

# EFEKTIFITAS PEMANFAATAN TANAMAN RUMPUT AKAR WANGI UNTUK PENGENDALIAN LONGSORAN PERMUKAAN PADA LERENG JALAN DITINJAU DARI ASPEK RESPON PERTUMBUHAN AKAR

Hanggoro Tri Cahyo Andiyarto dan Mego Purnomo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES)  
Gedung E4, Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229, Telp. (024) 8508102

**Abstract:** *Vetiver system applications in surface soil erosion control measures still seems to require further study. This is because the root of the composite system of land cultivation is a complex biological material so that the stability of the slope would be difficult to predict. To that end, efforts vetiver system application in compacted soil embankment as it has done in several ring roads Ambarawa root growth response need to be investigated. Dense soil structure will inhibit root penetration, and this has implications on fiber berkontribusunya no roots on soil shear strength due to increased root fibers not cut plane skidded on the surface of the avalanche. d) ranged from 1.28 - 1.34 gr/cm<sup>3</sup> and 16.8 cm thick. At the bottom of the pot occurs due to the collection of roots can not penetrate the roots peralon covers (hubcaps). Length of roots may reach an average of 29.69 cm and a diameter of 0.40 mm root. This shows that Vetiver is able to thrive on the slope in a roundabout way Ambarawa the silt soil type kelempungan coarse grained reddish brown or red soil is often called. On soil planting medium coarse grained silt kelempungan reddish brown or red soil that is often referred to, in the age of the plant 90 days, vetiver grass plant roots to penetrate compacted soil layers red with a dry weight of soil volume ( d) would be possible greater average root diameter. In addition, the length and diameter of root relationships showed similarities to the distribution pattern of the same relative density. d), number of roots, root length and root diameter in response to a growing number of pertumbuhan root is the average number of roots will be possible greater average root diameter. The higher the volume of dry soil weight (The relationship between variables such as the volume of dry soil weight*

**Keywords:** *vetiver system, avalanche surface, root penetration*

**Abstrak:** Aplikasi sistem vetiver dalam upaya pengendalian longsor permukaan nampaknya masih membutuhkan studi lebih lanjut. Hal ini mengingat sistem komposit akar perkuatan tanah merupakan material biologis yang kompleks sehingga stabilitas lereng akan sulit diprediksi. Untuk itu, upaya aplikasi sistem vetiver pada tanah timbunan yang dipadatkan seperti yang telah dilakukan di beberapa ruas jalan lingkaran Ambarawa perlu diteliti respon pertumbuhan akarnya. Struktur tanah yang padat akan menghambat laju penetrasi akar, dan kondisi ini berimplikasi pada tidak berkontribusunya serat akar pada peningkatan kuat geser tanah karena serat akar belum memotong bidang gelincir pada longsor permukaan. Pada media tanam berupa tanah lanau kelempungan berbutir kasar berwarna coklat kemerahan atau yang sering disebut tanah merah, pada umur tanaman 90 hari, akar tanaman rumput akar wangi mampu menembus lapisan tanah merah yang dipadatkan dengan berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ) berkisar 1,28 - 1,34 gr/cm<sup>3</sup> dan setebal 16,8 cm. Pada dasar pot terjadi pengumpulan akar akibat akar tidak dapat menembus penutup peralon (dop). Panjang akar dapat mencapai rata-rata 29,69 cm dan diameter akar 0,40 mm. Hal ini menunjukkan bahwa akar wangi mampu berkembang baik pada lereng jalan di jalan lingkaran Ambarawa yang jenis tanahnya lanau kelempungan berbutir kasar berwarna coklat kemerahan atau yang sering disebut tanah merah. Keeratan hubungan antar variabel seperti berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ), jumlah akar, panjang akar dan diameter akar sebagai respon dari pertumbuhan akar adalah semakin banyak rata-rata jumlah akar akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Semakin tinggi berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ) akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Selain itu, hubungan panjang dan diameter akar menunjukkan kemiripan pola sebaran untuk tingkat kepadatan yang relatif sama.

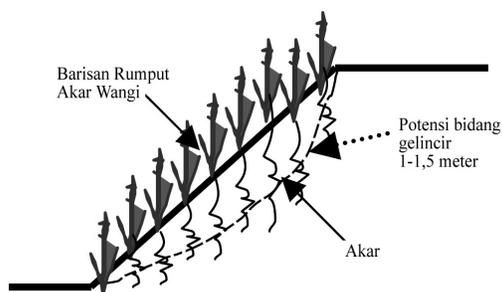
**Kata kunci :** sistem vetiver, longsor permukaan, penetrasi akar

## PENDAHULUAN

Mengembangkan teknik konservasi yang berbasis pada kearifan lokal agar memberi manfaat yang optimal dapat menjadi salah satu

pilihan, karena masyarakat pada umumnya lebih mudah mengadopsi sesuatu yang sudah mereka kenal. Salah satunya adalah pemanfaatan tanaman rumput akar wangi

(*Vetiveria zizanioides*) dalam upaya konservasi tanah dan air dikembangkan oleh Bank Dunia di India pada tahun 1980 dengan sebutan sistem *vetiver*. Relatif murah sistem ini dan sifatnya yang ramah lingkungan, sistem ini dalam 20 tahun terakhir tidak saja sebagai pelindung permukaan lereng dari erosi namun juga berkembang sebagai pengendali longsor permukaan (Gambar 1) seperti yang telah dilakukan di beberapa ruas Jalan Tol Semarang-Solo dan Jalan lingkaran Ambarawa Jawa Tengah.



