



ANALISIS PUPUK ORGANIK MA-11 DAN JATROPHA CURCAS PADA PERTUMBUHAN KOPI LIBERIKA PADA LAHAN TERKONTAMINASI CADMIUM

Maryani Anis Tatik¹, Ichwan Budiyati², Eliyanti³, Arzita⁴, Neliyati⁵
^{1,2,3,4,5} Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email penulis koresponden: anistatik@unja.ac.id

Abstract

Jambi is one of the provinces that places coffee plants as a leading commodity in the region. One type of coffee that is a mainstay of Jambi Province is Liberika Tungkal Komposit, now better known as Liberika Tungkal Jambi. Phytoremediation is a promising technique that can address pollution in a cost-effective manner and can be applied directly at contaminated sites. Composting requires the regulation and control of natural processes so that compost can form more quickly. This can be achieved by creating a balanced mixture of materials, providing sufficient water, managing aeration, and adding activators. MA-11 is one of the activators capable of rapidly breaking down all organic materials and enhancing the nutritional content within them. The specific objectives of this study are: (1) to obtain quality Liberika coffee seedlings by planting in combination with the hyperaccumulator plant Jarak, using solid organic fertilizer based on *Microbacter Alfaafa* – 11 (MA-11). (2) This research is expected to provide information for the development of superior Liberika coffee plants in particular, and other types of coffee in general, which can be cultivated on land contaminated by liquid waste from the Batik industry. This experiment utilizes a Completely Randomized Design in factorial form, where the first factor is P, consisting of p1 = 2 Kg of Cow Manure and p2 = 1 Kg of Cow Manure. The second factor is K, which consists of (k0) Without Jarak, (k1) 1 Jarak, and (k2) 2 Jarak. Thus, six treatment combinations are obtained. Each treatment combination is repeated five times, resulting in a total of 30 experimental units.

Keywords: Heavy Metals, Hyperaccumulator, Liberica Coffee, Phytoremediation

PENDAHULUAN

Tanaman kopi (*Coffea* sp.) adalah salah satu komoditas perkebunan yang memiliki potensi untuk berkembang menjadi penggerak ekonomi daerah di Indonesia. Ini karena, dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya, tanaman kopi memiliki nilai ekonomi yang sangat tinggi dan berfungsi sebagai sumber devisa nasional. Data yang dikumpulkan oleh International Coffee Organization pada tahun 2019 menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat keempat sebagai produsen kopi terbesar di dunia, dengan kontribusi rata-rata sebesar 6,07 persen dari total produksi kopi global. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia (2019), sekitar 277.411,2 ton kopi telah diekspor dari Indonesia, dengan nilai total ekspor 806.878.600 dolar AS.

Tanaman kopi adalah komoditas andalan di Jambi. Liberika Tungkal Komposit, sekarang dikenal sebagai Liberika Tungkal Jambi, adalah salah satu jenis kopi terbaik di Provinsi Jambi. Kopi Liberika adalah kopi khas daerah Jambi yang dapat tumbuh di lahan gambut. Kopi khas Tanjabbar, Tanjung Jabung Barat, telah ditetapkan sebagai varietas bina dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 4968/SR.120/12/2013 pada tanggal 6 Desember 2013. Kabupaten Tanjabbar memiliki banyak kebun kopi Liberika. terdapat di Pengabuan, Bram Itam, Senyerang, Kuala Betara, Tungkal Hilir, dan beberapa kecamatan lainnya. Area Tanjabbar menghasilkan 1354 ton kopi Liberika pada 2018. dengan luas areal seluas 2.676 Ha (Badan Pusat Statistik Tanjabbar, 2019).

