

ISBN 978-602-1582-05-3

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

REFLEKSI 30 TAHUN FAKULTAS TEKNIK, UNIV. WARMADEWA

17 OKTOBER 2014

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

Diterbitkan Oleh:
WARMADEWA UNIVERSITY PRESS



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

REFLEKSI 30 TAHUN FAKULTAS TEKNIK, UNIV. WARMADEWA

17 OKTOBER 2014

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

Diterbitkan Oleh:
WARMADEWA UNIVERSITY PRESS



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

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

ISBN 978-602-1582-05-3



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

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

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

Cetakan pertama : Oktober 2014

Penerbit
Warmadewa University Press

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

KEUNIKAN KONSEP TATA RUANG PERMUKIMAN URBAN MASYARAKAT TUKAD BADUNG MENUJU DENPASAR KOTA HIJAU

I Wayan Runa¹, I Nyoman Warnata², I Nengah Sinarta³

Abstrak

Tujuan jangka panjang yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah agar pengembangan tata ruang permukiman urban di Kota Denpasar Provinsi Bali dapat menerapkan konsep/model yang khas/unik yang lahir dari kearifan lokal masyarakat setempat. Selanjutnya hal itu diharapkan dapat menambah daya tarik permukiman perkotaan di Bali yang sudah dikenal sebagai salah satu daerah tujuan wisata di Indonesia. Paradigma yang dipakai dalam penelitian ini adalah fenomenologi dengan pendekatan naturalistik dan interdisipliner. Data-data kearifan lokal masyarakat yang diekspresikan melalui perilaku masyarakat sepanjang Tukad (Sungai) Badung dari hulu sampai ke hilir seperti : sivilitas, aktifitas, fasilitas atau alat yang dipakai, dan ruang yang digunakan dikumpulkan melalui pengamatan langsung di lapangan, pengambilan gambar dengan foto dan handycam, pengukuran, wawancara dan rekaman suara (cassette). Pada mulanya sungai berfungsi sebagai tempat saluran luapan banjir. Di bagian sempadan terdapat Pura Taman, Beji, pohon sakral, pohon profan, dan gang untuk pergi ke sawah yang berukuran sekitar 150 cm (apenyanan). Kebun berfungsi sebagai tempat bermain, menanam tanaman kebutuhan rumah tangga, tempat beternak, mengasah ketrampilan, tempat buang sampah, dan tempat persiapan/penunjang upacara. Gang berfungsi sebagai tempat lalu lintas yang utama bagi manusia dan mahluk halus. Kemudian berkembang permukiman urban sepanjang Tukad Badung di kota Denpasar dengan konsep tata ruang yang terdiri atas sungai (tukad), sempadan (ambal-ambal/jerogjogan), pekarangan, gang (rurung), jalan (marga). Pekarangan rumah urban/kost menggunakan konsep tata ruang permukiman Bali Dataran pada umumnya dengan pola natah di tengah. Dalam pekarangan itu ada beberapa unit bangunan seperti tempat suci, kelompok hunian, dan kelompok servis (garase, warung, laundry)

Kata kunci: kearifan lokal, konsep tata ruang perumahan urban.

A. Pendahuluan

Rumah merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang bersifat struktural. Kebutuhan itu akan terus ada dan berkembang sesuai dengan tahapan hidup manusia. Pemenuhan kebutuhan akan rumah bagi masyarakat tidaklah mudah terutama bagi mereka yang tinggal di daerah padat penduduk di perkotaan. Menurut Sensus Ekonomi Nasional (Susenas) 1995, sebanyak 8,14 % dari sekitar 45 juta rumah tangga di Indonesia hidup menumpang pada kerabatnya. Ini tidak terlepas dari ledakan akan permintaan akan rumah selama 30 tahun terakhir di kota-kota besar membuat harga tanah dan rumah membubung tinggi, jauh diluar jangkauan kebanyakan orang (Cahyana dan Sudaryatmo, 2002). Perbaikan mutu hidup dalam pembangunan nasional harus diikuti perbaikan perumahan secara seimbang. Perbaikan itu bukan saja secara kuantitatif tetapi juga secara kualitatif dengan memungkinkan terselenggaranya perumahan sesuai dengan hakekat, fungsi, dan budaya penghuninya.

