

ISBN 978-602-1582-05-3

# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

REFLEKSI 30 TAHUN FAKULTAS TEKNIK, UNIV. WARMADEWA

17 OKTOBER 2014

KONSEP DAN IMPLEMENTASI:  
INFRASTRUKTUR - BANGUNAN - KONSTRUKSI  
“HIJAU”  
MEWUJUDKAN KOTA HIJAU

Diterbitkan Oleh:  
WARMADEWA UNIVERSITY PRESS



# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL

REFLEKSI 30 TAHUN FAKULTAS TEKNIK, UNIV. WARMADEWA

17 OKTOBER 2014

KONSEP DAN IMPLEMENTASI:  
INFRASTRUKTUR - BANGUNAN - KONSTRUKSI  
“HIJAU”  
MEWUJUDKAN KOTA HIJAU

Diterbitkan Oleh:  
**WARMADEWA UNIVERSITY PRESS**



**Reviewer** : Prof. Dr. Ir. Josef Prijotomo, M.Arch.  
Prof. Dr. Ir. I Wayan Runa, M.T.  
I Nyoman Nuri Arthana, S.T., M.T.  
Ir. I Gusti Agung Putu Eryani, M.T.  
Ni Wayan Meidayanti Mustika, S.T., M.T.

**Katalog dalam Terbitan** : Perpustakaan Nasional Republik Indonesia  
**Prosiding Seminar Nasional Refleksi 30 Tahun  
Fakultas Teknik  
Konsep dan Implementasi:  
Infrastruktur – Bangunan – Konstruksi “Hijau”  
Mewujudkan Kota Hijau**  
Denpasar, 2014, x, 272 halaman, 21,5x29,7 cm.

ISBN 978-602-1582-05-3



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
UU RI No. 19 Tahun 2002

**Editor** : I Kadek Merta Wijaya, S.T., M.Sc.

**Sampul** : I Kadek Merta Wijaya, S.T., M.Sc.

**Cetakan pertama** : Oktober 2014

**Penerbit**  
Warmadewa University Press

**Alamat Redaksi:**  
Jalan Terompong No. 24, Gedung D Lantai 2,  
Tanjung Bungkak, Denpasar 80234, Bali  
Telp. (0361) 223858  
Fax. (0361) 225073  
Web: [www.warmadewa.ac.id](http://www.warmadewa.ac.id)  
E-mail: [univ\\_warmadewa@yahoo.co.id](mailto:univ_warmadewa@yahoo.co.id)

## Penggunaan dan Perkembangan Konstruksi Hijau Untuk Melindungi Lereng

I Nengah Sinarta<sup>1</sup>

### Abstrak

Peningkatan stabilitas lereng baik itu lereng buatan maupun lereng buatan untuk masalah konstruksi banyak mengalami masalah, solusi tercepat yang dapat dilaksanakan dengan konstruksi konvensional yang relatif berpenampilan rigid seperti dinding penahan tanah baik dari pasangan batu atau beton, gabion, soil nailing dll. Permasalahan utama terhadap stabilitas lereng adalah jumlah air yang berlebih di dalam tanah yang menaikkan tekanan air pori, sehingga mengurangi kuat geser tanah. Pengurangan kecepatan air masuk ke tanah, serta pengurangan erosi akibat limpasan permukaan, penulis tawarkan disini adalah metode yang ramah lingkungan sebagai usaha menjaga stabilitas lereng terhadap bahaya tanah longsor atau erosi permukaan yaitu dengan metode bioengineering yang telah dikembangkan pada awal abad 19. Metode yang kami perlihatkan untuk menambah pengetahuan tentang bioengineering dengan metode *Gabion Vegetated*, *Reinforcement method*, *Long Bag Bolting Reinforcement Method*, Metode Timbunan (*Brush Layering*), Ayaman Vegetasi (*Live Fascines*) atau *wattles*, dan *Vegetated Geogrid*. Metode-metode ini mengkombinasikan antara perkuatan akar tanaman atau vegetasi dengan konstruksi konvensional.

### A. Pendahuluan

Pembangunan konstruksi berbasis lingkungan dan perlindungan lingkungan di abad ke-21 menjadi topik hangat, tetapi pemerintah dan masyarakat masih terfokus dari upaya tak henti-hentinya untuk menyelesaikan masalah kerusakan lingkungan. Pesatnya perkembangan infrastruktur yang tidak terkoordinasi menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan, yang mengarah pada kerusakan ekologi, menyebabkan ancaman bagi kelangsungan hidup manusia.

Suatu kota atau daerah seharusnya mempunyai rencana induk (masterplan) khususnya kota yang menyediakan 20% luas tanah yang menjadi taman dan hutan kota atau daerah greenbelt. Berdasarkan peta pergerakan tanah sebenarnya wilayah Bali atau khususnya kota Denpasar, yang terbentuk secara alami dengan beberapa alur sungai besar yang melintasinya, tukad Badung, Tukad Ayung, Tukad mati atau lainnya, dengan alur tebing yang riskan terhadap pergerakan tanah. Daerah yang mengalami pergerakan tanah atau lereng-lereng adalah suatu daerah yang secara teknik, kurang ekonomis dan berbahaya untuk dikembangkan sebagai lahan bangunan.

