

Teknologi Biodam untuk Meningkatkan Laju Infiltrasi dan Kesuburan Lahan pada Lapisan Tanah Keras dan Tandus

Nugroho Widiasmadi

Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim, Indonesia

Email: nugrohowidiasmadi@unwahas.ac.id

Abstrak

Tujuan riset ini adalah untuk meningkatkan laju infiltrasi pada lahan tandus dan keras (bekas tambang) melibatkan Mikroba Alfaafa (MA-11) melalui teknologi Biodam yang mempunyai 5 standar asesmen. Penelitian ini dilakukan pada Desember 2015 sampai Januari 2017 di Pulau Lumba Kepulauan Riau. Alat yang digunakan adalah Double Ring Infiltrometer untuk mengukur laju infiltrasi pada tiga jarak radial dari pusat lubang mikroba (Biohole), Pengukur kandungan garam elektrolit sebagai indikasi kesuburan tanah menggunakan Electrolit Conductivity., serta penggunaan PH meter sebagai pengukur derajat keasaman tanah. Perhitungan infiltrasi dilakukan tiap 5 menit dan diamati setiap 15 hari sekali selama 45 hari. Hasilnya dengan mikroba laju infiltrasi antara 21.7 cm/jam-34,2 cm/jam, kesuburan antara 580 uS/cm – 675 uS/cm, PH antara 6- 6,5. Sedangkan tanpa mikroba laju infiltrasi antara 20,9 cm/jam -22,0 cm/jam , kesuburan antara 91 uS/cm – 100 uS/cm , dengan PH 5,7 – 6.

Kata Kunci: *Laju Infiltrasi , Biodam, Lahan, Mikroba Alfaafa, Kesuburan, Keasaman.*

Abstract

The purpose of this research is to increase the infiltration rate on barren and hard land (ex- mining) involving Microba Alfaafa (MA-11) through Biodam technology which has 5 assessment standards. This research was conducted from December 2015 to January 2017 on Lumba Island, Riau Islands. The tools used are Double Ring Infiltrometer to measure the rate of infiltration at three radial distances from the center of the microbial hole (Biohole), Measuring the salt content of electrolytes as an indication of soil fertility using Electrolytic Conductivity., and the use of PH meters as a measure of the degree of soil acidity. Infiltration calculations were performed every 5 minutes and observed every 15 days for 45 days. The result is that the microbial infiltration rate is between 21.7 cm/hour-34.2 cm/hour, fertility is between 580 uS/cm – 675 uS/cm, PH is between 6-6.5. Whereas without microbes the infiltration rate is between 20.9 cm/hour -22.0 cm/hour, fertility is between 91 uS/cm – 100 uS/cm, with PH 5.7 – 6.

Keywords: *Infiltration Rate, Biodam, Land, Alpha Microbes, Fertility, Acidity.*

PENDAHULUAN

Penurunan daya dukung lahan saat ini terus meluas, hal ini salah satu faktor utamanya disebabkan karena menurunnya kesuburan, kesehatan dan daya serap (laju infiltrasi) tanah, kondisi ini dipicu oleh pemakaian Pupuk dan Pestisida anorganik (kimia) yang berlebihan (Sunjoto, S. 2011). Untuk mengembalikan daya dukung lahan tersebut dengan cepat agar kembali produktif maka tidak cukup hanya dipenuhi oleh air saja tetapi diperlukan agen hayati dalam mendukung konservasi tanah dan air. Infiltrasi adalah proses aliran air masuk ke dalam tanah yang umumnya berasal dari curah hujan,

sedangkan laju infiltrasi merupakan jumlah air yang masuk ke dalam tanah per satuan waktu. Proses ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur hidrologi yang dapat mempengaruhi jumlah air yang terdapat dipermukaan tanah, dimana air yang terdapat di permukaan tanah akan masuk ke dalam tanah kemudian mengalir ke sungai (Triatmodjo, B. 2005). Air yang dipermukaan tanah tidak semuanya mengalir ke dalam tanah, melainkan ada sebagian air yang tetap tinggal di lapisan tanah bagian atas (top soil) untuk kemudian diuapkan kembali ke atmosfer melalui permukaan tanah atau soil evaporation (Suripin. 2003).