Secara kualitas kebanyakan program perumahan mengacu pada produk standar-jadi, dalam bentuk rumah permanen yang memenuhi syarat teknis universal menurut kacamata dan citarasa Barat. Penghuni rumah lantas kehilangan peluang untuk menjejawantahkan jatidiri melalui penampilan rumah, kecuali melalui kegiatan bongkar-membongkar terlebih dahulu. Fenomena di lapangan memperlihatkan bahwa kebanyakan rumah yang dibangun dengan bantuan KPR-BTN, langsung dibongkar begitu digunakan oleh penghuninya. Jika dihitung sungguh merupakan pemborosan investasi. Pihak-pihak terkait juga enggan belajar dari pengalaman dan kesalahan yang dibuat sebelumnya.

Pulau Bali yang kecil dan bersifat internasional juga mengalami masalah seperti yang diuraikan di atas. Data tahun 2004 menunjukkan bahwa penduduk Bali sekitar 3 juta jiwa dengan pertumbuhan sekitar 7,29 % pertahun. Tingkat laju urbanisasi yang semakin cepat, dan tidak sepadannya kemampuan penyediaan perumahan di daerah perkotaan berakibat pada tumbuhnya daerah-daerah permukiman kumuh. Di daerah perkotaan kemampuan penyediaan rumah melalui sektor formal (Perum Perumnas dan Developer Swasta) hanya rata-rata 500 unit rumah pertahun atau sekitar 8 % dari kebutuhan.

¹ I Wayan Runa, Dosen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa, sarwaguna@yahoo.co.id

² I Nyoman Warnata, Dosen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa

³ I Nengah Sinarta, Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Warmadewa

Di pihak lain kenyataan menunjukkan bahwa orang Bali sendiri sampai saat ini masih enggan tinggal di rumah bertingkat atau rumah susun. Hal ini mungkin erat kaitannya dengan faktor budaya, dimana orang Bali yang dulunya biasa tinggal di desa dengan tanah pekarangan yang cukup luas yaitu sekitar 400 m², ketika mereka harus urbanisasi ke kota, maka pengalaman menghuni rumah tinggal di desa itu masih kuat melekat di memori mereka. Budaya perdesaan yang relatif tradisional seperti adanya tata nilai, *luan-teben*, dan sakral-profane dalam tata letak, fungsi, dan pemakaian bahan bangunan tidak bisa dengan mudah dirubah dalam tempat tinggal yang berwujud perumahan urban atau rumah susun.

Secara umum konsep kota berwawasan budaya ini dibedakan menjadi dua yaitu konsep non fisik dan konsep fisik. Konsep non fisik mencakup aspek keyakinan spiritual dan kegiatan bersama. Konsep fisik mencakup aspek perwujudan penataan sungai, baik itu berupa tata ruang dan tata bangunan.

Berkaitan dengan sungai, sebagian besar air hujan yang turun ke permukaan tanah mengalir ke tempat-tempat yang lebih rendah dan setelah mengalami berbagai perlawanan akibat gaya berat, akhirnya melimpah ke danau atau ke laut. Suatu alur yang panjang di atas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan disebut alur sungai. Bagian yang senantiasa tersentuh aliran air ini disebut alur sungai.

Jika kondisi umum perumahan urban di atas dikaitkan dengan permasalahan rumah tinggal orang Bali di daerah perkotaan khususnya Kota Denpasar, maka penelitian tentang kearifan lokal masyarakat sepanjang Tukad Badung untuk menemukan keunikan konsep tata ruang permukiman urban di Kota Denpasar Bali sangat menarik untuk ditindaklanjuti. Hal ini dilakukan agar diperoleh konsep atau patokan disain (*design guide line*) perumahan di daerah perkotaan agar lebih sesuai dengan budaya Bali.