**Gambar 1.** Mekanisme pengendalian longsor permukaan oleh akar wangi (Hengchaovanich, D., 2003).

Namun demikian, untuk aplikasi sistem *vetiver* pada pengendali longsor permukaan nampaknya masih membutuhkan studi lebih lanjut. Hal ini mengingat sistem komposit akar perkuatan tanah merupakan material biologis yang kompleks sehingga stabilitas lereng akan sulit diprediksi. Dalam Gray dan Sotir (1996) dijelaskan bahwa tegangan tarik yang termobilisasi dari serat akar ( $t_R$ ) bergantung pada besarnya perpanjangan serat dan penjepitan fiber oleh matrik tanah. Mobilisasi secara penuh dapat terjadi hanya jika serat dapat cukup mengalami perpanjangan dan serat di dalam akar tidak mengalami selip atau tercabut dari matrik tanah. Agar serat akar tidak selip atau tercabut, serat akar harus cukup panjang dan mempunyai tahanan geser,

tertanam di ujungnya dan atau mengalami tegangan kekang cukup tinggi untuk menambah gesekan pada *interface*. Putusnya serat akar, kurang cukupnya perpajangan serat dan serat mengalami selip dan tercabut merupakan respon yang mungkin terjadi pada saat pergeseran suatu komposit akar perkuatan tanah. Untuk itu, upaya aplikasi sistem *vetiver* pada tanah timbunan yang dipadatkan seperti yang telah dilakukan di beberapa ruas jalan lingkaran Ambarawa perlu diteliti respon pertumbuhan akarnya mengingat struktur tanah yang padat akan menghambat laju penetrasi akar. Kondisi ini dapat berimplikasi pada tidak berkontribusinya serat akar pada peningkatan kuat geser tanah karena serat akar belum memotong bidang gelincir pada longsor permukaan seperti pada Gambar 1. Dalam kondisi media tanam yang sesuai, tanaman rumput akar wangi memiliki akar memanjang ke bawah yang panjangnya dapat mencapai lebih dari 2,0 meter pada umur setahun.

Tujuan yang ini dicapai dari penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman rumput akar wangi pada berbagai variasi kepadatan tanah sesuai kondisi di lapangan. (2) Untuk mendapatkan keeratn hubungan antar variabel seperti berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ), jumlah akar, panjang akar dan diameter akar sebagai respon dari pertumbuhan akar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran dalam upaya stabilisasi lereng dengan metode vegetasi, khususnya tentang respon pertumbuhan pada berbagai variasi kepadatan tanah sesuai kondisi di lapangan. Secara lebih luas, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan petunjuk praktis bagi masyarakat tentang persyaratan media tanam yang sesuai

untuk tanaman akar wangi ditinjau dari aspek ilmu Geoteknik.

### **Pengendalian Longsoran Permukaan Dengan Rumput Akar Wangi**

Pemanfaatan tanaman rumput akar wangi (*Vetiveria zizanioides*) dalam upaya konservasi tanah dan air dikembangkan oleh Bank Dunia di India pada tahun 1980 dengan sebutan sistem vetiver. Relatif murah, sistem ini dan sifatnya yang ramah lingkungan, sistem ini dalam 20 tahun terakhir tidak saja sebagai pelindung permukaan lereng dari erosi namun juga berkembang sebagai pengendali longsoran permukaan (kedalaman longsoran < 1,50 meter) seperti pada Gambar 2. Dalam Gray dan Sotir (1996) disebutkan bahwa perbedaan mendasar antara erosi dan longsoran permukaan adalah jika erosi merupakan terlepasnya dan transport partikel individu sedangkan longsoran adalah gerakan massa tanah yang besar terbentuk bidang longsor. Sehingga memang peran tumbuhan pada kasus erosi cenderung sebagai pemotong, penahan, perlambat, dan infiltrasi sedangkan pada longsoran sebagai perkuatan, mereduksi kadar air dan penyangga.

Vegetasi penutup pada lereng akan meningkatkan infiltrasi air sehingga akan meningkatkan tekanan air pori ( $u$ ) pada tanah dan menyebabkan instabilitas pada lereng. Meskipun demikian, hasil observasi lapangan sesungguhnya menunjukkan kondisi yang lebih baik. Peningkatan infiltrasi diimbangi oleh proses penghabisan air dalam tanah yang tinggi dan berlahan oleh rumput. Pada kondisi hujan dengan intensitas rendah, proses penghabisan akan mengurangi kelembaban tanah hingga sejarak 1.5 meter dari barisan rumput yang ditanam. Proses ini akan meningkatkan infiltrasi

air pada daerah itu dan mereduksi limpasan air dan laju erosi. Meskipun demikian untuk mengurangi resiko dari rumput akar wangi pada lereng yang curam dengan kondisi intensitas hujan yang tinggi, berkenaan dengan tindakan pencegahan, barisan akar wangi dapat ditanam pada kemiringan sekitar 0,5% sebagai terasering untuk mengalihkan tambahan air guna menstabilkan saluran air drainase. (Truong et al, 2007). Menurut Hengchaovanich (2003), longsoran permukaan sedalam 1-1,5 m merupakan masalah terbesar yang dihadapi setelah pembentukan lereng terutama pada daerah dengan hujan yang lama dan intensitas yang tinggi. Pada kasus ini, penanaman rumput akar wangi dapat memperkuat lapisan 1-1,5 m. Kriteria keruntuhan yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng adalah kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb. Kekuatan geser tanah yang tersedia atau yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang gelincir (longsor) adalah :

$$\tau = c' + (\sigma - u) \cdot \tan \phi'$$

dengan,

$\tau$  = tegangan geser tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$c'$  = kohesi efektif tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = tegangan normal ( $\text{kN/m}^2$ )

$\phi'$  = sudut geser dalam efektif ( $^\circ$ )

$u$  = tekanan air pori ( $\text{kN/m}^2$ )



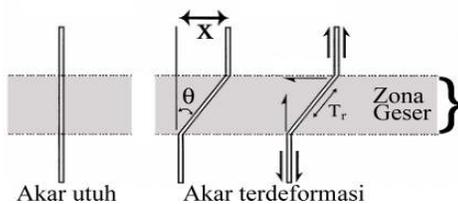
**Gambar 2.** Aplikasi sistem vetiver pada timbunan jalan pada jalan Tol Semarang-Solo dan pertumbuhannya pada musim hujan dan kemarau. (Dokumentasi Hanggoro Tri Cahyo A, tahun 2010 s/d 2012)

