PERBAIKAN SIFAT FISIK DAN KIMIA TANAH LEMPUNG BERPASIR MELALUI APLIKASI BAKTERI *Lactobacillus fermentum*

SKRIPSI

Oleh:

CAHYA ALAM KUSUMA
0910480030

MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
JURUSAN ILMU TANAH
MALANG
2014

PERBAIKAN SIFAT FISIK DAN KIMIA TANAH LEMPUNG BERPASIR MELALUI APLIKASI BAKTERI *Lactobacillus fermentum*

Oleh

Cahya Alam Kusuma
0910480021

MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

JURUSAN ILMU TANAH

MALANG

2014

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi	:	**Perbaikian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Lempung Berpasir Melalui Aplikasi Bakteri *Lactobacillus fermentum***
Nama Mahasiswa	:	Cahya Alam Kusuma
NIM	:	0910490030
Jurusan	:	Tanah
Fakultas	:	Pertanian
Menyetujui	:	Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Dr.Ir. Budi Prasetya, MP	Kurniawan Sigit Wicaksono, SP.MSc
NIP. 19610701 198703 1 002	NIP. 19781021 200502 1 010

Mengetahui

Ketua Jurusan Tanah

Prof.Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU

NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I	Penguji II
Dr.Ir. Sugeng Prijono. SU	Dr.Ir. Retno Suntari. MS
NIP. 19580214 198503 1 003	NIP. 19580503 198303 2 002
Penguji III	**Penguji IV**
Dr.Ir. Budi Prasetya, MP	Kurniawan Sigit Wicaksono, SP.MSc
NIP. 19610701 198703 1 002	NIP. 19781021 200502 1 010

Tanggal lulus :

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, September 2014

Cahya Alam Kusuma
NIM. 0910480021

repository.ub.ac
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tulisan ini saya persembahkan untuk Kedua Orang tua tercinta Alm Bapak Soewarno yang selama hidupnya banyak membimbing saya, Ibu Indah siningati, kakak ivan, kakak yoga, indice serta semua keluarga yang ku sayang. Dan tidak lupa juga sahabat-sahabatku soil 09.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Penulis panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia–Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang berjudul "**Perbaikan Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Lempung Berpasir Melalui Aplikasi Bakteri *Lactobacillus fermentum***". Skripsi ini merupakan salah satu tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Keberhasilan penyelesaian laporan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Budi Prasetya, MP selaku dosen pembimbing yang selalu meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun tulisan ini.
2. Bapak Kurniawan Sigit Wicaksono SP. MSc. Selaku dosen pembimbing kedua atas bimbingannya dapat menyempurnakan proposal ini.
3. Ayah dan ibu serta saudara-saudara yang selalu memberikan do'a restu, dorongan dan semangat.
4. Teman-teman mahasiswa ilmu tanah dan semua yang tak lupa selalu memberikan semangat.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam penyelesaian laporan skripsi ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Harapan penuis semoga laporan skripsi ini memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dari pembaca.

Malang,

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis merupakan anak kelima dari lima bersaudara, dilahirkan di Pasuruan pada tanggal 17 April 1991 dari ayah yang bernama Soewarno dan ibu Indah Siningati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Baledono-Pasuruan 1 pada tahun 1997 sampai tahun 2001, kemudian pada tahun 2002 pindah sekolah di SD Karangsentul II-Pasuruan sampai tahun 2003. Selanjutnya penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Gondangwetan-Pasuruan pada tahun 2003 sampai tahun 2006, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Gondangwetan-Pasuruan pada tahun 2006 sampai tahun 2009.

Pada tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi dan terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 Program Studi Agroekoteknologi minat Manajemen Sumber Daya Lahan di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur melalui jalur PSB (Penjaringan Siswa Berprestasi). Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan KALDERA HMIT pada tahun 2012 dan GATRAKSI (Galang Mitra dan Kenal Profesi) pada tahun 2013. Penulis juga pernah aktif sebagai anggota UKM Bengkel Seni FP UB (2011)

Penulis pernah melaksanakan kegiatan magang kerja di PT. Perkebunan Nusantara XII Kebun Bangelan Wonosari Malang.

RINGKASAN

Cahya Alam Kusuma (0910480030). Perbaikian Sifat Fisik dan Kimia Tanah Lempung Berpasir Melalui Aplikasi Bakteri *Lactobacillus fermentum*. Dibimbing oleh Budi Prasetya dan Kurniawan Sigit Wicaksono.

Tanah lempung berpasir kemampuan menahan air, unsur hara dan memegang akar tanaman sangat rendah. Hal ini karena tanah lempung berpasir memiliki kemantapan agregat tanah yang kurang mantap. Perlu ada perbaikan untuk mendukung fungsi tanah pertanian. Salah satu pembenah tanah yang dapat meningkatkan agregat tanah adalah bakteri penghasil eksopolisakarida. *Lactobacillus fermentum* salah satu bakteri penghasil eksopolisakarida.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bakteriologi, Biologi Tanah, Fisika Tanah, Kimia Tanah dan Mikrobiologi Universitas Brawijaya Malang, berlangsung pada bulan November 2013 sampai Januari 2014. Sampel tanah diambil di Desa Baledono Kecamatan Tosari Kabupaten Pasuruan. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan empat perlakuan (P0= 450 ml aquadest, P1=100ml media perbanyaka hasil seleksi+350ml aquadest, P2=200ml media hasil seleksi+250ml aquadest dan P3=400ml media hasil seleksi+50ml aquadest) dan empat ulangan. Parameter yang diamati antara lain pengaruh media perbanyakan, kemantapan agregat, N, P, K, pH dan bahan organik tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa molase memberikan pengaruh yang paling baik untuk perkembangan bakteri dibandingkan dengan media yang lain (air kelapa, legen dan larutan gula). Sampai pada hari ke 7 jumlah bakteri terbanyak terdapat pada molase. Molase ($298x10^8$), NB ($214x10^8$), larutan gula ($204x10^8$), air kelapa ($189x10^8$) dan legen ($105x10^8$). Pemberian *Lactobacillus fermentum* berpengaruh nyata terhadap peningkatan agregat tanah lempung berpasir. Pada analisis awal tanah memiliki nilai DMR 0,48 mm (kurang mantap) sejalan lamanya masa inkubasi sampai 30 hari P1, P2 dan P3 masing-masing mengalami peningkatan menjadi 1,27 mm (sangat stabil); 1,43 mm (sangat stabil) dan 2,05 mm (sangat stabil sekali). *Lactobacillus fermentum* juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan bahan organik, P tersedia dan K tersedia. Akan tetapi bakteri ini tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan N tersedia dan pH tanah.

SUMMARY

Cahya Alam Kusuma (0910480030). Repair Physical and Chemical Properties Sandy Clay Soil Bacteria Lactobacillus fermentum Through Applications. Super vised by Budi Prasetya and Kurniawan Sigit Wicaksono.

Sandy loam soils ability to hold water, nutrients and plant roots hold very low. This is because the soil has a sandy loam soil aggregate stability is less strong. There needs to be improved to support the function of agricultural land. One of the soil organisms that can improve soil aggregates are bacteria producing exopolysaccharide. *Lactobacillus fermentum* exopolysaccharide-producing bacteria.

The experiment was conducted at the Laboratory of Bacteriology, Soil Biology, Soil Physics, Soil Chemistry and Microbiology Brawijaya University, took place in November 2013 to January 2014. Soil samples taken in the village of Pasuruan District Tosari Baledono. Experiments using a completely randomized design with four treatments (P0 = 450 ml of distilled water, P1 = 100ml +350 ml distilled water media, P2 = 200ml +250 ml distilled water media and media P3 = 400ml +50 ml distilled water) and four replications. Parameters observed among other propagation media influence, steadiness aggregate, N, P, K, pH and soil organic matter.

The results showed that molasses gives the best effect for bacterial growth compared with other media (coconut water, legen and sugar solution). Until the seventh day the highest number of bacteria present in molasses. Molasses (298x108), NB (214x108), a solution of sugar (204x108), coconut water (189x108) and legen (105x108). Giving Lactobacillus fermen tum significantly affect the aggregate increase in sandy loam soil. In the initial analysis of soil aggregate stability has a 0.48 mm (less stable) along the length of the incubation period up to 30 days P1, P2 and P3 respectively increased to 1.27 mm (very stable); 1.43 mm (very stable) and 2.05 mm (very stable once). Lactobacillus fermentum also give effect to the increase in organic matter, available P and K available. However, this bacterium does not give effect to an increase in available N and soil pH.

DAFTAR ISI

RINGKASAN ..... **Error! Bookmark not defined.**

SUMMARY ..... **Error! Bookmark not defined.**

KATA PENGANTAR ..... **Error! Bookmark not defined.**

RIWAYAT HIDUP ..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR ISI 1

DAFTAR TABEL ..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR ..... **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **Error! Bookmark not defined.**

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.2 Tujuan ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.3 Manfaat ..... **Error! Bookmark not defined.**

1.4 Hipotesis 3

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Lactobacillu*s sp 4

2.2 Potensi Produksi Eksopolisakarida Pada *Lactobacillus fermentum* 6

2.3 Struktur dan Agregat Tanah 7

2.4 Perbaikan agregat tanah dengan peran mikroba ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.5 Asam organik tanah ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.6 Bahan organik ..... **Error! Bookmark not defined.**

III. METODE PENELITIAN

3.1 Pelaksanaan penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Alat dan Bahan ..... **Error! Bookmark not defined.**

3.3 Metode.....**Error! Bookmark not defined.**

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kemurnnian Bakteri *Lactobacillus fermentum*.....**Error! Bookmark not defined.**

4.2 Pengaruh Media Pembawa Terhadap Perkembangan Bakteri**Error! Bookmark not defined.**

4.3 Uji kemantapan agregat tanah lempung berpasir dengan penambahan bakteri *Lactobacillus fermentum.* 31

4.4 Optimalisasi Peningkatan Kadar Bahan Organik, N, P, K dan pH Tanah Dengan Bakteri *Lactobacullus fermentum* .....**Error! Bookmark not defined.**

4.5 Hubungan jumlah bakteri dengan sifat fisika dan kimia tanah**Error! Bookmark not defined.**

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan .....**Error! Bookmark not defined.**

5.2 Saran.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel Teks Halaman

1. Karakteristik *Lactobacillus fermentum* (Arief *et al.*, 2006)…….....6
2. Produksi eksopolisakarida yang dihasilkan *Lactobacillus fermentum* pada lima jenis sumber karbon (Laksmita, 2010)……..... 7
3. Kelas struktur tanah ……..…….. 8
4. Kriteria tingkat kemantapan agregat (Arsyad, 2006)…….....10
5. Indeks stabilitas agregat bahan tanah mineral yang diinokulasi bakteri penghasil eksopolisakarida dengan masa inkubasi 30, 60, dan 90 hari (Caesar-TonThat & Cochran, 2001)……..... .**Error! Bookmark not defined.**
6. Kriteria kadar bahan organik tanah (Suci, 2008)…….....**Error! Bookmark not defined.**
7. Kegunaan alat-alat yang digunakan pada penelitian…….....**Error! Bookmark not defined.**
8. Kegunaan bahan yang digunaka……..……**Error! Bookmark not defined.**
9. Perlakuan penelitian…….…...**Error! Bookmark not defined.**
10. Perkembangan bakteri pada masing-masing media pembawa pada masa inkubasi 0-7 hari…….**Error! Bookmark not defined.**
11. Peningkatan kemantapan agregat tanah pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari…….....…...28
12. Peningkatan kadar bahan organik tanah oleh bakteri *Lactobacillus fermentum* pada pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari…… .... **Error! Bookmark not defined.**
13. Kadar P (Bray II) setelah tanah diinokulasi dengan bakteri *Lactobacillus fermentum* pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari..... .**Error! Bookmark not defined.**

14. Kadar K setelah diinokulasikan bakteri *Lactobacillus fermentum* pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari ..... .**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Teks Halaman

1. Jadwal penelitian……..……...57
2. Denah peletakan polybag……..……..57
3. Perkembangan agregat tanah……...**Error! Bookmark not defined.**
4. Perkembangan bakteri pada media pembawa molase, air kelapa, larutan gula dan legen……..60
5. Analisis Tekstur Sampel Tanah……...62
6. Kelas tekstur…….…....62
7. Analisis Dasar Sempel Tanah……..62
8. Hasil Sidik Ragam……...63
9. Korelasi jumlah bakteri dengan bahan organik, N tersedia, P tersedia, K tersedia, pH tanah dan kemantapan agregat……...65
11. Kriteria nilai sifat fisik tanah……...66

repository.ub.ac

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR GAMBAR

Gambar Teks Halaman

1. Tipe struktur tanah (Manzari, 2002)…… 9
2. Isolat bakteri *Lactobacillus fermentum*…….....**Error! Bookmark not defined.**
3. Literatur bentuk mikroskopis *Lactobacillus fermentum* (Anwar, 2000)…...**Error! Bookmark not defined.**
4. Bentuk mikroskopis *Lactobacillus fermentum* pada penlitian……..**Error! Bookmark not defined.**
5. Bentuk mikroskopis bakteri: a Perlakuan 1 (100 ml media + 350 ml aquadest), b. Perlakuan 2 (200 ml media + 250 ml aquadest), c. Perlakuan 3 (400 ml media + 50 ml aquadest)…… ..... **Error! Bookmark not defined.**
6. Bentuk mikroskopis bakteri yang terkontaminasi patogen (Purwandhani, 1998)…….....**Error! Bookmark not defined.**
7. Perkembangan bakteri pada masing-masing media pembawa……..…..30
8. Peningkatan kemantapan agregat……..... ..32
9. Perkembangan bakteri selama berada didalam tanah sampai inkubasi 30 hari…… ……....**Error! Bookmark not defined.**
10. Peningkatan kadar bahan organik tanah……..…**Error! Bookmark not defined.**
11. Perubahan kadar N setelah pemberian bakteri *Lactobacillus fermentum*…..**Error! Bookmark not defined.**
12. Peningkatan kadar P tersedia dalam tanah pada perlakuan pemberian bakteri *Lactobacllus fermentum* selama 10, 20 dan 30 hari inkubasi.....……40
13. Peningkatan kadar K tersedia dalam tanah pada perlakuan pemberian bakteri *Lactobacllus fermentum* selama 10, 20 dan 30 hari inkubasi .....……..42
14. Penurunan pH tanah setelah diinokulasikan bakteri…….....43
15. Pengaruh jumlah bakteri dengan kemantapan agregat……..…..44

16. Pengaruh jumlah bakteri dengan kadar bahan organik tanah……..…..45
17. Pengaruh jumlah bakteri dengan P 46
18. Pengaruh jumlah bakteri dengan K …….. ...46
19. Pengaruh jumlah bakteri dengan pH tanah…….....47

repository.ub.ac
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Agregasi tanah merupakan faktor penting untuk pengembangan fungsi tanah pertanian. Ketidakstabilan agregat tanah pada tanah tekstur berpasir merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan tanaman. Agregat yang stabil akan menghasilkan kondisi yang baik bagi pertumbuhan tanaman. Agregat juga dapat menciptakan lingkungan fisik yang baik dalam tanah yaitu untuk perkembangan akar tanaman melalui pengaruhnya terhadap porositas, aerasi dan daya menahan air. Tanah yang memiliki agregasi yang kurang stabil maka tanah tersebut akan mudah terdispersi. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemantapan agregat antara lain pengolahan tanah, aktivitas mikroorganisme tanah, dan penutupan tajuk tanaman pada permukaan tanah yang dapat menghindari *splash erotion* akibat curah hujan tinggi. Ketidakstabilan agregat pada jenis tanah tekstur lempung berpasir merupakan faktor pembatas untuk pertumbuhan tanaman yang dicirikan dengan tidak adanya agregasi yang baik dari butir-butir tanah yang kasar. Butir–butir tanah lepas satu sama lain sehingga jumlah pori drainasenya tergolong tinggi dan kemampuan menahan air, nutrisi, dan memegang akar tanaman sangat rendah. Menurut Bhardwaj *et al*. (2007) karakteristik tanah tekstur berpasir adalah kemampuan memegang air yang rendah dan drainase berlebihan sehingga ketersediaan air dan pupuk yang dapat digunakan oleh tanaman sangat rendah.

Adapun agensia organik yang dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah ialah produk dekomposisi biomas, eksopolisakarida (EPS) asal bakteri, miselium fungi, dan produk hasil sintesis tanaman (Kim *et al*., 1996; Sutherland, 1997). Eksopolisakarida merupakan fraksi kecil dari total jumlah bahan organik di dalam tanah yaitu hanya sekitar 0.5%, karena memiliki kemampuan dalam menahan air dan memiliki sifat sebagai agen perekat maka eksopolisakarida memegang peranan penting dalam agregasi tanah serta mengatur aliran nutrisi dan air ke dalam akar tanaman. Eksopolisakarida asal bakteri gram negatif akan mengikat partikel

tanah dan membentuk agregasi. Bakteri yang termasuk dalam eksopolisakarida antara lain *Azotobacter vinelandii, P. aeruginosa, P. fluorescens,* serta *P.Putida, Pseudomonas sp, Azospirillum brasilense* yang menghasilkan beberapa jenis polisakarida penting. *Azospirillum brasilense* menghasikan eksopolisakarida dalam bentuk arabinosa yang berkorelasi dengan tingkat kemampuannya membentuk agregat. Informasi mengenai potensi eksopolisakarida yang dihasilkan oleh bakteri dalam pembentukan agregat pada bahan tanah berpasir masih sangat terbatas.

Bakteri *Lactobacillus fermentum* merupakan bakteri asam laktat yang menghasilkan eksopolisakarida dan tergolong gram positf. Seperti diketahui bahwa bakteri gram positif akan mengikat partikel tanah membentuk agregat. Akan tetapi peran dari *Lactobacillus fermentum* dalam meningkatkan kemantapan tanah masih belum banyak diketahui. Dengan demikian pentingnya penelitian ini ialah untuk mengetahui peranan bakteri tersebut dalam meningkatkan kemantapan agregat tanah pada tanah bertekstur lempung berpasir yang memiliki kemantapan agregat yang tidak stabil.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari dan mendapatkan media perbanyakan yang paling baik untuk pertumbuhan dan perkembangan *Lactobacillus fermentum*.
2. Meningkatkan kemantapan agregat, bahan organik tanah, N, P, K dan pH pada tanah lempung berpasir dengan pemanfaatan *Lactobacillus fermentum.*

1.3. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :.

1. Mendapatkan media perbanyakan *Lactobacillus fermentum* yang lebih murah dan mudah didapat.
2. Mengetahui potensi *Lactobacillus fermentum* dalam meningkatkan kemantapan agregat, bahan organik tanah, N, P, K dan pH pada tanah lempung berpasir.

1.4. Hipotesis

3. Molase merupakan media perbanyakan yang paling baik untuk pertumbuhan bakteri
4. *Lactobacillus fermentum* mampu meningkatkan kemantapan agregat, bahan organik tanah, N, P, K dan pH pada tanah lempung berpasir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Lactobacillus sp*

Lactobacillus sp merupakan suatu mikroorganisme yang berfungsi dalam pembentukan asam laktat dari laktosa. Semet *et al.* (2004) menyatakan bahwa bakteri asam laktat (BAL) mempunyai 4 genus yaitu *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostococcus*, dan *Pediococcus*. *Lactobacillus* sp. merupakan genus terbesar dari kelompok BAL. Genus *Lactobacillus* bersifat gram positif dan tidak membentuk spora, bersifat anaerob fakultatif, tumbuh optimum pada kisaran suhu 30-40 °C tapi dapat tumbuh pada kisaran 5-35 °C. *Lactobacillus* sp tumbuh optimum pada pH 5.5-5.8, namun secara umum dapat tumbuh pada pH kurang dari 5. *Lactobacillus* spp. Menurut Surono (2004) secara fisiologis dan berdasarkan metabolismenya, bakteri asam laktat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu homofermentatif dan heterofermentatif.

