

Perbaikan Stabilitas Agregat Tanah Pasir Berlempung Menggunakan Bakteri Pemantap Agregat dan Bahan Organik

Improving Aggregate Stability of a Loamy Sand Soil Using Aggregate Stabilizing Bacteria and Organic Matter

Diana Utama^{1*}, Nuni Gofar², A. Napoleon²

¹Program Studi Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Jl. Padang Selasa No. 524, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan

²Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih, KM. 32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 14 Oktober 2018
Direview: 08 November 2018
Disetujui: 26 Desember 2018

Kata kunci:

Kemantapan agregat
Bakteri pemantap agregat
Bahan organik
Eksopolisakarida

Keywords:

Aggregate stability
Aggregate-stabilizing bacteria
Organic matter
Exopolysaccharide

Direview oleh:

Etty Pratiwi, Edi Husen

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas agregat tanah dengan perlakuan berbagai isolat bakteri pemantap agregat (BPA) dan bahan organik berupa kompos yang terbuat dari campuran 90% rumput *Cyperus pilosus* Vahl dan 10% kotoran sapi, dengan masa inkubasi yang berbeda. Taraf perlakuan terdiri dari kontrol, kombinasi isolat I, II, dan III masing – masing dikombinasikan dengan komposisi bahan organik 0%, 0.5%, dan 1%. Hasil penelitian ini menunjukkan aplikasi isolat BPA pada tanah pasir berlempung disertai pemberian bahan organik menyebabkan populasi yang lebih tinggi dibandingkan tanpa aplikasi keduanya. *Klebsiella* sp. LW-13 yang dikombinasi dengan 1% bahan organik dan *Bukholderia anthina* MYSP113 yang dikombinasi dengan berbagai taraf bahan organik (0 hingga 1%) menyebabkan agregat menjadi sangat mantap sekali pada pengamatan 60 hari setelah aplikasi. Eksopolisakarida yang dihasilkan bakteri akan mengikat partikel tanah dan membentuk agregasi. Penggunaan bakteri *Bukholderia anthina* MYSP113 dinilai lebih efisien dalam pemanfaatannya untuk memantapkan agregat tanah karena memiliki kemampuan terbaik untuk memantapkan agregat tanah hingga sangat mantap sekali dengan atau tanpa penambahan bahan organik pada periode 60 hari pengamatan.

Abstract. This study aimed to analyze the aggregate stability of soil with different treatments of aggregate-stabilizing bacteria and organic matter (compost made of mixture of 90% *Cyperus pilosus* Vahl grass biomass and 10% cattle manure) at different incubation period. Treatments consisted of control, combination of three different isolate with three different composition of organic matter (0%, 0.5%, and 1%). The results showed that the application of aggregate-stabilizing bacteria to loamy sand soil and organic matter causes a higher bacteria population than without both applications. *Klebsiella* sp. LW-13 combined with 1% organic matter and *Bukholderia anthina* MYSP113 which was combined with various levels of organic matter (0 to 1%) showed high aggregation at observation of 60 days after application. The exopolysaccharide produced by bacteria binds soil particles and forms soil aggregation. The use of *Bukholderia anthina* MYSP113 bacteria is considered to be efficient in its utilization to stabilize soil aggregates because it has the best ability to stabilize soil aggregates to be highly stable with or without the addition of organic matter in the 60-day observation period.

Pendahuluan

Tanah dengan tekstur pasir berlempung memiliki agregasi yang rendah sehingga kemampuannya dalam memegang air dan hara juga rendah sehingga sulit untuk dijadikan media tumbuh tanaman yang optimal. Menurut Kusuma *et al.* (2016) agregasi tanah merupakan faktor penting untuk pengembangan fungsi tanah pertanian dan perkebunan. Santi *et al.* (2008) menemukan cara meningkatkan kemantapan agregat yaitu dengan menggunakan bakteri penghasil eksopolisakarida.

Eksopolisakarida merupakan polimer dengan bobot molekul tinggi yang tersusun dari monosakarida dan

beberapa bahan non karbohidrat seperti asetat, piruvat, suksinat, dan fosfat (Duta *et al.* 2004). Di dalam tanah, bakteri menghasilkan eksopolisakarida untuk melindungi sel dari kekeringan atau menempel pada suatu substrat untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Oleh sebab itu penggunaan bakteri penghasil eksopolisakarida merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi faktor-faktor pembatas kesuburan tanah yang disebabkan oleh ketidakstabilan agregat.

