

STABILISASI LERENG UNTUK PENGENDALIAN EROSI DENGAN SOIL BIOENGINEERING MENGGUNAKAN AKAR RUMPUT VETIVER

Aspian Noor⁽¹⁾, Jurnal Vahlevi⁽¹⁾ dan Fathurrozi⁽¹⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

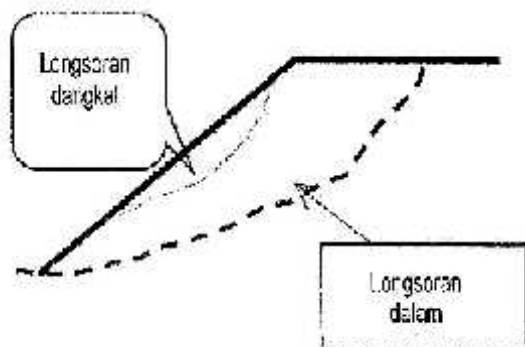
Intensitas hujan yang cukup tinggi dengan durasi yang lama merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya erosi dan kelongsoran pada lereng yang kritis. Air memberikan kontribusi terhadap terjadinya kelongsoran terutama pada tanah tak jenuh air. Air masuk ke dalam tanah tak jenuh melalui infiltrasi air permukaan, rembesan air dalam tanah dan naiknya permukaan air tanah. Ke tiga peristiwa di atas merubah kondisi tak jenuh menjadi kondisi jenuh air pada sebagian lapisan tanah. Akibatnya tanah mengalami perubahan kondisi mula-mula (initial state), sehingga lapisan tanah ini akan mengalami pengurangan kohesi akibat genangan dan hujan deras yang terjadi dengan periode yang cukup panjang serta memicu kelongsoran tanah pada bidang yang lemah. Upaya penanganan melalui rekayasa geoteknik dengan menggunakan teknik-teknik perkuatan tanah menawarkan penyelesaian dengan biaya yang sangat mahal dan hanya dapat dilakukan pada lokasi-laoksai yang mudah dijangkau. Penggunaan sisten soil bioengineering seperti vegetasi merupakan salah satu penanganan kelongsoran lanjutan serta kelongsoran jangka panjang yang perlu dipertimbangkan, mengingat beberapa keunggulannya. Dengan solusi gree/bioengineering perlu pertimbangan yang tepat, berdasarkan iklim, tipe tanah dan biaya. Pada daerah dengan kondisi iklim panas, tanah cukup kuat dan kohesif, barangkali cukup hanya dengan ditutup rumput biasa sebagai proteksi lereng. Pada kondisi ekstrim, pada daerah lereng curam dan tanah sangat mudah erosi, hujan sangat berlimpah dan waktu masih memungkinkan (lereng yang baru dibentuk perlu segera ditangani), maka penanaman vetiver perlu dipertimbangkan.

Kata Kunci : Stabilitas Lereng, Erosi, Soil Bioengineering, Akar Rumput Vetiver

1. PENDAHULUAN

Erosi Dan Problema Stabilitas

Pergerakan massa tanah atau *slip/slide* yang menyebabkan problema stabilitas, dibedakan dalam 2 (dua) kategori, yaitu : kelongsoran dangkal dan kelongsoran dalam seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jenis kelongsoran

Kelongsoran dalam, adalah masalah geotek-nik atau geologi, yang mencakup geometri le-reng, kuat tanah, kondisi cuaca/iklim, karakter-istik air tanah, dan lain-lain yang memerlukan analisis stabilitas. lereng. Sedangkan kelongsoran dangkal agak sulit diperhitungkan. Kelongsoran dangkal ini (1-2 m), justru masalah yang banyak terjadi setelah pembentukan le-reng (galian atau timbunan), khususnya pada kawasan dengan intensitas hujan tinggi dan durasi lama. Hal ini tetap dapat muncul walaupun analisis lereng telah menunjukkan le-reng mempunyai faktor keamanan yang cukup.

