

## PENINGKATAN LAJU INFILTRASI DAN KESUBURAN LAHAN DENGAN METODE BIOSOILDAM PADA LAPISAN TANAH KERAS DAN TANDUS

**Nugroho Widiasmadi**

Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim  
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

\*Email: nugroho221166@gmail.com

### Abstrak

Tujuan riset ini adalah untuk meningkatkan laju infiltrasi pada lahan tandus dan keras (bekas tambang) dengan melibatkan *Microba Alfaafa (MA-11)* melalui teknologi *Biosoildam*. 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 , *biosoildam*, lahan, mikroba *alfaafa*, kesuburan, keasaman

### 1. 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 dipermukaan 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 (bauxit, tembaga , nikel). Jika akan meningkatkan produktifitas lahan tersebut secara teknis maka tidak hanya membutuhkan air saja melainkan nutrisi dan kesehatan tanahnya.

**Biosoildam** merupakan teknologi konservasi air yang menggunakan sistem resapan irigasi aktif karena melibatkan aktifitas mikroba, dalam hal ini uji menggunakan *Mikrobakter Alfaafa* untuk mempercepat dan memperbesar laju infiltrasi (*soil infoltration*) dan kesuburan tanah (Dr. Nugroho, 2005). Peningkatan kegemburan tanah dengan melibatkan aktifitas mikroba (*Bioinfiltrsoil*) tersebut dapat dijadikan pengembangan ilmu teknik Sipil Keairan sebagai *Eco-Civil Engineering*. Sehingga ilmu teknik ini mampu memberikan nilai produktifitas daya dukung lahan melalui konservasi tanah dan air (Nugorho, 2005).

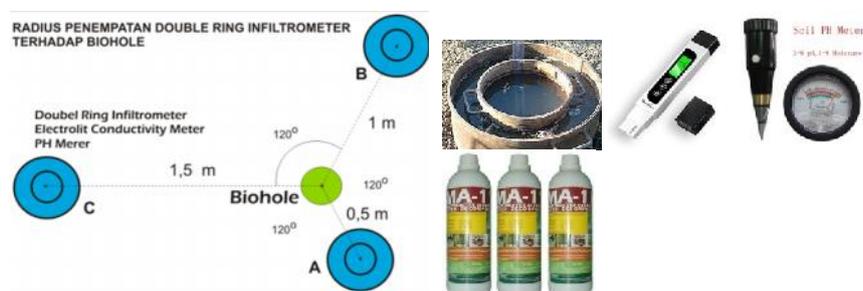
## 2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan 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.

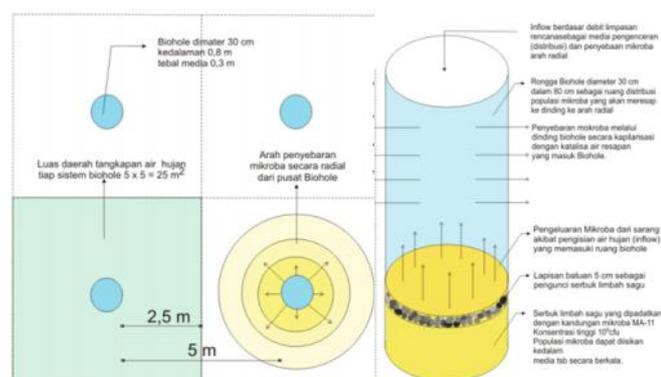
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : Biohole sebagai *Injector Bioisildam*, *decomposer* mikroba Alfaafa MA-11 , jerami sebagai sarang mikroba , Abney level, pita ukur, *Double Ring Infiltrometer*, batang pengaduk, Erlemeyer, penggaris, *Stop watch*/arloji, jerigen, plastik, *tally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

### 2.1. 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 tanpa melibatkan Mikroba Alfaafa. Laju infiltrasi dan penyebaran Mikroba Alfaafa secara radial dapat dikontrol melalui pengukuran dengan parameter Ion 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

## 2.2. Pengolahan Data

### 2.2.1. Debit Katalisa

Inovasi Bioisildam 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 Bioisildam diperlukan tahap sebagai berikut:

1. Melakukan analisis curah hujan.
2. Menghitung luas tangkapan hujan.
3. Menganalisis lapisan tanah/batuan.

Struktur Bioisildam dapat dibuat dengan lubang pada tanah keras tanpa atau menggunakan pralon/ bis beton dengan lapisan berlubang sebagai jalan penyebaran mikorba 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.

### 2.2.2. Infiltrasi

Penyebaran mikroba sebagai agen perombak biomassa dapat dikontrol melalui perhitungan laju infiltrasi dibeberapa 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:

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

dimana :

$H$  = Tinggi penurunan (cm) dalam selang waktu tertentu.

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

### 2.2.3. Populasi Mikroba

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

### 2.2.4. Kandungan Hara & Keasaman Tanah

Aktifitas 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 aktifitas mikroba terhadap kesuburan dapat dikontrol melalui tingkat keasamaan. Banyak sedikitnya kandungan unsur hara pada tanah merupakan indikator tingkat kesuburan tanah tersebut akibat aktifitas mikroba dalam mengurai biomassa. Faktor penting yang mempengaruhi proses peyerapan 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*).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. 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.