Kapasitas infiltrasi adalah kemampuan tanah dalam merembeskan banyaknya air ke dalam tanah. Besarnya kapasitas infiltrasi dapat memperkecil berlangsungnya aliran permukaan tanah. Berkurangnya pori-pori tanah yang umumnya disebabkan oleh pemadatan/kompaksi tanah, menyebabkan menurunnya infiltrasi, kondisi ini sangat dipengaruhi juga oleh adanya cemaran tanah (Nugroho, 2010) akibat pemakaian pupuk dan pestisida kimia secara berlebihan sehingga tanah menjadi keras. Permasalahan lain juga banyak terdapat lahan termasuk pulau-pulau kecil yang tidak produktif karena kondisi alam seperti adanya lapisan batuan/ pasir, lahan bekas tambang (bauksit, tembaga, nikel). Jika akan meningkatkan produktivitas lahan tersebut secara teknis maka tidak hanya membutuhkan air saja melainkan nutrisi dan kesehatan tanahnya.

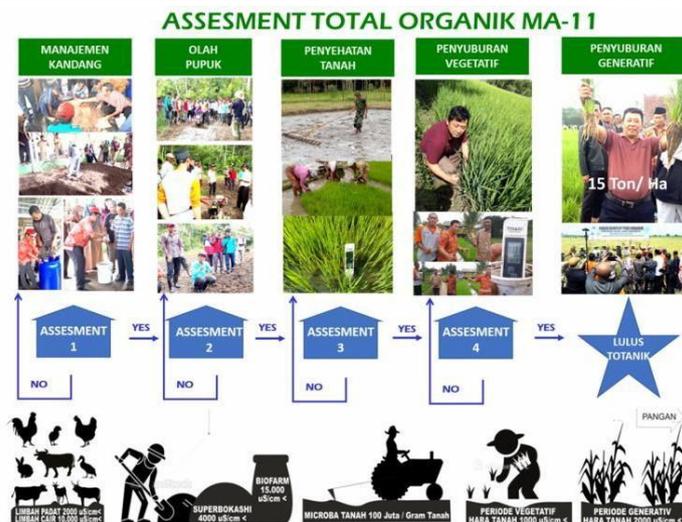
Biodam merupakan teknologi konservasi tanah & air yang menggunakan sistem resapan irigasi aktif karena melibatkan aktivitas mikroba dengan 5 standar Total Organik, dalam hal ini uji menggunakan *Microbacter Alfaafa* untuk mempercepat dan memperbesar laju infiltrasi (soil infiltration) dan kesuburan tanah (Dr. Nugroho, 2005). Meningkatkan kegemburan tanah dengan melibatkan aktivitas mikroba (Bioinfiltrasoil) tersebut dapat dijadikan pengembangan ilmu teknik Sipil Keairan sebagai Eco- Civil Engineering. Sehingga ilmu teknik ini mampu memberikan nilai produktivitas daya dukung lahan melalui konservasi tanah dan air (Nugorho, 2005).

METODE

Penelitian dilakukan untuk menguji 5 Standar Total Organik yang merupakan sistem Biodam hasil penemuan Dr. Ir, Nugroho Widiasmadi di lahan tandus lapisan bauksit Pulau Lumba Desa Kasu Kecamatan Belakang Padang Provinsi Kepulauan Riau (Kepri) dan di Laboratorium Yayasan ANSA. Penelitian dilaksanakan dari bulan Desember 2015 sampai dengan Januari 2017.

Teknologi ini meliputi 5 tahapan asesmen untuk merevitalisasi / memulihkan lahan-lahan tandus. Memulihkan Tanah Secara Terukur dengan 5 Standar Kerja dalam teknologi Biodam :

1. Kualitas Limbah Padat nilai EC minimal = 2000 uS/cm) & Kualitas Limbah Cair nilai EC minimal = 10.000 uS/cm
2. Kualitas Limbah Padat Terfermentasi / Super Bokashi (min 4000 uS/cm) & Kualitas Limbah Cair terfermentasi / Biofarm minimal nilai EC = 10.000 uS/cm)
3. Kesehatan Tanah minimal terdapat 100 juta populasi mikroba per gram tanah
4. Kesuburan Tanah pada Masa Vegetative nilai EC minimal = 1000 uS/cm.
5. Kesuburan Tanah pada Masa Generative nilai EC minimal = 2000 uS/cm.