Harahap *et al.* (2018) dalam penelitiannya menemukan tiga isolat bakteri pemantap agregat (BPA) asal tanah berpasir Kalimantan Barat yang potensial dalam menghasilkan eksopolisakarida. Dua di antara tiga isolat tersebut dengan penambahan 1% bahan organik mampu

* Corresponding author: utama.diana94@gmail.com

meningkatkan kemantapan agregat tanah yang memiliki kandungan pasir sangat tinggi.

Beberapa penelitian yang menggunakan bahan organik terbukti mampu meningkatkan stabilitas agregat tanah. Bahan organik memiliki potensi untuk mempertahankan daya tumbuh bakteri dalam jangka waktu yang cukup lama (Saito dan Marumoto 2002; Steiner 2007; Santi dan Goenadi 2012). Dengan mengacu pada beberapa penelitian di atas, maka dalam penelitian ini diujikan kombinasi tiga isolat BPA dengan beberapa taraf bahan organik dalam memperbaiki stabilitas agregat tanah pasir berlempung.

Bahan dan Metode

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Lahan Perkebunan Karet Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Pengukuran stabilitas agregat, pH tanah, dan populasi BPA dilaksanakan di Laboratorium Kimia, Biologi, dan Kesuburan Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Pengamatan dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilaksanakan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor.

Alat - alat yang digunakan yaitu alat untuk menganalisis tekstur tanah, porositas, nilai pH, stabilitas agregat tanah, dan populasi BPA. Bahan – bahan yang digunakan yaitu: 1) kompos yang terbuat dari campuran 90% rumput *Cyperus pilosus* Vahl dan 10% kotoran sapi (v/v) yang telah diinkubasi selama 1 bulan dengan pembalikan satu kali setiap minggunya, 2) isolat bakteri (*Klebsiella pneumoniae* DSM 30104, *Klebsiella* sp. LW-13 dan *Burkholderia anthina* MYSP113), 3) tanah pasir berlempung pada kedalaman 5-20 cm, 4) Medium selektif, yaitu ATCC no.14 yang per liter mediumnya terdiri dari 0.2 g KH_2PO_4 ; 0.8 g K_2HPO_4 ; 0.2 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0.1 g $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 2.0 mg FeCl_3 ; $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (trace); 0.5 g ekstrak kamir; 20 g sukrosa; dan 15 g bacto agar Remel, 2005), dan 5) bahan – bahan yang digunakan untuk menganalisis tekstur tanah, porositas, nilai pH, stabilitas agregat tanah, dan populasi BPA.

Analisis kimia tanah terdiri dari pengukuran pH tanah yang diukur dengan metode pH meter. Pengukuran tekstur tanah menggunakan metode hidrometer. Pengukuran porositas tanah menggunakan metode metode nisbah bobot isi : bobot partikel. Penetapan kemantapan agregat menggunakan metode yang dikembangkan oleh De Leenher dan De Boodt (1959) yaitu metode pengayakan ganda (pengayakan kering dan basah). Perhitungan populasi BPA yang ditumbuhkan dengan media agar ATCC no. 14 menggunakan metode *total plate count* (TPC) (Enriquez *et al.* 1995). Untuk mengetahui interaksi antara bakteri dan bahan tanah tekstur pasir berlempung

dilakukan pengamatan dengan *scanning electron microscope* (SEM).

Perlakuan dalam penelitian ini terdiri dari 10 komposisi perlakuan BPA dan bahan organik, sebagai berikut:

1. I₀B₀: tanpa isolat + 0% BO
2. I₁B₀: isolat *Klebsiella pneumoniae* DSM 30104+0% BO
3. I₁B₁: isolat *Klebsiella pneumoniae* DSM 30104+0,5% BO
4. I₁B₂: isolat *Klebsiella pneumoniae* DSM 30104+1% BO
5. I₂B₀: isolat *Klebsiella* sp. LW-13 + 0% BO
6. I₂B₁: isolat *Klebsiella* sp. LW-13 + 0,5% BO
7. I₂B₂: isolat *Klebsiella* sp. LW-13 + 1% BO
8. I₃B₀: isolat *Burkholderia anthina* MYSP113 + 0% BO
9. I₃B₁: isolat *Burkholderia anthina* MYSP113 + 0,5% BO
10. I₃B₂: isolat *Burkholderia anthina* MYSP113 + 1%

Keterangan :

- 0,5% BO: bahan organik 10 ton ha⁻¹
- 1% BO : bahan organik 20 ton ha⁻¹

Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 10 taraf perlakuan masing – masing diulang 3 kali, sehingga jumlah perlakuan adalah 30 unit percobaan. Pada tahap percobaan ini dilakukan 2 seri periode pengamatan, yaitu 30 hari dan 60 hari. Sehingga jumlah seluruh unit percobaan sebanyak 30 x 2 = 60 unit percobaan.

Variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: 1) stabilitas agregat hari ke-30 dan ke-60, 2) nilai pH awal, hari ke-30, dan hari ke-60, 3) populasi BPA hari ke-30 dan ke-60, dan 4) SEM (*scanning electron microscope*) pada hari ke-60. Data hasil pengukuran stabilitas agregat dan populasi BPA diolah dengan analisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5% (Steel dan Torrie 1980).

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis beberapa sifat fisik dan pH tanah sebelum tanah diberikan perlakuan, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal penelitian

Table 1. Initial soil analysis result

Variabel	Hasil analisis	Kriteria
Tekstur		Pasir berlempung
· Pasir	81,8%	
· Liat	9,6%	
· Debu	8,6%	
Porositas	53,01%	Baik
Nilai pH	5,39	Masam

Tanah bertekstur pasir berlempung dengan persentase pasir sebanyak 81,8%. Tanah dengan tekstur tersebut akan lebih sulit untuk mengikat air serta bahan organik, sehingga akan cenderung lebih mudah kehilangan unsur – unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Meskipun tanah yang teksturnya didominasi oleh pasir akan memberikan kemudahan bagi pergerakan akar ke dalam tanah, namun tanah tidak akan optimum dalam menopang tanaman (Foth 1994 dalam Sinaga *et al.* 2014).

Faktor porositas tanah dikendalikan oleh tekstur tanah, struktur dan kandungan bahan organik. Porositas tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah 53,01% (Tabel 1), persentase tersebut termasuk ke dalam kelas baik, namun belum termasuk dalam kategori porous yaitu porositasnya antara 60 hingga 80% (Arsyad 2006). Sedangkan tanah yang baik untuk pergerakan air dan udara masuk dan keluar tanah secara leluasa yaitu pada tanah yang porous.

Reaksi tanah awal penelitian ini tergolong sangat sesuai untuk pertumbuhan tanaman karet yaitu masam dengan nilai pH 5,39. Djaenudin *et al.* (2011) menyatakan tanah yang derajat kemasamannya berada pada kisaran 5 hingga 6 merupakan derajat kemasaman yang paling cocok untuk tanaman karet.

Nilai pH

Nilai pH diukur pada hari ke-30 dan hari ke-60 masa inkubasi. Data hasil analisis nilai pH pada pengamatan 30 hari dan 60 hari setelah inkubasi disajikan pada Gambar 1.

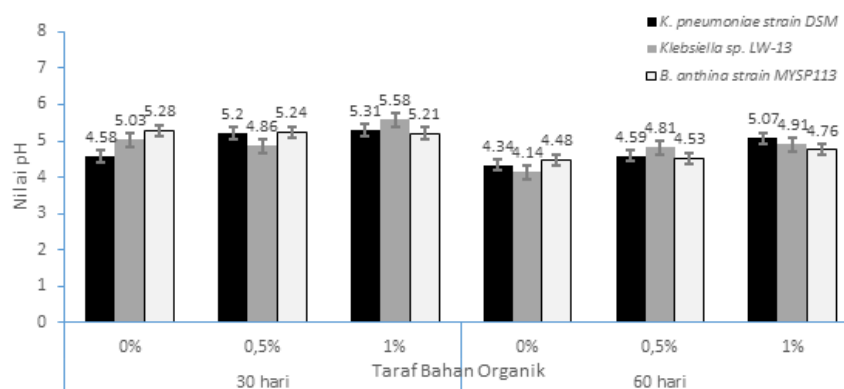
Kisaran nilai pH yang disajikan pada grafik tersebut (Gambar 1) cukup potensial bagi BPA untuk tumbuh dengan baik. Berdasarkan penelitian Harahap *et al.* (2018) yang menguji 10 isolat bakteri pemantap agregat,

semuanya dapat tumbuh dengan baik pada rentang nilai pH 4 sampai dengan 11. Namun, isolat bakteri *Klebsiella pneumoniae* DSM 30104, *Klebsiella* sp. LW-13 dan *Burkholderia anthina* MYSP113 mampu tumbuh lebih baik dari pada beberapa isolat lainnya pada pH 4 (10^6 CFU mL⁻¹).

Pada setiap taraf perlakuan dengan komposisi bahan organik yang sama namun isolat yang berbeda, menunjukkan nilai pH yang berbeda. Pada bahan organik 0%, nilai pH tertinggi terdapat pada isolat 3, baik pada pengamatan 30 hari, maupun 60 hari setelah aplikasi, yaitu berturut-turut 5,28 dan 4,48.

