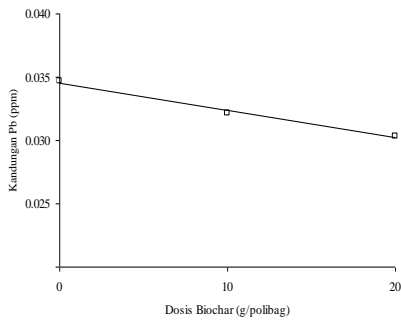
Commented [13]: Dimasukkan pembuatan biochar dan jenis biocharnya

HASIL DAN PEMBAHASAN

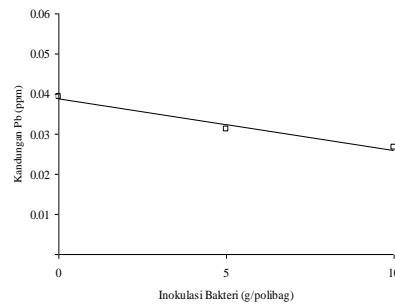
Kandungan Pb dan Cd pada Tanah dan Tanaman

Remediasi menggunakan tanaman akumulator sawi (*Brassica juncea*) yang bersimbiosis dengan *corynebacterium* g., *lactobacillus* sp. dan biochar mampu menurunkan logam berat dalam tanah. Kombinasi tanaman sawi dengan bakteri maupun dengan biochar dengan taraf yang semakin besar akan mengakibatkan kandungan Pb pada tanah semakin menurun (Gambar 1 dan 2). Hasil analisis tanah awal menunjukkan konsentrasi Pb dan Cu adalah sebesar 0,05 ppm dan 0,12 ppm. Rerata besar penurunan Pb dan Cu pada tanah dengan perlakuan bakteri sebesar 1,28% dan 1,03%. Sedangkan besar penurunan Pb dan Cu pada tanah

dengan biochar sebesar 0,44% dan 0,34%. Aktivitas bakteri *corynebacterium*, *lactobacillus* sp yang diinokulasikan pada tanah dan berada di sekitar akar tanaman sawi, berfungsi sebagai pengurai zat-zat kontaminan/logam berat (*rhyzogegradation*). Zat kontaminan logam dalam tanah diserap oleh bakteri yang menempel pada akar tanaman sawi dan kemudian dipecah menjadi bagian-bagian dengan eksudat dalam sistem akar tanaman. Biochar memiliki kemampuan menstabilkan logam berat pada tanah yang tercemar dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitasnya dengan memperbaiki sifat fisik kimia dan biologi tanah (Ippolito et al., 2012; Komárek et al., 2013).

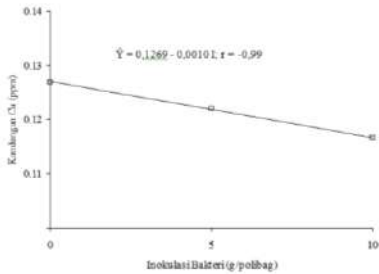


Gambar 1. Pengaruh bakteri terhadap konsentrasi Pb pada tanah

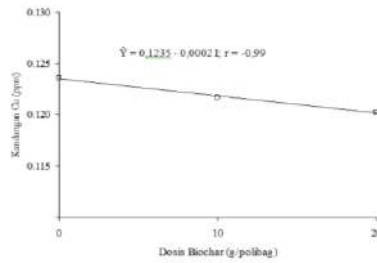


Gambar 2. Pengaruh biochar terhadap konsentrasi Pb pada tanah

Ernitha Panjaitan & Lamria Sidauruk, Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.)