Gambar 1 Sistem Kerja Biodam untuk Pemuliaan Tanah

Pemuliaan tanah meliputi kegiatan penyehatan tanah dan penyuburan tanah baik pada masa vegetatif dan masa genetatif.

- PENGAPURAN** : Langkah pertama adalah mengukur keasaman tanah dengan Ph Meter, jika tingkat keasaman tanah dibawah 5 maka tanah dalam kondisi asam dan perlu dinetrakkan , salah satu dengan pengapuran / pemberian kapur sebanyak 1 – 2 Ton / Ha
- PENYEHATAN** : Tanah perlu disehatkan artinya harus terbebas dari virus, jamur dan OPT , sehingga perlu dibangun daya tahan tanah (soil immunity) yaitu dengan memasukan mikroba kek dalam yop soil bersamaan saat oleh tahan baik saat membalik dan menghancurkan tanah.
 - Treatment pertama** : Membajak tanah dengan singkal sedalam 40 cm, jika tanah cukup keras maka proses pembajaan bisa dilakukan 2 s/d 3 kali. Saat proses pembajakan maka yang di belakang traktor melakukan penyemprotan Mikroba dengan ukuran (1 lt MA-11 + 50 lt Air) dan dibiarkan 3 hari.

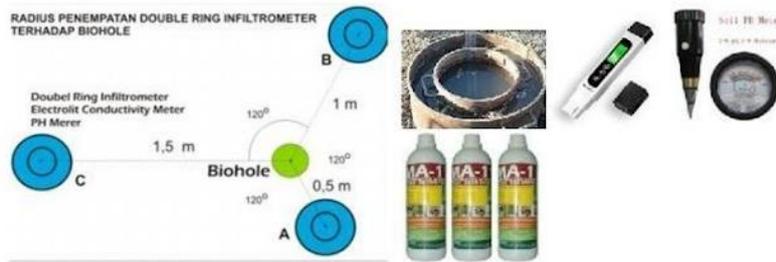
2. **Treatment Kedua** : Menghancurkan tanah dengan rotary sedalam 20 cm, jika tanah cukup keras maka proses rotary bisa dilakukan 2 s/d 3 kali. Saat proses rotary maka yang di belakang traktor melakukan penyemprotan Mikroba dengan ukuran sama di atas (1 lt MA-11 + 50 lt Air) dan dibiarkan 3 hari.
 3. **Treatment Ketiga** : Menyebar Superbokashi (10 T/ Ha) dan di rotary seperti treatment ke 2 yaitu melakukan penghalusan tanah dengan rotary sedalam 20 cm sehingga tanah dan superbokashi bercampur rata (homogen), Saat proses rotary maka yang dibelakang traktor melakukan menyemprotan Mikroba lagi dengan ukura sama di atas (1 lt MA-11 + 50 lt Air).
 4. **Homogenisasi** : Selanjutnya dilakukan kelembaban tanah agar penyebaran mikroba dan unsur hara homogen. Untuk tanah sawah (basah) digenangi selama 7 hari dan tdak boleh ada air masuk dan keluar (*lock down*). Untuk tanah kebun (kering) cukup dikocori tiap hari selama 5 hari.
- c. **MASA VEGETATIVE** : Setelah tanah homogen maka tanah diharapkan sudah mencapai kesehatan tanah yaitu terdapat populasi mikroba minimal 100 juta / gram tanah dan tingkat hara minimal 1000 uS/em dan secxara teknis tanah bisa ditanami. Jika ada gangguan OPT bisa dicegah dengan Bioplass.
- d. **MASA GENERATIVE** : Setelah tanaman tumbuh baik maka nutrisi tanah selalu dijaga karena sebagian ada yang masuk akar, tererosi/ hanyut, dan menguap. Schingga perlu asupan nutrisi secara rutin 5 s/d 7 hari sekali disemprot dengan Biofarm (fermentasi urine) dan POC. Selian itu nutrisi juga kita tingkatkan Khususnya pada masa generative (bunga sampai buah) dengan standar hara 2000 uS/cm dengan Biofarm atau Superbokasi susulan.

