

Efektivitas Akar Vetiver Terhadap Peningkatan Kohesi Tanah Lereng Sebagai Tinjauan Untuk Perkuatan Lereng

Nurul Badriyah

Universitas Gunadarma Jakarta, E-mail: nuruuulb95@gmail.com

Sri Wulandari

Universitas Gunadarma Jakarta, E-mail: sri_wulandari@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Perkuatan lereng dengan metode bio-engineering/ vegetatif merupakan salah satu upaya penanganan longsor pada lereng dengan memanfaatkan tanaman. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas akar vetiver dalam peningkatan kohesi tanah lereng sebagai tinjauan dalam perkuatan lereng. Penelitian dilakukan dengan membuat pemodelan lereng dalam sebuah model berdimensi 150 cm × 50 cm × 70 cm dengan kemiringan lereng 70° dan 80° serta pengujian propertis tanah sebelum dan setelah perkuatan di laboratorium baik fisik maupun mekanis. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian kuat geser langsung pada sampel sebelum dan setelah penanaman Vetiver di kedalaman 0 – 30 cm dan 30 – 60 cm. Klasifikasi tanah yang diperoleh berdasarkan hasil dari pengujian fisik tanah berada dalam kelompok MH (lanau dengan plastisitas tinggi). Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa akar vetiver mampu meningkatkan nilai kohesi pada kedalaman 0 – 30 cm sebesar 358,037% dan 218,182% pada kedalaman 30 – 60 cm terhadap lereng 70°, sedangkan untuk lereng 80° meningkatkan nilai kohesi sebesar 251,928% di kedalaman 0 – 30 cm dan 220,514% di kedalaman 30 – 60 cm.

Kata-kata Kunci: Akar vetiver, perkuatan lereng, kohesi.

Abstract

Strengthening slope by bio-engineering/ vegetative method is one of the effort to handle landslides on the slopes by utilizing plants. The purpose of this study was to evaluate the effectiveness of vetiver roots in increasing slope soil cohesion as a review of slope reinforcement. The study was conducted by modeling slope in a model with dimensions of 150 cm × 50 cm × 70 cm with a slope of 70° and 80° as well as soil property testing before and after retrofitting in the laboratory, both physical and mechanical. The mechanical test carried out is testing the shear strength directly on the sample before and after planting Vetiver at a depth of 0 – 30 cm and 30 – 60 cm. The soil classification obtained based on the results of physical soil testing is in the MH group (silt with high plasticity). Based on research was obtained that vetiver roots can increase the cohesion values at a depth of 0 – 30 cm at 358,037% and 218,182% at a depth of 30 – 60 cm against slope of 70°, whereas for slope of 80° increase the cohesion values at 251,928% at a depth of 0 – 30 cm and 220,514% at a depth of 30 – 60 cm.

Keywords: Cohesion, strengthening slope, vetiver root.

1. Pendahuluan

Lereng jalan yang dibiarkan terbuka dari pengaruh luar (dalam hal ini curah hujan), akan berakibat rawan terjadinya longsoran. Terlebih lagi apabila kemiringan lereng tersebut curam, karena derajat kemiringan lereng merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya longsoran. Longsoran dapat terjadi dengan berbagai cara, baik secara perlahan maupun mendadak, dengan/ tanpa tanda-tanda yang terlihat. Perkuatan lereng dengan metode bio-engineering/ vegetatif merupakan salah satu upaya penanganan longsor pada lereng dengan memanfaatkan tanaman, salah satunya menggunakan akar tanaman. Rumpun vetiver merupakan salah satu jenis tumbuhan yang mempunyai kemampuan mencegah erosi lereng, stabilisasi tebing, penahan abrasi pantai, dan rehabilitasi lahan bekas pertambangan.

Vetiver menahan laju air run off dan material erosi dengan tubuhnya. Daun dan batang Vetiver memperlambat aliran endapan yang terbawa run off dan air mengalir turun ke lereng yang lebih rendah. Akar tanaman mengikat tanah di bawah tanaman hingga kedalaman 3 meter dengan membentuk tiang yang rapat dan dalam di tanah. Ujung-ujung akar Vetiver mampu menembus dan menjadi semacam jangkar yang kuat. Cara kerja akar ini seperti besi kolom yang masuk dan menembus lapisan tekstur tanah, dan pada saat yang sama menahan partikel-partikel tanah dengan akar serabutnya (Wijayakusuma, 2007). Noor, dkk (2011) mengungkapkan bahwa barisan pagar Vetiver dapat menahan pengikisan dari aliran air (*scouring of water flow*) hasil hujan lebat sebesar 0,028 m³/det.

Penelitian mengenai pengaruh akar tanaman terhadap stabilitas lereng sebagai salah satu upaya perkuatan

lereng telah dilakukan oleh Kazutoki Abe dan Robert R. Ziemer (1991), dalam penelitiannya Kazutoki Abe dan Robert R. Ziemer membuat pemodelan tegangan geser yang diperkuat dengan akar pohon, menjelaskan bahwa akar-akar horizontal menyebar di lapisan permukaan tanah akan mencengkeram tanah dan akar-akar vertikal bertindak sebagai jangkar akan menopang tegaknya pohon sehingga tidak mudah tumbang oleh pergerakan massa tanah.