Walaupun masalah erosi dan masalah stabilitas agak berbeda, namun sebagai masalah saling ada keterkaitan. Erosi adalah proses alami dimana faktor luar seperti angin atau air mengikis partikel tanah dan seringkali dipicu oleh hujan yang mengikis lapis permukaan, membentuk saluran atau sungai-sungai kecil dengan kedalaman 10-60 cm, lama kelamaan makin dalam

sehingga menyebabkan lereng makin curam yang memicu ketidakstabilan (Agustin J, 2009).

Problem ketidakstabilan atau kelongsoran dalam, merupakan permasalahan yang tergantung pada karakteristik geometrik lereng, sifat tanah dan air pori yang pada dasarnya problem geoteknik/geologi yang harus ditangani dengan studi analisis yang tepat. Dilain pihak, problem glicir dangkal, yang terletak pada kedalaman 60-250cm, tidak tersedia analisisnya, sehingga menjadi problem kronis, apalagi dengan adanya hujan lebat dan material lereng yang sangat erosif (Agustin J, 2009).

Masalah erosi dan kelongsoran pada umumnya ditangani dengan *mortared rip-rap*, *shotcrete* atau semacamnya untuk melapisi / menutupi lereng untuk mencegah infiltrasi air yang menyebabkan kelongsoran. Namun, tidak dalam semua kasus, hal ini berhasil. Ada 2 pendekatan, pertama dengan cara konvensional yang keras/kaku yang sering digunakan, yaitu dengan *shotcrete*, *soil nailing*, tanah bertulang, dan lain-lain yang lebih mahal, atau kedua dengan pendekatan hijau yang lebih murah, lebih baik estetikanya dan ramah lingkungan.

Penggunaan tanaman, khususnya penggunaan akar untuk tujuan memperkuat tanah pada daerah pergerakan dangkal (stabilitas lereng) yang berfungsi sebagai paku/pasak tanah mulai diperhitungkan setelah beberapa parameter membuktikannya (Agustin J, 2009).

Soil Bioengineering

Istilah *bioengineering* secara umum dapat didefinisikan sebagai suatu yang berkaitan dengan penggunaan material hidup (*living material*). Dalam hal ini rumput (*vegetasi*) tanpa penggunaan material buatan (*nonliving material*) lainnya untuk mengatasi persoalan-persoalan teknik tertentu (Redfield, 2000 dalam Santiawan 2007). Akar merupakan bagian terpenting karena berkemampuan mengikat tanah sangat berguna untuk sistem konstruksi penahan lereng disamping akar dapat menyerap air dari dalam tanah dan dilepas ke atmosfer melalui proses transpirasi yang dapat menurunkan tegangan air pori (Gray dan Robin, 1995 dalam Santiawan 2007). Pertumbuhan batang tanaman mempengaruhi pencapaian kedalaman akar tanaman seperti yang dikemukakan oleh Rismanandar (Santiawan, 2007).

2. VEGETASI UNTUK PENGENDALIAN EROSI DAN STABILITAS LERENG

Penggunaan vegetasi sebagai *bioengineering* telah dicoba. Untuk erosi tebing sungai, metode *bioengineering* yang paling umum digunakan adalah dengan menanam bambu, sedangkan untuk erosi pantai dengan bakau, na-

nas liar, nipah dan lain-lain. Namun demikian, penggunaan tanama-tanaman tersebut menunjukkan bebrapa kelemahan, misalnya:

- Bambu yang tumbuh berumpun-rumpun, tidak membuat baris pagar yang tertutup, sehingga air banjir akan terkonsentrasi mengalir pada gap antar rumpun, yang akan meningkatkan daya rusak air dan menyebabkan erosi makin banyak terjadi.
- Bambu hanya memiliki sistem akar yang dangkal (1-1.5 m), tidak sebanding dengan batang dan daunnya, sehingga rumpun bambu menambah beban pada tebing sungai tanpa mendukung stabilitas lereng.
- Bambu dengan sistem akar rumpunnya, menggrogoti tanah dibawahnya, menimbulkan erosi dan menciptakan kondisi sedemikian rupa sehingga kelongsoran lebih besar.
- Pohon bakau dapat membentuk zona penyangga (*buffer zone*), proteksi yang sangat baik untuk mengurangi daya/tenaga ombak sehingga mengurangi erosi pantai, tapi menumbuhkan bakau sulit dan lama karena biji sering dimakan oleh tikus, jadi berates-ratus hektar ditanam, hanya sebagian kecil yang tumbuh menjadi hutan.
- Pohon casuarinas dan nanas liar yang ditanam pada bukit-bukit pasir, tebing sungai dan lain-lain, berfungsi dengan baik untuk mengurangi daya/tenaga angin dan badai pasir tapi bukan aliran pasir Karena tidak membentuk garis pagar dan tidak mempunyai sistem akar yang dalam.