Remuliaan tanat ini berlaku secara tocknis berlaku unc- Exemun komoditas baik pada lahan busah dan lahan kering. Termasuk juga untuk peremajaan taraman tua / sudah tidak produktive lagi Juga berlaku untuk tanaman dengan Polybag / tabulapot. Untuk Tananaman Tua maka yang dischatkan dan disuburkan adalah zone lingkaran tajuk selebar 50 em dan sedalam 80 cm . Sedangkan tanaman dengan polibag/ tabulapot maka yang disehatkan dan disuburkan adalah medianya sebelum masuk polybag/ tabulapot.

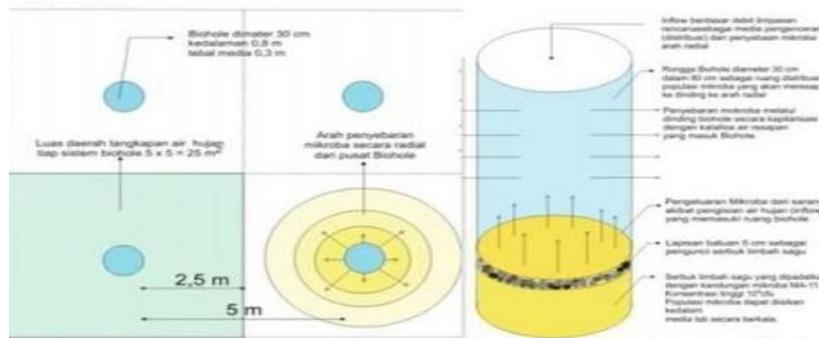
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : Biohole sebagai Injector Biodam, decomposer mikroba Alfafaa MA-11 , jerami sebagai sarang mikroba, Abney level, pita ukur, Double Ring Infiltrometer, batang pengaduk, Erlemeyer, penggaris, Stop watch/arloji, jerigen, plastik, tally sheet, gelas ukur, timbangan, hydrometer dan air (Douglas, M.G. 1988).

Penentuan Petak

Penentuan Petak penelitian ini dilakukan dengan cara purposive sampling pada berbagai Jarak (Radius) : 0,5; 1,0; 1,5 meter dari pusat Biohole sebagai pusat penyebaran radial Alfaafa Mikroba MA-11 melalui proses injection bersama air. Sebagai kontrol menggunakan Biopori tapa melibatkan Mikroba Alfaafa. Laju infiltrasi dan penvebaran Mikroba Alfaafa secara radial dapat dikontrol melalui pengukuran dengan parameter lon garam (unsur Hara Makro), PH tanah. Dengan pemasangan alat untuk mengukur infiltrasi (Double Ring Infiltrometer). Electrolit Conductivity, PH meter pada variabel jarak dari pusat Biohole tersebut. Kemudian diambil juga contoh tanah untuk dianalisis sifat-sifatnya yaitu tekstur tanah, kandungan bahan organik dan bulk density (kerapatan lindak) (Douglas, M.G. 1994).



Gambar 2. Penempatan Double Ring Infiltrometer



Gambar 3. Petak Distribusi dan Konstruksi Biohole

Pengolahan Data

1. Debit Katalisa

Inovasi Biosoil Dam menggunakan debit limpasan sebagai media penyebaran Mikroba secara radial melalui lubang inflow (Biohole) sebagai pusat penyebaran populasi mikroba bersama air. Perhitungan debit limpasan sebagai dasar formula inflow Biosoil Dam diperlukan tahap sebagai berikut:

- Melakukan analisis curah hujan.
- Menghitung luas tangkapan hujan.
- Menganalisis lapisan tanah/batuan.

Struktur Biosoil Dam dapat dibuat dengan lubang pada tanah keras tanpa atau menggunakan paralon/ bis beton dengan lapisan berlubang sebagai jalan penyebaran mikroba secara radial. Menghitung debit yang masuk ke Biohole sebagai fungsi karakteristik lahan tangkapan air dengan formula rasional :

$$Q = 0,278 CIA \quad (1)$$

Dimana C adalah nilai koefisien limpasan, I adalah intensitas curah hujan dan A adalah luas area (Sunjoto, S. 1988). Berdasarkan rumus tersebut, didapat hasil debit limpasan seperti pada Tabel.