Penelitian selanjutnya mengenai kekuatan dari rumput vetiver terhadap stabilitas lereng telah dilakukan Natalia dan Hardjasaputra (2010) yang meneliti parameter geser tanah (sudut geser dan kohesi tanah) pada suatu lereng di areal UPH. Areal lereng ini ditanami vetiver dan pada usia 3 bulan komposit antara tanah dan akar vetiver dari lereng tersebut dilakukan pengujian. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh kesimpulan bahwa komposit tanah dan akar vetiver tersebut menambah nilai kohesi pada tanah sebesar 35,8%, sedangkan nilai sudut geser dalam tanah tidak mengalami perubahan karena akar bekerja sebagai ankur yang menahan gaya geser pada tanah.

Andiyarto, H.T.C., dkk (2012) melakukan penelitian terkait respon pertumbuhan akar vetiver dengan media tanam tanah merah menggunakan pot yang terbuat dari paralon PVC 6 inci dengan tinggi 50 cm. Penanaman vetiver dilakukan dengan cara memasukkan tanah yang telah dipadatkan dari hasil pengujian proctor ke dalam pot paralon, kemudian di atas tanah yang telah dipadatkan tersebut diberikan media tanam berupa tanah yang tidak dipadatkan. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan vetiver di berbagai variasi kepadatan tanah dan mengetahui hubungan antar variabel seperti berat volume kering tanah, jumlah akar, dan diameter akar sebagai respon dari pertumbuhan akar. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa pada umur tanaman 90 hari, akar vetiver mampu menembus lapisan tanah merah yang dipadatkan dengan berat volume kering tanah berkisar 1,28 – 1,34 g/cm³ setebal 16,8 cm. Pada dasar pot terjadi pengumpulan akar akibat tidak dapat menembus penutup paralon, panjang akar mencapai rata-rata 29,69 cm dengan diameter akar 0,40 mm. Keeratan hubungan antar variabel menunjukkan bahwa semakin banyak rata-rata jumlah akar akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar, semakin tinggi berat volume kering tanah akan dimungkinkan semakin besar rata-rata diameter akar. Selain itu, hubungan antara panjang dan diameter akar menunjukkan kemiripan pada pola sebaran untuk tingkat kepadatan yang relatif sama. Penelitian tersebut dilakukan untuk memprediksi respon pertumbuhan akar dalam upaya penerapan sistem Vetiver pada tanah timbunan yang dipadatkan seperti yang telah dilakukan di beberapa ruas Jalan Lingkar Ambarawa. Hal ini menunjukkan bahwa akar wangi mampu berkembang baik pada lereng jalan tersebut yang jenis tanahnya adalah tanah merah.

Susilawati dan Veronika (2016) melakukan kajian terhadap kombinasi antara bahan geotekstil dan rumput vetiver. Menurutnya kombinasi antara bahan

geotekstil dan rumput vetiver, merupakan peluang yang sangat potensial memberikan solusi. Bahan geotekstil berfungsi menahan lereng longsor secara kuat pada awal konstruksi, sementara rumput vetiver masih memerlukan pemeliharaan awal yang cukup intensif sampai bertumbuh kuat dan siap menggantikan peran geotekstil yang dalam waktu tertentu mulai rusak oleh pengaruh cuaca dan beban. Rumput vetiver yang memiliki akar serabut kuat memegang tanah, setelah mengalami pemeliharaan awal yang baik, akan hidup kokoh dan mampu menahan beban tanah yang hendak longsor. Pemetaan penelitian tersebut digunakan sebagai acuan dalam penelitian yang dilakukan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui peningkatan kohesi tanah dengan akar vetiver sebagai perkuatan lereng. Penelitian dilakukan pada lereng buatan dalam sebuah model berdimensi 150 cm × 50 cm × 70 cm dengan kemiringan lereng 70° dan 80°. Vetiver ditanam tegak lurus terhadap bidang miring lereng pada model. Perubahan nilai kohesi yang ditinjau diperoleh dari pengujian geser langsung dengan benda uji yang diambil pada kedalaman 0 – 30 cm dan 30 – 60 cm baik sebelum maupun setelah penanaman Vetiver. Pengujian dan pengambilan sampel dilakukan setiap 2 minggu setelah umur tanam Vetiver 4 sampai 12 minggu.

2. Kajian Pustaka

2.1 Tanah

Das (2010) menyatakan bahwa tanah adalah butiran halus yang berasal dari bebatuan yang telah mengalami pelapukan oleh gaya-gaya alam secara kimiawi maupun fisik. Butiran tersebut merupakan agregat mineral-mineral padat yang ikatan antar butirannya relatif lemah, dimana ruang di antara partikel tersebut merupakan pori berisi udara atau air. Penggunaan istilah kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam bidang teknik sipil untuk pengklasifikasian tanah. Tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis tanah pada kondisi alam, dan kadang-kadang juga terdapat kandungan bahan organik di dalamnya (Hardiyatmo, 2014). Bowles (1997) menerangkan secara umum tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah kohesif atau tidak kohesif dan tanah berbutir kasar atau berbutir halus. Hardiyatmo (2006) menyatakan bahwa klasifikasi tanah umumnya didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan dan uji sedimentasi serta plastisitas.