Dalam Gray dan Sotir (1996) dijelaskan secara umum bahwa kemampuan akar meningkatkan kuat geser tanah terutama melalui transfer tegangan geser yang berkembang pada matrik tanah ke dalam tahanan tarik serat akar melalui sudut gesek di sepanjang serat akar yang tertanam dalam tanah. Jika diasumsikan serat akar tertanam di dalam tanah dengan orientasi tegak lurus dengan bidang gesernya, pada saat terjadi geseran serat akar akan berdeformasi dan akan menyebabkan serat akar memanjang. Deformasi ini terjadi dengan syarat terdapat cukup gesekan pada interface dan tegangan kekang untuk mengunci serat akar tetap di tempat dan mencegah serat akar mengalami slip atau tercabut. Komponen dari tarikan ini tengensial terhadap zona geser dan secara langsung menahan geseran, sedangkan komponen gaya normal menambah tegangan kekang yang bekerja pada bidang geser.

Model sederhana tegak lurus seperti pada Gambar 3, sebenarnya merupakan estimasi rata-rata untuk semua kemungkinan orientasi yang ada dan di dasarnya pada model ini, kenaikan kuat geser komposit serat akar-tanah dapat di berikan oleh persamaan Waldron (1977) dalam Gray dan Sotir (1996) :

$$\Delta s = t_R (\sin\theta + \cos\theta \tan\phi)$$

dengan,  
 $\Delta s$  = kenaikan kuat geser (kN/m<sup>2</sup>)  
 $t_R$  = tegangan tarik yang termobilisasi dari serat akar (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\theta$  = sudut ditorsi geser pada zona geser (°)  
 $\phi$  = sudut geser dalam tanah (°)



**Gambar 3.** Diagram skematik model serat akar tegak lurus (Gray dan Sotir, 1996).

Tegangan tarik yang termobilisasi dari serat akar ( $t_R$ ) bergantung pada besarnya perpanjangan serat dan penjepitan fiber oleh matrik tanah. Mobilisasi secara penuh dapat terjadi hanya jika serat dapat cukup mengalami perpanjangan dan serat di dalam akar tidak mengalami selip atau tercabut dari matrik tanah. Agar serat akar tidak selip atau tercabut, serat akar harus cukup panjang dan mempunyai tahanan geser, tertanam di ujungnya dan atau mengalami tegangan kekang cukup tinggi untuk menambah gesekan pada *interface*. Putusnya serat akar, kurang cukupnya perpajangan serat dan serat mengalami selip dan tercabut merupakan respon yang mungkin terjadi pada saat pergeseran suatu komposit akar perkuatan tanah.

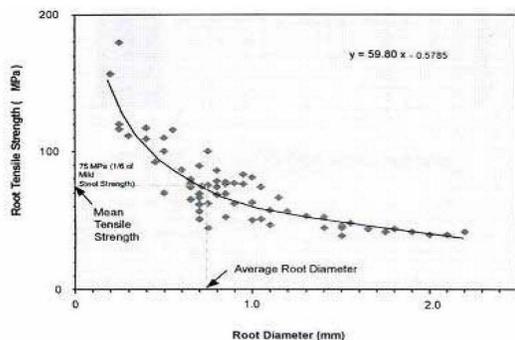
Faktor utama yang mempengaruhi kekuatan geser dari komposit serat akar-tanah adalah kuantitas dan arah distribusi dari akar, kekuatan tarik serat akar, nilai modulus Young's akar, kekuatan geser tanah dan interaksi tanah-akar. Pada perkuatan tanah, sudut gesek dalam tanah ( $\phi$ ) pada tanah komposit pada dasarnya konstan sedangkan nilai kohesi nampak (*apparent*) meningkat dengan peningkatan luas penampang akar ( $A_R$ ) dan kontibusi kuat tarik akar ( $t_R$ ). Peningkatan kekuatan geser dapat dipahami sebagai hasil dari peningkatan pada parameter kohesi. (Operstein dan Frydman, 2000).

Pada studi yang dilakukan Hengchaovanich dan Niolaweera (1996) dalam Truong et al (2007) menyajikan hubungan kuat tarik dan diameter akar untuk rumput akar wangi seperti pada Gambar 4. Hasil uji geser langsung di lapangan menurut Van Beek et al.(2006) dalam Norris dan Greenwood (2006) menunjukkan bahwa untuk jenis rumput akar wangi memiliki

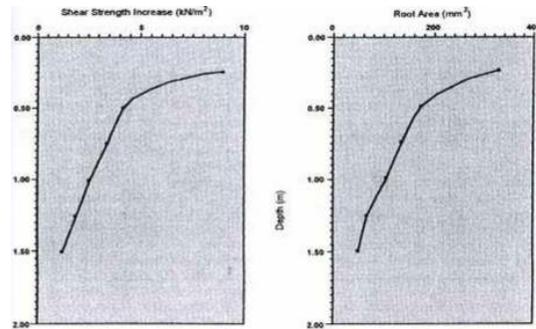
kenaikan nilai kohesi ( $c_R$ ) sebesar  $7,50 \text{ kN/m}^2$ . Bahkan pada penelitian Cazzuffi et al (2006) peningkatan kenaikan nilai kohesi ( $c_R$ ) rumput akar wangi yang diuji dengan uji geser langsung diameter 20 cm dapat mencapai  $15 \text{ kN/m}^2$ . Pada studi yang dilakukan Hengchaovanich dan Niolaweera (1996) dalam Truong et al (2007) pada uji geser blok tanah menunjukkan penetrasi akar rumput akar wangi selama 2 tahun dengan jarak tanam 15 cm dan jarak antar baris 50 cm menghasilkan kenaikan kuat geser rata-rata ( $c_R$ ) sebesar  $5,0 \text{ kN/m}^2$  seperti pada Gambar 5. Menurut Norris dan Greenwood (2006) manfaat yang dapat diyakini dari penambahan nilai kohesi terbatas pada kedalaman yang dangkal sesuai dengan penyebaran akar yang terkonsentrasi terutama pada kedalaman 1 meter. Penambahan nilai kohesi ini lebih cocok untuk jenis tanaman rumput dan semak belukar dimana sebaran kedalaman dari rumput serabut konsisten dan mudah didefinisikan.