Bakteri asam laktat adalah bakteri yang memproduksi asam laktat, termasuk golongan bakteri gram positif, tidak membentuk spora, sel berbentuk batang atau bulat, baik tunggal, berpasangan atau berantai, kadang-kadang berbentuk tetrad. Menurut pernyataan Stamer (1980) bakteri asam laktat tidak motil (dapat bergerak aktif) atau sedikit motil, bersifat mikroaerofilik sampai anaerob, bersifat kemoorganotropik dan komplek, serta bersifat mesofilik atau menyukai suhu 10-40 °C. Bakteri asam laktat merupakan sebutan umum untuk bakteri yang memfermentasi gula seperti laktosa atau glukosa untuk menghasilkan sejumlah besar asam laktat. Menurut Surono (2004) bakteri asam laktat mempunyai enzim-enzim ß-galaktosidase dan laktat dehidrogenase. Marshall dan Tamime (1997)m enyatakan laktosa akan masuk ke dalam sel bakteri asam laktat melalui permease, kemudian ß-galaktosidase akan memutus ikatan glikosida pada laktosa sehingga akan menghasilkan glukosa dan galaktosa.

Bakteri asam laktat homofermentatif melibatkan jalur Embden Meyerhof, yaitu glikolisis, menghasilkan asam laktat, 2 mol ATP dari 1 molekul glukosa atau

heksosa dalam kondisi normal, tidak menghasilkan CO_2 dan menghasilkan biomassa sel dua kali lebih banyak daripada bakteri asam laktat heterofermentatif. Menurut Jay (2000) bakteri asam laktat heterofermentatif melalui jalur 6-fosfoglukonat atau fosfoketolase selain menghasilkan asam laktat juga menghasilkan etanol, CO_2, asam asetat, senyawa citarasa, dan manitol serta 1 mol ATP dari heksosa dan tidak mempunyai enzim aldolase.

2.1.1. Lactobacillus fermentum

Lactobacillus fermentum adalah spesies bakteri gram positif dalam genus *Lactobacillus* yang umumnya ditemukan pada bahan tumbuhan dan hewan fermentasi. Spesies dalam genus ini digunakan untuk berbagai macam aplikasi. Aplikasi ini termasuk makanan fermentasi dan pakan. Telah ditemukan bahwa beberapa strain pada *Lactobacillus fermentum* memiliki daya tahan alami terhadap antibiotik dan kemoterapi tertentu. *L. fermentum* merupakan bakteri yang tidak membentuk spora dan bersifat heterofermentatif (Savadogo *et al*., 2004). Kullisaar *et al*. (2003) melaporkan bahwa konsumsi susu fermentasi yang mengandung *L. fermentum* menunjukkan efek antioksidan dan antiaterogen. Sementara itu, menurut Reis *et al*. (2001), strain *L. fermentum* dapat memproduksi hidrogen peroksida yang berperan sebagai senyawa antimikroba. Menurut Zoumpopoulou *et al*. (2008), *L. fermentum* menunjukkan potensi sebagai probiotik karena memiliki aktivitas mikrobial dan immunomodulator yang diuji secara *in vitro* maupun *in vivo* menggunakan tikus percobaan. Menurut Songisepp *et al* (2004) *L. fermentum* memiliki efek antimikroba yang tinggi terhadap patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, dan *Shigella sonnei*. Bao *et al*. (2010) menyatakan bahwa *L. fermentum* memiliki karakteristik probiotik yang potensial karena memiliki ketahanan terhadap pH rendah serta mampu menstimulasi enzim pada saluran pencernaan dan menstimulasi pengeluaran garam empedu.

Pengujian *Lactobacillus fermentum* terhadap solusi konsentrasi pH yang berbeda mengungkapkan bahwa ia memiliki toleransi pH yang kuat dengan kemampuannya untuk tumbuh dan bertahan beberapa jam setelah diinkubasi dalam

larutan dengan tingkat pH 3. Karakteristik *Lactobacillus fermentum* dapat diuji dari morfologinya (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik *Lactobacillus fermentum* (Arief *et al*, 2006)

Morfologi	Karakteristik
Bentuk	Batang
Warna koloni	Putih kekuningan
Gram	Positif (+)
Uji biokimiawi	
Arabinosa	+
Galaktosa	+
Glukosa	+
Laktosa	+
Maltosa	+
Manitol	-
Raffinosa	+
Rhamnosa	-
Salisin	-
Sorbitol	-
Sukrosa	+
Xilosa	-

+ : Kemampuan memfermentasi 99%
- : Kemampuan memfermentasi 1%

2.2. Potensi Produksi Eksopolisakarida Pada *Lactobacillus fermentum*

Pada umumnya bakteri penghasil eksopolisakarida akan tumbuh baik di dalam medium dengan sumber karbon yang mudah dioksidasi. Hasil penelitian Laksmita (2010) menunjukkan bahwa sumber karbon terbaik bagi *Lactobacillus fermentum* adalah sukrosa. Dengan sumber karbon sukrosa dengan konsentrasi 1% (b/v) dihasilkan eksopolisakarida sebesar 0,34 mg/mL (Tabel 2). Eksopolisakarida yang dihasilkan tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan yang diperoleh

oleh Emtiazi *et al*.(2004) dari *Azotobacter vinelandii* dengan menggunakan kedua sumber karbon yang sama yaitu sukrosa.

Tabel 2. Produksi eksopolisakarida yang dihasilkan *Lactobacillus fermentum* pada lima jenis sumber karbon (Laksmita, 2010)

Sumber karbon	Produksi eksopolisakarida (mg/mL)
Sukrosa	0.34
Glukosa	0.16
Laktosa	0.14
Glutamat	0.16
Monitol	0.10

2.3. Struktur dan Agregat Tanah

Struktur tanah merupakan sifat fisik tanah yang menggambarkan susunan keruangan partikel-partikel tanah yang bergabung satu dengan yang lain membentuk agregat. Dalam tinjauan morfologi, struktur tanah diartikan sebagai susunan partikel-partikel primer menjadi satu kelompok partikel (*cluster*) yang disebut agregat, yang dapat dipisah-pisahkan kembali serta mempunyai sifat yang berbeda dari sekumpulan partikel primer yang tidak teragregasi. Menurut Handayani (2002) dalam hubungan tanah-tanaman, agihan ukuran pori, stabilitas agregat, kemampuan teragregasi kembali saat kering, dan kemantapan agregat jauh lebih penting dari ukuran dan bentuk agregat itu sendiri.

Dalam tinjauan edafologi, sejumlah faktor yang berkaitan dengan struktur tanah jauh lebih penting dari sekedar bentuk dan ukuran agregat. De Boodt (1978) menyatakan bahwa struktur tanah berpengaruh terhadap gerakan air, gerakan udara, suhu tanah dan hambatan mekanik perkecambahan biji serta penetrasi akar tanaman.

Ukuran struktur dibedakan dalam 5 kelas, yakni: sangat halus, halus, sedang, kasar/besar, dan sangat besar. Batas ukuran dari kelas tersebut berbeda menurut bentuk struktur (Tabel 3).

Tabel 3. Kelas struktur tanah (Balai Penelitian Tanah, 2004)

Kelas	Lempeng (cm)	Prisma dan tiang (cm)	Gumpal (cm)	Remah (cm)
Sangat halus	<1	<10	<5	<1
Halus	1-2	10-20	5-10	1-2
Sedang	2-5	20-50	10-20	2-5
Kasar	5-10	50-100	20-50	5-10
Sangaat kasar	>10	>100	>50	>10

2.3.1. Sifat struktur tanah.

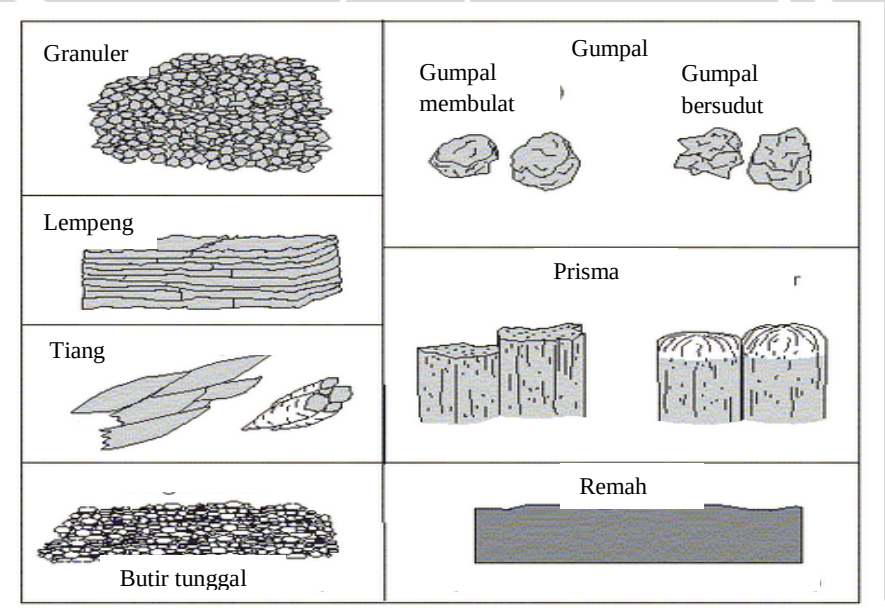
Struktur butiran tanah tunggal yang disebut juga agregat tanah, secara kuantitatif bisa dianggap dalam pengertian porositas total atau distribusi ukuran partikel. Struktur spesifik agregat tanah, lebih lanjut dapat dicirikan secara kualitatif dengan spesifikasi bentuk-bentuk umum dari agregat-agregat yang ditemukan pada berbagai horizon di dalam profil tanah atau secara kuantitatif dengan mengukur ukuran agregat tanah. Menurut Syaifuddin (1984) bentuk-bentuk agregat tanah yang bisa diamati dilahan bisa dikelompokkan sebagai berikut :

a) Pipih: Agregat pipih tipis, berlapis-lapis secara horizontal. Sebagai contoh struktur semacam ini terjadi pada tanah endapan liat yang baru.
b) Prismatik: berbentuk pilar-pilar vertikal, dengan sisi enam, diameter mencapai 15 cm. Struktur semacam ini banyak terdapat pada horizon B tanah-tanah liat.

c) Blok: Blok tanah berbentuk kubus, diameter mencapai 10 cm, kadang berbentuk angular, dengan sisi-sisi planar yang jelas. Struktur ini banyak terjadi pada bagian atas horizon B.

d) Bulat: agregat bulat pada umumnya memiliki diameter tidak lebih besar dari 2 cm sering terdapat pada kondisi longgar pada horizon A. Satuan semacam ini disebut granuler, dan bila bersifat sangat sarang disebut remah (*climb*).

Keempat bentuk tersebut akhirnya menghasilkan tujuh tipe struktur tanah yaitu granular, remah (*crumb*), lempeng (*plate*), gumpal, gumpal bersudut, prisma, dan columnar (Gambar 1). Agregat selalu dalam tingkatan perubahan yang kontinyu.



Gambar 1. Tipe struktur tanah (Manzari, 2002)

Bahan sekresi dari organisme tanah dapat mengikat partikelpartikel tanah menjadi agregat yang lebih besar. Contohnya, bakteri mengeluarkan kotoran yang berbentuk dan bersifat seperti perekat (*organic gum*). Fungi memproduksi bahan berupa benang-benang halus yang disebut hifa. Zat perekat dari bakteri dan hifa jamur dapat mengikat partikel-partikel tanah

secara kuat sehingga agregat tanah yang besar pun tidak mudah pecah walaupun basah. Agregat tanah yang besar tersebut dapat menyimpan air tanah dalam pori-pori halus di antara partikelpartikel tanah untuk digunakan oleh tanaman. Laksmita *et al.* (2008) menyatakan dalam keadaan air berlebihan, air dapat dengan mudah mengalir keluar melalui poripori besar diantara agregat–agregat tanah yang besar. Organisme tanah juga dapat memperbaiki struktur tanah dengan cara membuat saluran-saluran di dalam tanah, dan membantu mengaduk-aduk dan mencampur baurkan partikel-partikel tanah, sehingga aerasi tanah menjadi lebih baik. Menurut Handayanto dan Hairiah (2007) pembuatan saluran-saluran dan lubang-lubang ini memperbaiki infiltrasi dan pergerakan air di dalam tanah, serta drainase.

2.3.2 Agregat

Menurut Tisdall (1994) agregat tanah didefinisikan sebagai suatu unit dari struktur tanah yang umumnya terbentuk melalui proses yang alami dibandingkan dengan proses yang artifisial, dan umumnya mempunyai diameter < 10 mm. Rengasamy *et al*. (1984) mengelompokkan agregat berdasarkan ukuran menjadi dua bagian, yaitu mikroagregat dengan ukuran < 250 µm dan makroagregat dengan ukuran > 250 µm. Agregat-agregat yang tampak mata sering disebut sebagai agregat makro. Menurut Syaifuddin (1987) agregat makro adalah kumpulan dari kelompok agregat yang lebih kecil atau agregat mikro.

Agregat tanah terbentuk karena proses flokulasi dan fragmentasi. Flokulasi terjadi jika partikel tanah yang pada awalnya dalam keadaan terdispersi, kemudian bergabung membentuk agregat. Sedangkan fragmentasi terjadi jika tanah dalam keadaan masif, kemudian terpecah-pecah membentuk agregat yang lebih kecil. Kemper & Rosenau (1986) menyatakan bahwa semakin stabil suatu agregat tanah, makin rendah kepekaannya terhadap erosi (erodibilitas tanah). Akar tanaman memberikan konstribusi terhadap

kelimpahan bahan organik tanah dan kemantapan agregat tanah secara langsung melalui akar tersebut dan secara tidak langsung melalui aktivitas mikroorganisme di daerah sekitar perakaran.

Menurut Sunarminto dan Handayani (2002) perakaran mengeluarkan tekanan sehingga memadatkan agregat dan memisahkan agregat satu dengan yang lainnya yang berdekatan. Penyerapan air oleh akar menyebabkan dehidrasi yang berbeda, penyusutan dan terbukanya berbagai retakan-retakan kecil. Sebaran akar dan kematian akar yang terus berlangsung, terutama rambut-rambut akar, akibatnya merangsang aktivitas mikroba untuk menghasilkan perekat-perekat yang bersifat humik.

Mikroorganisme tanah mengikat agregat dengan mekanisme yang rumit, seperti penyerapan, pembungkusan, dan penjeratan mekanis, perekatan oleh bahan ekskresi musilagenus. Diantara banyak hasil mikrobia yang mampu mengikat agregat tanah, yang terkenal adalah polisakarida, hemiselulosa, levans, serta berbagai polimer-polimer alami lainnya. Menurut Sutari (2010) polisakarida khususnya tersusun atas molekul yang besar, linier, dan fleksibel, yang mampu membentuk ikatan-ikatan rangkap dengan beberapa partikel sekaligus. Kelas agregat menurut Arsyad (2006) dibagi dalam 6 kelas (Tabel 4).

Tabel 4. Kriteria tingkat kemantapan agregat (Arsyad, 2006)

Kelas	**DMR (mm)**
Tidak mantap	<0,40
Kurang mantap	0,40-0,50
Agak mantap	0,50-0,66
Mantap	0,66-0,80
Sangat mantap	0,80-2
Sangat mantap sekali	>2

2.4. Perbaikan agregat tanah dengan peran mikroba

Peran mikroorganisme tanah terhadap pembentukan, kemantapan, dan juga degradasi agregat telah diteliti Drazkiewicz (1994); Amellal *et al*. (1998) dan Caesar-TonThat & Cochran (2001) (Tabel 5). Dari hasil penelitian tersebut pada uji efektivitas pada bahan tanah dengan indeks stabilitas agregat rendah menunjukkan bahwa inokulan campuran (*P. fluorescens*, *Flavobacterium* sp, dan *P. diminuta*) atau dengan penambahan *A. niger* dapat meningkatkan stabilitas agregat dari kategori sangat tidak stabil menjadi sangat stabil dengan masa inkubasi 60 hari. Stabilitas agregat meningkat sejalan dengan lama waktu inkubasi sampai 60 hari. Pada hari ke-90 inkubasi, kecuali perlakuan dengan P. *fluorescens* terjadi penurunan stabilitas agregat. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa mikroorganisme tanah dapat menghasilkan polisakarida, hemiselulosa, uronida, dan sejumlah polimer alami lainnya yang dapat menempel pada permukaan partikel tanah melalui jembatan kation, ikatan hidrogen, van der waals, dan mekanisme adsorpsi anion. Kemantapan agregat mikro tergantung pada keberadaan bahan organik pengikat, sedangkan kemantapan agregat makro dapat terbentuk karena aktivitas perakaran tanaman dan miselium fungi. Mikroorganisme dapat merombak bahan organik tanah untuk menghasilkan eksopolisakarida yang kemudian digunakan sebagai agen pengikat partikel agregat mikro.

Eksopolisakarida bakteri pada umumnya memiliki ketebalan 0.2 – 1.0 µm. Pada beberapa spesies, ketebalan lapisan eksopolisakarida tidak lebih dari 10-30 µm. Struktur kimia senyawa polimer yang diekskresikan oleh sel ke dalam lingkungan sangat bervariasi. Menurut Czaczyk dan Guerif (1991) senyawa yang terdapat dalam eksopolisakarida terdiri atas beberapa kelompok makromolekul yang berbeda seperti polisakarida, protein, asam nukleat, glikoprotein, dan fosfolipid.

Gugus fungsional utama dari eksopolisakarida adalah -OH, -CH, CH_3, dan -C=O. Menurut teori yang dikemukakan oleh Chenu & Stotzky (2002) gugus fungsional tersebut bersifat polar (*hidrofilik*) sehingga dapat diasumsikan bahwa salah satu mekanisme pelekatan antar pertikel primer pada bahan tanah dapat

dibentuk melalui muatan negatif gugus fungsional dengan muatan negatif liat serta diperantarai oleh kation bervalensi dua atau tiga (interaksi elektrostatik).

Tabel 5. Indeks stabilitas agregat bahan tanah mineral yang diinokulasi bakteri penghasil eksopolisakarida dengan masa inkubasi 30, 60, dan 90 hari (Caesar-TonThat & Cochran, 2001)

Perlakuan	DMR (mm)		
	30 hari inkubasi	60 hari inkubasi	90 hari inkubasi
P. fluorescens PG7II.1	30,81 b	39,50 b	58,22 a
*Flavobacterium*sp. PG7II.2	41,34 a	70,5 ab	68,07 a
P. diminuta PG7II.9	40,57 a	85,5 ab	56,55 a
*P. fluorescens*PG7II.1+ *Flavobacterium*sp. PG7II.2 + *P. diminuta* PG7II.9	37,79 ab	114,0 a	57,80 a
*P. fluorescens*PG7II.1+ *Flavobacterium*sp. PG7II.2 + *P. diminuta*PG7II.9 + A. niger	40,41 a	110,0 a	51,73 ab
Blanko (tanpa inokulan)	31,95 b	36,15 b	36,15 b

Menurut Tisdall (1994) akumulasi sel dan pembentukan koloni bakteri yang melapisi butir partikel primer dan sekunder (agregat) memiliki pengaruh penting di dalam struktur tanah. Mekanisme yang terjadi adalah dalam kondisi alami, bakteri tanah menghasilkan senyawa organik berupa eksopolisakarida (EPS). EPS bakteri dapat berinteraksi dengan partikel tanah melalui pembentukan jembatan polimer sehingga memiliki peran dalam pembentukan mikroagregat dan yang lebih utama adalah kemampuan EPS tersebut dalam meningkatkan kemantapkan agregat tanah. Lynch & Elliot (1985) berpendapat bahwa jumlah partikel tanah yang tererosi tergantung pada jenis dan populasi mikroorganisme yang ditambahkan. Pendapat tersebut disimpulkan dari percobaan penambahan sejumlah bakteri (*Azotobacter chroococcum* dan *Pseudomonas* sp.) dan ragi (*Lypomyces starkeyi*) yang ternyata meningkatkan kemantapan agregat terhadap kekuatan air.

Menurut Goenadi (1995) agen organik yang dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah ialah produk dekomposisi biomas, eksopolisakarida (EPS) asal bakteri, miselium fungi, dan produk hasil sintesis tanaman. Pembentukan agregat tanah

umumnya dipengaruhi EPS yang merupakan hasil dari aktivitas mikroorganisme. Seperti contoh *Pseudomonas* sp. meningkatkan produksi EPS selama musim kering. Amellal *et al*.,(1998) berpendapat bahwa dengan memproduksi EPS memungkinkan untuk meningkatkan retensi air sehingga dapat mengatur difusi sumber karbon seperti glukosa ke dalam sel bakteri.

