

PENERAPAN SISTEM VETIVER

BUKU PANDUAN TEKNIS

EDISI BAHASA INDONESIA



**PAUL TRUONG, TRAN TAN VAN, ELISE PINNERS DAN
DAVID BOOTH**

**Sistem Vetiver:
Solusi yang Telah Terbukti dan Ramah Lingkungan**

Panduan ini didedikasikan untuk mengenang mending

Diti Hengchaovanich

Insinyur Geoteknik dari Thailand

Beliau memelopori penggunaan Vetiver dalam skala luas untuk stabilisasi jalan raya, dan beberapa tahun menjadi kontributor berharga bagi The Vetiver Network International. Diti akan selalu diingat jasanya oleh banyak orang.



Edisi Bahasa Indonesia 2011

Diterbitkan oleh The Indonesian Vetiver Network

Cover oleh Tri Budiyo, East Bali Poverty Project

PEMBUKAAN

SISTEM VETIVER SOLUSI YANG TELAH TERBUKTI DAN RAMAH LINGKUNGAN

Beberapa tumbuhan memiliki kegunaan yang beraneka ragam, ramah lingkungan, efektif dan mudah dipelihara seperti rumput Vetiver. Beberapa jenis tanaman yang telah dikenal dan didayagunakan secara diam-diam selama berabad-abad telah dengan cepat diperkenalkan dan digunakan secara mendunia dalam 20 tahun terakhir sebagaimana rumput Vetiver. Hanya sedikit tumbuhan yang diidolakan sebagai Rumput Ajaib yang mampu menciptakan tembok hidup, lajur penyaring hidup, dan penguatan 'paku hidup'

The Vetiver System (VS), sistem Vetiver, tergantung pada tanaman tropis yang unik, Rumput Vetiver - *Vetiveria zizanioides*, yang baru-baru ini diklasifikasikan sebagai *Chrysopogon zizanioides*. Tumbuhan ini dapat ditanam di iklim dan tanah yang sangat berbeda-beda, dan jika ditanam dengan benar mampu hidup di iklim tropis, semi tropis, dan Mediterranean. Rumput ini mempunyai karakteristik yang benar-benar unik sebagai sebuah spesies tunjangan. Rumput Vetiver, ketika ditanam sebagai pagar dalam bentuk tanaman pagar sempit swalestari, menunjukkan ciri khas khusus yang penting dalam berbagai penerapan Sistem Vetiver.

Spesies *Chrysopogon zizanioides*, yang telah direkomendasikan selama hampir 100 tahun untuk aplikasi VS berasal dari India selatan, adalah steril, tidak menyerang tanaman lain, dan harus dikembangbiakkan melalui penanaman rumpun. Umumnya penggandaan tanaman secara cabutan lebih disukai. Tingkat perkembangannya bermacam-macam tetapi umumnya, di kebun pembibitan sekitar 1:30 sesudah 3 bulan. Rumpun dibagi dalam *slip* yang masing-masing terdiri dari 3 anakan, dan biasanya ditanam dengan jarak 15cm pada kontur agar ketika sudah tumbuh tinggi menciptakan rentangan rumput kuat yang berfungsi sebagai penyangga, menyebarkan air kebawah, dan penyaring bagi sedimen. Pagar yang bagus akan mengurangi erosi hujan sebanyak 70% dan sedimen sebanyak 90%. Tanaman pagarnya akan bertahan tetapi sedimen yang menyebar pelan-pelan akan membentuk teras yang kuat dengan perlindungan Vetiver. Ini adalah teknologi yang murah dan lebih memanfaatkan pekerja dengan sedikit teknologi, dengan manfaat besar yaitu: rasio biaya. Ketika digunakan untuk perlindungan pekerjaan sipil biayanya sekitar 1/20 dari sistem dan desain rancang bangun tradisional. Para insinyur menyukai akar Vetiver sebagai "Paku Tanah yang Hidup" dengan kekuatan rata-rata 1/6 dari baja ringan.

Rumput Vetiver bisa secara langsung dapat memberikan pendapatan sebagai produk pertanian, atau bisa digunakan untuk melindungi lembah sungai dan DAS (Daerah Aliran Sungai) untuk melawan kerusakan alam, khususnya masalah lingkungan

berkenaan dengan: 1. arus sedimen dan 2. kelebihan unsur hara, logam berat, dan pestisida dalam limbah cair (lesapan) dari sumber beracun. Keduanya terkait erat.

Hasil dari sejumlah uji coba dan penggunaan massal Vetiver 20 tahun terakhir di banyak negara juga menunjukkan bahwa rumput ini efektif untuk mengurangi bencana (banjir, tanah longsor, longsor tembok penahan jalan, tepian sungai, kanal irigasi dan abrasi pantai, ketidakstabilan tembok penadah air dsb.), perlindungan lingkungan (pengurangan kontaminasi tanah dan air, penetralan limbah cair dan padat, peningkatan kualitas tanah dsb.), dan banyak kegunaan lainnya.

Seluruh penerapan diatas mampu secara langsung ataupun tidak langsung berdampak terhadap kemiskinan suatu daerah baik melalui perlindungan atau rehabilitasi lahan pertanian, memberikan retensi kelembaban yang lebih baik dan penyediaan pendapatan usaha tani langsung atau tidak langsung dengan melindungi infrastruktur pedesaan.

Sistem Vetiver bisa digunakan oleh hampir semua sektor terkait dengan pengembangan daerah pedesaan dan masyarakat; penggunaannya harus dimasukkan ke dalam rencana pembangunan untuk masyarakat, kecamatan atau wilayah.. Jika semua sektor menggunakannya maka bisa muncul kesempatan bagi produsen rumput Vetiver, baik skala besar maupun kecil yang terkait dengan VS sebagai sumber pendapatan apakah sebagai produsen bibit, pekerja lansekap untuk stabilisasi lereng atau keperluan lainnya atau menjual Vetiver sebagai produk seperti kerajinan, mulsa, ilalang, makanan ternak dsb. Karenanya ini adalah teknologi yang mampu menjadi awal bagi jalan keluar dari kemiskinan untuk setiap segmen masyarakat. Teknologi ini ada di ranah umum dan informasi bisa didapat dengan gratis.

Namun potensi penggunaan Vetiver masih besar dan penyuluhan tentang penerapannya perlu disediakan untuk publik. Selebihnya masih ada keengganan, pertimbangan, bahkan keraguan tentang nilai dan keefektifan dari rumput Vetiver. Dalam banyak kasus kegagalan penggunaan Vetiver dikarenakan ketidaktahuan atau penerapan yang salah, bukan sistem Vetivernya.

Buku panduan ini luas, rinci dan praktis. Buku ini menggambarkan penerapan Vetiver di Vietnam dan di beberapa tempat lain di dunia. Rekomendasi teknis dan pengamatannya berdasar situasi, masalah, dan solusi nyata. Panduan ini diharapkan digunakan secara meluas bagi masyarakat yang menggunakan dan mempromosikan Sistem Vetiver, dan kami harap buku ini akan diterjemahkan kedalam banyak Bahasa. Kami berterimakasih terhadap penulis karena telah melakukannya dengan sangat baik.

Panduan ini pertama kali ditulis dalam Bahasa Vietnam dan Bahasa Inggris, tetapi

kesempatan pertama adalah mencetak dalam versi Vietnam; kedua versi tersebut sekarang sedang diterbitkan. Ada komitmen untuk menerjemahkan kedalam Bahasa China, Prancis dan Spanyol dalam waktu dekat.

Dick Grimshaw,

Pendiri dan Ketua The Vetiver Network International.

PENERAPAN SISTEM VETIVER BUKU PEGANGAN TEKNIS

Berdasarkan review dari banyak sekali penelitian dan hasil penerapan rumput Vetiver, penulis merasa sudah waktunya menyusun versi baru untuk menggantikan buku pegangan pertama yang diterbitkan oleh World Bank (1987), *Vetiver Grass - A Hedge Against Erosion*, Pagar Hidup Penahan Erosi, (umumnya dikenal sebagai the Green Book atau Buku Hijau), disiapkan oleh John Greenfield. Buku panduan baru akan mencakup lingkup penerapan rumput Vetiver yang lebih besar. Penulis telah bertukar pikiran dan menerima dukungan yang antusias dari The Vetiver Network International - TVNI. Edisi berbahasa Vietnam dan Inggris akan dicetak terlebih dahulu.

Buku pegangan ini mengkombinasikan penerapan VS untuk stabilisasi tanah dan perlindungan infrastruktur, pembuangan dan pengolahan terhadap sampah dan air yang terpolusi dan rehabilitasi serta fitoremediasi dari tanah yang terkontaminasi. Sebagaimana Green Book, panduan ini menunjukkan dasar dan metode dari berbagai penerapan VS untuk penggunaan sebagaimana disebutkan diatas. Panduan ini juga mencakup hasil paling baru dari R&D (penelitian dan pengembangan) untuk penerapan dan sejumlah contoh dari hasil-hasil yang sangat sukses di penjuru dunia. Tujuan utama dari manual ini adalah mengenalkan VS kepada perencana dan insinyur desain serta pengguna lain, yang sering tidak menyadari keefektifan dari metode bioteknologi dan fitoremediasi.

Paul Truong, David Booth, Tran Tan Van and Elise Pinnars,

Penulis

PENULIS

Dr Paul Truong

Direktur dari The Vetiver Network International, bertanggungjawab untuk wilayah Asia dan Pasifik, dan Direktur dari Veticon Consulting. 18 tahun terakhir beliau telah melakukan banyak penelitian dan pengembangan serta penerapan Sistem Vetiver untuk perlindungan lingkungan. Penelitian beliau, sebagai pelopor, tentang toleransi rumput Vetiver terhadap lingkungan yang beragam, toleransi terhadap logam berat dan kendali polusi menjadi tonggak penerapan aplikasi VS untuk

sampah beracun, rehabilitasi tambang dan limbah cair, dimana beliau telah memenangkan beberapa penghargaan World Bank dan The King of Thailand.

Dr Tran Tan Van

Koordinator Vetiver Network Vietnam (VNVN), Jaringan Vetiver di Vietnam, sebagai Wakil Presiden dari Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources (VIGMR), Institut Vietnam untuk Geo Sains dan Sumber Mineral. Beliau bertanggung jawab untuk merekomendasikan mitigasi bencana alam.

Sejak dikenalkannya Sistem Vetiver 6 tahun lalu, beliau telah menjadi bukan hanya ahli yang unggul tentang Vetiver System tetapi juga pemimpin strategis sebagai koordinator dari Vetiver Network in Vietnam (VNVN). 6 tahun ini beliau telah mengadopsi Vetiver System di Vietnam di hampir 40% wilayah dari 64 provinsi, yang digalakkan oleh menteri yang berbeda-beda, LSM, dan perusahaan. Perkenalan beliau terhadap Sistem Vetiver diawali dengan stabilisasi bukit pasir di tepian pantai, dan sekarang mencakup mitigasi kerusakan banjir di tepian sungai dan pantai, tanggul laut, tanggul anti-salinitas dan tanggul sungai, perlindungan lereng dan jalan dari erosi dan tanah longsor, dan aplikasi untuk mitigasi tanah dan polusi air. Beliau dianugerahi penghargaan prestisius **Vetiver Champion** oleh The Vetiver Network International tahun 2006 di Fourth International Vetiver Conference, Konferensi Vetiver Internasional IV di Caracas, Venezuela.

Ir. Elise Pinners

Associate Director dari The Vetiver Network International, Jaringan Vetiver Internasional, yang telah memulai bekerja dengan Sistem Vetiver di NW Cameroon pada awal tahun 90, bekerja di proyek pertanian dan jalan pedalaman. Sejak kedatangannya di Vietnam tahun 2001, sebagai penasehat untuk VNVN beliau berperan terhadap pengembangan dan promosi dari VNVN baik di Vietnam maupun di dunia Internasional, dengan saran untuk organisasi, dukungan keuangan, dan dengan mengenalkan VS kepada para insinyur pesisir Belanda yang ternama. Beliau berpartisipasi dalam implementasi proyek VTVN yang pertama, didanai oleh Royal Netherlands Embassy, untuk stabilisasi bukit pasir daerah pesisir dan penerapan lain di Quang Binh dan Da Nang di Hanoi. Berpindah ke Kenya ketika musim panas 2007, beliau ingin melanjutkan kontribusinya untuk memperkenalkan dan mengembangkan Sistem Vetiver.

David Booth MBE

Koordinator Indonesia Vetiver Network (IDVN) serta Pendiri dan CEO dari Yayasan Ekoturin East Bali Poverty Project (EBPP). Pada tahun 1998, setelah mendirikan EBPP sebagai kemitraan dengan desa pegunungan yang paling miskin di Bali, ia mengidentifikasi rumput Vetiver sebagai satu-satunya solusi permanen untuk menstabilkan jalan tanah dan lereng gunung berjenis abu vulkanik untuk memulai pembangunan sosial dan ekonomi yang berkelanjutan bagi 19 desa adat yang tersebar di 7.200 ha lahan kering, dengan tidak ada sungai atau aliran irigasi.

Sistem Vetiver segera diterapkan untuk melindungi rumah-rumah di lereng bukit, gedung sekolah baru, mata air pegunungan yang terpencil dan menjadi unsur integral dari pendidikan di sekolah dan masyarakat. Diseminasi yang efektif oleh IDVN tentang Sistem Vetiver di seluruh Indonesia menghasilkan penerapan vetiver secara luas yang memberi manfaat bagi masyarakat, pantai, pelestarian terumbu karang, LSM nasional dan internasional, pertambangan dan industri lainnya. Pada tahun 2003, ia dianugerahi First Prize untuk “Innovative Use in Asia” pada Konferensi Internasional Vetiver Ketiga di Guangzhou, Cina. Pada tahun 2006 The International Network Vetiver diberikan kepadanya Class I Certification of Technical Excellence dan pada tahun 2011, IDVN dianugerahi Class I Certificate of Technical Excellence.

Meskipun keempat penulis berperan dalam menulis dan menyunting keseluruhan 6 bab dari buku panduan ini, penulis utama adalah sebagai berikut:

- Bab 1, 2 dan 4: Paul Truong
- Bab 3: Tran Tan Van
- Bab 5: Elise Pinnars
- Bab 6: David Booth

UCAPAN TERIMAKASIH

IDVN mengucapkan terima kasih kepada Roley Noffke dari Afrika Selatan atas kedermawanannya dalam mensponsori penerbitan buku dalam edisi Bahasa Indonesia ini.

The Vetiver Network Vietnam mengucapkan terimakasih terhadap kedutaan Royal Netherlands karena telah mensponsori persiapan dan penerbitan panduan ini. VNVN juga berterimakasih terhadap Hanoi Water Resource University untuk dukungannya terhadap penerbitan dan promosi edisi berbahasa Vietnam

Sebagian besar R&D yang bekerja di Vietnam melaporkan bahwa panduan ini telah menerima dana dari Donner Foundation, Wallace Genetic Foundation of USA, Ambertone Trust dari United Kingdom, pemerintah Denmark, Kedutaan Royal Netherlands, dan The Vetiver Network International. Kami sangat berterimakasih atas dukungannya.

VNVN sangat menghargai dukungan dari Can Tho University, khususnya Professor, Rektor Le Quang Minh, Ho chi Minh City Agro-Forestry University, Kementrian Sumberdaya Alam dan Lingkungan dan khususnya Vietnam Union of Science and Technological Associations (VUSTA), yang telah mengorganisir penilaian untuk buku pegangan berbahasa Vietnam.

VNVN tak lupa menghargai dukungan yang antusias dari seluruh ahli Vetiver di seluruh propinsi.

Bahan-bahan yang digunakan di buku panduan ini tidak hanya diambil dari hasil kerja R&D penulis tetapi juga rekan Vetiver di penjuru dunia, khususnya dari Vietnam beberapa tahun terakhir. Para penulis berterimakasih atas kontribusi dari:

1. **Australia:** Cameron Smeal, Ian Percy, Ralph Ash, Frank Mason, Barbara and Ron Hart, Errol Copley, Bruce Carey, Darryl Evans, Clive Knowles-Jackson, Bill Steentsma, Jim Klein and Peter Pearce
2. **Cina:** Liyu Xu, Hanping Xia, Liao Xindi, Wensheng Shu
3. **Kongo:** (DRC) Dale Rachmeler, Alain Ndona
4. **India:** L. Haridas
5. **Indonesia:** David Booth
6. **Laos:** Werner Stur
7. **Mali, Senegal and Maroko:** Criss Juliard
8. **Belanda:** Henk-Jan Verhagen
9. **Filipina:** Eddie Balbarino, Noah Manarang

10. **Afrika Selatan:** Roley Nofke, Johnnie van den Berg
11. **Taiwan:** Yue Wen Wang
12. **Thailand:** Narong Chomchalow, Diti Hengchaovanich, Surapol Sanguankaeo, Suwanna Parisi, Reinhardt Howeler, Department of Land Development, Royal Project Development Board
13. **The Vetiver Network International:** Dick Grimshaw, John Greenfield, Dale Rachmeler, Criss Juliard, Mike Pease, Joan and Jim Smyle, Mark Dafforn, Bob Adams.
14. **Vietnam:**
 - Agriculture Extension Center, Department of Agriculture and Rural Development, Quang Ngai Province: Vo Thanh Thuy;
 - Can Tho University: Le Viet Dung, Luu Thai Danh, Le Van Be, Nguyen Van Mi, Le Thanh Phong, Duong Minh, Le Van Hon;
 - Ho Chi Minh City Agro-forestry University: Pham Hong Duc Phuoc, Le Van Du;
 - Kellogg Brown Root (KBR), kontraktor utama proyek mitigasi bencana alam yang didanai oleh the AusAID di Quang Ngai province: Ian Sobey;
 - Thien Sinh and Thien An Co. Ltd, kontraktor utama untuk penanaman rumput Vetiver di sepanjang Ho Chi Minh Highway: Tran Ngoc Lam and Nguyen Tuan An.

Penulis juga berterimakasih terhadap Mary Wilkowski (Hawaii VN), John Greenfield dan Dick Grimshaw untuk penyuntingan edisi berbahasa Inggris.

ISI BUKU PANDUAN

Buku panduan ini memiliki enam bagian. Meskipun memungkinkan untuk menggunakan hanya satu bagian untuk penerapan tertentu, sangat dianjurkan untuk **selalu melihat kembali Bagian 1** karena bagian-bagian lain sering mengacu pada ciri-ciri khas Vetiver, yang bertalian dengan aplikasi yang berbeda. Dalam banyak kasus, **Bagian 2** akan berguna untuk digunakan.

- Bagian 1: Tumbuhan Vetiver
- Bagian 2: Cara Untuk Mengembangbiakan Vetiver
- Bagian 3: Sistem Vetiver untuk mitigasi bencana dan perlindungan lingkungan
- Bagian 4: Sistem Vetiver untuk pencegahan dan pengolahan terhadap air dan tanah yang terkontaminasi.
- Bagian 5: Sistem Vetiver untuk pengendalian erosi pada tanah pertanian dan kegunaan yang lain.
- Bagian 6: Penerapan Sistem Vetiver di Indonesia

BAGIAN 1

TUMBUHAN VETIVER

ISI DARI BAGIAN 1

DAFTAR FOTO, GAMBAR, DAN TABEL

1. PERKENALAN	10
2. CIRI-CIRI KHAS RUMPUT VETIVER.....	10
2.1 Ciri Morfologis	11
2.2 Ciri Fisiologis.....	12
2.3 Ciri Ekologis	13
2.4 Toleransi rumput Vetiver terhadap cuaca dingin.....	14
2.5 Ringkasan lingkup kemampuan menyesuaikan diri	15
2.6 Ciri genetik.....	16
2.7 Potensi munculnya rumput liar	19
3. KESIMPULAN	
4. REFERENSI	

1. PERKENALAN

Sistem Vetiver (VS), yang berdasarkan penerapan rumput Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L Nash, sekarang diklasifikasikan kembali sebagai *Chrysopogon zizanioides* L Roberty), pertama kali dikembangkan oleh Bank Dunia untuk konservasi tanah dan air di India pada pertengahan tahun 1980. Meskipun penerapannya masih memegang peranan penting dalam pengaturan tanah pertanian, penelitian dan pengembangan (R&D) yang dilaksanakan 20 tahun terakhir jelas-jelas menunjukkan, karena adanya ciri-ciri yang mengagumkan dari rumput Vetiver, VS sekarang digunakan sebagai teknik bioteknologi untuk stabilisasi lereng curam, pembuangan limbah cair, fitoremediasi dari tanah dan air yang terkontaminasi, dan tujuan perlindungan lingkungan yang lain.

Apa yang Sistem Vetiver lakukan dan bagaimana cara kerjanya?

VS adalah cara konservasi tanah dan air, kendali sedimen, stabilisasi tanah dan rehabilitasi serta fitoremediasi yang sangat sederhana, praktis, mudah pelaksanaannya, dan sangat efektif. Karena vegetatif, VS tentu saja ramah lingkungan.

Ketika ditanam pada satu deretan, tumbuhan Vetiver akan membentuk tanaman pagar yang sangat efektif untuk memperlambat dan menyebarkan limpasan air, mengurangi erosi tanah, mempertahankan kelembaban tanah dan memerangkap sedimen serta zat-zat kimia pertanian. Meskipun tanaman pagar manapun bisa melakukannya, rumput Vetiver, karena keajaibannya dan ciri morfologis dan fisiologis uniknya, sebagaimana disebutkan dibawah, bisa melakukannya dengan lebih baik dibanding sistem lain yang telah diuji coba.

Selebihnya, akar Vetiver yang sangat dalam dan masif mengikat tanah dan pada saat yang sama membuatnya sangat sulit untuk dihanyutkan oleh arus yang sangat deras. Akarnya yang dalam sekali dan cepat tumbuh juga membuat Vetiver sangat toleran terhadap kekeringan dan sangat cocok untuk stabilisasi lereng curam.

2. KARAKTERISTIK KHUSUS DARI RUMPUT VETIVER

2.1 Karakteristik Morfologis

- Rumput Vetiver tidak memiliki geragih ataupun rimpang. Akarnya yang terstruktur baik dan masif dapat tumbuh dengan sangat cepat. Panjangnya dapat

mencapai 3-4m di tahun pertama. Akar yang dalam ini membuat Vetiver sangat bagus ketika musim kering dan sulit untuk terseret arus yang kuat.

- Batangnya yang kaku dan tegak mampu tetap berdiri meskipun di arus yang dalam.
- Tahan terhadap hama, penyakit, dan api
- Ketika ditanam rapat, tanaman pagarnya yang lebat berguna sebagai penyaring sedimen yang efektif dan penyebar air.
- Tunas baru yang berkembang dari mahkota dalam tanahnya membuat Vetiver tahan terhadap api, salju, lalu lintas, dan tekanan penggembalaan yang berat.
- Akar akar baru tumbuh dari tunas bakal anakan ketika terkubur oleh sedimen yang terperangkap. Vetiver akan tetap tumbuh dengan lanau (endapan didasar sungai) yang terkumpul dan akhirnya membentuk teras, jika sedimen yang terperangkap tidak dipindahkan.



Gambar 1: Batang yang tegak dan kaku akan membentuk tanaman pagar yang rapat ketika ditanam berdekatan.

2.2 Karakteristik Fisiologis

- Toleran terhadap perbedaan iklim seperti kekeringan berkepanjangan, banjir, perendaman dan cuaca ekstrim dari -14°C sampai $+55^{\circ}\text{C}$
- Mampu tumbuh kembali dengan cepat setelah terkena dampak kekeringan, cuaca beku, keadaan yang salin dan kondisi yang merugikan setelah cuaca membaik atau setelah amelioran tanah ditambahkan.
- Toleran terhadap beragam pH tanah dari 3.3 sampai 12.5 tanpa pembugaran tanah.
- Toleran terhadap herbisida dan pestisida tinggi.
- Sangat efisien dalam menyerap nutrisi tanah yang larut seperti N dan P dan logam berat dalam air yang terpolusi.
- Sangat toleran terhadap keasaman, alkalinitas, salinitas, soldisitas dan magnesium dalam tingkat menengah tinggi.
- Sangat toleran terhadap Al, Mn dan logam berat seperti As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg,

Se dan Zn didalam tanah.

2.3 Karakteristik Ekologis

Meskipun Vetiver sangat toleran terhadap beberapa keadaan ekstrim tanah dan iklim seperti disebutkan diatas, seperti umumnya rumput, Vetiver tidak toleran terhadap tempat teduh. Keteduhan akan mengurangi pertumbuhannya dan dalam kasus ekstrim bisa jadi membunuh Vetiver. Karenanya Vetiver sebaiknya ditanam di lingkungan yang terbuka dan bebas dari rumput liar. Pengendalian terhadap rumput liar bisa jadi diperlukan selama masa awal pertumbuhan. Pada tanah yang mudah terkikis dan tidak stabil, Vetiver akan mengurangi erosi lebih dulu, menstabilkan tanah yang terkikis (khususnya lereng yang curam), kemudian dikarenakan kelembaban dan nutrisi yang tersimpan, meningkatkan mikrolingkungannya sehingga tanaman lain atau dari benih yang ditaburkan lainnya bisa ditanam setelahnya. Dikarenakan karakteristik tersebut Vetiver bisa disebut sebagai tanaman perawat pada tanah yang sakit.



Gambar 2: Rumput Vetiver mampu selamat dari kebakaran hutan; kanan; dua bulan sesudah kebakaran.



Gambar 3: Pada gundukan pasir di pesisir di Quang Binh (kiri) dan tanah salin di Propinsi Gò Công (kanan)



Gambar 4: Pada tanah yang memiliki asam sulfat ekstrim di Tân An (kiri) dan tanah alkalin serta sodik di Ninh Thuận (kanan)

2.4 Toleransi rumput Vetiver terhadap cuaca dingin

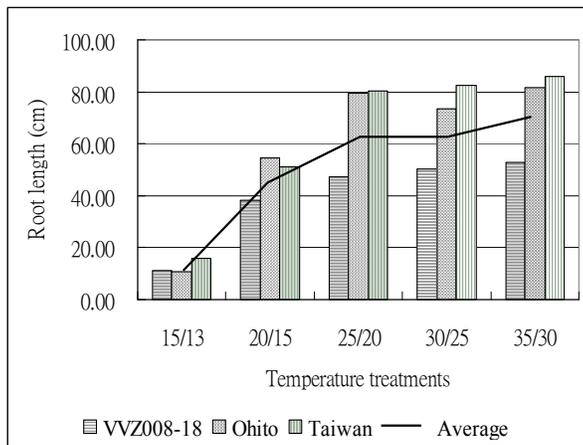
Meskipun Vetiver adalah rumput tropis, Vetiver mampu bertahan dan tumbuh subur di cuaca dingin. Pada cuaca yang sangat dingin pucuknya mati atau menjadi dorman dan berwarna 'ungu' dingin tetapi bagian-bagian pertumbuhannya dibawah tanah tetap bertahan. Di Australia, pertumbuhan Vetiver tidak terpengaruh oleh cuaca dingin sampai suhu -14°C dan bertahan sesaat pada suhu -22°C (-8°F) di Cina utara. Di Georgia (Amerika Serikat), Vetiver bertahan pada suhu tanah 10°C tapi tidak pada -15°C . Penelitian terakhir menunjukkan bahwa suhu 25°C adalah yang paling optimal untuk perumbuhan akar, tetapi akar Vetiver akan terus tumbuh pada suhu 13°C . Meskipun tunas yang tumbuh sangat sedikit pada temperatur tanah berkisar 15°C (siang hari) dan 13°C , akar tetap tumbuh $12,6\text{cm/hari}$, menunjukkan bahwa rumput Vetiver tidak dorman pada temperatur tersebut dan perhitungan menunjukkan bahwa akar yang dorman terjadi pada suhu sekitar 5°C (Gambar.1).

2.5 Ringkasan lingkup kemampuan beradaptasi

Ringkasan kemampuan beradaptasi Vetiver ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1: Kemampuan beradaptasi rumput Vetiver di Australia dan negara-negara lain

Ciri keadaan	Australia	Negara-negara lain
Keragaman tanah		
Keasaman (pH)	3.3-9.5	4.2-12.5 (Level tinggi Al larut)
Salinitas (50% pengurangan)	17.5 mScm ⁻¹	
Salinitas (bertahan)	47.5 mScm ⁻¹	
Tingkat Aluminium (Al Sat. %)	Antara 68% - 87%	
Tingkat Mangan	> 578 mgkg ⁻¹	
Sodisitas	48% (pertukaran Na)	
<i>Magnesicity</i>	2400 mgkg ⁻¹ (Mg)	
Pupuk		
Vetiver bisa ditanam di tanah yang sangat tandus karena keterkaitannya yang kuat dengan mikoriza	N dan P (300 kg/ha DAP)	N dan P, pupuk kandang
Logam Berat		
Arsenik (As)	100 - 250 mgkg ⁻¹	
Kadmium (Cd)	20 mgkg ⁻¹	
Tembaga (Cu)	35 - 50 mgkg ⁻¹	
Kromium (Cr)	200 - 600 mgkg ⁻¹	
Nikel (Ni)	50 - 100 mgkg ⁻¹	
Merkuri (Hg)	> 6 mgkg ⁻¹	
Timbel (Pb)	> 1500 mgkg ⁻¹	
Selen (Se)	> 74 mgkg ⁻¹	
Zink (Zn)	>750 mgkg ⁻¹	
Lokasi	15 ⁰ S to 37 ⁰ S	41 ⁰ N - 38 ⁰ S
Iklim		
Curah Hujan (mm)	450 - 4000	250 - 5000
Sangat Dingin (suhu tanah)	-11 ⁰ C	-22 ⁰ C
Gelombang Panas	45 ⁰ C	55 ⁰ C
Kekeringan (tanpa hujan efektif)	15 bulan	
Palatabilitas	Sapi perah, ternak, kuda, kelinci, domba, kanguru.	Sapi, ternak, kambing, domba, babi, ikan karper
Nilai Nutrisi	N = 1.1 % P = 0.17% K = 2.2%	Protein kasar 3.3% Lemak kasar 0.4% Serat kasar 7.1%



Genotip: VVZ008-18, Ohito, dan Taiwan, 2 yang terakhir pada dasarnya sama dengan Sunflower.
Suhu perlakuan: siang 15 °C /malam 13 °C. (PC: YW Wang)

Gambar 1: Pengaruh suhu tanah terhadap pertumbuhan Vetiver

2.6 Karakteristik Genetik

Tiga jenis Vetiver yang digunakan untuk tujuan perlindungan lingkungan.

2.6.1 *Vetiveria zizanioides L* diklasifikasikan kembali sebagai *Chrysopogon zizanioides L*

Ada dua spesies Vetiver yang berasal dari anak benua India: *Chrysopogon zizanioides* dan *Chrysopogon lawsonii*. *Chrysopogon zizanioides* memiliki perolehan yang berbeda-beda. Secara umum yang berasal dari India selatan telah dikembangkan dan memiliki sistem akar yang besar dan kuat. Aksesori ini cenderung poliploidi dan menunjukkan tingkat sterilitas yang tinggi dan tidak dianggap tanaman pengganggu. Aksesori India utara, umum di sungai Gangga dan Indus, adalah tanaman liar dan memiliki sistem akar yang lebih rendah. Aksesori tersebut diploid dan dikenal berumput, walaupun tidak selalu mengganggu tanaman lain. Aksesori India utara tersebut TIDAK direkomendasikan untuk Sistem Vetiver. Harus diingat juga bahwa sebagian besar dari penelitian terhadap penerapan Vetiver dan pengalaman di lapangan telah melibatkan kultivar India selatan yang terikat dekat dengan (genotip yang sama) Monto dan Sunshine. Penelitian DNA mengkonfirmasi bahwa 60% dari *Chrysopogon zizanioides* yang digunakan untuk bio-teknologi dan fitoremediasi di negara tropis dan sub-tropis adalah genotip Monto/Sunshine.

2.6.2 *Chrysopogon nemoralis*

Spesies asli Vetiver ini tersebar luas di tanah tinggi Thailand, Laos dan Vietnam dan juga sangat umum di Kamboja dan Myanmar. Vetiver ini banyak digunakan di Thailand untuk bahan atap. Spesies ini tidak steril. Perbedaan utama antara *C. nemoralis* dan *C. Zizanioides* adalah bahwa *C. Zizanioides* jauh lebih tinggi dan memiliki batang yang lebih tebal dan kaku. *C. Zizanioides* memiliki sistem akar yang

lebih tebal dan dalam dan daunnya lebih lebar serta memiliki warna hijau muda sepanjang pertengahan rusuk, sebagaimana terlihat di foto dibawah (Foto 5-7)



Foto 5: Daun Vetiver, kiri: *C. zizanioides*, kanan: *C. nemoralis*

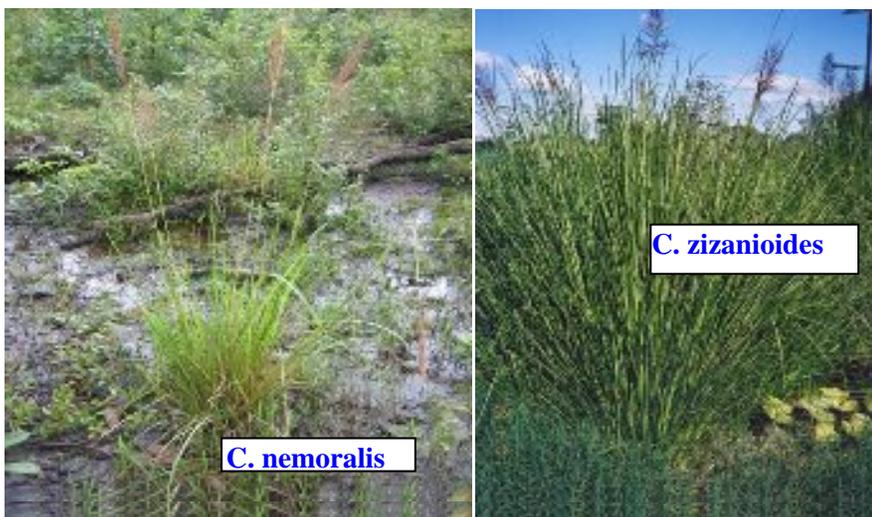


Foto 6: Pucuk Vetiver, kiri: *C. nemoralis*, kanan: *C. zizanioides*



Foto 7: Perbedaan antara akar *C. zizanioides* dan *C. nemoralis*

Meskipun *C. nemoralis* tidak seefektif *C. zizanioides*, petani juga telah mengenali kegunaan dari *C. nemoralis* untuk konservasi tanah;

Mereka telah menggunakannya di Central Highland dan beberapa propinsi pesisir di Vietnam Tengah seperti Quang Ngai untuk menstabilkan pematang di sawah, Foto 9



Foto 8: Akar Vetiver di dalam tanah (kiri dan tengah) dan di dalam air (kanan)



Foto 9: *C. nemoralis* di Quang Ngai (kiri) dan di Central Highlands (kanan)

2.6.3 *Chrysopogon nigriflora*

Spesies ini adalah asli Afrika Selatan dan Barat, penanamannya khususnya terbatas di anak benua, dan karena Vetiver ini menghasilkan benih yang banyak, penanamannya seharusnya terbatas di daerah aslinya saja (Gambar 10)



Foto 10: Chrysopogon nigritana di Mali, West Africa

2.7 Potensi adanya rumput liar

Kultivar rumput Vetiver diambil dari aksesori India Selatan yang tidak agresif, yang tidak menghasilkan geragih maupun rimpang dan harus ditanam dengan subdivisi akar (mahkota). Diharuskan bahwa tanaman yang digunakan untuk tujuan bioteknologi tidak akan menjadi rumput liar di lingkungan lokalnya. Karena itu kultivar yang steril (seperti Monto, Sunshine, Karnataka, Fiji dan Madupatty) dari aksesori India selatan cocok untuk aplikasi ini. Di Fiji, dimana rumput Vetiver diperkenalkan sebagai bahan atap lebih dari 100 tahun lalu, Vetiver telah digunakan secara meluas untuk konservasi tanah dan air untuk industri gula selama lebih dari 50 tahun tanpa menunjukkan adanya tanda sebagai pengganggu tanaman lain. Rumput Vetiver bisa dihancurkan dengan mudah dengan menyemprotkan glyphosate (Roundup) atau dengan memotong tumbuhan dibawah mahkotanya.

3. KESIMPULAN

Dikarenakan bentuk pertumbuhan yang lambat dari *C. Nemoralis* dan khususnya sistem akar yang sangat pendek, *C Nemoralis* tidak sesuai untuk stabilisasi lereng. Selain itu, belum ada penelitian tentang pengolahan dan penetralan limbah serta kapasitas fitoremediasi yang dilakukan. **Hanya *C. Zizanioides* yang direkomendasikan untuk digunakan pada aplikasi sebagaimana tercantum di panduan ini.**

BAGIAN 2

METODE UNTUK MENGEMBANGBIAKAN VETIVER

ISI BAGIAN 2

DAFTAR FOTO, GAMBAR DAN TABEL

1. PERKENALAN	21
2. KEBUN BIBIT VETIVER	21
3. METODE PEMBIAKAN	22
3.1 Memisahkan tumbuhan dewasa untuk membuat <i>slip</i> akar	22
3.2 Mengembangbiakan Vetiver dari bagian tanaman.....	23
3.3 Penggandaan tunas atau pembiakan mikro	26
3.4 Kultur Jaringan	27
4. MENYIAPKAN BAHAN	27
4.1 Polibag atau bibit dalam plastik	27
4.2 Lajur tanam	27
5. KEBUN BIBIT DI VIETNAM	28
6. REFERENSI.....	30

1. PERKENALAN

Karena sebagian besar aplikasi memerlukan banyak tumbuhan, kualitas bahan penanaman penting agar aplikasi Sistem Vetiver (VS) berhasil. Karena itu kebun pembibitan harus mampu memproduksi material yang banyak dengan kualitas yang baik dan biaya yang murah. Penggunaan eksklusif hanya kultivar steril saja (*C. Zizanioides*) akan mencegah rumput liar tumbuh di lingkungan baru. Tes DNA menunjukkan bahwa kultivar Vetiver yang steril yang digunakan di belahan dunia sama dengan kultivar Sunshine dan Monto, yang keduanya berasal dari India Selatan. Karena Vetiver ini steril, maka harus dibiakkan dengan cara vegetatif.