Pada perkuatan tanah dengan akar rumput akar wangi, efek kenaikan nilai kohesi ( $c_R$ ) dimasukkan kedalam persamaan kekuatan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah komposit sehingga menjadi :

$$\tau = c' + c_R + (\sigma - u) \cdot \tan \phi'$$



**Gambar 4.** Hubungan kuat tarik dan diameter akar untuk rumput akar wangi (Hengchaovanich dan Niolaweera (1996) dalam Truong et al (2007)).



**Gambar 5.** Kenaikan kekuatan geser rumput akar wangi (Hengchaovanich dan Niolaweera (1996) dalam Truong et al (2007)).

Pada studi permodelan efek vegetasi pada stabilitas lereng yang dilakukan Chok et al (2004) dengan metode elemen hingga (FEM) menunjukkan bahwa secara umum perkuatan lereng dengan vegetasi akan memainkan peran penting dalam menstabilkan kelongsoran dengan bidang longsor yang dangkal (kedalaman longsor 1,5 – 5 meter). Efek vegetasi lebih signifikan pada lereng dengan kohesi ( $c'$ ) yang rendah dimana bidang longsor planar dangkal mungkin terjadi. Sedangkan untuk lereng dengan nilai kohesi ( $c'$ ) yang tinggi, bidang longsor yang terjadi tergolong dalam (kedalaman longsor 5–20 meter), sehingga kurang efektif jika perkuatan lereng menggunakan vegetasi. Studi permodelan efek vegetasi pada stabilitas lereng juga dilakukan Hanggoro dan Indarto (2008) dengan rumput Akar Wangi. Hasil prediksi dari upaya pengendalian longsor permukaan (kedalaman < 1,5 meter) dengan rumput akar wangi menunjukkan peningkatan faktor aman (SF) stabilitas lereng dapat mencapai 25% pada lereng dengan posisi bidang longsor sebagian besar memotong lapisan akar. Sedangkan kenaikan nilai SF yang signifikan dari perkuatan rumput akar wangi adalah pada kondisi kelongsoran permukaan dengan nilai kohesi

tanah ( $c$ ) = 0 yakni sekitar 80% dari kondisi tanpa adanya perkuatan.

### **Respon Pertumbuhan Akar Pada Tanah Yang Dipadatkan**

Dalam Rusdiana et al. (2000), akar merupakan pintu masuk bagi hara dan air dari tanah, yang sangat penting untuk proses fisiologi pohon. Dengan demikian apabila fungsi akar terganggu maka pertumbuhan bagian pucuk akan terganggu pula. Pertumbuhan akar sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik tanahnya. Tanah merupakan tempat berkembangnya akar pohon serta interaksi hara dengan pohon, maka pemadatan tanah dan kandungan air tanah akan mempengaruhi pertumbuhan akar pohon. Struktur tanah yang padat akan menghambat laju penetrasi akar lebih dalam. Karena tanah padat susah ditembus akar, maka daerah pemanjangan akar semakin pendek. Pada tanah yang lebih padat akar akan membangun pertahanan diri dengan memperbesar ukuran diameternya. Selain itu, semakin tinggi tingkat kepadatan tanah, jumlah, panjang, biomassa, luas permukaan dan kerapatan panjang akar semakin berkurang.

## **METODOLOGI**

### **Bahan Dan Alat Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas : Bibit tanaman rumput akar wangi (*Vetiveria zizanioides*), Pot yang terbuat dari peralon PVC dengan diameter 15 cm (6 inch) dengan tinggi 50 cm.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas :Alat uji Pemadatan tanah, Uji Kuat Geser Tanah *Unconfined Compressive Strength*, Alat uji properti tanah, distribusi butiran tanah dan konsistensi tanah

## **Prosedur Penelitian**

Proses pelaksanaan penelitian seluruhnya dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah dalam 5 tahap.

### **Tahap 1 : Pengujian *soil properties***

Pada tahap ini, sebelum tanah digunakan dalam penelitian ini akan diuji *soil properties* untuk kondisi tanah asli. Tujuan dari pengujian ini untuk mendapatkan parameter berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ), kadar air ( $\omega$ ), berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ), berat jenis ( $G_s$ ), derajat kejenuhan ( $S_r$ ), porositas ( $n$ ) dan angka pori ( $e$ ).

### **Tahap 2 : Pengujian pemadatan tanah dengan *Standart Proctor* dan uji kuat geser *Unconfined*.**

Pengujian ini untuk mendapatkan nilai kepadatan kering maksimum (MDD) dan kadar air optimum untuk 4 seri pengujian dengan jumlah uji proctor sebanyak 4 seri x 5 uji = 20 uji. Pengujian dilanjutkan dengan pengambilan sampel dan pengujian kuat geser *Unconfined*. Jumlah sampel yang diuji kuat geser *Unconfined* adalah 20 uji proctor x 3 uji geser = 60 sampel.

### **Tahap 3 : Penanaman rumput akar wangi pada media tanah timbunan**

Penanaman dilakukan dengan memasukkan tanah hasil pengujian proctor sejumlah 20 sampel dalam bentuk silinder ke peralon PVC dengan diameter 15 cm (6 inch) dengan tinggi 50 cm.

**Tahap 4 : Pengukuran pertumbuhan akar pada umur 90 hari**

Tahap selanjutnya adalah melihat pertumbuhan akar sebagai respon akar terhadap kepadatan tanah pada umur tanaman 90 hari. Variabel yang didapatkan dari pengukuran adalah jumlah akar, panjang akar dan diameter akar untuk 20 sampel.