Kopi Liberika dapat dikatakan mampu beradaptasi di lahan gambut. Lahan gambut merupakan lahan marginal yang memiliki sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologi yang rendah. Adanya sifat adaptif dilahan gambut ini memungkinkan tanaman kopi liberika bisa ditanam di areal lahan_ lahan bekas

industry seperti lahan industri kerajinan Batik, yang mana tanahnya sudah tercemar dengan pembuangan limbah Batik. Lahan industri kerajinan Batik merupakan salah satu alternatif pengembangan perkebunan Kopi Liberika, namun adanya aktifitas industry ini terjadi hilangnya lapisan tanah atas (topsoil) yang mana akan mempengaruhi kandungan organik tanah sehingga kurang subur dan produktif. Jika bahan organik tidak ditambahkan maka kesuburan tanah akan rendah.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam usaha pengembangan bibit kopi adalah bagaimana memperoleh bibit yang berkualitas dan berkualitas dalam jumlah yang cukup. Selain menambah unsur hara, media tanam yang memadai juga sangat penting. Namun pengembangan perkebunan benih kopi yang diperluas mengalami beberapa kendala, seperti berkurangnya ketersediaan lahan potensial. Peralpnya, sebagian besar lahan potensial sudah dimanfaatkan untuk tanaman pangan dan hortikultura, sehingga lahan industri menjadi salah satu alternatif pengembangan benih kopi. Hilangnya lapisan tanah lapisan atas (topsoil) mempengaruhi kandungan bahan organik tanah sehingga kurang subur dan kurang produktif. Selain menyediakan unsur hara lengkap bagi tanaman, bahan organik tanah juga berperan sebagai perekat atau pengikat partikel tanah, memberikan bentuk tanah yang tersarang, mengurangi berat jenis, dan menambah ruang pori total. Jika bahan organik tidak ditambahkan dalam jangka waktu yang lama maka kesuburan fisik tanah akan menurun (Atmojo, 2006).

Salah satu fungsi tanah yang pasti adalah untuk menunjang kehidupan tanaman. Ketersediaan unsur hara bagi tanaman tergantung pada faktor yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara dan faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam memanfaatkan unsur hara yang diberikan (Wardle, 2006). Adapun Unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman antara lain unsur hara makro N, P, K, Ca, Mg, dan S serta unsur hara mikro Zn, Cu, Mn, Mo, B, Fe, dan Cl (Lahuddin, 2007). Kebutuhan zat gizi mikro relatif kecil, dengan kadar kritis berkisar antara 0,3-50 mg/kg berat badan. Fungsi tanah yang sangat pasti adalah untuk menunjang kehidupan tanaman. Ketersediaan unsur hara bagi tanaman tergantung pada faktor yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara dan faktor yang mempengaruhi kemampuan tanaman dalam memanfaatkan unsur hara yang diberikan (Wardle, 2006).

Menurut Subowo dkk. (2007) Keberadaan logam berat pada tanah pertanian dapat menurunkan produktivitas pertanian dan kualitas hasil pertanian, selain itu konsumsi pangan yang dihasilkan dari tanah yang terkontaminasi logam berat tersebut juga dapat membahayakan kesehatan manusia. Lahan yang bersifat non-pertanian sering digunakan untuk keperluan industri, yang seringkali mengakibatkan kerusakan atau pencemaran terhadap lahan disekitarnya (Ross, 1994). Salah satu lahan tercemar di Kota Jambi adalah lahan yang dijadikan tempat pembuangan limbah industri proses batik. Saat ini, terdapat kekhawatiran yang luas mengenai praktik pengolahan tanah yang terkontaminasi, khususnya penggunaan bahan-bahan alami seperti tanaman dan organisme lainnya. Penggunaan organisme biologis untuk pengobatan semakin mendapat perhatian sebagai alternatif untuk memulihkan lahan yang terkontaminasi karena penerapannya relatif murah, efektif dan aman secara teknis (Hardiani, 2009). Metode murah yang disebut fitoremediasi dapat digunakan untuk mengurangi dan menetralkan kadar logam berat di lahan pertanian (Truu, 2003).