Pada tanah yang diaplikasikan dengan isolat 1 selalu menunjukkan nilai pH yang lebih tinggi dengan semakin tingginya taraf aplikasi bahan organik baik pada pengamatan 30 hari maupun 60 hari. Sedangkan pada tanah yang diaplikasikan dengan isolat 2 dan isolat 3 terjadi dinamika nilai pH. Dinamika nilai pH akibat aplikasi bahan organik dan isolat BPA diduga karena adanya proses mineralisasi bahan organik yang melepaskan kation – kation basa sehingga terjadi peningkatan pH (Gofar dan Marsi 2013). Selain itu, Yuliarti (2009) menyatakan proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (keasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH.

Gambar 1 menunjukkan keseluruhan perlakuan mengalami penurunan nilai pH dari periode pengamatan 30 hari ke periode pengamatan 60 hari. Penurunan pH tanah diduga karena produksi asam – asam organik yang dihasilkan oleh bahan organik dengan bertambahnya waktu (Rachman *et al.* 2008).



Gambar 1. Nilai pH tanah yang diaplikasikan berbagai jenis inokulan bakteri pemantap agregat dan taraf bahan organik pada pengamatan 30 dan 60 hari

Figure 1. Soil pH values as affected by various levels of organic matter and aggregate-stabilizing bacteria, 30 and 60 days after application

Populasi BPA

Populasi BPA setiap periode pengamatan yang telah ditransformasi log disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan analisis ragam, perlakuan berpengaruh nyata terhadap populasi BPA pada pengamatan 30 hari. Pada hasil Uji Jarak Berganda Duncan (Tabel 2) pada periode pengamatan 30 hari menunjukkan terdapat perbedaan nyata antara perlakuan tanpa aplikasi isolat dan bahan organik (I₀B₀) dengan perlakuan yang diaplikasikan dengan isolat BPA (I₁B₀, I₂B₀, I₃B₀). Hal tersebut menunjukkan bahwa BPA indigenus atau BPA asli yang berasal dari tanah itu sendiri jumlahnya cenderung sedikit.

Tabel 2. Populasi bakteri pemantap agregat pada beberapa dosis pemberian bahan organik (BO) pada pengamatan 30 dan 60 hari setelah aplikasi

Table 2. Population of Aggregate-stabilizing bacteria, with different levels of organic matter addition at 30 and 60 days after application

Kode Perlakuan	Perlakuan	Populasi BPA (log spk g ⁻¹)	
		30 hari	60 hari
I ₀ B ₀	Kontrol (tanpa isolat dan BO)	6,90 a	6,95 a
I ₁ B ₀	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 0% BO	7,74 bc	7,69 b
I ₁ B ₁	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 0,5% BO	7,56 b	7,74 b
I ₁ B ₂	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 1% BO	7,73 bc	7,57 ab
I ₂ B ₀	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 0% BO	7,61 b	7,42 ab
I ₂ B ₁	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 0,5% BO	8,25 d	7,83 b
I ₂ B ₂	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 1% BO	8,33 d	7,79 b
I ₃ B ₀	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 0% BO	8,13 cd	8,02 b
I ₃ B ₁	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 0,5% BO	8,40 d	7,66 b
I ₃ B ₂	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 1% BO	8,50 d	7,55 ab

Keterangan: angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut DMRT. BPA = Bakteri Pemantap Agregat. spk = satuan pembentuk koloni.

Pada pengamatan 60 hari berbeda dengan perlakuan lain kecuali dengan I₁B₂, I₂B₀, dan I₃B₂. Data populasi pada pengamatan 60 hari cenderung lebih seragam dibandingkan pada 30 hari, terbukti dengan analisis ragam yang menunjukkan perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap populasi BPA pada pengamatan 60 hari. Hal ini diduga karena adanya penurunan pH pada semua perlakuan (Gambar 1). Menurut Even *et al.* (2002), penurunan pH dapat mengubah keadaan fisiologis sel menyebabkan penghambatan aktivitas enzim sehingga laju sintesis biokimia menurun, pada kondisi ini laju pertumbuhan menurun.

Untuk pengamatan 30 hari setelah aplikasi, pada isolat 1 dan isolat 3, peningkatan dosis BO tidak diikuti peningkatan populasi BPA, sedangkan pada isolat 2, populasi BPA pada perlakuan yang diaplikasikan dengan

bahan organik 0,5% dan 1% berbeda nyata dengan yang tidak ditambahkan bahan organik. Hal tersebut disebabkan oleh BPA pada isolat 2 tingkat pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh sumber karbon yang tersedia. Tetapi pada 60 hari setelah aplikasi, populasi BPA setiap isolat berbeda tidak nyata dengan meningkatnya bahan organik. Populasi BPA pada isolat 3 yang diaplikasikan 0,5% dan 1% bahan organik nyata lebih tinggi dibandingkan populasi BPA isolat 1 pada pengamatan 30 hari. Namun pada pengamatan 60 hari, populasi BPA berbeda tidak nyata untuk setiap isolat.