**Tahap 5 : Analisis data dengan statistik dan penarikan kesimpulan**

Variabel yang ditinjau adalah berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ), jumlah akar panjang akar dan diameter akar. Pengukuran keamatan hubungan di antara hasil-hasil pengamatan dari populasi yang mempunyai dua variabel digunakan perhitungan korelasi bivariate Pearson. Perhitungan ini menyaratkan bahwa populasi asal sampel mempunyai dua variabel dan berdistribusi normal, untuk itu setiap hasil pengamatan perlu diuji dengan rasio Skewness dan Kurtosis. Nilai rasio Skewness dan Kurtosis berada di antara -2 sampai dengan +2 dapat dikatakan distribusi data adalah normal dan dapat menggunakan perhitungan korelasi bivariate.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

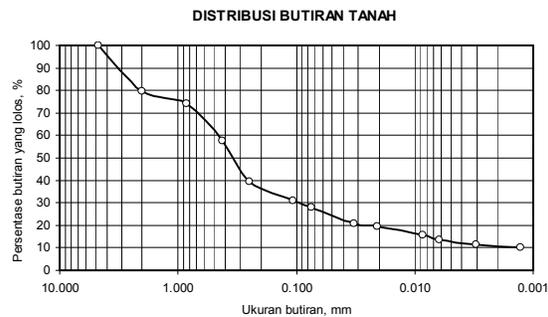
**Soil Properties Media Tanam**

Media tanam berupa tanah lanau kelembungan berbutir kasar berwarna coklat kemerahan atau yang sering disebut tanah merah. Tanah ini merupakan bahan vulkanis yang mengalami pelapukan sampai

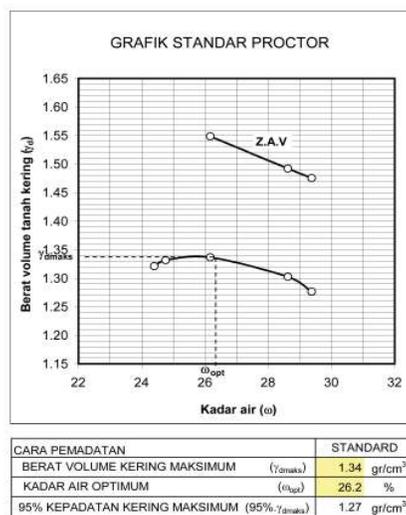
menghasilkan tanah yang berbutir halus dan berkohesi. Tanah yang berperilaku lanau tetapi juga memperlihatkan kecenderungan perilaku lempung dengan plastisitas rendah ini memiliki *soil properties* seperti pada Tabel 1. Hasil analisis distribusi butiran tanah menunjukkan bahwa tanah didominasi oleh butiran kasar.

**Tabel 1. Soil properties media tanam**

Parameter tanah	Satuan	Nilai
Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,628
Kadar air ( $\omega$ )	%	35,29
Berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,203
Berat jenis ( $G_s$ )	-	2,604
Derajat kejenuhan ( $S_r$ )	%	78,96
Porositas ( $n$ )	%	53,79
Angka pori ( $e$ )	-	1,164

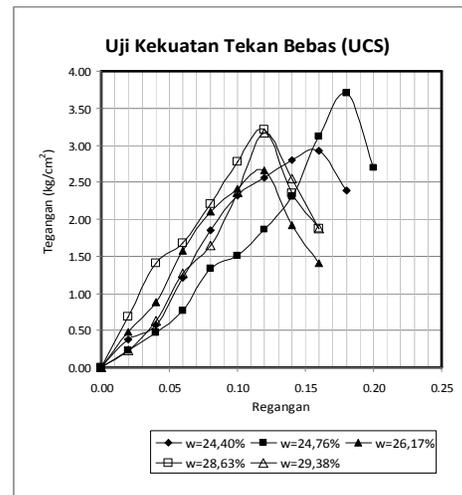


cm seberat 2,5 kg. Tinggi jatuh alat penumbuk adalah 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam 3 (tiga) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk 56 kali. Dalam uji pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 (lima) kali dengan kadar air tiap-tiap percobaan divariasikan. Kemudian, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering. Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (OMC) untuk mencapai berat volume tanah kering terbesar (MDD) atau kepadatan maksimumnya. Bila seluruh udara dalam tanah dipaksa keluar pada waktu pemadatan, maka tanah akan berada dalam kedudukan jenuh air. Tetapi kondisi ini sulit dicapai. Garis jenuh atau garis rongga udara nol (*zero air void* atau ZAV) menunjukkan hubungan kadar air dan berat volume tanah kering saat tanah jenuh air ( $S_r=100\%$ ) yaitu  $\gamma_d = \gamma_{ZAV}$ . Hasil uji pemadatan pada kadar air yang melebihi optimumnya tidak akan pernah mencapai garis rongga udara nol. Letak garis optimumnya, umumnya kira-kira 80-90% dari kondisi jenuhnya (atau terletak pada derajat kejenuhan  $S_r = 80-90\%$ ). Hasil pengujian pemadatan tanah di laboratorium disajikan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik uji standar proctor

Pengujian kuat geser tanah dengan metode *Unconfined* adalah metode yang paling sederhana, mudah, dan murah untuk menentukan kekuatan geser tanah lempung. Pengujian ini hanya cocok untuk tanah lempung jenuh, karena sampel tanah harus bisa dibentuk sesuai ukuran tanpa merusak susunan partikelnya dan besarnya sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ) dipastikan sama dengan nol. Hasil pengujian ini berupa grafik hubungan regangan (%) dan tekanan ( $\text{kg/cm}^2$ ), dengan kokoh tekan ( $q_u$ ) didapatkan dari tekanan yang maksimum dari sampel tanah. Metode pengambilan sampel setelah tanah dipadatkan pada pengujian proctor dengan cara menekan secara hidrolis tabung-tabung uji. Adapun proses pengambilan sampel dari hasil uji pemadatan tanah dan hasil pengujian kuat tekan bebas (UCS) disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Proses pengambilan sampel dari tabung proctor dan uji kekuatan tekan bebas (UCS) untuk setiap variasi kadar air pada uji proctor.