Menurut penelitian Muliadi dan rekannya pada tahun 2013, fitoremediasi merupakan metode remediasi yang mengandalkan tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mengubah, dan melumpuhkan polutan logam berat. Fitoremediasi melibatkan penggunaan tanaman untuk menghilangkan, menstabilkan, atau menghancurkan kontaminan, baik senyawa organik maupun anorganik. Teknik ini dinilai menjanjikan dalam mengatasi pencemaran karena murah, efektif, dan dapat diterapkan langsung pada tempat yang tercemar dengan menggunakan pepohonan, tanaman pangan, dan tanaman berbunga (Fahrudin, 2010). Fitoremediasi merupakan inovasi teknologi pengelolaan limbah B3 yang hemat biaya dan ramah lingkungan.

Bahan kimia yang diserap tanaman disimpan di akar, batang, dan daun, yang kemudian diubah menjadi bahan kimia yang tidak terlalu berbahaya, diubah menjadi gas, dan dilepaskan ke udara melalui proses transpirasi. Tanaman hiperakumulator mempunyai keterbatasan yang cukup besar, salah satu syaratnya adalah toleransi terhadap kandungan logam berat yang tinggi pada media tanam (Widyati, 2009). Beberapa contoh tanaman hiperakumulator yang dapat digunakan dalam fitoremediasi antara lain *Jatropha curcas*, *Leucaena leucocephala*, *Musa paradisica*, *Zea mays*, *Dahlia pinnata*, *Panicum maksimum*, *Helianthus annuus*, *Papyrus*, *Monocharia vaginalis*, *Limnoharis flava*, *Paspalum*

conjugatum, *Cyperus monocephala*, *Centrosema pubescens*, *Mikania cordata*, dan *Commelina nudiflora* (Juhaite, 2005).

Pemanfaatan tanaman jarak pagar dalam fitoremediasi dipilih karena kemampuannya dalam menyerap logam berat seperti Kadmium (Cd). Menurut Priyanto dan Prayitno (2007), mekanisme penyerapan logam berat oleh tanaman meliputi penyerapan melalui akar, translokasi melalui xilem dan floem ke bagian lain tanaman, serta lokalisasi logam pada sel tertentu untuk meminimalkan gangguan metabolisme tanaman. Tanaman jarak pagar dipilih karena merupakan hiperakumulator yang sangat efektif dalam menyerap logam berat, serta mampu bersimbiosis baik dengan mikoriza dan pupuk hayati. Pemberian bakteri penolong fosfat bersama dengan mikoriza dapat meningkatkan infeksi akar tanaman jarak pagar sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan serapan unsur hara.

Pemanfaatan pupuk organik merupakan solusi selain untuk mengatasi kelangkaan pupuk anorganik juga dapat memperbaiki sifat - sifat dalam tanah. Penggunaan pupuk organik (berupa kompos) selalu mendapat perhatian semua kalangan karena bahan baku pembuatan kompos ini selalu tersedia secara berlimpah di sekitar areal pertanian. Kompos mampu memperbaiki sifat - sifat fisik, kimiawi, dan biologi tanah. Sumber bahan kompos antara lain berasal dari limbah organik seperti sisa - sisa tanaman (jerami, batang, dahan, daun), sampah rumah tangga, kotoran ternak (sapi, kambing, ayam), arang sekam dan lain sebagainya. Pupuk organik digunakan bukan untuk menggantikan pupuk anorganik, tetapi sebagai komplemen, untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman secara berkelanjutan.

Permasalahan dilapangan petani masih sulit memanfaatkan kembali sisa tanaman untuk menyuburkan lahannya. Hal ini disebabkan karena secara alami perombakan limbah pertanian memerlukan waktu yang lama. Membuat kompos perlu mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air secukupnya, mengatur aerasi dan penambahan aktivator. Setiap aktivator memiliki keunggulan masing - masing. MA -11 merupakan salah satu aktivator yang mampu merombak semua bahan organik dalam tempo sangat cepat dan dapat meningkatkan kandungan gizi yang terkandung di dalam bahan (Artarizqi, 2013).