Populasi BPA seri 1 dan seri 2 (Tabel 2) pada perlakuan dengan komposisi bahan organik sebanyak 1% (I₁B₂, I₂B₂, dan I₃B₂) menunjukkan populasi BPA lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dengan penambahan bahan organik sebanyak 0,5% dan perlakuan tanpa penambahan bahan organik. Hal tersebut disebabkan sumber makanan yang terdapat pada tanah tersebut. Fungsi biologis bahan organik adalah sebagai sumber energi dan makanan mikroba tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba yang sangat bermanfaat terbarukan (Gofar 2007).

Menurut Sastrawidana *et al.* (2009) ketersediaan makanan bagi mikrobia dekomposer yang kurang dapat memperlambat perbanyakan mikrobia. Sejalan dengan pernyataan tersebut, Sriharti dan Salim (2008) berpendapat bahwa mikroba dapat hidup dengan baik jika kelembaban terjaga, bahan organik yang banyak, dan mempunyai aerasi yang baik.

Kemantapan Agregat

Analisis kemantapan agregat pada penelitian ini dilaksanakan pada masa inkubasi hari ke-30 (seri 1) dan hari ke-60 (seri 2). Data indeks kemantapan agregat pada setiap taraf perlakuan disajikan pada Tabel 3 dan 4.

Pada seri 1 maupun seri 2 (Tabel 3 dan 4), perlakuan dengan penambahan bahan organik 1% (I₁B₂, I₂B₂, dan I₃B₂) menunjukkan indeks kemantapan agregat yang lebih baik dibanding dengan perlakuan dengan penambahan 0,5% bahan organik (I₁B₁, I₂B₁, dan I₃B₁). Sejalan dengan penelitian Harahap *et al.* (2018), penambahan bahan organik pada tanah berpasir asal Kalimantan Barat dengan komposisi 1% menghasilkan nilai indeks kemantapan agregat yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan 0,5% bahan organik.

Beberapa penelitian membuktikan bahwa bahan organik asal pupuk hijau atau tanaman mampu meningkatkan kemantapan agregat tanah (Refliaty dan Zurhalena 2011; Junedi dan Fathia 2015). Bahan organik selain dapat meningkatkan kesuburan tanah juga mempunyai peran penting dalam memperbaiki sifat fisik tanah. Pada tanah berpasir, bahan organik dapat meningkatkan agregasi tanah (Marchino *et al.* 2011).

Tabel 3. Kemantapan agregat tanah dengan menggunakan bakteri pemantap agregat dan beberapa dosis bahan organik (BO) pada pengamatan 30 hari setelah aplikasi

Table 3. Soil aggregate stability with different aggregate stabilizing bacteria at different levels of organic matter additions at 30 days after application

Kode Perlakuan	Perlakuan	Kemantapan agregat	
		Indeks	Keterangan
I ₀ B ₀	Kontrol (tanpa isolat dan BO)	56,26 a	agak mantap
I ₁ B ₀	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 0% BO	60,54 ab	agak mantap
I ₁ B ₁	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 0,5% BO	79,21 abc	mantap
I ₁ B ₂	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 1% BO	117,62 bc	sangat mantap
I ₂ B ₀	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 0% BO	62,59 abc	agak mantap
I ₂ B ₁	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 0,5% BO	106,05 abc	sangat mantap
I ₂ B ₂	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 1% BO	202,80 e	sangat mantap sekali
I ₃ B ₀	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 0% BO	133,23 cd	sangat mantap
I ₃ B ₁	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 0,5% BO	180,32 de	sangat mantap
I ₃ B ₂	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 1% BO	228,03 e	sangat mantap sekali

Keterangan: angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut DMRT

Tabel 4. Kemantapan agregat tanah dengan menggunakan bakteri pemantap agregat dan beberapa dosis bahan organik (BO) pada pengamatan 60 hari setelah aplikasi

Table 4. Soil aggregate stability with different aggregate stabilizing bacteria at different levels of organic matter additions at 60 days after application