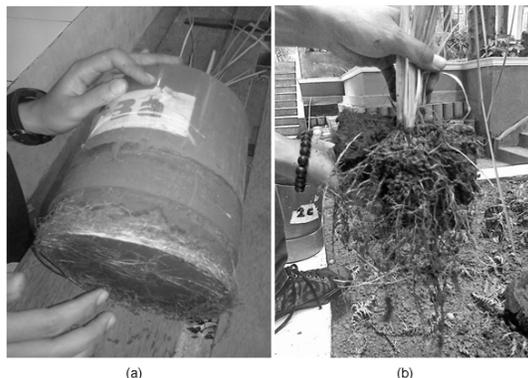
### Penanaman Rumput Akar Wangi

Setelah proses pengujian sifat fisik dan mekanis tanah di laboratorium Mekanika Tanah, maka dilanjutkan dengan proses penanaman dan perawatan tanaman rumput akar wangi selama 90 hari. Jumlah pot tanam adalah 4 seri yang berjumlah 20 buah pot. Satu seri uji pemadatan tanah menghasilkan 5 sampel media tanah dipadatkan. Untuk mensimulasikan perlunakan tanah seandainya terkena air hujan atau air tanah yang masuk dari tanah di sekelilingnya maka pada pot hanya diberikan lubang drainase berupa celah pada pipa peralon dan penutup pipa (dop). Setelah tanah hasil pemadatan dimasukkan pada pipa peralon, maka di atas tanah yang padat di berikan media tanam berupa tanah yang tidak dipadatkan. Pemberian pupuk NPK cair pada sampel diberikan pada umur 15 hari. Cara perawatan tanaman rumput akar wangi seluruhnya mengacu pada pedoman penanaman rumput vetiver untuk pengendalian erosi permukaan dan pencegahan longsoran dangkal pada lereng jalan yang dibuat oleh Kementerian Pekerjaan Umum tahun 2009.

### Pertumbuhan Akar

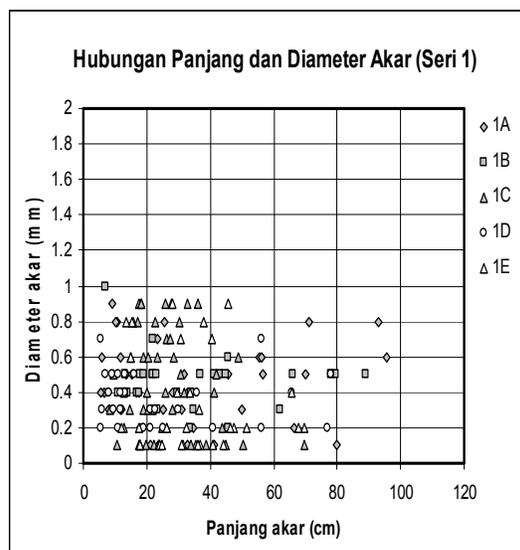
Setelah tanaman rumput akar wangi berumur 90 hari, maka dilakukan pengambilan data panjang dan diameter akar dengan melakukan pencucian tanah di sekitar akar secara hati-hati. Akar rumput akar wangi mampu menembus lapisan tanah merah yang dipadatkan setebal 16,8 cm dan pada dasar pot terjadi pengumpulan akar akibat akar tidak dapat menembus penutup peralon (dop). Kondisi ini memberi gambaran jika akar rumput akar wangi tidak dapat menembus lapisan tanah keras maka akan terjadi pengumpulan akar di

pertemuan tanah keras dengan tanah tembus akar di atasnya.

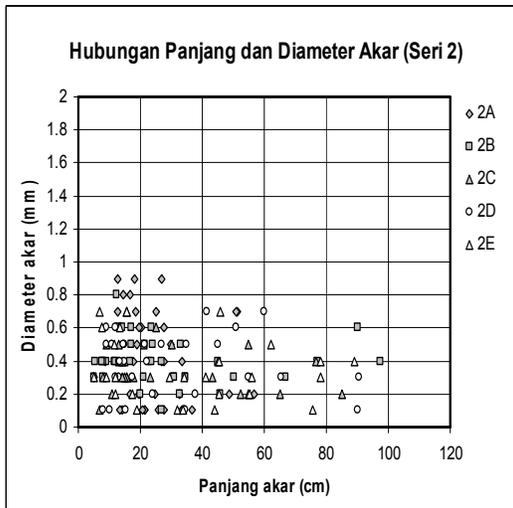


**Gambar 9.** Pertumbuhan akar tanaman (a) pertumbuhan akar di dalam pot dan (b) akar menembus tanah merah dipadatkan.

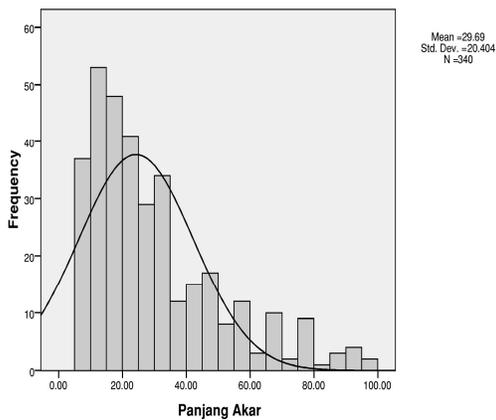
Hubungan panjang dan diameter akar pada sampel seri 1 dan 2 disajikan pada Gambar 10 dan 11. Sedangkan grafik histogram frekuensi panjang akar dan diameter akar untuk seri 1 dan 2 disajikan pada Gambar 12 dan 13.