2. KEBUN BIBIT VETIVER

Kebun bibit menyediakan material untuk pembiakan vegetatif dan kultur jaringan. Dibawah adalah kriteria yang bagus untuk memfasilitasi kebun bibit dengan pananaman yang produktif dan mudah diatur.

- **Jenis tanah:** Tanah yang lempung dan berpasir akan membuat panen mudah dan mengecilkan resiko kerusakan pada mahkota dan akar tumbuhan. Tanah lempung berpasir bisa dipakai tetapi lempung berat tidak bagus.
- **Topografi:** Tanah yang sedikit miring akan menghindarkan air mengumpul kalau-kalau terjadi terlalu banyak penyiraman. Tanah datar bisa digunakan, tetapi pengairan harus diperhatikan untuk menghindari pengendapan air, yang akan menghambat pertumbuhan tanaman yang masih kecil. Vetiver dewasa, sebaliknya, tumbuh subur jika banyak air mengendap.
- **Peneduhan:** Tempat terbuka direkomendasikan karena keteduhan mempengaruhi pertumbuhan Vetiver. Penanaman di tempat setengah teduh bisa dilakukan. Vetiver adalah tumbuhan C dan suka banyak sinar matahari.
- **Lay out penanaman:** Vetiver harus ditanam di jajaran yang panjang dan rapi melintang lereng agar mudah dipanen.
- **Cara pemanenan:** Menanam tumbuhan dewasa bisa dilakukan secara mekanik atau manual. Mesin bisa mencabut akar dewasa sedalam 20-25 cm (8-10”) dibawah tanah. Untuk menghindari perusakan mahkota tanaman, gunakan bajak *mouldboard* dengan satu bilah atau bajak piringan (*disc plow*) yang telah disesuaikan.
- **Pengairan:** *overhead irrigation* (penyiraman dari atas) mendistribusikan air dengan rata pada beberapa bulan di awal penanaman. Tanaman yang lebih dewasa memerlukan irigasi genangan.
- **Pelatihan staf:** Staf yang terlatih dengan baik sangat penting agar kebun bibit bisa sukses.
- **Penanam Mekanis:** penanam bibit yang dimodifikasi atau penanam mekanis dapat menanam *slip* Vetiver dalam jumlah besar di kebun bibit.

- *Ketersediaan mesin:* Mesin sederhana untuk pertanian diperlukan untuk menyiapkan bedeng persemaian, kendali gulma, memotong rumput, dan memanen Vetiver.



Foto 1: Kiri: Mesin penanaman; kanan: penanaman manual

3. CARA PEMBIAKAN

Empat cara umum pembiakan adalah:

- Pemisahan anakan/tunas dewasa dari rumpun Vetiver atau tanaman induk, yang menghasilkan *slip* cabutan untuk segera ditanam atau dibiakkan di polibag.
- Menggunakan beberapa bagian dari tanaman induk Vetiver.
- pembiakan kuncup atau vitro-mikro untuk pembiakan skala besar.
- pembiakan jaringan, menggunakan bagian kecil dari tanaman untuk pembiakan skala besar.

3.1 Memisahkan tanaman dewasa untuk menghasilkan slip anakan

Memisahkan tunas dari tanaman memerlukan kehati-hatian, sehingga masing masing *slip* setidaknya harus berisi dua atau tiga tunas (pucuk) dan satu bagian dari mahkota. Sesudah pemisahan, *slip* harus dipotong panjangnya menjadi 20cm (8") (Gambar 1). Hasil dari *slip* anakan bisa dicelupkan dalam berbagai perlakuan, termasuk hormon, bubur kotoran hewan (sapi atau kuda), lumpur tanah liat, atau kolam air yang dangkal, sampai akar baru muncul. Agar tumbuh lebih cepat, *slip* harus disimpan di tempat basah dan memiliki sinar matahari yang cukup sampai waktu tanam.



Gambar 1: Bagaimana cara memisah slip Vetiver.

3.2 Pembiakan Vetiver dari bagian tanaman.

Ada tiga bagian dari Vetiver yang digunakan untuk pembiakan (Foto 3&4):

- Pucuk atau tunas
- Mahkota (umbi/*corm*), bagian keras antara pucuk dan akar.
- Tangkai



Foto 2: Slip cabutan siap ditanam (kiri); dicelupkan di lumpur tanah liat atau bubur kotoran hewan (bubur kotoran sapi) (kanan)

Batang adalah tangkai atau gagang/badan rumput. Batang Vetiver padat, tegak, dan keras; memiliki tunas bakal anakan yang kuat dengan tunas samping yang mampu membentuk akar atau pucuk ketika lembab. Merebah ataupun berdiri, memotong tangkai pada suhu lembab atau pada pasir lembab akan menyebabkan akar atau tunas tumbuh cepat pada setiap pangkal tunas. Le Van Du, Agro-Forestry University, Ho Chi Minh City, mengembangkan empat cara dibawah ini untuk pembiakan Vetiver dengan pemotongan.

- Siapkan potongan Vetiver
- Semprot potongan dengan air berisi 10% larutan hyacinth.
- Gunakan plastik untuk menutupi keseluruhan potongan dan biarkan selama 24

- jam dan
- Celupkan dalam-dalam pada lumpur tanah liat atau bubur kotoran hewan dan tanam di bedeng yang bagus.

3.2.1 Menyiapkan potongan Vetiver



Foto 3: Tunas lama (kiri) dan tunas baru (kanan)



Foto 4: Mahkota Vetiver atau umbi (kiri) dan bagian dari batang Vetiver dengan tunas daun (kanan)

Batang Vetiver:

Pilih batang tua, yang memiliki tunas dewasa dan lebih banyak tunas daun dibanding Vetiver muda. Potong batang sepanjang 30-50mm (1-2"), termasuk 10-20mm (4-8") dibawah tunas daun, dan kelupas daun yang tua. Tunas baru akan muncul satu minggu sesudah penanaman.

Tunas Vetiver:

- Pilih tunas dewasa dengan setidaknya tiga atau empat daun yang sudah berkembang.
- Pisahkan tunas dengan hati-hati dan pastikan dasar dan sebagian akarnya ikut.

Mahkota atau umbi Vetiver:

Mahkota atau umbi adalah dasar dari Vetiver dewasa dimana akar baru akan tumbuh. Gunakan hanya bagian atas dari mahkota dewasa.

3.2.2 Menyiapkan larutan water hyacinth

Larutan hyacinth (Lembayung) mengandung banyak hormon dan penumbuh, termasuk asam gibberellic dan banyak senyawa Indol-Acetic (IAA). Persiapan rooting hormon dari Water Hyacinth:

- Keluarkan *water hyacinth* dari danau atau kanal
- Letakkan tanaman kedalam plastik ukuran 20 liter, dan ikat rapat.
- Biarkan selama satu bulan sampai tumbuhan terurai
- Buang sisa yang padat dan simpan larutannya saja.
- Saring larutan dan simpan ditempat sejuk sampai waktu penggunaan.



Foto 5: Penyemprotan potongan dengan 10% larutan water hyacinth

3.2.3 Perawatan dan penanaman



Foto 6 : Tutup rapat potongan dengan plastik dan dibiarkan selama 24 jam



Foto 7 : Tanaman dengan pupuk kandang pada bedeng yang bagus

3.2.4 Kelebihan penggunaan slip cabutan dan batang slip

Kelebihan:

- Efisien, ekonomis, dan merupakan cara yang cepat untuk menyiapkan penanaman.
- Volume yang kecil menyebabkan biaya transportasi yang sedikit.
- Mudah ditanam dengan tangan.
- Penanaman besar-besaran bisa dilakukan dengan cara mekanis di area yang luas.

Kelemahan:

- Rentan terhadap suhu ekstrim dan kering.
- Waktu penyimpanan di ladang terbatas.
- Penanaman perlu dilakukan di tanah yang lembab.
- Memerlukan penyiraman yang sering beberapa minggu pertama.
- Direkomendasikan untuk kebun bibit yang bagus dan memiliki akses penyiraman mudah.

3.3 Pemiakan tunas atau Pemiakan mikro

Dr. Le Van Be of Can Tho University, Can Tho City, Vietnam telah mengembangkan cara yang praktis dan sederhana untuk menggandakan tunas (Lê Van Bé et al, 2006). Ada empat tahap pembiakan mikro yang harus dilakukan pada medium cair:

- Merangsang perkembangan tunas samping
- Menggandakan tunas baru
- Menumbuhkan akar pada tunas baru
- Merangsang pertumbuhan di rumah teduh atau rumah kaca.

3.4 *Kultur jaringan*

Kultur jaringan adalah cara lain pembiakkan, dengan menggunakan jaringan khusus (ujung akar, bunga muda, jaringan tunas anakan) dari Vetiver. Cara ini biasa digunakan oleh industri holtikultural internasional. Meskipun prosedur didalam laboratoriumnya berbeda-beda, kultur jaringan melibatkan bagian yang sangat kecil dari jaringan, menumbuhkannya di medium khusus yang steril dari hama, dan menanam hasil anaknya di dalam media yang sesuai sampai mereka tumbuh menjadi tanaman kecil. Detil lebih lanjut dapat ditemukan di Truong (2006)

4. MENYIAPKAN MATERIAL PENANAMAN.

Untuk meningkatkan kemampuan tumbuh dalam kondisi yang tidak ramah, ketika anakan yang dihasilkan dari metode diatas sudah cukup dewasa atau ketika *slip* cabutan siap, tumbuhan siap untuk ditanam dengan:

- Polibag atau bibit tanaman dalam plastik
- Lajur tanam

4.1 *Polibag atau bibit tanaman dalam plastik*

Anakan dan *slip* cabutan ditanam di pot kecil atau plastik kecil berisi setengah tanah dan setengah campuran yang diletakkan di wadah selama tiga sampai enam minggu, tergantung suhunya. Ketika setidaknya tiga tunas (pucuk) muncul, anakan siap untuk ditanam.



Foto 8: *Slip cabutan dan bibit dalam plastik (kiri), menanam kedalam polibag (tengah) dan anakan didalam polibag yang siap ditanam (kanan)*

4.2 *Lajur tanam*

Lajur tanam adalah modifikasi dari polibag. Alih alih menggunakan plastik satuan, *slip* cabutan atau batang *slip* ditanam rapat pada baris yang digarisi yang akan

membantu proses transportasi dan penanaman. Cara ini menghemat tenaga kerja ketika menanam di medan yang sulit seperti lereng curam. Cara ini juga bagus untuk ketahanan hidup Vetiver karena akarnya tidak terpisah-pisah.



Foto 9: Lajur tanam (kiri) di dalam wadah dan dipindahkan (tengah), dan siap ditanam (kanan)

Kelebihan dan Kekurangan polibag dan lajur tanam

Kelebihan:

- Tumbuhan kuat dan tidak terpengaruh pada suhu tinggi dan kelembapan yang rendah.
- Diperlukan lebih sedikit penyiraman sesudah penanaman.
- Bertumbuh cepat sesudah penanaman.
- Bisa bertahan lebih lama di kebun bibit sebelum penanaman.
- Direkomendasikan untuk kondisi tidak ramah.

Kekurangan:

- Lebih mahal
- Memerlukan persiapan lama, empat sampai lima minggu lebih lama.
- Transportasi dalam jumlah banyak dan berat jadi lebih mahal
- Biaya sesudah pengangkutan jadi lebih mahal, jika tidak ditanam dalam jangka satu minggu.

5. KEBUN BIBIT DI VIETNAM

Kebun bibit telah sukses didirikan di semua wilayah di Vietnam.



Foto 10: Di selatan, kiri: Can Tho University; kanan: propinsi An Giang



Foto 11: Di tengah, di Quang Ngai (kiri) dan Binh Phuoc (kanan)



Foto 12: kiri: di tengah, Quang Binh; kanan: sepanjang Jalan layang HCM



Foto 13: Di utara, di Bac Ninh (kiri) dan Bac Giang (kanan)

6. REFERENSI

- Charanasri U., Sumanochitrapan S., and Topangteam S. (1996). Vetiver grass: Nursery development, field planting techniques, and hedge management. Unpublished paper presented at Proc. First International Vetiver Conf., Thailand, 4-8 February 1996.
- Lê Văn Bé, Võ Thanh Tân, Nguyễn Thị Tố Uyên.(2006). Nhân Giống Co Vetiver (*Vetiveria zizanioides*). Regional Vetiver conference, Can Tho University, Can Tho, Vietnam.
- Lê Văn Bé, Võ Thanh Tân, Nguyễn Thị Tố Uyên (2006). Low cost micro-propagation of Vetiver grass Proc. Fourth International Vetiver Conference, Caracas, Venezuela, October 2006
- Murashige T., and Skoog F. (1962) A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.
- Namwongprom K., and Nanakorn M. (1992). Clonal propagation of Vetiver *in vitro*. In: Proc. 30th Ann. Conf. on Agric., 29 Jan-1 Feb 1992 (in Thailand).
- Sukkasem A. and Chinnapan W. (1996). Tissue culture of Vetiver grass. In: Abstracts of papers presented at Proc. First International Vetiver Conference (ICV-1), Chiang Rai, Thailand, 4-8 February 1996. p. 61, ORDPB, Bangkok.
- Truong, P. (2006). Vetiver Propagation: Nurseries and Large Scale Propagation. Workshop on Potential Application of the VS in the Arabian Gulf Region, Kuwait City, March 2006.

BAGIAN 3

SISTEM VETIVER UNTUK PENGURANGAN BENCANA ALAM DAN PERLINDUNGAN PRASARANA

ISI BAB 3

- 1. JENIS BENCANA ALAM YANG BISA DIKURANGI (DAMPAKNYA) MENGGUNAKAN SISTEM VETIVER33**
- 2. ATURAN DASAR STABILITAS DAN STABILISASI LERENG ...34**
 - 2.1 Profil Lereng34
 - 2.2 Stabilitas lereng 35
 - 2.3 Jenis-jenis longsor pada lereng36
 - 2.4 Dampak kerusakan lereng pada manusia37
 - 2.5 Mitigasi kerusakan lereng.....37
 - 2.6 Stabilisasi lereng secara vegetatif.....39
- 3. STABILISASI LERENG MENGGUNAKAN SISTEM VETIVER ...42**
 - 3.1 Ciri kesesuaian Vetiver untuk stabilisasi lereng42
 - 3.2 Ciri kesesuaian Vetiver untuk mitigasi bencana air44
 - 3.3 Ketahanan tarik dan geser dari akar vetiver45
 - 3.4 Ciri hidrolis47
 - 3.5 Pori tekanan air48
 - 3.6 Penerapan VS untuk mitigasi bencana alam dan perlindungan prasarana ...49
 - 3.7 Kegunaan dan kekurangan sistem Vetiver50
 - 3.8 Pemodelan dengan komputer51

4. TEKNIK DAN RANCANGAN YANG SESUAI	52
4.1 Pencegahan.....	53
4.2 Waktu penanaman	54
4.3 Kebun bibit	55
4.4 Persiapan untuk penanaman Vetiver	55
4.5 Spesifikasi <i>layout</i>	57
4.6 Spesifikasi penanaman	57
4.7 Pemeliharaan	57
5. PENERAPAN VS UNTUK PENGURANGAN BENCANA ALAM DAN PERLINDUNGAN PRASARANA DI VIETNAM	59
5.1 Penerapan VS untuk perlindungan bukit pasir di Vietnam tengah	59
5.2 Penerapan VS untuk pengendalian erosi tepian sungai	62
5.3 Penerapan VS untuk pengendalian erosi tepi pantai	67
5.4 Penerapan VS untuk stabilisasi tembok penahan jalan	68
6. KESIMPULAN	71
7. REFERENSI.....	72

1. JENIS BENCANA ALAM YANG BISA DIKURANGI DENGAN SISTEM VETIVER (VS)

Selain erosi tanah, Sistem Vetiver (VS) bisa mengurangi atau bahkan menghilangkan berbagai bencana alam, termasuk tanah longsor, lumpur longsor, ketidakstabilan tembok penahan jalan, dan erosi (tepi sungai, kanal, garis pantai, pematang, dan tembok penahan dam buatan)

Ketika hujan deras membasahi batuan dan tanah, tanah longsor dan banjir serpihan mengalir ke banyak aliran sungai di Vietnam. Contohnya adalah bencana tanah longsor, banjir serpihan dan banjir bandang di wilayah Muong Lay, propinsi Dien Bien (1996), dan tanah longsor di Hai Van Pass (1999) yang mengganggu lalu lintas dari utara ke selatan selama lebih dari dua minggu dan memakan biaya lebih dari 1 juta dollar Amerika. Tanah longsor terbesar di Vietnam, yang lebih dari satu juta meter kubik (diantaranya Thiet Dinh Lake, Hoai Nhon district, propinsi Binh Dinh, di An Nghiêp dan daerah terpencil An Linh, wilayah Tuy An, dan propinsi Phu Yen), memakan korban jiwa dan kerusakan harta benda.

Erosi tepi sungai dan pantai, dan longsor pada pematang terjadi terus menerus di seluruh Vietnam. Contoh yang umum termasuk: erosi tepi sungai di Phu Tho, Hanoi, dan beberapa propinsi Vietnam tengah (termasuk Thua Thien Hue, Quang Nam, Quang Ngai and Binh Dinh); erosi tepi pantai di wilayah Hai Hau, propinsi NamDinh dan erosi tepi sungai dan pantai di Mekong Delta. Meskipun kejadian ini dan bencana banjir/badai terjadi di musim hujan, terkadang erosi tepi sungai terjadi di musim kering, ketika debit air turun ke titik terendah. Ini terjadi di desa Hau Vien village, wilayah Cam Lo, di propinsi Quang Tri.

Tanah longsor lebih umum terjadi di area dimana kegiatan manusia berperan penting. Hampir 20 persen atau 200 km (124 mil) dari 1000 km (621 mil) bagian Ha Tinh - Kon Tum di jalan raya Ho Chi Minh rentan terhadap tanah longsor atau ketidakstabilan lereng, terutama dikarenakan buruknya jalan dan longsor serta kegagalan dalam memahami keadaan geologis yang tidak bersahabat. Tanah longsor terbaru di kota Yen Bai, Lao Cai, dan Bac Kan disebabkan keputusan walikota untuk melebarkan area perumahan dengan membolehkan pematangan pohon di lereng-lereng curam.

Gempa bumi besar juga menyebabkan tanah longsor di Vietnam, termasuk longsor tahun 1983 di wilayah Tuan Giao, dan tahun 2001 di sepanjang rute dari kota Dien Bien sampai wilayah Lai Chau.

Dari sisi ekonomis, biaya untuk memulihkan masalah ini tinggi dan anggaran negara untuk hal-hal seperti ini tidak pernah cukup. Misalnya, penguatan tepi sungai biasanya memakan 200,000-300,000 USD/km, terkadang sampai 700,000-1

juta USD/km. Tepian The Tan Cau di Mekong Delta adalah contoh ekstrim yang menelan hampir 7 juta USD/km. Perlindungan tepian sungai di propinsi Quang Binh sendiri diperkirakan memakan biaya lebih dari 20 juta USD; Anggaran tahunan hanya 300,000 USD.

Pembangunan tanggul laut biasanya memakan biaya 700,000-1 juta USD/km, tetapi bagian yang lebih mahal bisa memakan biaya 2.5 juta USD/km. Sesudah badai No. 7 pada September 2005 banyak merusak bagian tanggul yang telah diperbaiki, beberapa manajer tanggul berkesimpulan bahwa bahkan bagian yang dirancang untuk mampu mengatasi badai level 9 masih terlalu lemah, dan mereka benar-benar sedang memikirkan untuk membuat tanggul laut yang mampu menahan badai sampai level 12 yang akan memakan biaya 7-10 juta USD/km.

Pembatasan anggaran selalu ada, yang secara kaku membatasi tindakan perlindungan struktural ke bagian-bagian yang paling akut, tidak pernah benar-benar melindungi keseluruhan tepian sungai atau pesisir. Pembatasan ini memperburuk permasalahan.

Setiap kejadian tersebut mewakili jenis tanah longsor atau longsor massal, menunjukkan pergerakan turun dari serpihan batuan dan tanah di lereng yang disebabkan tekanan grafitasi. Pergerakan ini bisa jadi sangat lamban, hampir tidak kelihatan, atau sangat cepat dan tampak dalam hitungan menit. Karena banyak faktor yang menyebabkan bencana alam, kita harus memahami penyebabnya dan prinsip dasar stabilisasi lereng. Informasi ini akan dengan efektif menerapkan metode bio-teknologi VS untuk mengurangi dampak bencana.

2. PRINSIP DASAR STABILITAS DAN STABILISASI LERENG

2.1 Profil lereng

Beberapa lereng memiliki lengkungan berundak dan lainnya terkadang sangat curam. Profil dari lereng yang terkena erosi alami sangat tergantung pada jenis batuan/tanahnya, sudut geming tanah, dan iklim. Untuk batuan/tanah yang tahan longsor, khususnya di area kering, pelapukan kimia lebih lambat dibanding pelapukan fisiknya. Puncak lereng sedikit cembung mendekati bersudut, wajah tebing hampir vertikal, dan serpihan lereng berada pada sudut geming 30-35°, yang merupakan sudut maksimum dimana material lepas dari jenis tanah tertentu stabil.

Batuan/tanah yang tidak tahan, khususnya di wilayah lembab, melapuk dengan cepat dan dengan mudah terkikis. Lereng yang demikian memiliki tutup tanah yang tebal. Puncaknya cembung, dan dasarnya cekung.

2.2 Stabilitas Lereng

2.2.1 Lereng alami dataran tinggi, lereng potongan, lereng penahan jalan dsb.

Stabilitas lereng seperti diatas tergantung dua gaya yang saling mempengaruhi, gaya penggerak dan gaya penghambat. Gaya penggerak mendorong pergerakan menurun, sementara gaya penghambat menghambat pergerakan. Ketika gaya penggerak lebih kuat daripada gaya penghambat, lereng menjadi tidak stabil.

2.2.2 Tepian sungai, erosi tepi pantai, dan ketidakstabilan struktur penahan air

Beberapa teknisi Hidrolik beranggapan bahwa erosi tepian dan bangunan penahan air yang tidak stabil harus diatasi dengan cara yang berbeda dari jenis tanah longsor yang lain karena bebannya yang berbeda. Menurut kita, sebaliknya, keduanya berkaitan dengan interaksi antara “gaya penggerak” dan “gaya penghambat.” Longsor terjadi ketika gaya penggerak lebih besar dari pada gaya penghambat.

Meskipun begitu, erosi tepian dan ketidakstabilan dari struktur bangunan penahan air sedikit lebih rumit; mereka terjadi karena adanya interaksi antara gaya hidrolis yang bergerak di dasar dan kaki tepian dan gaya gravitasi yang mempengaruhi materi tepian di tempat asal. Longsor terjadi ketika erosi di kaki tepian dan dasar kanal yang terhubung dengan tepian meningkatkan berat dan sudut tepian sampai titik dimana gaya gravitasi lebih besar daripada kekuatan geser materi tepian. Sesudah longsor, materi tepian masuk ke air dan menumpuk di dasar, menyebar mengikuti arus, atau terkumpul di sepanjang kaki tepian baik sebagai blok yang padat, atau yang lebih kecil, agregat yang tersebar.

Proses kendali fluvial dari mundurnya tepian terdiri dari dua proses. Erosi geser fluvial dari materi tepian menyebabkan tepian semakin mundur. Selain itu, naiknya tinggi tepian yang disebabkan oleh degradasi dasar tepian atau semakin curamnya tepian yang disebabkan oleh erosi dasar tepian bisa jadi salah satu atau faktor tambahan yang mengurangi stabilitas tepian, terkait dengan longsor. Tergantung dari kendala sifat materi dan geometrinya, tepian bisa longsor disebabkan satu dari beberapa mekanisme termasuk jenis longsor bidang, rotasi, dan kegagalan tipe penopang.

Termasuk didalam mekanisme kendali non fluvial untuk kemunduran tepian adalah efek dari sapuan ombak, *trampling* (pemadatan dikarenakan penggembalaan dsb.),

dan *piping* (pemasangan pipa), dan jenis longsor dikarenakan *sapping* (penggalian), terkait dengan tepian bertingkat dan kondisi air tanah yang beragam.

2.2.3 Gaya penggerak

Meskipun gravitasi adalah gaya penggerak utama, gravitasi tidak bisa bekerja sendiri. Sudut lereng, sudut sandar dari tanah tertentu, iklim, materi lereng, dan khususnya air, berperan besar:

- Longsor lebih sering terjadi pada lereng curam dari pada yang landai.
- Air memiliki peran penting dalam melongsorkan tanah khususnya pada kaki tepian:
 - Dalam bentuk sungai dan gelombang, air mengikis dasar tepian, memindahkan penyokong, yang meningkatkan daya gerak.
 - Air juga meningkatkan daya penggerak dengan pengisian, yaitu, mengisi celah dan pori yang semula kosong, yang menambah gaya total gravitasi
 - Keberadaan air menyebabkan tekanan pori air yang mengurangi kekuatan geser materi lereng. Yang terpenting, perubahan cepat (peningkatan dan pengurangan dramatis) di dalam tekanan pori air bisa berperan besar dalam melongsorkan lereng.
 - Interaksi air dengan permukaan batuan dan tanah (pelapukan kimia) pelan-pelan melemahkan materi lereng, dan mengurangi kekuatan gesernya. Interaksi ini mengurangi gaya penahan.

2.2.4 Gaya penahan

Gaya penahan yang utama adalah kekuatan materi geser, fungsi kohesi (kemampuan partikel untuk tarik menarik) dan friksi internal (friksi antara butiran-butiran di dalam materi) yang melawan gaya penggerak.

Rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak adalah faktor aman atau *safety factor* (SF). Jika $SF > 1$ maka lereng stabil. Jika tidak, maka lereng tidak stabil. Biasanya SF dari 1.2-1.3 secara marjinal bisa diterima. Tergantung seberapa penting lereng dan kemungkinan kerugian terkait dengan longsor, seharusnya SF nya selalu diusahakan lebih tinggi.

Singkatnya, stabilitas lereng adalah fungsi dari: jenis batuan/tanah dan kekuatannya, geometri lereng (tinggi dan sudut), iklim, vegetasi dan waktu. Masing-masing faktor kemungkinan memainkan peranan dalam mengendalikan gaya penggerak dan gaya penahan.

2.3 Jenis longsor pada lereng

Tergantung jenis gerakan dan sifat alami materi yang terlibat, maka akan menyebabkan perbedaan jenis longsor. Tabel 1.

Tabel 1: Jenis longsor pada lereng

Jenis gerakan		Materi	
		Batuan	Tanah
<i>Runtuhan</i>		- batu jatuh	- tanah jatuh
<i>Pergeseran/longsor</i>	Berputar Lurus (Translational)	- blok batuan yang berjatuhan - longsor batu	- blok tanah yang berjatuhan - longsor serpihan
<i>Arus/aliran</i>	Pelan Cepat	- batuan merayap	- rayapan tanah - materi jenuh dan tidak jenuh - tanah mengalir - lumpur (sampai 30% air) - arus serpihan - longsor serpihan
<i>Kompleks</i>	Kombinasi dari dua atau lebih gerakan		

Pada batuan, biasanya runtuh dan geseran *translational* (terkait dengan satu atau lebih bidang yang lemah) akan terjadi. Karena tanah lebih homogen dan kekurangan bidang lemah yang tampak, pergeseran rasional atau aliran akan terjadi. Secara umum, longsor massal melibatkan lebih dari satu jenis gerakan, misalnya, reruntuhan bagian atas dan arus bagian bawah, atau pergeseran tanah atas dan longsor batuan bawah.

2.4 Dampak manusia terhadap longsor

Tanah longsor adalah fenomena alam yang dikenal sebagai erosi geologis. Tanah longsor atau kegagalan lereng terjadi baik ada orang disana atau tidak. Meskipun demikian, penggunaan lahan oleh manusia memainkan peranan utama dalam proses longornya lereng. Kombinasi antara kekuatan alam yang tak bisa dikendalikan (gempa bumi, hujan deras dsb.) dan perubahan lahan oleh manusia (penggalan lereng, penggundulan hutan, urbanisasi dsb) dapat menciptakan bencana longsor.

2.5 Mitigasi Longsor

Mengurangi dampak longsor memerlukan tiga tahapan: identifikasi area yang potensial terkena longsor; pencegahan longsor, dan tindakan yang benar sesudah longsor. Pengertian mendalam tentang keadaan geologis sangatlah penting untuk memutuskan tindakan mitigasi.

2.5.1 Identifikasi

Teknisi terlatih mengenali lereng yang berpotensi longsor dengan mempelajari foto udara untuk mengetahui tempat longsor sebelumnya atau tempat kegagalan lereng, dan menyelidiki lereng-lereng yang potensial menjadi tidak stabil. Wilayah longsor massal yang kemungkinan terjadi bisa dikenali dari lereng yang curam, bidang perlapisan mengarah ke lantai lembah, topografi berbukit (tidak teratur, permukaan yang lebih tinggi tertutup pohon-pohon muda), rembesan air, dan tempat dimana tanah longsor pernah terjadi sebelumnya. Informasi ini digunakan untuk memetakan area yang rentan terhadap longsor.

2.5.2 Pencegahan

Pencegahan tanah longsor dan ketidakstabilan lereng lebih efektif biayanya daripada perbaikan. Pencegahan meliputi pengendalian drainase, pengurangan sudut lereng dan ketinggian, dan penanaman tumbuhan, tembok penahan, baut batuan (rock bolt), atau *shorcrete* (beton yang di agregat dengan baik, dengan tambahan campuran yang dipadatkan dengan cepat, dengan pemompaan yang kuat). Cara-cara ini harus dengan benar dan tepat diterapkan dengan pertama-tama dipastikan bahwa lereng stabil secara internal dan struktural. Hal ini memerlukan pengertian yang baik tentang keadaan geologis di tempat tersebut.

2.5.3 Perbaikan

Beberapa longsor bisa diperbaiki dengan membuat sistem drainase untuk mengurangi tekanan air pada lereng, dan mencegah pergerakan lebih jauh. Masalah kelabilan lereng ditepian jalan atau tempat-tempat penting memerlukan biaya yang besar. Jika dilakukan tepat waktu dan secara tepat, drainase permukaan dan bawah permukaan akan sangat efektif. Tetapi karena biasanya tindakan demikian diabaikan, perbaikan yang jauh lebih mahal dan berat jadi diperlukan.

Di Vietnam, perlindungan struktur yang kokoh (penguatan tepian dengan talud beton atau batu, *groins* [pelindung pantai], dinding penahan, dsb.) umumnya digunakan untuk stabilisasi lereng dan tepian sungai dan untuk mengendalikan erosi tepian pantai. Namun demikian, walaupun telah digunakan selama beberapa dekade, lereng tetap saja longsor, erosi memburuk, dan biaya perawatan meningkat. Jadi apa kelemahannya?

Dari sisi pandang ekonomi, pembuatan yang keras sangatlah mahal, dan anggaran kota tidak pernah cukup. Analisis teknis dan lingkungan memunculkan hal-hal dibawah ini:

- Penambangan batuan/beton terjadi di tempat lain benar-benar merusak lingkungan.
- Struktur yang keras tidak menyerap arus/energi gelombang. Karena struktur yang keras tidak bisa mengikuti bentuk lokal yang ada maka menyebabkan tanjakan curam. Tanjakan curam menyebabkan tambahan goncangan, yang

menyebabkan erosi. Lebih-lebih, karena perangkatnya dilokalisasi, maka akan sering berakhir mendadak; tidak transit secara pelan dan bertahap ke tepian secara alami. Karena itu, mereka hanya memindah erosi ke tempat lain, ke arah berlawanan atau hilir, yang memperburuk bencana, bukan mengurangi bencana pada sungai secara menyeluruh. Contoh ini banyak terjadi di propinsi Vietnam Tengah.

- Pembangunan yang keras dan struktural memasukkan banyak batu, pasir, semen ke dalam sistem sungai, mengganti dan membuang sejumlah besar tanah tepian ke dalam sungai. Ketika sungai melumpur, pergerakannya berubah, dasar sungai naik, dan erosi tepian dan banjir meningkat. Masalah ini serius di Vietnam karena pekerja melempar sampah tanah langsung ke sungai ketika mereka memperbaiki tepian. Seringkali mereka membuang batu langsung ke sungai untuk menstabilkan dasar tepian yang tidak stabil, atau meletakkan batuan ke dasar sungai, yang banyak mengurangi kedalaman arus (kanal). Ketika tanggul benar-benar gagal, sisa keranjang batu, dinding pelindung dsb tetap berserakan di air menyebabkan penumpukan di dasar sungai.
- Struktur yang keras tidaklah alami dan tidak cocok dengan tanah lembut yang mampu mengikis atau terkikis. Ketika tanah terkonsolidasi dan/atau terkikis dan hanyut, ini mengurangi dan menggerogoti bagian atas yang keras. Contoh termasuk tepian kanan hilir Thach Nham Weir (propinsi Quang Ngai) yang retak dan runtuh. Insinyur yang menggantikan papan beton dengan talud batuan dengan atau tanpa bingkai beton menyebabkan erosi bawah permukaan tak terpecahkan. Sepanjang tanggul laut Hai Hau, seluruh bagian talud batuan runtuh karena pondasi tanah bawahnya hanyut.
- Struktur keras hanya mengurangi erosi secara sementara, tetapi tidak bisa membantu menstabilkan tepian ketika ada tanah longsor yang berat.
- Beton atau dinding penahan dari batu mungkin merupakan cara teknik yang paling umum digunakan di Vietnam untuk menstabilkan lereng di pinggir jalan. Sebagian besar dari dinding ini pasif; hanya menunggu lereng longsor. Ketika lereng longsor, tembok juga longsor, seperti terlihat di banyak wilayah di sepanjang Ho Chi Minh Highway. Gempa bumi juga telah menghancurkan struktur ini.

Meskipun struktur kaku seperti tanggul batu jelas jelas tidak sesuai untuk terapan tertentu seperti stabilisasi bukit pasir, tetapi masih saja dibangun. Sebagaimana yang terlihat di jalan baru di Vietnam tengah.

2.6 Stabilisasi lereng Vegetatif

Vegetasi sudah digunakan sebagai alat bioteknologi alami untuk memperbaiki tanah, mengendalikan erosi dan menstabilkan lereng selama berabad-abad, dan

semakin populer penggunaannya di beberapa puluh tahun belakangan. Hal ini dikarenakan sekarang lebih banyak informasi tentang vegetasi tersedia untuk para insinyur, dan sebagian dikarenakan biayanya yang rendah dan efektifitas dari pendekatan teknik “lembut” yang ramah lingkungan tersebut.

Dengan dampak dari beberapa faktor disebutkan diatas, lereng akan menjadi tidak stabil dikarenakan: 1. erosi permukaan atau “sheet erosion”; dan 2. kelemahan struktur internal. Erosi permukaan ketika tidak dikendalikan sering menyebabkan erosi anak sungai dan parit yang, seiring waktu, akan melabilkan lereng; lemahnya struktur akan menyebabkan pergerakan massal atau longsor. Karena erosi permukaan dapat menyebabkan longsor, perlindungan terhadap permukaan lereng harus sungguh dipertimbangkan sebagai penguatan struktur., tetapi cara ini sering terlupakan. Melindungi permukaan lereng adalah pencegahan yang efektif, ekonomis, dan penting. Pada banyak kasus, penerapan langkah pencegahan akan memastikan lereng tetap stabil, dan selalu lebih murah dari perbaikan.

Tutup perlindungan vegetatif yang disediakan oleh penyemaian rumput, pembibitan hidro atau *hydro-mulching* biasanya cukup efektif melawan erosi permukaan dan erosi dari arus kecil, dan tumbuhan berakar dalam seperti pohon dan semak dapat menguatkan struktur tanah. Tetapi, pada lereng baru, lapisan permukaan sering tidak terkonsolidasi dengan baik, jadi bahkan lereng yang ditanami vegetatif dengan benar tetap tidak bisa mencegah erosi anak sungai dan parit. Pohon berakar dalam tumbuh perlahan dan seringkali sulit ditanam pada tanah yang tidak ramah. Dalam hal ini, para insinyur menyesalkan ketidakefisienan dari tutup vegetatif dan membangun perbaikan struktural langsung setelah konstruksi. Pendeknya, perlindungan permukaan lereng dengan rumput lokal dan pohon tidak dapat, pada banyak kasus, menjamin kestabilan yang diperlukan.

