

ROLE OF VEGETATION IN THE APPLICATION OF SOIL BIOENGINEERING

PERAN VEGETASI DALAM APLIKASI SOIL BIOENGINEERING

Euthalia Hanggari Sittadewi¹

Abstract

Soil bioengineering can be applied to improve slope stability and mitigation of erosion. In the application of soil bioengineering, vegetation play an important role. Vegetation prevent washing away of soil particles during run off. Fast growing vegetations with deep root penetration system and vegetations that can live in a variety of soil types as well as their root system which able to bind the soil are preferred in the application of soil bioengineering. Root fibers could form natural mesh that could binding the soil so it is not easily carried away by the flow of surface run off. To improve slope stability, vegetation used depends on the conditions of the slope.

Keywords: *vegetation, slope stability, erosion mitigation, root penetration, soil binding*

Abstrak

Soil bioengineering merupakan salah satu teknologi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kestabilan lereng dan mitigasi erosi. Dalam penerapan soil bioengineering ini vegetasi mempunyai peran yang penting terutama dalam mengurangi kecepatan aliran permukaan yang bisa menghanyutkan partikel-partikel tanah yang tidak padat. Untuk aplikasi soil bioengineering, dibutuhkan vegetasi yang memenuhi kriteria antara lain cepat tumbuh, mempunyai sistem penetrasi akar yang dalam dan kemampuan mengikat tanah yang baik dan dapat hidup pada berbagai jenis tanah. Jenis akar serabut dapat membentuk jaring - jaring alami yang berfungsi memperkuat tanah sehingga tidak mudah terbawa oleh aliran air permukaan. Untuk meningkatkan stabilitas lereng, vegetasi yang digunakan tergantung dari kondisi kelerengan.

Kata kunci: *vegetasi, kestabilan lereng, mitigasi erosi, penetrasi akar, pengikatan tanah*

¹ Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jl. M. H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340, email: sittadewi57@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Soil Bioengineering adalah teknologi yang menggunakan bahan dari tanaman baik hidup atau mati, untuk mengatasi persoalan – persoalan mengenai alam lingkungan seperti erosi permukaan tanah dan erosi lereng sungai (Anonim, 2001). Erosi lereng merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi pada lereng-lereng alami maupun buatan. Erosi lereng kebanyakan terjadi pada saat musim penghujan. *Soil bioengineering* dapat menjadi alternatif metoda stabilisasi lereng. *Soil bioengineering* tidak selalu lebih murah bila dibandingkan dengan teknik struktur konvensional yang biasa digunakan. Namun bila dipandang dari segi waktu atau usianya termasuk perawatannya, maka teknik ini dapat menjadi lebih ekonomis. Dengan meningkatnya kepedulian masyarakat terhadap masalah lingkungan, dan dari sisi finansial lebih ekonomis, menjadikan teknologi *soil bioengineering* lebih dapat diterima dan sangat kompetitif serta memiliki potensi yang sangat besar untuk diterapkan di Indonesia.

Dalam penerapan *soil bioengineering* vegetasi mempunyai peran yang penting terutama berperan dalam mengurangi kecepatan aliran permukaan yang bisa menghanyutkan partikel-partikel tanah yang tak padat. Pada hutan yang belum dipengaruhi oleh campur tangan manusia, mineral tanah dilindungi oleh lapisan humus dan lapisan organik yang berada pada lapisan atas. Lapisan-lapisan tanah di hutan bersifat porus dan mudah menyerap air hujan. Umumnya, hanya hujan-hujan yang lebat yang akan mengakibatkan limpasan di permukaan tanah dalam hutan. Menurut Mohammad Nordin, dkk (2011), vegetasi memainkan peranan penting dalam fungsi penguatan dan membentuk rangkaian ikatan pada lapisan tanah. Keberadaan akar tanaman dapat mengurangi tegangan air pori positif dan memperbesar tegangan air pori negatif. Kemampuan ini meningkatkan kekuatan tanah khususnya tegangan geser dalam menjaga kestabilan lereng. Akar tanaman mempunyai kemampuan menyimpan air tanah yang baik dan menjaga kestabilan tanah terhadap perubahan kadar air akibat proses pembasahan dan proses pengeringan (Santiawan, et.al, 2007).