Degradasi lingkungan menjadi faktor utama banyaknya korban dan terjadinya bencana banjir. Berbagai upaya yang dilakukan oleh berbagai departemen dan instansi untuk melakukan rehabilitasi lingkungan hidup lebih bersifat *project oriented* tanpa ada visi dan strategi yang jelas dan efektif.

Seperti diketahui bahwa anggota masyarakat sekitar Tukad (Sungai) Badung telah memanfaatkan sungai sebagai salah satu tempat aktivitas budaya sehari-hari. Aspek-aspek yang diteliti adalah aktivitas budaya pemanfaatan air sungai, ritual yang dilakukan masyarakat, kondisi air, dan pemanfaatan ruang/bantaran sungai. Melalui penelitian kearifan lokal masyarakat itu diharapkan dapat diungkap nilai-nilai dasar dan aktifitas budaya yang dapat dijadikan dasar acuan untuk membuat konsep tata ruang permukiman urban di Kota Denpasar Provinsi Bali. Penelitian ini menjadi urgen/penting mengingat akhir-akhir ini ada desakan masyarakat kota untuk memanfaatkan sungai sebagai tempat atau ruang aktivitas kehidupan sehari-hari makin meningkat tanpa memperdulikan bencana yang dapat mengancam setiap saat.

Penelitian terhadap kearifan lokal atau nilai-nilai tradisional masyarakat di dalam tata ruang permukiman urban di perkotaan, khususnya dalam memanfaatkan ruang sungai Tukad Badung di pusat Kota Denpasar diharapkan dapat melahirkan konsep baru yang khas tentang tata ruang permukiman termasuk penataan ruang sungai bagi masyarakat urban di perkotaan. Luaran konsep tata ruang permukiman tradisional itu diharapkan seoptimal mungkin lahir dari kearifan lokal masyarakat sekitar sungai sehingga konsep baru itu masih memiliki jatidiri budaya Bali. Hal ini diharapkan dapat menarik masyarakat Bali yang tinggal di daerah perkotaan untuk melestarikan sungai sehingga alam Bali khususnya dan alam bumi pada umumnya makin lestari dimasa yang akan datang. Hal ini diyakini mempunyai kontribusi mendasar pada bidang ilmu pelestarian atau konservasi dengan penekanan pada gagasan fundamental dan orisinal di Kota Denpasar untuk mendukung pengembangan ruang bantaran sungai sebagai halaman depan (*water front*).

Kini Tukad Badung telah berkembang menjadi tempat kegiatan masyarakat perkotaan dengan segala dinamikanya. Penelitian ini selanjutnya akan berusaha mengembangkan model baru sistem penataan sungai di daerah perkotaan dengan memanfaatkan lingkungan sungai sebagai bagian halaman depan yang indah dan menyenangkan. Kemudian meningkatkan partisipasi aktif masyarakat setempat dalam mewujudkan lingkungan sehat. Memanfaatkan potensi budaya masyarakat dalam penataan lingkungan sungai, dan mengembangkan ekonomi kerakyatan di perkotaan. Selain itu, juga untuk mengembangkan model integrasi masyarakat - pemerintah dalam pengelolaan lingkungan pada lokasi yang spesifik di daerah perkotaan. Terakhir adalah melestarikan wujud budaya (artefak) tata ruang permukiman tradisional sepanjang Tukad Badung sebagai *life monument* dan dapat menjadi objek daya tarik wisata.

B. Tukad Badung

Sampai saat ini masyarakat Bali pada umumnya dan masyarakat kota Denpasar khususnya masih tetap percaya bahwa Tukad Badung adalah wilayah yang sakral, yang pingit/tenget. Tukad Badung adalah pelancahan Ratu Niang, lalu lintas armada perahu Ratu Gede Dalem Nusa dan Tukad Badung adalah

linggih pura dan taman suci sebagai tempat ngaturang bakti dan nunas tirtha untuk berbagai keperluan upacara dan menenangkan serta menyenangkan pikiran, (Warnata, 2007).