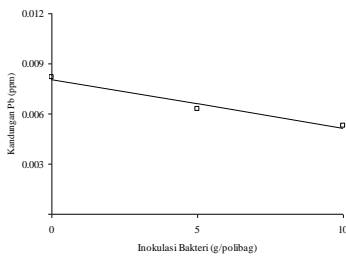
Gambar 3. Pengaruh bakteri terhadap konsentrasi konsentrasi Cu pada tanah



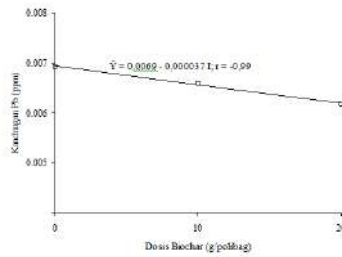
Gambar 4. Pengaruh biochar terhadap Cu pada tanah

Pada setiap taraf inokulasi bakteri akan menyebabkan perbedaan kandungan logam berat Pb dan Cu yang terserap pada jaringan tanaman. Inokulasi bakteri pada taraf 10 g tanaman⁻¹ menyebabkan konsentrasi Pb dan Cu yang lebih rendah dibanding 5 g tanaman⁻¹ dan tanpa inokulasi bakteri (Gambar 5 dan 7). Pada pemberian biochar dengan dosis yang semakin besar, kandungan logam berat Pb

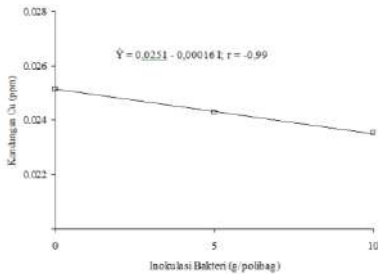
dan Cu pada jaringan tanaman akan semakin menurun dengan semakin bertambahnya dosis biochar yang diberikan. Kandungan logam berat Pb dan Cu terendah pada tanaman sawi adalah pada pemberian biochar sebesar 20 g tanaman⁻¹, kemudian menyusul pemberian dengan dosis 10 g tanaman⁻¹ dan tanpa pemberian biochar (Gambar 6 dan 8).



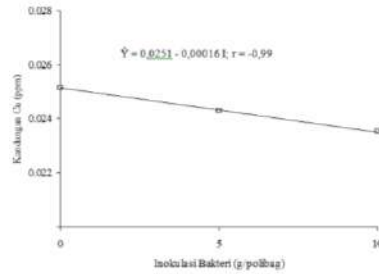
Gambar 5. Pengaruh bakteri terhadap konsentrasi Pb pada tanaman Pb



Gambar 6. Pengaruh biochar terhadap konsentrasi pada tanaman



Gambar 7. Pengaruh bakteri terhadap konsentrasi Cu pada tanaman



Gambar 8. Pengaruh biochar terhadap konsentrasi Cu pada tanaman

Inokulasi bakteri pada tanaman sawi berpengaruh menurunkan kandungan logam berat Pb dan Cu pada tanah dan tanaman. Aktivitas bakteri *corynebacterium g.* dan *lactobacillus sp.* yang diinokulasikan pada tanah dan berada di sekitar akar tanaman sawi, berfungsi sebagai pengurai zat-zat kontaminan/logam berat (*rhyzogeogradation*). Zat kontaminan logam dalam tanah diserap oleh bakteri yang menempel pada akar tanaman sawi dan kemudian dipecah menjadi bagian-bagian dengan eksudat dalam sistem akar tanaman.

Hasil penelitian menunjukkan inokulasi bakteri dengan taraf yang semakin besar menyebabkan kandungan logam berat Pb dan Cu pada tanah dan tanaman semakin rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata kandungan logam Pb dan Cu pada tanaman sawi menurun dengan bertambahnya taraf inokulasi bakteri. Pada perlakuan tanpa

inokulasi bakteri, kandungan logam berat Pb dan Cu tertinggi, namun dengan taraf inokulasi bakteri yang semakin besar, terjadi penurunan kandungan logam berat Pb dan Cu pada tanaman sawi. Akar tanaman menyerap limbah logam dari tanah dan mentranslokasinya ke bagian tanaman yang berada di atas tanah (Junyo & Handayanto, 2017).