Pemilihan jenis tanaman dan juga persiapan lahan sangat penting untuk penentuan dan pelaksanaan metode *soil bioengineering*. Banyak jenis tanaman yang dapat digunakan dalam metode *soil bioengineering*, namun tidak semua jenis tanaman cocok untuk digunakan. Jenis tanaman yang cocok untuk digunakan adalah jenis tanaman yang mempunyai karakteristik tumbuh dengan cepat dan berakar cukup dalam dan banyak. Jenis tanaman yang dapat digunakan untuk menjaga stabilitas lereng dan erosi permukaan meliputi rerumputan, palawija, semak-semak, dan pepohonan. Masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian sesuai dengan karakteristiknya. Salah satu contoh vegetasi dari jenis rerumputan yang mempunyai peran dalam penerapan *soil bioengineering* adalah rumput vertiver (akar wangi). Akar wangi dalam sekali penanaman akan tumbuh dalam beberapa dekade dengan sedikit atau tanpa perawatan. Sedangkan contoh vegetasi jenis pepohonan yang mempunyai peran dalam *soil bioengineering* adalah *Caliandra calothyrsus*. Tanaman kaliandra memiliki kriteria mudah tumbuh, mempunyai perakaran yang cukup dalam, mengikat tanah dan menangkap air hujan.

Dalam tulisan ini akan dibahas tentang peran vegetasi dalam penerapan *soil bioengineering* khususnya untuk kestabilan lereng dan mitigasi erosi.

2. METODA PENELITIAN

Studi tentang peran vegetasi dalam penerapan *soil bioengineering* dilakukan dengan beberapa langkah dan metode sebagai berikut:

- Melakukan studi pustaka dan literatur baik data, informasi, maupun penelitian sebelumnya melalui penelusuran literatur berupa jurnal, buku atau *website*.
- Mendeskripsikan beberapa metode *soil bioengineering* dan aspek – aspek yang terkait, terutama typologi vegetasi.
- Mendeskripsikan kegunaan *soil bioengineering*.
- Melakukan deskripsi data yang telah didapat dan menguraikan peranan vegetasi dalam aplikasi *soil bioengineering*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. *Soil Bioengineering* dan Sejarahnya

Soil Bioengineering merupakan teknologi dengan pendekatan interdisipliner untuk pemulihan lingkungan yang ramah lingkungan dengan melibatkan penggabungan sistem biologis dengan prinsip-prinsip rekayasa. Misalnya pendekatan *soil bioengineering* untuk stabilisasi lereng membutuhkan kemitraan dengan banyak disiplin ilmu, termasuk ilmuwan tanah, hidrologi, ahli botani, ahli geologi teknik, pemeliharaan personel, insinyur sipil, dan arsitek lansekap. Metode ini selain kuat dan tahan lama, tetapi juga berkelanjutan, seperti memperindah tepian air, juga sebagai habitat satwa air dan darat, dan mampu menahan air. Sebelumnya disebutkan bahwa *soil bioengineering* adalah teknologi yang menggunakan bahan dari tanaman baik hidup atau mati, untuk mengatasi persoalan – persoalan mengenai alam lingkungan seperti erosi permukaan tanah dan erosi lereng sungai (Anonim, 2001). Sumber lain mengatakan bahwa *Soil bioengineering* adalah teknik penggunaan tanaman hidup untuk keperluan beberapa fungsi rekayasa (<https://en.wikipedia.org/>). Dalam sistem *soil bioengineering*, tanaman merupakan komponen struktural utama, tidak hanya bagian dari estetika lansekap.