2.6.1 Pro, kontra dan keterbatasan penanam vegetasi pada lereng

Tabel 2: Dampak fisik umum vegetasi pada kestabilan lereng

Dampak	Ciri fisik
<i>Manfaat</i>	
Penguatan akar, lengkung tanah, penopangan, angkuran, penangkapan batuan yang menggelinding oleh pohon	Aerasi akar, distribusi dan morfologi; Kekuatan tarik akar; pemberian jarak, diameter dan penanaman pohon, ketebalan dan kemiringan strata hasil; sifat kekuatan geser tanah
Berkurangnya kelembapan tanah dan meningkatnya hisapan tanah oleh serapan akar dan transpirasi.	Kelembapan tanah; Level air tanah; Tekanan pori/Pengisapan tanah
Intersepsi curah hujan oleh dedaunan, termasuk kehilangan dalam penguapan	Curah hujan bersih pada lereng

Meningkatnya ketahanan hidrolis di irigasi kanal dan parit	<i>Manning's coefficient</i>
Kerugian	
Terganjalnya akar dari batuan dekat permukaan dan batuan besar dan tumbang ketika angin topan	Rasio area akar, distribusi dan morfologi
Terbebaninya lereng oleh pohon besar (berat) (terkadang bermanfaat, tergantung keadaan di lapangan)	Berat rata-rata vegetasi
Beban angin	Rancangan kecepatan angin selama waktu yang ditentukan; tinggi pohon dewasa rata-rata untuk kelompok pohon
Mempertahankan kapasitas infiltrasi	Variasi kelembapan tanah dengan kedalaman

Tabel 3: Pembatasan sudut kemiringan lereng pada penanaman vegetasi

Sudut kemiringan (derajat)	Jenis tumbuhan	
	Rumput	Semak/Pohon
0 - 30	Tingkat kesulitan rendah; bisa dilakukan dengan teknik penanaman rutin.	Tingkat kesulitan rendah; bisa dilakukan dengan teknik penanaman rutin.
30 - 45	Semakin sulit untuk penanaman rizoma atau perumpukan; penerapan rutin hidro-seeding	Semakin sulit untuk penanaman
> 45	Diperlukan pertimbangan khusus	Penanaman harus secara umum pada potong tanah tertentu

2.6.2 Stabilisasi lereng secara vegetatif di Vietnam

Dalam skala kecil, yang lebih lembut, solusi vegetatif telah digunakan di Vietnam. Metode bio-teknologi yang paling populer untuk mengendalikan erosi tepian sungai mungkin adalah penanaman bambu (yang merupakan cara terburuk karena ketika rumpun tersapu banjir dan masuk ke sungai, bambu tersebut bisa menyeret jembatan atau apapun yang tersangkut. Bambu berkekuatan tarik tinggi jadi tidak pecah) Untuk mengendalikan erosi tepian laut, bakau, cemara, nanas liar, dan palem nipah juga digunakan. Sayangnya tanaman tersebut memiliki kelemahan, contohnya:

- Karena berumpun, bambu yang berakar pendek tidak serapat tanaman pagar, karenanya air banjir terkonsentrasi pada celah akar yang meningkatkan daya rusaknya dan menyebabkan lebih banyak erosi.
- Bambu itu berat diatas. Sistem perakarannya yang pendek (1-1.5 meter) tidak sebanding dengan tinggi, dan berat kanopinya. Sehingga, rumpun bambu

- menambah tekanan pada tepian sungai, dan tidak menambah kestabilan.
- Seringkali sistem akar rumpun bambu melabilkan tanah dibawahnya, memicu erosi dan memperluas area longsor. Beberapa wilayah di propinsi Vietnam tengah menunjukkan longsor tepian sesudah penanaman bambu secara meluas.
- Pohon bakau, dimana mereka tumbuh, membentuk penahan yang kuat untuk mengurangi kekuatan ombak, jadi mampu mengurangi erosi tepian laut. Tetapi penanaman bakau sulit dan lamban karena tikus suka memakan bibitnya. Biasanya dari ratusan hektar yang ditanam, hanya sedikit bertahan dan menjadi hutan. Sudah ada laporan demikian di propinsi Ha Tinh.
- Pohon cemara telah ditanam di ribuan hektar bukit pasir di Vietnam Tengah. Nanas liar juga telah ditanam di sepanjang tepian sungai, arus air, dan kanal, serta sepanjang garis kontur lereng bukit pasir. Meskipun mereka mengurangi kekuatan angin dan mengurangi badai pasir, tanaman tersebut tidak dapat menahan arus pasir karena sistem akarnya yang pendek dan tidak membentuk tanaman pagar yang rapat. Meskipun penanaman cemara dan nanas liar pada pematang pasir sepanjang arus kanal di propinsi Quang Binh, pasir tetap saja menyerang tanah subur. Lebih lebih, kedua tanaman sensitif terhadap iklim; pembibitan cemara sulit bertahan melawan musim dingin yang ekstrim dan sporadis (dibawah $-15^{\circ}\text{C}/5\text{F}$), dan nanas liar tidak bisa bertahan melawan musim panas Vietnam Utara yang sangat panas.

Untungnya, Vetiver tumbuh secara cepat, tahan terhadap lingkungan yang tidak ramah, dan sistem akarnya sangat dalam dan banyak menyediakan kekuatan struktural dalam waktu cukup singkat. Karenanya, Vetiver bisa jadi pilihan yang sesuai untuk vegetasi tradisional, ketika teknik berikut ini dipelajari dan diikuti dengan cermat.

3. STABILISASI LERENG DENGAN SISTEM VETIVER

3.1 Karakteristik Vetiver sesuai untuk stabilisasi lereng

Atribut Vetiver yang unik telah diteliti, diuji, dan dikembangkan di daerah tropis, karenanya dapat dipastikan Vetiver sangat efektif sebagai alat bio-teknologi.

- Meskipun secara teknis Vetiver adalah rumput, namun Vetiver digunakan dalam aplikasi menstabilkan lahan lebih baik daripada pohon atau semak . Karena Akar Vetiver, per unit area, lebih dalam dan kuat dibanding akar pohon.
- Sistem akar Vetiver yang sangat dalam dan terstruktur dengan baik dapat mencapai sampai dua atau tiga meter (enam sampai sembilan kaki) di tahun pertama. Pada lereng timbunan tanah, banyak percobaan menunjukkan rumput ini dapat mencapai 3.6 meter (12 kaki) dalam 12 bulan. (harap dicatat bahwa

Vetiver tidak menembus dalam sampai ke dalam permukaan air bawah tanah. Karenanya di area dengan level air tanah yang tinggi, sistem akarnya tidak akan sepanjang di tanah kering). Sistem akar Vetiver yang ekstensif dan tebal mengikat tanah sehingga sulit untuk tersapu, dan Vetiver sangat toleran terhadap kekeringan.

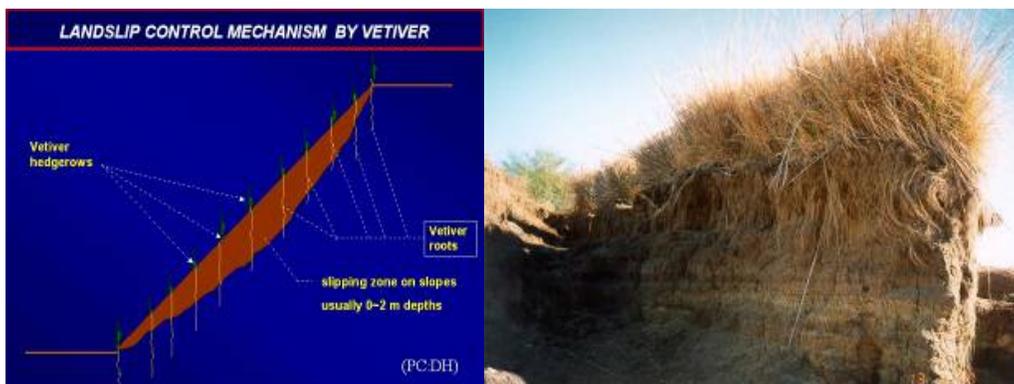
- Sekuat atau lebih kuat dari spesies kayu keras, akar Vetiver memiliki daya tarik yang sangat tinggi yang terbukti positif untuk penguatan lereng curam.
- Akar Vetiver memiliki daya tarik rata-rata sekitar 75 Mega Pascal (MPa), yang sejajar dengan 1/6 dari kekuatan baja ringan dan peningkatan kekuatan geser sebanyak 39% pada kedalaman 0.5 meter (1.5 kaki)
- Akar Vetiver dapat menembus tanah padat seperti tanah padas keras dan tanah lempung gumpal yang umumnya ada di tanah tropis, yang menyediakan penahan yang baik untuk tanah timbunan dan permukaan.
- Ketika ditanam merapat, tumbuhan Vetiver membentuk pagar padat yang mengurangi kecepatan arus, mengalihkan limpasan air, menciptakan penyaring yang sangat efektif yang mengendalikan erosi. Tanaman pagar mengurangi arus dan menyebarkan, memberi waktu bagi air untuk meresap ke dalam tanah.
- Sebagai penyaring yang sangat efektif, pagar Vetiver membantu mengurangi kekeruhan akibat limpasan air. Karena akar baru berkembang dari tunas yang terkubur oleh sedimen yang terperangkap, Vetiver akan terus tumbuh ketika level tanah naik. Teras akan terbentuk pada tanah tanaman pagar, dan sediman sebaiknya tidak dipindahkan. Sedimen yang subur biasanya berisi bibit tanaman lokal yang membantu pertumbuhannya kembali.
- Vetiver toleran terhadap iklim ekstrim dan lingkungan yang beragam, termasuk kekeringan berkepanjangan, banjir dan perendaman, dan suhu yang ekstrim dari -14°C sampai 55°C (7° F sampai 131°F) (Truong *et al*, 1996)
- Rumput ini tumbuh lagi dengan cepat sesudah kekeringan, beku, asin dan keadaan tanah lain yang berbeda ketika suhu-suhu ekstrim tadi berlalu.
- Vetiver menunjukkan toleransi tinggi terhadap keasaman tanah, salinitas, sodisitas dan kondisi asam sulfat (Le van Du and Truong, 2003).

Vetiver sangat efektif ketika ditanam berdekatan pada baris di kontur lereng. Garis kontur Vetiver dapat menstabilkan lereng alami, potongan lereng dan tanggul isian. Sistem akarnya yang kaku dan dalam membantu menstabilkan struktur lereng sementara tunas-tunasnya memencarkan limpasan, mengurangi erosi, dan menjebak sedimen agar spesies lokal tumbuh. Foto 1



Foto 1: Vetiver membentuk penyangga alami yang tebal dan efektif

Hengchaovanich (1998) juga mengamati bahwa Vetiver dapat tumbuh secara vertikal pada lereng yang lebih curam dari 150% (~56°). Pertumbuhannya yang cepat dan penguatannya yang luar biasa menjadikannya tumbuhan yang bagus untuk stabilisasi lereng dibanding tumbuhan lain. Ciri kecil lain yang membedakannya dari tumbuhan akar lainnya adalah kemampuannya menembus tanah. Kekuatannya mampu menembus tanah yang sulit, lapisan keras tanah, dan permukaan berbatu dengan titik-titik lemah. Bahkan Vetiver mampu menembus aspal jalan. Penulis yang sama menyebutkan akar Vetiver sebagai paku tanah hidup atau pasak 2-3m (6-9 kaki) yang umumnya digunakan sebagai “pendekatan keras” untuk stabilisasi lereng. Dikombinasikan dengan kemampuannya tumbuh cepat di kondisi tanah yang sulit membuat Vetiver lebih cocok untuk stabilisasi lereng dibanding tanaman lain.



Gambar 1: Kiri: Dasar-dasar stabilisasi lereng dengan Vetiver; kanan: akar Vetiver menahan dinding dam ini, melindunginya dari tersapu banjir

3.2 Karakteristik khusus Vetiver sesuai untuk mitigasi bencana air

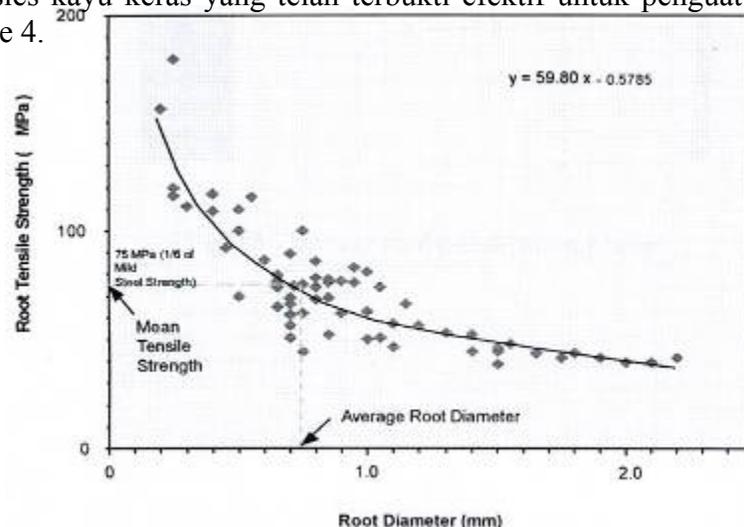
Untuk mengurangi dampak bencana air seperti banjir, erosi tepian sungai dan pantai, kelabilan dam dan tanggul, Vetiver ditanam pada baris paralel atau melintang arisan air atau arah ombak. Karakteristik unik lain yang sangat bermanfaat:

- Dengan kedalaman dan kekuatan akarnya, Vetiver dewasa sangat tahan terhadap pengikisan dari arus deras. Vetiver yang ditanam di Queensland utara (Australia) tahan terhadap arus lebih cepat dari 3.5m/detik (10'/detik) di sungai dalam situasi banjir dan, di Queensland selatan, sampai 5m/detik (15'/detik) di drainase dalam keadaan banjir.
- Pada arus lambat ataupun dangkal, batang Vetiver yang tegak dan kaku berguna sebagai penahan yang mengurangi kecepatan arus (yaitu meningkatkan ketahanan hidrolis) dan menjebak sedimen yang terkikis. Vetiver juga mampu bertahan di arus sedalam 0.6-0.8m (24-31").
- Daun Vetiver akan merunduk pada arus yang dalam dan kuat, memberikan perlindungan lebih terhadap permukaan tanah sambil mengurangi kecepatan arus.
- Ketika ditanam di bangunan dinding penahan air seperti dam atau tanggul, tanaman pagar Vetiver membantu mengurangi arus, mengurangi ombak tinggi (erosi permukaan), pembudakan, dan tentunya volume air yang mengalir kedalam area yang dilindungi oleh bangunan. Tanaman pagar Vetiver juga membantu mengurangi erosi retrogesif yang sering terjadi ketika arus air atau ombak meredam setelah naik melebihi level struktur penahan air.
- Sebagai tanaman lahan basah, Vetiver tahan hidup jika terendam dalam waktu lama. Peneliti Cina menunjukkan bahwa Vetiver mampu bertahan lebih dari dua bulan di dalam air jernih.

3.3 Kekuatan tarik dan geser dari akar Vetiver

Hengchaovanich dan Nilaweera (1996) menunjukkan bahwa gaya tarik akar Vetiver meningkat seiring berkurangnya diameter akar, menunjukkan akar yang lebih kuat dan baik lebih tahan dibanding akar yang rimbun. Kekuatan tarik akar Vetiver bervariasi antara 40-1880 Mpa pada akar dengan diameter antara 0.2-2.2 mm (.008-.08"). Kekuatan tarik rata-rata sekitar 75 MPa pada diameter akar 0.7-0.8 mm (.03"), yang merupakan ukuran umum akar Vetiver, setara dengan sekitar satu per enam kekuatan baja ringan. Karenanya, akar Vetiver sama kuatnya atau bahkan lebih kuat dibanding spesies kayu keras yang telah terbukti efektif untuk penguat lereng. Gambar 2 dan table 4.

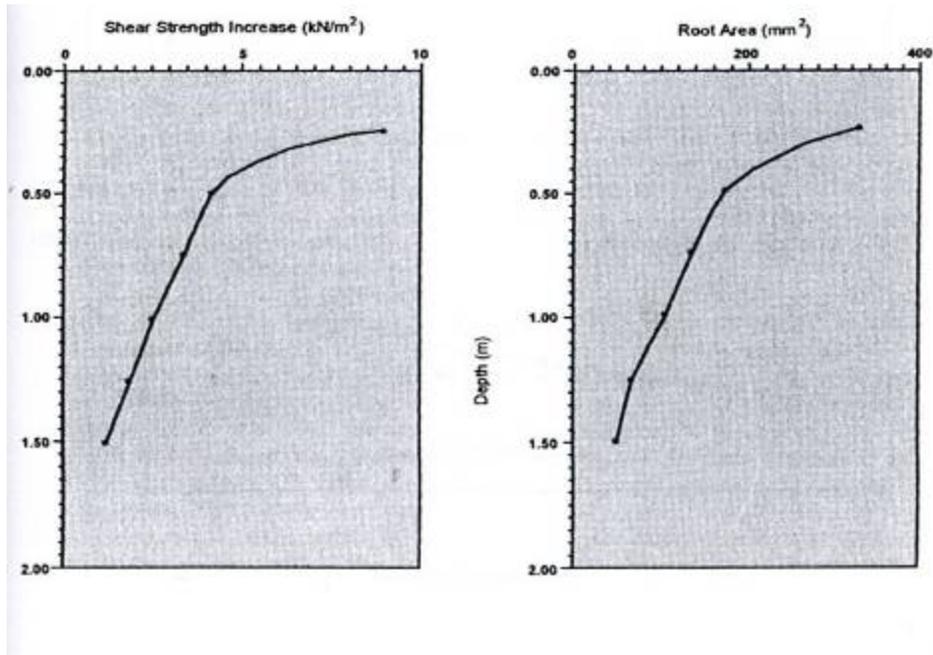
Gambar 2: Distribusi diameter akar



Tabel 4: Kekuatan tarik beberapa akar tanaman

Nama Botani	Nama umum	Kekuatan/gaya tarik (MPa)
<i>Salix</i> spp	Willow	9-36
<i>Populus</i> spp	Poplars	5-38
<i>Alnus</i> spp	Alders	4-74
<i>Pseudotsuga</i> spp	Douglas fir	19-61
<i>Acer sacharinum</i>	Silver maple	15-30
<i>Tsuga heterophyllia</i>	Western hemlock	27
<i>Vaccinium</i> spp	Huckleberry	16
<i>Hordeum vulgare</i>	Rumput Barley, Forbs Moss	15-31 2-20 2-7kPa
<i>Chrysopogon zizanioides</i>	Rumput Vetiver	40-120 (rata-rata 75)

Pada tes geser blok tanah, Hengchaovanich and Nilaweera (1996) juga menemukan bahwa penetrasi akar Vetiver yang berusia 2 tahun ditanam dengan jarak 15cm (6") dapat meningkatkan kekuatan geser tanah, pada penanaman yang sejajar dengan jarak 50 cm (20") sebanyak 90% pada kedalaman 0,25 m (10"). Kenaikannya 35% pada kedalaman 0,50m (1.5') dan pelan-pelan menurun sampai 12.5% pada kedalaman satu meter (3'). Lebih-lebih akar Vetiver yang lebat dan lebar menawarkan kenaikan kekuatan geser yang lebih baik per konsentrasi serat per unit (6-10 kPa/kg akar per meter kubik tanah) dibanding 3.2-3.7 kPa/kg untuk akar pohon (Gambar 3). Penulis menjelaskan bahwa ketika akar tanaman menembus melewati permukaan geser pada profil tanah, pembelokan zona geser menimbulkan ketegangan di akar; komponen ketegangan ini menyinggung zona geser yang secara langsung menahan geseran, sementara komponen yang normal meningkatkan tekanan yang mengurung bidang geser.



Gambar 3: Kekuatan geser akar Vetiver

Cheng *et al* (2003) melengkapi penelitian kekuatan akar Diti Hengchaovanich dengan melakukan uji coba pada rumput lain. Tabel 5. Meski Vetiver memiliki akar terbaik kedua, kekuatan gesernya tiga kali lebih tinggi dibanding tumbuhan lain yang diteliti.

Tabel 5: Diameter dan daya regang akar berbagai tumbuhan

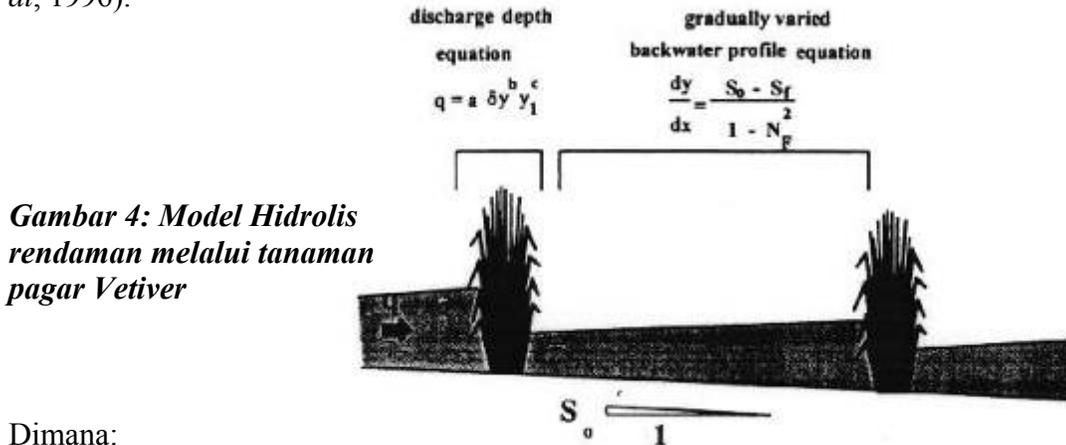
Rumput	Diameter rata-rata akar (mm)	Kekuatan geser rata-rata (MPa)
Late Juncellus	0.38±0.43	24.50±4.2
Rumput Dallis	0.92±0.28	19.74±3.00
White Clover	0.91±0.11	24.64±3.36
Vetiver	0.66±0.32	85.10±31.2
Rumput <i>Centipede</i> umum	0.66±0.05	27.30±1.74
Rumput Bahia	0.73±0.07	19.23±3.59
Rumput Manila	0.77±0.67	17.55±2.85
Rumput Bermuda	0.99±0.17	13.45±2.18

3.4 Karakteristik hidrolis

Ketika ditanam berbaris, tanaman Vetiver membentuk pagar tebal; batangnya yang kaku memungkinkan pagar semak ini berdiri setidaknya 0.6-0.8m (2-2.6’), membentuk dinding hidup untuk memperlambat dan menyebarkan limpasan air.

Jika ditanam dengan benar, pagar ini merupakan struktur yang sangat efektif yang menyebar dan mengalihkan limpasan air ke area yang stabil atau got pembuangan.

Uji coba saluran air dilakukan di University of Southern Queensland untuk mempelajari desain dan penggabungan pagar Vetiver kedalam rancang penanaman jalur untuk mitigasi banjir membuktikan adanya karakteristik hidrolis Vetiver dibawah arus dalam. Gambar 4. Tanaman pagar dengan baik mengurangi arus banjir dan gerakan tanah yang terbatas; strip yang kosong mengalami sangat sedikit erosi, dan sorgum muda benar-benar terlindungi dari kerusakan banjir ((Dalton *et al*, 1996).



Gambar 4: Model Hidrolis rendaman melalui tanaman pagar Vetiver

Dimana:

q = volume unit per lebar

y = kedalaman arus y_1 = kedalaman hulu

S_0 = kemiringan tanah S_f = energi lereng N_F = jumlah Froude dari arus

3.5 Tekanan pori air

Vegetasi pada lereng meningkatkan perembesan air. Telah dikawatirkan bahwa kelebihan air akan meningkatkan tekanan pori air di tanah dan menyebabkan ketidakstabilan lereng. Tetapi, pengamatan di lapangan sebenarnya menunjukkan perbaikan. Pertama, ditanam di garis kontur atau garis yang dimodifikasi yang menangkap dan menyebarkan limpasan air pada lereng, sistem akar Vetiver yang ekstensif dan menyebar mendistribusikan kelebihan air lebih rata dan bertahap serta membantu mencegah pengumpulan air di satu tempat.

Kedua, peningkatan perembesan yang mungkin terjadi diimbangi dengan penipisan air tanah yang bertahap dan lebih tinggi yang dilakukan oleh rumput. Penelitian pada kompetisi kelembaban tanah pada tanaman di Australia (Dalton *et al*, 1996) menunjukkan bahwa, pada keadaan curah hujan rendah, pengurangan air tersebut akan mengurangi kelembaban tanah sampai 1.5m (4.5') pada tanaman pagar. Hal ini akan meningkatkan rembesan air di zona tersebut, menyebabkan pengurangan limpasan air dan tingkat erosi. Dari sudut pandang geoteknik, keadaan ini

membantu mempertahankan kestabilan lereng. Pada lereng dengan kecuraman (30-60°), jarak antar baris pada 1m (3') VI (Vertical Interval) sangatlah dekat. Karenanya, berkurangnya kelembapan akan lebih meningkatkan proses stabilisasi lereng. Meski demikian, untuk mengurangi dampak yang bisa merusak ini, sebagai tindakan pencegahan, pagar Vetiver dapat ditanam pada kecuraman 0.5% sebagaimana di kontur terasering untuk menyalurkan sisa air kedalam drainase (Hengchaovanich, 1998).

3.6 Penerapan VS dalam mitigasi bencana alam dan perlindungan infrastruktur

Karena karakteristiknya yang unik Vetiver umumnya berguna dalam mengendalikan erosi pada lereng akibat kerukan maupun urukan dan pada lereng yang terkait dengan konstruksi jalan, dan khususnya efektif untuk tanah yang mudah terkikis dan rapuh, seperti tanah sodik, berasam, dan mengandung asam sulfat.,

Penanaman Vetiver telah sangat efektif untuk pengendalian erosi atau stabilisasi dibawah ini:

- Stabilisasi lereng sepanjang jalan raya dan rel kereta api. Sangat efektif di sepanjang jalan pedesaan di pegunungan, dimana masyarakat mengalami kekurangan dana untuk stabilisasi lereng dan di tempat dimana konstruksi jalan sering diperlukan.
- Stabilisasi tanggul dan dinding/tembok bendungan, pengurangan erosi kanal, erosi tepian sungai dan pantai, dan perlindungan struktur keras (seperti talud batuan, dinding penahan beton, bronjong dsb.)
- Lereng diatas katub dan *outlet* gorong gorong (gorong-gorong, penopang)
- Pemisah antara struktur semen dan batuan dan permukaan tanah yang mudah terkikis.
- Sebagai penyaring untuk memerangkap sedimen pada katup gorong-gorong
- Untuk mengurangi energi pada *outlet* gorong gorong.
- Untuk menstabilkan erosi bagian atas parit, ketika pagar Vetiver ditanam di garis kontur diatas parit.
- Untuk menghilangkan erosi yang disebabkan oleh ombak, dengan menanam beberapa baris Vetiver pada batas atas air pasang di tembok penahan dam pertanian yang besar atau di tepian sungai
- Pada penanaman hutan, Vetiver digunakan untuk menstabilkan bahu jalan pada lereng curam dan parit (jalur penebangan) yang dibuat untuk panen berikutnya.

Karena karakteristiknya yang unik, Vetiver dengan efektif mengendalikan bencana air seperti banjir, erosi tepian pantai dan sungai, erosi dam dan tanggul/pematang, dan ketidakstabilan lain. Juga melindungi jembatan, penopang gorong-gorong dan

penghubung antara beton/struktur batuan dan tanah. Vetiver khususnya efektif di wilayah dimana tanah timbunan tanggul mudah terkikis dan tidak padat, seperti tanah sodik, alkalin, dan asam (termasuk asam sulfat).

3.7 Kelebihan dan kekurangan Sistem Vetiver

Kelebihan:

- Kelebihan utama VS dibanding tindakan teknik lain adalah biayanya yang murah dan umurnya yang panjang. Untuk stabilisasi lereng di Cina, contohnya, penghematan mencapai 85-90% (Xie, 1997 dan Xia et al, 1999). Di Australia, biaya yang dihemat dengan VS dibanding metode teknis lain berkisar antara 64% sampai 72%, tergantung metode yang digunakan (Braken and Truong 2001). Singkatnya, biaya maksimumnya hanya 30% dari biaya tindakan tradisional. Selain itu biaya pemeliharaan tahunan berkurang secara signifikan ketika tanaman pagar Vetiver telah tumbuh.
- Dibandingkan bio-teknologi yang lain, VS selain alami juga merupakan cara yang ramah lingkungan untuk mengendalikan erosi dan menstabilisasikan lahan yang ‘melembutkan’ tindakan teknis konvensional yang keras seperti beton dan struktur batu. Hal ini utamanya penting di daerah urban dan wilayah semi-pedalaman dimana orang-orang lokal tidak menyukai pembangunan prasarana “keras”
- Biaya perawatan jangka panjangnya rendah. Tidak seperti struktur teknik konvensional, teknologi hijau jadi lebih baik ketika vegetatif penutup tumbuh. VS memerlukan rencana perawatan yang matang pada saat dua tahun pertama; tetapi ketika sudah tumbuh, pada hakekatnya sudah tidak diperlukan perawatan. Karenanya, penggunaan Vetiver khususnya sesuai untuk area terpencil dimana biaya perawatan mahal dan sulit.
- Vetiver sangat efektif pada tanah yang tidak subur dan mudah terkena erosi serta di tanah yang tidak padat.
- VS khususnya sesuai untuk daerah dengan biaya pekerja yang murah.
- Pagar Vetiver adalah alami dan merupakan bio teknologi yang lembut, alternatif yang ramah lingkungan dibanding struktur yang kasar atau keras.

Kekurangan:

- Kekurangan utama VS adalah ketidaktoleranan Vetiver terhadap peneduh, khususnya pada saat pertumbuhan. Peneduhan sebagian memperlambat pertumbuhannya; peneduhan yang banyak bisa membunuhnya dalam jangka panjang dengan mengurangi kemampuannya untuk bersaing dengan spesies yang toleran terhadap keteduhan. Tetapi kelemahan ini bisa jadi menguntungkan dalam keadaan dimana stabilisasi awal memerlukan tanaman pelopor untuk meningkatkan kemampuan mikro-lingkungan untuk menjadi

tempat spesies endemik asli baik yang direncanakan maupun yang tumbuh sendiri.

- Sistem Vetiver hanya efektif ketika tanaman benar-benar telah tumbuh. Penanaman yang efektif memerlukan periode pertumbuhan awal selama 2-3 bulan di cuaca hangat dan 4-6 bulan di cuaca lebih sejuk. Kelambatan tersebut bisa diantisipasi dengan menanam lebih awal, dan di musim kering.
- Pagar Vetiver sepenuhnya efektif hanya ketika tanaman membentuk pagar rapat. Celah yang ada antar rumpun harus ditanami ulang pada saat yang tepat.
- Sulit untuk mengairi tanaman di lereng yang tinggi atau curam.
- Vetiver memerlukan perlindungan dari ternak selama masa awal pertumbuhan.

Dengan alasan-alasan tersebut, kelebihan penggunaan VS sebagai alat bio-teknologi lebih besar daripada kekurangannya, khususnya ketika Vetiver digunakan sebagai spesies pelopor.

Bukti-bukti di dunia mendukung penggunaan VS untuk menstabilkan tanggul. Vetiver telah dengan sukses menstabilkan sisi jalan, diantaranya, di Australia, Brazil, Amerika Tengah, Cina, Etiopia, Fiji, India, Italia, Madagascar, Malaysia, Filipina, Afrika Selatan, Sri Lanka, Venezuela, Vietnam, dan West Indies. Diterapkan sesuai dengan terapan geoteknologi, Vetiver telah digunakan untuk menstabilkan tanggul di Nepal dan Afrika Selatan.

Kombinasi dengan jenis perbaikan lain

Vetiver efektif baik ditanam sendiri atau digabung dengan metode tradisional. Misalnya, pada bagian tertentu tepian sungai atau tanggul, batu atau talud beton dapat menguatkan bagian bawah air dan Vetiver menguatkan bagian atas. Penerapan tandem ini menciptakan stabilitas dan keamanan (yang tidak selalu benar ataupun diperlukan). Vetiver juga dapat ditanam dengan bambu, tumbuhan yang biasanya dipakai untuk melindungi tepian sungai. Pengalaman menunjukkan bahwa menggunakan bambu saja memiliki kelemahan yang bisa diatasi dengan menambahkan Vetiver. Seperti yang disebutkan sebelumnya, bambu yang tersapu air dapat menciptakan masalah serius di sungai yang jembatan-jembatan penyeberangannya rendah.

3.8 Modelling dengan komputer

Software yang dikembangkan oleh Prati Amati, Srl (2006) bekerjasama dengan University of Milan menunjukkan persentasi atau jumlah kekuatan geser yang akar Vetiver tambahkan pada beragam tanah dibawah tanaman pagar Vetiver. Software ini membantu mengakses kontribusi Vetiver untuk menstabilkan lereng yang curam, khususnya tanah tanggul. Pada kondisi tanah dan lereng yang biasa, instalasi Vetiver akan meningkatkan stabilitas lereng sekitar 40%

Penggunaan software memerlukan operator untuk memasukkan parameter geoteknologi terkait dengan lereng tertentu berikut ini:

- Jenis tanah
- Kemiringan lereng
- Kelembapan maksimum
- Kohesi tanah minimum

Program ini memerlukan beberapa tumbuhan per meter persegi dan jarak tanam antar baris, dan mempertimbangkan kemiringan lereng. Misalnya:

- Lereng 30° memerlukan 6 tanaman per meter persegi (yaitu 7-10 tanaman per meter lurus) dan jarak antar baris sekitar 1,7 m (5.7').
- Lereng 45° memerlukan 10 tanaman per meter persegi (yaitu 7-10 tanaman per meter lurus) dan jarak antar baris sekitar 1 m (3').

4. RANCANGAN DAN TEKNIK YANG SESUAI

4.1 Pencegahan

VS adalah teknologi baru. Sebagai teknologi baru, dasar-dasarnya harus dipelajari dan diterapkan dengan benar untuk mendapatkan hasil terbaik. Kegagalan dalam menerapkan prinsip-prinsip dasarnya akan membuahkan hasil mengecewakan, atau lebih buruk, hasil yang buruk. Sebagai teknik konservasi tanah, dan yang terbaru, sebagai alat bioteknologi, penerapan VS yang efektif memerlukan pengetahuan tentang biologi, ilmu tanah, hidrolik, dan dasar-dasar geoteknologi. Karenanya, untuk proyek skala menengah sampai besar yang melibatkan rancangan teknik dan konstruksi yang signifikan, VS harus di implementasikan oleh spesialis berpengalaman, bukan masyarakat lokal. Tetapi, pendekatan partisipatif dan manajemen berdasarkan komunitas (lokal) juga sangat penting. Karenanya, teknologinya sebaiknya dirancang dan di implementasikan oleh tenaga ahli di bidang terapan Vetiver, terkait dengan agronomis dan teknik geoteknologi, dengan bantuan petani lokal.

Selain sebagai rumput, Vetiver lebih bersifat seperti pohon, karena sistem akarnya yang dalam dan besar. Yang lebih “membingungkan” lagi, VS dapat menggunakan berbagai karakteristiknya untuk penerapan yang berbeda-beda. Contohnya, akarnya yang dalam menstabilkan tanah, daunnya yang tebal menyebarkan air dan memerangkap sedimen, toleransinya yang mengagumkan terhadap kondisi tidak ramah membuat Vetiver mampu merehabilitasi tanah dan kontaminasi air.

Kegagalan VS, dalam banyak hal, disebabkan buruknya penerapan bukan buruknya rumput tersebut atau teknologinya. Contohnya, pada satu kasus, Vetiver digunakan di Filipina untuk menstabilkan lereng di pinggir jalan raya baru. Hasilnya sangat mengecewakan dan gagal. Pada akhirnya diketahui bahwa insinyur yang menangani VS, kebun bibit yang mensuplai material tanaman, dan pengawas lapangan serta pekerja yang menanam Vetiver kurang berpengalaman dan kurang pelatihan tentang penggunaan VS untuk stabilisasi lereng curam.

Pengalaman di Vietnam menunjukkan bahwa Vetiver telah dengan sangat berhasil digunakan ketika diterapkan dengan benar. Tidaklah mengejutkan jika penerapan yang tidak sesuai menyebabkan kegagalan. Penerapan di Central Highlands di Vietnam menunjukkan bahwa Vetiver telah dengan efektif melindungi tanggul jalan. Tetapi, ada juga kegagalan yang terjadi pada penerapan besar-besaran pada lereng curam dan sangat tinggi tanpa teras di sepanjang jalan raya Ho Chi Minh. Singkatnya, untuk memastikan VS berhasil, pembuat keputusan, perancang dan insinyur yang merencanakan penggunaan VS untuk perlindungan prasarana sebaiknya mengambil langkah-langkah pencegahan berikut:

Pencegahan teknis:

- Agar berhasil, rancangan sebaiknya di cek dan diciptakan oleh orang-orang terlatih.
- Setidaknya beberapa bulan pertama ketika tanaman mulai tumbuh, tempat penanaman harus benar-benar stabil. Vetiver menunjukkan keberhasilan fungsinya ketika dewasa, dan lereng bisa jadi longsor pada masa sebelum itu.
- VS hanya bisa diterapkan untuk lereng tanah dengan kecuraman tidak melebihi 45-50°.
- Vetiver tidak bertumbuh baik pada keteduhan, jadi jangan ditanam dibawah jembatan atau peneduh lain.