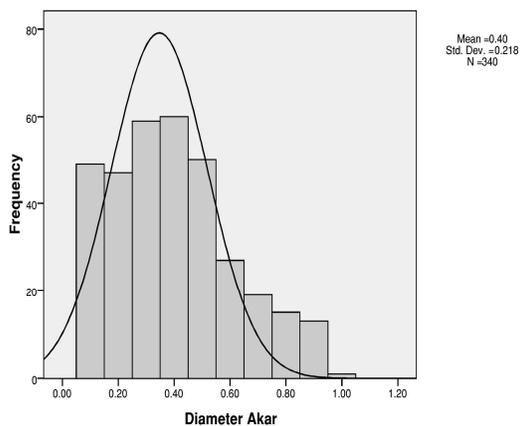
**Gambar 10** Hubungan panjang dan diameter akar pada percobaan seri 1



**Gambar 11** Hubungan panjang dan diameter akar pada percobaan seri 2



**Gambar 12** Grafik histogram frekuensi panjang akar untuk seluruh sampel



**Gambar 13** Grafik histogram frekuensi diameter akar untuk seluruh sampel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data

Dalam analisis data ini dilakukan pengukuran keeratan hubungan di antara hasil-hasil pengamatan dari populasi dengan variabel yang ditinjau adalah berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ), jumlah akar, panjang akar dan diameter akar. Pengukuran keeratan hubungan dua variabel ini akan menggunakan perhitungan korelasi bivariate Pearson, jika syarat populasi asal sampel mempunyai dua variabel dan berdistribusi normal. Untuk itu setiap hasil pengamatan perlu diuji dengan rasio Kurtosis. Untuk nilai rasio Kurtosis berada di antara -2 sampai dengan +2 dapat dikatakan distribusi data adalah normal.

Berikut disajikan hasil rerata pengukuran akar pada sampel seri 1 dan 2 pada Tabel 2 dan ringkasan analisis statistik hasil pengukuran akar pada Tabel 3. Nilai rasio Kurtosis pada variabel jumlah akar, panjang akar dan diameter akar berada di antara -2 sampai dengan +2 sehingga dapat dikatakan distribusi data adalah normal dan dapat menggunakan perhitungan korelasi bivariate.

**Tabel 2.** Rerata hasil pengukuran akar dan berat vol kering tanah

Sampel	Jumlah Akar	Panjang Akar (cm)	Dia. Akar (mm)	Berat vol. Kering tanah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
1A	41.00	32.59	0.43	1.32
1B	30.00	33.92	0.46	1.33
1C	50.00	26.07	0.44	1.34
1D	29.00	24.32	0.36	1.30
1E	31.00	34.64	0.34	1.28
2A	37.00	25.77	0.41	1.32
2B	37.00	28.20	0.40	1.33
2C	25.00	29.80	0.34	1.34
2D	32.00	28.97	0.37	1.30
2E	28.00	35.37	0.35	1.28

## Pembahasan

Menurut PU Bina Marga (2008), dalam segala hal VS tidak dapat diterapkan pada lapisan tanah yang keras dengan nilai berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) dalam kondisi sampel tidak terganggu di atas  $1,60 \text{ gr/cm}^3$ , serta nilai *Unconfined Compression Strength*: UCS di atas  $1 \text{ kg/cm}^2$  untuk tanah plastis pada kondisi sampel tidak terganggu.

Pada penelitian ini berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) masih memenuhi persyaratan PU Bina Marga (2008) baik dalam kondisi tanah asli  $1,203 \text{ gr/cm}^3$ , kondisi tanah dipadatkan  $1,28 - 1,34 \text{ gr/cm}^3$  maupun dalam kondisi tanah dengan rongga udara nol  $1,48-1,55 \text{ gr/cm}^3$ . Namun untuk persyaratan *Unconfined Compression Strength* (UCS) di bawah  $1 \text{ kg/cm}^2$  untuk tanah lempung jenuh pada kondisi sampel tidak terganggu, tidak dapat terukur dengan baik. Hal ini mengingat dalam penelitian ini hasil pemadatan tanah memiliki UCS  $q_u > 2,5 \text{ kg/cm}^2$ , tidak masuk dalam kriteria tanah jenuh air ( $S_r=100\%$ ) dengan nilai kadar air hanya  $24,40-29,38 \%$  sedangkan pada tanah aslinya untuk kadar air  $35,29\%$  derajat kejenuhannya ( $S_r$ ) hanya mencapai  $78,96\%$ . Selain itu sampel berupa tanah lanau kelembungan berbutir kasar dengan plastisitas rendah dan bukan berupa tanah lempung.

**Tabel 3.** Ringkasan analisis statistik hasil pengukuran akar

		Jumlah Akar	Panjang Akar (cm)	Dia. Akar (mm)
N	Valid	10	10	10
	Missing	0	0	0
	Mean	34	29.965	0.39
	Std.Deviation	7.4087	3.97729	0.04397
	Variance	54.889	15.819	0.002
	Kurtosis	1.234	-1.558	-1.477
	Std. Error of Kurtosis	1.334	1.334	1.334
	Ratio of Kurtosis	0.925	-1.167	-1.107

		Jumlah Akar	Panjang Akar	Diameter Akar	Berat Vol. Kering Tanah
Jumlah Akar	Pearson Correlation	1	-.348	.655*	.416
	Sig. (2-tailed)		.324	.040	.232
	N	10	10	10	10
Panjang Akar	Pearson Correlation	-.348	1	-.106	-.406
	Sig. (2-tailed)	.324		.771	.245
	N	10	10	10	10
Diameter Akar	Pearson Correlation	.655*	-.106	1	.601
	Sig. (2-tailed)	.040	.771		.066
	N	10	10	10	10
Berat Vol. Kering Tanah	Pearson Correlation	.416	-.406	.601	1
	Sig. (2-tailed)	.232	.245	.066	
	N	10	10	10	10

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Akar tanaman rumput akar wangi pada umur 90 hari mampu menembus lapisan tanah merah yang dipadatkan setebal  $16,8 \text{ cm}$  dan pada dasar pot terjadi pengumpulan akar akibat akar tidak dapat menembus penutup peralon (dop). Panjang akar dapat mencapai rata-rata  $29,69 \text{ cm}$  dan diameter akar  $0,40 \text{ mm}$ . Hal ini menunjukkan bahwa akar wangi mampu berkembang baik pada lereng jalan di jalan lingkaran Ambarawa yang jenis tanahnya lanau kelembungan berbutir kasar berwarna coklat kemerahan atau yang sering disebut tanah merah.