Pertumbuhan Tanaman Sawi

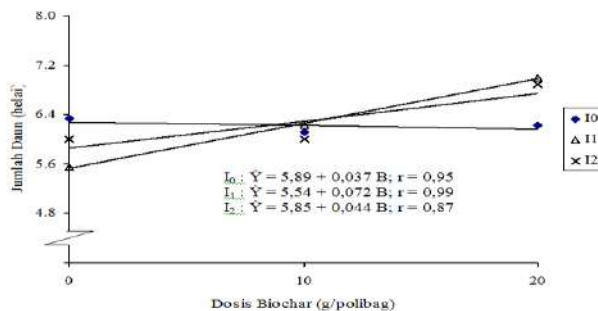
Tidak terdapat interaksi antara konsorsium bakteri dan biochar terhadap tinggi tanaman sawi. Laju pertumbuhan tanaman sawi tertinggi adalah pada inokulasi bakteri 10 g/tanaman, pada 4 minggu setelah tanam. Terdapat interaksi antara konsorsium bakteri dan biochar terhadap jumlah daun tanaman sawi pada 4 minggu setelah tanam, dimana inokulasi bakteri 5g tanaman⁻¹ dan biochar 20 g tanaman⁻¹ menyebabkan tanaman sawi memiliki jumlah daun terbanyak.

Ernitha Panjaitan & Lamria Sidauruk, Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.)

Tabel 1. Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Tanaman Sawi

Perlakuan	Tinggi tanaman				Jumlah daun			
	2	3	4	5	2	3	4	5
	...mst...							
Bakteri								
0 g/tanaman	5,49a	8,81a	12,43ab	12,44	3,81	5,33	6,22	6,56
5 g/tanaman	5,80a	8,40a	11,70a	12,58	3,96	5,48	6,26	6,22
10 g/tanaman	8,11b	11,07b	13,77b	17,10	4,00	5,07	6,30	6,20
BNJ $\alpha_{0,05}$	1,52	1,89	1,79	-				
Biochar								
0 g/tanaman	6,03	8,53	12,22	15,01	3,811b	5,11a	5,96a	4,89a
10 g/tanaman	6,86	10,03	12,74	13,05	3,48a	5,15a	6,11a	6,91ab
20 g/tanaman	6,51	9,74	12,94	14,05	4,48b	5,63b	6,70b	7,19b
BNJ $\alpha_{0,05}$	-	-	-	-	0,58	0,46	0,44	2,05

Angka yang diikuti oleh huruf yang perlakuan yang sama tidak berbeda nyata sama dalam kolom dan kelompok pada uji BNJ taraf uji 5%



Gambar 9. Pengaruh pemberian biochar terhadap jumlah daun tanaman sawi pada berbagai taraf inokulasi bakteri pada umur 4 MST

Berat basah tanaman sawi

Berat basah tanaman sawi terbesar terdapat pada tanaman dengan pemberian biochar 20 g tanaman⁻¹, diikuti berturut-turut oleh tanaman dengan biochar 10 g tanaman⁻¹ dan tanpa biochar (Tabel 2). Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa tidak

terjadi interaksi antara pemberian bakteri dan biochar pada setiap taraf perlakuan terhadap berat basah tanaman sawi. Perlakuan inokulasi bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap berat basah tanaman sawi pada semua taraf perlakuan.

Tabel 2 Rataan berat basah tanaman sawi

Perlakuan	Berat basah (g)
I ₀	20,12
I ₁	17,75
I ₂	16,28
BNJ _{0,05}	-
B ₀	16,35ab
B ₁	12,77a
B ₂	25,03b
BNJ _{0,05}	11,12

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom dan kelompok perlakuan yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ taraf uji 5%

Bakteri *corynebacterium glutamicum*, *lactobacillus sp.* dan penambahan biochar pada dosis tertentu dapat memperbaiki sifat kimia tanah sehingga pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman sawi menjadi lebih baik. Dengan penambahan biochar yang diaplikasikan ke dalam tanah, ketersediaan unsur hara, baik hara makro maupun hara mikro dapat meningkat sebagai akibat dari mineralisasi bahan organik yang terkandung di dalam biochar (Kramer et al., 2000).

