

PERANAN BIOENGINEERING DALAM PEMECAHAN MASALAH KESTABILAN LERENG

R. Andre Sagitha, Ferry Sentio Jaya, Daniel Hartanto
Universitas Katolik Soegijapranata – Semarang.

Abstrak: Pada daerah lerengan banyak dijumpai permasalahan yang berkenaan dengan stabilitas lereng. Salah satu permasalahan adalah erosi permukaan yang disebabkan aliran air. Penanganan erosi permukaan dapat diatasi dengan menggunakan beberapa metode antara lain: metode konvensional misalnya: shortcrete atau penyemprotan permukaan dengan air semen, membuat pergerakan erosi dapat dicegah. Metode yang penulis tawarkan disini adalah metode yang ramah lingkungan yaitu dengan metode *bioengineering*. Beberapa metode yang kami bahas adalah: *Vegetated Rock Gabion*, *Live Fascine* dan *Brush Layering*. Metode-metode ini mengkombinasikan antara kekuatan akar tanaman dengan konstruksi konvensional dalam hal ini adalah bronjong (*gabion*).

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Masalah kestabilan lereng merupakan masalah yang sering dijumpai di Indonesia. Biasanya pada waktu musim hujan sering terjadi peristiwa pengikisan tanah yang berlebihan atau yang sering disebut dengan erosi yang mengakibatkan tanah disekitar lereng menjadi rusak dan erosi yang terjadi terus menerus dapat mengakibatkan bencana longsor. Kestabilan lereng merupakan syarat mutlak yang harus diperhatikan kepada para pengembang perumahan yang terletak di kaki lereng ataupun di lerengan.

Erosi bukan merupakan masalah baru. Selama manusia berinteraksi dan mengeksploitasi alam, bencana ini akan tetap terus terjadi. Banyak faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya bencana longsor antara lain: curah hujan dengan intensitas tinggi serta durasi yang lama, gempa bumi, dan lain sebagainya. Selain faktor-faktor luar yang mempengaruhi kestabilan tanah, bencana longsor juga disebabkan akibat faktor-faktor yang ada pada tanah itu sendiri seperti: jenis tanah, sifat batuan, corak topografi dan geologi yang membentuk lapisan tanah tersebut.

Erosi menurut bidang longsornya dibagi menjadi 2 bagian, yaitu: erosi permukaan (*surficial erosion*) dan erosi global massa tanah (*soil mass stability*). Erosi permukaan berarti erosi atau longsor yang terjadi hanya pada permukaan tanah saja atau hanya pada kedalaman tertentu dari permukaan. Dan erosi global massa tanah berarti erosi yang terjadi pada keseluruhan massa. Ada kesan kuat para ahli geoteknik lebih fokus kepada persoalan-persoalan yang menyangkut stabilitas global meskipun seharusnya disadari bahwa erosi global yang terjadi tidak jarang diawali oleh persoalan erosi permukaan.

Penanggulangan erosi permukaan dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain: mengubah geometri lereng, mengendalikan air permukaan, membangun konstruksi (*rip rap*, *retaining wall*) dan cara lainnya, yang biasanya membutuhkan biaya yang cukup mahal. Cara penanggulangan lain yang 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.

Teknologi bioteknologi (*soil bioengineering*) ini mempunyai berbagai macam jenis metode pelaksanaannya, ada yang menggunakan kombinasi antara struktur dengan vegetasi, ada juga yang menggunakan kombinasi antara vegetasi hidup dengan vegetasi mati, dan ada juga yang menggunakan vegetasi hidup secara penuh. Metode-metode yang akan dibahas merupakan perwakilan dari jenis-jenis metode pelaksanaannya. *Vegetated Rock Gabion* adalah metode yang mengkombinasikan antara struktur dengan vegetasi. *Live Fascine* adalah metode yang menggunakan kombinasi antara vegetasi hidup dan mati, dan *Brush Layering* adalah metode yang menggunakan vegetasi secara penuh.

Dengan meningkatnya kepedulian masyarakat terhadap masalah lingkungan, serta keterbatasan kemampuan finansial akibat krisis ekonomi yang belum berakhir, menjadikan teknologi ini lebih dapat diterima dan sangat kompetitif serta memiliki potensi yang sangat besar untuk diterapkan di Indonesia.

Maksud dan Tujuan

Studi ini dimaksudkan untuk memperkenalkan alternatif penyelesaian dalam menanggulangi longsor akibat erosi permukaan.