Usaha perlindungan lereng biasanya dengan konstruksi sederhana atau konvensional seperti memasang pasangan batu, dinding beton, perlindungan shotcrete, dan lain-lain, langkah-langkah rekayasa ini telah menyebabkan kerusakan vegetasi asli, merusak struktur tanah sehingga menyebabkan erosi tanah ataupun tanah longsor, ketidakstabilan lereng merupakan serangkaian masalah lingkungan dan rekayasa. Banyak negara telah melakukan usaha pembangunan konstruksi ekologi dan perlindungan lingkungan, sebagai salah satu usaha pembangunan berkelanjutan, untuk mempromosikan konstruksi hijau khususnya pembangunan konstruksi ekologi dan perlindungan lingkungan pada pelaksanaan pembangunan.

Peningkatan stabilitas lereng terhadap bahaya tanah longsor dengan tidak menggunakan konstruksi konvensional sebagai usaha menggunakan konstruksi hijau dapat dipertimbangkan adalah bioteknologi (*soil bioengineering*), yaitu teknologi yang menggunakan vegetasi untuk mencegah erosi. Lereng tanah yang mengandung akar tanaman dapat meningkatkan kuat geser tanah, sehingga akan lebih besar dari tegangan geser yang bekerja, dan secara otomatis akan meningkatkan stabilitas tanahnya.

Tulisan ini dimaksudkan untuk memperkenalkan alternatif penyelesaian dalam meningkatkan stabilitas lereng dengan menaikkan kuat geser tanah terhadap bahaya longsor dan erosi permukaan dengan menggunakan teknologi hijau. Penerapan teknologi hijau sebagai usaha pelaksanaan pembangunan berkelanjutan adalah untuk mengetahui mekanisme dan manfaat dari metode-metode *soil bioengineering*, antara lain: *Vegetated Rock Gabion*, *Live Fascine*, dan *Brush Layering*. Selain itu pengertian akan teknologi ini diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan dan jika memungkinkan dapat digunakan sebagai alternatif penyelesaian dalam menanggulangi longsor dan erosi.

---

<sup>1</sup> I Nengah Sinarta, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar

## B. Prinsip Dasar Stabilitas Lereng

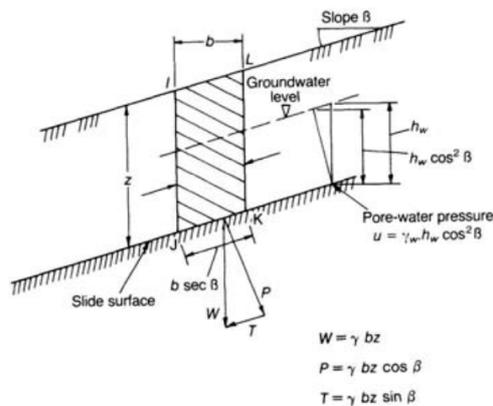
Dalam mengevaluasi stabilitas suatu lereng dipergunakan konsep dasar pada keseimbangan batas (limit equilibrium). Dalam konsep ini dijelaskan bahwa suatu lereng dalam kondisi stabil bila gaya geser (shear stress) penyebab gerakan massa tidak melebihi kekuatan geser tanah yang merupakan penahan gaya geser tersebut. Apabila terjadi sebaliknya maka kondisi tanah menjadi tidak stabil dan akhirnya akan terjadi gerakan pada tanah. Dalam penentuan kondisi stabil suatu lereng ditentukan dengan nilai faktor aman. Lereng dikatakan dalam kondisi keseimbangan batas bila harga  $F = 1$ , hal ini berarti lereng dalam kondisi kritis dan siap untuk bergerak. Apabila  $F < 1$  berarti lereng telah mengalami pergerakan atau longsor. Dan jika  $F > 1$  maka lereng berada dalam kondisi stabil (aman).

Toleransi pergerakan dan angka aman di mana faktor keamanan merupakan hal sangat penting dalam analisis suatu bangunan geoteknik. Nilai faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsoran dapat dilihat pada Tabel 1

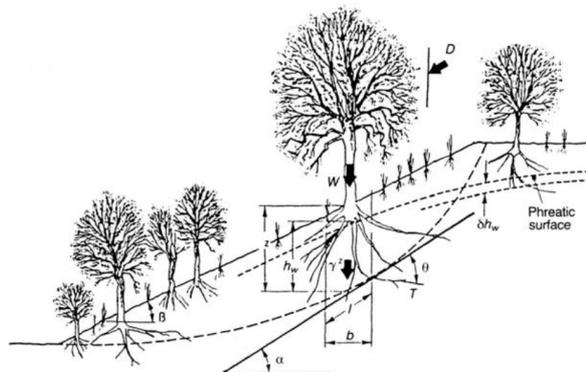
Tabel 1. Angka keamanan menurut Bowles (1989)