2. Infiltrasi

Penyebaran mikroba sebagai agen perombak biomassa dapat dikontrol melalui perhitungan laju infiltrasi di beberapa radius titik dari Biohole sebagai pusat penyebaran Mikroba. dengan menggunakan metode Horton (1933, 1939). Horton mengamati bahwa infiltrasi berawal dari suatu nilai baku f_0 dan secara eksponen menurun sampai pada kondisi konstan f_c . Salah satu persamaan infiltrasi paling awal yang dikembangkan oleh Horton adalah:

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (2)$$

Dimana :

k adalah pengurangan konstan terhadap dimensi $[T^{-1}]$.

f_0 adalah kapasitas infiltrasi awal.

f_c adalah kapasitas infiltrasi konstan yang tergantung pada tipe tanah.

Parameter f_0 dan f_c didapat dari pengukuran di lapangan menggunakan alat double ring infiltrometer. Parameter f_0 dan f_c adalah fungsi jenis tanah dan tutupan. Untuk tanah berpasir atau berkerikil nilai tersebut tinggi, sedang tanah berlempung yang gundul nilainya kecil, dan apabila permukaan tanah ada rumput nilainya bertambah (Sutanto. 1992).

Perhitungan infiltrasi dari hasil pengukuran pada 15 menit pertama, 15 menit kedua, 15 menit ketiga dan 15 menit keempat pada masing masing jarak dari pusat Biohole dikonversikan data penurunan air tersebut dalam satuan cm/jam dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Laju infiltrasi} = (\Delta H/t \times 60) \quad (3)$$

Dimana :

ΔH = Tinggi penurunan (cm) dalam selang waktu tertentu.

T = Selang waktu yang dibutuhkan oleh air pada ΔH untuk masuk ke tanah (menit) (Huang, Z, and L Shan.1997) . Pengamatan ini dilakukan tiap 3 hari sekali selama satu bulan.

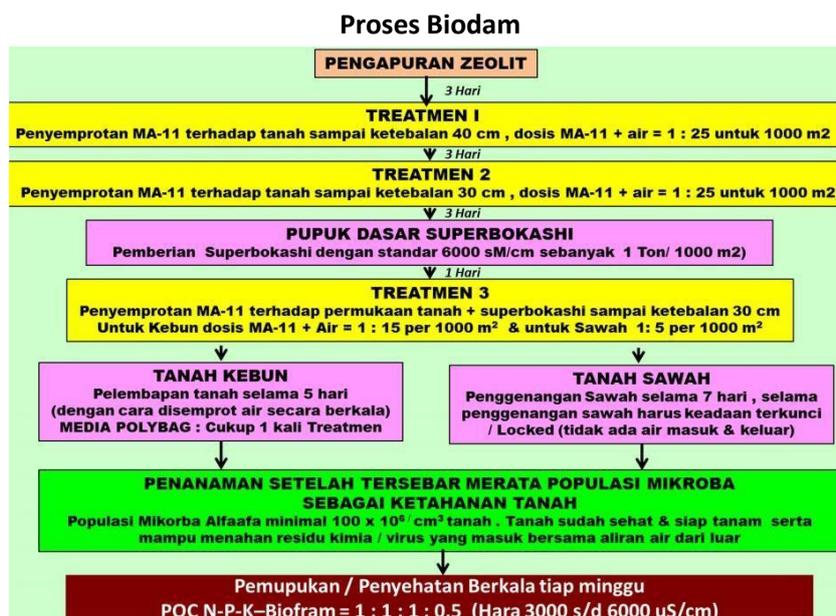
3. Populasi Mikroba

Hasil Uji Mutu terhadap *Microbacter Alfaafa MA-11* oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian Kementerian Pertanian. Total populasi bakteri yang digunakan untuk penelitian adalah $1,01 \times 10^9$ CFU/ml. MA-11 adalah kode ilmiah termasuk biofertilizer diambil dari Mikroba yang berenang di tanaman Alfalfa dan dikolaborasi dengan mikroba lain, Mikroba Alfalfa tersebut memiliki peranan positif bagi perombakan biomassa termasuk tanah. Mikroba ini mampu menambat N dari udara, mikroba yang melarutkan hara (terutama P dan K). Penerapannya dalam Biosoil Dam adalah mengkonsentrasikan mikroba tersebut ke dalam "media populasi".