Hubungan panjang dan diameter akar pada sampel seri 1 dan 2 pada Gambar 11 dan 12 menunjukkan pola yang sama. Hasil korelasi bivariate Pearson pada Tabel 3 menunjukkan keeratan hubungan antara jumlah akar dan diameter akar yang signifikan. Semakin banyak rata-rata jumlah akar akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Sedangkan antara variabel berat volume kering tanah dan diameter akar memiliki hubungan yang cukup erat. Semakin tinggi berat volume kering tanah akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Hal ini sesuai dengan Rusdiana et al. (2000), bahwa struktur tanah yang padat akan menghambat laju penetrasi akar lebih dalam. Pada tanah yang lebih padat

akar akan membangun pertahanan diri dengan memperbesar ukuran diameternya.

## KESIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut, *Pertama*, pada umur tanaman 90 hari, akar tanaman rumput akar wangi mampu menembus lapisan tanah merah yang dipadatkan dengan berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ) berkisar 1,28 - 1,34 gr/cm<sup>3</sup> dan setebal 16,8 cm. Pada dasar pot terjadi pengumpulan akar akibat akar tidak dapat menembus penutup peralon (dop). Panjang akar dapat mencapai rata-rata 29,69 cm dan diameter akar 0,40 mm. Hal ini menunjukkan bahwa akar wangi mampu berkembang baik pada lereng jalan di jalan lingkaran Ambarawa yang jenis tanahnya lanau kelepungan berbutir kasar berwarna coklat kemerahan atau yang sering disebut tanah merah.

*Kedua*, keeratan hubungan antar variabel seperti berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ), jumlah akar, panjang akar dan diameter akar sebagai respon dari pertumbuhan akar adalah semakin banyak rata-rata jumlah akar akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Semakin tinggi berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ) akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Selain itu, hubungan panjang dan diameter akar menunjukkan kemiripan pola sebaran untuk tingkat kepadatan yang relatif sama.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut: *Pertama*, untuk penelitian di laboratorium perlu dikembangkan ke arah pengujian daya tembus akar (penetrasi) dengan teknik lapisan lilin. Lapisan tanah keras dapat disimulasi dari

campuran parafin dan vaselin setebal 3-5 mm. Metode ini dapat mempelajari kemampuan akar tanaman akar wangi dalam menembus lapisan lilin tanpa dipengaruhi proses perlunakan lapisan seandainya terkena air siraman atau air hujan seperti halnya pada tanah yang dipadatkan. *Kedua*, untuk penelitian di lapangan perlu dikembangkan ke arah pengujian daya tembus akar dengan pencapaian penetrasi akar pada umur 3 dan 6 bulan dibandingkan dengan hasil nilai konus ( $q_c$ ) dari uji sondir atau CPT.

## Ucapan Terimakasih

Penelitian FT UNNES ini dibiayai dana DIPA PNBPU Universitas Negeri Semarang Tahun Anggaran 2012. Ucapan terimakasih ditujukan kepada pihak LP2M UNNES, mahasiswa peneliti Kukuh Cahya Adi Putra dan Marti Istiyarningsih atas bantuannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budi, S.G., 2011 Pengujian Tanah di Laboratorium : Penjelasan dan Panduan, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Bina Marga, PU, 2008, Spesifikasi penanaman rumput sistem vetiver pada lereng atau tebing galian dan timbunan, SKH-1.8.9, Dep. PU, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Cazzuffi, D., Corneo, A., Crippa, E., 2006, *Slope stabilisation by perennial "gramineae" in Southern Italy: plant growth and temporal performance*, Geotechnical and Geological Engineering, Springer.
- Chok Y.H, Kaggwa, W.S., Jaksa, M.B, Griffiths, D.V., 2004, *Modeling the Effects of Vegetation on Stability of Slopes*, Proseding 9<sup>th</sup> Australia New Zeland Conference on Geomechanics, Auckland.

- Gray, D.H, Sotir, R.B, 1996, *Biotechnical and Soil Bioengineering slope Stabilization*, John Wiley & Sons, New York.
- Hanggoro, T.C.A, Indarto, H., 2008, Prediksi peningkatan stabilitas lereng Kawasan Wisata Ketep dengan sistem perkuatan rumput Akar Wangi, Prosiding Simposium Nasional RAPI VII, FT Univ. Muhammadiyah Surakarta.
- Hengchaovanich, D., 2003, *Vetiver System for Slope Stabilization : Reviewer*, The 3<sup>th</sup> International Conference on Vetiver – ICV3, Guangzhou, China
- Norris, .J.E, Greenwood, J.R, 2006, *Assessing The Role of Vegetation on Soil Slope in Urban Area*, IAEG 2006, The Geology Society of London.
- Operstein, V, Frydman, S., 2000, *The Influence of Vegetation on Soil Strength*, Jurnal Ground Improvement (2000-4) pp 81-89, Thomas Telford.
- Rusdiana, O., Fakuara, Y., Kusmana, C., Hidayat, Y., 2000, Respon pertumbuhan akar tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*) terhadap kepadatan dan kandungan air tanah podsolik merah kuning, Jurnal Manajemen Hutan Tropika, Vol.6 No.2.
- Truong, P., Van, T.T, Pinner, E., 2007, *Vetiver System Application : Technical Reference Manual*, The Vetiver Network International, [www.vetiver.org](http://www.vetiver.org)