#### 3.2. 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 m<sup>2</sup> sd 110 m<sup>2</sup> 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.

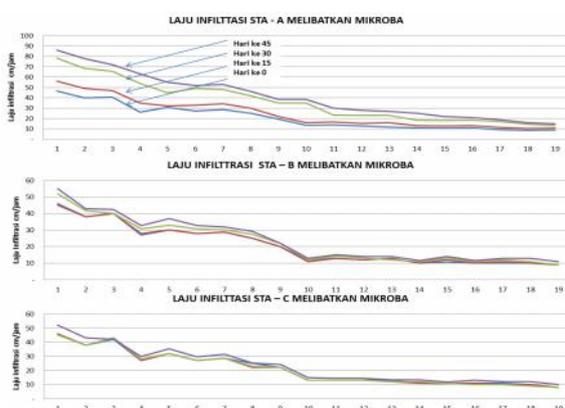
#### 3.3. Desain Biohole

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 25m<sup>2</sup>. 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 mikorba mampu menyebar secara radial.

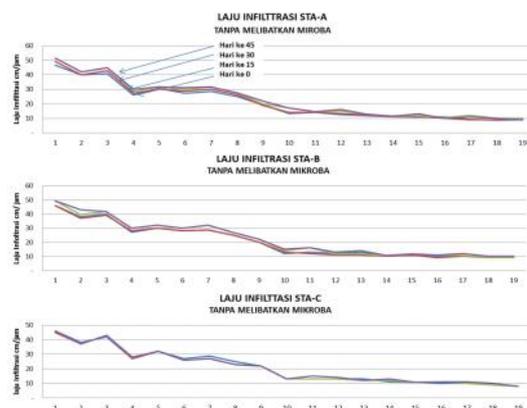
Volume tampung Biohole dengan dimensi tersebut adalah 0,0565 m<sup>3</sup>, dengan luas tangkapan 25 m<sup>2</sup> dan menggunakan debit 25 tahun = 0.0000841 m<sup>3</sup>/det akan terisi penuh sekitar selama 10 s/d 15 menit, angka ini mempertimbangkan sumber daya alam berupa intensitas hujan di daerah studi yang disesuaikan dengan populasi daya sebaran mikorba. Sehingga fase pengosongan air dan pembentukan populasi mikroba dapat berlangsung optimal.

#### 3.4. 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.

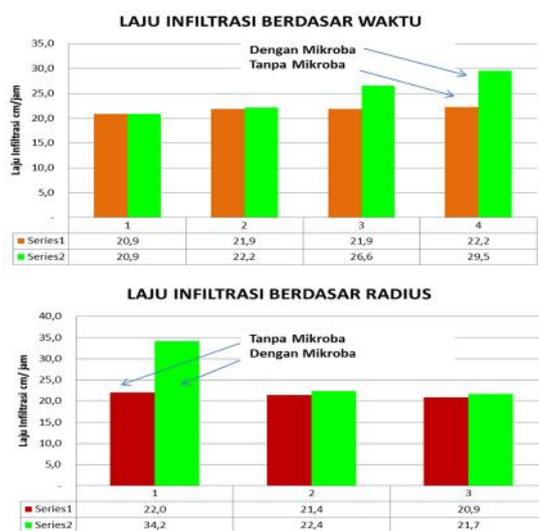


Gambar 4. Laju Infiltrasi Dengan Mikroba 10<sup>9</sup> CFU



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 aktifitas mikroba yang sudah menyebar mampu meningkatkan rongga (poruositas), 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 imfiltrasi. Hasil tersebut bisa dilihat pada tabel laju infitrasi 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

#### 4. KESIMPULAN

- Distribusi Mikroba dalam kasus ini yaitu lapisan batuan bauksit haya efektif pada radius maksimal 2 meter dengan jarak antar *Biohole* 5 meter.
- Pemakaian mikroba dalam sistem sumur resapan atau metode biosoildam (Dr. Nurgoho 2015) sebagai agen hayati sangat efektif dilakukan terutama untuk meningkatkan produktifitas lahan tandus menjadi lahan subur secara terukur, sehigga tidak sekedar memasukkan air saja.
- Metode Biosoildam masih perlu diuji untuk berbagai lahan dengan berbagai formasi batuan sehingga didapat hubungan antara tingkat Permeabilitas tanah dengan nilai konsentrasi populasi mikroba yang dilibatkan untuk suatu target penyuburan suatu kawasan menjadi lahan produktif.
- Biosoildam dapat disebut “Sistem Resapan Aktif” karena melibatkan aktifitas 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
  - Mempebaiki 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 Concerption Society snd World Association of Soil and Water Concerption , 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 *Sustainable Use of Agriculture soil A Review of the Prerequisites for Success or Failure. Development and Environment Reports No : 11 Group 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 sustainable development of Agriculture* . *Bulletin of soil and Water 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 in semi-arid area*. *Plant Physiol.Comm*. 30(1):61-66.
- Tao Y, 1997. *Studies on the optimized pattern for integrated and sustainable agricultural development in dry 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 Intrusi 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