4. Kandungan Hara & Keasaman Tanah

Aktivitas Mikroba sebagai penyumbang nutrisi tanah dari hasil perombakan biomassa dapat dikontrol melalui tingkat salinitas larutan nutrisi yang dinyatakan melalui konduktivitas. Konduktivitas dapat diukur memakai EC. Elektrokonduktivitas atau Electrical (or Electro) Conductivity (EC) merupakan kepekatan unsur hara dalam larutan. Semakin pekat larutan maka semakin besar pengantaran aliran listrik dari kation (+) dan anion (-) ke anode dan katode EC meter sehingga EC semakin tinggi. Satuan ukuran EC adalah mS/cm (milli siemen) (John M Laflen, Ph.D, Junilang Tian , Professor Chi-Hua Huang, PhD,2000).

Indikasi aktivitas mikroba terhadap kesuburan dapat dikontrol melalui tingkat keasamaan. Banyak sedikitnya kandungan unsur hara pada tanah merupakan indikator tingkat kesuburan tanah tersebut akibat aktivitas mikroba dalam mengurai biomassa. Faktor penting yang mempengaruhi proses penyerapan unsur hara oleh akar tanaman adalah derajat keasaman tanah (pH tanah). Derajat Keasaman Tanah (pH) Berpengaruh Besar Terhadap Laju Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman (Boardman , C. R. and Skrove. J.W. , 1966). Untuk melakukan 5 Standar khususnya dalam penyehatan dan penyuburan tanah itu maka dilakukan pengolahan lahan tanah dengan tata urutan sebagai berikut :



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hujan Rancangan dan Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Penentuan intensitas hujan rancangan menggunakan data hujan Stasiun Batam tahun 2015-2017. Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui jenis distribusi yang digunakan, distribusi yang digunakan dalam penelitian adalah distribusi Log Person III. Pengecekan distribusi dapat diterima atau tidak peluang hujan yang dihitung menggunakan uji Chi Square dan uji Smirnov Kolmogorov, Selanjutnya dihitung intensitas hujan rancangan menggunakan rumus mononobe.

Debit Rencana

Debit rencana sebagai katalisa mikroba MA-11 menggunakan intensitas hujan selama 1 jam, karena diperkirakan lama hujan yang paling dominan di daerah penelitian memiliki durasi hujan 1 jam. Koefisien limpasan untuk berbagai permukaan koefisien aliran digunakan sebesar 0,70 – 0,95 (Suripin 2003), sedangkan pada penelitian ini menggunakan nilai koefisien aliran terkecil yaitu 0,70.

Debit rencana dengan luas tangkapan bervariasi antara 9 m² sd 110 m² memiliki hubungan berbanding lurus, karena semakin luas petak menyebabkan debit rencana yang dihasilkan juga akan besar sebagai inflow biohole. Kedalaman Biohole di daerah penelitian pada periode ulang 25 tahun berkisar antara 0,080 m hingga 1,50 m. Volume resapan akan menentukan kapasitas maksimum air yang terdapat didalam Biohole, sehingga semakin besar volume Biohole maka wadah untuk menampung air akan semakin besar.