Potensi bakteri penghasil eksopolisakarida (BPE) untuk membantu mengurangi cekaman lingkungan pada tanaman yang tumbuh pada lingkungan bersalinitas tinggi dilaporkan oleh Ashraf & Foolad (2007) dan Khodair & Galal (2008). Mekanisme yang terjadi adalah EPS dapat mengikat kation termasuk Na^+ yang berada di rizosfer. Peningkatan kepadatan populasi bakteri di daerah perakaran akan menurunkan kandungan Na^+ yang tersedia bagi tanaman. Hasil penelitian Yi & Ge (2008) menunjukkan bahwa EPS dari *Enterobacter* sp, *Arthrobacter* sp, dan *Azotobacter* sp dapat membantu kelarutan trikalsium fosfat di dalam medium pertumbuhan. Sruktur dan komposisi eksopolisakarida yang dihasilkan oleh bakteri tergantung pada beberapa faktor lingkungan seperti medium, sumber karbon dan nitrogen, sistem fisiologi bakteri (aerobik atau anaerobik), dan kondisi fermentasi (pH, temperatur, konsentrasi oksigen). Bueno & Garcia-Cruz (2006) menyatakan pada umumnya eksopolisakarida dapat diperoleh secara optimum pada pH 7, temperatur $30\text{-}37^0$ C dengan menggunakan sukrosa atau glukosa sebagai sumber karbon. Kemampuan EPS dalam memegang fosfor mungkin merupakan faktor penting dalam membantu kelarutan trikalsium fosfat selain asam organik. *Azotobacter beijerinckii* WDN-01 menghasilkan eksopolisakarida larut air. *Rhizobium tropici* mengakumulasikan poly-3-hidroksibutirat [P(3HB)], eksopolisakarida dan glikogen sebagai sumber energi dan karbon. Menurut Povolo & Casella (2004) katabolisme penyimpanan karbon intraselular ini merupakan strategi yang diadopsi oleh beberapa spesies bakteri untuk bertahan dalam kondisi nutrisi yang sub-optimal.

2.5. Asam organik tanah

Bahan organik tanah dibagi menjadi dua kelompok, yakni bahan yang telah terhumifikasi yang disebut sebagai bahan humik (*humic substances*) yang lebih dikenal dengan humus dan bahan yang tidak terhumifikasi yang disebut sebagai bahan bukan humik (*non-humic substances*). Humus merupakan hasil akhir proses dekomposisi bahan organik yang bersifat stabil dan tahan terhadap proses bio-degradasi, terdiri atas asam humat, asam sulfat dan humin. Menurut Hanafiah (2005) humus adalah campuran senyawa yang kompleks (tersusun atas asam humat, asam fulvat, ligno protein), mempunyai sifat cukup resisten terhada perombakan jasad renik, bersifat amotif (tidak mempunyai bentuk), berwarna coklat hitam, bersifat koloid, dan berasal dari proses humifikasi bahan organik oleh mikroba tanah.

Humus terdiri dari 2 senyawa utama yaitu substansi non humus (lipid, asam amino, karbohidrat) dan substansi humus (merupakan senyawa amotif dengan berat molekul tinggi, warna coklat sampai hitam, hasil pembentukan kedua dari dekomposisi). Substansi humus mempunyai kontribusi dalam pertukaran anion dan kation, kompleks atau khelat beberapa ion logam, beperan sebagai pH *buffer* (penyangga), pembentukan horizon tanah, pembentukan struktur tanah melalui sementasi, sebagai mantel partikel sehingga tidak dapat terlapukkan. Substansi humus dibagi menjadi :

1. Asam humat (*Humic acid*)

   Menurut Tan (1998) fraksi terhumifikasi dikenal dengan humus ataupun sekarang disebut bahan humat dan dianggap sebagai akhir dari hasil dekomposisi bagian-bagian tumbuhan di dalam tanah. Soepardi (1983) menyatakan humus merupakan senyawa rumit yang agak tahan lapuk, berwarna coklat, amotif, bersifat koloidal dan berasal dari jaringan tumbuhan atau binatang yang telah diubah atau dibentuk oleh berbagai jazad mikro.
2. Asam fulvat (*Fulvic acid*)

Asam fulvat adalah fraksi dari senyawa humat dengan bobot molekul yang kecil, senyawa rantai pendek, berwarna kuning, larut dalam larutan asam, basa, dan netral. Menurut Islam (2002) bobot molekul asam fulvat yang sangat ringan dan kecil yaitu sekitar 2000 Dalton menyebabkan asam fulvat mudah terserap ke dalam jaringan dan sel.

Dijelaskan pula oleh Handayanto (1999) bahwa untuk dapat terdekomposisi dan termineralisasi dengan cepat dari suatu bahan organik maka kandungan lignin dan polifenolnya seharusnya tidak melebihi 15% lignin dan 4% polifenol. Sedangkan untuk asam humat dan asam fulvat merupakan unsur kedua dan ketiga yang mempunyai kandungan terbesar dari suatu massa organik setelah unsur karbon (C) organik.

Alimin *et al*. (2005) menyatakan bahwa asam fulvat mempunya peran yang lebih besar daripada asam humat dalam pelepasan unsur fosfat (P) dalam tanah. Kemampuan asam fulvat dalam melepas P dalam tanah disebabkan karena mobilitas asam humat yang lebih rendah dibandingkan asam fulvat. Kemampuan mobilitas ini terbentuk karena berat molekulnya yang lebih rendah dengan tingat kemasaman total yang lebih besar dari pada asam humat.

Asam humat adalah zat organik yang memiliki struktur molekul kompleks dengan berat molekul tinggi (makromolekul) atau dapat disebut sebagai polimer organik yang mengandung gugus aktif. Di alam, asam humat terbentuk melalui proses fisika, kimia, dan biologi dari bahan-bahan yang berasal dari tumbuhan maupun hewan, yang disebut proses humifikasi. Oleh karena struktur asam humat terdiri dari campuran senyawa organik alifatik dan aromatik (diantaranya ditunjukkan dengan adanya gugus aktif asam karboksilat dan quinoid), maka asam humat memiliki kemampuan untuk menstimulasi dan mengaktifk (1990) beberapa sifat penting lain dari asam humat yang berhubungan dengan perannya dalam memperbaiki kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman adalah Kapasitas Tukar Kation (*Cation Exchange Capacity*) yang tinggi, memiliki kemampuan mengikat air (*Water Holding Capacity*) yang besar, sebagai zat pengompleks (*Chelating/Complexing Agent*), dan kemampuan untuk mengikat polutan dalam tanah.

Asam humat berperan sebagai granulator atau memperbaiki struktur tanah. Tanah mudah sekali membentuk kompleks dengan asam humat, terjadi karena meningkatnya populasi mikroorganisme tanah, diantaranya adalah jamur, cendawan dan bakteri. Cendawan tersebut mampu menyatukan butir tanah menjadi agregat. Sedangkan bakteri berfungsi sebagai semen yang menyatukan agregat, sementara jamur dapat meningkatkan fisik dari butir-butir prima. Pada tanah lempung yang berat, terjadi perubahan struktur gumpal kasar dan kuat menjadi struktur yang lebih halus tidak kasar, dengan derajat struktur sedang hingga kuat, sehingga lebih mudah untuk diolah. Menurut Stevenson (1982) komponen organik seperti asam humat dan asam fulvat dalam hal ini berperan sebagai sementasi pertikel lempung dengan membentuk komplek lempung logam humus.

2.6. Bahan organik

Menurut Hairiah dan Handayanto (2009) bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia (Hairiah dan Handayanto, 2009). Menurut Handayanto dan Hairiah (2007) bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomasa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus.

Pada terminologi tertentu biomassa tidak dimasukkan sebagai bahan organik tanah dan menggunakan istilah humus. Jumlah dan sifat bahan organik tanah sangat menentukan sifat biokimia, fisika, kesuburan tanah dan membantu menetapkan arah proses pembentukan tanah. Mukhlis (2007) menyatakan bahwa bahan organik menentukan komposisi dan mobilitas kation yang terjerap, warna tanah, konsistensi tanah, *partikel density*, *bulk density*, sumber unsur hara, kemantapan agregat dan aktivitas organisme tanah. Bahan organik tanah dibutuhkan untuk pembentukan dan pemantapan agregat- agregat tanah. Jumlah dan sifat bahan organik tanah sangat

menentukan sifat biokimia, fisika, kesuburan tanah dan membantu menetapkan arah proses pembentukan tanah.

Kekurangan bahan organik yang diakibatkan erosi dapat menghanyutkan *top soil* dan *sub soil* yang masih banyak kandungan unsur haranya. Suhardjo *et al.* (1993) menyatakan sehubungan dengan terangkutnya bahan-bahan organik dari lapisan permukaan tanah yang merupakan lapisan olah maka aktivitas biota juga menurun. Bahan organik di dalam tanah jumlahnya tidak sama antara jenis tanah yang satu dengan yang lainnya seperti Histosol yang mengandung bahan organik> 65 %. Perbedaan kandungan bahan organik ini tergantung pada jenis tanah dan cara pengelolaan tanah. Kriteria bahan organi menurut Suci (2008) dibagi dalam 5 kriteria (Tabel 6).

Tabel 6. Kriteria kadar bahan organik tanah (Suci, 2008).

Kriteria bahan organic	**Nilai (%)**
Sangat tinggi	>6
Tinggi	4.3-6
Sedang	2.1-4.2
Rendah	1-2
Sangat rendah	<1

Cleeg *et al.* (2003) polisakarida pada bakteri asam laktat mengandung gkukosa, rhamnosa, manosa, glukosamin dan asam 4-0-metil-glukoronat sebagi komponen utama. Menurut Rao (1994) diantara karbohidrat yang diisolasi dari tanah, diketahui bahwa dekstran yang mengandung asam uronat dalam jumlah yang besar dan resisten terhadap degradasi mikroba ternyata memiliki kualitas tertinggi dalam membentuk agregrat tanah dan menambah unsur hara dalam tanah.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Pelaksanaan penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bakteriologi jurusan Hama dan Penyakit Tanaman dan Laboratorium Biologi, Fisika dan Kimia tanah jurusan Tanah Universitas Brawujaya Malang. Penelitian ini berlangsung pada bulan Juni sampai Desember 2013 (Lampiran 1).

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat yang berada pada laboratorium. Pada *sceering*, isolasi dan identifikasi bakteri alat yang digunakan antara lain cawan petri, tabung reaksi, *autoclave*, *laminar air flow*, gelas ukur, lampu bunsen, kompor listrik, *alumunium foil*, *wrap*, ose, mikropipet, mikrotub, erlenmayer dan mikroskop. Sedangkan untuk uji agregat alat yang digunakan antara lian ayakan, mortar, cawan nikel, *polybag* dan timbangan (Tabel 7).

Tabel 7. Kegunaan alat-alat yang digunakan pada penelitian

No.	Alat	Kegunaan
1	Cawan petri	Tempat pemurnian dan perkembangan bakteri
2	Tabung reaksi	Tempat untuk pengenceran bakteri
3	*Autoclave*	Pensteril alat dan bahan yang akan dugunakan
4	*Laminar air flow*	Tempat untuk menjaga alat dan bahan agar tetap steril
5	Mikroskop	Mengidentifikasi bakteri
6	Gelas ukur	Mengukur volume air yang akan digunakan
7	Lampu bunsen	Memanaskan alat yang akan digunakan agar tetap steril
8	Kompor listrik	Memanaskan bahan
9	*Alumunium foil*	Menjaga alat dari suhu panas
10	Erlenmayer	Tempat untuk mencampurkan bahan
11	Mikropipet	Mengambil bahan dengan satuan mikro
12	Ose	Untuk mengambil bakteri saat dari media padat (agar)
13	*Wrap*	Melapisi cawan petri yang terisi bakteri

14	Ayakan	Memisahkan fraksi tanah
15	Mortar	Menumbuk tanah yang belum terlwatkan pada ayakan
16	Cawan nikel	Tempat untuk meletakkan tanah saat uji agregat
17	Timbangan	Mengukur berat tanah
18,	*Polybag*	Untuk tempat tanah yang akan diuji

3.2.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk *screening*, isolasi dan identifikasi antara lain terasi, alkohol 75 %, Nutrient Agar (NA), Aquadest, *cristal violet*, *methylene blue* dan *safranin*. Untuk media pembawa bahan yang digunakan adalah air kelapa, molase, legen, larutan gula dan *Nutrient Broth* (NB). Sedangkan bahan yang digunakan untuk uji agregat adalah tanah dan air (Tabel 8)

Tabel 8. Kegunaan bahan yang digunakan

No.	Bahan	Kegunaan
1	Terasi	Bahan *screening* untuk mendapatkan bakteri
2	Alkohol 75%	Pensteril alat
3	*Nutrient Agar* (NA)	Media perbanyakan bakteri dalam bentuk agar
4	*Nutrient Broth* (NB)	Media perbanyakan bakteri dalam bentuk cair
5	Aquadest	Sebagai pelarut bahan
6	Air kelapa, molase, larutan gula, legen	Media yang akan diuji
7	*Cristal violet*	Memberikan warna pada bakteri target
8	*Methylene Blue*	Memastikan warna yang keluar pada bakteri target
9	*Safranin*	Memberikan warna pada bakteri non target
10	Tanah	Bahan yang akan diuji
11	Air	Digunakan saat uji agregat pada pengayakan basah

Metode

3.3.1 *Screening* dan isolasi bakteri

Metode *screening* dan isolasi bakteri menurut Irianto (2007) dilakukan meliputi tahapan sebagai berikut :

a. 10 g terasi ditumbuk hingga halus.
b. Dilarutkan dengan 100 ml aquades steril pada Erlenmeyer.
c. Kocok selama 30 detik inkubasi 150 rpm selama 24 jam.

d. Melakukan pengenceran untuk mendapatkan koloni tungggal, sebanyak 6 mikrotub (10^{-6}) dengan dimasukkan 9 ml aquadest steril pada masing-masing mikrotub.
e. Larutan terasi dan aquadest dimasukkan kedalam mikrotub 1(10^{-1}) yang sudah terisi 9 ml aquades steril tersebut sebanyak 1ml.
f. Dari mikrotub 10^{-1} diambil 1 ml dipindahkan ke mikrotub 10^{-2} dengan menggunakan mikropipet.
g. dari mikrotub 10^{-2} diambil 1 ml dipindahkan ke mikrotub 10^{-3}, begitupun seterusnya sampai mikrotub 10^{-6}.
h. Setelah sampai pada mikrotube 10^{-6} sebanyak 100 micro liter diambil dengan menggunakan mikropipet
i. Dimasukkan kedalam cawan petri yang sudah terisi media NA, inkubasi 150 rpm selama 48 jam.

3.3.2. Pembiakan Bakteri

Semua peralatan yang akan digunakan dalam tahap isolasi ini harus disterilisasi dengan menggunakan *auto claf* selam 20 menit untuk menjaga kesterilan alat dan bahan yang akan digunakan. Sebelum melakukan isolasi terlebih dahulu membuat media untuk bakteri yaitu *Nutrient Agar* (NA), NA dengan dosis 12 g 500 ml^{-1} aquadest kemudian diserilkan selama 20 menit. Isolasi bakteri dilakukan meng gunakan metode cawan gores seperti yang dilakukan oleh Alfred (2005) :

a. Satu ose suspensi bakteri digoreskan pada media uji dan diinkubasikan pada suhu 37^0C selama 18-24 jam.
b. Isolasi dilakukan d idalam laminar *air flow* untuk menjaga agar tetap steril.
c. Bakteri yang didapat pada terasi tersebut diinokulasi pada cawan petri yang sudah terisi NA dengan metode cawan gores.
d. Bakteri diambil dengan menggunakan ose yang sudah dibakar (untuk menjaga kesterilan ose) kemudian digoreskan pada media NA, setelah itu

cawan petri ditutup kembali dan dilapisi dengan *wrap* untuk menjaga agar tidak kontaminasi.

e. Inkubasi selama 24 jam.

3.3.3 Identifikasi Bakteri

Menurut Biswas dan Chaffin (2005) identifikasi bakteri dilakukan dengan pengamatan morfologi koloni meliputi bentuk dan warna koloni, dengan pewarnaan gram dan uji biokimia.

1. Pewarnaan gram.

   Pewarnaan gram dilakukan untuk membedakan bakteri gram positif dan gram negatif. Bakteri uji dioleskan di atas kaca objek dan difiksasi di atas api. Olesan tersebut digenangi dengan karbol gentianviolet selama satu menit dan digenangi kembali dengan lugol selama satu menit. Olesan tersebut dicuci dengan pemucat alkohol 95% selama tiga puluh detik, dan dibilas dengan air suling. Olesan tersebut digenangi dengan pewarna air fuksin selama tiga puluh detik hingga zat warna tersebut larut, kemudian dibilas dengan air suling. Olesan tersebut dikeringkan menggunakan kertas saring, kemudian ditetesi dengan minyak imersi dan diamati di bawah mikroskop.

2. Uji biokimia.

   a. Uji Fermentasi Karbohidrat

      Koloni yang akan diidentifikasi diambil menggunakan ose. Koloni tersebut diinokulasikan ke dalam tabung-tabung yang masing-masing berisi glukosa, laktosa, manosa, maltosa, dan sukrosa. Kedalam masing-masing larutan gula tersebut ditambahkan indikator *phenol red* (fenol merah) dan dimasukan tabung durham

dengan posisi terbalik. Suspensi mikroba tersebut diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24 jam. Bila warna medium berubah menjadi kuning, artinya koloni tersebut membentuk asam dari fermentasi karbohidrat. Bila pada tabung durham terdapat gelembung udara, artinya dari fermentasi tersebut terbentuk gas.

b. Uji Motil Indol Urea (MIU)

Koloni yang akan diidentifikasi diambil menggunakan ose. Koloni diinokulasi pada satu media uji moti indol urea yang berupa agar semi solid dengan cara ditusuk. Media diinkubasikan pada suhu kamar selama 24 jam. Pergerakan bakteri ditunjukan dengan adanya penyebaran koloni di sekitar tusukan. Reaksi urea positif ditunjukkan perubahan warna media menjadi merah muda. Reaksi indol positif ditunjukkan dengan penambahan pereaksi kovac yang kemudian akan menghasilkan cincin merah di atas permukaan, dan menunjukan negatif jika menghasilkan cincin jingga di atas permukaan.

c. Uji Sitrat

Koloni yang akan diidentifikasi diambil menggunakan ose. Koloni ditanamkan secara gores zig-zag pada media perbenihan *simmons citrate* yang berupa agar miring. Kemudian media diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24 jam. Koloni berwarna biru menunjukkan hasil positif sedangkan koloni berwarna hijau menunjukkan reaksi negatif.

d. Uji Metil Red (MR).

Koloni yang akan diidentifikasi diambil menggunakan ose. Koloni diinokulasi pada media MR-VP. Media diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian ditambahkan tiga sampai empat tetes indikator merah metil. Warna merah menunjukkan reaksi positif.

e. Uji Voges –Proskauer (VP).

Koloni yang akan diidentifikasi diambil menggunakan ose. Koloni diinokulasi pada media MR-VP. Media diinkubasikan pada

suhu 37°C selama 24 jam. Kemudian ditambahkan reagen Barrit. Suspensi tersebut dikocok selama 30 detik. Reaksi VP positif, bila terjadi pembentukan asam yang ditandai berubahnya warna medium menjadi merah muda setelah penambahan pereaksi Barrit.

3.3.4 Uji Pengaruh Media Perbanyakan

Media pembawa yang diaplikasikan adalah gula sukrosa, legen, air kelapa muda, molase dan NB sebagai kontrol. Untuk mendapatkan kadar gula yang setara pada setiap media maka dilakukan penyetaraan kadar gula, pada masing-masing media dihitung kadar gulanya pada setiap 100 ml air. Setelah diketahui masing-masing kadar gulanya media pembawa tersebut dimasukkan pada erlenmeyer sebanyak 100 ml, kemudian disterilkan di *auoto clave* selam 20 menit.