Rumput atau tumbuhan pendek lainnya walaupun cukup baik untuk proteksi lereng, tetapi tidak efektif daerah dengan curah hujan intensif dan pada tanah sangat erosif, kemudian digunakan pohon dengan jaringan akar yang dalam dan lebih kuat untuk mengatasi problem pergerakan massa tanah dangkal. Namun, diperlukan waktu 1-9 tahun sebelum pohon tumbuh dan berfungsi.

Dengan solusi *green/bioengineering* perlu pertimbangan yang tepat, berdasarkan iklim, tipe tanah dan biaya. Pada daerah dengan kondisi iklim panas, tanah cukup kuat dan kohesif, barangkali cukup hanya dengan ditutup rumput biasa sebagai proteksi lereng. Pada kondisi ekstrim, pada daerah lereng curam dan tanah sangat mudah erosi, hujan sangat berlimpah dan waktu masih memungkinkan (lereng yang baru dibentuk perlu segera ditangani), maka penanaman vetiver perlu dipertimbangkan.

Bambu sebagai material mempunyai kekuatan yang sangat tinggi terhadap beratnya, dengan kuat tarik (265-388 MPa) mendekati *mild steel* (480 MPa), namun bambu sebagai material bangunan mempunyai kelemahan yaitu keawetan yang kurang, sensitif terhadap *fungil*

jamur dan serangga jika tidak dilakukan perawatan dengan kimiawi serta tidak homogen (Agustin J, 2009).

3. RUMPU VETIVER

Vetiver (*Vetiveria zizanioides*), suatu tumbuhan yang digolongkan sebagai rumput tapi berperilaku seperti sifat-sifat pohon, maka dari itu dianjurkan sebagai alternatif yang lebih baik. Sebagai rekayasa konservasi tanah dan alat rekayasa biologi, penggunaan teknologi vetiver memerlukan pemahaman akan biologi, ilmu tanah dan juga prinsip-prinsip hidrolika dan hidrologi.

Teknologi vetiver mempunyai karakteristik yang berbeda-beda untuk berbagai aplikasi, akar yang dalam/panjang untuk stabilisasi tanah, susunan yang tebal dan rapat untuk menyalurkan air dan menahan sedimen dan sangat tahan terhadap bermacam-macam bahan kimiawi untuk rehabilitasi lahan (Agustin J, 2009).

Akar vetiver membantu memperkuat lapisan permukaan 0-2 m yang rawan menggelincir/merosot (Gambar 2).



Gambar 2. Mekanisme Stabilitas Lereng oleh Vetiver (Sumber: Agustin J, 2009)

4. CARA BEKERJA VETIVER

Vetiver berinteraksi dengan tanah setelah tumbuh, membentuk bahan komposit yang terdiri dari akar dengan kuat tarik yang tinggi dan melekat pada tanah yang kuat tariknya lebih kecil.

Akar vetiver ini memperkuat tanah dengan menyalurkan kuat geser (*shear stress*).

Pada saat jaringan akar yang massif dan padat terbentuk utuh, akan bekerja sebagai paku tanah (*soil nails*) seperti yang diharapkan dalam pekerjaan rekayasa sipil.

Dengan kemampuan menembus lapisan keras atau tanah bebatuan (*rock*), akar vetiver

bekerja analogis sebagai paku tanah yang hidup (*living soil nails*).