Pencegahan untuk pengambilan keputusan, perencanaan dan pengorganisasian:

- Waktu: penanaman harus mempertimbangkan musim dan lama waktu yang diperlukan untuk penanaman.
- Pemeliharaan dan perbaikan: pada tahap awal, ada periode dimana Vetiver belum efektif. Perencanaan dan penganggaran harus mempertimbangkan penggantian untuk beberapa hal.
- Pembelian: Semua input sebaiknya diambil dari penduduk lokal (tenaga kerja, pupuk kandang, material penanaman, kontrak perlengkapan). Pemberian lapangan kerja menyediakan insentif bagi penduduk lokal untuk melindungi tanaman selama masa-masa awal dan masa pertumbuhannya, dan untuk mempertahankan kualitas dan keberlanjutan.

- Keterlibatan masyarakat: Sebanyak mungkin, masyarakat lokal harus dilibatkan dalam perancangan, pembelian material, dan tahap pemeliharaan. Kontrak dengan masyarakat lokal harus disiapkan mencakup pembibitan, perincian kualitas dan kuantitas, dan pemeliharaan/perlindungan.
- *Timing*: Pembuat keputusan harus siap berinovasi dan mempertimbangkan VS dalam perencanaan dan penganggaran mereka. Untuk itu, mereka memerlukan insentif untuk memasukkan metode yang murah dalam perencanaan, sebagaimana mereka memiliki insentif, dapat dibenarkan ataupun tidak, untuk mengadopsi metode konvensional yang lebih mahal.
- Integrasi: Pembuat keputusan sebaiknya merekomendasikan VS sebagai bagian dari pendekatan komprehensif terhadap perlindungan prasarana, diterapkan pada skala yang cukup besar untuk memastikan peningkatan keahlian dan hasil secara nyata dan merata. VS tidak seharusnya dianggap hanya sebagai langkah kompromi untuk penduduk lokal, meskipun Vetiver mampu menyediakan hasil yang tepat dan cepat.

4.2 Waktu penanaman

Waktu penanaman Vetiver sangat mempengaruhi keberhasilan dan biaya. Penanaman pada musim kering mengharuskan pengairan yang banyak dan mahal. Pengalaman di Central Vietnam menunjukkan bahwa pengairan tiap hari atau dua kali sehari diperlukan untuk menumbuhkan Vetiver di kondisi yang keras di bukit pasir. Tidak adanya pengairan menghambat pertumbuhan. Karena sulit untuk menemukan waktu yang tepat untuk penanaman besar-besaran pada lereng buatan sepanjang jalan raya Ho Chi Minh, misalnya, pengairan mekanik diperlukan setiap hari pada beberapa bulan pertama.

Vetiver umumnya memerlukan 3-4 bulan untuk bertumbuh, terkadang sampai 5-6 bulan pada kondisi yang buruk. Karena Vetiver baru benar-benar efektif di usia 9-10 bulan, penanaman massal sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan (yaitu pengembangan bibit dan produksi material tanaman sebaiknya dirancang menyesuaikan dengan jadwal penanaman massal).

Khususnya di Vietnam Utara, dimungkinkan menanam pada periode musim dingin-musim semi. Ketika suhu lebih rendah dari -10°C (50°F) di Vietnam Utara, rumputnya tidak tumbuh. Tetapi, Vetiver bisa bertahan di cuaca dingin dan tumbuh kembali segera ketika hujan musim dingin mulai terjadi dan cuaca menghangat.

Di Vietnam tengah, dimana suhu udara biasanya diatas 15°C (59 °F), penanaman massal terjadi di awal musim semi. Pembibitan akan memerlukan perawatan lebih untuk memastikan pertumbuhan yang bagus dan penggandaan *slip*.

4.3 Pembibitan/Kebun bibit

Suksesnya sebuah proyek tergantung dari jumlah yang cukup dan kualitas bibit Vetiver. Rincian tentang pembibitan dan pengembangbiakan rumput ini dibahas di Bagian 2. Umumnya tidak diperlukan kebun bibit yang besar untuk menyediakan material tanaman yang cukup. Petani bisa mendirikan kebun bibit kecil (masing-masing beberapa ratus meter persegi). Mereka dikontrak dan dibayar sesuai dengan jumlah *slip* (anakan) yang mereka mampu sediakan berdasar permintaan.

4.4 Persiapan penanaman Vetiver

Pada kasus dimana penanaman melibatkan penduduk lokal, kampanye yang efektif melibatkan langkah-langkah sebagai berikut:

- Langkah 1: Para ahli mengunjungi lokasi tanam, dan mengadakan survei untuk identifikasi masalah dan merancang penerapan teknologi.
- Langkah 2: Membahas masalah dan solusi alternatif dengan penduduk lokal.
- Langkah 3: Menggunakan workshop dan pelatihan untuk mengenalkan teknologi baru
- Langkah 4: Mengadakan percobaan, dengan mendirikan kebun bibit, mengkontrak untuk membeli material tanaman, pemeliharaan dsb.
- Langkah 5: Mengawasi penerapan.
- Langkah 6: Membahas hasil proyek contoh, mengikuti workshop, saling mengunjungi ladang dsb.
- Langkah 7: Mengorganisir penanaman massal.

Dalam kasus dimana perusahaan tertentu menjalankan proses penanaman, langkah 1,4,5 sebaiknya dilakukan (oleh perusahaan tersebut). Tetapi, partisipasi lokal masih disarankan untuk memunculkan kesadaran, menghindari perusakan, dan memastikan *slip* terlindungi dari binatang.

4.5 Spesifikasi rancangan

4.5.1 Lereng alami 'dataran tinggi', lereng akibat tanah dikeruk, lereng penahan jalan dsb.

Untuk menstabilkan lereng alami dataran tinggi, lereng akibat tanah dikeruk, dan lereng penahan jalan, rincian berikut ini dapat diterapkan:

- Lereng tepian tidak melebihi 1 (H) [horisontal]:1 (V) [vertikal] atau 45°, kemiringan 1,5:1. Kemiringan yang lebih rendah dianjurkan jika memungkinkan, khususnya pada tanah yang mudah terkikis dan/atau di area dengan curah hujan tinggi.
- Vetiver seharusnya ditanam melintang lereng pada garis kontur dengan Interval Vertikal (VI) antara 1,0-2,0m (3-6') terpisah, diukur sepanjang lereng.

Jarak 1.0m (3') sebaiknya digunakan pada tanah yang sangat mudah terkikis, yang dapat meningkat sampai 1.5-2.0m (4.5-6') pada tanah yang lebih stabil.

- Baris pertama seharusnya ditanam pada tepian atas dari tembok penahan. Baris ini seharusnya ditanam pada semua tembok penahan yang lebih tinggi dari 1,5m (4,5').
- Baris paling bawah sebaiknya ditanam di dasar tembok penahan di kaki lereng dan pada lereng kerukan sepanjang tepi permukaan saluran air.
- Diantara baris-baris ini, Vetiver seharusnya ditanam seperti rincian diatas.
- *Benching* atau terasering selebar 1-3 m (3-9') untuk setiap 5-8m (15-24') VI dianjurkan untuk lereng yang lebih tinggi dari 10 m (30').

4.5.2 Tepian sungai, erosi tepi pantai, dan bangunan penahan air yang tidak stabil

Untuk mitigasi banjir dan perlindungan tepi pantai, tepian sungai dan tanggul, rincian rancangan berikut ini dapat digunakan:

- Maksimum lereng tepian tidak boleh melebihi 1.5(H):1(V). Lereng tepian yang dianjurkan adalah 2,5:1. Catatan: sistem tanggul laut di Hai Hau (Nam Dinh) dibangun dengan lereng tepian 3:1 sampai 4:1
- Vetiver sebaiknya ditanam di dua arah:
 - Untuk stabilisasi tepian, Vetiver sebaiknya ditanam dengan baris paralel dengan arah arus air (horisontal), dengan garis kontur berjarak sekitar 0.8-1.0m (2.5-3') terpisah (diukur sepanjang lereng). Rincian rancangan terbaru untuk melindungi sistem tanggul laut di Hai Hau (Nam Dinh) termasuk jarak antara baris diturunkan menjadi 0.25 m. (.8').
 - Untuk mengurangi kecepatan aliran, Vetiver seharusnya ditanam di baris normal (sudut kanan) mengalir pada jarak antar baris 2,0m (6') untuk tanah yang mudah terkikis dan 4,0m (12') untuk tanah yang stabil. Sebagai perlindungan tambahan, baris normal ditanam dengan jarak 1.0m (3') terpisah dari tanggul sungai di Quang Ngai.
- Baris horisontal pertama seharusnya ditanam di puncak tepian dan baris terakhir seharusnya ditanam di batas air yang paling rendah di tepian. Catatan: karena ketinggian air di beberapa lokasi berubah tergantung musim, Vetiver dapat ditanam jauh lebih rendah dari tepian pada saat yang tepat.
- Vetiver seharusnya ditanam di kontur sepanjang tepian antara baris atas dan bawah dengan jarak sebagaimana disebutkan di atas.
- Karena level air yang tinggi, baris paling bawah kemungkinan lebih lambat bertumbuh dibanding yang atas. Pada kasus tersebut, baris yang lebih bawah seharusnya ditanam pada saat tanah kering. Beberapa penerapan VS melindungi anti-salinitas tanggul; pada kasus tersebut, air kemungkinan jadi lebih asin pada waktu tertentu di tahun tersebut, yang mungkin mempengaruhi pertumbuhan Vetiver. Pengalaman di Quang Ngai menunjukkan bahwa Vetiver dapat

digantikan dengan varietas yang toleran terhadap salinitas, termasuk pakis bakau.

- Untuk semua penerapan, VS dapat digunakan secara kombinasi dengan cara tradisional dan struktural lain seperti batu atau beton, dan dinding penahan. Contohnya, bagian bawah tanggul/pematang dapat ditutup dengan kombinasi batu dan geo-textil sementara sebagian bagian atas dilindungi dengan pagar Vetiver.

4.6 Spesifikasi penanaman

- Gali parit dengan ukuran dalam dan lebar sekitar 15-20cm (6-8")
- Tempatkan tanaman yang berakar baik (dengan 2-3 tunas per potong) ditengah masing-masing baris dengan jarak tanam 100-120mm (4-5") untuk tanah yang mudah terkikis, dan 150mm (6") untuk tanah normal.
- Karena tanah pada lereng, tembok penahan jalan dan tanggul/pematang yang terisi tidak subur, maka dianjurkan menggunakan bibit tanaman dalam pot atau plastik polibag untuk penanaman skala besar dan pertumbuhan yang cepat. Lebih baik ditambahkan dengan campuran (adukan) pupuk kandang dan tanah. Untuk melindungi tepian sungai alami dimana tanahnya biasanya subur dan penyiraman awal dapat dipastikan tanpa usaha ekstra, penanaman akar telanjang sudah cukup.
- Tutupi akar dengan 200-300mm (8-12") tanah dan mampatkan.
- Beri pupuk Nitrogen dan Phosporus seperti DAP (Di Ammonium Phosphate) atau NPK (ingat bahwa dari pengalaman Vetiver tidak merespon dengan baik kalium oksida) sebanyak 100g (3.5oz) per linier meter (baris) Sejumlah yang sama dari lemon mungkin diperlukan ketika menanam di tanah asam dan sulfat.
- Siram pada saat penanaman.
- Untuk mengurangi pertumbuhan rumput liar selama masa penumbuhan, herbisida *pre-emergent* (yang mencegah rumput liar tumbuh) seperti Atrazine dapat digunakan.

4.7 Perawatan

Penyiraman

- Di musim kering, siram tiap hari selama dua minggu pertama sesudah penanaman lalu setiap dua hari sekali.
- Siram dua kali seminggu sampai tanaman benar-benar tumbuh.
- Tanaman dewasa tidak lagi memerlukan penyiraman.

Penanaman kembali

- Selama bulan pertama sesudah penanaman, gantikan semua tanaman yang mati atau yang tersapu air.
- Terus amati sampai tanaman benar-benar tumbuh.

Pengendalian rumput liar

- Pengendalian rumput liar khususnya tanaman rambat, selama tahun pertama.
- JANGAN GUNAKAN herbisida *RoundUp* (glisofat). Vetiver sangat sensitif terhadap glisofat, jadi seharusnya tidak digunakan untuk mengendalikan rumput liar yang tumbuh di sela-sela baris.

Pemupukan

Pada tanah yang tidak subur, pupuk DAP atau NPK diterapkan pada awal musim hujan kedua.

Pemotongan

Sesudah lima bulan, pemotongan teratur (pemangkasan) juga sangat penting. Tanaman pagar sebaiknya dipotong setinggi 15-20 cm (6-8”) diatas tanah. Teknik sederhana ini membantu pertumbuhan tunas baru dari dasar dan mengurangi volume daun-daun kering yang jika tidak ditanam meneduhi tunas baru. Pemangkasan juga merapikan tanaman pagar kering dan dapat meminimalkan bahaya kebakaran.

Potongan daun segar juga dapat digunakan sebagai pakan ternak, kerajinan, dan bahkan atap. Harap dicatat bahwa Vetiver ditanam untuk tujuan mengurangi bencana alam, tidak boleh digunakan secara berlebihan untuk tujuan sekunder.

Pemotongan berikutnya dapat dilakukan dua atau tiga kali setahun. Perawatan harus dilakukan untuk memastikan rumput memiliki daun yang panjang selama musim angin topan. Vetiver dapat dipotong segera sesudah musim topan berakhir. Waktu yang tepat lainnya untuk memotong Vetiver adalah sekitar 3 bulan sebelum musim topan mulai.

Pemagaran dan perawatan

Selama beberapa bulan masa pertumbuhan, pemagaran dan perawatan diperlukan untuk melindungi Vetiver dari penjarahan dan ternak. Batang tua dari Vetiver dewasa cukup kuat untuk mencegah ternak masuk. Bila perlu, disarankan untuk memagari area tersebut guna melindungi rumput selama beberapa bulan pertama setelah penanaman.

5. PENERAPAN VS UNTUK PENGURANGAN BENCANA ALAM DAN PERLINDUNGAN INFRASTRUKTUR DI VIETNAM

5.1 Penerapan VS untuk perlindungan bukit pasir di Vietnam tengah

Sebuah wilayah yang sangat luas, lebih dari 70.000 hektar (175.000 acres), di sepanjang garis pantai Vietnam Tengah tertutup bukit pasir dimana keadaan iklim dan tanahnya sangat buruk. Semburan pasir sering terjadi ketika bukit pasir pindah dibawa oleh angin. Aliran pasir juga sering terjadi karena banyaknya sungai permanen maupun sementara. Hembusan dan aliran pasir memindahkan sejumlah besar pasir dari gundukan ke lembah tepian pantai yang sempit. Sepanjang garis pantai Vietnam tengah, “lidah” pasir raksasa menggigit lembah setiap harinya. Pemerintah telah lama mengimplementasikan penanaman kembali dengan varietas seperti Casuarinas, nanas liar, eucalyptus, dan akasia. Tetapi, ketika sudah benar-benar tumbuh dan kuat, tumbuhan tersebut hanya mengurangi hembusan pasir. Sampai sekarang, belum ada cara untuk mengurangi aliran pasir (pohon tidak bisa menstabilkan bukit pasir, khususnya pada permukaannya, hal ini dicoba di Afrika Utara oleh FAO dengan biaya yang besar namun gagal)

Pada bulan Februari 2002, dengan bantuan dana Kedutaan Belanda Small Program dan dukungan teknis dari Elise Pinnars dan Pham Hong Duc Phuoc, Tran Tan Van dari RIGMR memulai sebuah percobaan untuk menstabilkan bukit pasir di sepanjang garis pantai Vietnam Utara. Bukit pasir terkikis sangat parah oleh sungai yang berfungsi sebagai batas alami antara petani dan korporasi kehutanan. Erosi terjadi setelah beberapa tahun, menimbulkan konflik yang memuncak antara dua kalangan. Vetiver ditanam berbaris di sepanjang kontur bukit pasir. Setelah empat bulan Vetiver membentuk tanaman pagar dan menstabilkan bukit pasir. Kalangan kehutanan sangat terkesan sehingga memutuskan untuk menanam massal rumput ini di gundukan lain dan bahkan menggunakannya untuk melindungi penopang jembatan. Vetiver selanjutnya mengejutkan penduduk lokal karena bertahan di musim dingin yang terdingin semenjak 10 tahun terakhir, ketika suhu turun sampai -10°C (50°F), memaksa petani untuk dua kali menanam kembali padi dan Casuarinas mereka. Setelah dua tahun, spesies lokal (umumnya Casuarinas dan nanas liar) kembali tumbuh dengan baik. Rumputnya sendiri pelan-pelan menghilang karena terkena teduhan pohon-pohon tersebut, sesudah menyelesaikan misinya. Proyek ini membuktikan bahwa dengan penanganan yang benar, Vetiver dapat bertahan dari cuaca dan iklim yang sangat tidak ramah. Foto 2

Menurut Henk Jan Verhagen dari Delft University of Technology (pers. comm.), Vetiver mungkin sama efektifnya dalam mengurangi hembusan pasir (perpindahan pasir). Karenanya, rumput ini bisa ditanam melintang arah angin, khususnya di

dataran rendah antara bukit pasir, dimana kecepatan angin biasanya meningkat. Di Pulau Pintang, Cina, di lepas pantai Propinsi Fujian, pagar Vetiver dinilai telah efektif mengurangi kecepatan angin dan hembusan pasir.

Menyusul suksesnya proyek percontohan ini, sebuah lokakarya diselenggarakan pada awal 2003. Lebih dari 40 perwakilan dari departemen pemerintah lokal, berbagai LSM, Universitas Vietnam Tengah, dan propinsi pesisir berpartisipasi. Lokakarya ini membantu para penulis buku dan peserta lain untuk mengumpulkan dan menyatukan budaya lokal terkait waktu penanaman, pengairan, dan pemupukan. Setelah acara tersebut, World Vision Vietnam memutuskan pada tahun 2003 untuk mendanai proyek-proyek lainnya di wilayah Vinh Linh dan Trieu Phong di propinsi Quang Tri untuk menggunakan Vetiver sebagai stabilisasi bukit pasir.

5.1.1 Penerapan uji coba dan promosi VS untuk perlindungan bukit pasir di propinsi daerah pesisir di Quang Binh



Foto 2: Aliran pasir di Le Thuy (Quan Binh) tahun 1999. Kiri: Pondasi pemompaan; kanan: rumah tiga kamar dari bata milik seorang perempuan



Foto 3: Kiri: tempat penanaman; kanan: Awal April 2002, sebulan sesudah penanaman



Foto 4: Kiri: awal Juli 2002, empat bulan setelah penanaman; kanan: November 2002, baris rumput yang padat telah terbentuk.



Foto 5: Kiri: Kebun bibit Vetiver; kanan: November 2002, penanaman massal



Foto 6: Kiri: Vetiver melindungi penopang jembatan sepanjang Nat. Highway nr.1; kanan: Desember 2001, spesies lokal telah menggantikan Vetiver.



Foto 7: Kiri: pertengahan Pebruari 2003, darmawisata sesudah workshop; Catatan: Vetiver bertahan bahkan dari musim dingin terburuk sejak 10 tahun terakhir; kanan: Juni 2003, petani dari propinsi Quang Tri mengunjungi kebun bibit lokal selama kunjungan lapangan yang di sponsori oleh World Vision Vietnam

5.2 Penerapan VS untuk mengendalikan erosi tepian sungai

5.2.1 Penerapan VS untuk erosi tepian sungai di Vietnam Tengah

Dalam kerangka kerja yang sama dengan proyek Kedutaan Belanda diatas, Vetiver ditanam untuk mengatasi erosi di tepian sungai, di tepi tambak udang, dan parit jalan di Da Nang City. Pada Oktober 2001, Departemen Tanggul lokal juga melakukan penanaman massal di tepian beberapa sungai. Setelah itu, pemerintah kota memutuskan untuk mendanai proyek stabilisasi lereng akibat kerukan/potongan dengan menanam Vetiver di sepanjang jalan di pegunungan yang mengarah ke proyek Bana di Da Nang. Hal ini menggambarkan cepatnya adopsi langkah ini.



Foto 8: kiri: Maret 2002: percobaan VS di tepi tambak udang, dimana saluran banjir kanal mengarahkan air banjir ke sungai Dien; kanan; November 2001:

penanaman massal dikombinasikan dengan talud batuan untuk melindungi tepi bantaran di sepanjang sungai Vinh Dien



Foto 9: Kiri: Desember 2004: Vetiver, dikombinasikan dengan talud batuan, berkembang sesudah dua musim banjir (Da Nang); kanan: ditanam oleh petani lokal, Vetiver melindungi tambak udang mereka



Foto 10: Kiri: Vetiver dan talud batuan (atas) dan kerangka beton (bawah) melindungi tanggul; kanan: tikungan di tepi sungai Perfume di Hue

5.2.2 Percobaan VS dan pengenalan untuk perlindungan tepian sungai di Quang Ngai

Sebagai hasil dari proyek percontohan ini, Vetiver dianjurkan digunakan untuk pengurangan bencana alam yang lain di propinsi Quang Ngai, didanai oleh AusAid. Dengan bantuan teknik dari Tran Tan Van pada bulan Juli 2003, Vo Thanh Thuy dan teman kerjanya dari Agricultural Extension Centre wilayah propinsi menanam rumput ini di empat lokasi, kanal irigasi di beberapa wilayah dan tanggul pelindung intrusi air laut. Vetiver tumbuh baik di semua lokasi dan, walaupun masih berusia muda, dapat bertahan dari banjir pada tahun yang sama. Foto 11-14.



Foto 11: kiri: Vetiver ditanam di tanggul sungai sepanjang sungai Tra Bong; kanan: memagari sisi tanggul muara anti-salinitas di sepanjang sungai yang sama



Foto 12: Tanggul anti-salinitas hulu dengan talud beton menghadap sungai (kiri) dan sepanjang satu bagian kanal irigasi, erosi permukaan merusak tepian di ujung lain.



Foto 13: Kiri: tepi sungai Tra Khuc yang tererosi parah, di Binh Toi Commune; kanan: perlindungan kantung pasir



Foto 14: Kiri: Masyarakat lokal menanam Vetiver; kanan: November 2005: tepian tetap utuh sesudah musim banjir

Menyusul percobaan yang sangat sukses tersebut, diputuskan untuk melakukan penanaman Vetiver massal di bagian tanggul lain di tiga wilayah lain, dikombinasikan dengan talud batuan. Modifikasi rancangannya dikenalkan agar Vetiver lebih cocok dengan kondisi lokal termasuk penanaman tanaman bakau rambat dan rumput lain yang toleran terhadap garam di baris paling bawah agar lebih bertahan dari salinitas tinggi dan dengan efektif melindungi kaki tepian. Yang lebih baik lagi, masyarakat lokal lebih siap menggunakan Vetiver untuk melindungi tanah mereka sendiri.

5.2.3 Penerapan VS untuk mengendalikan erosi tepian sungai di Mekong delta

Dengan dukungan keuangan dari Donner Foundation dan bantuan teknis dari Paul Truong, Le Viet Dung dan teman kerjanya di Can Tho University memelopori proyek pengendalian erosi tepian sungai di Mekong delta. Wilayah ini mengalami penggenangan yang lama (sampai 5 bulan), dengan perbedaan level air yang signifikan, sampai 5 m (15'), antara musim kering dan hujan, dan arus air yang sangat kuat di musim hujan. Lebih jauh, tepian sungai berisi tanah dari endapan lumpur sampai lempung, yang sangat mudah terkikis ketika basah. Karena membaiknya ekonomi di tahun-tahun terakhir, sebagian besar kapal yang berjalan di sungai dan kanal menggunakan mesin motor, banyak yang menggunakan mesin kuat yang memperburuk erosi tepian sungai karena menimbulkan ombak yang kuat. Walaupun demikian, Vetiver tetap berdiri, melindungi wilayah pertanian yang luas dari erosi. Foto 15 dan 16.

Program Vetiver yang menyeluruh telah didirikan di propinsi An Giang, dimana banjir tahunan mencapai 6 m (18'). Sistem kanalnya yang panjang, 4932 km (3065 miles), memerlukan pemeliharaan dan perbaikan tahunan. Jaringan tanggul sepanjang 4600 km, melindungi 209.957 ha (525.000 acres) tanah pertanian utama dari banjir. Erosi tanggul ini sekitar 3.75 Mm³/tahun dan memerlukan USD 1,3 M untuk memperbaikinya.

Wilayah ini meliputi 181 kelompok pemukiman, komunitas dibangun diatas material kerukan yang juga memerlukan pengendalian erosi dan perlindungan dari banjir. Tergantung dari lokasi dan kedalaman banjir, Vetiver telah dengan sukses digunakan baik dengan atau tanpa vegetasi lain untuk menstabilkan wilayah ini. Hasilnya, Vetiver sekarang berjajar di sistem tanggul laut dan air juga tepian dan kanal di Mekong delta. Hampir dua juta polibag Vetiver, dengan total 61 km (38mil), ditanam untuk melindungi tanggul antara tahun 2002 dan 2005.

Antara 2006 dan 2010, 11 wilayah di propinsi An Giang diharapkan dapat menanam 2025 km (1258mil) pagar Vetiver di tanah seluas 3100ha (7660acres) dari permukaan tanggul. Karena tidak terlindungi, 3750 Mm³ tanah kemungkinan akan terkikis dan 5 Mm³ harus dikeruk dari kanal. Berdasar biaya terbaru di tahun 2006, total biaya pemeliharaan akan melebihi USD 15.5 M hanya di propinsi ini saja. Penerapan Sistem Vetiver di pedalaman ini akan memberi pendapatan tambahan untuk masyarakat lokal: pekerja untuk menanam, dan wanita serta anak-anak untuk menyiapkan polibag.



Foto 15: Di An Giang Vetiver menstabilkan tanggul sungai (kiri), dan tepian sungai alami (kanan)



Foto 16: Kiri: Vetiver membatasi banjir di piggiran pusat pemukiman; kanan: penanda merah menggambarkan 5m (15') tanah kering yang diselamatkan oleh Vetiver

5.3 Penerapan VS untuk pengendalian erosi pesisir pantai

Dengan bantuan Donner Foundation dan bantuan teknik dari Paul Truong, Le Van Du dari Ho Chi Minh City Agro Forestry University tahun 2001 memulai percobaan tentang tanah asam sulfat untuk menstabilkan kanal dan saluran irigasi dan sistem tanggul laut di propinsi Go Cong. Vetiver tumbuh dengan sangat baik hanya dalam beberapa bulan, meskipun tanah tidak subur. Sekarang Vetiver ini telah melindungi tanggul laut, mencegah erosi permukaan, dan membantu tumbuhnya spesies lokal. Foto 17.



Foto 17: Ditanam di belakang bakau alami pada tanggul laut tanah asam sulfat di propinsi Go Cong, Vetiver mengurangi erosi permukaan dan membantu pertumbuhan kembali rumput lokal.

Atas rekomendasi dari Tran Tan Van, Palang Merah Denmark pada tahun 2004 mendanai proyek percontohan menggunakan Vetiver untuk melindungi tanggul laut di wilayah Hai Hau, propinsi Nam Dinh. Foto 18. Para perencana proyek sangat terkejut dan senang menemukan bahwa Vetiver telah ditanam beberapa tahun sebelumnya. Vetiver melindungi beberapa kilometer bagian dalam dari sistem tanggul laut. Walaupun rancangannya tidak begitu umum, penanaman ini berhasil dan yang lebih penting lagi, telah meyakinkan masyarakat lokal bahwa Vetiver efektif. Sesudah Topan No. 7 bulan September 2005 menghancurkan bagian yang telah dilindungi oleh talud batuan, keefektifan Vetiver tidak diragukan lagi. Petani setempat meminta penanaman massal.



Foto 18: Di Vietnam utara; kiri: Vetiver ditanam di bagian luar tanggul laut yang baru dibangun di propinsi Nam Dinh; kanan: disisi dalam tanggul, ditanam oleh Departemen Tanggul lokal

HRH Putri Maha Chakri Sirindhorn, Thailand, Pelindung The Vetiver Network, sangat peduli dengan kesejahteraan masyarakat yang hidup di area topan di wilayah Ha Long. Keberadaan dan kehidupan mereka tergantung dari stabilitas sistem tanggul laut. Tahun 2006, Putri mendanai sebuah proyek yang dilaksanakan oleh Chaipattana Foundation, yayasan swasta yang didirikan oleh HM The King of Thailand untuk membantu Vietnam menstabilkan tanggul laut di wilayah Hai Hau, propinsi Nam Dinh, yang telah mengalami bencana Topan no. 6 dan 7 bulan September 2005. Di bulan Juli 2006 sekelompok insinyur Thailand dan para ahli Vetiver tiba di Hai Hau untuk menyelesaikan rincian proyek dengan Ministry of Agriculture and Rural Development, Vietnam.

5.4 Penerapan VS untuk menstabilkan lereng penahan jalan



Foto 19: Kiri: Vetiver menstabilkan lereng akibat kerukan sepanjang jalan raya Ho Chi Minh; kanan: Vetiver baik sendiri maupun dikombinasikan dengan cara tradisional

Menyusul kesuksesan percobaan oleh Pham Hong Duc Phuoc (Ho Chi Minh City Agro Forestry University) dan Thien Sinh Co. Dalam penggunaan Vetiver untuk menstabilkan lereng akibat tanahnya dikeruk di Vietnam Tengah, tahun 2003 Ministry of Transport mengesahkan penggunaan Vetiver secara luas untuk menstabilkan lereng sepanjang ratusan kilometer jalan baru Ho Chi Minh dan jalan nasional serta propinsi lain di propinsi Quang Ninh, Da Nang, dan Khanh Hoa. Foto 19

Proyek ini tentunya merupakan salah satu proyek VS terbesar untuk penerapan perlindungan infrastruktur di dunia. Keseluruhan jalan raya Ho Chi Minh lebih dari 3000 km (1864 mil) panjangnya. Jalan ini akan dilindungi oleh Vetiver yang ditanam pada beberapa jenis tanah dan iklim: dari tanah pegunungan yang tipis dan musim dingin di utara sampai tanah berasam asam sulfat dan iklim panas dan lembab di selatan. Penggunaan Vetiver secara meluas untuk menstabilkan lereng akibat tanahnya dikeruk dicontohkan seperti dibawah ini:

- Diterapkan utamanya sebagai tindakan perlindungan permukaan lereng, Vetiver sangat mengurangi limpasan induksi yang menimbulkan erosi, yang dapat menimbulkan kerusakan di muara/hilir (foto 20)
- Dengan mencegah longsor dangkal, Vetiver menstabilkan lereng akibat tanahnya dikeruk yang sangat mengurangi jumlah longsor yang dalam.
- Dalam beberapa hal dimana longsor yang dalam terjadi, Vetiver masih berperan besar dalam memperlambat longsor dan mengurangi longsor massal dan;
- Vetiver mempertahankan keindahan dan keramahan lingkungan jalan.



Foto 20: Kiri: pembuangan sampah batu/tanah yang tidak benar bergerak jauh ke hilir; kanan: memberi dampak untuk desa di wilayah A Luoi, propinsi Thua Tien Hue



Foto 21: Da Deo Pass, Quang Binh: Kiri: Vegetasi penutup yang hancur, menunjukkan hasil buruk dan longsor lereng buatan yang terus menerus; kanan: Baris Vetiver di lereng paling atas secara perlahan menekan ke bawah dan cukup banyak mengurangi longsor yang besar

Di jalan yang mengarah ke Ho Chi Minh Highway, Pham Hong Duc Phuoc benar-benar menunjukkan bagaimana VS seharusnya diterapkan, juga menunjukkan keefektifan dan keberlanjutannya. Beliau dengan hati hati memantau perkembangan Vetiver: pertumbuhannya (65-100%), pertumbuhan terbaiknya (95-160cm (37-63”) sesudah enam bulan), jumlah tunas (18-30 tunas per tanaman), dan kedalaman akar pada lereng penahan. Tabel 6.

Tabel 6: Kedalaman akar Vetiver pada lereng jalan Hon Ba

	Posisi pada lereng	Kedalaman akar (cm/inch)			
		6 bulan	12 bulan	1.5 tahun	2 tahun
	<i>Lereng akibat tanahnya dikeruk (Cut Batter)</i>				
1.	Bawah	70/28	120/47	120/47	120/47
2.	Tengah	72/28	110/43	100/39	145/57
3.	Atas	72/28	105/41	105/41	187/74
	<i>Lereng tanah urukan (Fill Batter)</i>				
4.	Bawah	82/32	95/37	95/37	180/71
5.	Tengah	85/33	115/45	115/45	180/71
6.	Atas	68/27	70/28	75/30	130/51

Keberhasilan dan kegagalan Vetiver untuk melindungi lereng tanah kerukan di sepanjang jalan Ho Chi Minh telah memberi pelajaran bahwa:

- Lereng harus stabil secara internal. Karena Vetiver baru berfungsi ketika sudah

dewasa, lereng mungkin akan longsor untuk sementara waktu. Vetiver mulai menstabilkan lereng dalam tiga atau empat bulan, paling cepat. Karenanya, waktu penanaman sangat penting jika ingin menghindari longsor lereng di musim hujan.

- Sudut kemiringan lereng yang tepat tidak boleh melebihi 45-50° dan;
- Pemangkasan secara teratur akan menjamin pertumbuhan terus menerus dan pertumbuhan tunas rumput yang tentunya memastikan pertumbuhan tanaman pagar yang lebat dan efektif.



Foto 22: Pham Hong Duc Phuo, proyek perlindungan jalan di propinsi Khanh Hoa, jalan menuju Hon Ba): kiri dua foto: erosi yang parah pada lereng penahan yang baru dibangun yang terjadi hanya setelah beberapa kali hujan; kanan dua foto: delapan bulan sesudah penanaman Vetiver: Vetiver menstabilkan lereng ini, benar-benar menghentikan dan mencegah erosi lebih lanjut di musim hujan berikutnya.

6. KESIMPULAN

Dengan adanya penelitian yang cukup dan keberhasilan dari banyak penerapan Vetiver yang disajikan dalam bab ini, kita sekarang memiliki cukup bukti bahwa Vetiver, dengan banyak kelebihan dan sedikit kekurangannya, sangat efektif, ekonomis, alat bioteknologi berbasis masyarakat dan ramah lingkungan yang

melindungi infrastruktur dan memitigasi bencana alam, dan, sekali ditetapkan, Vetiver akan bertahan selama puluhan tahun dengan sangat sedikit atau tanpa perawatan apapun. VS telah berhasil digunakan di banyak negara di dunia termasuk Australia, Brazil, Amerika Tengah, Cina, Etiopia, India, Italia, Malaysia, Nepal, Filipina, Afrika Selatan, Sri Lanka, Thailand, Venezuela, dan Vietnam. Namun, perlu ditekankan bahwa kunci terpenting untuk sukses adalah bibit yang berkualitas bagus, desain yang tepat dan teknik penanaman yang benar.

7. REFERENSI

- Bracken, N. and Truong, P.N. (2000). Application of Vetiver Grass Technology in the stabilization of road infrastructure in the wet tropical region of Australia. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, January 2000.
- Cheng Hong, Xiaojie Yang, Aiping Liu, Hengsheng Fu, Ming Wan (2003). A Study on the Performance and Mechanism of Soil-reinforcement by Herb Root System. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Dalton, P. A., Smith, R. J. and Truong, P. N. V. (1996). Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped floodplain, hedge hydraulics. Agric. Water Management: 31(1, 2) pp 91-104.
- Hengchaovanich, D. (1998). Vetiver grass for slope stabilization and erosion control, with particular reference to engineering applications. Technical Bulletin No. 1998/2. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Project Board, Bangkok, Thailand.
- Hengchaovanich, D. and Nilaweera, N. S. (1996). An assessment of strength properties of Vetiver grass roots in relation to slope stabilisation. Proc. First International Vetiver Conf. Thailand pp. 153-8.
- Jaspers-Focks, D.J and A. Algera (2006). Vetiver Grass for River Bank Protection. Proc. Fourth Vetiver International Conf. Venezuela, October 2006.
- Le Van Du, and Truong, P. (2003). Vetiver System for Erosion Control on Drainage and Irrigation Channels on Severe Acid Sulphate Soil in Southern Vietnam. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Prati Amati, Srl (2006). Shear strength model. "PRATI ARMATI Srl" info@pratiarmati.it .
- Truong, P. N. (1998). Vetiver Grass Technology as a bio-engineering tool for infrastructure protection. Proceedings North Region Symposium. Queensland Department of Main Roads, Cairns August, 1998.
- Truong, P., Gordon, I. and Baker, D. (1996). Tolerance of Vetiver grass to some adverse soil conditions. Proc. First International Vetiver Conf. Thailand, October 2003.
- Xia, H. P. Ao, H. X. Liu, S. Z. and He, D. Q. (1999). Application of the Vetiver grass bio-engineering technology for the prevention of highway slippage in

southern China. International Vetiver Workshop, Fuzhou, China, October 1997.

Xie, F.X. (1997). Vetiver for highway stabilization in Jian Yang County: Demonstration and Extension. Proceedings abstracts. International Vetiver Workshop, Fuzhou, China, October 1997.