Untuk mengetahui pengaruh media pembawa terhadap perkembangan bakteri dilakukan pengenceran untuk mengetahui jumlah koloni yang tumbuh, dengan cara :

a. Memasukkan bakteri pada media NB sebanyak dua lup, ditunggu sampai 2 hari untuk mengetahui perkembangannya.
b. Setelah 2 hari bakteri dari media NB diinokulasi ke media pembawa masing-masing sebanyak 200 mikrolit.
c. Dilakukan pengenceran untuk mengetahui jumlah bakteri. Pengenceran dilakukan sampai $10^{-6.}$ dilakukan berkelanjutan sampai tujuh hari untuk mengetahui perkembangan bakteri per harinya.
d. Dari 100 ml media pembawa diambil 1 ml untuk diencerkan, pengenceran ini dilkukan untuk mendapatkan koloni tunggal.

e. Setiap tabung reaksi terisi 9 ml aquades steril. Pindahkan 1 ml dari media pembawa ke tabung reaksi 10^{-1}.
f. Dari 10^{-1} diambil 1 ml ke 10^{-2} dan seterusnya sampai 10^{-6}.
g. Dari 10^{-6} diambil 100 mikrolit tuang pada cawan petri yang sudah terisi NA.
h. Didiamkan selam 24 jam kemudian diamati perkembangan bakteri dari masing-masing media. Kegiatan a-h dilakukan selama 7 hari berturut-turut.
i. Dilihat perkembangan bakteri selama tujuh hari, kemudian dibandingkan masing–masing media, media mana yang paling baik untuk perkembangan bakteri.

Pada metode perhitungan dicawan dilakukan pengenceran yang bertingkat yang mana ditujukan untuk membentuk konsentrasi dari suatu suspensi bakteri. Sampel yang telah diencerkan ini di hitung ke dalam cawan baru kemudian di tuang ke mediumnya (metode tuang). Setelah diinkubasi selama 24 jam, kemudian diamati koloni yang tumbuh dan koloni yanng diamati hanyalah koloni yang berjumlah 30- 300 koloni sesuai yang dilakukan oleh Gobel dan Risco (2008)

3.3.5 Uji kemantapan agregat tanah lempung berpasir dengan penambahan bakteri *Lactobnacillus fermentum.*

Tahap awal dilakukan analisis terhadap bahan tanah yang akan digunakan untuk penelitian. Analisis tersebut meliputi kemantapan agregat awal, kandungan N,P dan K, kandungan pasir, debu, liat, pH, dan C-organik.

Pada uji agregat menggunakan metode pengayakan basah (Prijono, 2008). Sampel tanah dengan agregat utuh dikeringudarakan. Sebanyak kurang lebih 500 g tanah kering udara ditaruh diayakan 8 mm. Di bawah ayakan ini berturut-turut terdapat ayakan 4,76 mm, 2,83 mm, 2 mm dan penampung.

Tanah yang ada didalam ayakan 8 mm diayak dengan menggunakan mesin pengayak sampai semua tanah turun melalui ayakan ini. Jika semua tanah belum terlewatkan maka dapat digunakan mortal kecil. Selanjutnya masing - masing fraksi agregat pada setiap ayakan ditimbang kemudian dan dioven pada suhu 120 ^{o}C kemudian dinyatakan dalam persen (presentase = 100% dikurangi % agregat lebih kecil dari 2 mm). Dilakukan sebanyak 4 kali ulangan.

Percobaan ini dilakukan di laboratorium dengan lingkungan yang homogen maka percobaan disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan empat perlakuan dengan empat ulangan (4 x 4) pengacakan dan tata letak dilakukan secara bebas (Lampiran 2). Data yang diperoleh diolah dengan analisis sidik ragam dan apabila ada beda nyata dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Bahan tanah uji ditimbang masing-masing seberat 1 kg dan dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas. Sterilisasi bahan tanah dilakukan dengan menggunakan *auto clave* selama 25 menit. Selanjutnya melakukan pengenceran inokulan pada salah satu media pembawa yang paling baik dalam menumbuhkan bakteri. Untuk mendapatkan perlakuan tersebut menggunakan rumus kerapatan bakteri yaitu:

$$jumlah\ koloni \times \frac{1}{Fp} \times volume\ sampel$$

Fp ialah faktor yg digunakan untuk mengalikan hasil perhitungan dalan menetapkan kadar suatu zat dalam sampel jika sampel tersebut diencerkan dari kondisi semula menjadi konsentrasi yang lebih rendah (Unsoed, 2008).

Pada penelitian ini kapasitas lapang sampel sudah terhitung yaitu 450 ml/kg. Kapasitas lapang dan jumlah populasi bakteri dijadikan sebagai perlakuan (Tabel 9).

Tabel 9. Perlakuan penelitian

Perlakuan	Volume yang diberikan	Jumlah bakteri
P0	450 ml aquadest (kontrol)	0
P1	100 ml media perbanyakan yang sudah diseleksi + 350 ml aquadest	$1,67 \times 10^4$
P2	200 ml media perbanyakan yang sudah diseleksi + 250 ml aquadest	$2,13 \times 10^5$
P3	400 ml media perbanyakan yang sudah diseleksi + 50 ml aquadest	$3,54 \times 10^6$

Pengamatan agregat dilakukan pada inkubasi 10, 20 dan 30 hari. Ini dikarenakan bakteri asam laktat tumbuh baik pada masa ikubasi 30 hari. Berdasarkan hasil penelitian Laksmita dan Soemardi (2008), perlakuan dengan salah satu bakteri asam laktat pada masa inkubasi 30 hari mengalami peningkatan stabilitas agregat akan tetapi pada masa inkubasi 90 hari, terjadi penurunan stabilitas agregat.

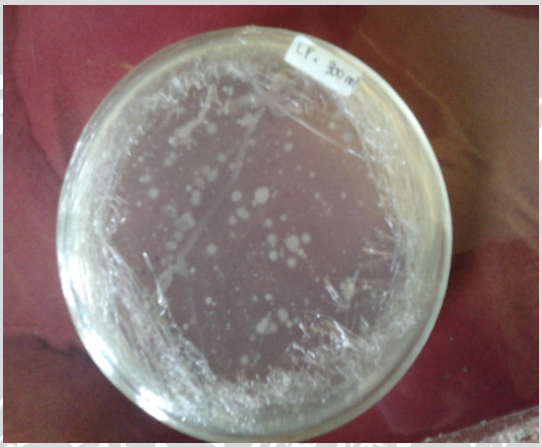
Selama pengamatan agregat yang dilakukan 2 minggu sekali melakukan pengamatan perkembangan bakteri pada tanah kemudian kandungan N total , P tersedia, K tersedia, pH tanah dan bahan organik tanah. Analisis N total dengan metode Kjeldahl, P tersedia dianalisis dengan metode Bray II. Analisis K tersedia dengan metode Flamefotometer, pH tanah dianalisis dengan metode Glass electrode, sedangkan bahan organik tanah dianalisis dengan metode Walkey & Black.

repository.ub.ac
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

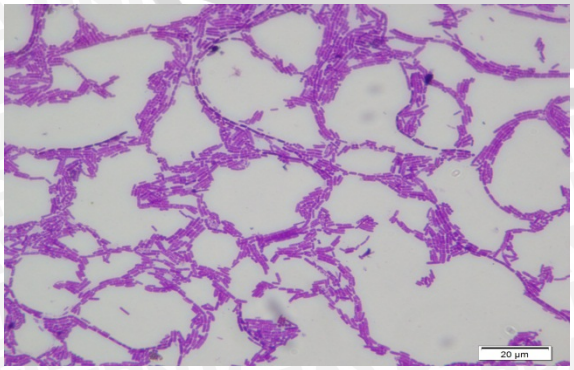
4.1. Uji Kemurnnian Bakteri *Lactobacillus fermentum*

Berdasarkan *screening*, isolasi dan identifikasi yang dilakukan didapatkan bakteri gram positif, dimana pada penelitian ini menggunakan isolat bakteri *Lactobacillus fermentum* yang merupakan bakteri gram positif (Gambar 2).

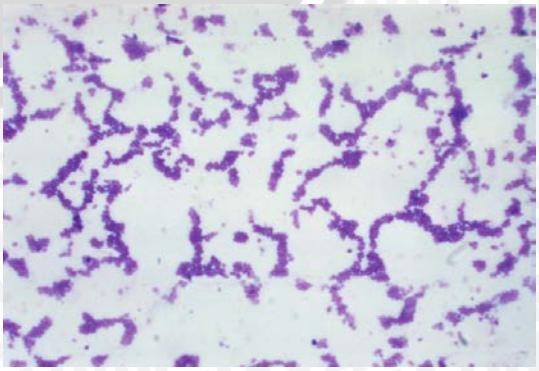


Gambar 2. Isolat bakteri *Lactobacillus fermentum*

Dalam pengamatan pada mikroskop tampak bakteri berbentuk basil (lonjong), dan terlihat pada warna ungu (Gambar 3). Ini mengindikasikan bahwa bakteri tersebut tergolong gram positif dan masih murni bakteri *Lactobacillus fermentum* tidak terkontaminasi dengan bakteri lain ataupun patogen. Menurut Anwar (2000) bakteri gram positif adalah bakteri yang mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram sehingga akan berwarna biru atau ungu di bawah mikroskop (Gambar 4).

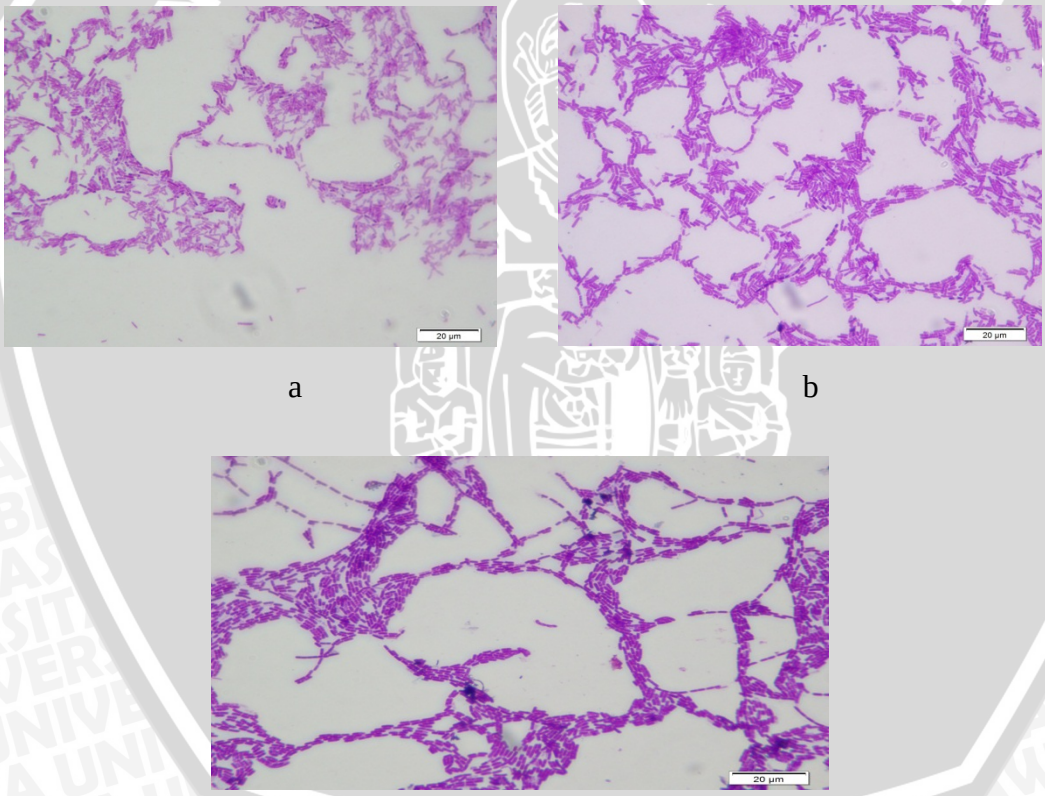


Gambar 3. Bentuk mikroskopis *Lactobacillus fermentum* pada penlitian



Gambar 4. Literatur bentuk mikroskopis *Lactobacillus fermentum* (Anwar, 2000)

Setelah bakteri *Lactobacillus fermentum* diinokulasikan ke tanah dengan inkubasi 10, 20, dan 30 hari dilakukan pengujian kemurnian bakteri, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah bakteri tersebut masih murni bakteri *Lactibacillus fermentum* atau sudah terkontaminasi dengan patogen. Pada uji kemurnian masing-masing perlakuan pada inkubasi 30 hari terlihat pada mikroskop bakteri tersebut masih murni dan tidak terkontaminasi dengan dengan bakteri lain atau patogen (Gambar 5). Secara mikroskopis bentuk bakteri masih sama dengan bentuk awal bakteri yang sebelumnya sudah diuji kemurniannya. Menurut Purwandhani (1998) dilihat secara mikroskopis bakteri gram positif yang terinfeksi atau terkontaminasi oleh bakteri lain dicirikan dengan adanya warna lain selain warna ungu dan biru serta bentuk yang lain selain basil yang terdapat pada isolat murni (Gambar 6).



a b

c

Gambar 5. Bentuk mikroskopis bakteri: a P1 (100 ml media + 350 ml aquadest), b. P 2 (200 ml media + 250 ml aquadest), c. P3 (400 ml media + 50 ml aquadest)

Gambar 6. Bentuk mikroskopis bakteri yang terkontaminasi patogen (Purwandhani, 1998)

4.2. Pengaruh Media Pembawa Terhadap Perkembangan Bakteri

Spesies bakteri *Lactobacillus* sp tumbuh baik pada media yang mengandung gula, menurut Suryajaya (2005). Bakteri (*Lactobacillus* sp) dapat tumbuh dengan baik pada media yang mengandung gula sederhana dan sedikit unsur nitrogen. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan media untuk perkembangan bakteri berupa molase, air kelapa, larutan gula dan legen yang memiliki kandungan gula. Pada masing-masing media pembawa memiliki kandungan gula yang berbeda-beda, oleh karena itu untuk mengoptimalkan perkembangan bakteri dilakukan penyetaraan kadar gula. Penyetaraan kadar gula dilakukan dengan memakai acuan media yang memiliki kadar gula paling rendah sehingga media yang memiliki kadar gula tinggi disetarakan dengan media yang memiliki kadar gula yang paling rendah tersebut per 100 ml air. Dalam penelitian ini air kelapa yang memiliki kadar gula paling rendah dibandingkan dengan media yang lain yaitu 3 g/100 ml.

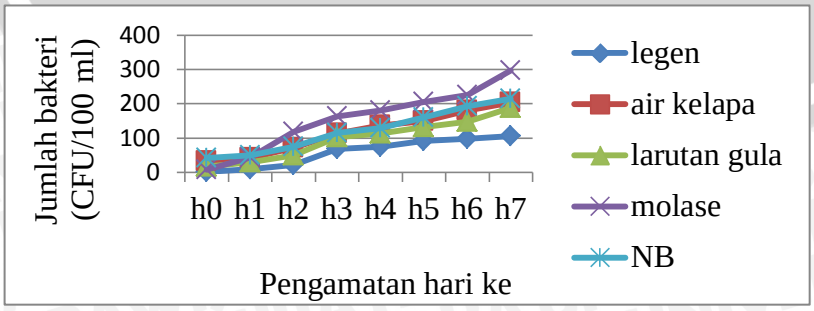
Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa masing-masing media memberikan pengaruh nyata terhadap perkembangan bakteri sampai hari ke 7 (Tabel 10). Jumlah bakteri pada molase mulai berkembang pesat pada hari ke 2 sampai hari ke 7. Dari

kelima media perbanyakan tersebut molase memberikan pengaruh yang lebih besar dengan jumlah bakteri lebih banyak (Gambar 7).

Tabel 10. Perkembangan bakteri pada masing-masing media pembawa pada masa inkubasi 0-7 hari

Media	Jumlah Bakteri (CFU/100 ml)							
	hari ke 0	hari ke 1	hari ke 2	hari ke 3	hari ke 4	hari ke 5	hari ke 6	hari ke 7
Legen	10^8 a	9 x 10^8 a	22 x 10^8 a	69 x 10^8 a	75 x 10^8 a	92 x 10^8 a	98 x 10^8 a	105 x 10^8 a
larutan gula	17 x 10^8 b	30 x 10^8 b	49 x 10^8 ab	103 x 10^8 ab	114 x 10^8 b	132 x 10^8 ab	147 x 10^8 b	189 x 10^8 b
air kelapa	33 x 10^8 c	42 x 10^8 bc	71 x 10^8 b	113 x 10^8 ab	136 x 10^8 b c	149 x 10^8 b	81 x 10^8 bc	203 x 10^8 b
Molase	7 x 10^8 ab	44 x 10^8 bc	118 x 10^8 c	163 x 10^8 c	181 x 10^8 c	206 x 10^8 c	226 x 10^8 d	298 x 10^8 c
NB (kontrol)	42 x 10^8 c	49 x 10^8 c	74 x 10^8 b	115 x 10^8 b	129 x 10^8 b	161 x 10^8 b	193 x 10^8 cd	214 x 10^8 b

Molase memiliki kadar gula total paling tinggi dibandingakan dengan media pembawa yang lain sehingga perkembangan bakteri juga semakin tinggi. *Lactobacillus fermentum* merupakan bakteri asam laktat (BAL) dimana kehidupan dan perkembangannya tergantung pada kadar gula pada media yang ditempati. Hampir semua BAL hanya memperoleh energi dari metabolisme gula sehingga habitat pertumbuhannya hanya terbatas pada lingkungan yang menyediakan cukup gula atau bisa disebut dengan lingkungan yang kaya nutrisi (Rostini, 2007). Molase memiliki kandungan sukrosa sekitar 30 persen disamping gula reduksi sekitar 25 persen berupa glukosa dan fruktosa (Kurniawan, 2004). Menurut Martoyo kandungan yang terdapat pada molase ialah 21.7 % glukosa, 34.19% sukrosa, 26.49% air dan 17.62 % abu.



Gambar 7. Perkembangan bakteri pada masing-masing media pembawa

Pada media perbanyakan yang lain yang meliputi air kelapa, larutan gula dan legen kandungan gula dibawah molase. Air kelapa per 100 ml mengandung sejumlah zat gizi, yaitu protein 0,2 g, lemak 0,2 g, gula 3 g, vitamin C 1,0 mg, asam amino, dan hormon pertumbuhan (Astawan., 2004). Nira siwalan (legen) memiliki koposisi sukrosa 13,54 %, protein 0,30 %, lemak 0,002 %, abu 0,004 % dan air 86,10 % (Ristiarini, 2004). Sedangkan pada gula tebu mengandug sukrosa 3,29% dalam 100 ml air (Kuswurj, 2008).

4.3. Uji kemantapan agregat tanah lempung berpasir dengan penambahan bakteri *Lactobacillus fermentum*.

Perlakuan dengan inokulan tunggal *Lactobacillus fermentum* ke dalam tanah beragregat kurang stabil mengindikasikan adanya peningkatan kemantapan agregat dari 10, 20 dan 30 hari inkubasi (Tabel 11). Mikroorganisme tanah dapat menghasilkan uronida dan sejumlah polimer alami lainnya yang dapat menempel pada permukaan partikel tanah melalui jembatan kation, ikatan hidrogen, dan mekanisme adsorpsi anion. Kemampuan agregat tergantung pada keberadaan bahan organik, sedangkan kemantapan agregat makro dapat terbentuk karena aktivitas perakaran tanaman dan miselium *fungi*.

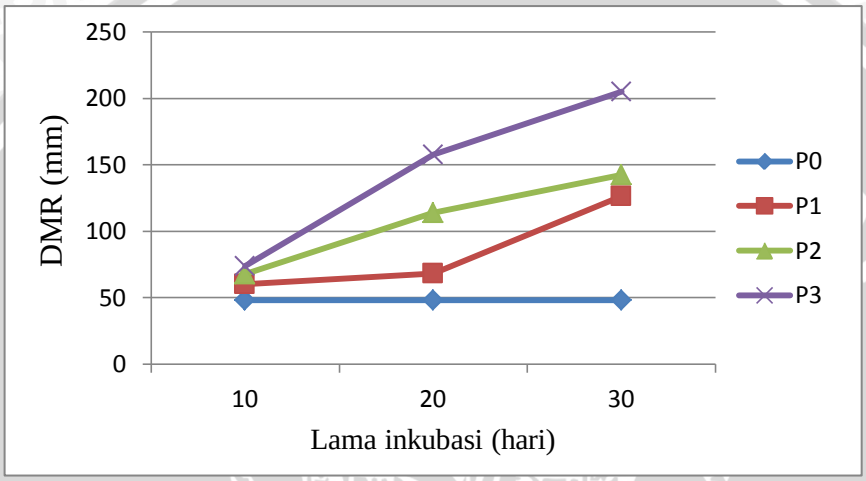
Tabel 11. Peningkatan kemantapan agregat (DMR) tanah pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari

Perlakuan	DMR (mm) *)		
	Inkubasi		
	10	20	30
P0	0.47 a	0.48 a	0.48 a
P1	0.60 b	0.68 b	1.26 b
P2	0.68 c	1.13 c	1.42 c
P3	0.73 c	1.57 d	2.05 d

Keterangan : P0= 450 ml aquadest, P1= 100 ml molase + 350 aquadest, P2= 200 molase + 250 aquadest, P3= 400 molase + 50 ml aquadest

*) Angka dalam kolom yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT (P>0,05).