2.1.1 Index properties dan engineering properties

Sifat-sifat indeks (*index properties*) menunjukkan sifat-sifat tanah yang mengindikasikan jenis dan kondisi tanah, serta memberikan hubungan terhadap sifat-sifat mekanis (*engineering properties*) seperti kekuatan dan pemampatan atau kecenderungan untuk mengembang dan permeabilitas. Adapun sifat-sifat fisik tanah yang harus diketahui antara lain kadar air, berat isi, berat jenis, analisis gradasi butiran, batas cair, batas plastis, dan batas susut. Sifat-sifat yang paling berpengaruh untuk tanah berbutir halus merupakan batas-batas konsistensi. seorang ilmuwan yang berasal dari Swedia

mengembangkan suatu cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah yang bervariasi. Batas-batas konsistensi ini dikenal sebagai batas-batas Atterberg, yang terdiri dari batas cair, batas plastis, dan batas susut. Nilai indeks plastisitas (PI) yang menunjukkan sifat keplastisan tanah dapat diperoleh dari selisih antara batas cair dan batas plastis. Plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk. Semakin tinggi nilai PI menyatakan bahwa tanah mengandung semakin banyak butiran lempung.

Sifat mekanis tanah (*engineering properties*) merupakan parameter-parameter tanah yang berkaitan langsung dengan kekuatan tanah. Engineering properties tanah yang perlu diketahui untuk analisis stabilitas lereng adalah nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah. Hardiyatmo (2012) menyatakan bahwa kohesi tanah bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya. Tanah yang banyak mengandung butiran halus seperti lanau dan lempung akan memiliki nilai kohesi yang tinggi. Kedua parameter ini menentukan nilai kuat geser tanah, dimana merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan

2.2 Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Kemungkinan untuk terjadi longsor pada lereng selalu ada, karena dalam setiap kasus tanah yang tidak rata akan menyebabkan komponen gravitasi dari berat memiliki kecenderungan untuk menggerakkan massa tanah dari elevasi lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Oleh karena itu, perlu dilakukan perkuatan lereng untuk mencegah terjadinya longsor. Ada tiga jenis lereng dalam bidang teknik sipil, yaitu:

1. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk karena proses-proses alam, misalnya lereng suatu bukit.
2. Lereng yang dibuat dengan tanah asli, misalnya apabila tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air untuk keperluan irigasi.
3. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, sebagai tanggul untuk jalan atau bendungan tanah.

2.2.1 Keruntuhan lereng dan erosi

Longsoran merupakan gerakan massa tanah pembentuk lereng yang diakibatkan oleh terjadinya keruntuhan geser di sepanjang satu atau lebih bidang longsor. Longsoran lereng terjadi akibat dari proses-proses yang menyebabkan kenaikan tegangan geser atau berkurangnya kuat geser tanah. Tanda-tanda awal dari longsoran adalah adanya retakan di bagian atas lereng yang relatif tegak lurus arah gerakan. Variabel utama gaya-gaya yang menyebabkan gerakan tanah adalah sudut kemiringan bidang longsohnya. Semakin besar sudut kemiringannya, semakin besar pula potensi longsohnya.

Longsoran pada lereng tanah berlempung sering disebabkan oleh erosi atau penggalian tanah di bagian

kaki lereng karena aliran air sungai. Erosi dasar sungai di kaki lereng menyebabkan kemiringan lereng menjadi semakin besar dan tinggi lereng menjadi bertambah, sehingga lereng menjadi tidak stabil. Erosi adalah proses penggerusan lapis tanah permukaan yang disebabkan oleh beberapa hal seperti angin, air, es, atau gravitasi. Erosi secara alamiah dapat dikatakan tidak menimbulkan musibah bagi kehidupan manusia atau keseimbangan lingkungan. Namun, erosi dapat menjadi erosi yang dipercepat, yang dapat diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan atau tindakan yang menimbulkan dampak negatif pada lingkungannya. Terlebih lagi hal itu akan dirasakan pada lereng-lereng jalan yang curam dan terbuka (tanpa vegetasi).

2.3 Stabilitas lereng

Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini dinamakan analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas pada umumnya untuk memeriksa keamanan dari lereng, baik lereng alam, lereng galian, maupun lereng urugan tanah. Hal-hal yang paling berpengaruh dalam kestabilan lereng adalah:

1. Kuat geser tanah, kuat geser tanah tergantung pada gaya perlawanan atau gerakan relatif yang dapat dikeluarkan oleh butiran tanah terhadap dorongan atau tarikan. Das (2008) menyatakan bahwa tanah yang padat dengan interlocking dan kontak antar butiran yang tinggi, lebih besar kekuatan gesernya dari tanah lepas.
2. Geometri lereng, pengaruh gravitasi mengakibatkan permukaan tanah yang tidak horizontal atau kemiringan lereng berpotensi mengalami pergerakan. Semakin besar sudut kemiringan lereng semakin besar gaya dorong yang disebabkan meningkatnya tegangan geser. Hal ini berbanding terbalik dengan tegangan normal yang berperan sebagai gaya penahan.
3. Tekanan air pori atau gaya rembesan, kenaikan tekanan air pori di sekitar bidang longsor dapat mereduksi tegangan efektif, sehingga mengurangi kuat geser tanah. Kuat geser tanah di lapangan bergantung pada kadar airnya. Oleh karena itu, jika kadar air (atau tekanan air pori) bertambah, maka kuat geser turun. Kenaikan muka air tanah juga berpengaruh pada kecepatan gerak massa tanah. Hal ini sebanding dengan meningkatnya kadar air sehingga tanah menjadi jenuh, sehingga menyebabkan berkurangnya kuat geser rata-rata.
4. Kondisi pembebanan dan lingkungan, beban yang berpengaruh pada lereng terdiri dari beban internal yang berasal dari volume serta berat jenis tanah dan batuan itu sendiri, sedangkan beban eksternal terdiri dari beban statik dan dinamis menjadi tambahan beban yang dapat menambah potensi gerakan tanah.

Tanah kohesif seperti lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil, kuat gesernya ditentukan terutama dari nilai kohesinya. Keruntuhan lereng pada tanah kohesif banyak terjadi karena meningkatnya kadar air tanah. Longsoran terjadi karena tidak adanya kuat geser tanah yang cukup untuk menahan gerakan tanah pada bidang longsohnya.

2.4 Vegetasi untuk stabilitas lereng

Gangguan stabilitas lereng sering disebabkan oleh melemahnya zona di sekitar kaki lereng, terutama oleh kenaikan kadar air tanah. Hardiyatmo (2012) mengungkapkan bahwa kaki lereng sering merupakan tempat dimana aliran air tanah menuju (terutama ketika musim hujan), sehingga bagian ini merupakan zona yang lebih dulu menjadi jenuh air yang kadang-kadang nampak sebagai mata air. Selain itu, bila bagian kaki lereng berada di tebing sungai atau saluran, kenaikan muka air sungai dan kemudian turun dengan cepat, menyebabkan ketidakstabilan lereng.

Perubahan atau peningkatan kandungan air dalam tanah dapat menjadi pemicu longsor. Hal ini dapat mengubah kondisi tanah dari kondisi tidak jenuh air (*unsaturated*) menjadi jenuh air (*saturated*), sehingga parameter kuat geser tanah terutama kohesi (*c*) antar butiran akan berkurang. Perubahan kandungan air juga dapat memicu kembang susut tanah yang dapat menyebabkan keruntuhan lereng. Apabila pergerakan tanah akibat perubahan volume ini terjadi pada tanah pembentuk lereng, maka akan terjadi longsoran yang dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup berarti. Air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah yang lolos air (*permeable*) akan berakumulasi pada kaki lereng dan menyebabkan muka air tanah naik, sehingga memperbesar tekanan hidrostatik pada lereng tersebut. Infiltrasi air ke dalam tanah, menghilangkan tekanan air pori negatif dan menaikkan tekanan air pori positif yang mengurangi kuat geser tanah (Achmad).

Perkuatan lereng oleh tumbuh-tumbuhan paling efektif apabila akar-akar mampu menembus tanah sampai retakan atau rekahan batuan dasar. Banyak penelitian menunjukkan bahwa perkuatan akar dapat menambah kuat geser tanah, bahkan pada kerapatan dan kuat tarik akar yang rendah. Akar-akar tumbuhan dalam kasus kestabilan massa tanah akan memperkuat lereng dan air yang diserap akar akan mengurangi kelembaban tanah sehingga memperkuat lereng (menaikkan kuat geser tanah). Rumput vetiver merupakan salah satu jenis tumbuhan yang mempunyai kemampuan mencegah erosi lereng, stabilisasi tebing, penahan abrasi pantai, dan rehabilitasi lahan bekas pertambangan.

Rumput vetiver merupakan sejenis rumput-rumputan yang dikenal dengan nama akar wangi. World Bank, sejak tahun 1987 telah memublikasikan penanaman rumput vetiver sebagai tanaman pagar untuk menahan erosi (Grimshaw, 1987). Rumput ini dengan cepat membentuk pagar tanaman jika ditanam berjarak 10 – 15 cm. Akar vetiver diketahui mampu menembus lapisan setebal 15 cm yang sangat keras. Ujung-ujung akar vetiver mampu masuk menembus dan menjadi semacam jangkar yang kuat di lereng-lereng keras dan berbatu. Cara kerja akar ini seperti besi kolom yang masuk ke dalam menembus lapisan tekstur tanah, dan pada saat yang sama menahan partikel-partikel tanah dengan akar serabutnya. Kondisi seperti ini dapat mencegah erosi yang disebabkan oleh angin dan air sehingga vetiver dijuluki sebagai “kolom hidup” (Wijayakusuma, 2007).

Vetiver sangat efektif ketika ditanam berdekatan pada baris di kontur lereng. Garis kontur vetiver dapat menstabilkan lereng alami, potongan lereng, dan tanggul isian. Sistem akarnya yang kaku dan dalam membantu menstabilkan struktur lereng sementara tunas-tunasnya memencarkan limpasan, mengurangi erosi, dan menjebak sedimen agar spesies lokal tumbuh.

3. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode penelitian dengan pemodelan simulasi lereng berdimensi 150 cm × 50 cm × 70 cm dengan sudut kemiringan lereng 70° dan 80° serta pengujian propertis tanah sebelum dan setelah penanaman 9 tunas vetiver di laboratorium baik fisik maupun mekanis. Pengujian mekanis yang dilakukan adalah pengujian kuat geser langsung pada sampel sebelum dan setelah penanaman Vetiver di kedalaman 0 – 30 cm dan 30 – 60 cm. Pemodelan lereng dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** berikut.

3.1 Standar pengujian laboratorium

Standar yang digunakan dalam pengujian sampel tanah, baik untuk parameter fisis maupun mekanis adalah standar pengujian yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu:

1. SNI 1965:2008 tentang Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan.
2. SNI 3637:1994 tentang Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus dengan Cetakan Benda Uji.
3. SNI 1964:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah.
4. SNI 3432:2008 tentang Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah.
5. Atterberg limit dibagi menjadi 3 pengujian, yaitu:
 - a. SNI 1967:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah.
 - b. SNI 1966:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah.
 - c. SNI 3422:2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah.
6. SNI 3420:2016 tentang Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase.

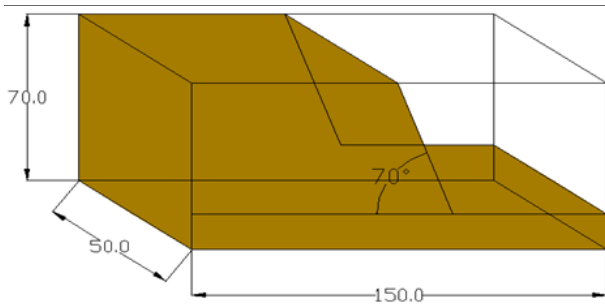
3.2 Diagram alir penelitian

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3** berikut.

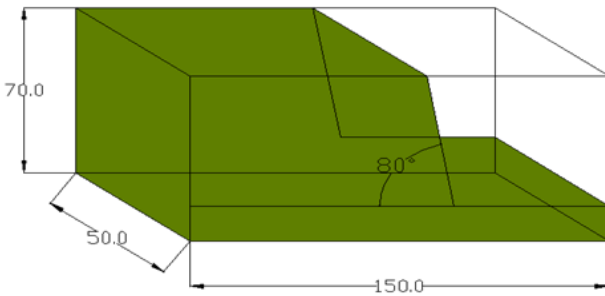
4. Hasil

4.1 Klasifikasi tanah

Pengujian yang dilakukan dalam indeks propertis meliputi pengujian terhadap kadar air, berat jenis, analisis gradasi butiran, dan batas-batas Atterberg. Berdasarkan pengujian indeks diperoleh data sebagai berikut.