Hal ini terbukti dari masih digunakannya air penyampuhan sebagai sarana ritus, terdapat ratusan pura di sepanjang pinggir sungai bahkan ada yang berdiri di tengah (delta) sungai. Beberapa diantaranya sangat dikenal oleh seluruh masyarakat Denpasar khususnya dan ada beberapa pura bahkan dikenal masyarakat luas seperti Pura Tirtha Belong sebagai tempat nunas tirtha terkait upacara Pitra Yadnya (*ngaben*), Pura Tanah Kilap dan Pura Candi Narmadha sebagai tempat persembahyangan umum. Tempat suci/pura yang terletak di sepanjang sungai itu merupakan refleksi budaya masyarakat setempat dalam rangka menuju Kota Denpasar sebagai kota yang berwawasan budaya.

Permasalahan Tukad Badung. Terbatasnya sempadan sungai karena lahan di sekitar sungai yang mempunyai nilai ekonomis tinggi sehingga oleh pemiliknya lebih suka dimanfaatkan untuk fungsi-fungsi ekonomi produksi yang lebih menarik tanpa mengindahkan aspek ekologi atau ekosistem kawasan.

Cepatnya alih fungsi lahan di bagian hulu sehingga akan mengurangi daya resap tanah sehingga debit air yang mengalir akan makin besar. Fakta-fakta mengenai kondisi penutupan lahan saat ini menunjukkan kecenderungan berupa semakin meluasnya permukaan tanah yang tertutup lapisan kedap air sehingga mengakibatkan berkurangnya kemampuan lahan menyerap air dan aliran permukaan meningkat. Fenomena ini hampir terjadi pada seluruh segmen. Meskipun pada bagian hulu sungai saat ini masih berupa daerah persawahan dan lahan bervegetasi, namun kecenderungan alih fungsi menjadi kawasan pemukiman sangat tinggi sejalan dengan perkembangan kepadatan penduduk di Kabupaten Badung dan Kota Denpasar. Adanya kondisi permukaan lahan yang demikian memberikan kontribusi positif terhadap erosi kawasan dan pemiskinan kesuburan lahan. Hal ini dapat dicermati dari hasil pengujian kualitas air dimana pada daerah hulu aliran air banyak membawa sedimen lahan dan bahan organik.

Kota-kota itu memang dirancang menjadi kota wisata. Infrastruktur, fasilitas dan lingkungannya ditata sedemikianrupa sehingga sangat menarik untuk dikunjungi, baik dengan berjalan kaki, berperahu, dan berkendara umum. Berbagai moda angkutan dapat dibuat menarik bagi wisatawan. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh kota agar dapat menjadi tujuan wisata yang menarik antara lain adalah kemudahan akses dan kualitas layanan yang prima dari sistem transportasi kota, penataan dan kualitas fisik lingkungan kota yang tinggi, keamanan yang terjamin, objek yang beragam, unik, dan manajemen yang berbasis pada mutu, serta yang tidak kalah penting adalah promosi. Mewujudkan Denpasar menjadi kota tujuan wisata terpenting di Indonesia tidaklah mustahil. Tujuannya adalah jelas untuk meningkatkan perekonomian kota. Untuk maksud tersebut ada dua hal yang dapat dilakukan. Pertama, adalah menciptakan Denpasar sebagai kota wisata pendidikan. Kedua, menciptakan Denpasar menjadi kota wisata budaya.

Kemudian Tukad Badung dapat dimanfaatkan menjadi sarana rekreasi air dengan cara membendung sehingga layak untuk dijadikan tempat rekreasi. Berdasarkan potensi dan pertimbangan teknis, sistem bendung yang sesuai adalah bendung karet dimana tinggi rendahnya bendung dapat disesuaikan secara otomatis dengan permukaan air yang ada sehingga bahaya banjir dapat dihindari dan dikendalikan. Tugas pertama yang perlu dilakukan adalah perencanaan yang matang, baik dari kebersihan, tata guna lahan, tata lingkungan, program insentif, peninjauan investasi/modal, dan program jangka panjang untuk menjadikannya integratif dengan kebijaksanaan kota secara keseluruhan (Sueca, 2007).