Vetiver dapat digunakan dalam pekerjaan sipil (Agustin J, 2009), mengingat: vetiver mempunyai kekuatan (*strength*) yang paling tinggi diantara semua jenis rumput; vetiver memberikan estetika lebih baik karena bisa berdampingan dengan tumbuhan asli lainnya; vetiver dapat hidup di tanah yang berpasir dan bersalinitas; baris pagar vetiver dapat menahan pengikisan dari aliran air (*scouring of water flow*) hasil dari badai hujan lebat sebesar 0,028 m³/det ; di tanah keras, akar vetiver hanya dapat mencapai 1 m, sedangkan pada tanah normal sampai 2-4 m; biaya penanganan dengan vetiver $\pm 1/6 - 1/8$ dari cara konvensional (*stone based engineering*) dan selain itu lebih baik estetika dan lansekapnya.

Layaknya barang hidup, tanaman perlu waktu untuk tumbuh, berkembang, dan mantap sebelum dapat berfungsi dan bahwa perlu pemeliharaan agar fungsinya dapat bertahan atau berkelanjutan.

Vetiver diklasifikasikan sebagai rumput tapi berperilaku seperti karakteristik pohon. Jaringan akar vetiver yang massif dan panjang (2-4m) dan sangat cepat tumbuh (4-6 bulan), lebih baik daripada berbagai pohon lainnya, yang normal membutuhkan 2-5 tahun agar efektif.

Vetiver bukan pengganti bangunan struktur tapi lebih baik sebagai pendukung. Pada kondisi ekstrem dan kritis, bangunan struktural dapat dikombinasikan dengan vetiver.

5. KARAKTERISTIK TEKSIS RUMPUT VETIVER

Kuat tarik dan kuat geser

Akar vetiver dengan kuat tarik tinggi yang berinteraksi dengan tanah akan membentuk komposit. Akar vetiver memperkuat tanah dengan memindahkan tegangan geser dalam matriks tanah ke tegangan tarik. Dengan kata lain, kuat geser tanah diperbesar oleh matriks akar.

Telah disebutkan bahwa akar vetiver mempunyai kuat tarik rata-rata cukup tinggi yaitu 75 Mpa atau $\pm 1/6$ dari kuat baja lunak (*mild steel*). Jaringan akar yang padat dan massif akan bekerja serempak, mirip *soil nailing*, dengan daya penetrasi menembus lapisan keras atau bebatu, akar ini layaknya *soil nail* yang hidup.

Ketika jaringan akar dibawah yang rapat menyediakan peningkatan kuat geser yang menghasilkan peningkatan stabilitas lereng, bagian atasnya, atau batang yang kaku berfungsi seperti penghalang hidup menahan lumpur/sedimen dalam proses pengendalian erosi. Dengan tingkat pertumbuhan yang cepat, dapat membentuk pagar yang rapat jika ditanam berpola. Kemampuan dari baris pagar vetiver sedemiki-

an rupa sehingga tidak menyebabkan tertimbun dan mati. Dari studi diketahui bahwa kemampuan menahan lumpur adalah 6-35 kali > dari rumput atau tanaman lainnya (Agustin J, 2009).

Penetrasi akar dari pagar vetiver dengan jarak tanam ± 15 cm dapat meningkatkan kuat geser tanah pada daerah sekitarnya sebesar 50 cm sebesar 90% pada kedalaman 0,25 cm. Peningkatan 39% pada kedalaman 0,5 m dan perlahan-lahan menurun 12,5% pada kedalaman 1m (Agustin J, 2009).

Kemampuan penetrasi akar vetiver cukup besar, melalui lapisan yang keras atau lapisan berbatuan (dengan titik-titik lunak), dan bekerja sebagai paku tanah (*soil nails*) atau pasak (*dowel*) pada kedalaman 2-3 m seperti umumnya digunakan dalam pendekatan pekerjaan rekayasa stabilisasi lereng (Agustin J, 2009).

Tekanan air pori

Peningkatan infiltrasi air mempunyai pengaruh besar pada penutup vegetasi pada lahan berlereng dan memerlukan perhatian karena air yang berlebihan akan meningkatkan tekanan air pori dalam tanah yang dapat menyebabkan ketidakstabilan.