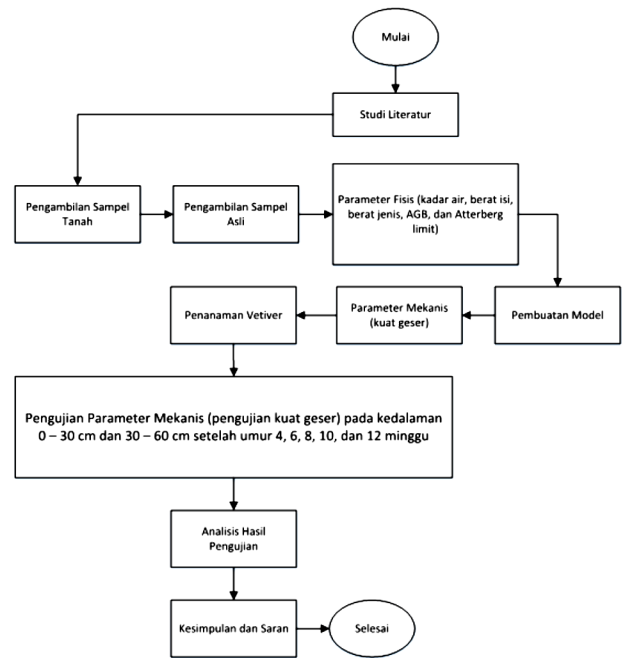


Gambar 1. Model lereng dengan kemiringan 70°

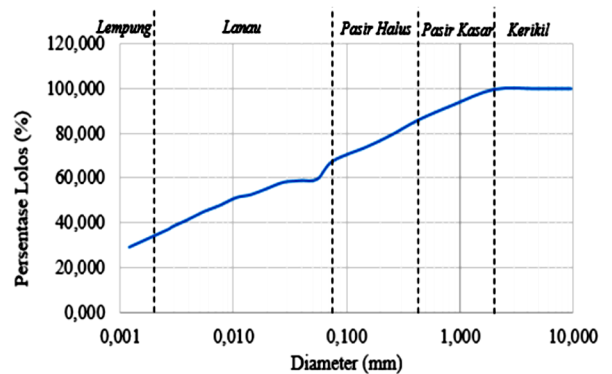


Gambar 2. Model lereng dengan kemiringan 80°

1. Uji kadar air (SNI 1965:2008), kadar air yang diperoleh pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 34,039%. Hal ini menunjukkan bahwa 34,039% rongga udara dalam partikel tanah terisi oleh air.
2. Uji berat isi (SNI 3637:1994), berat isi yang diperoleh pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 1,878 g/cm³.
3. Uji berat jenis (SNI 1964:2008), berat jenis yang diperoleh pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 2,558.
4. Uji analisis gradasi butiran (SNI 3432:2008), Ukuran gradasi butiran pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat 0,268% partikel tanah berukuran lebih dari 2 mm (kerikil); 13,772% partikel tanah berukuran 0,42 mm – 2 mm (pasir kasar); 18,367% partikel tanah berukuran 0,074 mm – 0,42 mm (pasir halus); 30,142% partikel tanah berukuran 0,002 mm – 0,074 mm (lanau); dan 37,450% partikel tanah berukuran kurang dari 0,002 mm (lempung). Berdasarkan persentase yang diperoleh dari uji analisis gradasi butiran dapat disimpulkan bahwa tanah yang diuji berjenis lempung kelanauan. Grafik hasil analisis gradasi butiran dapat dilihat pada **Gambar 4**.
5. Uji batas-batas Atterberg
 - a. Uji batas cair (SNI 1967:2008), batas cair yang diperoleh pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 53,642%. Nilai ini diperoleh berdasarkan persentase kadar air tepat saat ketukan ke-25 dalam uji batas cair.
 - b. Uji batas plastis (SNI 1966:2008), batas plastis yang diperoleh pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 35,079% dengan indeks plastisitas sebesar 18,563%.



Gambar 3. Diagram alir penelitian



Gambar 4. Grafik distribusi ukuran butiran tanah

- c. Uji batas susut (SNI 3422:2008), batas susut yang diperoleh pada tanah asli berdasarkan pengujian yang dilakukan adalah sebesar 19,333%.

Rekapitulasi hasil pengujian index properties pada tanah asli dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

4.2 Pengaruh akar vetiver terhadap nilai kohesi

Pengujian dilakukan dengan metode uji kuat geser langsung tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase mengacu pada SNI 3420:2016. Penggeseran benda uji dilakukan segera setelah kotak geser pengujian terisi air sampai penuh di atas permukaan benda uji (benda uji terendam air), sehingga benda uji tidak mengalami proses konsolidasi dan drainase. Dengan kata lain, dalam metode pengujian ini, air tidak diberi kesempatan untuk mengalir ke dalam pori-pori tanah pada benda uji karena tidak melalui proses konsolidasi.

Pengujian geser langsung dilakukan pada benda uji yang diperoleh dari model dengan kondisi sebelum dan

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pengujian indeks propertis

No.	Pengujian	Hasil	Klasifikasi USCS
1	Kadar air (%)	34,039	
2	Berat isi (g/cm ³)	1,878	
3	Berat jenis	2,558	
4	Gradasi butiran		
	Kerikil (%)	0,268	
	Pasir Kasar (%)	13,772	
	Pasir Halus (%)	18,367	
	Lanau (%)	30,142	
	Lempung (%)	37,450	
5	Batas-batas Atterberg		MH
	Batas cair (%)	53,642	
	Batas plastis (%)	35,079	
	Indeks plastisitas (%)	18,563	
	Batas susut (%)	19,333	

setelah perkuatan rumput vetiver 9 tunas dengan dua jenis kemiringan lereng yaitu 70° dan 80°. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 2 berikut.

5. Pembahasan

5.1 Klasifikasi tanah

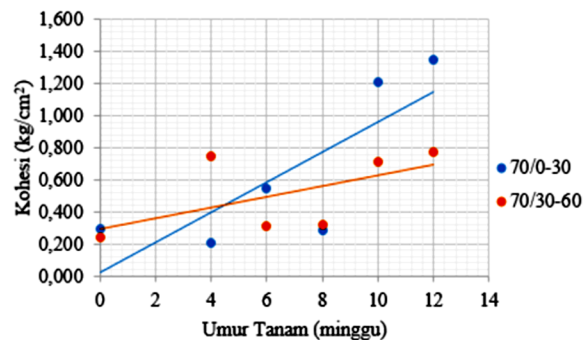
Mengacu pada kriteria klasifikasi tanah berdasarkan *Unified*, maka dapat disimpulkan bahwa jenis tanah dalam penelitian ini termasuk ke dalam kelompok MH. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1, berdasarkan hasil uji gradasi butiran, persentase yang lolos saringan No.200 sebesar 67,592% dalam kriteria klasifikasi tanah berdasarkan *Unified* menunjukkan bahwa tanah termasuk jenis *fine-grained soils*. Hasil dari batas-batas konsistensi tanah yaitu batas cair sebesar 53,642% menunjukkan bahwa batas cair >50% dan setelah di-plotting ke dalam grafik klasifikasi tanah *Unified system* dengan nilai indeks plastisitas sebesar 18,563% diperoleh titik pertemuan berada di bawah garis "A-line". Sehingga, mengacu pada kriteria tersebut diperoleh jenis tanah berada dalam kelompok tanah MH yaitu tanah lanau dengan plastisitas tinggi.