Melalui penatan kawasan Waduk Muara Nusa Dua (Runa, 2007) akan dapat merevitalisasi daerah pengaliran Tukad Badung khususnya di bagian hilir menjadi kawasan rekreasi yang berorientasi pada pelestarian lingkungan. Penataan kawasan Waduk Muara Nusa Dua menjadi kawasan wisata/rekreasi diharapkan dapat menambah manfaat waduk itu sendiri untuk kesejahteraan masyarakat atau menciptakan lingkungan yang lestari sekaligus dapat mendorong pembangunan ekonomi kerakyatan yang berkelanjutan.

Pengembangan daerah wisata di sekitar waduk merupakan salah satu cara yang relevan untuk menyeleksi segmen pasar wisatawan yang berorientasi pada budaya, kemanusiaan, dan peduli pada masalah lingkungan. Pengembangan kawasan sebagai daerah wisata merupakan salah satu usaha untuk mengurangi "bocoran" keluar (*linkages*) dan meningkatkan *multiplier effects* untuk masyarakat sekitar waduk. Areal kawasan Waduk Muara Nusa Dua Tahap I adalah seluas 35 Ha. yang terdiri dari areal genangan/tampung seluas 3 km², bangunan utama dan bangunan pelengkap.

Data-data lapangan seperti sedimentasi/endapan, penampang sungai, kecepatan aliran, dan debit air dikumpulkan secara kualitatif dan kuantitatif, kemudian data-data itu diolah secara kualitatif dan kuantitatif, seperti digambarkan dalam roadmap penelitian berikut ini.

C. Kota Hijau

Kota Hijau (*Green City*) pada dasarnya adalah kota yang berkelanjutan dimana kota dibangun dengan tidak mengikis atau mengorbankan aset kota – wilayah (*city – region*). Kota hijau (Tri Harso Karyono, 2009), juga dapat dikatakan sebagai kota yang minim mengkonsumsi sumberdaya alam: energi, air, dan material, serta minim menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Kota hijau merupakan langkah untuk merealisasikan kehidupan warga kota secara berkelanjutan. Keberlanjutan merupakan usaha manusia untuk mempertahankan eksistensinya di muka bumi dengan cara meminimalkan perusakan alam dan lingkungan dimana mereka tinggal.

Istilah keberlanjutan menjadi sangat populer ketika mantan Perdana Menteri Norwegia GH. Brundtland memformulasikan pengertian Pembangunan Berkelanjutan (*sustainable development*) tahun 1987 sebagai pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan manusia masa kini tanpa mengorbankan potensi generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Keberlanjutan terkait dengan aspek lingkungan alami dan buatan, penggunaan energi, ekonomi, sosial, budaya, dan kelembagaan. Aplikasi kota hijau akan memberi peluang besar terhadap kehidupan manusia di kota secara berkelanjutan. Tingkat hijau suatu kota atau kawasan harus dapat diposisikan dalam level yang dapat dimengerti atau diukur oleh suatu acuan (standar) tertentu. Untuk itu diperlukan suatu alat ukur dan tolok ukur untuk mengukur level hijau suatu kota atau kawasan.