Pada masing-masing perlakuan pemberian bakteri berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan kemantapan agregat (DMR) (Lampiran 5). Sejalan dengan lama waktu inkubasi sampai 30 hari indeks kemantapan agregat pada masing-masing perlakuan meningkat (Gambar 8). Pada analisis awal agregat sebelum perlakuan sampel tanah lempung berpasir memiliki indeks agregat 0.48 mm (kurang mantab) (Lampiran 3).



Gambar 8. Peningkatan kemantapan agregat (DMR)

Perlakuan inokulasi *Lactobacillus fermentum* dengan media molase 3 g/100 ml ditambahkan aquadest steril 350 ml (P1), molase 6 g/200 ml ditambahkan aquadest 250 ml aquaest steril (P2) dan molase 9 g/ 300 ml ditambahkan 150 aquadest steril (P3) meningkatkan nilai DMR. Dari hasil analisis dasar yaitu 0.48 mm (kurang mantab) masing-masing memberikan peningkatan nilai DMR pada inkubasi 10 hari menjadi 0.60 mm (agak mantab), 0.68 mm (mantab) dan 0.73 mm (mantab). Pada inkubasi 20 hari dan 30 hari nilai DMR mengalami peningkatan pada masing-masing perlakuan. Pada inkubasi 20 hari meningkat menjadi 0.68 mm (mantab), 1.14 mm (sangat mantab), dan 1.56 mm (sangat mantab). Dan pada inkubasi 30 hari nilai DMR meningkat menjadi 1.26 mm (sangat mantab), 1.43 mm (sangat mantab) dan 2.04 mm (sangat mantab sekali). Ini menunjukkan bahwa semakin lama inkubasi nilai

DMR mengalami peningkatan sampai 30 hari inkubasi pada setiap perlakuan (Lampiran 1). Penelitian ini mempunyai pola yang hampir sama dengan hasil penelitian Caesar & Cochran (2001) dimana kemantapan agregat pada bahan tanah berpasir yang diinokulasi dengan fungi saprofitik *Basidiomycetes* meningkat dalam 14 hari inkubasi dan kemudian terjadi penurunan secara gradual setelah 35 hari inkubasi.

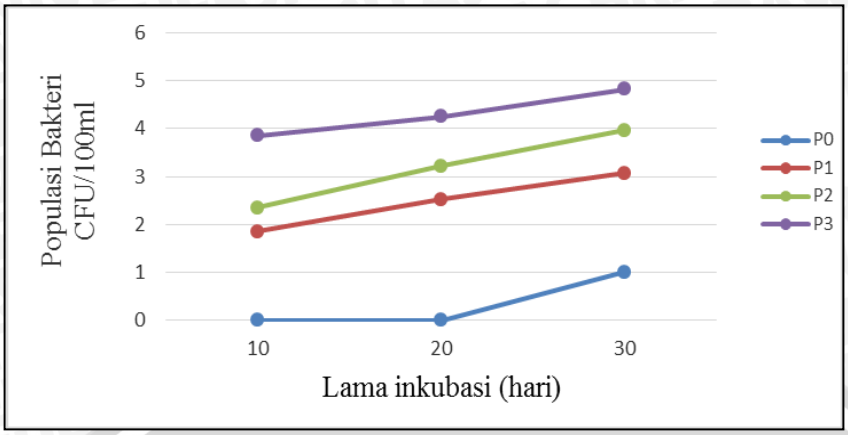
Menurut Irianto (2002), mikroba yang dapat membentuk agregat tanah terdiri dari kelompok jamur dan bakteri gram positif dan gram negatif, diantaranya yaitu *Azotobacter chroococcum* (penghasil polisakarida) dan *Mucor hiemalis*. Proses pembentukan agregat tanah melibatkan organisme seperti benang-benang hifa pada jamur yang mampu mengikat partikel tanah dengan partikel lain. Organisme juga memproduksi sejumlah bahan kimia/asam-asam yang dapat merekatkan tanah. Pertumbuhan struktur miselium akan semakin meningkat apabila semakin lama waktu inkubasi. Hal ini akan berdampak pada semakin mantapnya pembentukan agregat tanah. Struktur miselium yang terdapat pada polisakarida memiliki pengaruh dalam memantapkan agregat tanah. Polisakarida ternyata mengandung gkukosa, rhamnosa, manosa, glukosamin dan asam 4-0-metil-glukoronat sebagai komponen utama. Menurut Rao (1994) diantara karbohidrat yang diisolasi dari tanah, diketahui bahwa dekstran yang mengandung adam uronat dalam jumlah yang besar dan resisten terhadap degradasi mikroba ternyata memiliki kualitas tertinggi dalam membentuk agregrat tanah.

Bakteri mampu mengeluarkan suatu polisakarida berupa lendir yang berfungsi sebagai *gum* (perekat) dan metabolit lain untuk membentuk agregat tanah. Sedangkan jamur/kapang dari struktur tubuhnya berupa hifa mampu mengikat partikel tanah untuk membentuk agregat tanah (Anas, 1989). Bakteri gram positif dan negatif memiliki perilaku berbeda dalam menghuni agregat. Bakteri gram positif cenderung menempati bagian luar mikroagregat karena lebih kering, sedangkan bakteri gram negatif cenderung berada pada bagian dalam karena lebih lembab (Irianto, 2007). Agregat tanah dalam proses pembentukannya tidak lepas dari proses organik yang bersifat tidak spesifik (zat yang dihasilkan umum). Komponen biotik berperan dalam

menjalankan proses dan menghasilkan zat yang tidak spesifik (Schnitzer, 1978). Pembentukan agregat tanah disebabkan oleh partikel koloid bermuatan listrik negatif, sehingga molekul-molekul air dipolar akan terabsorbsi ke permukaan liat. Rantai molekul air secara otomatis dapat merangkai koloid liat bersama-nama dengan kation. Kelompok bahan koloid tanah (bahan perekat) dalam proses pembentukan agregat tanah yaitu: mineral-mineral liat, oksida-oksida besi, dan mangan yang bersifat koloid dan bahan organik koloidal, termasuk *gum* yang dihasilkan oleh aktivitas-aktivitas jasad renik. Agregasi hakekatnya dipengaruhi oleh kegiatan mikroba-mikroba dalam tanah dan juga dibantu oleh sejumlah bahan organik (Hakim, 1986).

Nilai DMR yang lebih tinggi pada P3 dibandingkan P1 dan P2, ini karena nutrisi dan kandungan gula total molase lebih banyak sehingga bakteri yang tumbuh semakin banyak. Dari hasil perhitungan jumlah bakteri pada P3 adalah $3{,}54x10^5$ sedangkan pada P1 dan P2 masing-masing $1{,}67x10^4$ dan $2.13x10^5$. Semakin banyak populasi bakteri maka semakin banyak pula eksopolisakarida (EPS) yang dihasilkan. Faktor lingkungan dan jumlah nutrisi yang tersedia di dalam bahan tanah mineral turut berperan dalam mendukung aktivitas dan viabilitas bakteri dan fungi yang diinokulasikan (Laksmita *et al*., 2008).

Selain faktor nutrisi dan kadar gula, faktor lain yang menyebabkan banyak sedikitnya jumlah bakteri adalah faktor fase pertumbuhan bakteri. Perkembangan bakteri selama masa inkubasi diamati sampai pada inkubasi 30 hari. Pada pengamatan jumlah bakteri yang diinokulasikan ke tanah sampai inkubasi 30 hari jumlah pupulasi bakteri mengalami peningkatan (Gambar 9).



Gambar 9. Perkembangan bakteri selama berada didalam tanah sampai inkubasi 30 hari

Hal ini menunjukkan bahwa bakteri dalam fase eksponensial dimana bakteri mengalami peningkatan populasi. Pada fase eksponensial, sel berada dalam keadaan pertumbuhan yang seimbang. Selama fase ini, masa dan volume sel meningkat oleh faktor yang sama dalam arti rata-rata komposisi sel dan konsentrasi relatif metabolit tetap konstan. Selama periode ini pertumbuhan seimbang, kecepatan peningkatan dapat diekspresikan dengan fungsi eksponensial alami. Sel membelah dengan kecepatan konstan yang ditentukan oleh sifat intrinsik bakteri dan kondisi lingkungan. Pada fase eksponensial ini bakteri banyak menghasilkan eksopolisakarida. Sehingga semakin banyak eksopolisakarida yang dihasilkan bakteri maka peningkatan kemantapan agregat semakin meningkat. Menurut Monod (1949) pada fase eksponensial bakteri asam laktat menghasilkan eksopolisakarida dalam jumlah yang maksimum, eksopolisakarida akan berkurang dan habis saat masa *stasioner* dan berlanjut pada fase kematian.

4.4. Optimalisasi Peningkatan Kadar Bahan Organik, N, P, K dan pH Tanah Dengan Bakteri *Lactobacullus fermentum*

4.4.1. Peningkatan Bahan Organik Tanah

Bahan organik merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik demikian berada dalam pelapukan aktif dan menjadi mangsa serangan jasad mikro. Sebagai akibatnya bahan tersebut berubah terus dan tidak mantap sehingga harus selalu diperbaharui melalui penambahan sisa-sisa tanaman atau binatang.

Dari hasil penelitian inokulasi bakteri *Lactobacillus fermentum* dapat menambah bahan organik di dalam tanah (Tabel 12). Pada pengamatan yang dilakukan, masing perlakuan memberikan pengaruh secara signifikan (Gambar 10)

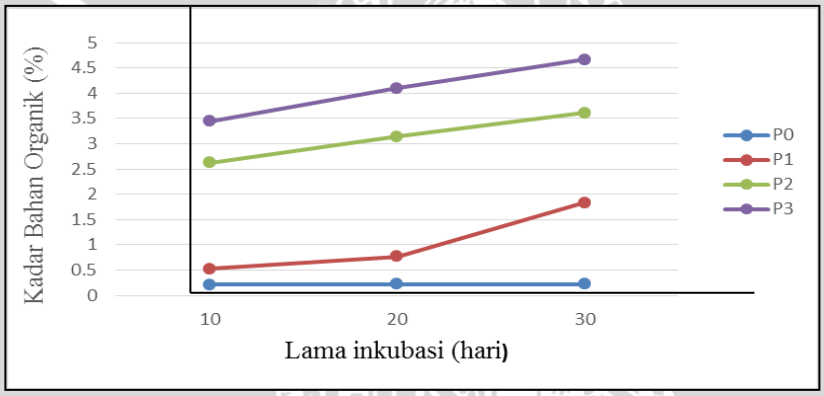
Tabel 12. Peningkatan kadar bahan organik tanah oleh bakteri *Lactobacillus fermentum* pada pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari

Perlakuan	Kadar bahan organik (%) *)		
	Inkubasi		
	10	20	30
P0	0.21 a	0.22 a	0.22 a
P1	0.52 a	0.77 b	1.83 b
P2	2.62 b	3.13 c	3.60 c
P3	3.44 c	4.10 d	4.66 d

Keterangan : P0= 450 ml aquadest, P1= 100 ml molase + 350 aquadest, P2= 200 molase + 250 aquadest, P3= 400 molase + 50 ml aquadest

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT (P>0,05)

Pada tabel 12 dapat dilihat masing-masing perlakuan memberikan pengaruh nyata (Lampiran 5). Perlakuan P3 memberikan pengaruh sangat nyata sampai pada inkubasi 30 hari. P3 memiliki populasi bakteri yang lebih banyak dari pada P1 dan P2. Peran eksopolisakarida yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat selain dapat meningkatkan kemantapan agregat EPS juga dapat menambah unsur hara dan bahan organik tanah. Polisakarida ternyata mengandung gkukosa, rhamnosa, manosa, glukosamin dan asam 4-0-metil-glukoronat sebagi komponen utama. Menujrut Rao (1994) diantara karbohidrat yang diisolasi dari tanah, diketahui bahwa dekstran yang mengandung asam uronat dalam jumlah yang besar dan resisten terhadap degradasi mikroba ternyata memiliki kualitas tertinggi dalam membentuk agregrat tanah dan menambah unsur hara dalam tanah.



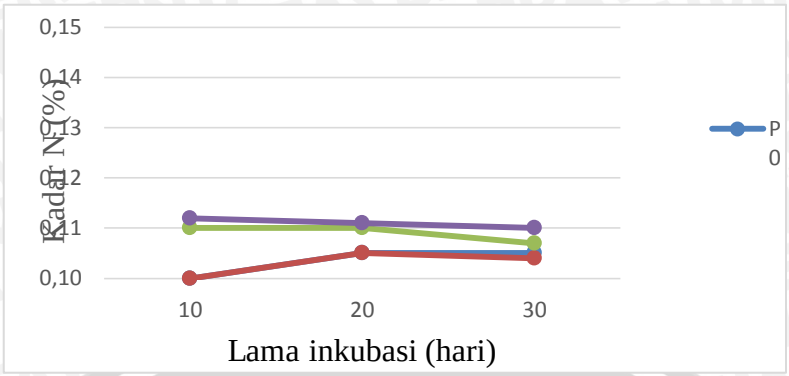
Gambar 10. Peningkatan kadar bahan organik tanah

Peningkatan kemantapan agregat tanah juga berpengaruh terhadap peningkatan bahan organik tanah. Peranan agregat bagi ekosistem tanah adalah untuk mikroba sendiri, mikroagregat tanah dapat melindungi mikroba terutama bakteri dari protozoa pemangsa, selain itu interaksi yang menguntungkan (simbiosis mutualisme) diantara mikroorganisme (Lawton, 1955). Akibatnya apabila bakteri *Lactobasillus fermentum* terlindungi maka populasi bakteri menjadi meningkat.

4.2.2. Peningkatan Kadar N Tanah

Nitrogen (N) merupakan salah satu unsur hara utama dalam tanah yang sangat berperan dalam merangsang pertumbuhan dan memberi warna hijau pada daun. Kekurangan nitrogen dalam tanah menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terganggu dan hasil tanaman menurun karena pembentukan klorofil yang sangat penting untuk proses fotosintetis terganggu. Namun, bila jumlahnya terlalu banyak akan menghambat pembungaan dan pembuahan tanaman (Hakim 1986). Secara garis besar, nitrogen dalam tanah dibagi menjadi dua bentuk, yaitu N-organik dan N-anorganik. Bentuk N-organik meliputi asam amino atau protein, asam amino bebas, gula amino, dan bentuk kompleks lainnya, sedangkan bentuk N-anorganik meliputi NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, N_2O, NO, dan N_2^-. N-organik keberadaannya lebih banyak dibandingkan dengan N-anorganik. Menurut Hardjowigeno (1987) untuk dapat diserap oleh tanaman, N organik harus diubah atau didekomposisi menjadi N anorganik.

Hasil pengukuran kadar N pada sampel tanah yang dilakukan sampai inkubasi 30 hari terlihat bahwa inokulasi bakteri *Lactobacillus fermentum* ke dalam sampel tanah tidak memberikan peningkatan unsur N dalam tanah. Pada pengukuran awal nitrogen sebelum tanah diinokulasikan dengan bakteri *Lactobacillus fermentum*, tanah memiliki kandungan N 0.147%. Setelah tanah diinokulasikan dengan bakteri tersebut kadar N mengalami penuruan pada inkubasi 10 hari baik pada P0, P1, P2 maupun P3. Akan tetapi sejalan masa inkubasi kadar N tidak mengalami peningkatan (Gambar 11).



Gambar 11. Perubahan kadar N setelah pemberian bakteri *Lactobacillus fermentum*

Menurut Apriwulandari (2008) bahwa sebesar 145.89 mg/tanaman yang menyebabkan kehilangan N melalui pengangkutan hasil panen dan sebagian digunakan mokroorganisme tanah untuk aktivitas metabolisme. Menurut Hasbi (2009) salah satu penyebab hilangnya unsur N dalam tanah ialah sifat N yang mudah larut dan mudah hilang dalam air. Dalam penelitian pemberian air disesuaikan dengan kapasitas lapangan yaitu 450 ml kg^{-1}, maka bias jadi unsur N tersebut bisa larut dan hilang karena pemberian air tersebut.

Bakteri *Lactobacillus fermentum* tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan N,karena bakteri tersebut bukan tergolong bakteri penambat N dan tidak memiliki sifat bersimbiosis dengan tanaman. Pasaribu *et al* (2009) menyatakan mikroorganisme yang tergolong mikroorganisme penambat N adalah baktero fotosintesis, *Azotobacter*, *Clostridium* dan *Rhizobium*.. Menurut Madigan (2009) bakteri nitrogen atau dikenal juga sebagai bakteri pengikat nitrogen adalah kelompok bakteri yang mampu mengikat nitrogen (terutaman N_2) bebas di udara dan mereduksinya menjadi senyawa amonia dan ion nitrat (NO_3^-) oleh bantuan enzim nitrogenase. Kelompok bakteri ini biasanya bersimbiosis dengan tanaman kacang-kacangan dan polong untuk membentuk suatu simbiosis mutualisme berupa nodul atau bintil akar untuk mengikat nitrogen bebas di udara yang pada umumnya tidak dapat digunakan secara langsung oleh kebanyakan organisme. Secara umum, kelompok bakteri ini dikenal dengan istilah *rhizobia*, termasuk di dalamnya genus

bakteri *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Photorhizobium*, dan *Sinorhizobium*.

4.4.3. Peningkatan Kadar P Tersedia dalam Tanah

Unsur Fosfat (P) dalam tanah berasal dari bahan organik, pupuk buatan dan mineral-mineral di dalam tanah. Fosfor paling mudah diserap oleh tanaman pada pH sekitar 6-7 (Hardjowigeno 2003). Dalam siklus P terlihat bahwa kadar P-Larutan merupakan hasil keseimbangan antara suplai dari pelapukan mineral-mineral P, pelarutan (*solubilitas*) P-terfiksasi dan mineralisasi P-organik dan kehilangan P berupa immobilisasi oleh tanaman fiksasi dan pelindian (Hanafiah 2005).

Aryantha *et al.* (2002) menyatakan bahwa mikroorganisme tanah juga berperan penting dalam proses pelarutan mineral-mineral yang tadinya berada dalam bentuk senyawa kompleks menjadi bentuk ion, maupun garam-garam yang dapat diserap oleh akar.

Hasil pengukuran kadar P pada sampel tanah dilakukan sampai inkubasi 30 hari (Tabel 13).

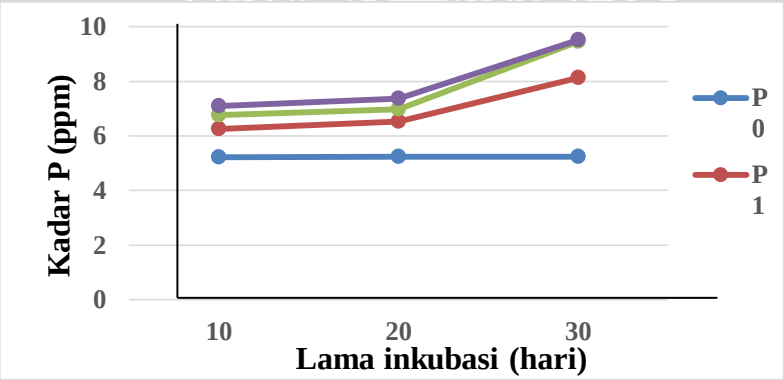
Tabel 13. Kadar P (Bray II) setelah tanah diinokulasi dengan bakteri *Lactobacillus fermentum* pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari

Perlakuan	Kadar P (ppm) *)		
	Inkubasi		
	10	20	30
P0	11.8 a	11.9 a	11.9 a
P1	14.3 b	14.9 b	18.7 b
P2	15.4 c	16.0 c	21.4 c
P3	16.1 c	16.8 d	21.6 c

Keterangan : P0= 450 ml aquadest, P1= 100 ml molase + 350 aquadest, P2= 200 molase + 250 aquadest, P3= 400 molase + 50 ml aquadest

*) Angka dalam kolom yang sama diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT (P>0,05).