5.2 Pengaruh akar vetiver terhadap nilai kohesi

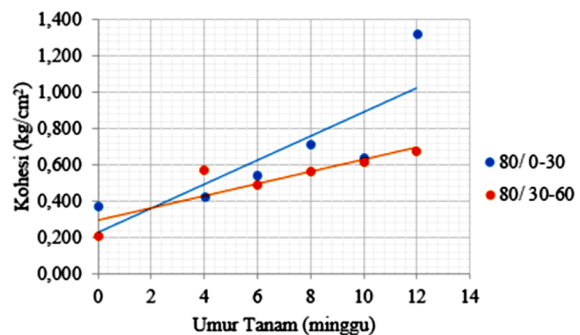
Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat bahwa terdapat peningkatan terhadap kohesi tanah seiring dengan bertambahnya umur tanam vetiver. Hal ini disebabkan karena rongga udara yang mungkin terdapat dalam tanah dapat ditutup atau diisi oleh akar dari rumput vetiver yang menembus ke dalam tanah, sehingga dapat mengikat partikel-partikel tanah dengan baik menjadi lebih solid. Hal ini mengakibatkan meningkatnya berat volume tanah karena rongga udara yang terbuka telah tertutup/ diisi oleh akar. Semakin kecil pori atau rongga udara yang terdapat di dalam tanah, maka akan semakin besar berat volume yang dihasilkan tanah. Kenaikan berat volume tanah ini akan diikuti pula dengan kenaikan nilai kohesi tanah. Kekuatan geser tanah mengalami kenaikan seiring bertambahnya berat volume tanah dan umur tanam rumput vetiver. Hal ini menunjukkan bahwa semakin

Tabel 2. Rekapitulasi nilai kohesi

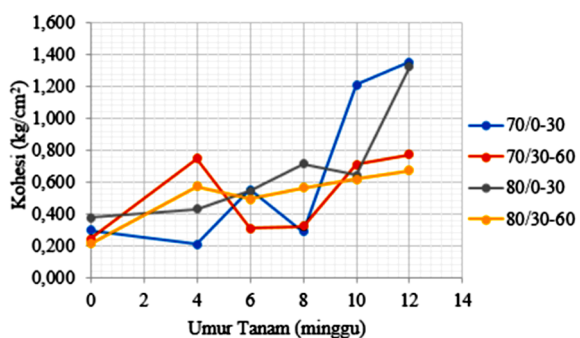
Kedalaman (cm)	Waktu Tanam (minggu)	Kohesi (kg/cm ²)	
		Lereng 70°	Lereng 80°
0 - 30	0	0,296	0,376
	4	0,209	0,429
	6	0,550	0,543
	8	0,287	0,713
	10	1,213	0,644
	12	1,354	1,324
30 - 60	0	0,243	0,210
	4	0,746	0,572
	6	0,308	0,492
	8	0,319	0,563
	10	0,709	0,616
	12	0,774	0,673



Gambar 5. Grafik distribusi nilai kohesi pada lereng 70°



Gambar 6. Grafik distribusi nilai kohesi pada lereng 80°



Gambar 7. Pengaruh penanaman vetiver terhadap kohesi

besar berat volume tanah, maka kemampuan tanah untuk menahan geser semakin kuat sebab kemampuan daya lekat tanah (kohesi) semakin meningkat. Sehingga, kemampuan tanah untuk menahan terjadinya keruntuhan juga meningkat.

Trend perilaku kenaikan kohesi pada lereng 70° dan 80° mengalami kesamaan yaitu kohesi yang dihasilkan di kedalaman 0 – 30 cm lebih tinggi dibandingkan dengan kohesi yang dihasilkan di kedalaman 30 – 60 cm. Hal ini dikarenakan paparan sinar matahari yang diterima *model* tidak merata antara lapisan 0 – 30 cm dan 30 – 60 cm. Sehingga, menyebabkan kondisi lereng di lapisan 30 – 60 cm lebih lembab karena mengandung lebih banyak air. Hal ini mengakibatkan pengurangan kuat geser tanah. Oleh sebab itu, nilai kohesi atau kuat geser tanah yang dihasilkan di kedalaman 30 – 60 cm pada lereng 70° maupun lereng 80° lebih rendah dibandingkan nilai kohesi yang dihasilkan di kedalaman 0 – 30 cm.

Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa rumput vetiver memberikan hasil yang cukup baik pada kenaikan kohesi tanah. Nilai kohesi tanah pada kemiringan lereng 70° mengalami kenaikan sebesar 358,037% atau mempunyai selisih sekitar 1,058 kg/cm² dari kohesi awal yaitu 0,296 kg/cm² di kedalaman 0 – 30 cm. Kedalaman 30 – 60 cm di kemiringan lereng 70° mengalami kenaikan nilai kohesi sebesar 218,182% atau mempunyai selisih sekitar 0,530 kg/cm² dari kohesi awal di kedalaman tersebut yaitu 0,243 kg/cm².

Nilai kohesi tanah pada kemiringan lereng 80° mengalami kenaikan sebesar 251,928% atau mempunyai selisih sekitar 0,948 kg/cm² dari kohesi awal yaitu 0,376 kg/cm² di kedalaman 0 – 30 cm. Kedalaman 30 – 60 cm di kemiringan lereng 80° mengalami kenaikan nilai kohesi sebesar 220,514% atau mempunyai selisih sekitar 0,463 kg/cm² dari kohesi awal di kedalaman tersebut yaitu 0,210 kg/cm².