Peningkatan kadar air tanah dapat dikurangi jika vetiver dapat ditanam pada garis kontur sehingga dapat menahan dan menyebarkan air larian pada lereng. Akan tetapi efek ini perlu diimbangi dengan tingkat pengurangan air tanah yang lebih besar yang disebabkan oleh pertumbuhan yang cepat dan sistem perakaran yang sangat intensif dari tanaman vetiver.

Pengurangan air tanah dapat menurunkan kadar air tanah sampai dengan 1,5 m dari pagar vetiver sehingga memperendah tekanan air pori dan meningkatkan infiltrasi pada daerah tersebut yang dapat menyebabkan pengurangan air larian dan derajat erosi (Agustin J, 2009).

Karakteristik hidrolis

Vetiver yang ditanam berbaris, akan membentuk pagar yang tebal dan dengan batang yang kaku dapat berdiri sampai 0,6 m membentuk penghalang/peredam hidup yang memperlambat dan menyebarkan air larian.

Dengan bentuk pagar yang diletakkan dengan tepat, vetiver dapat bekerja sebagai struktur yang sangat efektif menyebarkan dan menyalurkan air larian untuk menstabilkan daerah atau sebagian saluran yang tepat ke pembuangan yang aman.

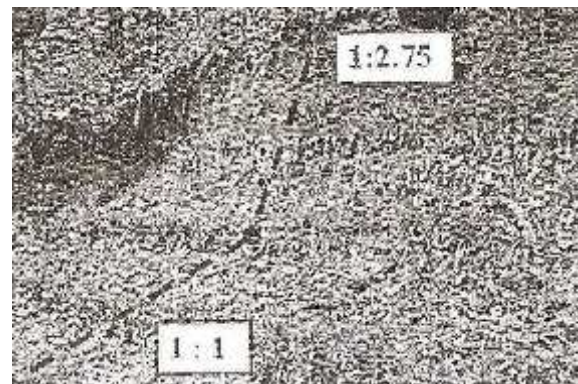
Perpaduan sistem perakaran yang dalam dan ketebalan pagar vetiver, akan melindungi ambang dan tepi aliran sungai pada saat banjir. Akar yang dalam untuk mencegah terhanyut, sedangkan bagian atas yang tumbuh tebal akan mengurangi kecepatan aliran dan daya erosi. Pagar vetiver dapat dirancang dan diletakkan

sedemikian rupa agar dapat mengarahkan aliran air ke tempat yang tepat dan dapat bertahan terhadap daya *scouring* (abrasi) aliran air $0,028\text{m}^3/\text{det}$ (Agustin J, 2009).

5. DESAIN PENANAMAN

Pengaruh kelandaian lereng

Vetiver dapat tumbuh dengan baik pada lereng dengan kelandaian $< 1:1,75$ (H:V) atau $\pm 60^\circ$ dan tidak bagus pada kelandaian $> 1:2,75$ (H:V) atau $\pm 70^\circ$ (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh kelandaian lereng
Sumber: Agustin J, 2009.

Standar penanaman

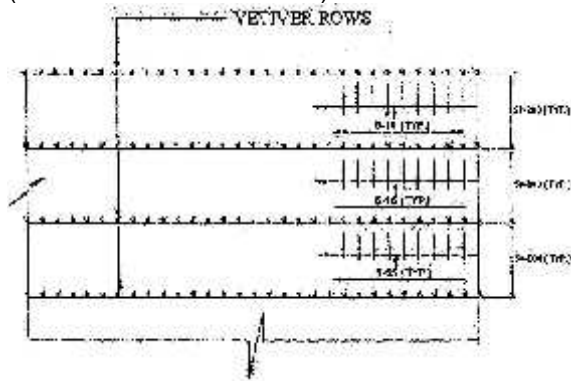
Setelah lereng didesain (dengan pertimbangan geoteknik) dengan faktor keamanan, proteksi lereng perlu diterapkan agar dapat menjaga stabilitas lereng dalam jangka panjang, khususnya pada daerah dengan curah hujan tinggi dan penutup tanah yang mudah erosi. Dengan desain yang baik, kualitas bahan tanah yang memenuhi spesifikasi, teknik penanaman dan pemeliharaan yang benar, diharapkan hasil yang baik akan tercapai sesuai dengan potensi tanaman.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain vetiver untuk lereng hasil galian dan hasil timbunan.