Berdasarkan uraian tersebut, untuk meningkatkan produksi kopi Liberika pada lahan industry kerajinan Batik, perlu diterapkan kombinasi teknologi tanaman hiperakumulator jarak pagar mikoriza untuk menyerap logam berat Cd dalam tanah dan mengurangi dampak pencemaran logam Cd pada tanaman kopi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan tanaman berbasis sumber daya lokal yang menjadi salah satu fokus utama Fakultas Pertanian Universitas Jambi, serta mendukung visi dan misi Universitas Jambi.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lahan Industri Batik, Jambi Seberang, Kota Jambi. Waktu penelitian akan dilaksanakan sekitar 4 bulan.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dalam faktorial yaitu faktor pertama yaitu P, $p_1 = 2$ Kg pupuk Kandang Sapi dan $p_2 = 1$ Kg Pupuk Kandang Sapi. Faktor kedua K, (k_0) Tanpa Tanaman Jarak, (k_1) 1 Jarak dan (k_2) 2 Jarak. Dengan demikian, diperoleh 6 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang 5 kali, sehingga terdapat 30 satuan percobaan.

Target/Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah tanaman kopi liberika (*Coffea liberica*) yang ditanam pada lahan terkontaminasi kadmium, dengan perlakuan kombinasi pupuk organik MA-11 dan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas*).

Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan di lahan Industri Batik, Jambi Seberang, Kota Jambi selama 4 bulan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial.

1. Faktor pertama (P): dosis pupuk organik MA-11 (misalnya p1 = 2 Kg, p2 = 1 Kg).
2. Faktor kedua (K): penggunaan *Jatropha curcas* (k0 = tanpa tanaman jarak, k1 = 1 tanaman jarak, k2 = 2 tanaman jarak).

Total kombinasi perlakuan = 6, diulang 5 kali → 30 satuan percobaan.

Tahapan penelitian meliputi:

1. Penyemaian benih *Jatropha curcas* setelah direndam air suling untuk mematahkan dormansi.
2. Penanaman bibit *Jatropha curcas* umur 1 bulan dan bibit kopi liberika umur 6 bulan di lahan terkontaminasi Cd dengan jarak tanam 50 cm.
3. Pemeliharaan berupa penyiangan gulma dan pengendalian organisme pengganggu tanaman.

Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan:

1. Meteran → mengukur tinggi tanaman kopi liberika.
2. Jangka sorong → mengukur diameter batang.
3. Alat tulis dan lembar observasi → mencatat jumlah daun sehat dan jumlah cabang primer.

Teknik analisis data

1. Pengamatan tinggi tanaman: diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi setiap bulan.
2. Pengamatan diameter batang: diukur pada pangkal batang setiap bulan.
3. Penghitungan jumlah daun: menghitung daun sehat dan aktif pada setiap tanaman kopi liberika.
4. Penghitungan jumlah cabang primer: dihitung pada batang utama tanaman.

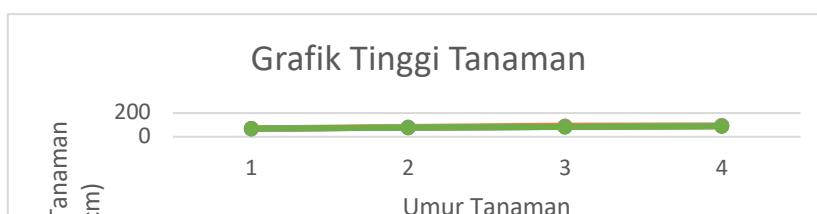
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Tabel 1. Rata – rata Tinggi Tanaman Kopi Liberika Berdasarkan Pemberian Dosis Pupuk Kandang Sapi dengan Komposisi Tanaman Jarak Umur 16 MST.

Pupuk Kandang Sapi (Kg)	Komposisi Tanaman Kopi dan tanaman Jarak			Rata-rata
	0 Jarak	1 Jarak	2 Jarak	
2	91,80 a B	96,00 a A	89,00 a C	92,27
1	89,40 b A	90,60 b A	88,40 a A	89,47
Rata-rata	90,60	93,30	88,70	90,87

Keterangan : Angka – angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan angka – angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.