BAGIAN 4

SISTEM VETIVER UNTUK PENCEGAHAN DAN PENGOLAHAN AIR DAN TANAH YANG TERKONTAMINASI

DAFTAR ISI BAGIAN 4

DAFTAR FOTO, GAMBAR DAN TABEL

1. PERKENALAN.....75
2. BAGAIMANA SISTEM VETIVER BEKERJA75
3. FITUR KHUSUS YANG SESUAI UNTUK PERLINDUNGAN LINGKUNGAN76
4. PENCEGAHAN DAN PENGOLAHAN AIR YANG TERKONTAMINASI...77
 - 4.1. Mengurangi atau membatasi volume air limbah78
 - 4.2. Meningkatkan kualitas air limbah79
5. PENGOLAHAN TERHADAP TANAH YANG TERKONTAMINASI86
 - 5.1. Toleransi terhadap keadaan yang buruk86
 - 5.2. Rehabilitasi tambang dan fitoremediasi89
6. REFERENSI.....91

1. PENDAHULUAN

Dalam proses penelitian penerapan dari peranannya yang luar biasa untuk konservasi tanah dan air, Vetiver juga ditemukan memiliki karakteristik fisiologi dan morfologi yang unik yang cocok untuk perlindungan lingkungan, khususnya untuk pencegahan dan pengolahan terhadap air dan tanah yang terkontaminasi. Karakteristik yang menakjubkan Vetiver adalah toleransi yang tinggi terhadap tingkat salinitas, keasaman, alkalinitas, sodisitas, dan berbagai jenis logam berat dan bahan kimia pertanian, juga kemampuan yang luar biasa untuk menyerap dan mentolerir kadar peningkatan nutrisi untuk mengkonsumsi sejumlah besar air dalam proses pertumbuhan yang pesat dalam kondisi basah.

Menerapkan Sistem Vetiver (VS) untuk pengolahan air limbah adalah sebuah teknologi fitoremediasi inovatif yang memiliki potensi luar biasa. VS adalah solusi alami, hijau, sederhana, mudah diterapkan dan efektif biaya. Dan yang terpenting, daun Vetiver dapat menjadi produk untuk kerajinan, makanan hewan, atap, mulsa dan bahan bakar dan masih banyak yang lain.

Keefektifan, kesederhanaan, dan biaya rendah membuat Sistem Vetiver menjadi mitra yang diterima dengan baik di negara-negara tropis dan sub-tropis yang memerlukan pengolahan air limbah domestik, perkotaan, industri dan membutuhkan rehabilitasi dan fitoremediasi tambang.

2. BAGAIMANA SISTEM VETIVER BEKERJA

VS mencegah dan mengolah air dan tanah yang terkontaminasi dengan cara sebagai berikut.

Pencegahan dan pengolahan terhadap air yang terkontaminasi

- Mengurangi volume air limbah.
- Meningkatkan kualitas air limbah dan air yang tercemar.

Pencegahan dan pengolahan terhadap tanah yang terkontaminasi

- Pengendalian pencemaran diluar area.
- Fitoremediasi tanah terkontaminasi.
- Memerangkap bahan yang terkikis dan sampah di limpasan air.

- Menyerap logam berat dan polutan lainnya.
- Mengolah nutrisi dan polutan lainnya dalam air limbah dan lindian (sampah cair hasil uraian dari sampah di dalam pembuangan)

3. FITUR KHUSUS YANG SESUAI UNTUK TUJUAN PERLINDUNGAN LINGKUNGAN

Sebagaimana dibahas dalam bagian 1, beberapa ciri khusus Vetiver adalah secara langsung dapat diterapkan untuk penanganan air limbah, diantaranya adalah atribut fisiologis dan morfologi berikut:

3.1 *Atribut morfologi*

- Rumput Vetiver memiliki sistem akar yang besar, dalam, sistem akar yang cepat tumbuh hingga mencapai 3,6m dalam waktu 12 bulan di tanah yang baik.
- Akarnya yang dalam membuatnya toleran terhadap kekeringan, memungkinkan infiltrasi yang sangat baik dari kelembaban tanah, menembus lapisan tanah yang padat (ladang keras), sehingga meningkatkan drainase yang dalam.
- Sebagian besar akar dalam sistem akar Vetiver yang besar adalah sangat halus, dengan diameter rata-rata 0.5-1.0mm (Cheng *et al*, 2003). Hal ini menyediakan sejumlah besar rizosfer untuk pertumbuhan dan penggandaan bakteri dan jamur, yang dibutuhkan untuk menyerap kontaminasi dan mengurai prosesnya, seperti dalam nitrifikasi.
- Akar Vetiver yang tegak dan kaku dapat tumbuh sepanjang tiga meter (sembilan kaki). Ketika ditanam rapat, Vetiver membentuk tembok berpori yang menghambat aliran air dan berfungsi sebagai bio-filter yang efektif, perangkap batuan sedimen yang halus dan kasar, dan bahkan dalam aliran air (Foto 1)
- Pada limpasan air (foto 1)

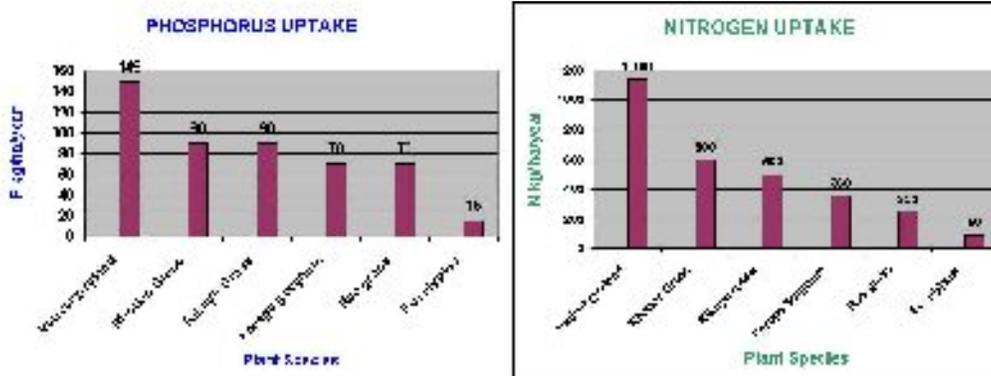


foto 1: Karakteristik morfologis Vetiver

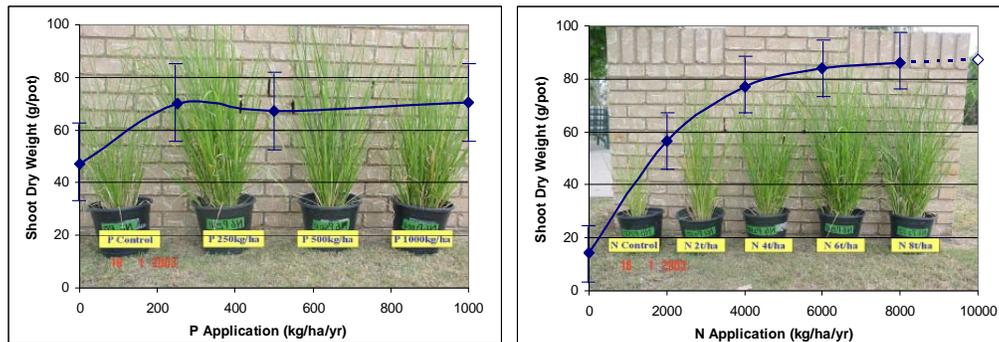
3.2 *Atribut fisiologis*

- Sangat toleran terhadap tanah yang memiliki keasaman, alkalinitas, salinitas, sodisitas, dan magnesium tinggi.

- Sangat toleran terhadap Al, Mn, dan logam berat seperti As, Cd, Cr, Ni, Pb, Hg, Se dan Zn dalam tanah dan air (Truong dan Baker, 1998).
- Sangat efisien dalam menyerap N dan P yang larut dalam air tercemar. Gambar 1.
- Sangat toleran terhadap nutrisi N dan P yang tinggi dalam tanah. Gambar 2/
- Sangat toleran terhadap herbisida dan pestisida.
- Mengurai materi senyawa organik yang terkait dengan herbisida dan pestisida.
- Memperbaharui dengan cepat setelah kekeringan, beku, api, garam, dan kondisi buruk lainnya, setelah kondisi buruk tersebut termitigasi.



Gambar 1: Kapasitas yang lebih tinggi untuk penyerapan N dan P dibanding tanaman lain



Gambar 2: Tingkat toleransi yang tinggi dan kapasitas untuk menyerap P dan N

4. PENCEGAHAN DAN PENGOLAHAN AIR TERKONTAMINASI

Ekstensif R&D, Penelitian dan Pengembangan, dan penerapan yang luas di Australia, Cina, dan Thailand dan negara lain telah menunjukkan bahwa Vetiver sangat efektif dalam mengolah limbah cair yang tercemar dari pembuangan domestik dan industri.

4.1 Mengurangi atau menghilangkan volume air limbah

Metode vegetatif saat ini adalah cara satu-satunya yang layak dan praktis untuk menghilangkan atau mengurangi air limbah dalam skala besar. Di Australia, Vetiver dalam jumlah besar telah menggantikan pohon dan spesies pastura sebagai cara yang paling efektif untuk mengolah dan membuang lesapan pembuangan dan limbah domestik serta industri.

Untuk mengukur tingkat penggunaan air oleh Vetiver, diperkirakan bahwa untuk 1kg biomas tunas kering dalam kondisi rumah kaca yang ideal, Vetiver menggunakan 6,86L/hari. Karena biomas Vetiver usia 12 minggu, yang merupakan masa puncak pertumbuhannya, adalah sekitar 30,7 t/ha, maka untuk satu hektar Vetiver akan memerlukan 279 KL/ha/hari (Truong dan Smeal, 2003).

4.1.1 Pembuangan limbah septik



Foto 2: Vetiver membersihkan ganggang biru hijau dalam empat hari

(kiri) Pembuangan got berisi Nitrat yang tinggi (100 mg/L) dan Fosfat (10 mg/L). (kanan) air limbah buangan setelah empat hari: VS mengurangi level N sampai 6 mg/L (94%) dan P sampai 1 mg/L (90%).

Pada tahun 1996, VS pertama kali diterapkan di Australia untuk mengatasi pembuangan limbah. Kemudian uji coba menunjukkan bahwa penanaman sekitar 100 tanaman Vetiver di area taman kurang dari 50m² benar-benar menyerap limbah dari blok toilet. Tumbuhan lain, termasuk rumput dan pohon yang cepat tumbuh di daerah tropis, dan tanaman pangan seperti tebu dan pisang gagal (Truong dan Hart, 2001).

4.1.2 *Pembuangan lesapan (air limbah TPA)*

Pembuangan lesapan merupakan masalah besar di kota-kota besar, karena biasanya limbah ini sangat terkontaminasi dengan logam berat, serta polutan organik dan non organik. Australia dan Cina telah mencoba memecahkan masalah ini dengan cara mengumpulkan lesapan pada dasar pembuangan untuk mengairi Vetiver yang ditanam pada bagian atas gundukan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan dinding penahan bendungan. Hasilnya sampai saat ini sangat baik. Bahkan, pertumbuhan Vetiver sangat baik sampai-sampai tempat pembuangan, selama musim kering, tidak menghasilkan cukup limbah cair untuk mengairi tanaman. Penanaman 3,5 ha secara efektif menyerap 4 ML lesapan sebulan selama musim panas dan 2ML sebulan selama musim dingin (Percy dan Truong, 2005).

4.1.3 *Pembuangan limbah air industri*

Di Queensland, Australia, sejumlah besar limbah industri berasal dari fasilitas pengolahan makanan (1,4 juta liter/hari) berhasil dipencarkan dengan irigasi tanah menggunakan Vetiver (Smeal *et al.*, 2003).

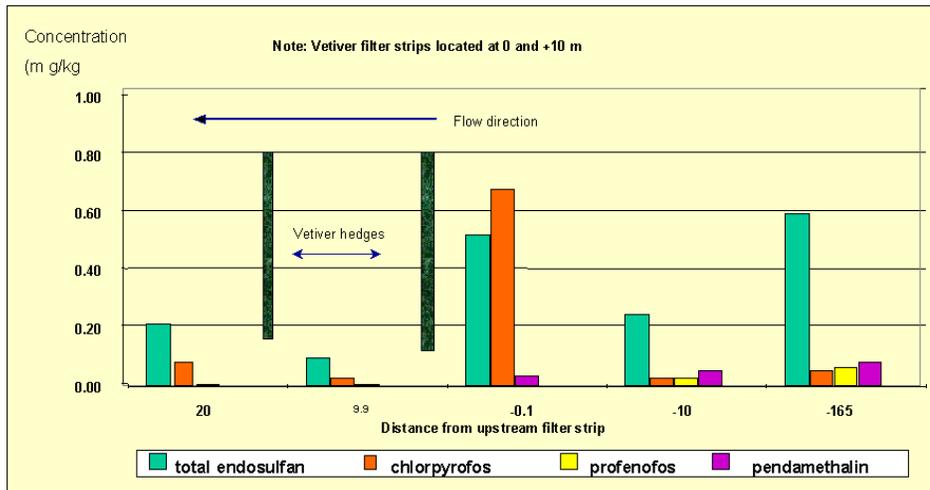
4.2 *Meningkatkan kualitas air limbah*

Polusi *off-site* adalah ancaman terbesar terhadap lingkungan dunia. Walaupun menyebar luas di negara-negara industri, masalah ini sangat serius di negara-negara berkembang, yang sering kali kekurangan sumber daya yang cukup untuk mengurangi masalah. Metode vegetatif umumnya cara yang paling mudah di akses dan efisien untuk meningkatkan kualitas air.

4.2.1 *Memerangkap serpihan, sedimen dan agro-kimia di lahan pertanian*

Dalam studi penelitian di Australia terhadap perkebunan tebu dan kapas menunjukkan bahwa pagar Vetiver dinilai efektif memerangkap partikulat nutrisi terikat- seperti P dan Ca; herbisida seperti diuron, trifluralin, prometryn, dan fluometuron, dan pestisida seperti α , β sulfat endosulfan and chlorpyrifos, parathion, dan profenofos. Jika pagar Vetiver telah tumbuh melintangi garis drainase, nutrisi dan agro-kimia tersebut dapat terperangkap disitu (on-site) (Truong *et al.* 2000). Gambar 3.

Sebuah penelitian yang dilakukan di Thailand di Huai Sai Royal Development Study Centre, propinsi Phetchaburi menunjukkan bahwa tanaman pagar Vetiver yang ditanam melintangi lereng membentuk dam hidup sementara, pada saat yang sama, sistem akarnya membentuk pembatas bawah tanah yang mencegah residu pestisida dan zat beracun lain mengalir kedalam badan air dibawah. Batang tebal diatas permukaan tanah juga mengumpulkan partikel puing dan tanah yang terbawa di sepanjang jalur air (Chomchalow, 2006).



Gambar 3: Konsentrasi herbisida dalam tanah terkumpul di hulu dan hilir baris Vetiver penyaring

4.2.2 Menyerap dan mentoleransi polutan dan logam berat

Kegunaan Vetiver dalam mengatasi air yang tercemar terletak pada kapasitasnya untuk cepat menyerap hara dan logam berat, dan toleransi terhadap peningkatan kadar elemen-elemen tersebut. Meskipun konsentrasi dari unsur-unsur pada tanaman Vetiver seringkali tidak setinggi hiper-akumulator, pertumbuhannya yang sangat cepat dan hasil yang tinggi (produksi material kering sampai 100t/ha/tahun) memungkinkan Vetiver mampu menghapus volume hara yang jauh lebih tinggi dan logam berat dari tanah yang terkontaminasi dibanding hyper-akumulator lainnya.

Di Vietnam selatan, percobaan dilakukan di pabrik pengolahan makanan dari hasil laut untuk mengetahui lamanya limbah harus berada di ladang Vetiver sebelum konsentrasi nitrat dan fosfatnya berkurang ke level yang dapat diterima. Hasil tes menunjukkan bahwa jumlah N dalam limbah air berkurang sampai 88% dan 91% sesudah 48 dan 72 jam tindakan, jumlah N dan P yang dibuang selama 48- dan 72-jam tidak jauh berbeda (Luu *et al*, 2006). Setelah tes-tes tersebut, jumlah tambak ikan di Mekong Delta mengadopsi VS untuk menstabilkan tanggul tambak, untuk memurnikan air tambak, dan untuk mengolah air limbah pertanian lainnya. Foto 3.

Di Vietnam utara, limbah cair dibuang dari sebuah pabrik kertas kecil di Bac Ninh dan pabrik pupuk nitrogen kecil di Bac Giang yang sangat tercemar oleh hara dan kimia seperti limbah cair Tempat Pembuangan Akhir. Pabrik-pabrik tersebut membuang limbah cairnya langsung ke sungai kecil di Delta sungai. Ditanam di kedua sisi, Vetiver menjadi subur sesudah dua bulan. Pada saat penulisan ini, rumput di pabrik kertas di Bac Ninh umumnya dalam kondisi baik, kecuali beberapa bagian didekat air yang tercemar, yang menunjukkan gejala keracunan. Di

sisi lain, meskipun kondisinya sangat tercemar, Vetiver tumbuh baik di pabrik pupuk nitrogen di Bac Giang. Pertumbuhan yang sangat baik telah tercatat pada kondisi lahan semi-basah ini, dimana Vetiver diharapkan dapat mengurangi tingkat polutan secara signifikan. Foto 4.

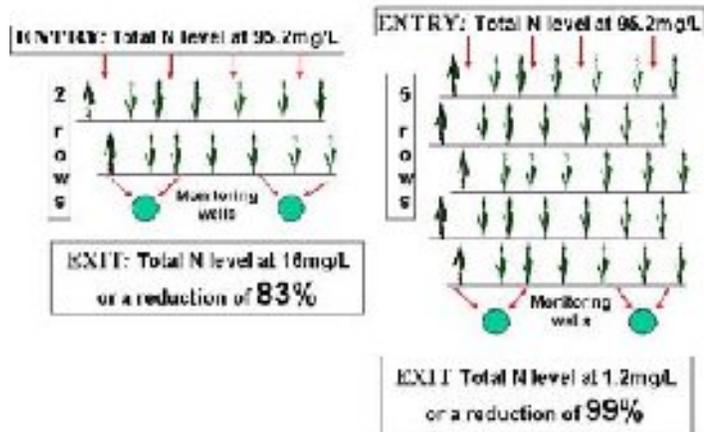


Foto 3: Tindakan pengendalian erosi dan limbah air di tambak ikan air tawar di Mekong Delta



Foto 4: Kiri: Vetiver di Bac Ninh; kanan: di Bac Giang

Di Australia, lima baris Vetiver dialiri dengan sistem bawah-permukaan (Sub-surface) dengan buangan limbah dari septik tank. Setelah 5 bulan, kadar N total didalam rembesan yang terkumpul sesudah dua baris berkurang sebesar 83% dan setelah lima baris berkurang sebesar 99%. Demikian pula, kadar P total berkurang masing-masing 82% dan 85% (Truong dan Hart, 2001). Gambar 4.



Gambar 4: Efektivitas pengurangan N pada limbah domestik

Di Cina, hara dan logam berat dari peternakan babi merupakan sumber utama pencemaran air. Limbah cair dari peternakan babi mengandung N dan P yang tinggi dan juga Cu dan Zn yang ditambahkan ke pakan sebagai obat pertumbuhan. Hasil menunjukkan bahwa Vetiver memiliki kemampuan memurnikan yang sangat kuat. Rasio penyerapan dan pemurnian dari Cu dan Zn adalah >90%; As dan N >75%; Pb antara 30% -71% dan P antara 15-58%. Kemampuan Vetiver untuk memurnikan logam berat dan N dan P dari peternakan babi diukur sebagai berikut: Zn>Cu>As>N>Pb>Hg>P (Xuhui *et al.*, 2003; Liao *et al.*, 2003).

4.2.3 Lahan basah

Lahan basah alami maupun buatan dengan efektif mengurangi jumlah pencemaran dalam limpasan dari lahan pertanian dan industri. Menggunakan lahan basah untuk menghilangkan polutan memerlukan penggunaan proses biologi yang kompleks, termasuk transformasi mikro-biologi dan proses psiko-kimia seperti penyerapan, pengendapan atau sedimentasi.

Dalam kondisi lahan basah di Australia, Vetiver memiliki tingkat penggunaan air tertinggi, dibanding dengan tanaman lahan basah seperti *Iris pseudacorus*, *Typha spp*, *Schoenoplectus validus*, dan *Phragmites australis*. Pada tingkat konsumsi 600 ml/hari/pot selama lebih dari 60 hari, Vetiver menggunakan 7,5 kali lebih banyak air dibanding *Typha* (Cull *et al.* 2000). Lahan basah dibuat untuk mengatasi buangan limbah di kota kecil yang terpencil. Tujuan proyek ini adalah untuk mengurangi atau menghilangkan 500 ML/hari limbah yang dihasilkan oleh kota kecil ini sebelum dibuang ke saluran air (Foto 5). Yang mengagumkan, lahan basah Vetiver telah menyerap semua limbah yang dihasilkan oleh kota kecil ini (Ash dan Truong, 2003). Tabel 1.



Foto 5: Kiri: Lahan basah Vetiver; kanan: pembuangan limbah cair di Australia

Tabel 1: Tingkat kualitas limbah (efluen) sebelum dan sesudah perlakuan dengan Vetiver

Test	Efluen baru (mg/l)	Hasil 2002/03 (mg/l)	Hasil 2004 (mg/l)
PH (6.5 to 8.5)*	pH 7.3-8.0	pH 9.0-10.0	pH 7.6-9.2
Oksigen terlarut (2.0 min.)*	0-2	12.5-20	8.1-9.2
5 hari BOD (20 -40 mg/l max)*	130-300	29 to 70	7-1
Padatan yang tertangkap (30-60 mg/l max)*	200-500	45 to 140	11-16
Nitrogen total (6.0 mg/l max) *	30-80	13 to 20	4.1-5.7
Fosfor total (3.0 mg/l max) *	10-20	4.6 to 8.8	1.4-3.3

*Diperlukan lisensi

Cina merupakan peternak babi terbesar di dunia. Tahun 1998, propinsi Guandong sendiri memiliki lebih dari 1600 peternakan babi; 130+ peternakan memproduksi lebih dari 10.000 babi komersial per tahun. Kandang babi yang besar memproduksi 100-150 ton efluen/hari, termasuk kotoran babi yang diambil dari lantai kandang, yang mengandung muatan berhara tinggi. Karena itu, pembuangan limbah cair dari peternakan babi adalah masalah besar. Lahan basah dianggap sebagai cara yang paling efektif untuk mengurangi volume dan muatan hara tinggi dari limbah babi. Untuk menentukan tanaman mana yang paling sesuai untuk sistem lahan basah, Vetiver dimasukkan ke dalam tes sebagai spesies yang paling mungkin. Yang awalnya masuk tiga besar yaitu Vetiver, *Cyperus alternifolius*, dan *Cyperus exaltatus*. Tetapi, uji coba lebih lanjut menunjukkan bahwa *Cyperus exaltatus* layu dan menjadi dorman selama musim gugur, tumbuh kembali di musim semi, hanya Vetiver dan *Cyperus alternifolius* cocok untuk perlakuan lahan basah dari limbah kandang babi (Liao, 2000). Foto 6.



Foto 6: Kiri: Ponton Vetiver dalam kolam peternakan babi di Bien Hoa; kanan: di Cina

Di Thailand penelitian yang sangat solid dilakukan beberapa tahun terakhir tentang penerapan VS untuk mengolah limbah cair di lahan basah buatan. Salah satu penelitian menggunakan tiga eko-tipe Vetiver (*Monto*, *Surat Thani*, dan *Songkhla 3*) untuk perlakuan terhadap limbah cair dari penggilingan tepung topioka, dengan menggunakan dua sistem perlakuan: (a) menahan limbah cair di tanah basah Vetiver selama dua minggu lalu mengurasnya, dan (b) menahan limbah cair di lahan basah Vetiver selama satu minggu lalu mengurasnya terus menerus selama tiga minggu. Pada kedua sistem *Monto* menunjukkan pertumbuhan yang cepat dari tunas, akar, dan biomas serta tertinggi dalam menyerap kadar P, K, Mn dan Cu di tunas dan akar (Mg, Ca dan Fe di akar, dan Zn dan N di tunas). *Surat Thani* tertinggi dalam menyerap kadar Mg di tunas dan Zn di akar, dan *Songkhla 3* tertinggi dalam menyerap Ca, Fe di tunas, dan N di akar dengan maksimal (Chomchalow, 2006, cit. Techapinyawat 2005).

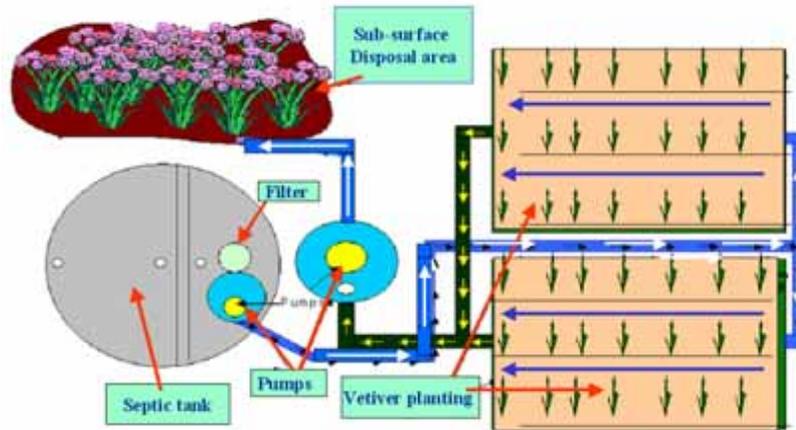
4.2.4 Model komputer untuk limbah cair industri

Model komputer telah menjadi alat yang sangat diperlukan untuk mengelola sistem lingkungan, termasuk pengelolaan air limbah yang rumit seperti pembuangan limbah cair industri. Di Queensland, Australia, the Environmental Protection Authority telah mengadopsi MEDLI (Model for Effluent Disposal using Land Irrigation), Model untuk Pembuangan Efluen Menggunakan Irigasi Tanah, sebagai model dasar untuk manajemen limbah cair industri. Perkembangan terbaru yang paling signifikan dari penggunaan VS untuk pembuangan limbah air adalah kalibrasi MEDLI Vetiver untuk penyerapan hara dan irigasi efluen (Vieritz, *et al.*, 2003), (Truong, *et al.*, 2003a), (Wagner, *et al.*, 2003), (Smeal, *et al.*, 2003).

4.2.5 Model komputer untuk limbah cair domestik

Sebuah model komputer dikembangkan baru-baru ini di Australia sub-tropis untuk memperkirakan area yang memerlukan Vetiver untuk membuang limbah air hitam

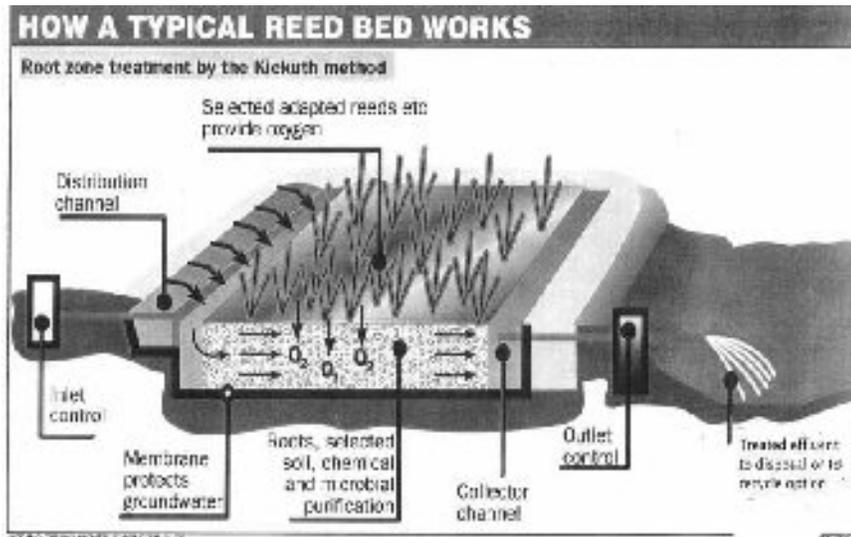
dan abu-abu dari masing-masing rumah. Misalnya, sebuah area penanaman Vetiver seluas 77m persegi, dengan kepadatan tanaman 5/meter persegi, diperlukan bagi satu rumah tangga dengan 6 orang anggota, yang menghasilkan limbah 120L/orang/hari.



Gambar 5: Rancangan Sistem Pembuangan Domestik

4.2.6 Tren masa depan

Ketika kekurangan air mengancam di penjuru dunia, limbah cair seharusnya dipertimbangkan sebagai sumber daya yang bisa diperbaharui, bukan masalah yang memerlukan pembuangan. **Tren terbaru adalah mendaur ulang limbah cair untuk industri dan domestik**, bukannya membuangnya. Karena itu, VS sangat berpotensi untuk menjadi cara yang sederhana, higienis, dan murah untuk mengolah dan mendaur ulang limbah cair yang berasal dari aktifitas manusia. Gambar 5. Perkembangan yang paling menggembirakan untuk pengolahan terhadap limbah cair adalah penggunaan Vetiver dalam bedeng gelagah berbasis tanah. Dalam penerapan baru ini, kualitas dan kuantitas keluaran air dapat di sesuaikan untuk memenuhi standard yang ditentukan. GELITA APA, Australia sedang mengembangkan dan menguji coba sistem ini. Keterangan lebih lengkap dari sistem ini dapat ditemukan di (Smeal *et al.* 2006). Gambar 6.



Gambar 6: Bekerja pada bedengan gelagah

5. PERLAKUAN TERHADAP TANAH YANG TERKONTAMINASI

Di antara perkembangan yang paling signifikan dalam perlindungan lingkungan selama 15 tahun terakhir adalah toleransi nyata Vetiver terhadap kondisi tanah yang buruk dan toksisitas logam berat. Tolok ukur ini telah membuka bidang baru untuk penerapan VS: rehabilitasi lahan beracun dan terkontaminasi.

5.1 Toleransi terhadap kondisi yang buruk

5.1.1 Toleransi terhadap asam yang tinggi, aluminium dan toksik mangan

Penelitian menunjukkan bahwa pupuk N dan P tidak mempengaruhi pertumbuhan Vetiver, bahkan dibawah kondisi yang sangat asam ($\text{pH} = 3.8$) dan pada Persentasi Saturasi Aluminium yang sangat tinggi (68%). Uji lapangan memastikan bahwa Vetiver tumbuh dengan baik pada tanah dengan $\text{pH}=3.0$ dan tingkat Aluminium antara 83-87%. Meski demikian, karena Vetiver tidak bisa bertahan pada tingkat Saturasi Aluminium 90% pada tanah dengan $\text{pH} = 2.0$, ambang toleransinya berkisar antara 68% dan 90%. Toleransi ini luar biasa, karena sebagian besar tanaman terkena dampak pada tingkat kurang dari 30%. Lebih lanjut, pertumbuhan Vetiver tetap tidak terpengaruh ketika Mangan yang bisa di ekstrak dalam tanah mencapai 578 mg/Kg, pH tanah serendah 3.3, dan muatan Mangan tanaman setinggi 890 mg/Kg. Karena toleransinya yang tinggi terhadap toksisitas Al dan Mn, Vetiver telah dengan sukses digunakan untuk mengendalikan erosi dalam Tanah Asam Sulfat dengan pH tanah sekitar 3.5 dan pH yang teroksidasi serendah 2.8

(Truong dan Baker, 1998). Foto 7 dan 8.



Foto 7: Di ladang, *Vetiver* tumbuh subur di tanah dengan $pH=3.8$ dan saturasi AL 68% dan 87%



Foto 8: Pertumbuhan *Vetiver* tidak terpengaruh pada $pH=3.3$ dan pada level Mn yang sangat tinggi 578 mg/kg

5.1.2 Toleransi terhadap salinitas dan sodisitas yang tinggi

Dengan ambang salinitas $EC_{se} = 8$ dS/m, Vetiver sama bagusnya dengan tanaman yang paling toleran terhadap garam dan spesies pastura yang tumbuh di Australia, termasuk Bermuda Grass (*Cynodon dactylon*) dengan ambang salinitas 6.9 dS/m; Rhodes Grass (*Chloris gayana*) (7.0 dS/m); Wheat Grass (*Thynopyron elongatum*) (7.5 dS/m) dan barley (*Hordeum vulgare*) (7.7 dS/m). Dengan suplai N dan P yang cukup, Vetiver dengan baik tumbuh pada limbah (tailing) dengan Na bentonit dengan Exchangable Sodium Percentage (Presentasi Natrium Tukar) 48% dan tambang batubara yang terbebani dengan level natrium tukar sebesar 33%. Kelebihan Sodisitas ini lebih jauh diperburuk oleh tingkat magnesium yang sangat tinggi (2400 mg/Kg) dibanding dengan kalsium (1200.Kg) (Truong, 2004)

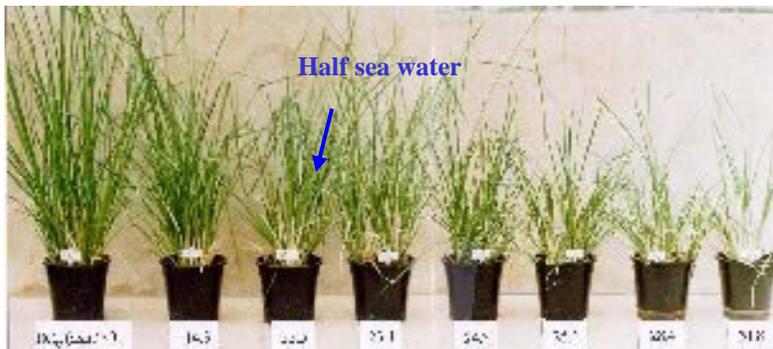


Foto 9: Vetiver mentoleransi salinitas tanah yang tinggi

5.1.3 Distribusi logam berat pada tanaman Vetiver

Distribusi logam berat pada Vetiver dapat dibagi menjadi tiga kelompok:

- Zn hampir merata didistribusikan antara tunas dan akar (40%)
- Sejumlah kecil As, Cd, Cr dan Hg yang diserap ditranslokasikan kembali ke tunas (1%-5%), dan
- Sejumlah Cu, Pb, Ni dan Se ditranslokasikan kembali ke atas (16%-33%) (Truong, 2004).

5.1.4 Toleransi terhadap logam berat

Vetiver sangat toleran terhadap As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se dan Zn. Tabel 2.