Tujuan dari studi ini 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 akibat erosi permukaan.

Batasan Masalah

Studi literatur ini hanya membahas mengenai mekanisme kerja, cara pelaksanaan, manfaat, keunggulan dan kekurangan dari metode *live fascine*, *brush layering*, dan *vegetated rock gabion*. Jenis erosi yang dibahas di dalam studi literatur ini adalah erosi permukaan (*surface erosion*) akibat aliran air yang disebabkan oleh air hujan.

II. SOIL BIOENGINEERING

2.1. Pengertian

Soil Bioengineering adalah teknologi yang menggunakan bahan dari tanaman hidup dan bagian dari tanaman, untuk mengatasi persoalan-persoalan mengenai alam lingkungan seperti erosi permukaan tanah dan erosi lereng sungai. Dalam sistem *soil bioengineering*, tanaman berperan sebagai komponen struktural yang utama, tidak hanya sebagai bagian dari estetika lansekap.

Hal yang perlu dilakukan sebelum pelaksanaan metode *soil bioengineering* adalah pemilihan jenis tanaman dan persiapan lahan. 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 (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis-jenis tanaman untuk stabilisasi 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
	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
2	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
	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
3	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
4	Pohon-pohon	<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
	Willows dan Poplars	<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

(Diambil dari **Prociding Seminar Nasional SLOPE 2002** dengan judul “**Pengaruh Akar Tanaman Terhadap Kekuatan Geser Tanah**” oleh Theo F. Najoan dan Carlina Soetjiono di Universitas Katolik Parahyangan Bandung)

2.2. Sejarah dan Perkembangan *Soil Bioengineering*

Soil Bioengineering jika ditinjau kembali ke masa lalu sebenarnya sudah diterapkan di daratan Asia dan Eropa. Seorang sejarawan Cina pernah menuliskan tentang penggunaan teknologi ini di daratan Cina yaitu untuk perbaikan tanggul sungai dengan cara memasukkan batu-batu kedalam anyaman yang terbuat dari pohon tertentu atau bambu. Sedangkan di daratan Eropa bisa dijumpai dalam bentuk dinding penahan yang terbuat dari anyaman ranting dan cabang untuk konstruksi-konstruksi hidrolika. Pada abad ke 16 teknologi ini mengalami perkembangan yang sangat pesat di hampir seluruh daratan Eropa, terutama untuk proyek-proyek perbaikan tebing sungai menggunakan metode yang masih dikenal sampai saat ini, yaitu: *live stakes* yang didokumentasikan oleh Woltmann 1791.

Pada tahun 1930 *soil bioengineering* mengalami perkembangan yang sangat pesat dimana 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 publiknya. Bahkan di Jerman pernah didirikan sebuah institut penelitian oleh Adolf Hitler untuk mengembangkan teknologi ini, yang kemudian melahirkan beberapa pakar terkemuka antara lain Arthur Von Kruedener yang dikukuhkan sebagai *the father of soil bioengineering*. Sebagai penghargaan atas karyanya maka diterbitkan sebuah buku pertama dalam bidang ini dengan judul *Ingenieurbiologi (Engineering Biologi)*. Pada kurun waktu yang kurang lebih sama di Amerika Serikat merupakan awal dari perkembangan teknologi ini. Seseorang yang telah mengembangkan teknologi *soil bioengineering* dengan metoda *live fascine* adalah Charles Kraebel yang bekerja pada USDA Forest Service. Kegunaan dari metode ini antara lain untuk stabilisasi lereng pada proyek jalan raya.

Setelah perang dunia kedua usai para ahli *soil bioengineering* kembali melanjutkan upaya penyempurnaan terhadap teknologi yang sudah dikembangkan sebelumnya, untuk menyusun standarisasi teknologi dan spesifikasi konstruksi. Pada tahun 1951 Arthur Von Kruedener mempublikasikan buku pertamanya mengenai *soil bioengineering*. Sementara itu pada tahun 1980 terbit buku pertama dalam edisi bahasa Inggris oleh Hugo Schichtl dengan judul *Bioengineering for*

Land Reclamation and Conservation, disusul dengan buku kedua pada tahun 1997 dengan judul *Ground Engineering Techniques for Slope Protection* yang sering digunakan sebagai buku acuan bagi para pemerhati bidang *soil bioengineering*.