Nilai faktor keamanan	Kejadian atau intensitas kelongsoran
FK kurang dari 1,07	Longsor sering terjadi (lereng labil)
FK antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (lereng kritis)
FK diatas 1,25	Longsor jarang terjadi (relatif stabil)

Pada gambar 1, menunjukkan bagaimana konsep dasar, terjadinya kelongsoran secara teknis, yang disebabkan karena berkurangnya kuat geser tanah pada bidang gelincir, dan parameter-parameter penyebabnya yang berhubungan dengan nilai faktor keamanan yang terjadi. Gambar 2, menunjukkan pengaruh vegetasi terhadap perkuatan lereng serta parameter-parameter yang berpengaruh.



Gambar 1. Model parameter penyebab kelongsoran tanah (R.P.C.Morgan and R.J.Rickson, 2005)



Gambar 2. Pengaruh utama vegetasi pada stabilitas lereng (Coppin dan Richards).

### C. Konstruksi Konvensional Stabilitas lereng

Dinding penahan adalah konstruksi untuk stabilisasi lereng yang dibangun di atas tanah untuk memberikan gaya perlawanan akibat berat sendiri konstruksi. Dinding penahan tanah dibangun dengan tujuan untuk memberikan dukungan lateral pada tanah atau batuan. Dalam beberapa kasus dinding penahan tanah juga mendukung beban vertikal seperti dinding ruang bawah tanah dan abutment jembatan (Day, 1997).

Konstruksi dinding penahan tanah sebagai stabilisasi lereng paling banyak digunakan selama bertahun-tahun dan terus dikembangkan sampai saat ini, dengan model prefabrikasi yang memberikan pengaruh dalam pelaksanaan relatif lebih mudah dan cepat. Selain itu, penemuan bahan sintesis yang terbuat dari bahan polypropylene, polyster dan lain-lain, yang mempunyai karakteristik kuat tarik tinggi, tahan cuaca dan fleksibel banyak dikembangkan untuk jenis konstruksi dinding penahan tanah ini (Suryolelono, 2004).

Secara umum, konstruksi dinding penahan secara konvensional dibagi dalam empat kategori, yaitu dinding gravitasi (gravity walls), dinding kantilever (cantilever walls), dinding diangker (tied-back walls), serta dinding tanah bertulang (reinforced soil walls).

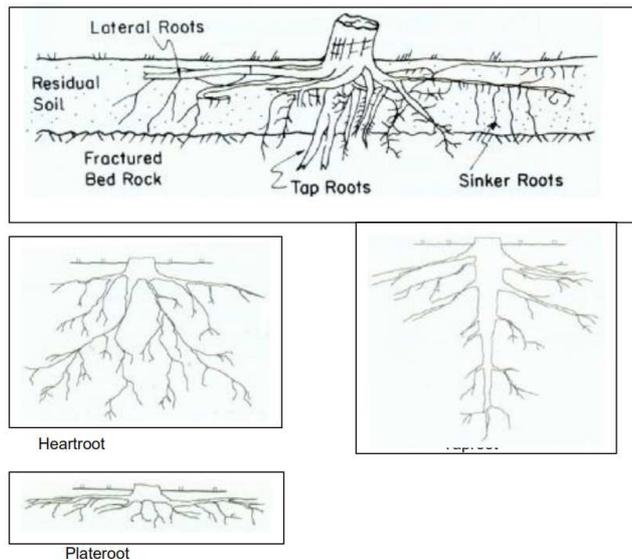
- 1) Dinding gravitasi yaitu dinding dengan fondasi yang berfungsi menahan gaya geser dan gaya guling, seperti dinding pasangan batu kali, dinding dengan perkuatan bronjong, dan dinding beton tak bertulang, dan lain-lain.
- 2) Dinding kantilever, yaitu dinding dengan dukungan kantilever vertikal atau miring dengan tinggi lereng maksimum 8 meter, seperti dinding kantilever beton bertulang (*cantilever concrete retaining walls*), turap (*sheetpile walls*), dan lain-lain.
- 3) Dinding diangker, yaitu dinding dengan permukaan vertikal atau miring yang ditahan oleh anker, seperti *tied-back soldiered pile walls*, *ground-anchored systems*, dan *tied-back slurry trench walls*.
- 4) Dinding tanah bertulang, adalah tanah yang diperkuat dengan pelat metal, pelat plastik, grid, *soil nails* atau fabrikasi perkuatan yang dapat memberikan kestabilan internal (Cornforth, 2005).