Gambar 1. Grafik pertumbuhan Tinggi Tanaman Kopi Umur 4 MST – 16 MST

Diameter Batang

Tabel 2. Diameter Batang Tanaman Kopi Liberika Berdasarkan Pemberian Dosis Pupuk Kandang Sapi dengan Komposisi Tanaman Jarak Umur 16 MST.

Pupuk Kandang Sapi (Kg)	Komposisi Tanaman Kopi dan tanaman Jarak			Rata-rata
	0 Jarak	1 Jarak	2 Jarak	
2	4,92 a A	5,02 a A	4,78 a A	4,91
1	4,57 b B	4,68 b AB	4,91 a A	4,72
Rata-rata	4,75	4,85	4,84	4,81

Keterangan : Angka – angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan angka – angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

Jumlah Daun

Tabel 3. Jumlah Daun Kopi Liberika Berdasarkan Pemberian Dosis Pupuk Kandang Sapi dengan Komposisi Tanaman Jarak Umur 16 MST.

Pupuk Kandang Sapi (Kg)	Komposisi Tanaman Kopi dan tanaman Jarak			Rata-rata
	0 Jarak	1 Jarak	2 Jarak	
2	13,00 a B	15,80 a A	13,00 a B	13,93
1	11,60 b B	14,20 b A	13,20 a A	13,00
Rata-rata	12,30	15,00	13,10	13,47

Keterangan : Angka – angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dan angka – angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

Jumlah Cabang Primer

Tabel 4. Jumlah Cabang Primer Tanaman Kopi Liberika Berdasarkan Pemberian Dosis Pupuk Kandang Sapi dengan Komposisi Tanaman Jarak Umur 16 MST.

Pupuk Kandang Sapi (Kg)	Komposisi Tanaman Kopi dan tanaman Jarak	Rata-rata
-------------------------	--	-----------

	0 Jarak	1 Jarak	2 Jarak	
2	4,80	5,00	4,20	4,67 a
1	4,00	4,20	4,20	4,13 a
Rata-rata	4,40	4,60	4,20	4,40

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf $\alpha = 5\%$.

Analisis Kandungan Cadmium Awal dan Akhir Pada Daun Tanaman Kopi

No.	Sampel	Kandungan Cd Awal (ppm)	Kandungan Cd Akhir (ppm)
1.	P1K0	2.2	<1
2.	P1K1	<1	<1
3.	P1K2	1.7	<1
4.	P2K0	2.2	<1
5.	P2K1	2.1	<1
6.	P2K2	<1	<1

Analisis Kandungan Cadmium Awal dan Akhir Pada Daun Tanaman Jarak

No.	Sampel	Kandungan Cd Awal (ppm)	Kandungan Cd Akhir (ppm)
1.	P1K0	0,5	2.8
2.	P1K1	0,4	2.8
3.	P1K2 (1)	0,4	2
4.	P1K2 (2)	0,5	2.3
5.	P2K0	0,4	2.5
6.	P2K1	0,5	2
7.	P2K2 (1)	0,5	2.4
8.	P2K2 (2)	0,3	2

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interaksi antara pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak memberikan hasil berpengaruh nyata pada variabel tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun tanaman, namun tidak berbeda nyata terhadap variabel jumlah cabang primer. Selanjutnya pada faktor tunggal pemberian dosis pupuk kandang sapi berpengaruh nyata pada variabel jumlah cabang primer tanaman kopi.