Sejarah penggunaan *soil bioengineering* pernah dituliskan oleh seorang sejarawan Cina, bahwa *soil engineering* digunakan untuk perbaikan tanggul sungai dengan cara memasukkan batu-batu kedalam anyaman yang terbuat dari pohon tertentu atau bambu, di daratan China. Sedangkan di daratan Eropa bisa diterapkan dalam bentuk dinding penahan yang terbuat dari anyaman ranting dan cabang untuk konstruksi-konstruksi hidrolika. Pada tahun 1930 *soil bioengineering* mengalami perkembangan yang sangat pesat. Keterbatasan finansial di awal perang dunia, kedua memaksa beberapa negara di Eropa Tengah terutama Jerman dan Austria untuk lebih banyak menerapkan teknologi ini pada proyek-proyek pekerjaan umum.

Secara teknik, *soil bioengineering* mempunyai fungsi:

- Proteksi permukaan tanah dari erosi baik erosi yang disebabkan oleh angin, hujan, kebekuan karena temperatur yang rendah dan aliran air.
- Proteksi dari terjadinya gerakan tanah tipe tertentu.
- Memperlambat kecepatan aliran permukaan disepanjang tebing.
- Proteksi dari terpaan angin.
- Membantu deposisi sedimen.
- Meningkatkan koefisien kekasaran permukaan tanah sehingga menurunkan potensi pergerakan permukaan tanah.
- Menurunkan potensi pergerakan permukaan tanah. (<http://en.wikipedia.org>).

Beberapa keuntungan lain dari *soil bioengineering* yaitu :

- Mempertahankan ekosistem yang seimbang
- Pemeliharaan secara alami dan menghasilkan lingkungan yang sehat
- Mengurangi penguapan dan pemantulan panas
- Meningkatkan infiltrasi/ penyerapan air
- Sebagai penyaring endapan dan meningkatkan kualitas air
- Mendukung kegiatan rekreasi
- Mengakomodasi habitat bagi satwa liar dan ikan.
- Untuk penerapan *soil bioengineering* di daerah terlantar, membuat daerah menjadi hijau kembali. (<http://rumahsabut.com/soil-bioengineering-teknik-rekayasa-tanah-yang-natural/>)

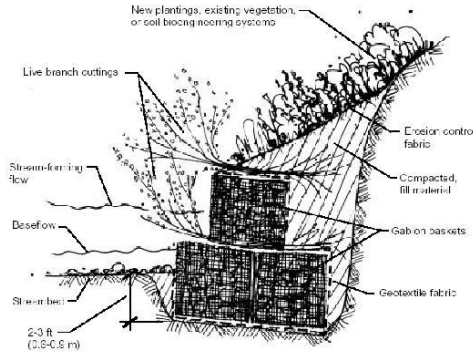
3.2. Metode *Soil Bioengineering* dan Keterlibatan Vegetasi di Dalamnya

Dalam pelaksanaan *soil bioengineering* dijumpai metode yang melibatkan vegetasi di dalamnya. Beberapa contoh metode tersebut antara lain:

a. Vegetated Rock Gabion

Vegetated Rock Gabion adalah salah satu metode dari *soil bioengineering* yang mengkombinasikan antara konstruksi dengan vegetasi. Dengan adanya kombinasi antara konstruksi dan vegetasi maka metode ini akan memberikan ketahanan yang lebih baik dalam menanggulangi erosi tanah akibat

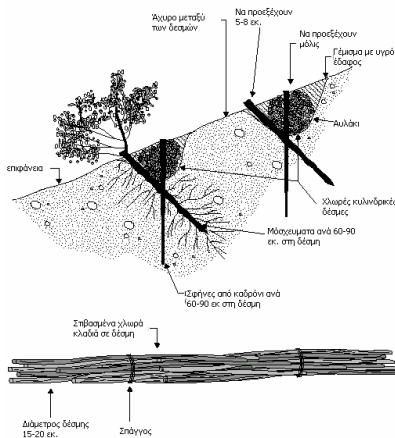
erosi permukaan maupun pengikisan tanah yang disebabkan oleh arus sungai.