Tabel 2: Ambang tingkat logam berat: Vetiver dan tumbuhan lain

Logam Berat	Tingkat ambang pada tanah (mg/Kg) (ketersediaan)		Tingkat ambang pada tanaman (mg/Kg)	
	Vetiver	Tanaman lain	Vetiver	Tanaman lain
Arsenik	100-250	2.0	21-72	1-10

Cadmium	20-60	1.5	45-48	5-20
Tembaga	50-100	Tidak tersedia	13-15	15
Khrom	200-600	Tidak tersedia	5-18	0.02-0.20
Timbel	>1 500	Tidak tersedia	>78	Tidak tersedia
Merkuri	>6	Tidak tersedia	>0.12	Tidak tersedia
Nikel	100	7-10	347	10-30
Selenium	>74	2-14	>11	Tidak tersedia
Zink	>750	Tidak tersedia	880	Tidak tersedia

5.2 Rehabilitasi tambang dan fitoremediasi

Dengan ciri morfologis dan fisiologisnya yang luar biasa, Vetiver telah dengan sukses digunakan untuk merehabilitasi batuan limbah tambang dan fitoremediasi limbah tambang di:

- Australia: batubara, emas, betonit, dan bauksit
- Chili: tembaga
- Cina: timbel, zink dan bauksit (Wensheng Shu, 2003)
- Afrika Selatan: emas, permata, dan platinum
- Thailand: timbel
- Venezuela: bauksit



Foto 10: Kiri: Rehabilitasi tambang batubara di Australia; kanan: tambang bauksit di Venezuela

6. REFERENSI

- Ash R. and Truong, P. (2003). The use of Vetiver grass wetland for sewerage treatment in Australia. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Chomchalow, N, (2006). Review and Update of the Vetiver System R&D in Thailand. Proc. Regional Vetiver Conference, Cantho, Vietnam.
- Cull, R.H, Hunter, H, Hunter, M and Truong, P.N. (2000). Application of Vetiver Grass Technology in off-site pollution control. II. Tolerance of Vetiver grass towards high levels of herbicides under wetland conditions. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, January 2000.
- Hart, B, Cody, R and Truong, P. (2003). Efficacy of Vetiver grass in the hydroponic treatment of post septic tank effluent. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Liao Xindi, Shiming Luo, Yinbao Wu and Zhisun Wang (2003). Studies on the Abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for Pig Farm Wastewater Treatment. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Lisena, M.,Tovar,C. and Ruiz, L.(2006) “Estudio Exploratorio de la Siembra del Vetiver en un Área Degradada por el Lodo Rojo”. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006.
- Luque, R, Lisena ,M and Luque, O. (2006). Vetiver System for environmental protection of open cut bauxite mine at Los Pijiguaos-Venezuela. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006.
- Luu Thai Danh, Le Van Phong. Le Viet Dung and Truong, P. (2006). Wastewater treatment at a seafood processing factory in the Mekong delta, Vietnam. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006.
- Percy, I. and Truong, P. (2005). Landfill Leachate Disposal with Irrigated Vetiver Grass. Proc, Landfill 2005. National Conf on Landfill, Brisbane, Australia, September 2005.
- Smeal, C., Hackett, M. and Truong, P. (2003). Vetiver System for Industrial Wastewater Treatment in Queensland, Australia; Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Truong, P.N.V. (2004). Vetiver Grass Technology for mine tailings rehabilitation. Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization. Editors: D. Barker, A. Watson, S. Sompatpanit, B. Northcut and A. Maglinao. Science Publishers Inc. NH, USA.
- Truong, P.N. and Baker, D. (1998). Vetiver grass system for environmental protection. Technical Bulletin N0. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network. Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong, P.N. and Hart, B. (2001). Vetiver system for wastewater treatment. Technical Bulletin No. 2001/2. Pacific Rim Vetiver Network. Royal

- Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong, P.N., Mason, F., Waters, D. and Moody, P. (2000). Application of Vetiver Grass Technology in off-site pollution control. I. Trapping agrochemicals and nutrients in agricultural lands. Proc. Second International Vetiver Conf. Thailand, January 2000.
- Truong, P. and Smeal (2003). Research, Development and Implementation of Vetiver System for Wastewater Treatment: GELITA Australia. Technical Bulletin No. 2003/3. Pacific Rim Vetiver Network. Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong, P., Truong, S. and Smeal, C. (2003a). Application of the Vetiver system in computer modelling for industrial wastewater disposal. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Vieritz, A., Truong, P., Gardner, T. and Smeal, C. (2003). Modelling Monto Vetiver growth and nutrient uptake for effluent irrigation schemes. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Wagner, S., Truong, P., Vieritz, A. and Smeal, C. (2003). Response of Vetiver grass to extreme nitrogen and phosphorus supply. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Wensheng Shu (2003) Exploring the Potential Utilization of Vetiver in Treating Acid Mine Drainage (AMD). Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

BAGIAN 5

PENGENDALIAN EROSI PERTANIAN DAN KEGUNAAN LAIN VETIVER

DAFTAR ISI BAGIAN 5

Daftar foto, ANGKA DAN Tabel.....
1. Pendahuluan.....	94
2. KONSERVASI AIR DAN TANAH UNTUK PRODUKSI PANEN BERKELANJUTAN	94
2.1 Prinsip konservasi tanah dan air	94
2.2 Karakteristik Vetiver yang sesuai untuk praktek konservasi tanah dan air.	95
2.3 Kontur tepi atau sistem teras melawan sistem <i>flow- through</i> Vetiver	97
2.4 Penerapan untuk dataran banjir.....	99
2.5 Penerapan untuk tanah berlereng.....	100
2.6 Rancangan dan pengembangan: pertimbangan petani.....	105Error! Bookmark not defined.
3. PENERAPAN UTAMA LAIN UNTUK PERTANIAN	107
3.1 Perlindungan tanaman: Kendali hama pengganggu batang untuk jagung dan padi.....	107
3.2 Makanan ternak.....	109
3.3 Mulsa untuk mengendalikan rumput liar dan melestarikan air tanah	110
4. Rehabilitasi tanah pertanian dan perlindungan terhadap masyarakat PENGUNSI banjir.....	112
4.1 Stabilisasi bukit pasir	112
4.2 Peningkatan produktifitas pada tanah sodik berpasir dan salin dibawah kondisi semi-kering.....	115
4.3 Pengendalian erosi pada tanah ekstrim asam sulfat.....	117

4.4	Perlindungan terhadap masyarakat pengungsi banjir atau kluster masyarakat	118
4.5	Perlindungan infrastruktur pertanian	119
5.	Kegunaan lain	121
5.1	Kerajinan tangan	121
5.2	Atap	123
5.3	Pembuatan bata lumpur	123
5.4	Tali dan benang.....	123
5.5	Ornamen.....	124
5.6	Ekstraksi minyak untuk pengobatan dan kosmetik.....	125
6.	Referensi	127

1. PENDAHULUAN

Pengalaman bertahun-tahun di banyak negara telah mengkonfirmasi bahwa, meskipun para petani telah mengadopsi Vetiver untuk melestarikan lahan, penerapan tersebut pada awalnya bukan merupakan alasan utama mereka menggunakan Vetiver. Di Venezuela, misalnya, Vetiver pertama kali ditanam untuk pasokan bahan kerajinan tangan. Sesudah para pengrajin menyukai daun keringnya karena cantik dan mudah untuk dianyam, penerapan konservasi tanah dengan Vetiver jadi lebih mudah untuk diperkenalkan. Tanaman pagar Vetiver pertama kali dihargai di Kamerun sebagai penghalang untuk melindungi lahan dari ular, dan, di tempat lain, Vetiver digunakan untuk menunjukkan garis batas (pembatas dengan pohon sangatlah sulit) Di tempat lain, alasan pertama Vetiver diterima sebagai kendali hama di penyimpanan kacang-kacangan, dan kendali hama pengganggu batang jagung (Afrika Selatan)

Bagian ini membahas beberapa penerapan Vetiver yang paling sering dilakukan petani.

2. KONSERVASI TANAH DAN AIR UNTUK PRODUKSI PANEN BERKELANJUTAN

2.1 Prinsip-prinsip konservasi air dan tanah

Tujuan dari praktek konservasi tanah adalah untuk mengendalikan atau mengurangi erosi tanah yang disebabkan oleh air dan angin. Dalam kasus erosi air, partikel tanah pertama tama dilepaskan oleh volume air yang berlebihan/atau kecepatan

yang tinggi arus air. Erosi angin merupakan akibat dari kecepatan angin yang tinggi di permukaan tanah yang 'gundul'.

Oleh karena itu tujuan utama dari praktek pengendalian erosi air adalah untuk melindungi permukaan tanah agar tidak terlepas karena dampak curah hujan, untuk mengurangi volume limpasan air dengan menggunakan penutup vegetatif, dan untuk mengendalikan atau memperlambat kecepatan arus. Kontur/pengalihan tepian (terasering) buatan mengalihkan limpasan air ke tempat yang aman, atau alur air, atau jaringan drainase. Pembatas vegetatif seperti pagar Vetiver yang ditanam melintangi lereng atau mengikuti kontur dapat mengendalikan limpasan, menyebarkannya dan memperlambatnya ketika dengan pelan memasuki tanaman pagarnya. Karena kekuatan erosi air dan tanah berbanding proporsional dengan kecepatan arus (kecepatan air yang menurun dan kekuatan angin), dasar utama dari konservasi tanah adalah untuk **mengurangi kecepatan air dan angin**. Ketika ditanam dengan benar, tanaman pagar Vetiver mampu mengendalikan air dan erosi angin.

Tujuan dari praktek konservasi air adalah untuk meningkatkan infiltrasi air ke badan tanah. Tujuan ini dapat dicapai yang paling mudah dengan penutup vegetatif, khususnya tanaman pagar. Ketika ditanam melintangi lereng atau di sepanjang kontur, tanaman pagar Vetiver yang lebat membentuk penghalang yang bisa dimasuki air yang dengan pelan menyebarkan limpasan air dan mengurangi kecepatannya. Hal ini memberi lebih banyak waktu bagi tanah untuk menyerap air dan tanaman pagar untuk memerangkap sedimen.

2.2 Karakteristik Vetiver yang sesuai untuk praktek konservasi tanah dan air

Karakteristik unik Vetiver yang sangat penting untuk konservasi tanah dan air adalah:

- Sistem **akar yang mengikat tanah**: dalam, menembus, masif, akar berserat.
- Batang yang **tegak dan kaku membentuk tanaman pagar lebat**, efektif memperlambat dan menyebarkan arus air, mengurangi kekuatan erosinya.
- Toleran terhadap segala macam kondisi tanah yang buruk dan tanah yang tidak subur, termasuk lingkungan sulfat asam, alkalin, salin, dan sodik.
- Kemampuan untuk menahan perendaman yang berkepanjangan.
- Kemampuan **beradaptasi dengan berbagai macam iklim**; mampu tumbuh baik di pegunungan yang dingin di utara dan kondisi kering yang ekstrim di bukit pasir di daerah pesisir tengah.
- **Penggandaan secara vegetatif yang mudah.**
- Steliritas: berbunga tetapi tidak menghasilkan biji. Karena Vetiver (*V. zizanioides*) tidak memiliki batang atas atau bawah tanah, dia akan berada di tempat yang sama dimana dia ditanam dan **tidak menjadi rumput liar**.

Tidak seperti *V. nemoralis*, tanaman asli Vietnam dan memproduksi benih subur, *V. Zizanioides* steril dan memiliki sistem akar yang masif. Bagian 1 dari manual ini menggambarkan perbedaan signifikan antara dua spesies ini.

- Sistem akarnya vertikal, pertumbuhan akar samping yang sangat kecil. Hal ini memastikan bahwa tanaman, ketika ditumpangsari, biasanya tidak bersaing mendapatkan hara dan air dengan tanaman lainnya.

Bagian 1 dari buku pedoman ini membahas lebih rinci karakteristik Vetiver. Bagian ini berfokus pada peran penting dalam pertanian yang diperankan oleh dua karakteristik pertama: Sistem akar Vetiver yang mengikat tanah dan kemampuannya untuk membentuk pagar tanaman lebat. Sistem akar Vetiver yang kuat tidak tertandingi oleh tanaman lain yang digunakan untuk pengendalian erosi di pertanian.

Pada tanah datar dan berparit, dimana kecepatan air banjir bandang dapat menghancurkan, akar Vetiver yang dalam dan kuat mencegah tanaman tidak tercabut. Rumput ini dapat menahan arus yang sangat kuat.



Foto 1: Arus kuat di perairan Australia ini meratakan rumput lokal, tanpa mempengaruhi tanaman pagar Vetiver; batangnya yang kaku mengurangi kecepatan air dan kekuatan erosinya

Selain mengurangi erosi pada permukaan tanah berlereng, akar Vetiver yang masif juga berkontribusi menstabilkan lereng. Sebagaimana digambarkan di Bagian 1, akarnya yang dalam dan berserabut mengurangi resiko longsor atau runtuh.

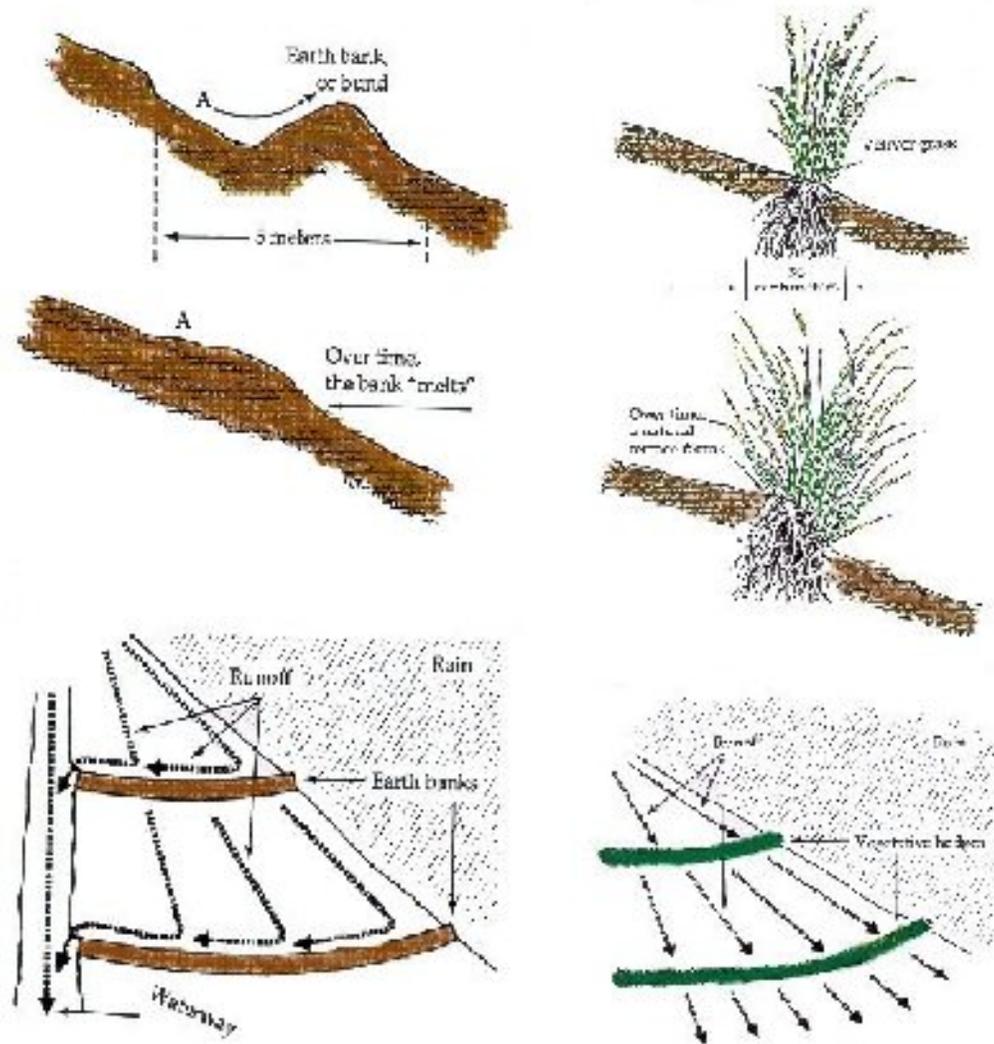
Batang Vetiver yang kaku membentuk tanaman pagar yang lebat yang mengurangi kecepatan air, memberi lebih banyak waktu bagi air untuk meresap ke dalam tanah, dan, ketika diperlukan, mengalihkan kelebihan limpasan air. Ini adalah prinsip

kendali erosi '*flow-through*' (dimana air terus menerus mengalir) untuk pertanian di dataran banjir dan juga di lereng curam di area dengan curah hujan tinggi.

2.3 Kontur tepian atau sistem teras dibanding sistem *Vetiver flow-through*

Peninjauan dilakukan oleh World Bank untuk membandingkan efektivitas dan kepraktisan pada tanah yang berbeda dan sistem konservasi air. Ditemukan bahwa langkah-langkah yang perlu diambil adalah tindakan konstruksi yang harus disesuaikan dengan tempat dan memerlukan teknik dan rancangan yang rinci dan akurat. Selanjutnya, semua sistem perangkat keras memerlukan pemeliharaan rutin. Sebagian besar bukti juga menunjukkan bahwa pekerjaan konstruksi mengurangi hilangnya tanah tetapi tidak mengurangi limpasan air secara signifikan. Pada beberapa kasus, mereka memiliki dampak negatif terhadap kelembaban tanah (Grimshaw 1988). Di sisi lain, ketika ditanam melintangi lereng atau mengikuti kontur, sistem konservasi vegetatif membentuk pembatas pelindung di sepanjang lereng yang mengurangi limpasan air dan menimbun deposit sedimen. Karena pembatas hanya menyaring limpasannya dan sering tidak menyalurkannya, air menembus pagar tanaman, mencapai dasar lereng perlahan-lahan tanpa menyebabkan erosi dan tidak terkonsentrasi di satu area saja. Ini adalah sistem *flow-through* (Greenfield 1989) Ada perbedaan yang mencolok dibanding sistem teras kontur/jalur air dimana limpasan air mengumpul pada teras dan dengan cepat dialihkan dari pertanian untuk mengurangi kemungkinan erosi. Karena semua limpasan air terkumpul dan terkonsentrasi di jalur air dimana sebagian erosi terjadi pada tanah pertanian, khususnya ladang berlereng, air akan selamanya hilang dari pertanian. Sistem *flow-through*, disisi lain, menyimpan air dan melindungi tanah agar tidak menghilang ke jalur air. Gambar 1.

Gambar 1: Atas kiri: kontur tepian; kiri bawah: tepian mengalihkan air; kanan atas: pagar Vetiver membentuk tepian atau teras seiring waktu; kanan bawah: Pagar Vetiver memperlambat limpasan untuk meningkatkan perembesan, dan air tetap bertahan di ladang (Greenfield 1989)



Praktek konservasi air ini sangat penting di daerah dengan curah hujan rendah seperti Central Highlands dan Pesisir Tengah Vietnam.

Idealnya, spesies yang digunakan sebagai penghalang untuk mengendalikan erosi dan sediman yang efektif harus memiliki fitur dibawah ini (Smith dan Srivastava 1989):

- Membentuk pagar tanaman yang tegak, kaku dan lebat yang memiliki ketahanan terhadap arus air permukaan dan memiliki akar yang luas dan dalam yang mengikat tanah dan mencegah keluarnya air dari kanal buatan dan penghanyutan di dekat penghalang.
- Mampu bertahan dari stres kelembaban dan hara dan tumbuh kembali dengan cepat sesudah hujan.
- Meminimalkan berkurangnya hasil panen (penghalang tidak harus berkembang biak menjadi rumput liar, tidak bersaing untuk kelembapan, hara, dan cahaya, dan tidak menjadi sarang hama dan penyakit).
- Tidak perlu lebar untuk bisa efektif.
- Dapat menjadi suplai bahan yang memiliki nilai ekonomis bagi petani.

Vetiver menunjukkan semua karakteristik ini. Uniknya, Vetiver tumbuh subur dalam kondisi kering dan lembab, tumbuh di tanah berkondisi ekstrim dan bertahan di berbagai macam suhu (Grimshaw 1988).

2.4 Penerapan pada dataran banjir

VS adalah alat penting untuk mengendalikan erosi banjir di dataran banjir di sungai-sungai utama di Vietnam. Penggunaannya tidak terbatas pada Delta Sungai Merah di utara dan Delta Mekong di selatan. Penerapannya sangat penting di propinsi pesisir tengah, dimana banjir bandang sering terjadi dengan dampak yang merusak, seperti kasus bantaran sungai Liam di propinsi Nghe An.

Tanaman pagar Vetiver di dataran banjir:

- Memperlambat arus yang dapat menahan tanaman, dan daya kikisan limpasan.
- Memerangkap tanah aluvial yang subur, yang mempertahankan kesuburan dataran; dan
- Meningkatkan infiltrasi air di daerah dengan curah hujan rendah seperti propinsi Ninh Thuan.

Penanaman jalur menggunakan sistem “flow-through” seperti yang disediakan tanaman pagar Vetiver, tidak mencegah lepasnya tanaman karena tidak mengurangi kecepatan limpasan. Tidak seperti pagar tanaman Vetiver, metode ini memerlukan urutan rotasi tanaman yang ketat, sehingga tidak bisa dilakukan selama musim kering karena tidak bisa ditanam. Penanaman jalur telah digunakan secara efektif pada dataran banjir di wilayah Darling Downs di Australia untuk mengurangi kerusakan karena banjir pada tanaman dan untuk mengendalikan erosi tanah pada lahan dengan kemiringan rendah yang mudah terkena banjir permukaan yang

dalam.

Dalam uji coba skala besar di Jondaryan (Darling Downs, Queensland, Australia), enam baris Vetiver dengan total lebih dari 3000m (900 kaki) ditanam mengikuti kontur dengan jarak tanam 90m (180 kaki). Baris-baris ini menyediakan perlindungan dari air banjir secara permanen. Data yang dikumpulkan dari arus kecil di lokasi tersebut menunjukkan bahwa pagar tanaman dengan signifikan mengurangi kedalaman dan kekuatan air yang mengalir melaluinya. Pada depresi rendah, satu pagar tanaman memerangkap 7,25 ton sedimen. Hasil selama beberapa tahun terakhir, termasuk beberapa banjir besar menunjukkan bahwa VS dengan sukses mengurangi kecepatan banjir dan membatasi pergerakan tanah, dengan pengikisan yang sangat kecil pada strip yang kosong (Truong *et al.* 1996, Dalton *et al.* 1996a dan Dalton *et al.* 1996b). Percobaan ini menunjukkan bahwa VS adalah alternatif yang baik untuk praktek penanaman jalur pada dataran banjir di Australia.



Foto 2: Kiri: Sedimen subur tetap bertahan ketika arus banjir melewati pagar tanaman Vetiver; kanan: tanaman sorgum yang sehat bertahan dari banjir pada dataran banjir di Darling Downs, Australia

2.5 Penerapan pada tanah berlereng

Di India penanaman pada lahan dengan kemiringan 1,7%, kontur pagar tanaman Vetiver mengurangi limpasan (berbanding dengan presentasi curah hujan) dari 23,3% (kontrol) menjadi 15,5% dan kehilangan tanah dari 14,4 t/ha menjadi 3,9 t/ha, dan panen sorgum meningkat dari 2,52 t/ha menjadi 2,88 t/ha selama waktu empat tahun. Peningkatan panen terutama terjadi pada konservasi tanah dan kelembaban di tempat asal (*in situ*) di seluruh toposekuen yang dilindungi oleh sistem pagar tanaman Vetiver (Truong 1993). Pada plot kecil di International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), pagar tanaman Vetiver lebih efektif dalam mengendalikan limpasan dan kehilangan tanah dibanding tanaman serai atau *stone bunds*. Limpasan dari plot Vetiver hanya 44% dari plot kontrol dengan kemiringan 2,8% dan 16% untuk kemiringan 0,6%. Tercatat pengurangan limpasan rata-rata 69% dan tanah yang hilang berkurang 76% pada plot Vetiver, dibanding plot kontrol (Rao *et al.* 1992).



Foto 3: Vetiver ditanam pada tanah yang sangat miring untuk konservasi tanah dan air pada perkebunan teh di India (P Haridas)

Di Nigeria, strip Vetiver ditanam pada tanah dengan kemiringan 6% di ujung 20m (60') plot limpasan selama tiga musim tanam untuk menilai dampaknya terhadap hilangnya tanah dan air, retensi kelembapan tanah dan hasil panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Vetiver menstabilkan tanah dan kondisi kimia sejauh 20m (60') di belakang strip. Dibawah pengelolaan Vetiver, hasil panen cowpea meningkat antara 11 dan 26%, dan jagung meningkat 50%. Dibanding dengan 20m plot limpasan tanpa Vetiver (kontrol), hilangnya tanah 70% dan limpasan 130% lebih tinggi. *Strip* Vetiver meningkatkan kelembapan tanah antara 1,9% dan 50,1%, tergantung kedalamannya. Hara yang baik pada tanah yang terkikis pada plot kontrol terus menerus memburuk dibanding di plot Vetiver, yang juga meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen sebesar 40%. Penelitian ini menunjukkan guna pagar tanaman Vetiver sebagai tindakan konservasi tanah dan air pada lingkungan di Nigeria (Babola *et al.* 2003).

Hasil serupa telah dilaporkan dalam berbagai kemiringan, jenis tanah, dan jenis tanaman di Venezuela dan Indonesia. Di Natal, Afrika Selatan, pagar tanaman Vetiver telah menggantikan kontur tepian dan jalur air pada ladang tebu yang curam, dimana petani telah menyimpulkan bahwa sistem Vetiver adalah paling efektif membentuk konservasi tanah dan air serta dan murah dalam jangka panjang (Grimshaw 1993). Analisis biaya-keuntungan dilakukan di DAS Maheswaran, India dengan mempertimbangkan baik struktur buatan maupun pembatas vegetatif Vetiver. Sistem Vetiver disimpulkan lebih menguntungkan bahkan selama tahap awal karena efisiensi dan biayanya yang murah (Rao 1993).

Di Australia, Penelitian dan Pengembangan selama lebih dari 20 tahun terakhir membenarkan penemuan-penemuan di luar negeri, khususnya keefektifan Vetiver untuk konservasi tanah dan air, stabilisasi parit, rehabilitasi tanah yang kritis, dan memerangkap sedimen pada jalur air dan depresi. Selain itu, Vetiver telah membuktikan kegunaannya untuk:

- Pengendalian erosi banjir pada dataran banjir di Darling Downs
- Pengendalian erosi pada tanah asam sulfat
- Pengganti kontur tepian pada ladang tebu yang curam di Queensland Utara.

Di Vietnam sebagian besar pengalaman pada lahan pertanian dengan sistem Vetiver didapat dari “proyek singkong”, (sebuah proyek Nippon Foundation: ‘Enhancing the Sustainability of Cassava-based Cropping Systems in Asia’, Peningkatan Keberlanjutan Sistem Tanaman Berbasis Ketela, di Cina, Thailand dan Vietnam, 1994-2003), dilaksanakan berkolaborasi dengan Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry (TUAF), National Institute for Soil Fertility (NISF), dan VietNam Agricultural Science Institute (VASI, now VAAS). Proyek ini bekerja sama dengan petani di area pegunungan utara di Yen Bai, Tho, Tuyen Quang, dan Thai Nguyen, di bagian pegunungan propinsi Thua Thien Hue, dan barat daya. Catatan: Singkong (*Manihot esculenta*) adalah satu dari tanaman pokok paling penting di wilayah tropis yang lembab, tetapi sebagai tanaman berumbi yang biasanya ditanam dengan monokultur, ketela adalah tanaman yang paling erosif di negara berkembang. Karenanya penting untuk lebih memperkenalkan sistem produksi ketela yang berkelanjutan. Dalam proyek ini, petani menguji beberapa kombinasi tindakan termasuk: 1. tumpang sari (misal penanaman kontur dengan kacang tanah), 2. pengenalan terhadap perbaikan bahan penanaman (varietas *low-branching* untuk mengurangi dampak hujan) dikombinasikan dengan meningkatnya pupuk (organik dan kimia), dan yang juga penting: 3. pagar tanaman anti-erosi, dan penerapan VS terbukti merupakan tindakan paling efektif untuk mengurangi hilangnya tanah (lihat proyek ketela CIAT)

Dampak hilangnya/terkikisnya tanah

Mengurangi hilangnya/terkikisnya tanah memiliki manfaat sendiri, mempertahankan kesuburan tanah pada pertanian, memiliki nilai sendiri bagi Vetiver, namun petanilah yang menilai penting tidaknya Vetiver. Ketika lahan pertanian mereka dalam, petani mungkin tidak menilai konservasi tanah karena memerlukan usaha dan menggunakan lahan pertanian mereka yang bernilai. Namun, saat pertanian di lahan berlereng menjadi lebih intensif, dan petani menggunakan pupuk kandang dan/atau pupuk kimia, kelebihan utama Vetiver bukan hanya mengurangi hilangnya tanah, tetapi juga mempertahankan kesuburan tanah dan mencegah aliran permukaan (Truong dan Loch, 2004). Di area yang lebih basah, sistem akar Vetiver yang dalam dan luas memiliki kelebihan tambahan: akar ini menyerap hara yang mudah larut yang (jika tidak terserap) akan hilang ke lapisan tanah yang lebih dalam dan tidak tercapai (oleh akar). Hara ini akan kembali

ke tanah ketika Vetiver dipotong dan digunakan sebagai mulsa, karenanya hara ini dapat didaur ulang.



Foto 4: Perbedaan hilangnya/terkikisnya tanah antara Vetiver (kiri) dan Flemingia congesta (kanan), polong



Foto 5: Tanah terperangkap dibelakang pagar tanaman Vetiver di Dong Rang, Vietnam Utara. Hal ini juga menyediakan mulsa in situ, menghentikan limpasan dan erosi, dan mengurangi kemiringan lereng dengan membentuk teras alami

Di wilayah pegunungan Vietnam utara, Tephrosia dan nanas liar secara tradisional telah digunakan sebagai tanaman pagar (kadang dikombinasikan dengan terasering) untuk mengurangi hilangnya tanah. Namun, efektivitas nanas liar cukup rendah. Batangnya yang tebal menciptakan bukit kecil yang dapat meningkatkan erosi dengan mengkonsentrasikan dan mendorong air melalui jarak sempit antar bukit-bukit kecilnya. Tephrosia efektif hanya selama tanaman hidup subur; dia akan mati setelah dua atau tiga tahun. Pada lereng menengah, pagar tanaman Vetiver adalah alternatif yang bagus sebagai terasering tradisional, yang sering menjadi insentif tenaga kerja.

Tabel 1: Pengaruh VS terhadap hilangnya/terkikisnya tanah dan limpasan pada tanah pertanian

Negara	Kehilangan tanah (t/ha)			Limpasan (% dari hujan)		
	Kontrol	Konvensional	VS	Kontrol	Konvensional	VS
Thailand	3.9	7.3	2.5	1.2	1.4	0.8
Venezuela	95.0	88.7	20.2	64.1	50.0	21.9
Venezuela (kemiringan 15%)	16.8	12.0	1.1	88	76	72
Venezuela (kemiringan 26%)	35.5	16.1	4.9			
Vietnam	27.1	5.7	0.8			
Bangladesh		42	6-11			
India		25	2			
		14.4	3.9		23.3	15.5

(Truong dan Loch, 2004)

Dr. Pham Hong Duc Phuoc, Nong Lam University, memimpin penelitian dalam pengujian sifat konservasi tanah Vetiver di perkebunan kopi di lahan miring di propinsi Dong Ngai (barat daya Vietnam)



Foto 6: Vetiver mengendalikan erosi pada perkebunan kopi di Central Highlands

Di Indonesia pengenalan VS di pertanian sangat efektif melalui program pendidikan berkebun organik di sekolah. Di East Bali Poverty Project, Vetiver digunakan untuk pembentukan terasering alami di kebun sekolah, juga untuk melindungi sepanjang jalan pedesaan yang curam. Anak-anak kemudian memperkenalkan keahlian dan pengetahuan mereka kepada anggota keluarga di rumah.



Foto 7: Pagar tanaman Vetiver melindungi kebun sekolah organik dengan kemiringan 50° (East Bali Poverty Project)

2.6 Rancangan dan pengembangan: Pertimbangan para petani

Penggunaan Vetiver untuk mengendalikan erosi tanah telah membuat satu hal yang jelas: petani mempertimbangkan banyak faktor sebelum memutuskan apakah dan bagaimana menggunakan Vetiver (Agrifood Consulting International, March 2004). Petani peneliti (petani makmur yang disubsidi untuk melakukan uji coba) membantu memberi gambaran tentang alasan petani. Di antara kekawatiran mereka yang paling tinggi adalah adopsi varietas tanaman yang lebih baik dan pupuk kimia. Prioritas dan kemauan mereka untuk mengadopsi Vetiver sebagai metode konservasi tanah berbeda dengan petani non-subsidi.

Setelah petani memahami prinsip-prinsip Vetiver, dan memiliki kesempatan untuk menilai dampak jangka pendek dan jangka panjang VS, mereka lebih cenderung untuk mengadopsinya. Oleh karena itu, penting untuk menempatkan petani sebagai pusat pendekatan, dan mengantisipasi bahwa masing-masing akan menyesuaikan dengan pedoman (misalnya jarak tanam yang dianjurkan) agar sesuai dengan keadaan lahannya sendiri. Mengetahui hal ini, pekerja lapangan akan lebih mampu memberi saran kepada petani untuk memastikan keberhasilan sistem ini. Penggunaan input bersubsidi atau insentif material lainnya bagi para petani untuk berkolaborasi dalam percobaan VS tidak dianjurkan, karena bisa merusak hasil yang berkelanjutan.

'Check-list' berikut menjelaskan isu kunci yang petani pertimbangkan dalam memutuskan penerapan VS.

Foto 8: Membuat hilangnya tanah terlihat (CIAT proyek singkong)



Check-list kelayakan adopsi Sistem Vetiver skala besar untuk Konservasi Tanah dan Air:

1. **Seberapa pentingkah masalah erosi tanah?**
 - Seberapa dalam profil tanahnya?
 - **Seberapa terlihat** hilangnya tanah bagi petani baik di lahan maupun di hilir?
 - Sejauh mana dan seberapakah nilai hilangnya tanah? Jika pupuk telah diterapkan maka petani lebih bersedia untuk melakukan upaya untuk melindungi investasi mereka, dan menolak kerugian (tanah) melalui limpasan atau pelarutan ke lapisan yang lebih dalam (misalnya akar panjang Vetiver dapat memulihkan Nitrogen yang dengan cepat melarutkan sampai lapisan terbawah yang tidak dapat dicapai)
 - Dengan kemiringan lereng dan tekstur tanah, seberapa rentan terhadap erosi tanah?
 - Bagaimana VS dibandingkan dengan metode kendali erosi lainnya yang tersedia (misalnya, pembatasan kontur, garis kontur batu, mulsa plastik, dan varietas tanaman yang memiliki dahan rendah, memiliki kanopi (tajuk) yang menutup dengan cepat)?
2. **Seberapa pentingkah sistem tanam** dibanding bagian lain dari lahan? Petani lebih tertarik untuk berinvestasi pada cara konservasi yang menghasilkan tanaman yang menguntungkan.
 - Seberapa besarkah nilai relatif sebidang tanah? (keinginan untuk investasi tenaga kerja, uang) dan
 - Bagaimanakah posisi petani secara umum? Berapa tenaga kerja/uang dia bisa investasikan untuk plot ini? Apa yang bersaing dengan waktu dan uangnya (misalnya sawah atau pekerja diluar pertanian)?

- Apakah petani yakin akan kepemilikan tanah agar mereka benar benar berusaha dengan baik?
 - Apakah jarak antara rumah dan ladang seimbang dengan investasi tenaga kerja?
 - Bisakah petani menggunakan Vetiver sebagai terapan komplemen/tambahan (lihat bab berikutnya)?
3. Apakah kebun bibit cukup luas untuk mengembangbiakkan atau jika tidak, untuk mendapatkan Vetiver?
 4. Kebijakan apa yang menghalangi penerapan konservasi tanah dan air?
 5. Batasan ekologi apa yang mempengaruhi penggunaan Vetiver? (misalnya. Vetiver tidak toleran terhadap keteduhan; ketika sudah bertumbuh, keteduhan bukan masalah besar lagi)

Petani didesak untuk menguji, membandingkan dan mengkombinasikan Sistem Vetiver dengan cara konservasi tanah dan air yang lain.

3. PENERAPAN LAIN PADA PERTANIAN

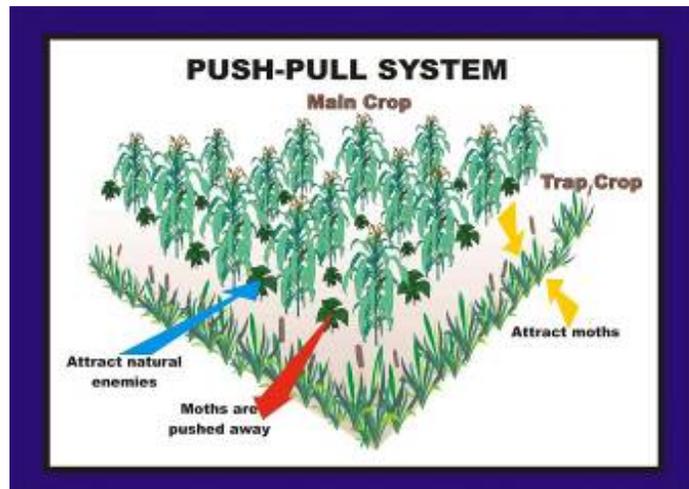
3.1 Perlindungan tanaman: mengendalikan hama pengganggu batang jagung dan padi



Foto 9: Hama pengganggu batang (Chilo partellus)

Hama pengganggu batang menyerang jagung, sorgum, padi dan jawawut di Afrika dan Asia. Larva/ngengat bertelur pada daun tanaman. Professor Johnnie van den Berg, ahli serangga, (School of Environmental Sciences and Development, Potchefstroom University, South Africa.) menemukan bahwa larva/ngengat lebih menyukai untuk bertelur pada daun Vetiver yang ditanam disekitar tanaman, ketimbang pada jagung atau padi. Karena itu, 90% telur dikeluarkan pada Vetiver, bukannya pada tanaman lainnya.

Gambar 2: Sistem Dorong-Tarik: Vetiver menarik serangga untuk bertelur dimana mereka memiliki kemungkinan kecil untuk hidup.



Karena daun Vetiver yang berambut, larva yang menetas tidak bisa bergerak dengan mudah. Larva jatuh dari tanaman dan mati di tanah, dengan tingkat kematian tinggi sekitar 90%. Vetiver juga menjadi sarang bagi serangga yang menguntungkan yang merupakan predator hama yang menyerang tanaman

Bekerjasama dengan Dr. van den Berg, Can Tho University saat ini sedang mempelajari penerapan praktek pengaruh tersebut pada padi. Hasil awal menunjukkan hal yang menjanjikan.



Foto 10: (kiri) Daun Vetiver yang berambut merupakan tuan rumah yang tidak ramah; larva hama pengganggu batang jatuh dan mati di tanah

Foto 11: (bawah) Kendali hama pengganggu batang jagung (Zulu land, S-Africa)



3.2 Makanan hewan

Daun Vetiver merupakan makanan lezat bagi ternak sapi, kambing, dan domba. Tabel 2 membandingkan nilai nutrisi Vetiver dibanding dengan rumput sub-tropis di Australia. Vetiver muda cukup bergizi, sebenarnya sejajar dengan rumput Rhodes dan Kikuyu dewasa. Tetapi, nilai nutrisi Vetiver dewasa rendah, dan kekurangan protein kasar.

Sebuah penelitian di Vietnam (Nguyen Van Hon, 2004) menunjukkan bahwa rumput Vetiver muda sebagian dapat menggantikan rumput *Brachiaria mutica* dewasa sebagai makanan untuk pertumbuhan kambing.