### D. Soil Bioengineering

Perkembangan teknologi vegetasi sebagai perkuatan lereng terhadap bahaya erosi permukaan dan tanah longsor, sudah di mulai ada abad ke 16, terutama untuk proyek-proyek perbaikan tebing sungai menggunakan metode yang masih dikenal sampai saat ini yaitu: *live stakes* yang didokumentasikan oleh Woltmann 1791. Awal abad ke 19, tahun 1930 akibat perang dunia ke 2 karena keterbatasan finansial, soil bioengineering mengalami perkembangan yang sangat pesat, akibat pemerintah di eropa banyak menerapkan teknologi ini pada proyek-proyek pekerjaan publiknya.

Pengertian Soil Bioengineering adalah teknologi menggunakan bahan dari tanaman hidup dan bagian dari tanaman, untuk mengatasi persoalan-persoalan alam lingkungan antara lain : tanah longsor, erosi lereng perbukitan dan disekitar aliran sungai. Sistem *soil bioengineering* adalah memanfaatkan tanaman berperan sebagai komponen dalam struktur utama, dan sekaligus sebagai bagian dari estetika landscape.

Hal yang perlu dilakukan sebelum pelaksanaan metode soil bioengineering adalah pemilihan jenis tanaman dan persiapan lahan termasuk di dalamnya properties tanah secara teknis. Berbagai jenis tanaman dapat digunakan pada 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, berakar cukup dalam (tipe akar serabut), banyak dan menyebar. Jenis tanaman yang dapat digunakan untuk menjaga stabilitas lereng meningkatkan kuat geser tanah dan menahan erosi permukaan meliputi : jenis rerumputan, jenis perdu, semak-belukar, dan jenis pepohonan. Masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugian sesuai dengan karakteristiknya seperti ; Semak belukar, perdu dan rerumputan mempunyai karakteristik akar yang tidak terlalu dalam tapi sifatnya menyebar dan dapat membuat jaring – jaring sehingga dapat menahan erosi permukaan, sedangkan jenis pepohonan, mempunyai akar yang cukup dalam dan menyebar, dapat meningkatkan kuat geser tanah. Morfologi Akar dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3. Morfologi Akar (Gray and Leiser,1982)

Secara teknis, perencanaan sistem perkuatan lereng dengan vegetasi menurut *Design Guide for The Bioengineering Technique, Soil bioengineering* harus memenuhi beberapa factor, parameter dan spesifikasi disain seperti pada tabel 2 di bawah ini

Tabel 2, Design Guide for The Bioengineering Technique.  
 (Design manual from WSDOT( Washington State Department of Transportation, 2000)

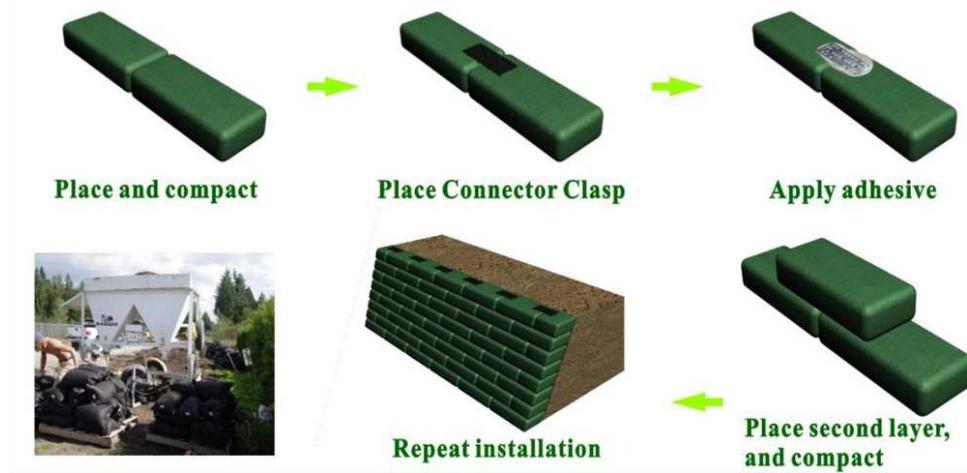
No	Faktor	Parameter	Spesifikasi Design
	Iklm	Aspek musim tanam	Tergantung pemilihan tanaman Metode dan konstruksi yang dipilih
	Kondisi fisik dan tanah	Kerapatan dan kepadatan akar	Pemilihan tanaman yang sesuai
		Permeabilitas	Modifikasi sebelum konstruksi
	Air tanah	Profil muka air tanah	Modifikasi sebelum konstruksi
			Instal structure (drain, ditches,etc)
			To remove excess water
	Kandungan kimia tanah	Ph	
		Kesuburan	Pemupukan
	Resiko erosi	Pengikisan Tanah	Permamen atau temperory untuk melindungi tanah
		Curah hujan penyebab erosi	
		Channel discharge	Mangement
		Lereng	Perlu perkuatan dengan Geotekstil
		Air dan angin	
	Geoteknik	Kuat geser lereng	Pemilihan material tanah yang cocok
		Faktor keamanan	Kepadatan dan kadar air tanah
			Bila perlu di kombinasikan dengan perkuatan Geotekstil

### E. Metode Soil Bioengineering

Dalam pelaksanaan *Soil Bioengineering* ada berbagai macam metode, diantaranya yang akan dibahas secara garis besar adalah, metode Gabion Vegetated, Reinforcement method, Long Bag Bolting Reinforcement Method, Metode Timbunan (Brush Layering), Ayaman Vegetasi (*Live Fascines*) atau wattles, dan *Vegetated Geogrid*.