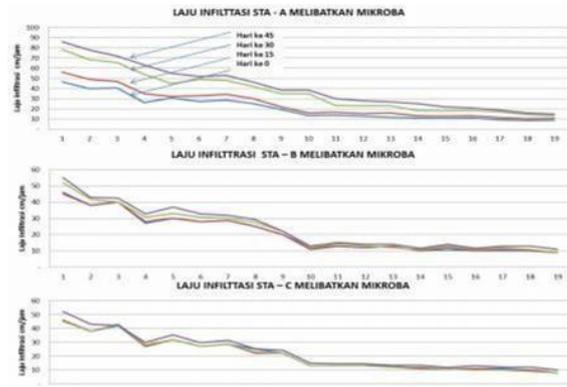
Desain Biohole

Dinding Biohole menggunakan dinding alami berdiameter 0,3 m dengan kedalaman 0,8 m dan jarak antar pusat Biohole adalah 5 meter atau memiliki luas tampungan 25m². Diatas materi organik (limbah sagu padat) sebagai tempat populasi mikroba dilapisi batu pecah setebal 5 cm yang berfungsi sebagai media pemecah energi agar saat terisi air materi organik sebagai sumber mikroba tetap stabil untuk menjaga agar mikroba mampu menyebar secara radial. Volume tampung Biohole dengan dimensi tersebut adalah 0,0565 m³, dengan luas tangkapan 25 m² dan menggunakan debit 25 tahun = 0.0000841 m³/det akan terisi penuh sekitar selama 10 s/d 15 menit, angka ini mempertimbangkan sumber daya alam berupa intensitas hujan di daerah studi yang disesuaikan dengan populasi daya

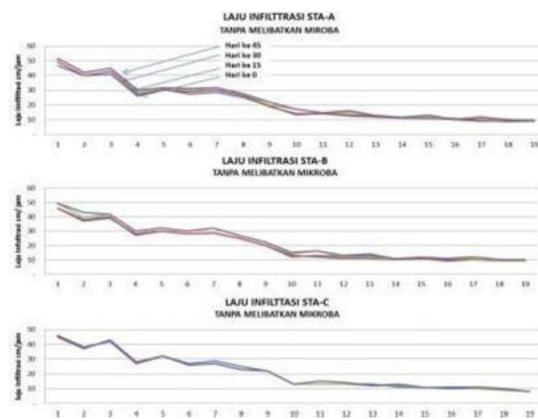
sebaran mikroba. Sehingga fase pengosongan air dan pembentukan populasi mikroba dapat berlangsung optimal.

Pengaruh Perlapisan Batuan pada Biohole

Geomorfologi Pulau Lumba dan sekitarnya berupa perbukitan granit dengan dataran yang terletak di bagian kaki. Struktur geologi sesar dominan berarah barat laut-tenggara dan barat daya-timur laut, beberapa ada yang berarah utara-selatan atau barat-timur disusun oleh granit berumur Trias (Trg) sebagai penghasil bauksit. Struktur lain berupa lapisan tanah yang didominasi batuan sedimen seperti serpih batu pasir, metagabro, terdapat juga batuan aluvium tua terdiri dari lempung, pasir kerikil, dan batuan aluvium muda seperti lumpur, lanau, dan kerakal.



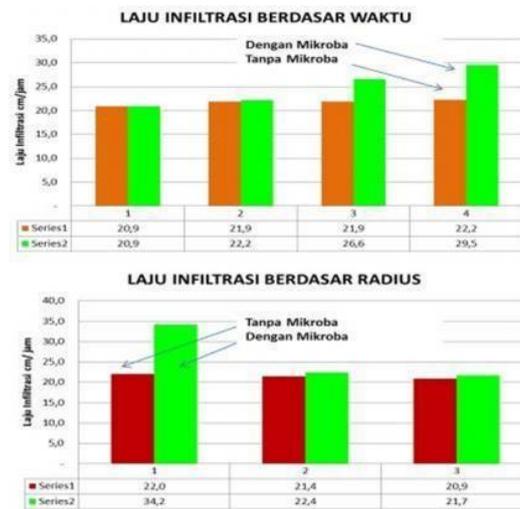
Gambar 4. Laju Infiltrasi Dengan Mikroba 10^9 CFU



Gambar 5. Laju Infiltrasi Tanpa Mikroba

Secara teknis pada awal penyebaran laju infiltrasi masih relatif kecil karena hanya mengandalkan daya kapiler, namun pada periode berikutnya aktivitas mikroba yang sudah menyebar mampu meningkatkan rongga (porositas), sehingga laju infiltrasi pada periode lanjutan ini juga lebih besar. Selain itu kemampuan mikroba dalam mengurai biomassa material organik mampu menambah kandungan hara dalam tanah dan menetralkan keasaman tanah, seiring dengan meningkatnya laju

infiltrasi. Hasil tersebut bisa dilihat pada tabel laju infiltrasi diatas dan grafik perbandingan antara metode Biohole (dengan mikroba) dan Biopori (tanpa mikroba) sebagai kontrol.