Saat ini sudah semakin banyak tersedia buku-buku *soil bioengineering* dalam bahasa asing (Inggris khususnya), demikian pula informasi penting lainnya data ditelusuri dengan mudah di situs-situs internet. Namun sayangnya sampai saat ini sepengetahuan penulis belum terdapat buku yang tertulis dalam bahasa Indonesia. Hal ini sebagai salah satu penyebab terhambatnya perkembangan *soil bioengineering* di Indonesia.

Teknologi ini mempunyai potensi yang sangat besar untuk diterapkan di Indonesia. Dengan belum berakhirnya krisis yang melanda Indonesia maka teknologi ini menjadi suatu ilmu yang sangat tepat jika dibanding dengan teknologi yang lain jika dilihat dari segi finansial.

2.3. Metode *Soil Bioengineering*

Dalam pelaksanaan *Soil Bioengineering* ada berbagai macam metode, diantaranya yang akan dibahas secara garis besar adalah, metode *Vegetated Rock Gabion*, *Contour Wattle / Live Fascine*, dan *Brush Layering*.

2.3.1. *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 longsoran tanah akibat erosi permukaan maupun pengikisan tanah yang disebabkan oleh arus sungai.

Gabion (bronjong) adalah kerangka berbentuk bujursangkar 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 didalam *gabion* dan pada tanah dibelakang kerangka (*backfill*). Akar-akar itu pada akhirnya akan menyatukan kerangka yang ada dan melekatkannya pada lereng.

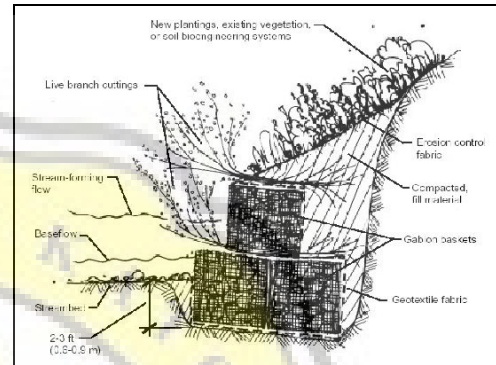
Metode ini digunakan untuk menanggulangi longsor pada lereng tanah maupun lereng dengan konstruksi di atasnya, seperti rel kereta api, jalan raya, dan sebagainya. *Vegetated rock gabion* juga menanggulangi pengikisan pada lereng tepi sungai akibat arus sungai.

2.3.1.1. Aplikasi dan Kegunaan Vegetated Rock Gabion

Metode ini digunakan untuk menanggulangi erosi tanah pada lereng maupun lereng dengan konstruksi di atasnya, seperti rel kereta api, jalan raya, dan sebagainya. *Vegetated Rock Gabion* juga menanggulangi pengikisan pada lereng tepi sungai akibat arus sungai.

Metode *vegetated rock gabion* sangat cocok digunakan pada lereng dengan kemiringan yang curam. Susunan *gabion* yang berbentuk seperti anak tangga dan akar-akar vegetasi yang melekat pada lereng, akan mereduksi kecuraman lereng sehingga lereng menjadi lebih stabil. Susunan *gabion* yang seperti anak tangga dapat menahan lereng tanah dengan baik dan proporsional. Yang dimaksud dengan proporsional adalah kekuatan untuk menahan sesuai dengan kekuatan yang mendorong, dengan kata lain susunan *gabion* yang seperti anak tangga tersebut menahan lereng sesuai dengan tekanan aktif atau gaya lateral pada lereng