Gambar 1. Vegetated Rock Gabion (Sumber : Sotir, R.B, 1996 dalam Sagitha, R.A ; Ferry, S.J ; Daniel, H).

b. *Contour Wattling/ Live Fascines/ Anyaman Vegetasi*

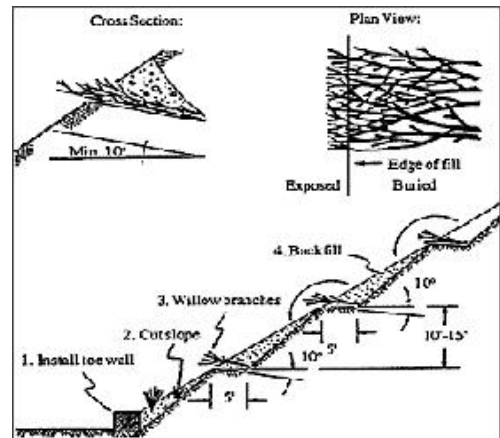
Live fascine adalah salah satu metode *soil bioengineering* yang terdiri dari kumpulan cabang hidup tanaman yang diikat menjadi satu ikatan berkas (*bundles*), dimana *bundles* tersebut ditanam dalam suatu galian tanah berbentuk parit yang dangkal yang terletak pada lereng. Vegetasi yang ada didalam *bundles* tersebut akan bertumbuh dan akar-akarnya akan menyebar dan menjalar didalam tanah yang akan memperkuat tanah dan melindungi lereng dari erosi.



Gambar 2. Anyaman Vegetasi (Sumber: Sotir, R.B, 1996 dalam Sagitha, R.A ; Ferry, S.J ; Daniel, H).

c. *Brush Layering*

Brush Layering adalah salah satu metode untuk mengurangi erosi permukaan yaitu dengan cara menanam tanaman di sepanjang dinding lereng, dan dibagi beberapa lapisan. Penanaman *brush layer* terdiri dari bahan tanaman yang memiliki ranting yang cukup banyak atau rerumpunan yang memiliki batang cukup panjang yang ditempatkan pada permukaan lereng sepanjang parit-parit yang telah digali sepanjang kontur-kontur lereng (Robin, B. S, 1996).



Gambar 3. Brush Layering (Sumber : Sotir, R.B. 1996 dalam Sagitha, R.A ; Ferry, S.J ; Daniel, H)

3.3. Peran Vegetasi dalam Aplikasi *Soil Bioengineering*

Tanah berpengaruh secara signifikan terhadap stabilitas lereng baik untuk mengatasi erosi permukaan maupun pergerakan massa tanah. Aspek vegetasi merupakan penentu erosi sekaligus penentu kestabilan lereng. Perkuatan – perkuatan akar beberapa tanaman tertentu dapat digunakan untuk mengatasi hal ini. Vegetasi mempunyai fungsi hidrologi dan fungsi teknik.

Secara ringkas, fungsi hidrologi dari Vegetasi adalah sebagai berikut :

- **Intersepsi:** Kanopi vegetasi dapat menyadap air hujan dan mengurangi ukuran dan kekuatan mekanik, sehingga melindungi tanah dari erosi yang disebabkan oleh hujan percikan.
- **Pertahanan:** Jaringan akar yang padat, baik kasar maupun halus secara fisik

mengikat dan menahan partikel tanah, sedangkan bagian atas tanah menyaring sedimen dari limpasan.

- Penyerapan: Akar menyerap air permukaan dan air bawah tanah sehingga mengurangi tingkat kejenuhan tanah dan risiko seiring kegagalan lereng.
- Infiltrasi: Tanaman dan residunya membantu menjaga porositas tanah dan permeabilitas, sehingga meningkatkan retensi dan menunda terjadinya limpasan.
- Evapotranspirasi: Air diserap melalui akar dan memungkinkan menguap ke udara pada permukaan tanaman.
- Pengurangan limpasan permukaan: Batang dan akar dapat mengurangi kecepatan aliran permukaan jika kekasaran permukaan ditingkatkan.
- Aliran batang: Sebagian dari air hujan diterima oleh pohon-pohon dan semak-semak dan mengalir sepanjang cabang dan batang menuju tanah pada kecepatan rendah. Beberapa air hujan disimpan di kanopi dan batang.