Tabel 2: Nilai nutrisi Vetiver, rumput Rhodes dan Kikuyu, Australia

Analit	Unit	Rumput Vetiver			Rhodes	Kikuyu
		Muda	Dewasa	Tua	Dewasa	Dewasa
Energi (ruminan)	kCal/kg	522	706	969	563	391
Ketercernaan	%	51	50	-	44	47
Protein	%	13.1	7.93	6.66	9.89	17.9
Lemak	%	3.05	1.30	1.40	1.11	2.56
Kalsium	%	0.33	0.24	0.31	0.35	0.33
Magnesium	%	0.19	0.13	0.16	0.13	0.19
Natrium	%	0.12	0.16	0.14	0.16	0.11
Kalium	%	1.51	1.36	1.48	1.61	2.84
Pospor	%	0.12	0.06	0.10	0.11	0.43
Besi	mg/kg	186	99	81.40	110	109
Tembaga	mg/kg	16.5	4.0	10.90	7.23	4.51

Analit	Unit	Rumput Vetiver			Rhodes	Kikuyu
		Muda	Dewasa	Tua	Dewasa	Dewasa
Mangan	mg/kg	637	532	348	326	52.4
Zink	mg/kg	26.5	17.5	27.80	40.3	34.1

Daun Vetiver umumnya berguna untuk konservasi tanah dan air, bukan sebagai rumput makanan ternak. Namun, Vetiver dapat ditanam sebagai makanan ternak dalam kondisi tertentu. (lihat bagian 4.2, dimana Vetiver digunakan sebagai rehabilitasi tanah di propinsi Ninh Thuan). Tunas Vetiver bergizi ketika dipotong (dirapikan) dengan interval antara 1 dan 3 bulan, tergantung kondisi iklim. Nutrisinya, seperti banyak rumput tropis, bervariasi tergantung musim, tahap pertumbuhan dan kesuburan tanah.

Ketika Vetiver digunakan untuk keperluan lain, makanan ternak bisa menjadi nilai tambah. Setelah musim dingin yang sangat buruk di propinsi Quang Binh, Vetiver merupakan satu-satunya makanan hijau yang tersedia; suhu dingin telah membunuh rumput lain. Lebih jauh, rumput Vetiver yang tumbuh pada limbah peternakan babi memiliki tingkat protein kasar yang tinggi, protein karoten dan lutein, kandungan relatif rendah Ca, Fe, Cu Mn dan Zn, dan tingkat logam berat Pb, As dan Cd yang bisa diterima (Pingxiang Liu 2003).



Foto 12: Kiri: kerbau merumput pada pematang dengan batas Vetiver; kanan: sapi memakan Vetiver muda

3.3 Mulsa untuk mengendalikan rumput liar dan konservasi air tanah

Karena kandungan silika lebih tinggi dari rerumputan tropis lainnya, seperti *Imperata cylindrica* tunas Vetiver perlu waktu lebih lama untuk terurai. Hal ini membuat Vetiver ideal untuk mulsa dan atap (sebagai atap, Vetiver tidak ditempati serangga).

Pengendalian hama. Ketika tersebar merata di tanah, keseluruhan daun Vetiver atau carutannya membentuk ‘tikar’ tebal yang menekan rumput liar. Mulsa Vetiver

berhasil mengendalikan rumput liar pada perkebunan kopi, dan kokoa di Central Highland dan perkebunan teh di India.



Foto 13: Vetiver mengendalikan erosi dan mulsanya menekan rumput liar pada perkebunan kopi di Central Highlands



Foto 14: Mulsa Vetiver mengendalikan rumput liar pada perkebunan teh, India selatan (P Haridas)

Konservasi air: Mulsa Vetiver yang tebal meningkatkan infiltrasi air dan mengurangi penguapan, khususnya penting di kondisi panas dan kering seperti propinsi pesisir Ninh Thuan. Mulsa Vetiver juga melindungi permukaan tanah dari dampak curah hujan, penyebab terbesar erosi tanah.

4. REHABILITASI LADANG DAN PERLINDUNGAN TERHADAP MASYARAKAT PENGUNSI BANJIR

4.1 *Stabilisasi bukit pasir*

Bukit pasir menutupi lebih dari 70,000 ha (172,974 acres) sepanjang pesisir Vietnam Tengah. Bukit pasir ini berpindah-pindah karena pergerakan angin dan sangat mudah terkikis selama musim hujan deras. Tanpa stabilisasi, pasir menyerang lahan pertanian yang berharga, menghancurkan tanaman, dan menyumbat sungai dan anak sungai. Petani lokal mengalami kerugian besar karenanya. Metode tradisional untuk menghentikan pergerakan gundukan pasir, yang meliputi penanaman pohon Casuarian dan nanas liar, dan membangun tanggul kecil yang terbuat dari pasir tidak efektif. Penanaman Vetiver menawarkan solusi terbaik untuk saat ini.

Studi kasus berikut menggambarkan masalahnya: Di propinsi Quang Binh kaki lereng bukit pasir benar-benar terkikis oleh arus sungai berkelok-kelok yang berfungsi sebagai pembatas alami antara bukit pasir dan pembibitan Forest Enterprise. Arus yang memotong kaki lereng menggerakkan pasir, mengumpulkannya pada ladang teririgasi di hilir. Para petani, yang berusaha untuk mengubah pasir-sungai dengan tanggul yang terbuat dari gundukan pasir, hanya berhasil untuk memindahkan masalah ini ke lahan pertanian lain. Situasi ini menciptakan konflik diantara petani, dan, karena arus telah dipindahkan dari pembibitan menuju bukit pasir, konflik terjadi dengan Forestry Enterprise.

Empat baris Vetiver ditanam pada garis kontur sepanjang lereng bukit pasir, mulai dari tepian sungai. Hanya setelah empat bulan Vetiver membentuk tanaman pagar dan menstabilkan kaki bukit pasir. Forestry Enterprise sangat terkesan sehingga memutuskan untuk menanam massal rumput ini di sisi lain dan bahkan menggunakannya untuk melindungi penopang jembatan. Vetiver lebih jauh mengejutkan penduduk lokal karena bertahan di musim dingin terdingin semenjak 10 tahun terakhir, ketika suhu turun sampai -10°C (50°F), memaksa petani untuk menanam kembali padi dan Casuarinas mereka. Setelah dua tahun, spesies lokal seperti Casuarinas dan nanas liar kembali tumbuh dengan baik. Rumputnya sendiri pelan pelan menghilang karena terkena teduhan pohon pohon tersebut, dengan menyelesaikan misinya. Proyek ini membuktikan bahwa dengan penanganan yang benar, Vetiver dapat bertahan dari cuaca dan iklim yang sangat tidak ramah.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam menyikapi perlindungan bukit pasir:

1. Menilai dan merencanakan bersama-sama dengan masyarakat lokal sangatlah penting. Supaya masyarakat dapat:
 - i) Memberikan ide- ide yang berharga selama perencanaan
 - ii) Kontribusi finansial
 - iii) Menyediakan tenaga kerja untuk pelaksanaan
 - iv) Melindungi dan memelihara tanaman
 - v) Berguna dalam penumbuhan dan pemeliharaan ditempat penanaman
2. *Melatih masyarakat lokal:* Ketika mengajar masyarakat lokal tentang penggandaan Vetiver, penanaman dan pemeliharaan, memberikan penjelasan tentang kegunaan lainnya (makanan ternak, kerajinan tangan)
3. *Pengembangbiakan:* Pembibitan lokal dapat dikontrak untuk mengembangbiakkan menggunakan *slip* Vetiver.
4. *Pemeliharaan dan pengawasan:* Masyarakat lokal dapat mengawasi dan memelihara penanaman. Pergantian tanah kering, terkadang mengubur atau membuang rumput muda, jadi perawatan pada tahap awal sangatlah penting.

Foto 15 dan 16 menunjukkan pagar tanaman Vetiver pada bukit pasir di wilayah Le Thuy dan propinsi Quang Binh



***Foto 15: Awal April 2002 – Vetiver satu bulan setelah penanaman.
Catatan: Mulsa diletakkan diatas baris atas***



Foto 16: Pertengahan Oktober 2002 (tujuh bulan): Casuarinas tumbuh subur kembali antara baris Vetiver

Foto 17 menunjukkan bagaimana masyarakat lokal meluaskan apa yang mereka lakukan, dengan dukungan ahli hutan lokal.



Foto 17: Februari 2003: pagar tanaman subur pada bulan Oktober 2002 setelah bertahan dari musim dingin terburuk di Quang Binh

Vetiver sangat efektif dalam mengurangi hembusan pasir. Untuk menggunakan ini, rumput harus ditanam melintang arah angin, khususnya melalui celah antara bukit pasir, dimana kecepatan angin biasanya meningkat. Penggunaannya telah diuji pada

bukit pasir pesisir di Senegal (Foto 18), dan juga Pulau Pintang, diluar pantai Vhina Timur.



Foto 18: Vetiver melindungi bukit pasir di resort pantai di Senegal (M. Sy)

4.2 Peningkatan produktifitas pada tanah sodik berpasir dan salin dibawah kondisi semi-kering

Di Vietnam Tengah bagian selatan, Ninh Thuan dan Binh Thuan adalah dua propinsi pesisir yang memiliki kondisi iklim yang sama. Meskipun keduanya terletak di pesisir, tempat tersebut mengalami kondisi semi-kering, dengan curah hujan tahunan antara 200-300mm (8-12”). Hal ini menimbulkan kekurangan air bersih yang buruk untuk tanaman dan makanan ternak.

“Tanah” di daerah bukit pasir pesisir adalah tanah salin, alkalin, dan sodik, dengan lapisan Gypsum yang tipis (sodik-petrokalsik) tepat dibawah tanah permukaan. Hasil pertanian di wilayah tersebut sangat terbatas, dikarenakan, sebagian, oleh kondisi tanah yang buruk (permukaan gipsum dengan efektif menghalangi akar menembus lapisan bawah yang lebih lembab) dan, sebagian dikarenakan kurangnya curah hujan. Bukit pasir pesisir juga rentan terhadap erosi angin dan air ketika hujan, sehingga menghasilkan vegetasi dan makanan ternak. Faktor ini manambah sulitnya hidup dan kemiskinan ekstrim bagi masyarakat lokal.

Dari 2003 sampai 2005, Professor Le Van Du dan murid-muridnya dari Ho Chi Minh City Agro-Forestry University menanam Vetiver pada tanah salin sodik untuk menentukan apakah Vetiver dapat meningkatkan produktifitas pertanian di kondisi seperti gurun. Mereka belajar bahwa ditanam dengan irigasi pada awal penanaman, Vetiver tumbuh sangat baik. Selama dua bulan pertama, Vetiver tumbuh dua sampai tiga kali lebih cepat dari tanaman lainnya, menghasilkan 12 ton biomas segar pada tanah berpasir non-salin (96% pasir) dan 25 ton pada tanah alkalin-sodik. Dalam waktu tiga bulan, akarnya menembus 70cm (26,5”), melalui lapisan gipsum padat,

mencapai tanah lembab yang tanaman seperti jagung lokal, anggur dan tanaman lain tidak bisa mencapai.

Para ilmuwan mencatat peningkatan besar dari kesuburan tanah setelah hanya tiga bulan, khususnya setelah garam yang dapat larut dan pH banyak berkurang. Meskipun pH tanah sangat sulit berubah selama penanaman anggur, setelah penanaman Vetiver pH tanah menurun sampai 2 unit dari lapisan permukaan sampai kedalaman 1m (3'), dan melarutkan kandungan garam. Pengurangan kandungan natrium lebih dari setengah telah dengan dramatis meningkatkan produktifitas tanaman lokal seperti jagung dan anggur. Foto 19 dan 20.



Foto 19: Akar Vetiver menghujam pembatas gipsum padat sampai air tanah dan tumbuh; tanpa irigasi jagung dan anggur mati



Foto 20: Kiri: Tanah berpasir pada bentuk aslinya; kanan: tanah yang sama, sekarang digunakan untuk kebun anggrek, mengikuti rehabilitasi dengan mulsa Vetiver

4.3 Pengendalian erosi pada tanah asam sulfat yang ekstrim

Pengembangan pertanian dan aquakultur untuk wilayah tanah asam sulfat membutuhkan irigasi dan sistem drainase yang efektif dan stabil. Penduduk di daerah ini umumnya menggunakan tanah lokal (lempung tinggi, pH rendah, toksisitas tinggi) untuk membangun infrastruktur, yang rentan terhadap erosi tanah karena tidak dapat mendukung sebagian besar vegetasi. Karena asam sulfat adalah zona topografi rendah dan rentan terkena banjir tahunan, masyarakat lokal mengalami kesulitan ekstrim.

Ditemukan di berbagai wilayah, tanah memiliki karakteristik umum: asam sulfat yang ekstrim, pH antara 2,0 dan 3,0 di musim kering, dan tingkat Al, Fe, dan SO_4^{2-} yang tinggi. Kandungan lempung yang tinggi menyebabkannya retak ketika kering, membuat lubang besar yang membuat air masuk, dan menyebabkan erosi selama musim hujan dan banjir. Konsekuensinya, sangat sedikit tanaman endemik dapat bertumbuh dan bertahan selama musim kering, termasuk yang dianggap sebagai spesies lokal yang toleran.

Vetiver telah menstabilkan tanggul dan mengendalikan erosi tepian kanal di lima tempat berbeda pada tanah asam sulfat ekstrim di Vietnam: satu tanggul pelindung banjir (melindungi kelompok pemukiman atau komunitas pengungsi banjir) di propinsi Tien Giang, tiga di propinsi Long An, dan satu bagian tanggul perlindungan banjir di dekat Ho Chi Minh City.

Ditanam di dalam polibag, Vetiver telah tumbuh dalam tanah cukup baik. Meskipun tidak ada Vetiver yang bertahan tumbuh ketika ditanam langsung ke tanah asam sulfat yang menggunakan slip Vetiver, Tetapi lebih dari 80 persen Vetiver slip bertahan dan tumbuh normal di tanah yang sama ketika ditambahkan dengan sedikit gamping, tanah atas yang baik, atau pupuk kandang.

Hasilnya ada dibawah ini:

- Setelah diatas empat bulan, ketika sudah tumbuh, Vetiver secara signifikan mengurangi hilangnya tanah karena erosi. Tepian kanal ‘gundul’ kehilangan tanah sebanyak 400-750 tons/ha, dibanding dengan hanya 50-100 tons/ha pada tanggul yang dilindungi Vetiver.
- Sesudah 12 bulan, kehilangan tanah jumlahnya menjadi tidak signifikan.
- Tepian benar-benar stabil ketika Vetiver dipotong menjadi 20-30cm (8”-12”) dan tunasnya digunakan sebagai mulsa menutupi area tepian yang ‘gundul’ (Le van Du and Truong, 2006).

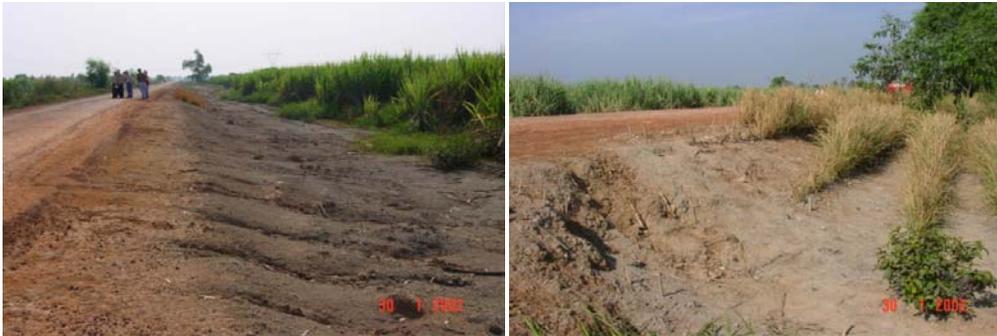


Foto 21: Sebelum dan sesudah penanaman Vetiver pada tanah ekstrim asam sulfat pada pematang di propinsi Tien Giang, Vietnam

4.4 Perlindungan komunitas pengungsi banjir atau kelompok pemukiman

Banjir besar terjadi setiap tahun di beberapa propinsi di Delta Mekong, Vietnam selatan. Banjir ini biasanya sampai sedalam 6-8m (18-24’) dan berlangsung selama tiga sampai empat bulan. Sebagai hasilnya, rumah-rumah terkena banjir setiap tahun kecuali yang terletak di lokasi yang terlindungi oleh sistem tanggul besar. Petani yang ingin bertahan harus membangun kembali rumahnya setiap tahun, dengan pengorbanan yang besar.

Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah daerah menentukan area Masyarakat Pengungsi Banjir atau Kelompok Masyarakat dimana tanahnya sudah ditinggikan dengan tanah dari daerah sekitarnya. Meskipun area ini cukup tinggi untuk menghindari banjir tahunan yang berkepanjangan, tepinya mudah terkikis dan memerlukan perlindungan dari arus kuat dan ombak selama musim banjir. Pagar tanaman Vetiver sangat efektif dalam melindungi kelompok-kelompok ini untuk melawan erosi banjir, dengan manfaat tambahan untuk mengolah efluen dan limbah cair komunitas ini selama musim kering.



Foto 22: Kiri: Komunitas pengungsi banjir (atau Kelompok Masyarakat/ People Clusters) di wilayah Tan Chau, Propinsi An Giang; (kanan) tepi kelompok pemukiman

4.5 Perlindungan terhadap infrastruktur pertanian

VS banyak digunakan untuk melindungi prasarana dengan menstabilkan tanggul pertanian, pematang akuakultur, dan jalan di pedalaman, juga penerapan lain. Foto 23 menunjukkan Vetiver mengurangi dampak dari parit yang disaluri air dari area pertanian yang terkena banjir musiman (latar belakang) menuju sungai. Karena parit juga mengancam tambak udang (kanan), Vetiver juga melindungi tepian tambak, khususnya area dimana petani menguras air tambak ke parit, yang merupakan tempat yang paling rentan.

Foto 23: Vetiver melindungi tambak udang dekat parit alami yang menyalurkan air ke sungai (propinsi Da Nang); model ini dibuat sebagai bagian dari proyek Vetiver yang pertama dibiayai oleh Royal Netherlands Embassy in Vietnam, Kedutaan Besar Belanda di Vietnam.





Foto 24: Vetiver, ditanam dengan bentuk bersilang, melindungi tanggul pematang tambak ikan di Quang Ngai

Foto 25: Bagian kanan dari jalan di pedalaman Quang Ngai ini dilindungi oleh Vetiver; bagian kiri tidak dilindungi



Vetiver menstabilkan lereng yang membatasi jalan tidak beraspal dan sungai, mencegah tanah longsor di daerah pegunungan dan erosi tepian pada dataran banjir.

Di Filipina dan India, Vetiver juga digunakan untuk menstabilkan tanggul sempit yang memisahkan sawah pada lahan berlereng. Penanaman ini menguatkan sisi-sisi tanggul dengan mengurangi lebarnya tanggul yang menambah besarnya area untuk penanaman. Bonus tambahannya adalah penanaman ini akan menyediakan makanan bagi sapi dan kerbau selama musim kering.

BAGIAN 3 membahas perlindungan tepian sungai dengan lebih rinci

5. KEGUNAAN LAIN

5.1 Kerajinan tangan

Komunitas pedalaman di Thailand, Indonesia, Filipina, Amerika Latin, dan Afrika menggunakan daun Vetiver untuk memproduksi kerajinan tangan berkualitas tinggi, sebagai sarana yang penting untuk memperoleh penghasilan. “Vetiver Handicrafts di Thailand,” yang diterbitkan oleh Pacific Rim Vetiver Network, merupakan buku petunjuk yang diilustrasikan dengan baik dan praktis. Acuan di akhir bagian ini menyediakan detail bagaimana mendapat buku panduan tersebut.

The Royal Development Projects Board - Thailand menawarkan **pelatihan gratis** tentang pembuatan kerajinan Vetiver untuk peserta dari luar negeri.

Foto 26: Produk kerajinan tangan Vetiver



Handicraft products in Thailand





Foto 27: Produk kerajinan tangan Venezuela

5.2 *Atap anyaman*

Daun Vetiver bertahan lebih lama daripada *Imperata cylindrica*, setidaknya dua kali lebih lama menurut petani di Thailand, Afrika dan Pulau pasifik selatan, membuatnya cocok digunakan untuk batu bata dan atap. Pengguna melaporkan bahwa daun Vetiver dapat mengusir rayap.

Thatch roofs in Fiji, Cassio University and Zimbabwe (L to R)



Foto 28: Kiri ke kanan: atap anyaman di Fiji, Vietnam dan Zimbabwe

Foto 29: atap anyaman di Venezuela



5.3 *Pembuatan batu bata lumpur*

Jerami Vetiver digunakan dengan luas di Senegal, Afrika untuk membuat batu bata lumpur yang tahan retak. Konstruksi rumah di Thailand menggunakan bata dan kolom yang terbuat dari komposit tanah liat dimana daun Vetiver telah ditambahkan didalamnya. Bahan ini memiliki konduktifitas panas yang rendah sehingga lebih nyaman dan efisien energi, juga merupakan teknologi yang memprioritaskan tenaga kerja.

5.4 *Tali dan pengikat*

Petani yang menanam padi, tanaman utama di Delta Mekong, telah menemukan penggunaan Vetiver yang lain: sebagai tali untuk mengikat bibit padi dan jerami padi. Mereka lebih suka tali Vetiver karena lentur dan kuat, bahkan lebih lentur dan kuat dari tali pisang, ilalang air dan nipah yang biasanya digunakan.



Foto 30: Kiri: Vetiver menguatkan struktur kayu di sepanjang sungai; kanan: potongan daun Vetiver menjadi tali untuk mengikat padi

5.5 Ornamen

Vetiver dewasa memiliki bunga ungu dan sangat cantik, yang dapat digunakan sebagai bunga potong, tanaman pot atau lanskap di kebun dan tempat umum yang lain seperti danau dan taman.



Foto 31: Vetiver membatasi danau di daerah pinggiran yang mahal (Brisbane, Australia)

Nice flower heads in Australia and cut flower display in China



Potted plants at Thien sing company, Saigon, Vietnam



Foto 32: Penggunaan ornamen yang berbeda-beda di Australia, Cina dan Vietnam

5.6 Ekstraksi minyak untuk tujuan pengobatan dan kosmetik

Di Afrika, India dan Amerika Selatan, akar Vetiver digunakan secara meluas untuk tujuan pengobatan, dari pilek biasa sampai kanker. Penelitian di Amerika membenarkan bahwa ekstrak minyak dari akar Vetiver memiliki karakter anti-oksidaan sebagai pengurang/pencegah kanker. Di India dan Thailand, para praktisi penyembuhan banyak menggunakan minyak Vetiver untuk aroma terapi karena efek penenangannya yang nyata (telah didokumentasikan).

Tabel 3: Produk dunia dan penggunaan minyak akar Vetiver

Minyak akar Vetiver: Minyak Vetiver U.C Lavania	
Central Institut of Medical & Aromatic Plants, Pusat Institut Kedokteran dan Tanaman Aromatik, Lucknow (India)	
Produksi tahunan minyak Vetiver	250 Ton
Perkiraan harga minyak	80 US dollar/kg
Negara produsen utama	Haiti, Indonesia (Jawa), Cina, India, Brazil, Jepang
Konsumen utama	Amerika Serikat, Eropa (Prancis), India, Jepang
Kegunaan utama	Parfum (parfum, campuran, fixative)
Akar-akaran seperti	Perasa, Kosmetik, Obat kunyah Berbagai terapan pendinginan

Komposisi kimia dan penerapan minyak Vetiver

Untuk parfum:

- Minyak esensial (parfum) – Basenote dengan penguapan yang lambat (dikenal sebagai Pure essential oil Ruh Khus, Majmua)
- Vetiverol – memiliki aroma lembut dan mudah larut dalam alkohol menghasilkan cairan terbaik dan campuran yang berkualitas
- Bentuk yang lebih ringan – aroma, penyegar dan pendingin (cologne, air toilet)

Obat aroma terapi:

- Perawatan kulit, kegunaan CNS
- Menghentikan mimisan dan mengobati sengatan lebah.

6. REFERENSI

- Agrifood Consulting International, March 2004. Integrating Germplasm, Natural Resource, and Institutional Innovations to Enhance Impact: The Case of Cassava-Based Cropping Systems Research in Asia, CIAT-PRGA Impact Case Study. A Report Prepared for CIAT-PRGA.
- Berg, van den, Johan, 2003. Can Vetiver Grass be Used to Manage Insect Pests on Crops? Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003. Email: drkjvdb@puk.ac.za
- Chomchalow, Narong, 2005. Review and Update of the Vetiver System R&D in Thailand. Summary for the Regional Conference on Vetiver 'Vetiver System: disaster mitigation and environmental protection in Viet Nam', Can Tho City, Viet Nam, to be held in January 2006.
- Chomchalow, Narong, and Keith Chapman, (2003). Other Uses and Utilization of Vetiver. Pro. ICV3, Guangzhou, China, October 2003
- CIAT-PRGA, 2004?. Impact of Participatory Natural Resource Management Research in Cassava-Based Cropping Systems in Vietnam and Thailand. Impact Case Study. DRAFT submitted to SPIA, September 7, 2004?
- Greenfield, J.C. 1989. ASTAG Tech. Papers. World Bank, Washington D.C.
- Grimshaw, R.G. 1988. ASTAG Tech. Papers. World Bank, Washington
- Le Van Du and P. Truong (2006). Vetiver grass for sustainable agriculture on adverse soils and climate in South Vietnam. Proc. Fourth International Vetiver Conf. Venezuela, October 2006
- Nguyen Van Hon et al., 2004. Digestibility of nutrient content of Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) by goats raised in the Mekong Delta, Vietnam.
- Nippon Foundation, 2003. From the project 'Enhancing the Sustainability of Cassava-based Cropping Systems in Asia'. On-farm soil erosion control: Vetiver System on-farm, a participatory approach to enhance sustainable cassava production. Proceedings from International workshop of the 1994-2003 project in SE Asia (Viet Nam, Thailand, Indonesia & China).
- Pacific Rim Vetiver Network, October 1999. Vetiver Handicrafts in Thailand, practical guideline. Technical Bulletin No. 1999/1. Published by Department of Industrial Promotion of the Royal Thai Government (Office of the Royal Development Projects Board), Bangkok, Thailand. For copies write to: The Secretariat, Office of the Pacific Rim Vetiver Network, c/o Office of the Royal Development Projects Board, 78 Rajdamneng Nok Avenue, Dusit, Bangkok 10200, Thailand (tel. (66-2) 2806193 email: pasiri@mail.rdpb.go.th)
- Pham H. D. Phuoc, 2002. Using Vetiver to control soil erosion and its effect on growth of cocoa on sloping land. Nong Lam Univ., HCMC, Vietnam.
- Pingxiang Liu, Chuntian Zheng, Yincai Lin, Fuhe Luo, Xiaoliang Lu, and Deqian Yu (2003): Dynamic State of Nutrient Contents of Vetiver Grass. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.

- Tran Tan Van et al. (2002). Report on geo-hazards in 8 coastal provinces of Central Vietnam - current situation, forecast zoning and recommendation of remedial measures. Archive Ministry of Natural Resources and Environment, Hanoi, Vietnam.
- Tran Tan Van, Elise Pinnars, Paul Truong (2003). Some results of the trial application of Vetiver grass for sand fly, sand flow and river bank erosion control in Central Vietnam. Proc. Third International Vetiver Conf. China, October 2003.
- Tran Tan Van and Pinnars, Elise, 2003. Introduction of Vetiver grass technology (Vetiver System) to protect irrigated, flood prone areas in Central Coastal Viet Nam, final report, for the Royal Netherlands Embassy, Hanoi.
- Truong, P. N. (1998). Vetiver Grass Technology as a bio-engineering tool for infrastructure protection. Proceedings of North Region Symposium. Queensland Department of Main Roads, Cairns August 1998.
- Truong, P. N. and Baker, D. E. (1998). Vetiver Grass System for Environmental Protection. Technical Bulletin No. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand.
- Truong, P. and Loch R. (2004). Vetiver System for erosion and sediment control. Proceedings of 13th Int. Soil Conservation Organization Conference, Brisbane, Australia, July 2004.

BAGIAN 6

Penerapan Sistem Vetiver di Indonesia

ISI DARI BAGIAN 6

- 1. PENDAHULUAN**
- 2. MITIGASI BENCANA DAN PENGEMBANGAN SOSIAL DAN EKONOMI BERKELANJUTAN DI INDONESIA**
- 3. PENERAPAN SISTEM VETIVER DI INDONESIA SEJAK TAHUN 2000**
 - 3.1 Aplikasi VS untuk pengembangan masyarakat pedesaan secara berkelanjutan di lereng gunung gersang dengan abu vulkanik: Contoh Desa Ban di Bali bagian timur**
 - 3.2 Proyek Percontohan VS untuk Mengurangi Pencemaran di Daerah Aliran Sungai Citarum, Jawa Barat**
 - 3.3 VS mengurangi erosi di pantai Bali, melindungi properti tepi pantai dan melestarikan terumbu karang**
 - 3.4 VS untuk menstabilkan lereng curam pada hotel baru, villa dan pembangunan perumahan.**
 - 3.5 VS untuk Perlindungan Lingkungan dan Rehabilitasi Pertambangan Besar di Indonesia**
 - 3.6 VS untuk Platform Ladang Minyak di Jawa Timur**
 - 3.7 VS untuk Departemen Pekerjaan Umum Divisi Jalan**
 - 3.8 VS untuk Perlakuan Pembuangan Limbah Kotoran dan Limbah Cair: Aceh – Rehabilitasi Pasca Tsunami**
- 4. PENYEBARLUASAN SISTEM VETIVER MELALUI TRAINING**
 - 4.1 Training VS, seminar dan lokakarya/workshop**
 - 4.2 EBPP/IDVN Video Training Vetiver**
- 5. KESIMPULAN**
- 6. REFERENSI**

1. PENDAHULUAN

Vetiver telah ditanam di Indonesia selama bertahun-tahun, beberapa studi menyatakan telah lebih dari 1.000 tahun (Greenfield, 2002) tetapi setidaknya dari 200 tahun yang lalu (Dafforn, 2002), telah dibudidayakan terutama untuk memproduksi minyak akar wangi untuk di ekspor. Rumput ditanam di lerang-lereng pegunungan vulkanik dan saat dipanen, meninggalkan sisa galian yang dalam yang menyebabkan erosi yang luas. Hal ini memberikan reputasi buruk pada vetiver dan menciptakan kesan bahwa vetiver "menyebabkan erosi", sehingga budidaya vetiver dilarang di beberapa daerah di Jawa. (National Academy Press. Halaman 16. 1993)

Sistem vetiver telah diterapkan di Kalimantan dan daerah lain di Indonesia pada waktu itu tetapi tidak dipromosikan secara luas mengenai manfaatnya dalam mitigasi erosi dan tanah longsor, perlindungan lingkungan dan konservasi tanah dan air.

Hal ini berubah pada tahun 2000 ketika Yayasan Ekoturin's East Bali Poverty Project (EBPP) yang berbasis di Bali memperkenalkan rumput vetiver dan Sistem Vetiver (VS) sebagai bagian dari program yang komprehensif untuk mengurangi kemiskinan dan mempromosikan pembangunan berkelanjutan berbudaya di sebuah desa pegunungan terpencil dan miskin di bagian timur lereng gunung Agung dan Abang. Tanah di desa tersebut tertutup abu vulkanik sedalam 30-40 meter dari letusan Gunung Agung pada tahun 1963, dengan penduduk lebih dari 3.000 keluarga di 19 desa adat seluas 7.200 hektar lahan pertanian yang curam dan gersang, tidak memiliki jalan, sungai, pasokan air, toilet, fasilitas kesehatan atau listrik. Rumput Vetiver membuktikan cara yang paling efektif untuk mencegah erosi lebih lanjut pada jalan dengan lereng curam dan berpasir serta berperan penting bagi pembuatan kebun pertanian sayuran organik di lahan curam dan tandus yang sebelumnya hanya bisa ditanami singkong dan jagung. Vetiver juga menjadi alat penyadaran kuat dalam program pendidikan terpadu untuk anak, baik dalam mengembangkan kebun sayuran organik di sekolah maupun pelajaran kerajinan kreatif dari akar dan daun rumput yang sudah kering. (Booth, DJ. 2003)

Pada tahun 2003, David Booth, pendiri EBPP, ditunjuk sebagai koordinator Indonesia Vetiver Network (IDVN) oleh The Vetiver Network International (TVNI). Penyebarluasan teknologi informasi Sistem Vetiver oleh IDVN dari bukti uji coba lapangan, suksesnya berbagai proyek VS dalam membantu sebagian besar aspek masyarakat sipil dan industri, pers, internet dan berita dari mulut ke mulut dari pelanggan yang puas mengakibatkan penerimaan yang cepat akan Teknologi Sistem Vetiver di seluruh Indonesia .

2. MITIGASI BENCANA DAN PENGEMBANGAN SOSIAL DAN EKONOMI BERKELANJUTAN DI INDONESIA

Indonesia dengan 16.000 lebih pulau dan 129 gunung berapi aktif (Tabel 1), dengan 10% diperkirakan penduduk Indonesia hidup di dekat daerah berbahaya letusan gunung berapi (Sarsito, 2006), memiliki kebutuhan yang vital akan perlindungan lingkungan secara berkelanjutan sebelum terjadinya bencana. Sama pentingnya adalah merehabilitasi lereng gunung setelah letusan gunung berapi, seperti dalam kasus Gunung Agung dan Abang di atas.

Island/Area	Total Volcanoes			Total
	A type	B type	C type	
Sumatera	12	12	6	30
Jawa	21	8	5	34
Bali	2	-	-	2
Nusa Tenggara	20	3	5	28
Laut Banda	9	1	-	10
Sulawesi Utara	6	2	5	13
Sanghe	5	-	-	5
Halmahera dan sekitarnya	5	2	-	7
Total	80	28	21	129
Type-A: Volcanoes which have magmatic or phreatic eruption and recorded since 1600. Type-B: Volcanoes which have no magmatic or semi-magmatic activities since 1600, but they show fumarola and solfatara activities. Type-C: Volcanoes which have no activity evident, but only show fumarola and solfatara activities.				

Table 1 Distribution and type of Indonesian volcano [VSI, 1995].

Letusan gunung berapi, tsunami, banjir, gempa bumi, tanah longsor dan bencana alam lainnya merenggut ribuan nyawa setiap tahun di seluruh kepulauan Indonesia. Ribuan orang bermigrasi ke kota setiap tahun karena, dalam banyak kasus, penurunan produktivitas lahan pertanian, terutama di lereng gunung. Jika lahan pertanian yang marginal, lereng pegunungan vulkanik dan garis pantai ditanami vetiver, tidak hanya lahan pertanian menjadi lebih produktif, meminimalkan erosi serta konservasi tanah dan air sebelum terjadi bencana yang tak terduga, tetapi nyawa manusia juga akan diselamatkan dan lahan pedesaan yang berharga dan sungai akan terlindungi. Lahan pertanian yang lebih produktif akan menghasilkan mata pencaharian yang lebih baik untuk generasi sekarang dan masa depan di daerah pedesaan - dan dapat menjadi insentif bagi para migran perkotaan untuk kembali ke desa-desa mereka.

Teknologi Sistem Vetiver adalah alat sederhana, murah, efektif dan menguntungkan lingkungan yang dapat mendorong pembangunan sosial dan ekonomi yang berkelanjutan di Indonesia. Hal ini sekarang sedang diadopsi oleh Departemen

Pekerjaan Umum, Pertanian, Kehutanan dan Industri, serta perguruan tinggi untuk memperbaiki infrastruktur, lahan pertanian, hutan dan DAS yang pasti akan memerangi perubahan iklim dan mempromosikan ketahanan pangan yang berkelanjutan dan kemandirian.

3. PENERAPAN SISTEM VETIVER DI INDONESIA SEJAK TAHUN 2000

Bagian ini menunjukkan aplikasi secara luas dari Sistem Vetiver di Indonesia oleh EBPP/IDVN dari tahun 2000-2011 termasuk lokakarya pelatihan dan demonstrasi bagi masyarakat lokal, LSM asing & Indonesia, Departemen pemerintah di Indonesia, industri besar dan Bank Pembangunan Asia (ADB). Detail desain dan teknik penanaman tidak akan dibahas pada bagian ini karena sudah tercakup dalam bagian lain dari manual ini.

3.1 Aplikasi VS untuk pengembangan masyarakat pedesaan secara berkelanjutan di lereng gunung gersang dengan abu vulkanik: Contoh Desa Ban di Bali bagian timur

Ban Desa di lereng timur Gunung Agung dan Abang, meliputi 7.200 hektar dari ketinggian 150 meter di atas permukaan laut (dpl) hingga ke puncak kedua gunung tersebut, hutan dan vegetasi menjadi rusak ketika Gunung Agung meletus pada tahun 1963. Tanaman yang bisa tumbuh di lereng curam berpasir tersebut hanya singkong dan jagung, dengan sistem pertanian yang kuno, lereng berbukit dan jalan setapak yang rawan longsor selama setiap musim hujan, tidak ada alat transportasi selain berjalan kaki dan 19 desa adat terpencil hampir tidak ada komunikasi dengan dunia luar. Kemiskinan, kekurangan gizi, tingkat kematian anak dan gangguan akibat kekurangan yodium merupakan endemik. Dengan tidak adanya pasokan air bersih atau akses ke pasar, dokter atau klinik kesehatan/Puskesmas, tidak ada sekolah yang aktif dan tidak ada listrik, masyarakat memiliki sedikit pilihan atau kesempatan untuk berubah.