Berdasarkan hasil uji lanjut tinggi tanaman (Tabel 1) menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak terjadi interaksi. Hal ini menandakan adanya efek dari satu perlakuan dipengaruhi positif oleh ketersediaan perlakuan lainnya. Hasil uji lanjut interaksi antara pemberian dosis pupuk kandang sapi 2 Kg dengan komposisi 1 tanaman jarak mampu memberikan pertambahan tinggi tanaman kopi tertinggi dari interaksi antara pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak yaitu 96,00 cm. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman jarak pagar sebagai tanaman hiperakumulator dapat membantu mengakumulasi logam berat Cadmium dan memacu pertumbuhan tinggi tanaman Kopi. Pada hasil analisis jaringan tanaman kopi, kandungan Cadmium awal pada jaringan tanaman kopi yaitu 2,2 ppm. Pada hasil analisis jaringan tanaman kopi dan tanaman jarak, kandungan Cadmium akhir pada jaringan tanaman kopi yaitu <1 ppm dan kandungan Cadmium pada jaringan tanaman jarak yaitu 2,8 ppm. Jarak pagar (*Jatropha curcas*) telah diidentifikasi sebagai tanaman hiperakumulator yang memiliki kemampuan fitoremediasi terhadap tanah yang terkontaminasi logam berat. Hal ini sejalan dengan pendapat Surahmaida dan Mangkoedihardjo, (2017) *Jatropha curcas* memiliki kemampuan fitoremediasi terhadap tanah tercemar Cadmium, dengan persentase reduksi sebesar 76-92% dan akumulasi Cadmium sebesar 46-125%.

Berdasarkan hasil uji lanjut diameter batang tanaman (Tabel 2) menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak terjadi interaksi. Hal ini menandakan adanya efek dari satu perlakuan dipengaruhi positif oleh ketersediaan perlakuan lainnya. Hasil uji lanjut interaksi

antara pemberian dosis pupuk kandang sapi 2 Kg dengan komposisi 1 tanaman jarak mampu memberikan pertambahan diameter batang tanaman kopi tertinggi dari interaksi antara pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak yaitu 5,02 mm. Berdasarkan hasil standart mutu bibit kopi, standart minimal diameter batang bibit kopi umur 8 bulan yaitu 5 – 6 mm. Hal ini menunjukkan bahwa hasil diameter batang bibit tanaman kopi secara umum menunjukkan hasil pertambahan diameter batang yang baik. Hal ini diduga terjadi karena adanya pemberian dosis pupuk kandang sapi yang dapat membantu proses kesuburan tanah dan memperbaiki pertumbuhan tanaman dan ditambah adanya pemberian pupuk Mikrobakteri Alfaafa (MA-11) berfungsi sebagai dekomposer (pengurai) bahan organik tingkat tinggi yang dapat membantu proses kesuburan tanah dan memulihkan lahan yang rusak. Sejalan dengan pendapat Hendri et al., (2015) menyatakan bahwa pemberian pupuk kandang sapi diharapkan dapat meningkatkan kesuburan tanah dan pada akhirnya dapat memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman.