Pada analisis laboratorium beberapa sifat kimia tanah menunjukkan tingkat kesuburan pada tanah di lokasi adalah sedang sampai tinggi. Berdasarkan hasil analisis sebelum penelitian dan sesudah penelitian, dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan unsur hara N, P, K dan C-organik, dan pH berturut-turut dari 1,86%; 1,17 ppm; 0,38 me/100; 4,6%, dan 7,3 menjadi 2,32%; 1,25 ppm; 0,43% dan 5,12% dan 7,5. Inokulasi bakteri dengan strain khusus yaitu *corynebacterium* dan *lactobacillus* selain mampu memperbaiki

sifat tanah, sifat biologis dan sifat kimia tanah untuk peningkatan kesuburan tanah (Hardiani et al., 2016) dapat juga berfungsi sebagai agen bioremediator.

SIMPULAN

Pemanfaatan konsorsium bakteri (*corynebacterium .g* dan *lactobacillus sp.*) yang dikombinasikan dengan biochar mampu meningkatkan penyerapan logam berat Pb dan Cu oleh tanaman sawi, sehingga dapat menurunkan konsentrasi Pb dan Cu tanah, serta dapat meningkatkan jumlah daun tanaman sawi, disamping itu hasil tanaman sawi dapat dikonsumsi karena kandungan logam beratnya masih dibawah baku mutu BPOM 2009 (Pb ≤ 2 ppm dan Cu ≤ 5 ppm).

DAFTAR PUSTAKA

- Edwards, R. (2020). Bioremediation: An overview. *Biotechnology Advances*, 18(3), 225–250.
- Gani, A. (2010). Multiguna arang-hayati biochar. *Sinar Tani Edisi*, 2010, 13–19.
- Hardiani, H., Kardiansyah, T., & Sugesty, S. (2016). Bioremediasi logam timbal (Pb) dalam tanah terkontaminasi limbah sludge industri kertas proses deinking. *Jurnal Selulosa*, 1(01).

Ernitha Panjaitan & Lamria Sidauruk, Pemanfaatan Biochar dan Konsorsium Bakteri untuk Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat serta Uji Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.)

- Ippolito, J. A., Laird, D. A., & Busscher, W. J. (2012). Environmental benefits of biochar. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 967-972.
- Ismail, M., & Basri, A. B. (2011). Pemanfaatan Biochar Untuk Perbaikan Kualitas Tanah. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Aceh*, 60.
- Junyo, G., & Handayanto, E. (2017). Potensi tiga varietas tanaman sawi sebagai akumulator merkuri pada tanah. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 4(1), 421-429.
- Komárek, M., Vaněk, A., & Ettler, V. (2013). Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxides—a review. *Environmental Pollution*, 172, 9-22.
- Kramer, U., Pickering, I. J., Prince, R. C., Raskin, I., & Salt, D. E. (2000). Subcellular localization and speciation of nickel in hyperaccumulator and non-accumulator *Thlaspi* species. *Plant Physiology*, 122(4), 1343-1354.
- Lovanh, N., Pichtel, J., & Fisher, T. (2007). Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Industrial Land. *Environmental Geology*, 51(7), 1043-1055.
- Lu, H., Zhang, W., Yang, Y., Huang, X., Wang, S., & Qiu, R. (2012). Relative distribution of Pb²⁺ sorption mechanisms by sludge-derived biochar. *Water Research*, 46(3), 854-862.
- Nurhasanah, N., Almahdy, A., & Raihana, N. (2017). Analisis Cemar Timbal [Pb (ii)] Pada Tanaman Sawi Hijau (Brassica Rapa Var. Parachinensis) Yang Ditanam Di Pinggir Jalan Pasar Talang Banjar-Dusun Kubang Gajah Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Scientia Journal*, 6(1), 48-54.
- Singh, A., & Prasad, S. M. (2016). Bio-remediation and Tolerance of Heavy Metals by Rhizobia. *Bioremediation and Bioeconomy*, 241-257.
- Wu, W., Yang, M., Feng, Q., McGrouther, K., Wang, H., Lu, H., & Chen, Y. (2012). Chemical characterization of rice straw-derived biochar for soil amendment. *Biomass and Bioenergy*, 47, 268-276.