Kode Perlakuan	Perlakuan	Kemantapan agregat	
		Indeks	Keterangan
I ₀ B ₀	Kontrol (tanpa isolat dan BO)	69,42 a	mantap
I ₁ B ₀	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 0% BO	76,31 ab	sangat mantap
I ₁ B ₁	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 0,5% BO	90,20 ab	sangat mantap
I ₁ B ₂	<i>K. pneumoniae</i> DSM 30104 + 1% BO	126,68 bc	sangat mantap
I ₂ B ₀	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 0% BO	103,22 abc	sangat mantap
I ₂ B ₁	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 0,5% BO	157,75 cd	sangat mantap
I ₂ B ₂	<i>Klebsiella</i> sp. LW-13 + 1% BO	239,45 e	sangat mantap sekali
I ₃ B ₀	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 0% BO	217,03 e	sangat mantap sekali
I ₃ B ₁	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 0,5% BO	208,57 de	sangat mantap sekali
I ₃ B ₂	<i>B. anthina</i> MYSP113 + 1% BO	221,44 e	sangat mantap sekali

Keterangan: angka dalam kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata menurut DMRT

Kemantapan agregat cenderung mengalami peningkatan dari seri 1 ke seri 2 diduga dikarenakan eksopolisakarida yang dihasilkan BPA telah mampu mengikat partikel-partikel tanah yang didominasi oleh pasir. Dengan bertambahnya waktu (dari 30 hari menjadi 60 hari), kemampuan eksopolisakarida BPA dalam mengagregasi partikel tanah makin meningkat. Sejalan dengan penelitian Santi *et al.* (2008) yang menunjukkan peningkatan indeks kemantapan agregat dari hari ke-30 ke hari ke-60 dan cenderung menurun pada hari ke-90 pada tanah bertekstur liat.

Pada perlakuan kontrol (I₀B₀) juga mengalami sedikit peningkatan kemantapan agregat dari agak mantap menjadi mantap, diduga dikarenakan terdapat bakteri *indigenous* yang merombak bahan organik menjadi senyawa organik sederhana yang mampu mengikat partikel tanah membentuk agregat. Menurut Surya *et al.* (2017) senyawa organik seperti polisakarida mampu meningkatkan granulasi partikel tanah. Nurhayati dan Salim (2012) menyatakan bahan organik tanah berfungsi sebagai pengikat butiran primer tanah menjadi butiran sekunder dalam pembentukan agregat yang mantap.

Mengacu pada nilai indeks kemantapan agregat masing – masing perlakuan pada hari ke-60, maka *scanning electron microscope* (SEM) dilakukan pada perlakuan dengan nilai indeks kemantapan agregat terendah yaitu I_0B_0 dan perlakuan dengan nilai indeks kemantapan agregat tertinggi yaitu I_2B_2 (Tabel 4). Hasil analisis SEM disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

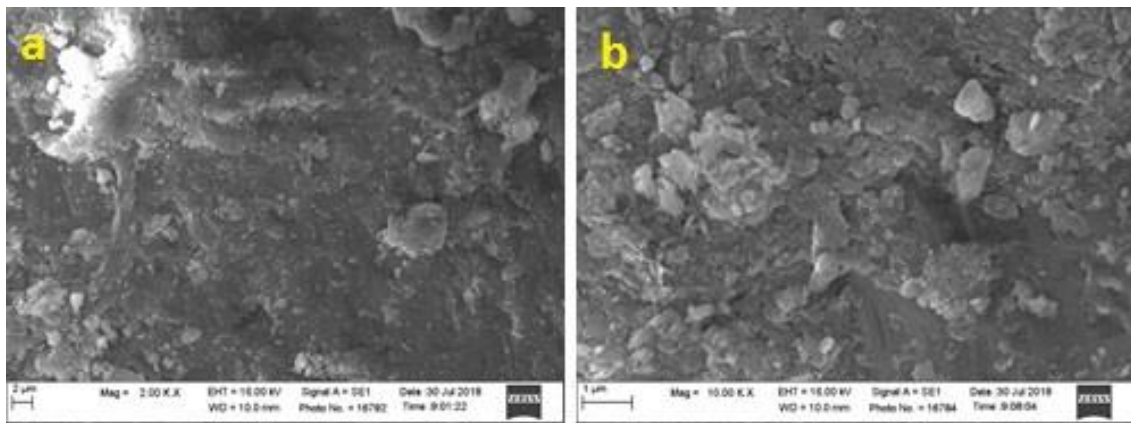
Hasil yang didapatkan dari analisis SEM pada perlakuan I_2B_2 dengan perbesaran 10.000 kali (Gambar 3) menunjukkan adanya aktivitas BPA dalam merekatkan partikel pasir pada tubuhnya dan terlihat berbeda pada perlakuan I_0B_0 dengan perbesaran yang sama (Gambar 2).