Dari Tabel 13 terlihat inokulasi bakteri *Lactobasilus fermentum* memberikan pengaruh sangat nyata terhadap peningkatan kadar P dalam tanah (Lampiran 5). Dari inkubasi 10 hari sampai inkubasi 30 hari kadar P mengalami peningkatan. Pada awal pengamatan sebelum bakteri diinokulasikan ke dalam tanah, sampel tanah memiliki kadar P 11.09 ppm. Setelah diinokulasikan bakteri kadar P mengalami peningkatan pada P1, P2 dan P3. Peningkatan kadar P berlanjut pada inkubasi selanjutnya sampai 30 hari. Masing-masing perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata. Menurut Hardjowigeno (2003) harkat P pada tanah dibagi dalam 5 kriteria yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi (Lampiran 5). Pada inkubasi 10 hari kadar P pada P0, P1 dan P2 masih tergolong rendah sedangakan pada P3 termasuk dalam kelas sedang. Seiring berjalannya waktu inkubasi sampai 30 hari kadar P pada P0, P1, P2 dan P3 tergolong rendah (Lampiran 8) meskipun pada setiap masa inkubasi mengalami peningkatan (Gambar 12).



Gambar 12. Peningkatan kadar P tersedia dalam tanah pada perlakuan pemberian bakteri *Lactobacllus fermentum* selama 10, 20 dan 30 hari inkubasi

Peningkatan kadar P terjadi karena bakteri *Lactobacillus fermentum* merupakan bakteri asam laktat sehingga bakteri tersebut mengandung asam laktat yang tinggi dimana asam laktat tersebut membantu ketersediaan unsur P dalam tanah. Menurut Rao (1987) pelarutan P oleh bakteri asam laktat didahului dengan sekresi asam-asam organik, salah satunya asam laktat. asam-asam ini dapat membentuk *khelat* (kompleks stabil) dengan kation Al, Fe atau Ca yang mengikat P, sehingga ion

H_2PO_4- menjadi bebas dari ikatannya dan tersedia bagi tanaman untuk diserap. Mekanisme mikroorganisme dalam melarutkan P tanah yang terikat dan P yang berasal dari alam diduga karena asam-asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan $AlPO_4$, $FePO_4$, dan $Ca(PO_4)_2$, dari reaksi tersebut terbentuk khelat organik dari Al, Fe, dan Ca sehingga P terbebaskan dan larut serta tersedia untuk tanaman (Hilda & Reynaldo, 2000).

4.4.4. Peningkatan Kadar K Tanah

Kalium merupakan unsur hara ketiga setelah Nitrogen dan Fosfor yang diserap oleh tanaman dalam bentuk ion K^+. Muatan positif dari Kalium akan membantu menetralisir muatan listrik yang disebabkan oleh muatan negatif Nitrat, Fosfat, atau unsur lainnya. Kalium tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan mineral-mineral yang mengandung kalium. Melalui proses dekomposisi bahan tanaman dan jasad renik maka kalium akan larut dan kembali ke tanah. Hasil pengukuran kadar K pada sampel tanah dilakukan selama inkubasi 30 hari berpengaruh nyata pada peningkatan kadar K dalam tanah (Tabel 14)

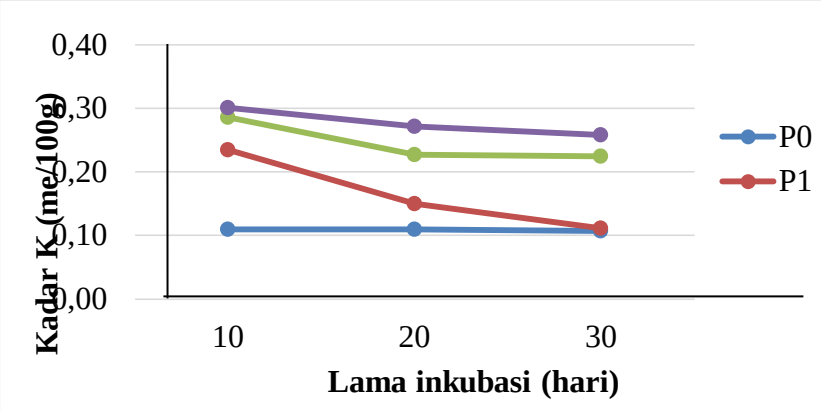
Tabel 14. Kadar K tanah setelah diinokulasikan bakteri *Lactobacillus fermentum* pada masa inkubasi 10, 20 dan 30 hari

Perlakuan	Kadar K (me $100g^{-1}$) *)		
	Inkubasi		
	10	20	30
P0	0.11 a	0.11 a	0.10 a
P1	0.23 b	0.15 a	0.11 a
P2	0.28 bc	0.22 b	0.22 b
P3	0.30 c	0.27 c	0.25 c

Keterangan : P0= 450 ml aquadest, P1= 100 ml molase + 350 aquadest, P2= 200 molase + 250 aquadest, P3= 400 molase + 50 ml aquadest

*)Angka dalam kolom yang sama diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT (P>0,05).

Pada Tabel 14 inokulasi bakteri *Lactobacillus fermentum* memberikan pengaruh sangat nyata pada masing-masing perlakuan (Lampiran 5). Ini ditunjukkan dengan meningkatnya kadar K pada P1,P2 dan P3. Untuk P0 menunjukkan nilai yang sama pada analisis awal yaitu 0.11 me $100g^{-1}$. Akan tetapi bertambahnya masa inkubasi kadar K tanah pada perlakuan P1, P2, dan P3 masing-masing mengalami penurunan (Gambar 13). Menurut Murray dan Hesterberg (2006) kriteria K dalam tanah yang telah diberikan penambahan bakteri *Lactobacillus fermentum* dari inkubasi selama 10, 20 dan 30 hari masih diperoleh kadar K tanah dalam kategori sangat rendah (Lampiran 5).



Gambar 13. Peningkatan kadar K tersedia dalam tanah pada perlakuan pemberian bakteri *Lactobacllus fermentum* selama 10, 20 dan 30 hari inkubasi

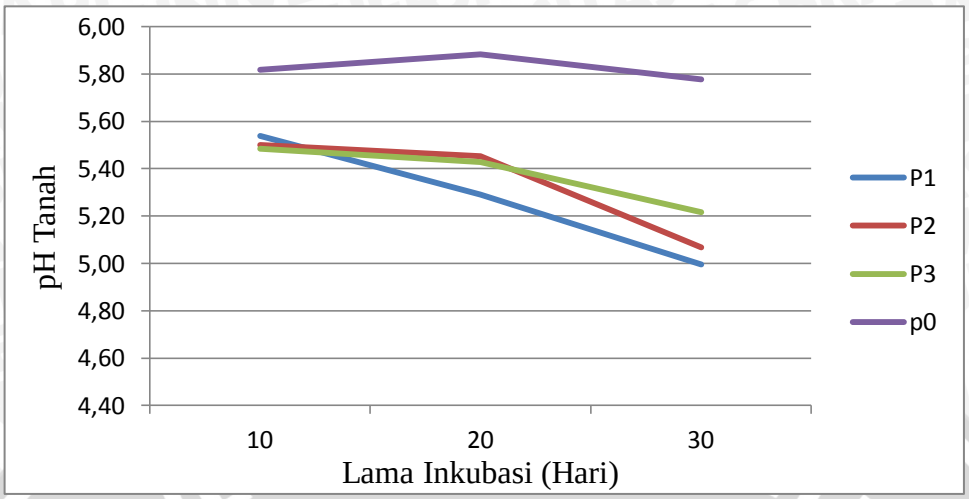
Hasil sekresi asam laktat akan berfungsi sebagai katalisator dan memungkinkan asam-asam organik tersebut membentuk senyawa kompleks dengan ion K^+, sehingga terjadi pelarutan dan menjadi tersedia (Rao, 1987). Mikroba membutuhkan zat-zat nutrisi untuk sintesa komponen sel dan menghasilkan energi. Unsur-unsur makro seperti N, P, K, Mg, Ca diperlukan oleh hampir semua mikroba (Fardiaz, 1989). Dengan demikian menurunnya kadar K pada masa inkubasi

disebabkan unsur K digunakan oleh bakteri untuk proses metabolise untuk menghasilkan energi.

4.4.5. pH Tanah

Reaksi tanah menunjukkan sifat kemasaman atau alkalinitas tanah yang dinyatakan dengan nilai pH. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam tanah. Makin tinggi kadar ion H^+ didalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Di dalam tanah selain H^+ dan ion-ion lain ditemukan pula ion OH^-, yang jumlahnya berbanding terbalik dengan banyaknya H^+. pada tanah-tanah masam jumlah ion H^+ lebih tinggi daripada OH^-, sedang pada tanah alkalis kandungan OH^- lebih banyak daripada H^+. Bila kandungan H^+ sama dengan OH^- , maka tanah bereaksi netral yaitu mempunyai pH = 7. Nilai pH berkisar dari 0-14 dengan pH 7 disebut netral sedangkan pH kurang dari 7 disebut masam dan pH lebih dari 7 disebut alkalis. Menurut Musthofa (2007) Walaupun demikian pH tanah umumnya berkisar dari 3,0-9,0.

Pada pengamatan pH sebelum bakteri diinokulasikan ke tanah, tanah memiliki pH 5,9. Tanah tersebut tergolong masam karena pH<7. Hasil pengukuran pH pada sampel tanah dilakukan sampai inkubasi 30 hari. Pemberian bakteri *Lactobacillus fermentum* ke dalam tanah dapat menurunkan pH tanah. Hal ini dikarenakan adanya asam laktat yang dihasilkan oleh bakteri *Lactobacillus fermentum* sehingga tingkat keasaman tanah semakin tinggi. pH terendah diperoleh dengan tanpa penambahan mineral yang memberikan indikasi bahwa penurunan pH sebagai akibat produksi asam laktat dari glukosa tidak berhubungan dengan produksi EPS. Hal ini dalam produksi EPS yang paling utama adalah penggunakan sumber karbon untuk reaksi polimerisasi sintesis polisakarida, penurunan pH berkaitan erat dengan produksi asam laktat (Pham *et al.*, 2000). Perlakuan P3 penurunan pH lebih tinggi dari pada P1 dan P2 (Gambar 14), dikarenakan perlakuan P3 memiliki jumlah populasi bakteri yang lebih banyak, sehingga semakin banyak populasi bakteri maka semakin banyak asam laktat yang terkandung.

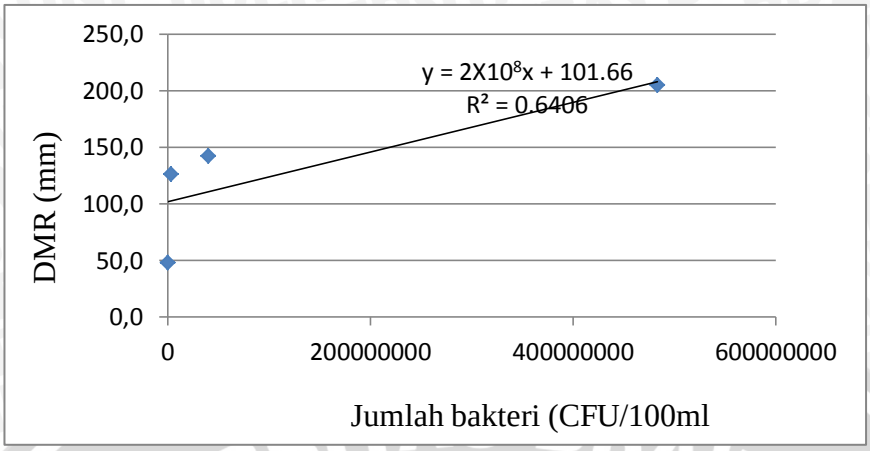


Gambar 14. Penurunan pH tanah setelah diinokuilasikan bakteri

4.5. Hubungan jumlah bakteri dengan sifat fisika dan kimia tanah

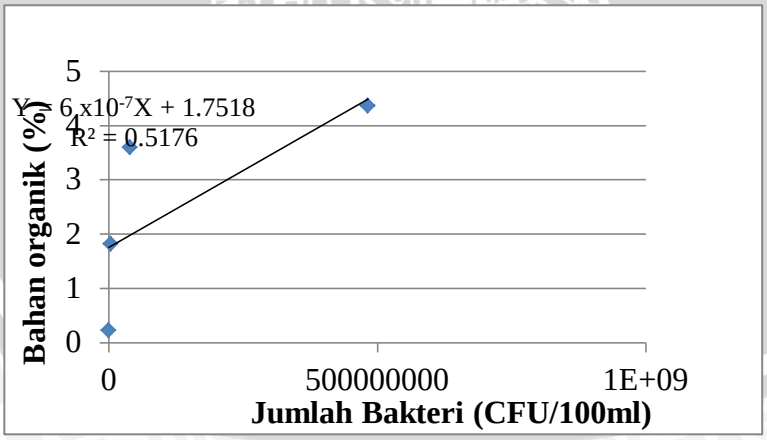
Hubungan jumlah bakteri dengan agregat tanah, N tersedia, P tersedia, K tersedia, bahan organik dan pH tanah dianalisis menggunakan analisis korelasi dan regresi. Analisis korelasi digunakan untuk mencari arah dan kuatnya hubungan antara dua variabel, sedangkan analisis regresi digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai variabel dependen. Apabila korelasi menunjukkan kuat atau sangat kuat maka dilanjutkan dengan analisis regresi.

Hasil analisis korelasi antara jumlah bakteri dengan kemantapan agregat tanah menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara jumlah bakteri terhadap kemantapan agregat tanah dimana nilai koefisien korelasi r=0,80 (Lampiran 6.2). Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa sebesar 64% dari peningkatan kemantapan agregat dipengaruhi oleh jumlah bakteri (X) dimana model persamaan regresi $Y = 2 \times 10^{-7}X + 101,66$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,64$ (Gambar 15)



Gambar 15 .Pengaruh jumlah bakteri dengan stabilitas agregat

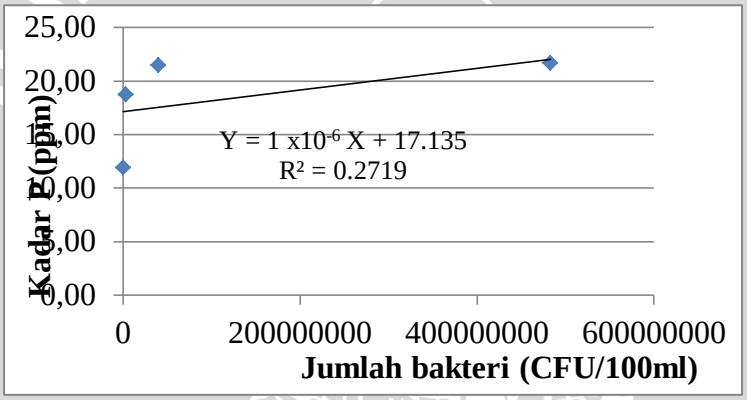
Hasil analisis korelasi antara jumlah bakteri dengan bahan organik tanah menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara jumlah bakteri terhadap bahan organik tanah dimana nilai koefisien korelasi r=0,72 (Lampiran 6.2). Hasil analisis regresi antara jumlah bakteri dengan bahan organik tanah menunjukkan bahwa sebesar 0,52% dari nilai bahan organik tanah dipengaruhi oleh jumlah bakteri (X) dimana model persamaan regresi $Y= 6 \times 10^{-7}X + 1,7518$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2= 0,52$ (Gambar 16)



Gambar 16. Pengaruh jumlah bakteri dengan bahan organik tanah

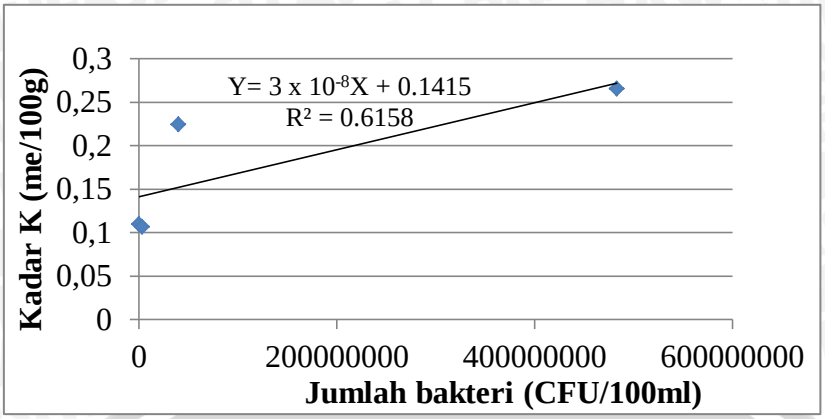
Hasil analisis korelasi antara jumlah bakteri dengan N tersedia menunjukkan terdapat hubungan yang sangat lemah dimana nilai koefisien korelasi R=0,12 (Lampiran 6.2).

Hasil analisis korelasi jumlah bakteri dengan P tersedia menunjukkan bahwa terdapat hubungan agak kuat atau sedang dimana nilai koefisien korelasi r=0,52 (Lampiran 6.2). Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa sebesar 27% dari nilai P tersedia dipengaruhi oleh jumlah bakteri (X), dimana model persamaan regresi $Y=1x10^{-6}X+17,135$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2=0,27$ (Gambar 17)



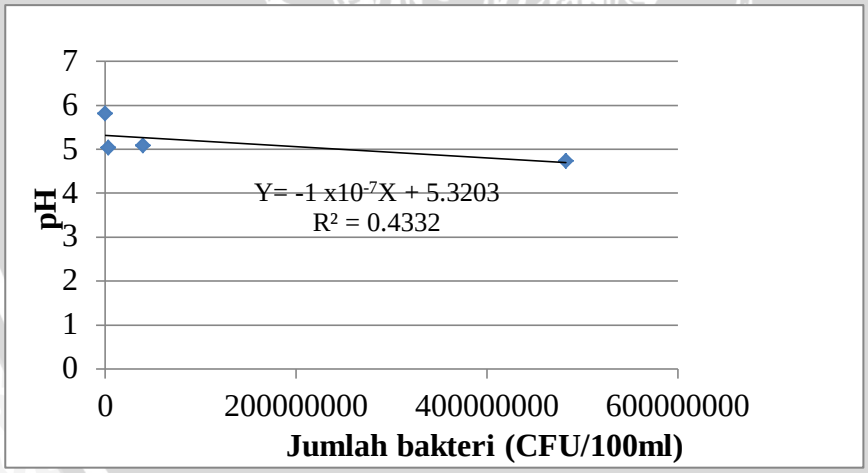
Gambar 17. Pengaruh populasi bakteri dengan kadar P

Hasil analisis korelasi antara jumlah bakteri dengan K tersudia menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat dimana nilai koefisien korelasi r=0,78 (Lampiran 6.2). Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa sebesar 61% dari nilai K tersedia dipengaruhi oleh jumlah bakteri (X) dimana model persamaan regresi $Y = 3x 10^{-8}X + 0,1415$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2= 0,61$ (Gambar 18).



Gambar 18. Pengaruh populasi bakteri dengan kadar K tersedia

Hasil analisis korelasi antara jumlah bakteri dengan pH tanah menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara jumlah bakteri terhadap penurunan pH tanah dimana nilai koefisien korelasi r=0,65. Hasil analisis regresi antara jumlah bakteri dengan pH tanah menunjukkan bahwa sebesar 43% dari penurunan nilai pH dipengaruhi oleh jumlah bakteri (X), dimana model persamaan regresi Y = -1x 10^{-7}X + 5,3203 dengan nilai R^2=0,43 (Gambar 19).



Gambar 1.Pengaruh populasi bakteri dengan pH tanah

repository.ub.ac
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan:

1. Pada uji media pembawa (air kelapa, legen, larutan gula dan molase), bakteri *Lactobacillus fermentum* tumbuh dengan baik pada media molase ini ditandai dengan populasi bakteri yang lebih banyak dibandingkan dengan media yang lain.
2. Pemberian *Lactobacillus fermentum* berpengaruh nyata terhadap peningkatan agregat tanah lempung berpasir. Pada analisis awal tanah memiliki stablitas agregat 0,48 mm (kurang mantab) sejalan lamanya masa inkubasi sampai 30 hari P1, P2 dan P3 masing-masing mengalami peningkatan menjadi 1,27 mm (sangat stabil); 1,43 mm (sangat mantab) dan 2,05 mm (sangat mantab sekali). *Lactobacillus fermentum* juga memberikan pengaruh terhadap peningkatan bahan organik, P tersedia dan K tersedia. Akan tetapi bakteri ini tidak memberikan pengaruh terhadap peningkatan N tersedia dan pH tanah.