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Tanah yang diuji dalam penelitian ini berdasarkan sistem klasifikasi tanah USCS berada dalam kelompok tanah golongan MH (lanau dengan plastisitas tinggi), dengan persentase butiran halus sebesar 67,592% serta konsistensi tanah sebesar 53,642% untuk batas cair dan indeks plastisitas sebesar 18,563%.
2. Penanaman 9 tunas rumput vetiver pada lereng dengan kemiringan 70° dan 80° memberikan pengaruh terhadap peningkatan kohesi tanah seiring dengan bertambahnya umur tanam vetiver, yaitu:
 - a. Kenaikan kohesi yang terjadi pada lereng dengan kemiringan 70° setelah dilakukan perkuatan dengan 9 tunas rumput Vetiver memiliki persentase sebesar 358,037% di kedalaman 0 – 30 cm dan 218,182% di kedalaman 30 – 60 cm.
 - b. Persentase kenaikan kohesi yang dihasilkan pada lereng dengan kemiringan 80° dengan perlakuan

yang sama yaitu sebesar 251,928% di kedalaman 0 – 30 cm dan 220,514% di kedalaman 30 – 60 cm.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan peninjauan lebih lanjut terhadap laju pertumbuhan akar Vetiver yang terjadi, baik dari segi kecepatan pertumbuhan, jumlah, maupun diameter akar.
2. Posisi letak model perlu diperhatikan agar paparan sinar matahari yang diterima lebih merata.
3. Penelitian langsung pada kondisi lapangan dengan perlakuan serupa perlu dilakukan untuk mengetahui perilaku akar Vetiver terhadap peningkatan nilai kohesi untuk ketahanan lereng itu sendiri.
4. Penanaman Vetiver untuk lereng pada kondisi lapangan dalam posisi sejajar dengan jumlah titik penanaman yang sama.

Daftar Pustaka

- Achmad, F. “Studi Identifikasi Penyebab Longsor di Botu”. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Andiyarto, H.T.C., Purnomo, M., 2012. “Efektivitas Pemanfaatan Tanaman Rumput Akar Wangi untuk Pengendalian Longsor Permukaan pada Lereng Jalan Ditinjau dari Aspek Respon Pertumbuhan Akar”. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan. Volume 14. No. 2. Hal. 151 – 164.
- Bowles, Joseph E. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Edisi Kedua. Alih bahasa oleh: Johan K. Halmim. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- BSN. 1994. SNI 3637:1994. Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus dengan Cetakan Benda Uji. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN. 2008. SNI 1964:2008. Cara Uji Berat Jenis Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN. 2008. SNI 1965:2008. Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN. 2008. SNI 1966:2008. Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN. 2008. SNI 1967:2008. Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN. 2008. SNI 3422:2008. Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- BSN. 2008. SNI 3432:2008. Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. Badan Standardisasi Nasional:

Jakarta.

- BSN. 2016. SNI 3420:2016. Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Tidak Terkonsolidasi dan Tidak Terdrainase. Badan Standardisasi Nasional: Jakarta.
- Das, BM. 1993. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1. Alih bahasa oleh: Noor Endah, Indra Surya B. Mochtar. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Djamaluddin, R A., “Analisa Numerik Pengaruh Tanaman Akar Wangi Terhadap Stabilitas Lereng”. Universitas Hasanudin. Makassar.
- Gunawan, G., Kusminingrum, N., “Penanganan Erosi Lereng Galian dan Timbunan Jalan dengan Rumput Vetiver”. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung.
- Hardiyatmo, H C., 2012. Tanah Longor & Erosi Kejadian dan Penanganan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hariato, T., “Karakteristik Mekanis Perkuatan Lereng Menggunakan Geo-root dengan Tanaman Akar Wangi”. Universitas Hasanudin. Makassar.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2009. Pedoman Penanaman Rumput Vetiver untuk Pengendalian Erosi Permukaan dan Pencegahan Longsor Dangkal pada Lereng Jalan. Yayasan Badan Penerbit PU. Jakarta.
- Kusminingrum, N., 2011. “Peranan Rumput Vetiver dan Bahia dalam Meminimasi Terjadinya Erosi Lereng”. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung.
- Natalia, M., Hardjasaputra, H., 2010. “Pengaruh Akar Tumbuhan (*Vetiveria Zizanioides*) Terhadap Parameter Geser Tanah dan Stabilitas Lereng”. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4. Sanur-Bali.
- Noor, A., 2011. “Stabilisasi Lereng Untuk Pengendalian Erosi dengan Soil Bioengineering Menggunakan Akar Rumput Vetiver”. Jurnal Poros Teknik. Volume 3. No. 2. Hal. 69 – 74.
- Susilawati, 2016. “Kajian Rumput Vetiver sebagai Pengaman Lereng secara Berkelanjutan”. Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil. Volume 22. No. 2.
- Wijayakusuma, R., 2007. “Stabilisasi Lahan dan Fitoremediasi dengan Vetiver System”. Green Design Seminar. Pasuruan-Jawa Timur.