### 1) Metode Gabion (bronjong) Vetated

Vegetated Rock Gabion merupakan kombinasi antara konstruksi dengan vegetasi, kombinasi antara konstruksi dan vegetasi maka metode ini akan memberikan ketahanan yang lebih baik dalam menanggulangi longsor tanah akibat erosi permukaan maupun pengikisan tanah yang disebabkan oleh arus sungai. Gabion (bronjong) adalah kerangka berbentuk bujur sangkar yang terbuat dari kawat besi atau kawat berlapis vinyl (plastik elastis yang kuat) dan berisikan batu-batu berukuran kecil sampai sedang (coarse aggregate dan gravel). Gabion-gabion tersebut disusun dan dipasang di tepi lereng atau tepi aliran sungai sebagai kerangka tumpuan atau dinding samping yang berbentuk seperti anak tangga. Tumbuhan dan cabang-cabang hidup ditempatkan didalam kerangka dan disetiap susunan gabion tersebut. Cabang-cabang ini akan mulai berakar dan bertumbuh di dalam gabion dan pada tanah dibelakang kerangka (backfill). Akar-akar itu pada akhirnya akan menyatukan kerangka yang ada dan melekatkannya pada lereng. Pada Intalok,2000 Teknologi vegetated rock gabion disebut Stacking reinforcement method eco-perlindungan yang fleksibel untuk lereng, setelah dilakukan inovasi dan pengembangan pada gabion oleh Intalok dibuatkan penyambung atau anker antar gabion, kekuatan tarik telah melampaui 64,750 Newton. Seperti terlihat pada gambar 4. Di bawah ini:



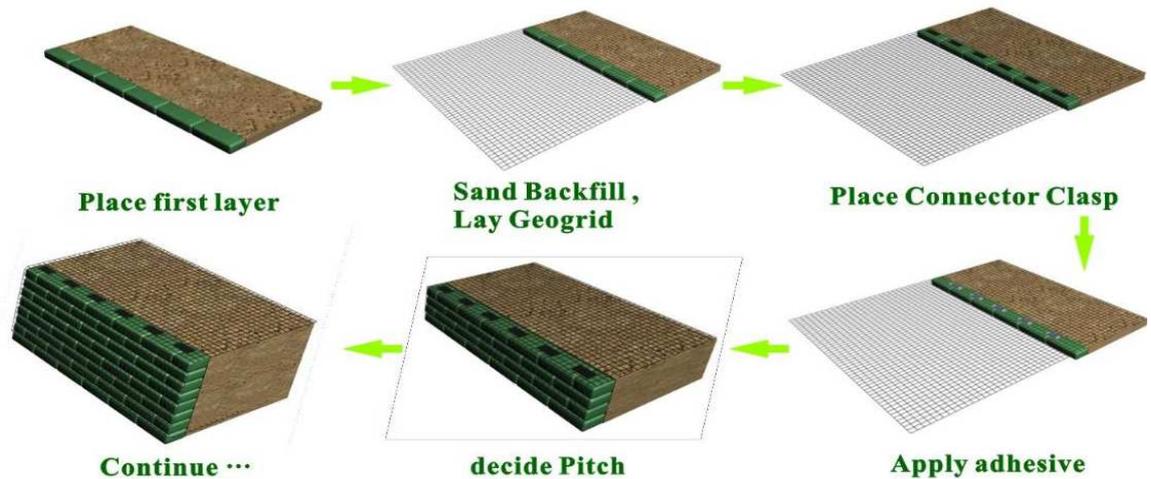
Gambar 4. Sistem Stacking Reinforcement (Intalok,2000)



Gambar 5. Quanzhou Highway Bureau in Fujian Province,China

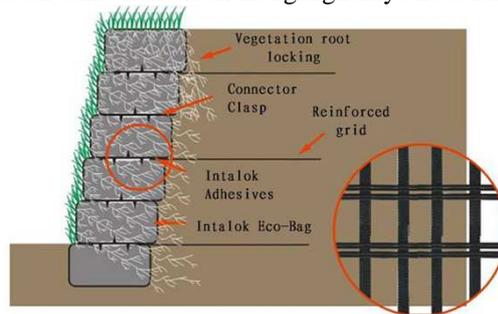
### 2) Reinforcement method

Pada lereng yang curam mendekati tegak sehingga membutuhkan kestabilan lereng yang besar, akibat tekanan tanah aktif yang besar maupun naiknya muka air tanah, penjenahan tanah saat musim hujan menyebabkan kenaikan tekanan air pori, perlu menggunakan kombinasi tambahan perkuatan "*Reinforced grade*" dengan asumsi dari teori tekanan tanah Rankine dan Mohr Coulomb teori.