5.2 Saran

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran eksopolisakarida sehingga ini menjadi kekurangan pada penelitian ini. Diharapkan ada penelitian selanjutnya yang melakukan pengukuran eksopolisakarida yang dihasilkan oleh bakteri *Lactobacillus fermentum.*

DAFTAR PUSTAKA

Afriani. 2008. *Kualitas dan potensi dadih sebagai tambahan pendapatan peternak kerbau di kabupaten Kerinci*. Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan, 11(3) 115-120.

Alfred, Brown. 2005. *Laboratory Manual in General Microbiology*: Microbiological Applications.Mc.Graw-hill Comp.US.

Alimin, Narsito, S.J Santosa, & S Noegrohati. 2005. *Fraksinasi Asam Humat Dan Pengaruhnya Pada Kelarutan Ion Logam Seng (II) Dan Kadmium (II)(Humic Acid Fractionation And Its Effects On The Solubilities Of Metal Ions Zinc (II) And Cadmium (II))*. ILMU DASAR 6: 1-6.

Amellal, N., G. Burtin, F. Bartoli & T. Heulin. 1998. *Colonization of wheat roots by anexopolysaccharide-producing Pantoea agglomerans strain and its effect on rhizosphere soil aggregation*. Appl. Environ. Microbiol., 64(10), 3740-3747.

Anas, I. 1989. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Hal : 65-72

Anwar, R. 2000. *Bakteri Gram-positif dari air kemih penderita infeksi saluran kemih*. Kongres Nasional IV PAMKI: Semarang.

Apriwulandari. 2008. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik (Kotoran Sapi) Terhadap Pencucian Nitrat Pada Berbagai Jenis Tanah Dengan Tanaman Jagung Sebagai Indikator Pertumbuhan*. Skripsi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya : Malang.

Arief, I.I., R.R.A. Maheswari & N. Hidayati. 2006. *Karakteristik Lactobacillus sp. yang diisolasi dari daging sapi.* Teknologi Peternakan dan Pertanian. 14(4), 124-132

Arsyad S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor. Hal : 24-36

Aryantha , I. N. P. & A. T. Lunggani. 2007. *Suppresion on the Aflatoxin-B production and thegrowth of Aspergillus flavus by Lactic acid bacteria (Lactobacillus delbrueckii, Lactobacillus fermentum, and Lactobacillus plantarum)*. Biotechnology 6 (2) : 257-262.

Ashraf, M. & M. R. Foolad. 2007. *Improving plant abiotic-stress resistance by exogenousapplication of osmoprotectants glycine betaine and proline*. Environ. Exp. Bot. 59:206–216.

Balai penelitian tanah. 2004. *Petuntuk teknis pengamatan tanah*. Pusat penelitian dan pengembangan tanah dan agroklimat. Departemen pertanian.

Bao B, H Hirai, Z Pang, T Miyazaki & L Li. 2010. *Association between polymorphism in STAT5A gene and milk production traits in Chinese Holstein cattle.* Anim Sci Papers Rep 1 : 5 –11.

Bhardwaj, Shainberg, Goldstein, Warrington & Levy. 2007. *Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils.* Soil Sci Soc Am J71(2), 406-412.

Biswas S.K & WL Chaffin. 2005. *Anaerobic growth of C.albicansdoes not support biofilm formation unde r similar conditions used for aerobic biofilm.* Curr.Microbial.

Budiyanto. 2002. *Dasar-dasar ilmu tanah.* Badan kerjasama perguruan tinggi negri Indonesia Timur. Makasar.

Bueno SM & CH Garcia-cruz. 2006. *Optimization of polysaccharides production by bacteria isolated from soil.* Brazilian J Microbiol 37, 296-301.

Caesar-TonThat, T.C. & V.L. Cochran. 2001. *Role of a saprophytic Basidiomycete soil fungus in aggregate stabilization.*In: D.E Stott et al. (Eds.). Sustaining the Global Farm. 10th International Soil Conservation Organization Meeeting held May, 24-29, 1999 p. 575-579.

Chen Y, & T. Aviad. 1990. *Effect of Humic Substances on Plant Growth. In* Humic Substances in Soil and Crop Sciences : Selected Readings. Eds. P Mac Carthy, CE Clapp, RL Malcolm and P.R. Bloom hal 161 - 168. American Society of Agronomy, Madison.

Chenu C, J Guerif & Cockra. 1991. *Mechanical strength of clay minerals as influenced by an adsorbed polysaccharide*. Soil Sci Soc Am J. 55(4):1076-1080.

Czaczyk K & K Myszka. 2007. *Biosynthesis of extracellular polymeric substances (EPS) and its role in microbial biofilm formation.* Polish J. Environ. Stud. 16(6): 799-806.

De Boodt, M. 1978. *Soil Physics*. State University of Ghent, Belgia. pp 634-648

Drazkiewicz M. 1994. *Distribution of microorganisms in soil aggregates: effect of aggregate size*. Folia Microbiol39(4): 276-282.

Emtiazi, G., Z. Ethemadifar & M. H. Habibi. 2004. *Production of extra-cellular polymer in Azotobacter and biosorption of metal by exopolymer.* African J. Biotechnol., 3(6), 330-333.

Fardiaz, S., 1989. *Mikrobiologi Pangan.* Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas IPB, Bogor.

Gobel & Risco. 2008. *Mikrobiologi Umum Dalam Praktek.* Universitas Hasanuddin, Makassar.

Goenadi, D.H. 1995. *Mikroba pelarut hara dan pemantap agregat dari beberapa tanah tropika basah.* Menara Perkebunan 62: 60-66.

Hairiah & Handayanto. 2009. *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat Cetakan ke 2*. Yogyakarta, Pustaka Adipura.

Hakim. 1986. *Dasar-dasar Imu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung: Lampung.

Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. RajaGrafindo Persada: Jakarta. Hal 43-72.

Handayani, Suci. 2002. *Kajian struktur tanah lapis olah :i. Agihan ukuran dan dispersitas agregat.* Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan Vol 3 (1) pp 10-17.

Handayanto E. 1999. *Komponen Biologi Tanah sebagai Bioindikator Kesehatan dan Produktivitas Tanah.*Universitas brawijaya, Malang.

Handayanto E & K Hairiah. 2007. *Biologi Tanah*. Pustaka Adipura, Yogyakarta. Hal 62-84.

Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo, Jakarta. Hal 17-36.

Hasbi. 2009. *Pengaruh Pupuk N P K dan Air Kelapa Terhadap Pertumbuhan Anggrek Vanda*. Prosiding Seminar BPTP Sumbar PSE. Deptan.

Hendryani, I.S. & Setari. 2009. *Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (Vigna sinensis) pada tingkat penyediaan air yang berbeda*. J. Sains Mat. 17:145-150.

Hilda Rodríguez & Reynaldo Fraga. 2000. *Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion* . Department of Microbiology, Cuban Research Institute on Sugarcane By-Products (ICIDCA). Havana, Cuba

Hillel, Daniel. 1998. *Pengantar Fisika Tanah*. PT Mitra Gama Widya, Yogyakarta. Hal 87-114.

Hinarminto B & S Handayani. 2002. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan"Kajian struktur Tanah Lapis Oleh : I Agihan ukuran dan dispertasi agregat*, Yogyakarta.

Irianto, K. 2007. *Mikrobiologi*. Yrama Widy, Bandung. Hal 75-94.

Irianto, K. 2002. *Mikrobiologi: Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 2*. CV. Yrama Widya. Bandung.

Islam AMFMF. 2002. *Immunosuppresive effects of marek's disease virus MDV) and herpesvirus of turkey (HVT) in broiler chickens and protective efect of HVT vaccination challenge*. Avian Pathol31: 449-461. Ito H. et al. 2002. Antitumor activity of compounds iso.

Jay JM. 2000. *Modern Food Microbiology*. Aspen, Maryland.

Kemper WD & RC Rosenau. 1986. *Aggregate stability and size distribution*. Methods of soil analysis, 1: physical and mineralogical methods) (Monograph No. 9. 2nd edition). ASA. Madison. Wis. America.

Khodair TA, GF Galal & TS El-Tayeb. 2008. *Effect of inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria in saline soil*. J. Appl. Sci. Res. 4(12): 2065-2070.

Kim, J.S., B.L. Reuhs, M.M. Rahman, B. Ridley & R.W.Carlson. 1996. *Separation of bacterial capsular and lipopolysaccharides by preparative electrophoresis.* Glycobiology, 6(4), 433-437.

Kullisaar T, E Songisepp, M Mikelsaar, K Zilmer, T Vihalemm & M Zilmer. 2003. *Antioxidative probiotic f ermented goat's milk decreases oxidative stressmediated atherogenicity in Human*. J Nutr 90:449-456.

Kurniawan, A.P. 2004. *Pembatan Etanol dari Sampah Pasar Melali Poses Hidrolisis Asam dan Fermentasi Bakteri Zymomonas mobilis*. Jurusan Teknik Lingkungan FTP-ITS : Surabaya.

Kuswurj, R. 2008. *Sugar Technology and Research: Kualitas Mutu Gula Kristal Putih*. Institut Teknologi Surabaya: Surabaya.

Laksmita. 2010. *Karakter Bakteri Asam Laktat Enterococcus sp. yang Diisolasi dari Saluran Pencernaan Ternak*. Jurnal Mikrobiologi Indonesia.

Laksmita, A. Dariah & D. H. Goenadi. 2008. *Peningkatan Kemantapan Agregat Tanah Mineral Oleh Bakteri Penghasil Eksopolisakarida.* Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan: Bogor.

Lawton, M. 1955. *Difco Manual Of Dehydratd culture Media and Reagent for Microbiology and clinical Laboratory Procedures. 9th edition*. Michigan Detroit Difco Laboratories Page 32-33, 93.

Lee YK. 2009. *Probiotic Microorganisms. Di dalam : Handbook of Probiotic andPrebiotics. 2nd edition.* Yuan Kun Lee and Seppo Salminen (editor). John wiley & Sons, Inc.

Lynch, J.M. & E. Bragg. 1985. *Microorganisms and soil aggregate stability*. Adv. Soil Sci., 2, 133-171.

Madigan. 2009. *Brock Biology of Microorganism*. Twelfth Edition. Pearson International Edition : San Fransisco. pp 121-137

Manzari. 2002. *Optomal Control of Framed Structures Incluiding Seismic Soil-Structure Interaction Effects.* ASC Engineering Mechanics Conference, New York. pp 128-134

Marshall VME & AY Tamime. 1997. *Physiology and Biochemistry of Fermented Milks*. New York: Chapman &Hall. pp 137-142

Mukhlis, 2007. *Analisis Tanah Dan Tanaman*. USU press, Medan. Hal 155.

Murray G.C. & D Hesterberg. 2006. *Iron and phosphate dissolution during Abiotic reduction of ferrihydrite-boehmite mixtures*. Soil Sci Soc Am J 70:1318-1327.

Musthofa. 2007. *Penurunan Senyawa Fospat Dalam Air Limbah Buatan Dengan Proses Jerapan Menggunakan Tanah Haloisit.* FTSP ITS. Surabaya. Hal 56-74

Monod, Jacques. 1949. *The Growth of Bacterial Cultures*. Annual Review of Microbiology 3:371-394.

Pasaribu HF, N Dalimunthe & M Poeloengan. 2009. *Pengobatan Pencegahan Penyakit Ikan Bercak Merah*. Prosiding Seminar Nasional II Penyakit Ikan dan Udang. Editor A.Rukyani *dkk*. Bultkanwar Bogor. 12(4): 124–137.

Pederson C. 1971. *Microbiology of Food Fermentation*. Connecticut. The Avi Publ. pp 43-75

Pham, P.L., I. Dupont, D. Roy, G. Lapointe & J. Cerning. 2000. *Production of exopolysaccharide by Lactobacillus rhamnosus R and analysis of its enzymatic degradation during prolonged fermentation*. Appl. Environ. Microbiol. 66(6): 2302 – 2310.

Povolo S & S Casella. 2004. *Poly-3-hydroxybutyrate has an important role for the survival of Rhizobium tropici under starvation*. Annals Microbiol. 54(3): 307-316.

Prijono, Sugeng. 2008. *Teknik Analisis Sifat Fisika Tanah*. Lembaga Cakrawala Indonesia. Hal 49-74

Rao, S. 1994. *Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press: Jakarta. Hal 79

Reis C, D Navas, N Pereira, & A Cravador. 2001. Growth hormone AluI polymophism analysis in eight Portuguese bovine breeds. *Arch Zootec*50 : 41 – 48.

Rengasamy, T Balsem, & P. Buurman. 1984. *Chemical and Physical Analysis Required for Soil Classification. Soil Data Base Management Project*. Technical Report No. II. Version 2. Center for Soil and Agroclimate Research. Bogor.

Ristiarini. 2004. *Pola sukses imicroflora alami pada fermentasi nira siwalan dan pemanfaatannya dalam minuman fermentasi*. Biota 1: 1-8.

Rostini. 2007. *Peranan Bakteri Asam Laktat* (*Lactobacillus plantalium*) *Trhadap Masa Simpan Fillet Nila Merah pada Suhu Rendah*. Universitas Padjajaran. Bandung. Hal 32-48

Samet E.B., S.C.Sowinski & Y. Okon. 2004. *Arabinose content of extracellular polysaccharide plays a role in cell aggregation of Azospirillum brasilense*. Microbiol. Lett., 237(2), 195.

Savadogo, A., A.T.C Ouattara., H.N.I Bassole., & S.A Traore. 2004. *Antimicrobial activities of lactic acid bacteria strains isolated from burkina faso fermented milk*. Pakistan J. Nut.3 (3): 174-179.

Schnitzer. 1978. *Micorrhizal Simbiosis Second Edition*. Academic Press. Hacourt Brace & Company Publisher. London. pp. 32-79.

Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor. Hal 68-97

Songisepp, RP Arruda, BA Ball, CG Gravance, AR Garcia, IKM Liv. 2004. *Effect of extender and cryoprotectants on stalion sperm head morphometry*. Theriogenology 58 : 253 – 256.

Stamer JR. 1980. *Lactic Acid Bacteria*.Wesport Connecticut, Avi. pp 67-96

Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry*: Genesis, Composition, Reactions. 2Th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp 136-143

Suci. 2008. *Klasifikasi bahan organik tanah pada beberapa penggunaan lahan di pinangpinang kawasan hutan hujan tropik daerah gunung gadut padang.* Seminar Nasional FakultasPertanian Universitas Andalas. 23(7), 124-138

Suhardjo, M. Soepartini & U. Kurnia. 1993. *Bahan organik tanah*. Informasi Penelitian Tanah, Air, Pupuk: Bogor. Hal 10 -18

Sunarminto, B.H & Handayani, S. 2002. *Kajian Struktur Tanah Lapis Olah.* Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Hal 36-57

Surono IS. 2004. *Probiotik: Susu Fermentasi dan Kesehatan*. Tri Cipta Karya, Jakarta. Hal 74

Sutari, N.W.S. 2010. *Investigasi Pengaruh Bio-Urine, Fermentasi dengan Mikroorganisme Lokal (MOL) dari Daun Gamal (Gliricidia sepium) pada Pertumbuhan dan Produksi Pupuk Hijau (Brassica juncea L.)*. Abstrak Presentasi "Agricultural Adaptation in Response to Climate Change". Denpasar. 217 hal

Sutherland, I.W. 1997. *Microbial exopolysaccharides-structural subtleties and their consequences.*Pure & Appl. Chem., 69(9), 1911-1917.

Suryajaya. 2005. *Isolasi dan Seleksi Lactobacillus yang Berpotensi Sebagai Agensia Probiotik*. Tesis Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Hal 17-28

Syahrir, I,H. 2002. *Karekterisasi Fisik,kimia dan Mikrobiologi dadih susu sapi dengan kombinasi starter Lactobacillus plantarum dan L. bulgaricus dan Streptococcus thermophilus. Skripsi.* Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor: Bogor. Hal 67-81

Syaifuddin. 1984. *Sifat Fisik Tanah & Metode Analisisnya*. UGM press. Yogyakarta. Hal 57-61

Tallon R & C. Urdaci. 2006. *Isolation and Characterization of TwoExopolysaccharides Produced by Lactobacillus plantarum EP56*. pp 126

Tan, K. H. 1998. *Dasar - Dasar Kimia Tanah*. UGM press, Yogyakarta. Hal 295.

Tisdale, S.L, Nelson, W.L. Beaton, J.D. & Havlin, J.L. 1990. *Soil Fertility and Fertilizers.* Macmillan Publishing Company. New York. pp 1253-1264

Tisdall JM. 1994. *Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils.* Plant Soil 159 (1):115-121.

Unsoed. 2008. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi Dasar.* Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

Yi, Huang W & Ge Y. 2008. *Exopolysaccharide: a novel important factor in the microbial dissolution of tricalcium phosphate*. World. J. Microbiol. Biotechnol. 24(7):1059-1065.

Zoumpopoulou G, B Foligne, Christodoulouk, C Gnangette, B Pot & E Tsakalidov. 2008. *Lactobacillus fermentum ACA-DC 179 displays probiotics potential in vitro and protect against trinitrobenzen sulfonic acid (TNBS) induced colitis and salmonella infection in marine models.*Inf J Food Microbiol 12:18-19

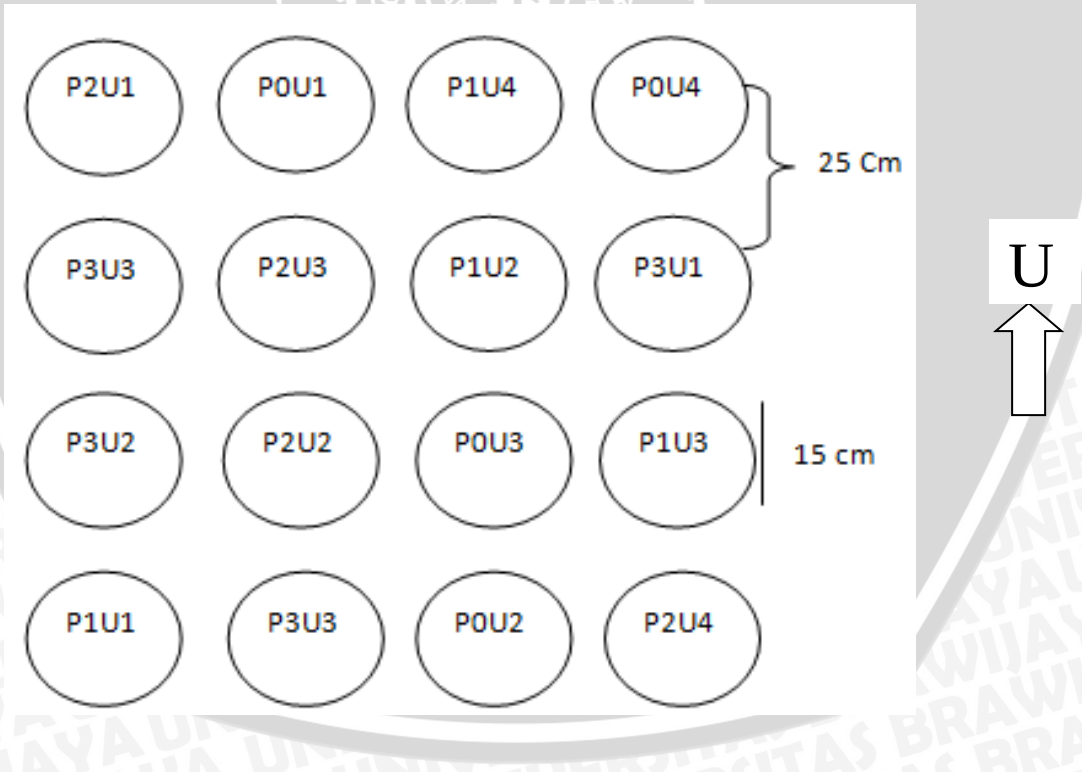
repository.ub.ac
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal penelitian

Jadwal Kegiatan	Juni				Juli				Agustus				September				Oktober				November				Desember				Januari			
Minggu	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan proposal																																
Uji media pembawa																																
Uji awal agregat, N,P, K, pH dan C-Organik																																
Inokulasi bakteri ke tanah dan pengamatan																																
Seminar proposal																																
Seminar hasil																																
Ujian skripsi																																

Lampiran 2.