Berdasarkan hasil uji lanjut jumlah daun tanaman kopi (Tabel 3) menunjukkan bahwa pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak terjadi interaksi. Hal ini menandakan adanya efek dari satu perlakuan dipengaruhi positif oleh ketersediaan perlakuan lainnya. Hasil uji lanjut interaksi antara pemberian dosis pupuk kandang sapi 2 Kg dengan komposisi 1 tanaman jarak mampu memberikan pertambahan jumlah daun tanaman kopi tertinggi dari interaksi antara pemberian dosis pupuk kandang sapi dengan komposisi tanaman jarak lainnya yaitu 15,80 helai. Hal ini diduga karena unsur hara khususnya unsur hara N bagi tanaman tercukupi secara analisis. Dari hasil analisis di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi menunjukkan tanah awal memiliki N total (0,14%). Selanjutnya hasil analisis pupuk kandang sapi memiliki N total (2,90%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa unsur hara N dapat tercukupi bagi tanaman. Hasil analisis jaringan pada daun yang dilakukan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi menunjukkan bahwa penambahan pupuk kandang sapi ke dalam tanah dapat meningkatkan kandungan unsur hara pada jaringan daun. Peningkatan ini terutama disebabkan oleh sifat pupuk kandang sapi sebagai pupuk organik yang mampu memperbaiki sifat kimia tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara, khususnya nitrogen. Menurut Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (2006), aplikasi pupuk organik dari kotoran hewan tidak hanya meningkatkan ketersediaan unsur hara makro, tetapi juga unsur hara mikro yang esensial bagi proses metabolisme tanaman. Proses metabolisme ini dipengaruhi oleh keseimbangan antara unsur hara makro dan mikro dalam jaringan tanaman. Oleh karena itu, pemberian pupuk kandang berperan penting dalam menciptakan keseimbangan hara yang mendukung efisiensi metabolisme tumbuhan. Lebih lanjut, Novizan (2002) menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman akan optimal apabila seluruh unsur hara yang dibutuhkan tersedia dalam jumlah yang cukup. Salah satu unsur hara utama yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah nitrogen. Wijayanti (2013) menambahkan bahwa nitrogen yang terkandung dalam pupuk kandang memiliki fungsi penting dalam merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman karena berperan dalam proses pembentukan sel, jaringan, dan organ tanaman. Peningkatan ketersediaan nitrogen berdampak pada peningkatan hasil fotosintesis (fotosintat), yang selanjutnya ditranslokasikan ke berbagai organ tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan, seperti pemanjangan batang, pembentukan cabang dan daun baru, serta peningkatan bobot kering tanaman secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil uji lanjut jumlah cabang primer (Tabel 4) menunjukkan bahwa faktor tunggal pemberian dosis pupuk kandang sapi berbeda nyata terhadap jumlah cabang primer. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa faktor tunggal pemberian dosis pupuk kandang sapi 2 Kg menunjukkan hasil jumlah cabang primer tanaman kopi yaitu 4,67 cabang tidak berbeda nyata terhadap faktor tunggal pemberian dosis pupuk kandang sapi 1 Kg yaitu 4,13 cabang. Jumlah cabang primer merupakan hal identik dengan proses pertumbuhan vegetatif bahwa terjadinya proses pembungaan dan pembuahan kopi dipengaruhi oleh jumlah dan distribusi cahaya matahari yang dapat diserap tanaman (Sobari et al., 2012).

KESIMPULAN

Pupuk Organik Berbasis *Microbacter Alfaafa – 11* (Ma-11) menunjukkan pengaruh positif yang signifikan terhadap pertumbuhan kopi *Liberika*. Kombinasi dosis Ma-11 dengan tanaman Jarak berpengaruh signifikan terhadap tinggi, diameter batang, dan jumlah daun tanaman kopi. Dosis terbaik ditemukan pada pemberian Ma-11 dengan satu tanaman Jarak, yang tidak hanya meningkatkan pertumbuhan bibit kopi, tetapi juga menurunkan kadar cadmium pada daun tanaman kopi di lahan tercemar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Rektor Universitas Jambi, Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) dan Dekan Fakultas Pertanian atas dukungan pendanaan, serta fasilitas yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Dukungan tersebut telah memberikan kontribusi penting bagi penyelesaian penelitian serta penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Artarizqi, AT (2013). MA 11, Kolaborasi Mikroba Super. <https://homeschoolingkaksetosemarang.com/article/99275/ma-11-kolaborasi-mikroba-super.html> >. Di akses pada tanggal 28 Februari 2020.
- Atmojo, S.W. 2006. Degradasi lahan dan ancaman bagi pertanian. Solo pos, Selasa ,7 Nopember 2006. <http://suntoro.staff.uns.ac.id/files/2009/04/11-degradasi-lahan.pdf>. Badan Pusat Statistik Indonesia. 2019. Statistik Indonesia. Subdirektorat Publikasi dan Kompilasi Statistik. Indonesia.
- Badan Pusat Statistik Tanjabbar. 2019. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah dan Penanaman Modal Kabupaten Tanjung Jabung Barat. Jambi.
- Cunningham, S.D., W.R. Berti, dan J.W. Huang. Remediation of contaminated soils and sludges by green plants. Dalam R.E. Hinchee, J.L. Means, dan D.R. Burris (eds.) Bioremediation of Inorganics. Battelle Press, Ohio. Pp 33-54, 1995.
- Subowo, M., S. Widodo dan A. Nugraha. 2007. Status dan Penyebaran Pb, Cd, dan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya. Prosiding. Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor.
- Fahrudin, Bioteknologi Lingkungan. Penerbit Alfabeta, Bandung, 2010.
- Hardiani, H., 2009. "Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas", Vol. 44, No. 1 : 27-40.
- Juhaite T., F. Syarif, dan N. Hidayati. 2005. Inventarisasi tumbuhan potensial untuk fitoremediasi lahan dan air terdegradasi penambangan emas. Jurnal Biodiversitas, Vol. 6, No.1, 31-33.
- Maryani, AT, Dewi, S, Syarifuddin, H, Wibowo, YG. 2023. Strategy for Liquid Waste Management for Batik Industry in Ulu Gedong Village, Jambi, Indonesia. Ecological Engineering and Environmental Technology Wolumen 24, Zeszyt 3, 2023
- Muliadi, D. Liestiany, Yanny, dan S. Sumarna., 2013. Fitoremediasi: Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Nikel, Cadmium dan Chromium dalam Tanaman Ipomea reptans. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia. HKI Sumatra Barat. https://www.academia.edu/5353083/Fitoremediasi_Akumulasi_Dan_Distribusi_Logam_Berat_Nikel_Cadmium_Dan_Chromium_Dalam_Tanaman_Ipomea_reptans. (Diunduh pada tanggal 12 September 2014).
- Nurmitha, Aulia A. ,Samang L, Zubair A. Fitoremediasi pengolahan limbah cair rumah tangga dengan memanfaatkan eceng gondok. Makassar: Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, 2013.
- Pratomo, S. Tesis fitoremediasi Zn (seng) menggunakan tanaman normal dan transgenic Solanum nigrum L. program megister ilmu lingkungan program pscasarjana universitas Diponegoro Semarang, 2004.
- Priyanto, B. dan J. Prayitno. 2002. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. Dalam [Http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm](http://lfl.bppt.tripod.com/sublab/lflora.htm).
- Rondonuwu, S.B. Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reactor. Vol. 14 (1): 52, 2014.