Gambar 6. Laju Infiltrasi vs Waktu



Gambar 7. Kenaikan Unsur Hara vs Waktu

SIMPULAN

Teknologi Biodam mampu mengontrol distribusi Mikroba dalam kasus ini yaitu lapisan batuan bauksit hanya efektif pada radius maksimal 2 meter dengan jarak antar Biohole 5 meter.

Pemakaian mikroba dalam sistem sumur resapan atau metode bio soil dam (Dr. Nugroho 2015) sebagai agen hayati sangat efektif dilakukan terutama untuk meningkatkan produktivitas lahan tandus menjadi lahan subur secara terukur, sehingga tidak sekedar memasukkan air saja. Metode Biodam masih perlu diuji untuk berbagai lahan dengan berbagai formasi batuan sehingga didapat hubungan antara tingkat Permeabilitas tanah dengan nilai konsentrasi populasi mikroba yang melibatkan untuk suatu target penyuburan suatu kawasan menjadi lahan produktif. Biodam dapat disebut "Sistem Resapan Aktif" karena melibatkan aktivitas mikroba yang dapat bermanfaat untuk :

Memperluas porositas tanah sehingga meningkatkan kandungan oksigen sebagai sumber kesehatan tanah. Meningkatkan kandungan hara makro dan mikro tanah dari unsur biomassa yang diurai mikroba dalam zone penyebarannya dari pusat biohole. Memperbaiki tanah jenuh yang sudah lama terkontaminasi pupuk dan pestisida kimia oleh daya rombak mikroba.

DAFTAR PUSTAKA

- Douglas, M.G. 1988. Integrating Conservation into Farming System : The Malawi Experience, in W.C Moldenhauer and N.W. Hudson (Eds), Conservation Farming on Steep land . Soil dan Water Conservtion Society snd World Association of Soil and Water Conservation , Ankeny, IOWA. Pp 215-227.
- Boardman , C. R. and Skrove. J.W. , 1966 Distribution and fracture permeability of a granitic rock mass following a contained nuclear explosion. Journal Pteroleum Technologi v. 15 no 5 .p. 619-623
- Childs, E.C. 1969, In Introduction to the Physical basis of soil water phenomena . New York, John Wiley and Sons . Inc. 493 p.
- Douglas, M.G.1994 Suistanable Use of Agriculture soil A Rvwiew of t he Prerequisitesfor Success od Failure. Development and Environment Reports No : 11 Groub for Development & Environment , Institute for Geography , Universitu of Berne, Switzerland.
- John M Laflen, Ph.D, Junilang Tian , Professor Chi-Hua Huang, PhD,2000. Soil Erosion & Dryland Farming: Library
- Huang, Z, and L Shan.1997 Action of Rainwater use on soil and water conservation and suistanable development of Agriculture . Bulletin of soil and Watr Conserv,17(1):45-48.
- Kramer , P.J. 1983 Water Relations of Plants . Academic Press New York.
- Shan. L. 1994 Water use efficiency of plant and agricultural water use ini semi-arid area. Plant Physiol.Comm. 30(1):61-66.
- Tao Y, 1997. Studies on the optimized pattern for integrated and sustainable agricutural developmenet in dray land farming area of eastern Shanxi and Western Henan Provinces. Chinese Agricultural Meteorolgy.18(3):11-13.
- Sunjoto, S. 1988. Optimasi Sumur Resapan Air Hujan Sebagai Salah Satu Usaha Pencegahan Instrusi Air Laut. Yogyakarta : Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
- Sunjoto, S. 2011. Teknik Drainase Pro-Air. Yogyakarta : Fakultas Teknik UGM
- Suripin. 2003. Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan. Yogyakarta : Penerbit Andi Sutanto.
1992. Desain Sumur Peresapan Air Hujan. Laporan Penelitian. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Triatmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan.Yogyakarta : Beta Offset
- Nugorho Dr, 2005. Biosoildam metode Irigasi Aktif sebagai sistem peningkatan hara tanah : ANSA Foundation Press