Gambar 6. Reinforcement Method Engineering Drawings

Berdasarkan gambar 7. struktur penguncian gesekan dalam sistem terkunci segitiga internal, dengan menggunakan geogrid untuk membuat penahan dinding sistem dan pengurukan untuk membentuk keseluruhan stres ketika setiap eco-bag erat bersama-sama, sehingga sistem memiliki stabilitas yang lebih baik. Prinsip dari metode ini adalah sama dengan vegetated rock gabion, hanya saja gabion-gabion ini karena dipasang pada tempat yang curam sehingga membutuhkan perkuatan tambahan untuk mengangkernya ke dalam tanah.



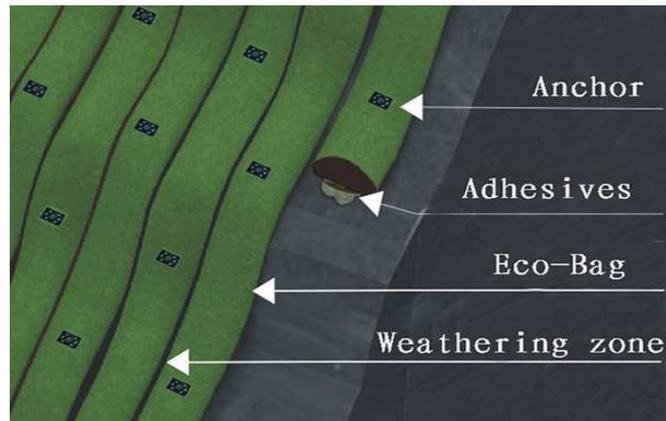
Gambar 7. Sistem kombinasi antar gabion dengan perkuatan Geogrid



Gambar 8. Changsha Xiangjiang River Dike-dam in Hunan Province, China

### 3) Long Bag Bolting Reinforcement Method

Metode terbaru yang telah dipatenkan intalok berupa long bag bolting method didasarkan pada inovasi pengankeran tetapi dilaksanakan dengan pembautan antara karpet ekologi dengan lereng curam terutama lereng batuan. Struktur dasar adalah peletakan secara seri gabion panjang pada lereng, dan dipasang baut pada jarak tertentu, dan kemudian ditambah dengan komponen yang sesuai dengan situasi aktual dari lereng untuk membuat gabion panjang ekologi membentuk kekuatan seluruh.



Gambar 9. Stony long bag bolting

Menurut elemen konstruksi lereng, metode perkuatan dengan pembautan dengan menggunakan kantong memanjang ini, penggunaan kantong panjang ini dapat dilaksanakan untuk perkuatan pada lereng tanah dan gabion panjang metode pembautan penguatan pada lereng berbatu.



Gambar 10. Stony Long Bag Bolting Reinforcement Method Side Map



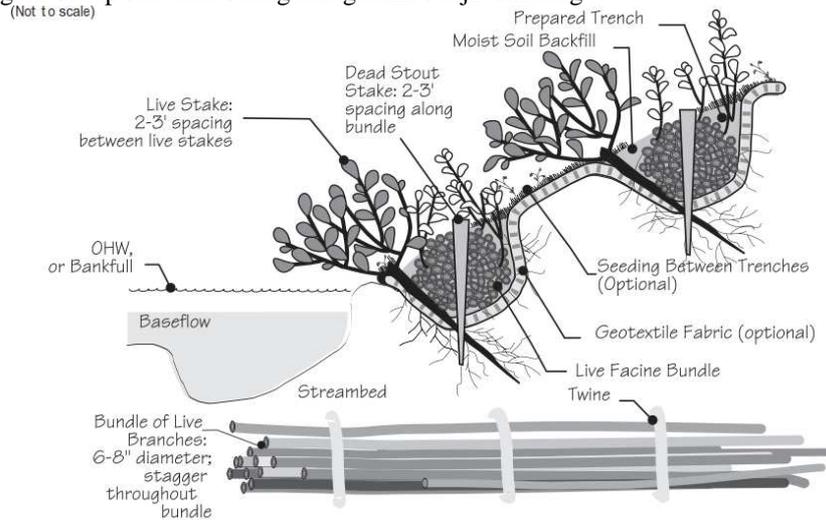
Gambar 11. Shenzhen OCT East, China

#### 4) Anyaman Vegetasi (*Live Fascines*) atau wattles

Metode ini memberikan teknik stabilisasi yang efektif untuk *streambanks* untuk meminimalkan gangguan terhadap lereng, anyaman Vegetasi atau anyaman hidup di bentuk kumpulan cabang hidup tanaman yang diikat menjadi satu ikatan berkas (*bundles*) seperti sebuah sosis, dimana *bundles*

tersebut ditanam dalam suatu galian tanah berbentuk parit yang dangkal yang terletak pada lereng. Vegetasi yang ada di dalam bundles tersebut akan bertumbuh dan akar-akarnya akan menyebar dan menjalar didalam tanah yang akan memperkuat tanah dan melindungi lereng dari erosi.