Bakteri yang digunakan dalam memantapkan agregat pada penelitian ini merupakan bakteri penghasil eksopolisakarida. Eksopolisakarida (EPS) berasosiasi dengan permukaan sel sebagai sebuah kapsul. Menurut UWA (2004) partikel tanah akan diikat oleh

eksopolisakarida yang berasal dari bakteri dan membentuk agregasi. Sembiring *et al.* (2013) menyatakan agregasi partikel – partikel penyusun tanah semakin mantap seiring dengan meningkatnya aktivitas mikroorganisme. Terlihat pada Gambar 3, a dan b, bakteri hidup berkoloni membuktikan kemampuan bakteri untuk hidup dan berkembang pada tanah pasir berlempung. Bakteri mampu mengeluarkan suatu polisakarida berupa lendir yang berfungsi sebagai gum (perekat) dan metabolit lain untuk membentuk agregat tanah (Kusuma *et al.* 2016).

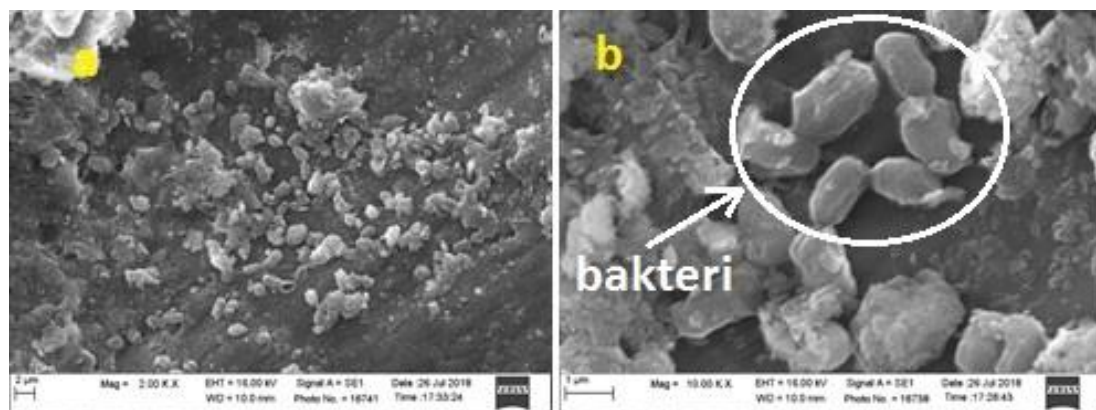
Kesimpulan

Aplikasi isolat bakteri pemantap agregat pada tanah pasir berlempung disertai pemberian bahan organik, berupa kompos yang terbuat dari campuran 90% rumput *Cyperus pilosus* Vahl dan 10% kotoran sapi, menyebabkan populasi yang lebih tinggi dibandingkan tanpa aplikasi



Gambar 2. Hasil uji *Scanning Electron Microscope* sampel tanah I_0B_0 (tanpa penambahan BPA dan BO), a) perbesaran 2,00 K, b) Perbesaran 10,00 K

Figure 2. *Scanning Electron Microscope* analysis of soil with I_0B_0 treatment (without Aggregate stabilizing bacteria and without organic matter), a) magnification of 2.00 K, b) magnification of 10.00 K



Gambar 3. Hasil uji *Scanning Electron Microscope* sampel tanah I_2B_2 , a) dengan Perbesaran 2,00 K, b) Perbesaran 10,00 K

Figure 3. *SEM* analysis of soil with I_2B_2 treatment with a) 2,00 K magnification, and b) 10.00 K magnification

keduanya. *Klebsiella* sp. LW-13 yang dikombinasi dengan 1% kompos tersebut dan *B. anthina* MYSP113, baik yang dikombinasikan dengan kompos, maupun tidak menyebabkan agregat tanah menjadi sangat mantap sekali pada pengamatan 60 hari setelah aplikasi..