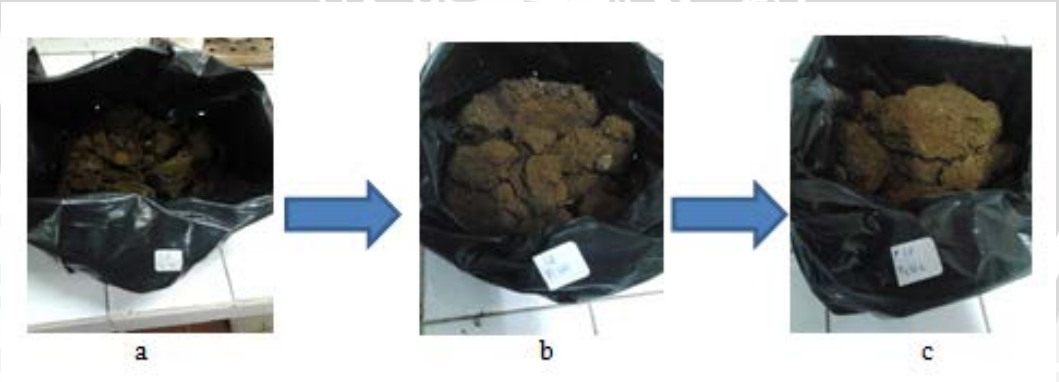


Denah peletakan polybag dalam percobaan

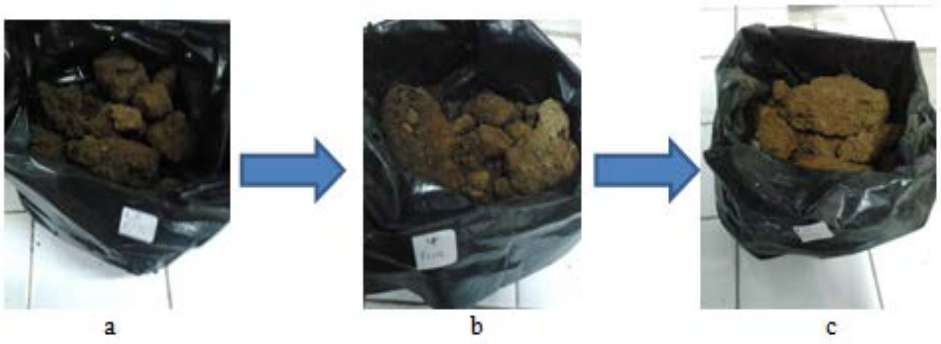
Keterangan :

- P0U1 : 450 ml aquadest ulangan ke 1
- P0U2 : 450 ml aquadest ulangan ke 2
- P0U3 : 450 ml aquadest ulangan ke 3
- P0U4 : 450 ml aquadest ulangan ke 4
- P1U1 : 100 ml media + 350 ml aquadest ulangan ke 1
- P1U2 : 100 ml media + 350 ml aquadest ulangan ke 2
- P1U3 : 100 ml media + 350 ml aquadest ulangan ke 3
- P1U4 : 100 ml media + 350 ml aquadest ulangan ke 4
- P2U1 : 200 ml media + 250 ml aquadest ulangan ke 1
- P2U2 : 200 ml media + 250 ml aquadest ulangan ke 2
- P2U3 : 200 ml media + 250 ml aquadest ulangan ke 3
- P2U4 : 200 ml media + 250 ml aquadest ulangan ke 4
- P3U1 : 400 ml media + 50 ml aquadest ulangan ke 1
- P3U2 : 400 ml media + 50 ml aquadest ulangan ke 2
- P3U3 : 400 ml media + 50 ml aquadest ulangan ke 3
- P3U3 : 400 ml media + 50 ml aquadest ulangan ke 3

Lampiran 3. Perkembangan agregat tana



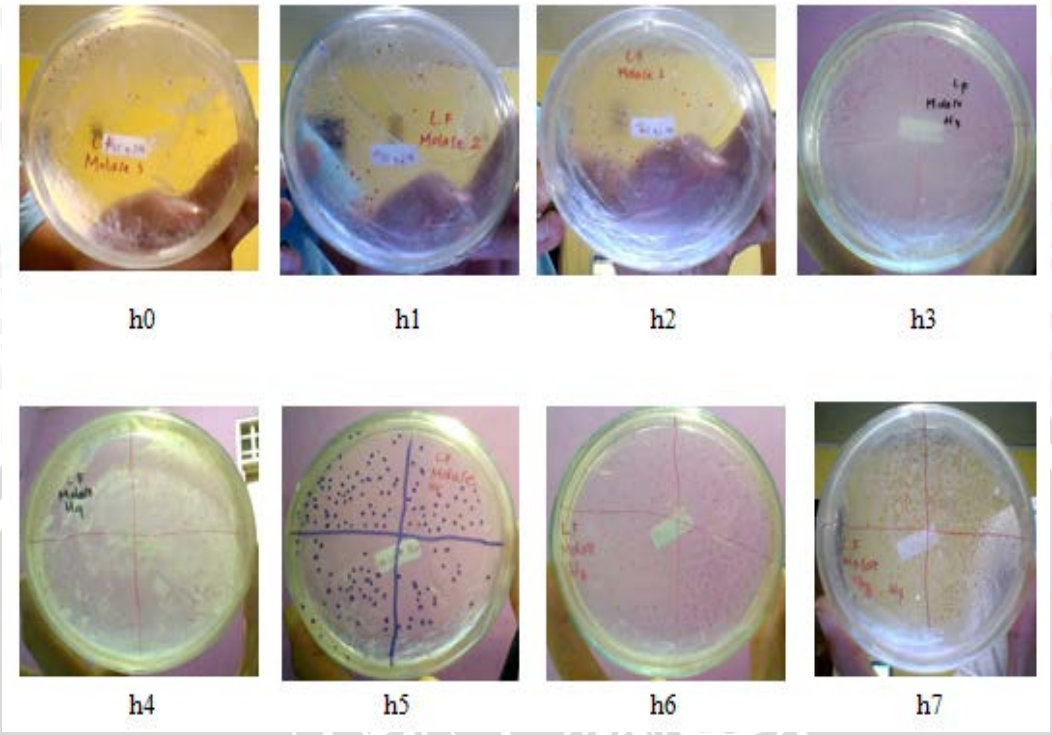
Lampiran 3.1 Perkembangan agregat tanah pada P1(100 ml media + 350 ml aquadest dengan jumlah bakteri 10^4) : a. inkubasi 10 hari, b. inkubasi 20 hari, c. inkubasi 30 hari



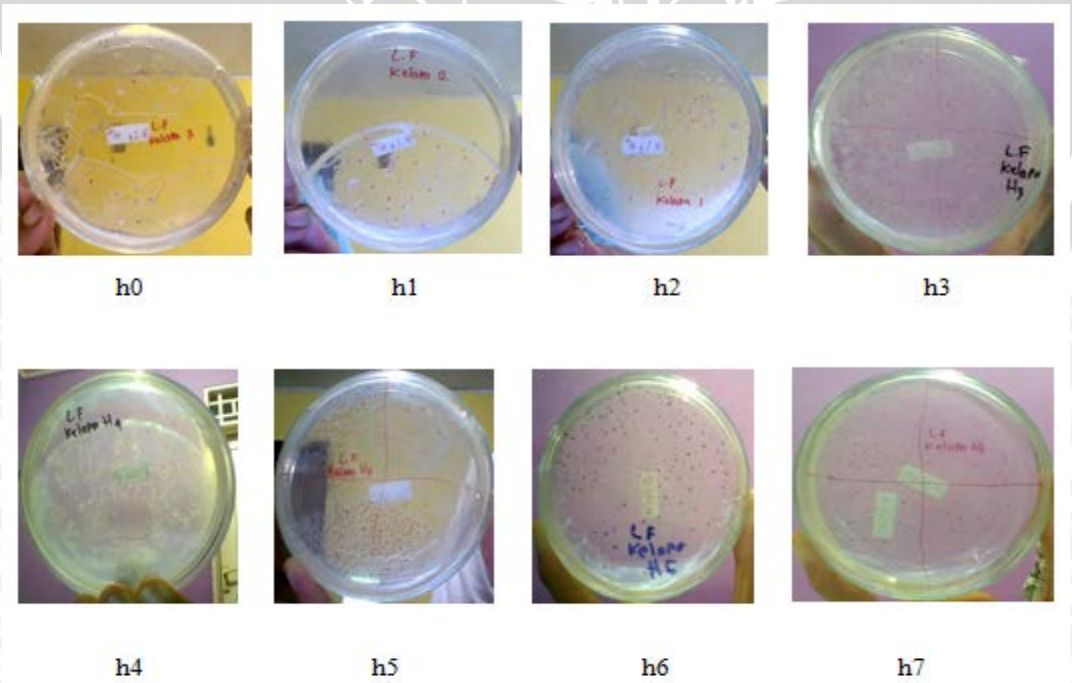
Lampiran 3.2 Perkembangan agregat tanah pada P2(200 ml media + 250 ml aquadest dengan jumlah bakteri 10^5) : a. inkubasi 10 hari, b. inkubasi 20 hari, c. inkubasi 30 hari

Lampiran 3.3. Perkembangan agregat tanah pada P3(400 ml media + 50 ml aquadest dengan jumlah bakteri 10^6) : a. inkubasi 10 hari, b. inkubasi 20 hari, c. inkubasi 30 hari

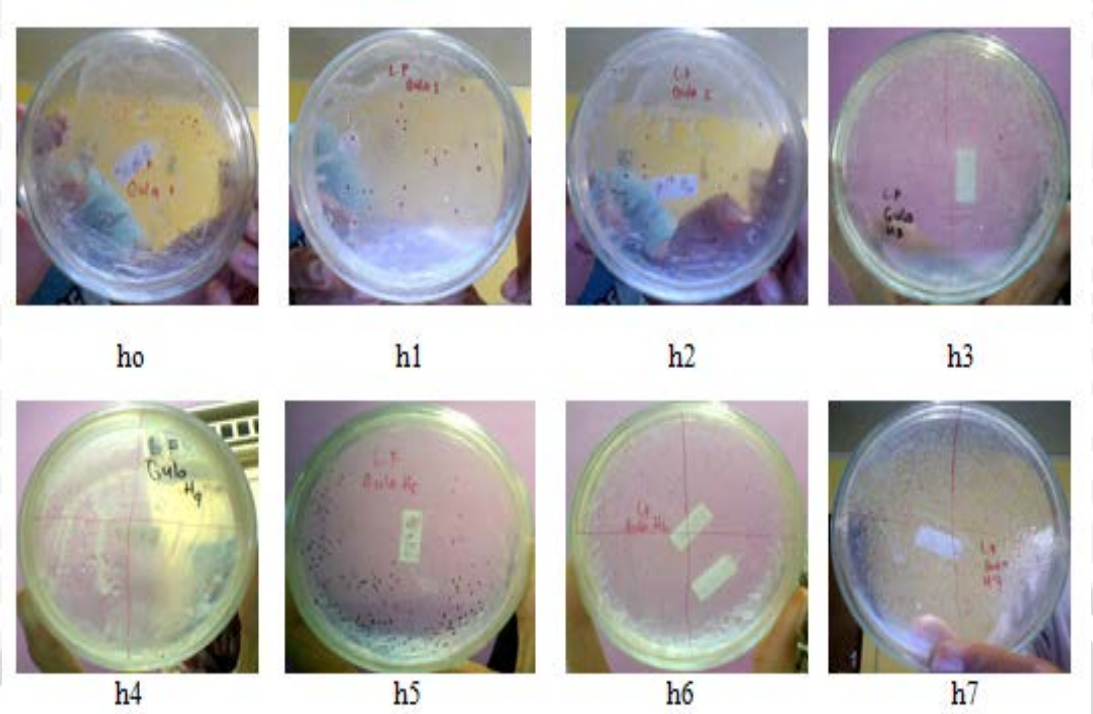
Lampiran 4. Perkembangan bakteri pada media pembawa molase, air kelapa, larutan gula dan legen.



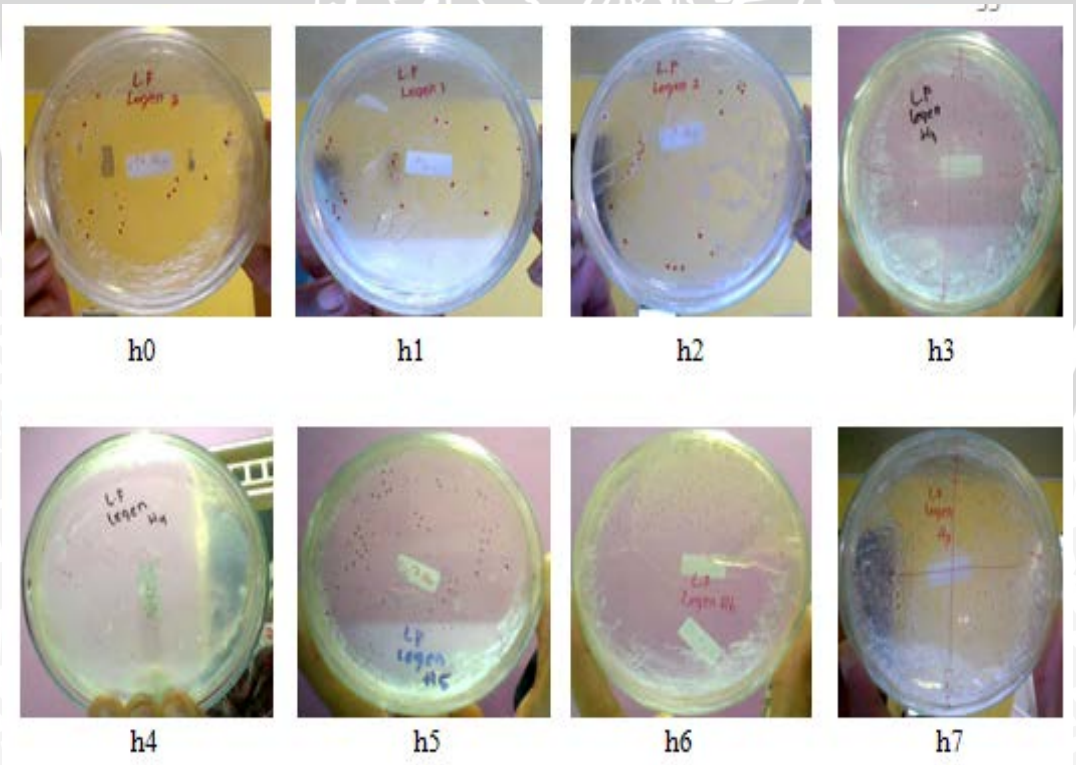
Lampiran 4.1. Perkembangan bakteri pada molase



Lampiran 4.2. Perkembangan bakteri pada air kelapa



Lampiran 4.3. Perkembangan bakteri pada larutan gula



Lampiran 4.4. perkembangan bakteri pada lege

Lampiran 5. Analisis Tekstur Sampel Tanah

Fraksi	Persentase (%)
Pasir	57
Liat	7
Debu	36

Lampiran 6. Kelas tekstur

Kelas tekstur	Kandungan (%)		
	Pasir	Debu	Liat
Pasir	> 85	< 150	< 10
Pasir berlempung	70-90	0-30	0-15
Lempung berpasir	43-85	0-50	0-20
Lempung	23-52	28-50	7-27
Debu	0-20	80-100	0-12
Lempung berliat	20-45	15-53	27-40
Lempung liat berpasir	45-80	0-28	20-35
Lempung liat berdebu	0-20	40-73	27-40
Liat berpasir	45-65	0-20	35-55
Liat berdebu	0-20	40-60	40-60
Liat	0-45	0-40	40-100

Lampiran 7. Analisis Dasar Sampel Tanah

Analisa	Metode	Hasil	Kriteria *)
Nilai DMR (mm)	Ayakan basah	0,49	Kurang mantab
Bahan organik (%)	Walkey & Black	0,2	Sangat rendah
N tersedia (%)	Kjeldahl	0,10	Rendah
P tersedia (ppm)	Bray II	11,9	Rendah
K tersedia (me/100g)	Flamefotometer	0,11	Sedang
pH	Glass elektrode	5,9	Asam

Keterangan *) Balai penelitian tanah (2000)

Lampiran 8. Hasil Sidik Ragam

A. Kemantapan agregat

a. Inkubasi 10 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	1492.997	3	497.666	53.241**	3.182
Dalam kelompok	112.17	12	9.347		
Total	1605.166	15			

b. Inkubasi 20 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	28785.418	3	9595.139	895.378**	3.182
Dalam kelompok	128.596	12	10.716		
Total	28914.014	15			

c. Inkubasi 30 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	50222.908	3	16740.969	540.278**	3.182
Dalam kelompok	371.83	12	30.986		
Total	50594.738	15			

B. Bahan organik tanah

a. Inkubasi 10 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	29.922	3	9.974	292.98**	3.182
Dalam kelompok	0.409	12	0.034		
Total	30.331	15			

b. Inkubasi 20 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	35.994	3	11.998	776.47**	3.182
Dalam kelompok	0.185	12	0.015		
Total	36.18	15			

c. Inkubasi 30 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	40.713	3	13.571	553.264**	3.182
Dalam kelompok	0.294	12	0.025		
Total	41.008	15			

C. P tersedia

a. Inkubasi 10 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	43.430	3	14.477	59.428**	3.182
Dalam kelompok	2.923	12	0.244		
Total	46.353	15			

b. Inkubasi 20 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	55.844	3	18.615	179.929**	3.182
Dalam kelompok	1.241	12	0.103		
Total	57.086	15			

c. Inkubasi 30 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	248.851	3	82.95	267.133**	3.182
Dalam kelompok	3.728	12	0.311		
Total	252.578	15			

D. K tersedia

a. Inkubasi 10 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	0.090	3	0.03	48.57**	3.182
Dalam kelompok	0.007	12	0.001		
Total	0.097	15			

b. Inkubasi 20 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	0.079	3	0.026	68.446**	3.182
Dalam kelompok	0.005	12	0		
Total	0.084	15			

c. Inkubasi 30 hari

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	F tabel 5%
Antar kelompok	0.073	3	0.024	418.671**	3.182
Dalam kelompok	0.001	12	0		
Total	0.074	15			

Lampiran 9. Korelasi jumlah bakteri dengan bahan organik, N tersedia, P tersedia, K tersedia, pH tanah dan kemantapan agregat

	DMR	Bahan Organik	N total	P tersedia	K tersedia	pH tanah
DMR	1					
Bahan Organik	0,92	1				
N total	0,61	0,72	1			
P tersedia	0,84	0,85	0,34	1		
K tersedia	0,72	0,90	0,85	0,65	1	
pH tanah	0,25	0,51	0,60	0.31	0,77	1

Keterangan

Koefisien korelasi	Tingkat hubungan
0.00 - 0.19	Sangat lemah
0.20 - 0.39	Lemah
0.40 - 0.59	Sedang
0.60 - 0.79	Kuat
0.80 - 1.00	Sangat kuat

Lampiran 10. Kriteria nilai sifat fisik tanah

Sifat tanah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi
Karbon (%)	< 1,00	1,00-2,00	2,01-3,00	3,01-5,00	> 5,00
Nitrogen (%)	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,51-0,75	> 0,75
C/N	< 5,0	5,0-7,9	8,0-12,0	12,01-17,0	> 17,0
P2O5 eks- HCl (%)	< 0,021	0,021-0,039	0,040-0,060	0,061-0.100	> 0,100
P -avl Bray-II (ppm)	<8,0	8,0-15,0	16,0-25,0	26,0-35,0	> 35,0
P -avl Olsen (ppm)	< 10,0	10,0-25,0	26,0-45,0	46,0-60,0	> 60,0
K2O eks- HCl (mg/100)	< 0,03	0,03-0,06	0,07-0,11	0,12-0,20	> 0,20
KTK/CEC (me/100)	< 5,0	10,0-16,0	17,0-24,0	25,0-40,0	>40,0

Sumber: Hardjowigeno (1998)