Metode Live Fascine dapat dipergunakan pada lereng bukit atau pada lereng ditepi sungai yang memiliki kemiringan dangkal dan juga jumlah masa longsor yang kecil, metode digunakan pada lereng dengan bentang yang panjang di sepanjang sungai atau badan jalan dimana live fascine berfungsi sebagai sistem drainase pada lereng yang terbagi atas beberapa segmen. Live fascine akan mereduksi energi aliran air dan mengalirkan supaya air dapat diserap oleh tanaman yang ada didalam bundles (Gambar 12). Fascines hidup / wattlings yang tidak sesuai untuk perlindungan lereng yang mengalami kemungkinan gerakan massa besar atau di lokasi dengan tingkat debit sungai yang besar yang mengalir setiap saat atau sering mengalami banjir bandang .

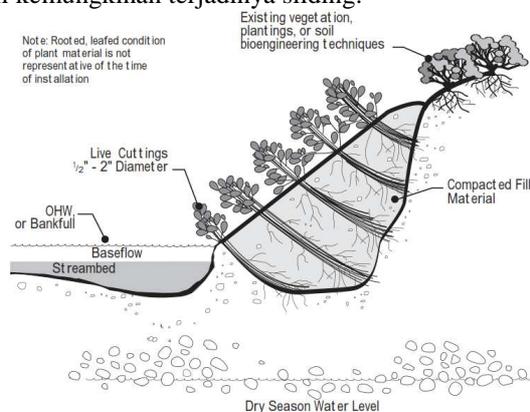


Gambar 12. Live fascine/wattling (US Army, 2014)

Metode Penanaman menggunakan alternatif Fascine/wattling, keuntungan penggunaan sebagai berikut; Disipasi energi, Stabilisasi sementara untuk memungkinkan pembentukan vegetasi lainnya, dan sebagai jebakan sedimen yang dapat menjadi bagian dari komponen vegetasi.

### 5) Metode Timbunan :Brush Layering

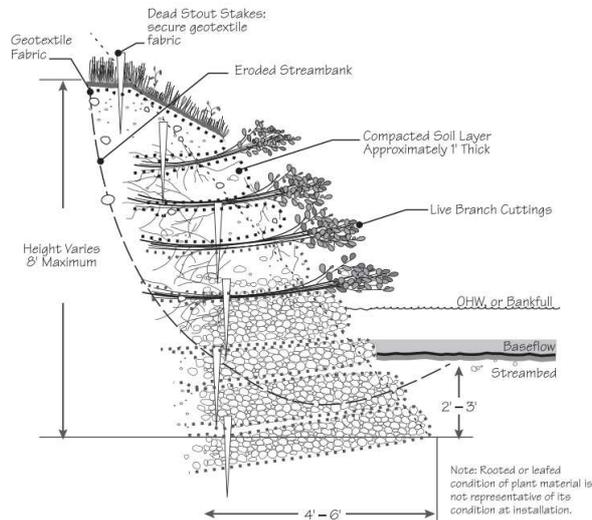
Merupakan metode timbunan dengan sistem yang hampir sama dengan *live fascine*, karena menggunakan cabang vegetasi, pada layer-layer atau lintasan-lintasan yang sejajar dan tegak lurus terhadap lereng. Teknik ini sangat tepat bila diterapkan pada area cut and fill dimana tanah yang berada pada daerah tersebut benar-benar terganggu dan atau tererosi. Brush Layering bisa diandalkan sebagai teknik yang terbaik untuk memperkuat permukaan lereng untuk mengurangi erosi permukaan dan secara tidak langsung memperkecil kemungkinan terjadinya sliding.



Gambar 13. Brush Layering fill Method (Chapter 5, Bioengineering, 2012)

### 6) *Vegetated Geogrid*

Vegetasi yang berfungsi sebagai perkuatan utama seperti *Geogrids* tumbuhan digunakan untuk membangun kembali kekuatan lereng pada bidang gelincir. Mereka mirip dengan anker yang menembus bidang gelincir, kecuali vegetasi ini juga berperilaku menjadi sebuah kain pengendalian erosi atau longsoran (geotextile) melilit setiap jika tanah mengalami tergelincir.