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arsyad S. 2006. Konservasi Tanah dan Air. Cetakan kedua. Institut Pertanian Bogor Press, Darmaga, Bogor.
- De Leenher L, De Boodt MF. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. In: Proc. Internat. Symposium on Soil Structure, Ghent. Belgium.
- Djaenudin D, Marwan H, Subagio H, Hidayat A. 2011. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Bogor. 36p.
- Duta FP, Da Costa ACA, Lopes LMDA, Barros A, Servulo EFC, De Franca FP. 2004. Effect of process parameters on production of a biopolymer by *Rhizobium* sp. *Appl Biochem Biotechnol*. 114 (1): 639-652.
- Enriquez GL, Saniel LS, Matias RR, Garibay G. 1995. General Microbiology Laboratory Manual. Diliman: University of the Philippines Press.
- Gofar N. 2007. Keragaman beberapa sifat kimia dan biologi tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan rawa lebak. *Jurnal Agritrop* 26 (2) : 1-7
- Gofar N, Marsi. 2013. Pertumbuhan dan hasil padi gogo pada ultisol yang dipupuk dengan kompos diperkaya pupuk hayati. Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan Bidang Ilmu-ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat Tahun 2013. Pontianak, 19-20 Maret 2013.
- Harahap N, Santosa DA, dan Gofar N. 2018. The potential of exopolysaccharide-producing bacteria from rhizosphere of rubber plants for improving soil aggregate. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 5 (3): 1275 - 1281
- Junedhi H, Fathia NME. 2015. Peningkatan Kemantapan Agregat Tanah pada Ultisol melalui Aplikasi Ara Sungsang (*Asystasia gangetica* (L.) T. Anders.). Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2015, Palembang 8-9 Oktober 2015.
- Kusuma CA, Wicaksono KS, Prasetya B. 2016. Perbaikan sifat fisik dan kimia tanah lempung berpasir melalui aplikasi bakteri *Lactobacillus fermentum*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 3(2): 401-410.
- Marchino F, Zen YM, Suliansyah I. 2011. Pertumbuhan stum mata tidur beberapa klon entres tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell.) pada batang bawah PB 260 di lapangan. *Jurnal Jerami* 3 (3): 167 – 181.
- Nurhayati, Salim. 2012. Pemanfaatan produk samping pertanian sebagai pupuk organik berbahan lokal di Kota Dumai Provinsi Riau. Prosiding seminar nasional teknologi pemupukan dan pemulihan lahan terdegradasi. Bogor, 29-30 Juni 2012. Hlm 551-560
- Rachman, IA, Djuniwati S, Komarudin I, 2008. Pengaruh Bahan Organik dan Pupuk NPK terhadap Serapan Hara dan Produksi Jagung di Inceptisol Ternate. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 10(1): 7-13
- Refliaty, Zurhalena. 2011. Pengaruh pemberian pupuk hijau (*Mucuna* sp dan *Laucaena glauca*) terhadap sifat fisik Ultisol dan hasil jagung. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dosen Pertanian. Jambi, 19 Februari 2011, 183 – 192.
- Remel. 2005. Microbiology products: instructions for use of MacKonkey Agar. <http://www.remelinc.com>. diakses pada 20 Januari 2018.
- Saito M, Marumoto T. 2002. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: The status quo in Japan and the future prospects. *Plant and Soil*. 244: 273 - 279
- Santi LP, Dariah A, Goenadi, DH. 2008. Peningkatan kemantapan agregat tanah mineral oleh bakteri penghasil eksopolisakarida. *Jurnal Menara Perkebunan*. 76 (2): 92 - 102
- Santi LP, Goenadi DH. 2012. Pemanfaatan biochar asal cangkang kelapa sawit sebagai bahan pembawa mikroba pemanap agregat. *Jurnal Buana Sains*. 12 (1): 7-14.
- Sastrawidana IDK. 2009. Isolasi bakteri dari lumpur limbah tekstil dan aplikasinya untuk pengolahan limbah tekstil menggunakan sistem kombinasi anaerob-aerob. Disertasi Doktor Ilmu Lingkungan. Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Sembiring YRV, Nugroho PA, Istianto. 2013. Kajian penggunaan mikroorganisme tanah untuk meningkatkan efisiensi pemupukan pada tanaman karet. *J. Warta Perkaratan* 32 (1): 7 - 15
- Sinaga JHKAJ, Supriadi, Lubis A. 2014. Analisis pengaruh tekstur dan C-organik tanah terhadap produksi tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) di Kecamatan Pengajahan Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(4): 1439-1450
- Sriharti, Salim T. 2008. Pemanfaatan limbah pisang untuk pembuatan kompos menggunakan komposer rotary drum. *LIPI*. p. 68.
- Steel RGD, Torrie JH. 1980. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. 2nd ed. McGraw-Hill. New York.
- Steiner C. 2007. Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish carbon sink-research and prospects. *Soil Ecology Research Developments*. 1-6.
- Surya JA, Nuraini Y, Widiyanto. 2017. Kajian porositas tanah pada pemberian beberapa jenis bahan organik di perkebunan kopi robusta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 4 (1): 463 – 471.
- UWA (University of Western Australia). 2004. Soil Aggregation. <http://www.soilhealth.segs.uwa.edu.au>. diakses pada 21 Februari 2018.
- Yuliarti N. 2009. 1001 Cara Menghasilkan Pupuk Organik. Yogyakarta: Lily Publisher