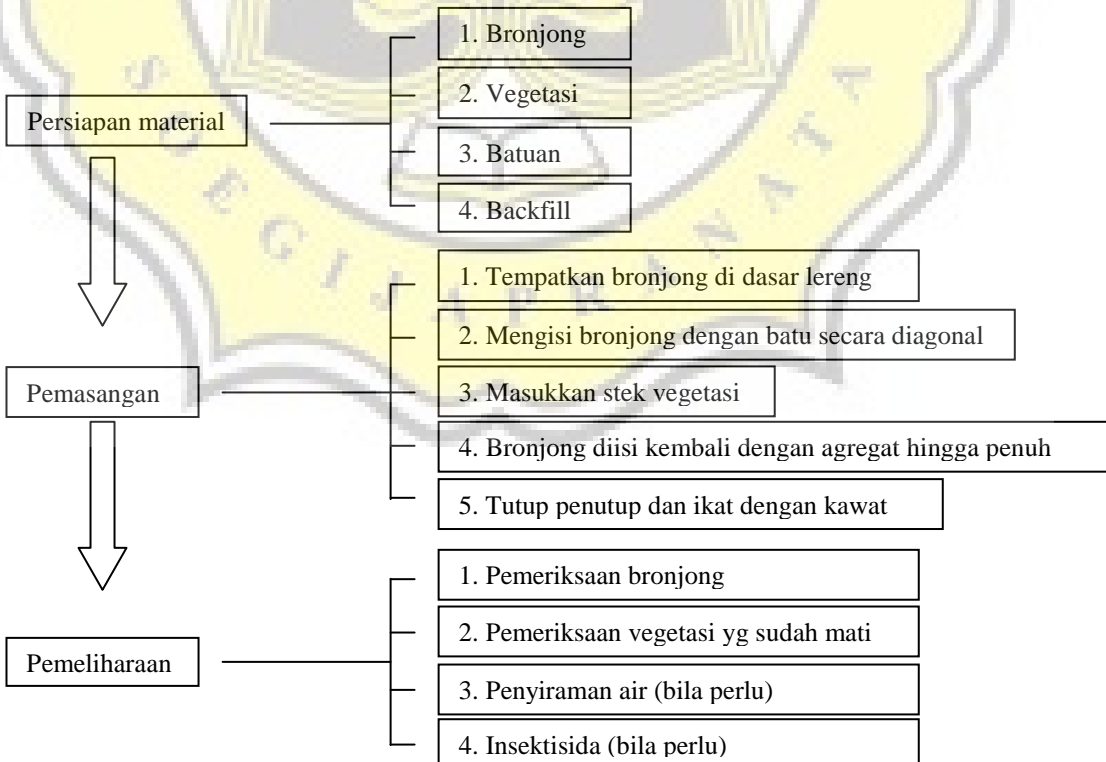
tersebut. Selain itu akar dari vegetasi yang ditanam didalam kerangka *gabion* akan menambah kestabilan lereng. Hal ini disebabkan karena akar-akar dari vegetasi tersebut akan meningkatkan kuat geser tanah dan menyerap aliran air yang merembes didalam tanah sehingga akan mengurangi tekanan air pori pada lereng tersebut. Berikut ini adalah sketsa sederhana tampak samping dari *Vegetated Rock Gabion*.



Gambar 2.1: Tampak samping vegetated rock gabion (Chapter 16 Streambank and Shoreline Protection, Robin B Sotir, 1996)

2.3.1.2. Pelaksanaan Metode Vegetated Rock Gabion

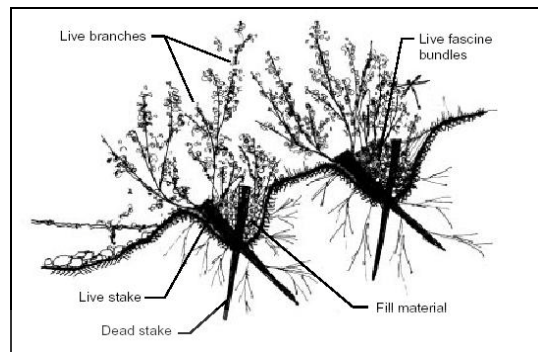
Pelaksanaan metode *Vegetated Rock Gabion* dapat dilihat dengan skema dibawah ini. (Gambar 2.2)



Gambar 2.2: Skema pelaksanaan metode Vegetated Rock Gabion

2.3.2. *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 2.3 : Penampang *Live Fascine* (Chapter 16 Streambank and Shoreline Protection, Robin B Sotir, 1996)