Adapun Fungsi Teknik dari Vegetasi adalah sbb :

- Penangkapan: material yang tidak padat memiliki kecenderungan untuk menggulung menuruni lereng karena gravitasi dan erosi, hal ini dapat dikendalikan dengan menanam vegetasi. Batang dan akar dapat menangkap dan menahan material lepas.
- Melindungi: beberapa lereng sangat sensitive terhadap air. Lereng - ereng mulai bergerak dan/ atau mudah mencair saat air terjun pada mereka. Vegetasi dapat melindungi permukaan dari infiltrasi air dan erosi oleh hujan percikan.
- Memperkuat: kekuatan geser tanah dapat ditingkatkan dengan penanaman vegetasi. Akar mengikat butir tanah. Tingkat penguatan tergantung pada sifat dari akar.
- Pendukung: tekanan tanah lateral menyebabkan gerakan lateral dan luar material lereng. Tanaman yang besar dan dewasa dapat memberikan dukungan dan mencegah gerakan.

- Penahan: penetrasi akar tunggang dapat berfungsi sebagai jangkar untuk penahan kestabilan.
- Pengeringan: air adalah faktor pemicu yang paling umum untuk ketidakstabilan lereng. Saluran air permukaan jauh lebih mudah di daerah dengan vegetasi dengan akar yang padat. Dengan demikian pengeringan dapat dikelola dengan menanam vegetasi yang kecil dan berakar padat seperti jenis rerumputan.

Lereng yang tertutupi vegetasi antara lain rumput dan bambu menjadikan lapisan tanah paling atas (*top soil*) terlindungi. Dari hasil penelitiannya, Hartanto (2007) melaporkan bahwa tanah mengalami peningkatan kuat gesernya berkisar: 17 – 53%, sedangkan *kohesi* mengalami peningkatan yaitu sebesar 10%- 56%. Untuk kasus tertentu, dimana lereng sangat curam (45°) sulit ditanami tanaman besar, maka *soil bioengineering* untuk menstabilkan lereng masih dapat dilakukan dengan penanaman tanaman perdu/ semak kecil (Nurfaida, *et.al*, 2011). Untuk rekayasa lereng, jenis tanaman yang dapat digunakan antara lain yaitu rumput vertiver (*Vertiveria zizanioides*). Jenis rumput dan herbal lebih efektif dalam mengatasi permasalahan erosi permukaan melalui proses - proses *interception* (daun tanaman menyerap energy hampasan air hujan, melindungi tanah dari *splash erosion*), *restraint* (sistem akar mengikat dan menahan partikel tanah sehingga tidak terangkut bersama aliran air permukaan), *retardation* (bagian batang dan daun meningkatkan kekasaran permukaan tanah sehingga memperlambat kecepatan aliran permukaan), *infiltration* (tanaman dan sisa tanaman membantu mempertahankan porositas dan permeabilitas tanah, dengan demikian memperlambat waktu konsentrasi aliran air permukaan.). Rumput vertiver atau dikenal dengan akar wangi merupakan salah satu jenis rumput yang dapat mengendalikan erosi dan mencegah longsoran dangkal yang terjadi di daerah tropis (Anonim, 1993). Akar wangi mempunyai sistem penetrasi akar yang dalam dan kemampuan mengikat tanah yang baik dan dapat hidup pada berbagai jenis tanah (termasuk pasir, krikil, *shale* dan tanah yang mengandung aluminium). Dengan

sistem pengakaran yang tebal dan ekstensif (Gambar 4) dapat mengikat tanah, sehingga tanaman tersebut sulit dicabut. Cara kerja akar wangi untuk menahan *run off* dan material erosi seperti terlihat pada Gambar 5. Akar wangi membentuk pagar hidup yang padat bila ditanam berdekatan, sehingga dapat mengurangi kecepatan aliran (Gambar 6). Mampu tumbuh kembali setelah mengalami kemarau panjang, pembekuan, dan kondisi tanah lainnya. Akar wangi merupakan jenis akar rumput yang berjenis serabut. Jenis akar serabut dapat membentuk jaring-jaring alami yang berfungsi memperkuat tanah, sehingga tidak mudah terbawa oleh aliran air permukaan (*run off*). Peristiwa ini dapat dilihat ketika terjadi saat hujan turun, lereng yang tidak ditumbuhi vegetasi, lapisan tanah paling atas sangat rawan terbawa oleh aliran air permukaan. Sedangkan lereng yang tertutupi vegetasi menjadikan lapisan tanah paling atas (*top soil*) terlindungi.