Gambar 14. Pemasangan Vegetated Geogride

### Kesimpulan

Metode *Soil Bioengineering* adalah metode mengkombinasikan perkuatan konvensional dengan vegetasi khususnya bagian akar untuk meningkatkan stabilitas lereng. Lereng alam maupun buatan dalam usaha meningkatkan stabilitas dengan teknologi vegetasi ini membutuhkan peralatan berat serta jumlah pekerja yang relatif minimal menyebabkan kerusakan lahan dapat diminimalisir pada saat pelaksanaan. Dengan demikian *soil bioengineering* sangat baik digunakan pada area atau lahan dimana estetika, kesuburan lahan, dan habitat hewan menjadi prioritas yang penting, terutama di lereng sungai dan perumahan. Pelaksanaan metode *soil bioengineering* sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan (antara bulan September – Maret), bisa juga dilaksanakan pada musim panas jika dilaksanakan secara kontinyu, terutama di tanam di lereng sungai.

Metode bronjong (*gabion*) dengan vegetasi dilaksanakan dengan kombinasi bronjong dengan batunya di ikatkan dengan vegetasi, metode ini dilaksanakan bila gaya lateral tanah lereng atau gaya penyebab gelincir besar sehingga diperlukan penahan struktur untuk menstabilkan lereng terlebih dahulu serta mengurangi kecuraman lereng.

Pada lereng-lereng curam dan berbatu metode perkuatan lereng seperti : Reinforcement method, Long Bag Bolting Reinforcement Method, cocok di gunakan karena terdapat kombinasi antara penggunaan anker dan geotekstil sebagai perkuatan tambahan.

Metode-metode Timbunan (*Brush Layering*), Ayaman Vegetasi (*Live Fascines*) atau wattles, dan *Vegetated Geogrid*. Sangat baik untuk lereng lebih landai bentang panjang ataupun lereng curam dengan bedrock yg butuh timbunan atau penggalian sangat baik bila di laksanakan pada lereng sungai atau lereng lain yang mempunyai bentang panjang. Metode secara teknis yang terbaik untuk memperkuat permukaan lereng untuk mengurangi erosi permukaan, limpasan permukaan akibat hujan dan memperlambat proses penjenjutan tanah yang mengurangi kuat geser tanah secara tidak langsung memperkecil kemungkinan terjadinya kelongsoran.

## Daftar Pustaka

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S. & Boyce, G. M., 2002. *Slope Stability and Stabilization Methods*. Second ed. New York: John Wiley & Sons, Inc..
- Cornforth, D. H., 2005. *Landslides in Practice: Investigation, Analysis and Remedial/Preventative Options in Soils*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Day, R. W., 1997. "Design and Construction of Cantilevered Retaining Walls". s.l., ASCE, pp. 16-21.
- Hardiyatmo, H. C., 2012. *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Pertama penyunt. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sinarta, I Nengah. (2013), Ancaman Tanah Longsor sebagai salah satu indikator dalam Pembangunan Infrastruktur berkelanjutan, Seminar Nasional Structure Konsepsi#1, Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa, ISBN:978-979-18045-5-4
- Suryolelono, K. B., 2004. *Perancangan Fondasi*. Yogyakarta: s.n.
- Williams Form Hardware & Rockbolt Ltd., 2011. Williams Form Engineering Corps.. [Online] available at: <http://www.williamsform.com> [Accessed 6 Mei 2014].
- Xianjing, H., Guilin, X., Guolin, Y. & Yongli, D., 2012. "Field Test of the Reinforced Gabion Retaining Wall, a New Kind of Compound that Supports and Retains Structure". *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, January, 6(No.3), pp. 1-7.
- Intalock Technologies Pty Ltd, ABN 68 143 449 067, 2014, Brisbane-Australia <http://intalock.com.au/#company-overview>
- Jaya, F.S, dan Sagitha, R.A. (2004), "Studi Literatur tentang Soil Bioengineering dengan Metode Vegetated Rock Gabion, Live Fascine, dan Brush Layering", Laporan Tugas Akhir, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang
- Sotir, R.B, Craig Fischenich (2001) Live and Inert Fascine Streambank Erosion Control, (ERDC TN-EMRRP-SR-31), U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS. [www.wes.army.mil/el/emrrp](http://www.wes.army.mil/el/emrrp)
- Sotir, R.B. (1996), "Chapter 16 Streambank and Shoreline Protection", The United States Departement of Agriculture (USDA)
- Sotir, R.B, Gray, D.H. (1996), *Biotechnical And Soil Bioengineering Slope Stabilization*, John Wiley & Son Inc, New York
- US Army Corps of Engineer, 2014 Chapter 5, Soil Bioengineering Techniques, <http://www.usace.army.mil/>
- R.P.C.Morgan and R.J.Rickson, 2005, *Slope Stabilization And Erosion Control: A Bioengineering Approach*, Published by E & FN Spon, an imprint of Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK, This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2005.



ISBN 978-602-1582-05-3



9 786021 582053

**WARMADEWA UNIVERSITY PRESS**

Jalan Terompong No. 24, Tanjung Bungkak, Denpasar (80234) Gedung D. Lantai 2  
Telp. (0361) 223858, Fax. (0361) 225073  
Desa Sumerta Kelod, Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar.  
Provinsi Bali