2.3.2.1. *Aplikasi dan Kegunaan Metode Live Fascine*

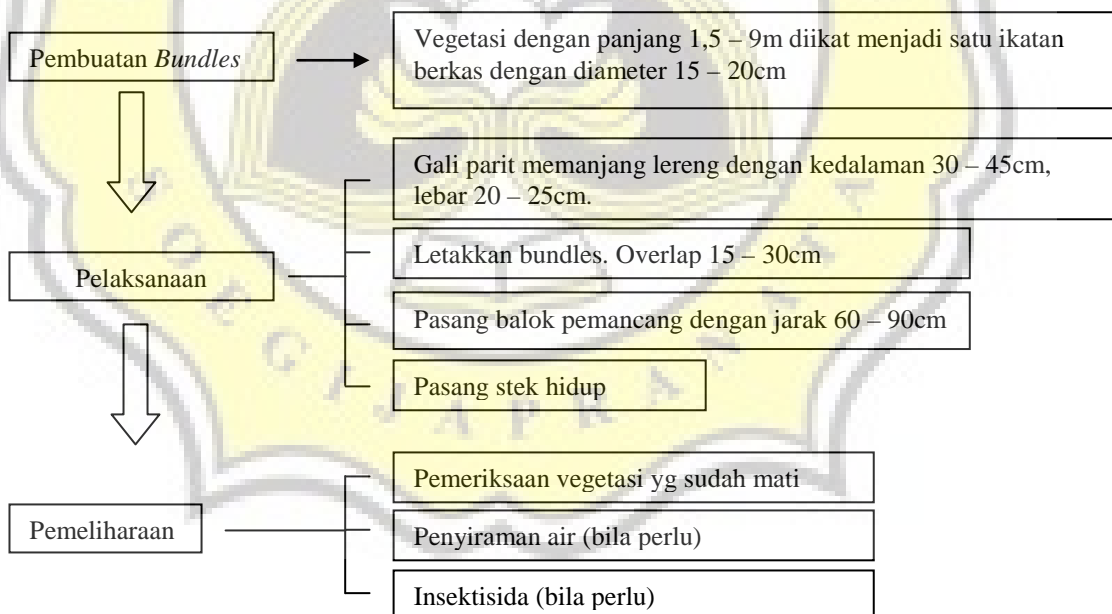
Live fascine dapat dipergunakan pada lereng bukit atau pada lereng ditepi sungai. Metode ini sering digunakan pada lereng dengan bentang yang panjang dimana *live fascine* berfungsi sebagai sistem drainase pada lereng yang terbagi atas beberapa segmen. *Live fascine* akan mereduksi energi aliran air dan mengalirkan supaya air dapat diserap oleh tanaman yang ada didalam *bundles* (Gambar 2.4). Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas mengenai *Live fascine* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.4 : *Bundles* (Chapter 16 Streambank and Shoreline Protection, Robin B Sotir, 1996)

2.3.2.2. *Pelaksanaan Metode Live Fascine*

Pelaksanaan metode *Live Fascine* akan dijelaskan dengan skema berikut ini. (Gambar 2.5)



Gambar 2.5: Skema pelaksanaan *Live Fascine*

2.3.3. *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 rerumputan yang memiliki batang cukup panjang yang ditempatkan pada permukaan lereng sepanjang parit-parit yang telah digali sepanjang kontur-kontur lereng.

2.3.3.1. Aplikasi dan kegunaan Brush Layering

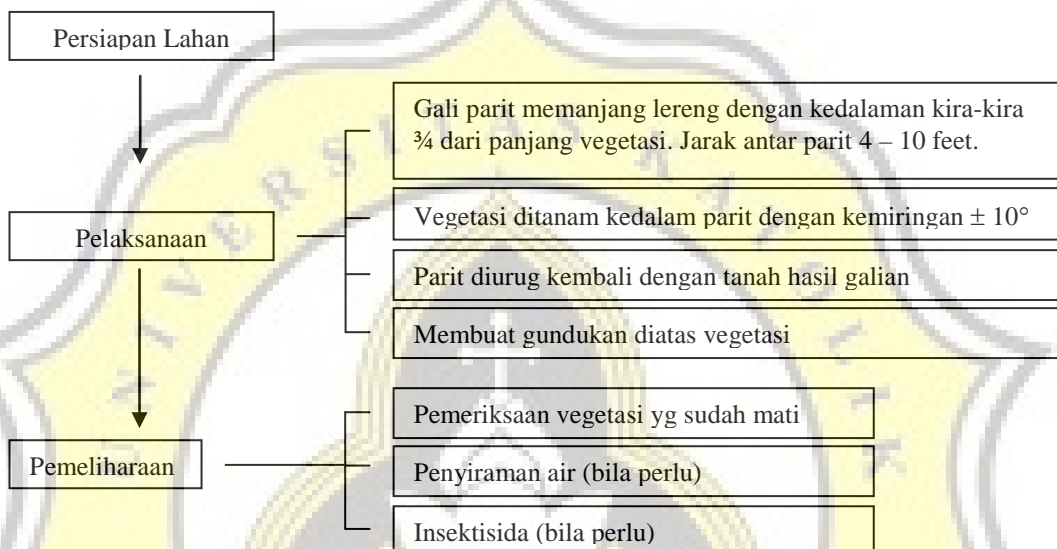
Brush Layering adalah metode yang mempunyai sistem yang hampir sama dengan *Live Fascine*. Hal ini dapat dilihat karena keduanya meliputi pemotongan vegetasi dan penempatannya pada lereng, hanya perbedaannya adalah pada penempatan vegetasinya. *Brush Layering* dalam penempatan vegetasi berorientasi secara tegak lurus (*perpendicular*) 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*.