Berbagai acuan, alat ukur, dan standar terkait bangunan sudah banyak dirumuskan di negara-negara maju untuk mengukur tingkat hijau suatu rancangan kawasan dan bangunan. Untuk mengukur tingkat hijau suatu kota diperlukan pengukuran komprehensif terkait elemen-elemen kota: bangunan, transportasi kota, penghijauan kota, dan perilaku warga kota. Secara umum sulit dilakukan pengukuran tingkat hijau kota, meskipun demikian dengan mengacu kepada sejumlah standar hijau bangunan dan kawasan, langkah ke arah itu sangat dimungkinkan. Sejumlah standar hijau bangunan dikembangkan di beberapa negara maju. BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*) dikembangkan di Inggris, LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) yang dikembangkan di Amerika Serikat, NABERS (*the National Australian Built Environment Rating System*) dikembangkan di Australia, *Green Star*, juga dikembangkan oleh *Green Building Council Australia*, serta *Green Mark* yang dikembangkan oleh *Singapore Green Building Council*. Beberapa aspek atau parameter dominan yang diukur untuk menentukan tingkat 'hijau' bangunan atau kawasan adalah: pemilihan dan pengolahan lahan, penghematan energi, pemanfaatan energi terbarukan, transportasi kawasan atau kota, penggunaan material, konservasi air, limbah, dan kualitas hidup manusia.

D. Pembahasan

Kearifan lokal masyarakat sepanjang Tukad Badung berikut ini akan dikelompokkan menjadi dua bagian besar yaitu fisik (*tangible*) dan non fisik atau kepercayaan (*intangible*).

Unit analisis fisik (*tangible*) permukiman tradisional sepanjang Tukad Badung di kota Denpasar terdiri atas sungai (*tukad*), sempadan (*ambal-ambal/jerogjogan*), kebun (*teba*), pekarangan, gang (*rurung*), dan jalan (*marga*). Kemudian kegiatan kearifan lokal masyarakat dibedakan atas kegiatan profan dan kegiatan sakral.

Kegiatan profan yang dilaksanakan di sungai yang membujur dari utara ke selatan adalah kegiatan rekreasi, mandi-cuci-kakus (MCK) baik untuk jenis kelamin laki-laki maupun perempuan, memancing, bercocok tanam kangkung, dan peternakan. Kegiatan sakral yang dilaksanakan di sungai adalah kegiatan ritual seperti *nganyut*, *nunas tirta beji* untuk *manusa yadnya* dan *pitra yadnya*. Di bagian sempadan (*ambal-ambal/jerogjogan*) biasanya tumbuh pohon besar seperti kepah, beringin, bunut, canging, dan ae.

Analisis non fisik atau kepercayaan (*intangible*) adalah sebagai berikut. Pada awalnya sungai dipercaya sebagai tempat *pelancaran* Ratu Niang, lalu lintas perahu Ancangan Ratu Gede, tempat pembersihan (*pelukatan*), dan sebagai permukiman mahluk halus seperti Memedi, Gamang, Tonya, dan Samar. Sekarang berdasarkan pengamatan dan wawancara mendalam yang dilakukan, nampaknya kepercayaan terhadap hal seperti ini sudah mulai berkurang.

Berikut ini akan diuraikan awal mula konsep tata ruang permukiman tradisional sepanjang Tukad Badung di kota Denpasar yang terdiri atas sungai (*tukad*), sempadan (*ambal-ambal/jerogjogan*), kebun (*teba*), pekarangan, gang (*rurung*), jalan (*marga*).

Pada mulanya sungai berfungsi sebagai tempat saluran luapan banjir. Di bagian sempadan (*ambal-ambal/jerogjogan*) terdapat Pura Taman, Beji, pohon sakral, pohon profan, dan gang (*rurung*) untuk pergi ke sawah yang berukuran sekitar 150 cm (*apenyanan*). Kebun (*teba*) berfungsi sebagai

tempat bermain, menanam tanaman kebutuhan rumah tangga, tempat beternak, mengasah ketrampilan, tempat buang sampah, dan tempat persiapan/penunjang upacara. Gang (*rurung*) berfungsi sebagai tempat lalu lintas yang utama bagi manusia dan makhluk halus.

Pekarangan rumah menggunakan konsep tata ruang permukiman Bali Dataran pada umumnya dengan pola natah di tengah. Dalam pekarangan itu ada beberapa unit bangunan seperti Tempat Suci, Sanggah Pengijeng, Tunggun Karang, Bale Daja, Bale Dangin, Bale Delod, Bale Dauh, Paon, Lumbang, dan Pamesuan yang semuanya berorientasi ke ruang terbuka atau natah di tengah.