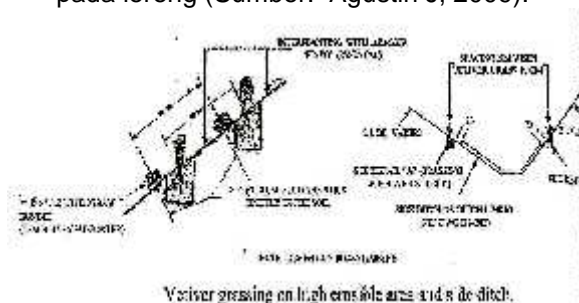
- ⇒ Kemiringan lereng $\leq 45^\circ$ khusus untuk tanah yang mudah erosi dan untuk daerah yang curah hujannya tinggi.
- ⇒ Penampang melintang lereng berupa baris mengikuti kontur, dengan jarak vertikal 0,5-2,0 m diukur kebawah lereng, jarak 0,5 – 1,0 m vertikal digunakan untuk tanah yang mudah erosi dengan jarak slip/rumpun 5-10 cm dan 1,0 – 2,0 m untuk tanah yang lebih stabil dengan jarak slip/rumpun 10-15 cm (Gambar 4).

Sementara dalam proses penanaman, diperkuat dengan kayu/bambu yang dipasang dibelakang baris vetiver untuk penyangga sementara dan memperlambat air larian. Sebagai con-

toh bahan perkuatan tersebut adalah batang kayu ukuran (150cm x 3 cm x 7,5 cm) yang dipancang kedalam lereng dengan interval kontur 60 cm kemudian antar tiang dirajut dengan potongan bambu. Dibelakang bambu tersebut ditanam vetiver untuk menciptakan baris pagar dengan bantuan batang kayu dan bambu tersebut. (Gambar 5 dan Gambar 6).



Gambar 4. Rancangan penanaman vetiver pada lereng (Sumber: Agustin J, 2009).



Gambar 5. Contoh penanaman vetiver pada lereng sangat erosif dan pada saluran drainase. Sumber: Panduan Penanaman Rumput Vetiver sebagai Penahan Erosi pada Konstruksi Jalan (Interim), 2009.

Sebagai acuan melaksanakan penanaman vetiver merfer pada, Direktorat Bina Teknik, Spesifikasi Khusus Interim Seksi 8.9 (SKh.1-8.9): Pengembalian Kondisi Galian, Timbunan dengan Rumput Vetiver Sistem (VS), 2008 dan Panduan Penanaman Rumput Vetiver sebagai Penahan Erosi pada Konstruksi Jalan (Interim), 2009. Detail A diperlihatkan pada Gambar 7.

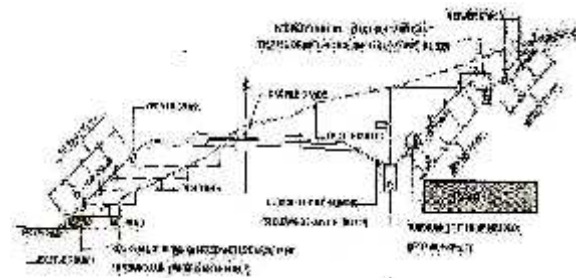
Apabila bahu jalan tidak diperkeras, baris pertama ditanam pada ujung atas lereng timbunan, baris ini perlu ditanam pada semua timbunan yang tingginya > 1,5 m.

Apabila bahu jalan diperkeras atau terletak ditikungan, baris pertama ditanam pada 1,0 -0,5 m dari ujung atas lereng timbunan untuk mencegah gangguan terhadap sight distance.