Contoh vegetasi jenis pepohonan yang mempunyai peran dalam *soil bioengineering*

dapat adalah *Caliandra calothyrsus*. Tanaman kaliandra memiliki kriteria mudah tumbuh, mempunyai perakaran yang cukup dalam, mengikat tanah dan menangkap air hujan mempunyai fungsi dalam *soil bioengineering*, beberapa bagian dari tanaman kaliandra dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dan industri antara lain daunnya dapat dimanfaatkan untuk makan ternak karena ber-protein tinggi, batang dan ranting yang kering dapat untuk energi (kayu bakar). Selain *Caliandra calothyrsus*, jenis vegetasi pohon – pohonan yang dapat berfungsi dalam *soil bioengineering* adalah *Leucaena leucocephala*. Dari hasil penelitiannya Mohammad Nordin melaporkan bahwa *Leucaena leucocephala* mempunyai faktor kohesi yang tinggi, hampir 2 kali lipat dibanding *Acasia mangium* dan *Dillenia saffroctiosa*.

Dari sumber lain dilaporkan bahwa jenis vegetasi yang dapat digunakan untuk kestabilan lereng dan pengontrolan erosi dengan keuntungan dan kerugiannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Vegetasi untuk Kestabilan Lereng dan Pengontrolan Erosi

No.	Jenis	Keuntungan	Kerugian
1.	Rumput-rumputan	<ul style="list-style-type: none"> • Serbaguna dan murah • Mudah menyesuaikan diri • Pertumbuhan cepat • Baik untuk menutupi permukaan 	<ul style="list-style-type: none"> • Pengakaran dangkal • Diperlukan pemeliharaan setiap hari
2.	Alang-alang	<ul style="list-style-type: none"> • Pertumbuhan baik pada lereng sungai • Pertumbuhan cepat 	<ul style="list-style-type: none"> • Penanaman dengan tangan cukup mahal • Susah didapat
3.	Palawija	<ul style="list-style-type: none"> • Pengakaran lebih dalam 	<ul style="list-style-type: none"> • Bibit mahal • Kadang-kadang penanaman susah • Banyak species mati pada musim dingin
4.	Kacang-kacangan	<ul style="list-style-type: none"> • Penanaman murah • Menghasilkan Nitrogen • Cocok bila dicampur dengan rumput 	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak bisa ditanam di daerah yang sulit
5.	Semak-semak	<ul style="list-style-type: none"> • Cukup murah • Banyak species yang bisa ditanam • Penutup tanah pengganti • Banyak species hijau • Pengakaran Dalam • Pemeliharaan mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Penanaman mahal • Kadang-kadang penanaman sulit

No.	Jenis	Keuntungan	Kerugian
6.	Pohon-pohonan	<ul style="list-style-type: none"> • Pengakaran kuat • Beberapa dapat dijadikan bibit • Tidak perlu pemeliharaan bila sudah berdiri 	<ul style="list-style-type: none"> • Penanaman cukup lama • Pertumbuhan lambat • Mahal
7.	<i>Willows and poplars</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Akar mudah muncul dari pemotongan • Serbaguna • Teknik penanaman banyak • Penanaman cepat 	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeliharaan harus tepat • Penanaman dapat menjadi mahal • Tidak dapat tumbuh dengan bibit

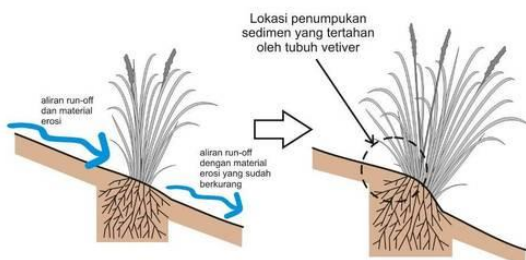
Sumber : Theo F. Najoaan (2002) dalam Sagitha, dkk ([http:// eprint. Unika. Ac.id.146](http://eprint.Unika.Ac.id.146))