Kehidupan mereka merupakan typical khas dari ratusan desa pegunungan di Indonesia, dimana bercocok-tanam merupakan satu-satunya keahlian mereka dan bertahan hidup adalah tujuan mereka sehari-hari. Pada tahun 1998 ketika penduduk desa meminta EBPP untuk membantu membina mereka menuju masa depan yang lebih baik, asalkan mereka berjanji untuk mempunyai motivasi dan partisipasi penuh, maka solusi bagi kemajuan pembangunan berkelanjutan mereka adalah akses:

- Akses jalan yang stabil untuk komunikasi dan barang;
- Akses ke nutrisi yang lebih baik dan ketahanan pangan yang stabil, bebas erosi dan lahan pertanian yang bisa ditanami;
- Akses ke dunia luar, terutama untuk perawatan kesehatan;
- Akses ke pasokan air bersih dari mata air pegunungan yang terpencil;
- Akses ke pengetahuan dan pendidikan yang komprehensif, dan

- Akses ke kesempatan untuk pembangunan sosial dan ekonomi yang berkelanjutan untuk generasi sekarang dan masa depan.

Pencegahan erosi secara tradisional diterapkan oleh 19 masyarakat desa adat di masa menggunakan rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) di pinggir jalan tanah yang curam dan kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) pada lahan pertanian mereka yang mempunyai tipikal kemiringan 30-80 derajat. Meskipun kedua spesies tersebut selalu hijau dan menjadi makanan pokok bagi ternak mereka, tetapi keduanya tidak memiliki akar yang dalam serta tidak bisa mencegah erosi dan tanah longsor tahunan dalam skala besar pada 150km jalan tanah di seluruh desa tersebut. Pada tahun 1998, David Booth, EBPP, seorang insinyur sipil, mengidentifikasi rumput vetiver sebagai solusi teknik yang paling praktis dan bioteknologi yang berkelanjutan untuk menstabilkan tepi jalan dan lahan pertanian dan memecahkan semua kebutuhan akses masyarakat.

Contoh berikut menggambarkan pengenalan rumput vetiver, sebuah spesies yang sebelumnya tidak dikenal, dan aplikasi Sistem Vetiver pada masyarakat pegunungan yang buta huruf dan adopsi yang cepat dari teknologi rumput vetiver sebagai alat penting yang diperlukan untuk pengembangan sosial dan ekonomi masyarakat secara terpadu. Semua proyek dirancang dan didokumentasikan sebagai model untuk direplikasi di wilayah lain, dilaksanakan oleh masyarakat lokal dengan komitmen untuk melatih orang lain: berbasis masyarakat dan dimiliki proyek-proyek pemberdayaan "bagi rakyat, oleh rakyat".

3.1.1 Memperkenalkan kekuatan rumput vetiver pada anak-anak sekolah: "Learning by Doing"

Pada tahun 1998, para orang tua dari semua dusun paling terpencil meminta EBPP untuk memberikan pendidikan bagi anak-anak mereka sehingga mereka akan mampu memimpin kemajuan masyarakat sebagai generasi terdidik pertama dalam sejarah mereka. Setelah membeli 88.000 slip vetiver pada bulan April 2000, kami memperkenalkan budidaya Vetiver melalui kurikulum bagi program pendidikan baru kami di Dusun Cegi. Vetiver ditanam sebagai penjaga terasering di kebun sayur organik di sekolah tersebut yang curam dan berpasir. Anak-anak menanam sayuran di kebun tersebut yang mana hasil panennya mereka konsumsi sendiri. Pelajaran pertama mereka adalah untuk membuat pot sederhana dari bambu, tinggi 120cm, dilapisi dengan plastik bening, kemudian isi dengan tanah lokal (pasir vulkanik lokal, tanpa pupuk tambahan); tanam slip vetiver dan disiram setiap hari. Masing-masing dari 32 anak akan mencatat pertumbuhan Vetiver setiap harinya meliputi tinggi dan jumlah anakan vetiver dan mereka senang "menonton vetiver tumbuh", yang mana rata-rata pertumbuhannya 2-3 cm per harinya. Setelah tepat satu tahun, pot vetiver itu dibongkar. Secara mengejutkan, akar telah tumbuh secara vertikal ke dalam tanah abu vulkanik sepanjang panjang 2,2: satu meter lebih dalam dari ketinggian pot yang hanya 1,2 meter!

Pelajaran pertama dan paling penting dalam kurikulum sekolah adalah: "Apa vetiver dan bagaimana dia berbeda dengan rumput lain?" Program ini segera direplikasi di semua sekolah EBPP, menciptakan sayuran organik pertama dan kebun herbal di wilayah tersebut dan akhirnya, orang tua dan petani lain mengembangkan kebun masyarakat dan kebun dapur mereka sendiri.

Langkah berikutnya adalah anak-anak untuk mengajarkan VST kepada orangtua mereka untuk menstabilkan akses jalan lokal, mencegah longsornya rumah diperbukitan dan memulai kebun dapur. Sampai tahun 2011, lebih dari 1.200 anak telah dididik, lebih dari satu juta slip vetiver telah ditanam di desa tersebut dan pembangunan ekonomi secara berkelanjutan bagi ribuan keluarga tersebut kini berada di jalur yang benar, berkat kekuatan rumput Vetiver.



Foto 1: Kiri: siswa Sekolah EBPP Cegi dengan pot setelah 3 bulan, Juli 2000. Kanan: April 2001, vetiver yang sama setelah pertumbuhan satu tahun, 2,2 meter akar



Foto 2: Kiri: Jalan menuju Dusun Daya sebelum perlindungan Vetiver; Kanan: Mr. Barlbarino dan Mr Richard meninjau vetiver di jalan ke Dusun Daya setelah mengikuti Vetiver confrence di Bali pada 31 Mei 2000



Foto 3: Kiri: April 2000, anak-anak sekolah EBPP Bunga menanam rumput vetiver untuk pertama kalinya; Kanan: Akhir April 2000, anak-anak sekolah EBPP Cegi menanam kembali slip vetiver yang tersapu oleh banjir



Foto 4: Kiri: 1999, jalan tanah di Dusun Bunga sebelum dinanami pagar rumput vetiver; Kanan: 2002, Vetiver melindungi jalan menuju Dusun Bunga



Foto 5: Kiri: Masyarakat menanam vetiver di jalan tanah lainnya. Kanan: 2009, Dr Paul Truong berdiri disamping vetiver dewasa yang sudah dipangkas di jalan setapak yang curam menuju Dusun Cegi.

3.1.2 Vetiver menstabilkan timbunan pasir vulkanik untuk memfasilitasi pembangunan sekolah

Ketika EBPP memulai program pendidikan, tidak ada bangunan sekolah sehingga tiap-tiap dusun harus menyediakan ruang untuk di masing-masing balai banjar (balai dusun/desa). Ketika dana tersedia, masyarakat harus menyediakan lahan untuk membangun sekolah. Tidak ada tanah datar, hanya bukit, lembah dan lereng yang curam, semua terdiri dari abu vulkanik non-koheusif. Sifat bioteknologi dari akar vetiver terbukti dengan cepat menstabilkan tanah berpasir yang rapuh dan membuat pagar kaku yang kuat sehingga memungkinkan masyarakat untuk memotong tebing bukit atau memotong dan menguruk dari lereng curam menjadi lahan datar yang kuat untuk membangun sekolah, semua distabilkan oleh pagar vetiver. Perkembangan sekolah di Cegi dijelaskan di bawah ini.

Di foto 6, pemuka agama Hindu Bali memberkati tanah masyarakat Cegi pada bulan Januari 2004 sebelum meratakan bukit tersebut menjadi tanah datar untuk bangunan sekolah, yang mana bagian bawahnya menjadi kebun sayur organik anak Cegi. Masyarakat tidak percaya bahwa memotong tebing bukit tanah berpasir bisa membentuk lahan datar untuk pondasi bangunan sekolah dengan mengisi lahan karena tidak ada tanah liat atau kohesi lainnya. Vetiver datang untuk menyelamatkan! Kekuatan vetiver dalam situasi pengujian mengirimkan pesan yang jelas di seluruh wilayah: "Mempunyai masalah dalam menstabilisasi tanah? Tidak masalah *bila anda menggunakan vetiver!*"



Foto 6: Kiri: Gunung Agung, 2004: bukit di Cegi sebelum pembangunan sekolah. Kanan: 2006, batas pagar Vetiver sekarang lebih tinggi dari halaman sekolah sekitarnya!

3.1.3 VS mengubah tanah pertanian curam dan kering menjadi untuk lahan sayuran organik yang sehat

3.1.3.1 Kebun sekolah anak di Cegi menjadi contoh untuk pertanian keberlanjutan: Keberhasilan kebun sekolah Cegi dari tahun 2001, dengan 20 jenis

sayuran, menaburkan benih antusiasme di masyarakat sedemikian rupa sehingga mereka meminta kebun diserahkan kembali dan mereka menyediakan lokasi lain, kali ini dengan lebih dari 40 derajat kemiringan. Anak-anak yang telah berpengalaman dengan cepat menyiapkan kebun baru mereka, kali ini menggunakan belahan bambu sederhana sebagai penahan tanah pada terasering, kemudian menanam Vetiver di sekitarnya. Ketika bambu membusuk, Vetiver telah tegak terbentuk untuk menahan tanah dan menyediakan sumber mulsa apabila benih sayuran telah ditanam. Kebun ini sekarang menjadi contoh kebun organic di desa lengkap dengan peternakan cacing, pembibitan dan cubang/bak air untuk menampung air hujan. Ini merupakan kebun sayur pertama di wilayah mereka sepanjang tahun sebagai pasokan sayuran bergizi. Kebun menjadi pusat pelatihan untuk program lain dan banyak kelompok lain yang kita telah latih, dari LSM lokal dan internasional, instansi Pemerintah Indonesia dan kelompok tani dari daerah.



Foto 7: Kiri: Duta Besar Inggris mengunjungi kebun sekolah di sekolah EBPP Manikaji. Kanan: Kebun percontohan masyarakat Manikaji dengan sistem vetiver

3.1.3.2 Meningkatnya kualitas makanan hasil dari kebun dapur sayuran organik yang berkembang: Menu secara signifikan telah berubah sejak ratusan keluarga belajar mengenai banyak sayuran yang dapat tumbuh di lereng gunung



Foto 8: Kiri: Januari 2007, membentuk terasering dan dilindungi dengan vetiver. Kanan: Mei 2007, vetiver tumbuh setelah 4 bulan

terjal yang sebelumnya hanya bisa ditanami singkong dan jagung. Keluarga-keluarga tersebut juga belajar banyak tentang bahaya singkong, tidak cukup garam beryodium dan kurangnya vitamin dan mineral dalam menu makanan mereka. Sayuran segar sekarang dimakan setiap hari oleh lebih dari 2.000 keluarga yang enam tahun lalu belum pernah melihat wortel, tomat atau kentang. Jika tidak tersedia dari kebun mereka, mereka pergi ke pasar yang cukup jauh dengan mobil pickup atau dengan sepeda motor mereka melewati jalan baru yang telah distabilkan dengan vetiver sehingga keluarga mereka bisa makan dengan baik.

3.1.4 Pembibitan Vetiver oleh Masyarakat

Pembibitan Vetiver oleh masyarakat pertama didirikan pada tahun 2002 di empat dusun terpisah, dua di Gunung Agung dan dua di Gunung Abang di ketinggian sekitar 1.100 meter di atas permukaan laut. Pemuda lokal yang tidak bekerja menjadi pembimbing pembibitan, dan secara ringkas menyebarkan manfaat vetiver kepada masyarakat sekitarnya dan bagi petani untuk melihat sendiri. Dalam hubungannya dengan sekolah EBPP di semua desa, vetiver segera "menghilang" dari kebun pembibitan untuk diuji coba di kebun dapur, menstabilkan rumah dan, dalam banyak kasus, akar vetiver sebagai pengharu m ruangan di rumah mereka yang kebanyakan hanya satu ruangan yang dipenuhi dengan asap dapur. Sekarang ada puluhan, mungkin ratusan pembibitan vetiver di seluruh desa, dan sejak tahun 2003, hampir dua juta slip vetiver telah dipindahkan ke kebun belajar masyarakat, memperluas kebun sekolah, kebun dapur keluarga, program reboisasi gunung, dll



Foto 9: Kiri: penanaman vetiver kebun pembibitan vetiver di lahan miring. Kanan: vetiver tumbuh subur di kebun pembibitan yang curam.

3.1.5 Vetiver untuk menstabilkan dan menghijaukan kembali rumah yang dibangun di lereng gunung curam abu vulkanik

Dalam masyarakat terpencil pegunungan Bali timur, kebanyakan keluarga memulai kehidupan di sebuah rumah kecil satu ruangan dari anyaman bambu dengan lantai tanah, di atas sebidang lahan yang dipotong di tanah bukit yang miring. Plot dibuat cukup besar untuk mengakomodasi erosi lanjutan, umumnya melindungi perimeter

baik dengan rumput gajah atau pohon calliandra, yang mana setiap musim hujan kedua jenis akar tanaman tersebut tersapu erosi.

Kehidupan mereka berubah semenjak ratusan anak-anak dan keluarga membawa pulang vetiver untuk ditanam di sekitar bangunan mereka. Selain dari manfaat VS dalam membangun kebun sayur organik, semua orang mengatakan bahwa vetiver telah meningkatkan kehidupan mereka dengan menstabilkan tanah, mempercantik lingkungan sekeliling selama musim kemarau yang panas ketika semua rumput lainnya mengerut dan mati, tapi sebagian besar mengatakan bahwa akar vetiver mereka digunakan sebagai "wewangian" di rumah mereka.



Foto 10: Kiri: Paul Truong melihat vetiver melindungi bangunan rumah penduduk di Desa Ban. Kanan: Vetiver melindungi rumah penduduk di Dusun Pengalusan.

3.1.6 VS untuk menstabilkan mata air pegunungan terpencil untuk air bersih dan aman bagi ribuan masyarakat

Sebuah mata air pegunungan terpencil yang telah dikembangkan oleh EBPP pada tahun 2003, menyediakan hampir 100.000 liter air per hari, yang merupakan satu-satunya sumber air yang aman bagi lebih dari 500 keluarga di dusun dibawahnya, hampir hancur ketika banjir melanda lereng gunung dan merusak saluran air bersih pada Februari 2004. Ini merupakan musim hujan kedua sejak sumber mata air tersebut selesai dibangun. Curah hujannya lebih tinggi dari musim hujan sebelumnya ditambah dengan erosi permukaan dari jalan aspal dibagian atas lereng. Hal ini menjadi tes yang serius bagi sifat bio-teknologi vetiver.

Kekawatiran utama ketika merencanakan rehabilitasi dengan vetiver selama musim kemarau adalah bahwa akar mungkin akan mengarah ke mata air untuk mencari air selama musim kemarau. Untuk melindungi terhadap ini, tanah di kedua sisi saluran sepanjang 25 meter tersebut digali sedalam satu meter dan dilapisi dengan plasting sebelum dirug kembali. Kedua sisi saluran mata air kemudian dibentuk kembali dengan memberikan efek bertingkat sehingga memperlambat kecepatan aliran air. Selanjutnya 10.000 slip bibit vetiver ditanam dengan pola ziz-zag berjarak 20cm

dan 10cm antar barisnya. Vetiver disiram setiap hari oleh penduduk setempat, yang mana sekarang mereka menjadi ahli dalam pembiakan vetiver, dan memastikan vetiver muda tersebut bebas dari gulma. Dalam dua bulan, vetiver tumbuh seperti hamparan karpet hijau dengan akar sedalam lebih dari satu meter.



Foto 11: Kiri atas: February 2004, erosi pada mata air pegunungan sebelum ditanami Vetiver. Kiri Bawah: Penggalian sisi saluran air. Kanan: Pembuatan teras dengan balok kayu



Foto 12: Kiri: Vetiver mulai tumbuh. Kanan: Mata air terlindungi setelah 2,5 bulan penanaman vetiver.

Ukuran perlindungan tambahan yang paling penting adalah dengan membersihkan semak-semak dari lereng curam di atas mata air dan menjaga dari banjir yang mengancam bak mata air. Pagar vetiver ditanam dilembah diatas mata air secara garis diagonal untuk mengalihkan air banjir dari saluran alami ke bagian belakang dan barat dari bak mata air sambil menunggu terbentuknya perlindungan pengalihan dengan vetiver yang terbentuk setahun lebih awal.

3.2 Proyek Percontohan VS untuk Mengurangi Pencemaran di Daerah Aliran Sungai Citarum, Jawa Barat

Sungai Citarum di Jawa Barat, merupakan sumber air utama bagi Jakarta dan Bandung, dianggap sebagai salah satu sungai yang paling tercemar di dunia. Pada tahun 2007, Bank Pembangunan Asia (ADB), sebagai bagian dari “Cooperation Fund for the Water Sector” mengidentifikasi sistem vetiver sebagai solusi berkelanjutan untuk pengendalian pencemaran di 14.000 km persegi Daerah Aliran Sungai Citarum dan VS proposal EBPP / IDVN telah disetujui untuk Kegiatan Percontohan Demonstrasi (PDA): **"Alih Teknologi dalam Penerapan Sistem Vetiver (VS) untuk Stabilisasi Lereng, Pengendalian Erosi dan Sistem Pertanian di Dataran Tinggi Secara Berkelanjutan untuk Kelompok Masyarakat Tepi Sungai Citarum"**

Sesuai dengan persyaratan PDA untuk memastikan pemberdayaan lokal dan keberlanjutan, IDVN bermitra dengan sebuah LSM lokal, WPL (*Warga Peduli Lingkungan*) yang berfokus pada program pengembangan pertanian berbasis masyarakat pada komunitas pemukiman Sungai Citarum bagian atas.

3.2.1 Sasaran yang disepakati dengan ADB dalam memperkenalkan VS sebagai solusi berkelanjutan

Untuk mengkoordinasikan dan memberdayakan para stakeholder (pemangku kepentingan) dan LSM melalui alih teknologi vetiver yang tepat guna dalam periode awal enam bulan, dan tujuan replikasi yang lebih luas selama periode yang lebih lama dalam mengendalikan limpasan dan erosi tanah, melindungi sumber daya alam dan memperkenalkan sistem pertanian dataran tinggi yang berkelanjutan yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan dan pendapatan dengan:

- Memperkenalkan dan meningkatkan kesadaran tentang efektivitas sistem vetiver (VS) dalam konservasi air, tanah dan sumber daya alam, tanah dan pengendalian erosi air, pengelolaan daerah aliran sungai, pertanian berkelanjutan, stabilisasi lereng, mitigasi bencana, pengendalian pencemaran dan banyak manfaat lainnya;
- Pelatihan langsung bagi para stakeholder utama tentang karakteristik vetiver, penanaman vetiver, pembudidayaan, pengelolaan dan pemeliharaan, dengan prinsip “see by example and learn by doing” (melihat dengan contoh dan belajar dengan melakukan) dan interaksi dengan kelompok-kelompok petani di wilayah lain di Indonesia yang telah berhasil menstabilkan dan mengubah lereng gunung tandus menjadi kebun sayuran yang subur;

- Membentuk proyek percontohan dengan stakeholder utama di beberapa daerah cekungan yang curam dan pemberdayaan LSM lokal dan para stakeholder utama guna mensukseskan replikasi/menyebarluaskan pelatihan VS dan teknologi tersebut ke kelompok tani lain di Daerah Aliran Sungai Citarum;
- Memulai sistem pertanian organik berkelanjutan di dataran tinggi untuk ketahanan pangan dan pada akhirnya pengembangan ekonomi .

3.2.2 Pelaksanaan proyek

IDVN menunjuk Dr Paul Truong sebagai pimpinan konsultan untuk proyek ini dan setelah survey awal tahun 2008 oleh Paul Truong, David Booth, Ardika Adinata (EBPP/IDVN) dan Yogantara Sunardhie, direktur WPL, dua lokasi percontohan demonstrasi disepakati dan diilustrasikan dalam foto 13 dan 14 di bawah ini:

- Keberhasilan percontohan VS dalam fitoremediasi air limbah dari sistem tangki septik dari 150 keluarga di bagian bawah sungai Citarum
- Menstabilkan teras, memulai pertanian organik berkelanjutan dan mengembangkan pembibitan vetiver di lahan pertanian bagian atas Daerah Aliran Sungai.



Foto 13: Kiri atas: Tanki Septik di atas tepi sungai sebelum VS; Kanan atas: Menanam 40,000 slip vetiver. Kiri bawah: 3 minggu setelah penanaman. Kanan bawah: Vetiver tumbuh sempurna 3 bulan setelah penanaman – telah menyerap limbah tanki septik.



Foto 14: Atas kiri: Paul Truong & Ardika Adinata membimbing para petani lokal dengan desain dan teknik penanaman di atas lahan pertanian berpasir di bagian atas dari sungai Citarum

Sementara ADB tidak memperpanjang durasi proyek PDA lebih dari enam bulan, kelompok petani Citarum hulu dengan cepat mengadopsi sistem VS dan melalui telepon mereka memberitahu produktivitas yang lebih besar dari semua tanaman mereka sebagai hasil dari pagar vetiver dan mengambil vetiver dari kebun pembibitan mereka untuk ditanam pada beberapa hektar lahan di bagian atas Daerah Aliran Sungai Citarum sekaligus mempromosikannya kepada kelompok tani lain.

3.3 VS mengurangi erosi di pantai Bali, melindungi properti tepi pantai dan melestarikan terumbu karang

Pada bulan Desember 2001, David Booth dan Komang Kurniawan dari EBPP memberikan respon atas permintaan yang mendesak dalam melindungi sebuah villa di tepi pantai di Bali selatan dari potensi kehancuran abrasi laut dengan menanam polybag vetiver untuk mencegah abrasi yang dengan cepat mengikis bagian depan pantai. Karena tidak ada contoh aplikasi VS dalam situasi seperti ini dari TVN pada waktu itu, maka mereka membuat uji coba di bagian depan vila yang paling rentan dengan penanaman Vetiver dewasa (usia 6 bulan) dalam polybag diameter 15cm sedalam 20cm. Sebelum penanaman, 60-70 gram pupuk organik dicampur dengan

pasir, plastik polybag dibuka dan pasir dipadatkan. Vetiver disiram dengan air bersih setelah tanam hingga 30 hari ke depan sehingga akar dapat tumbuh. Setelah 10 hari, pertumbuhan akar rata-rata sepanjang 25cm untuk setiap tanaman. Dalam waktu 3 bulan, panjang akar 2 meter dan rumput tumbuh dengan baik meskipun tersiram oleh gelombang laut setiap harinya. (The Vetiver Network Newsletter No 24, 2002). Setelah sukses dengan pantai Bali Selatan, perlindungan pantai dengan VS diterapkan di bagian lain di Bali dan Lombok.



Photo 15: Villa di pantai Ketewel: Akar vetiver yang cepat tumbuh masih tetap berkembang setelah erosi penuh, akar vetiver secara vertical menopang pasir





Photo 16: Melindungi villa ditepi pantai di Bali Barat. Desain penanaman vetiver membentuk jalan setapak dan melindungi villa dari angin dan ombak laut.

Hingga tahun 2007, IDVN juga berhasil memperkenalkan sistem vetiver untuk konservasi terumbu karang guna melindungi laut dan terumbu karang di Pemuteran Bali utara, Gili Eco Trust di Lombok dan Dr Tom Goreau, Presiden Aliansi Global Terumbu Karang dan Koordinator, Komisi PBB untuk Kemitraan Pembangunan Berkelanjutan untuk Teknologi Baru bagi negara-negara kepulauan berkembang.

3.4 VS untuk menstabilkan lereng curam pada hotel baru, villa dan pembangunan perumahan.

3.4.1 VS untuk menstabilkan villa baru dan pembangunan resor liburan

Pembangunan villa dan resort liburan terus berkembang dengan cepat di Bali dan Lombok sejak 1990-an, dengan sebagian besar pengembang tidak menyadari resiko tanah longsor dan erosi serius saat pendirian bangunan pada puncak dan lereng bukit yang memberikan beban berat karena pembangunan struktur tersebut. Penyebarluasan informasi tentang Sistem Vetiver secara reguler oleh IDVN telah menghasilkan banyak permintaan untuk menstabilkan lereng curam dan mencegah erosi serius dan limpasan yang mengakibatkan polusi pada sungai dan lautan, melindungi lingkungan dan meningkatkan lanskap. Solusi VS telah berhasil diterapkan untuk setiap proyek setelah penelitian yang cermat dan desain teknik sipil. Proyek-proyek yang paling menantang secara rinci ada dalam foto di bawah ini.



Foto 17: Salah satu dari 9 selokan curam di Sundancer Resort, Lombok yang mengalami erosi satu meter setiap tahunnya sebelum sistem vetiver berhasil diterapkan, 2005. Kiri: setelah semak-semak dan rumput dibersihkan. Kanan: 6 bulan setelah penanaman.



Foto 18: VS menstabilkan lereng 80 derajat di bawah pembangunan vila baru di Sungai Ayung, Bali, 2006. Kiri: Tim IDVN menaman vetiver dengan pupuk organik. Kanan: 5 minggu setelah tanam.



Foto 19: VS menstabilkan lereng 70 derajat vila untuk menghentikan erosi dan tanah longsor. Kiri: Sebelum penanaman vetiver. Kanan: 4 bulan setelah tanam.

3.4.2 VS untuk pembangunan perumahan di Kalimantan



Foto 20 : 100.000 slip vetiver ditanam untuk menstabilkan tanah liat dan tanah serpih untuk melindungi lereng dan jalan akses sebelum pembangunan kontruksi perumahan yang sangat besar ini

3.5 VS untuk Perlindungan Lingkungan dan Rehabilitasi Pertambangan Besar di Indonesia

3.5.1 VS untuk tambang batubara

3.5.1.1 Uji coba di lapangan untuk penelitian dan pengembangan oleh salah satu produsen batubara utama Indonesia: Pada bulan Januari 2010, PT Adaro, salah satu perusahaan penambangan batubara yang terbesar di Indonesia, meminta bantuan dengan teknologi VS dan konsep desain untuk merehabilitasi lereng tambang tailing dan juga untuk percontohan rehabilitasi lingkungan lengkap dan berkelanjutan dari situs pertambangan batubara di Kalimantan Selatan. Mereka menggunakan Vetiver pertama mereka pada bulan April 2010 untuk studi komparatif tailing tambang dan untuk menstabilkan tumpukan dan saluran selokan

pembuangan air limbah, dengan sukses besar, seperti yang ditunjukkan pada foto di bawah ini, diambil dari "Peta Jalan Vetiver" mereka. Mereka memilih tiga kategori yang berbeda untuk pilot efektivitas dari sistem Vetiver: Konservasi Tanah dan Air; Perbaikan Kualitas Air, dan Tambak dan Stabilisasi Tanggul dan Saluran Air.



Foto 21: Penerapan sistem vetiver di PT. Adaro, Kalimantan (Foto credit: Presto J. Saputra)

3.5.1.2 Manfaat bagi masyarakat lokal: Mengikuti saran IDVN untuk memastikan keberlanjutan dan pemberian manfaat bagi masyarakat setempat, mereka berencana untuk memberikan slip bibit vetiver kepada masyarakat lokal untuk mendirikan tempat pembibitan untuk dipasok ke PT Adaro, sehingga PT Adaro akan membeli kembali dari masyarakat lokal untuk kebutuhan mereka selanjutnya.

3.5.2 VS untuk tambang emas

Pada akhir 2010, sebuah pengembangan tambang emas baru di Sulawesi Utara memutuskan untuk mengadopsi sistem vetiver untuk memitigasi masalah lingkungan sebelum menyelesaikan seluruh infrastruktur mereka, setelah senior environmental manager mereka mengikuti 2 hari pelatihan system Vetiver di pusat



Foto 22: Penanaman vetiver di lokasi tambang emas PT Meares Soputan Mining di Toka Tindung.

IDVN di Bali, termasuk terjun langsung ke desa lokasi proyek EBPP. Pada bulan Januari 2011, PT Meares Soputan Mining membeli 100.000 slip bibit vetiver yang ditanam di lokasi yang paling rentan sesuai rekomendasi dan desain oleh David Booth dan Ardika Adinata dari IDVN. PT Meares Soputan Mining juga berencana untuk melibatkan masyarakat setempat dengan memberikan bibit dan pelatihan tentang vetiver yang mana untuk keperluan selanjutnya perusahaan akan membeli bibit dari masyarakat setempat.

3.6 VS untuk Platform Ladang Minyak di Jawa Timur

Sistem Vetiver telah ditentukan oleh ExxonMobil untuk stabilitas sisi lereng dalam pembangunan platform minyak baru mereka untuk bidang minyak pertama di Indonesia di Bojonogoro, Jawa Timur. Setelah kunjungan lapangan oleh David Booth pada September 2008, berdasarkan desain yang disetujui oleh kontraktor, maka dilaksanakan proyek oleh tim yang dipimpin oleh Ardika Adinata dari IDVN pada November 2008. Foto-foto yang diambil pada Juni 2009 menunjukkan

pertumbuhan yang cepat dari vetiver yang akan menjamin stabilitas lereng secara optimal dan konservasi tanah dan air.



Foto 23: Vetiver untuk project Exxon Mobile, Bojonegoro, Jawa Timur. Foto kanan bawah menunjukkan pertumbuhan vetiver setelah 6 bulan.

3.7 VS untuk Departemen Pekerjaan Umum Divisi Jalan

Pada bulan Desember 2006, David Booth dan Dr Scott Younger mempresentasikan manfaat komprehensif dari sistem vetiver kepada para pejabat senior di kantor pusat Departemen Pekerjaan Umum (PU) di Jakarta. Pada bulan Juni 2007, setelah



Foto 24: June 2008, inspeksi Paul Truong dan David Booth ke jalan tol Cipularang, Jawa Barat untuk penerapan sistem vetiver.

inspeksi oleh David Booth terhadap percobaan penanaman vetiver di jalan tol Cipularang Jawa Barat yang baru dibangun, PU mulai merencanakan untuk mengadakan Seminar Sistem bagi setiap insinyur jalan raya di semua propinsi di Indonesia.



Foto 25: Tanaman vetiver tumbuh bagus di pinggir jalan tol Cipularang

3.7.1 Seminar Vetiver di Jakarta dan Bali, 2008

Seminar Vetiver diadakan di Jakarta dan Bali masing-masing pada tanggal 3 dan 10 Juni 2008, yang berjudul "Seminar Green Construction Dalam Mewujudkan



Foto 26: David Booth & Paul Truong memberikan seminar sistem vetiver kepada PU di Jakarta dan Bali

Pembangunan Infrastruktur Berwawasan Lingkungan" dengan Dr Paul Truong dan David Booth sebagai pembicara utama. Dalam seminar tersebut, dipromosikan sistem vetiver untuk dimasukkan dalam desain dan konstruksi semua jalan raya baru di Indonesia.

3.8 VS untuk Perlakuan Pembuangan Limbah Kotoran dan Limbah Cair: Aceh – Rehabilitasi Pasca Tsunami



Foto 27: pembuangan limbah domestic di Aceh. American Red Cross membangun 2.000 unit rumah dan 1.500 unit lagi di tahun 2009. (Proyek & Foto credit: Norman Vant Hoff)

4. PENYEBARLUASAN SISTEM VETIVER MELALUI TRAINING

4.1 Training VS, seminar dan lokakarya/workshop

Sejak tahun 2001, EBPP/IDVN telah memberikan pelatihan workshop bagi masyarakat pedesaan, kelompok petani, organisasi lingkungan, industri berbasis tanah dan departemen pemerintah. Lihat Foto X di bawah ini.

4.2 EBPP/IDVN Video Training Vetiver

Dirancang sebagai alat penyuluhan yang sensitif, program pendidikan dan pelatihan dimulai dari anak-anak di enam sekolah EBPP, telah menjadi landasan keberhasilan dalam semua program pembangunan berkelanjutan, dengan sistem vetiver sebagai dasar utama bagi keberlanjutan masa depan masyarakat gunung. Pada tahun 2005, EBPP/IDVN mengembangkan Video Pelatihan Vetiver yang praktis sebagai alat media informatif untuk daerah pedesaan, memprioritaskan anak sekolah dan komunitas pertanian, LSM berbasis lingkungan dan masyarakat.

Video Pelatihan Vetiver, dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia, melengkapi pelatihan workshop IDVN dan sekarang digunakan di banyak dalam jaringan Vetiver Networks, LSM internasional dan kelompok masyarakat. Dengan durasi 30 menit, video memberikan banyak contoh di program vetiver EBPP/IDVN di sekolah dan kebun sayur masyarakat dan penjelasan yang jelas oleh Ardika Adinata tentang teknik persiapan dan penanaman serta ringkasan rinci oleh Kepala Desa Desa Ban, Bapak Ketut Karta dari manfaat sistem vetiver bagi 19 desa adat di desanya sejak tahun 2000. Difilmkan dan diproduksi oleh Sarah Matthews di Inggris dan The Brock Initiative, video pelatihan vetiver adalah alat yang ampuh untuk memperkenalkan sistem vetiver pada semua sektor masyarakat, terutama untuk rehabilitasi lahan marginal, ketahanan pangan dan mitigasi bencana.

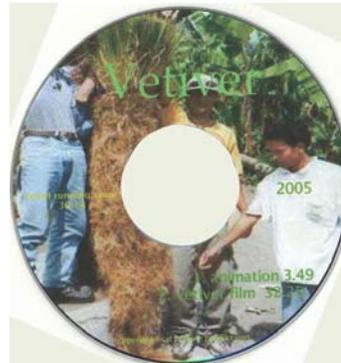
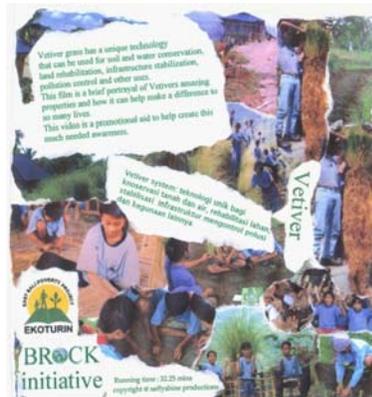


Foto 28: Proses shooting pembuatan Video Pelatihan Vetiver

5. KESIMPULAN

Teknologi Sistem Vetiver (VST) sekarang telah diterapkan secara lebih luas di Indonesia sejak dipromosikan sebagai alat pengentasan kemiskinan oleh EBPP/IDVN pada tahun 2000, dengan manfaat yang beraneka ragam seperti solusi yang berkelanjutan bagi akses ke pendidikan, gizi, air bersih dan kesehatan bagi lebih dari 3.000 keluarga di 19 dusun pegunungan yang terpencil. "Rumput" yang sebelumnya tidak dikenal ini sekarang telah menjadi bagian integral dari

pembangunan sosial dan ekonomi masyarakat secara berkelanjutan dalam hal pengendalian erosi di jalan tanah yang curam dan lereng-lereng gunung berpasir serta masuk dalam kurikulum sekolah-sekolah EBPP, terutama untuk mengembangkan kebun sayuran organik untuk gizi keluarga. Diseminasi yang efektif oleh IDVN tentang Sistem Vetiver di seluruh Indonesia menghasilkan penerapan vetiver secara luas yang memberi manfaat bagi masyarakat, pantai, pelestarian terumbu karang, LSM nasional dan internasional, pertambangan dan industri lainnya di banyak propinsi. EBPP dan IDVN berharap lebih banyak lagi perusahaan-perusahaan Indonesia, LSM dan pemerintah daerah akan mengadopsi VS, terutama untuk meningkatkan mata pencaharian penduduk pedesaan dan mendorong pengembangan wilayah pedesaan secara berkelanjutan dengan vetiver sebagai alat utama; tetapi tentu saja, dibutuhkan kesadaran dan pendidikan yang lebih mendalam lagi.

5. REFERENSI

- Booth, DJ and Adinata, A. 2003. Vetiver Grass: A Key to Sustainable Development on Bali. Proceedings of The Third International Conference on Vetiver & Exhibition. China Agric. Press.
- Booth, DJ and Adinata, A. 2006. Vetiver Improving Lives of Impoverished Indonesian Subsistence Farming Mountain Communities, led by Children. Proceedings of Regional Conference on Vetiver in Can Tho City, Vietnam.
- Booth DJ, Adinata A & Younger JS, 2006. Vetiver's Role in Poverty Alleviation Propels its Dissemination in Indonesia. Proceedings of The Fourth International Conference on Vetiver, Caracas, Venezuela.
- Dafforn, MR (2002). Hedge Vetiver: A Genetic and Intellectual Heritage. Pp. 361-371 in *Proceedings of the Second International Conference on Vetiver: Vetiver and the Environment*. Office of the Royal Development Projects Board, Bangkok.
- Greenfield, J. (2002). Vetiver Grass: An Essential Grass for the Conservation of Planet Earth. Buy Books on the Web.com. ISBN-13: 9780741410658. ISBN: 0741410656.
- National Academy Press, Washington, USA. (1993). Vetiver Grass: A thin green line against erosion.
- Sarsito, DA, et.al. (2006). Study of Papandayan Volcano using GPS Survey Method and Its Correlation with Seismic Data Observation. Proc. ITB Eng. Science Vol. 38 B, No. 2, 2006, Pp. 123-146.
- The Vetiver Network, 2002. Vetiver Newsletter No. 24, July 2002. Vetiver Helps Protect Beach Erosion in Bali. Page 12. www.vetiver.org
- Younger JS and Booth DJ and Kurniawan K. (2011). Sustainable Development – the East Bali Poverty Project. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, The Municipal Engineer Journal. ICE Publishing.