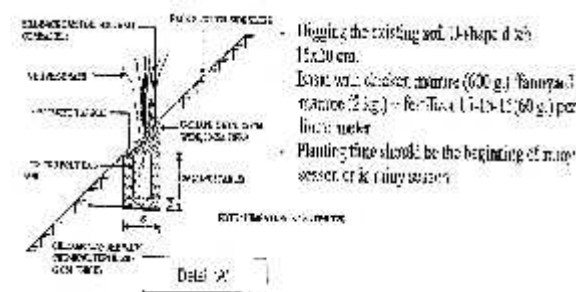
Baris paling bawah ditanam pada kaki lereng timbunan atau galian sepanjang sisi saluran drainase (sebelum saluaran)

Di antara baris atas dan bawah, vetiver ditanam pada jarak vertikal seperti disebutkan diatas.

Terasering dengan lebar 1-3 m dianjurkan untuk setiap interval vertikal 5-8 m, pada lereng yang tingginya > 10 m. Perlu dibuat drainase, yang diperlukan untuk membuang kelebihan air larian

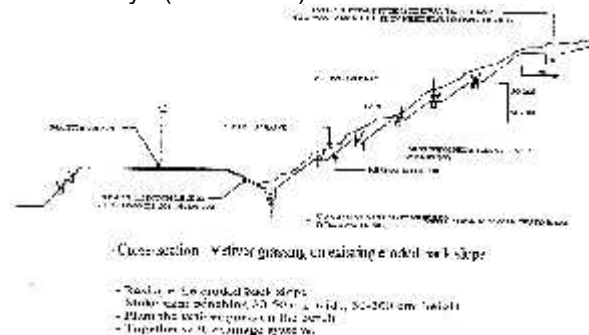


Gambar 6. Contoh Standar Drawing-Vetiver Drass Planting for Higways Slope Protection Sumber: Panduan Penanaman Rumput Vetiver sebagai Penahan Erosi pada Konstruksi Jalan (Interim), 2009.



Gambar 7. Detail A dari Gambar 6.

Untuk lereng galian erosif, lereng dibentuk lagi, kemudian buatlah teras mini (mini benching) 50 cm pada setiap ketinggian 50 -150 cm untuk penanaman vetiver serta dibuat sistem drainasenya (Gambar 8.)



Gambar 8. Penampang penanaman vetiver pada lereng yang erosif.

Untuk desain mitigasi banjir dan proteksi pantai, tebing sungai, tanggul dan bangunan penahan air yang tidak stabil, perlu diperhatikan hal-hal berikut ini:

- o Kemiringan tebing sebaiknya <= 1(V):1,5(H)
- o sedangkan untuk tanggul pantai dianjurkan (1(V):3(H) sampai 1(V):4(H)

Untuk lereng diatas muka air tertinggi sungai, kanal dan arus, spesifikasi untuk galian dan timbunan, seperti disebutkan diatas dapat digunakan.

Untuk lereng dibawah muka air tertinggi sungai, kanal dan arus, vetiver sebaiknya ditanam dalam dua arah.

- o Untuk stabilisasi tebing, vetiver ditanam dalam baris, parallel dalam arah aliran air (horisontal), pada garis kontur berjarak 0,8-1,0 m (diukur kebawah tebing)
- o Untuk mengurangi kecepatan aliran, vetiver ditanam dalam baris, tegak lurus aliran air dengan jarak antar baris 2,0 m untuk tanah yang erosi dan 4,0 m untuk tanah yang stabil (sebagai tambahan proteksi, jarak antar baris 1,0 m dianjurkan untuk sungai dan kanal sering terkena banjir dadakan)

Baris horizontal pertama ditanam pada puncak tebing dan baris terakhir ditanam pada tana air rendah pada tebing, sebagai catatan: karena muka air pada beberapa lokasi berubah-ubah sesuai musim, vetiver dapat ditanam sejauh mungkin dibawah pada tebing pada saat yang memungkinkan.

Vetiver ditanam pada kontur disepanjang tebing di antara baris-baris puncak dan bawah dengan jarak seperti spesifikasi diatas.