Gambar 4. Akar Rumput Vertiver (Sumber: Paul Truong, *et,al*, 2008)



Gambar 6. Pertumbuhan Rumput Vertiver (Sumber: <https://kakaramdhanolii.wordpress.com/2012/10/15/rumput-vetiver-pencegah-erosi-dengan-bioengineering/>)



Gambar 5 . Cara Kerja Rumput Vertiver untuk Menahan Aliran *Run-off* dan Material Erosi (Sumber: <https://kakaramdhanolii.wordpress.com/2012/10/15/rumput-vetiver-pencegah-erosi-dengan-bioengineering/>)

4. KESIMPULAN

Soil bioengineering merupakan cara vegetatif yang dapat digunakan untuk memitigasi erosi dan meningkatkan kestabilan lereng untuk kondisi lereng tertentu. Dalam sistem *soil bioengineering*, vegetasi merupakan komponen struktural utama. Pengetahuan tentang jenis vegetasi yang dapat berfungsi dalam aplikasi *soil bioengineering* sangatlah penting. Untuk aplikasi *soil bioengineering*, dibutuhkan vegetasi yang memenuhi kriteria antara lain cepat tumbuh, mempunyai sistem penetrasi akar yang dalam dan kemampuan mengikat tanah yang baik dan dapat hidup pada berbagai jenis tanah. Untuk meningkatkan stabilitas lereng, vegetasi yang digunakan tergantung dari kondisi kelerengan. Jenis akar serabut dapat membentuk jaring - jaring alami yang berfungsi memperkuat tanah sehingga tidak mudah terbawa oleh aliran air permukaan (*run off*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1993, *Vetiver Grass, The Hedge against Erosion*, The World Bank Washington, D.C, Fourth Edition.
- Anonim (2001), *Soil Bioengineering For Upland Slope Stabilization*. Research Report Research Project WA-RD 491.1 Soil Bioengineering for Slopes. Washington State Transportation Center (TRAC) University of Washington.
- Anonim (2012) Resource Manual on Flash Flood Risk Management – Module 3: Structural Measures. Chapter 4. Bioengineering Measures.
- Gray, D.H., and Sotir, R.B., 1996, *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Hartanto, D. 2007. Kontribusi Akar Tanaman Rumput Dan Bambu Terhadap Peningkatan Kuat Geser Tanah Pada Lerengan. Jurnal Teknik Sipil. https://en.wikipedia.org/wiki/Soil_bioengineering#Functions_and_Effects_of_Soil_Bioengineering_Structures.
- <http://rumahsabut.com/soil-bioengineering-teknik-rekayasa-tanah-yang-natural/>
- <http://eprint.unika.ac.id/146>. Sagitha, R.A ; Ferry, S.J ; Daniel, H. Peranan Bioengineering Dalam Pemecahan Masalah Kestabilan Lereng. <https://kakaramdhanolii.wordpress.com/2012/10/15/rumput-vetiver-pencegah-erosi-dengan-bioengineering/>: Rumput Vetiver Pencegah Erosi dengan Bioengineering.
- Mohamad Nordin, A ; N. Osman ; F.H Ali (2011). Soil-root Shear Strength Properties of Some Slope Plants. Sains Malaysiana 40(10)(2011): 1065–1073.
- Nurfaida, Dariati, T., & anti, C.W.B., 2011. Ilmu Tanaman Lanskap. Universitas Hasanuddin.
- Santiawan, ING ; I Gusti N. W ; I Wayan (2007), Penggunaan Vegetasi (Rumput Gajah) Dalam Menjaga Kestabilan Tanah Terhadap Kelongsoran. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Vol. 11. Nomor 1.
- Sotir, R.B. (1996), *Chapter 16 Streambank and Shoreline Protection*, The United States Department of Agriculture (USDA).
- Truong, P., Tran Tan Van and Elise Pinners. 2008. Vetiver Grass – The Plant. *The vetiver System*, Vietnam 2000-2008.