Pada areal Tempat Suci terdapat Sanggah sebagai *pengayat* ke sungai dengan variasi sebutan seperti Ratu Niang dan Ratu Manik Darma. Selain itu juga ada beji dan taman yang dilengkapi dengan kolam sakral atau telaga. Jalan berfungsi sebagai tempat lalu lintas kendaraan, cicar, dan plaza untuk kegiatan upacara.

Sejalan dengan perkembangan zaman maka konsep tata ruang permukiman tradisional sepanjang Tukad Badung di kota Denpasar mengalami beberapa perubahan, tetapi ada juga beberapa diantaranya yang tetap atau tidak berubah.

Bagian-bagian yang mengalami perubahan diantaranya adalah dimensi sungai pada umumnya mengecil dan di bagian pinggirnya cenderung dilengkapi dengan senderan. Pohon sakral dan pohon profan di bagian sempadan banyak ditebang. Dimensi sempadan dan gang ke sawah juga berkurang karena sifat privasi pemilik pekarangan. Fungsi kebun sekarang banyak berubah menjadi non pertanian atau jasa. Unit-unit bangunan cenderung tertutup, setiap rumah memiliki toilet/wc, dan lumbang *proper* berubah menjadi lumbang simbol. Sebagian rumah berorientasi ke luar dan berubah menjadi fungsi jasa seperti toko atau warung. Dimensi jalan cenderung semakin lebar, mobil semakin banyak, dan ada proyek trotoarisasi, serta proyek Denpasar Sewerage Drainage Plan (DSDP) di tengah-tengah jalan.

Bagian-bagian yang tetap ada yaitu gang, Tempat Suci, dan Bale Upacara. Lalu lintas utama ke sungai bagi manusia dan makhluk halus tetap ke gang, tetapi ada juga yang berubah wujud menjadi *rurung* gantung atau gang ditutup.

Variasi Permukiman Urban. Pengambilan sampel perumahan urban secara *purposive* berupa rumah kost sebanyak 24 tempat di tiga lokasi (hulu, tengah, dan hilir) Tukad Badung. Berikut ini akan dipaparkan secara umum kasus-kasus perumahan urban baik dari golongan menengah keatas maupun golongan menengah kebawah (sederhana) yang mewakili ketiga lokasi dimaksud.

Rumah kost Home Yogi terletak di Jalan Nusa Kambangan No. 31 Denpasar, dengan pemilik Bapak Wikanta, mempunyai 6 kamar lantai 2 dengan tiap ruang mempunyai ukuran 5 x 7 meter, tanpa ruang tamu dan dapur. Pada lantai 1 digunakan untuk tempat parkir. Fasilitas yang di sediakan di rumah kost ini yaitu: ac, kulkas, washtafel, TV LCD dengan ukuran 29 ICH, tempat mandi dilengkapi dengan *bath tub*, *water heater*, tempat tidur dilengkapi dengan kasur dengan ukuran 200 x 200, dan listrik menggunakan pulsa elektrik. Sistem sewa untuk Rumah Kost Home Yogi yaitu harian dan bulanan. Untuk harian harga sewanya yaitu Rp. 250.000,00. Dan untuk bulanan harga sewanya yaitu Rp. 2.000.000,00 – Rp. 3.000.000,00.