Karena muka air tinggi, baris-baris bawah tumbuh lebih pelan/lama daripada baris atasnya, dalam beberapa hal baris-baris bawah sebaiknya ditanam pada saat tanah paling kering, sedangkan pada muara yang mengalami pasang surut, air lebih asin pada saat-saat tertentu dalam satu tahun, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan vetiver pada baris bawah, dalam hal ini varietas yang lebih tahan terhadap garam, seperti bakau dapat digunakan sebagai pengganti vetiver.

Karena vetiver memerlukan waktu untuk tumbuh, sehingga tidak langsung dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan dalam desain, adakalanya perlu dipertimbangkan untuk menggunakan semacam bahan-bahan alami atau sintesis untuk menutup lereng yang terbuka, sebelum vetiver berfungsi. Bahan alami atau sintesis (misalnya *geofabric*, *fibrimat*, dan lain-lain yang berfungsi untuk: menyerap dampak tetapan hujan, membantu menjaga kelembaban, menjaga ikatan bibit dengan tanah, berfungsi sebagai penahan/dam bibit dan tanahnya dan mengurangi air larian.

6. PENUTUP

Kesimpulan

- o Vetiver mempunyai kekuatan (*strength*) yang paling tinggi diantara semua jenis rumput.
- o Vetiver memberikan estetika lebih baik karena bisa berdampingan dengan tumbuhan asli lainnya.
- o Vetiver dapat hidup di tanah yang berpasir dan bersalinitas.

- o Baris pagar vetiver dapat menahan pengikisan dari aliran air (*scouring of water flow*) hasil dari badai hujan lebat sebesar 0,028 m³/det.
- o Di tanah keras, akar vetiver hanya dapat mencapai 1 m, sedangkan pada tanah normal sampai 2-4 m.
- o Biaya penanganan dengan vetiver $\pm 1/6 - 1/8$ dari cara konvensional (*stone based engineering*) dan selain itu lebih baik estetika dan lansekapnya.
- o Layaknya barang hidup, tanaman perlu waktu untuk tumbuh, berkembang, dan mantap sebelum dapat berfungsi dan bahwa perlu pemeliharaan agar fungsinya dapat bertahan atau berkelanjutan.
- o Vetiver diklasifikasikan sebagai rumput tapi berperilaku seperti karakteristik pohon.
- o Jaringan akar vetiver yang massif dan panjang (2-4m) dan sangat cepat tumbuh (4-6 bulan), lebih baik daripada berbagai pohon lainnya, yang normal membutuhkan 2-5 tahun agar efektif.
- o Vetiver bukan pengganti bangunan struktur tapi lebih baik sebagai pendukung. Pada kondisi ekstrem dan kritis, bangunan struktural dapat dikombinasikan dengan vetiver.
- o Vetiver mempunyai manfaat sebagai stabilisasi *bioengineering* untuk menstabilkan tebing sungai, kanal irigasi, pengendalian erosi sungai dan tanggul pantai, lereng galian dan timbunan pada jalan raya, bukit pasir, erosi pada lahan pertanian yang berlereng.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Agustin J, 2009, *Vetiver untuk Pengendalian Erosi dan Stabilita Lereng*, Subdit Teknik Lingkungan, Direktorat Bina Teknik, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
2. Bowles, J.E., & Hainim J.K. 1984, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*, Erlangga,
3. Departemen Pekerjaan Umum, 2009, *Panduan Penanaman Rumput Vetiver sebagai Penahan Erosi pada Konstruksi Jalan (Interim)*, Direktorat Bina Teknik.Jakarta.
4. Departemen Pekerjaan Umum, 2008, *Spesifikasi Khusus Interim Seksi 8.9 (SKh .1-8.9)*, Direktorat Bina Teknik. Jakarta.
5. Hardiyanto, H.C, 2007, *Mekanika Tanah II*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
6. Sastiawan, 2007, Penggunaan vegetasi (rumput gajah) dalam menjaga kestabilan tanah terhadap kelongsoran, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, volume 11 No.1, Januari 2007*, Universitas Udayana Denpasar, Bali.