- Subowo, M., S. Widodo dan A. Nugraha. 2007. Status dan Penyebaran Pb, Cd, dan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya. Prosiding. Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor.
- Surtikanti, HK. Toksikologi lingkungan dan metode uji hayati. Bandung: Rizki press, 2011.
- Truu, J., E. Talpsep, E. Vedler, E. Heinaru, and A. Heinaru. 2003. Enhanced Biodegradation of Oil Shale Chemical Industry Solid Wastes by Phytoremediation and Bioaugmentation. Estonia Academy Publisher.
- Volesky B, Kratochil D. Advance in Biosorption of Heavy Metal, Biotechnol. 16, 7, 291-300, 1998.
- Widyati, E. 2011. Potensi Tumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. Mitra Hutan Tanaman, Vol.6, No.2, Hal: 46-56.
- Lidya, F. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) Dan Kadmium Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Dan Sifat Fraksionasinya Pada Segmen Laut.
- Hendri M, Napitupulu M, Sujalu, A.P. 2015. Pengaruh pupuk kandang sapi dan pupuk NPK mutiara Terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman Terung ungu (*Solanum melongena* L.). Jurnal Agrifor. 16(2), 213-220.
- Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 2006. Pengaruh Pemupukan Terhadap Pertumbuhan, Produksi Dan Mutu *Simplisia Purwoceng* (*Pimpinella pruatjan Molkenb*). Jurnal Littri. Vol. 12(2): 73 -79.
- Novizan. 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Wijayanti M, Hadi MS dan Pramono E. 2013. Pengaruh Pemberian Tiga Jenis Pupuk Kandang Dan Dosis Urea Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Cabai (*Capssicum annum* L.). J. Agrotek Tropika, Vol. 1(2): 172 –178.
- Sobari, I., Sakiroh, S., dan Purwanto, E. H. 2012. Pengaruh jenis tanaman penayang terhadap pertumbuhan dan persentase tanaman berbuah pada kopi arabika varietas Kartika 1. Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar, 3(3), 217-222.