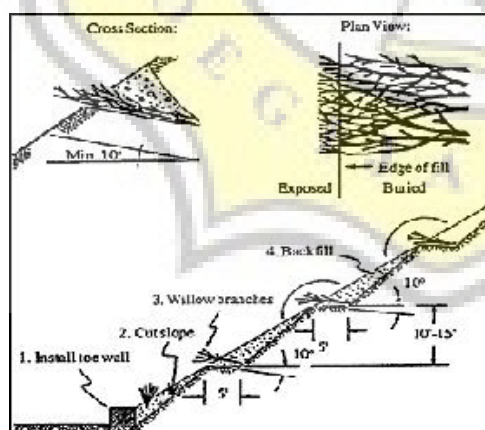
2.3.3.2. Pelaksanaan Metode Brush Layering

Pelaksanaan metode *brush layering* akan digambarkan dengan skema berikut ini. (Gambar 2.6)



Gambar 2.6: Skema pelaksanaan *Brush Layering*

Berikut ini adalah gambaran sederhana mengenai pelaksanaan metode *brush layering*.



Gambar 2.7: Cara penanaman *brush layering*

III. KESIMPULAN DAN SARAN

3.1. Kesimpulan

- Sistem *Soil Bioengineering* adalah system perbaikan alam yang tidak mutlak

membutuhkan peralatan berat serta jumlah pekerja yang relatif minimal menyebabkan kerusakan lahan yang minimal pula pada saat pelaksanaan. Dengan demikian *soil bioengineering* cocok digunakan pada area atau lahan dimana estetika, kesuburan lahan, dan habitat hewan menjadi prioritas yang penting.

- Penerapan *soil bioengineering* memerlukan media lahan yang baik dan subur. Oleh sebab itu *soil bioengineering* tidak dapat diterapkan pada lahan dengan tanah berbatu, sangat berpasir, tergenang air terus menerus.
- Pelaksanaan *soil bioengineering* dilakukan pada awal musim hujan (antara bulan September – Maret)
- Metode *Vegetated Rock Gabion* dilaksanakan bila gaya lateral tanah lereng cukup besar sehingga diperlukan penahan struktur untuk menstabilkan lereng dan mereduksi kecuraman lereng.

- Metode *Vegetated Rock Gabion* tidak didesain untuk menahan gaya lateral yang sangat besar.
- Metode *Vegetated Rock Gabion* sangat cocok digunakan bila ruang pelaksanaan yang tersedia terbatas dan lebih banyak dibutuhkan pembangunan struktur arah vertikal.
- Metode *Live Fascine* cocok untuk lereng curam dan cukup berbatu dimana penggalian sulit dilakukan.
- *Live Fascine* cocok bila ditempatkan pada lereng sungai atau lereng lain yang mempunyai bentang panjang.
- *Brush Layering* 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*.

3.2. Saran

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penerapan metode *Vegetated Rock Gabion*, *Live Fascine*, dan *Brush Layering* di lapangan.
- *Soil Bioengineering* di Indonesia masih dianggap sebagai suatu hal yang baru, sehingga perlu adanya sosialisasi tentang *soil bioengineering* di kalangan masyarakat.

IV. DAFTAR PUSTAKA

- Aponno, G, dan Kuncoro, I. (2002), "*Penggunaan Vegetasi Sebagai Metoda Stabilisasi Lereng*", Prociding Seminar Nasional SLOPE 2002, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
- 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
- Najoan, F.,T, dan Soetijono, C. (2002), "*Pengaruh Akar Tanaman Terhadap Kekuatan Geser Tanah*" Prociding Seminar Nasional SLOPE 2002, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
- Sotir, R.B. (1992), *Chapter 18 Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction*, The

United States Departement of Agriculture (USDA)

Sotir, R.B. (1996), *Chapter 16 Streambank and Shoreline Protection*, The United States Departement of Agriculture (USDA)