Rumah Kost B (rumah kost ini tidak memiliki nama) dapat digolongkan sebagai rumah kost sederhana tetapi bentuk bangunannya sudah mendekati bangunan rumah kost mewah. Rumah ini terletak di jalan Pulau Buru, mempunyai 5 kamar pada lantai 1 dan 6 kamar pada lantai 2 sehingga jumlah semuanya adalah 11 kamar. Setiap ruang rumah kost ini mempunyai ukuran 4 x 6 meter, terdiri atas ruang tidur, dapur kecil, kamar mandi, dan tidak dilengkapi ruang tamu. Rumah kost ini dilengkapi dengan fasilitas penunjang berupa warung yang menjual makanan. Parkir mobil dan sepeda motor digabung pada bagian depan. Penyewa kost membawa sendiri perlengkapan yang diinginkan seperti kasur, televisi, meja, dan lemari. Sistem pembayaran pada rumah kost ini setiap bulan dengan tanggal yang disepakati antara penyewa dengan pengelola. Jumlah pembayaran sebesar Rp. 650.000,-/ bulan.

Rumah kost ini berada di Jalan Bukit Tunggul No. 14, Denpasar. Jumlah kamar yang disediakan ada 2 tipe yaitu: tipe 1 terdapat 3 kamar kost dengan fasilitas kamar tidur, dapur, kamar mandi dalam, dan tempat menjemur pakaian di bagian belakang. Tipe 2 terdapat 6 kamar kost dengan fasilitas kamar tidur, sedangkan dapur dan kamar mandi di bagian luar.

Rumah kost ini berada di Jalan Pulau Ron, Gang Dewa No.1 Denpasar. Jumlah kamar yang disediakan terdapat 4 kamar tidur, dapur, dan kamar mandi dalam. Area parkir hanya dapat dipergunakan khusus untuk kendaraan roda 2. Sewa kamar adalah Rp 600.000,-(bulan/kamar), dan semua biaya sudah termasuk tagihan listrik/ bulan.

Study kasus berikutnya merupakan rumah kos yang terletak di Jalan Kunti No.6 Denpasar Utara. Rumah kost ini memiliki luas tanah kurang lebih 150 m² pada site ini terdapat empat rumah kost dengan luas masing – masing rumah kost kurang lebih 24 m². Pada masing – masing unit rumah kost ini

dilengkapi dengan fasilitas satu kamar tidur ber AC, ruang tamu, dapur, dan kamar mandi yang di lengkapi dengan pemanas air.

Sampel ini berada di Jalan Made Bina Kavling 15, fungsi rumah urban ini adalah rumah tinggal pribadi. Pemilik rumah tinggal ini adalah I Gusti Nyoman Winaya yang berasal dari desa Kamasan, Tabanan. Bapak Winaya merupakan penduduk pendatang yang tinggal di Denpasar sejak 15 tahun yang lalu, Beliau bekerja sebagai seorang pegawai kantoran serta sebagai klian adat di daerah BTN tempat tinggalnya. Bapak Winaya tinggal bersama keluarganya yakni istri dan dua anak perempuan. Rumah ini sudah pernah direnovasi 10 tahun yang lalu baik itu fasad serta posisi kamar. Keluarga ini merasa nyaman menempati rumah ini. Fasilitas yang ada dirumah ini adalah sanggah (tempat suci), kamar suci, kamar tidur 2 buah, dapur, dan toilet.

Sampel berikutnya adalah kost eksklusif yang berlokasi di Jalan Taman Pancing Denpasar Selatan. *Costumer service*: 087861193532 atau 03612725276, luas tanah 315 m², luas bangunan 300 m², jumlah lantai bangunan adalah 2 lantai, serta jumlah kamar yang disewakan adalah 10 unit kamar. Fasilitas kamar meliputi AC, tempat tidur, lemari, TV, kamar mandi dalam, dan wastafel. Harga sewa perbulanan adalah Rp. 1.100.000,-00. Setiap penghuni harus mentaati beberapa peraturan seperti dilarang membawa, menggunakan, menyimpan barang-barang yang mudah terbakar di kamar kost, seperti bensin, minyak tanah, kompor, petasan dan lain-lain. Dilarang merusak fasilitas-fasilitas yang terdapat di dalam rumah kost. Untuk kenyamanan sesama penghuni kost dan lingkungan sekitar, dimohon untuk tidak menimbulkan keributan dan senantiasa menjaga ketertiban, kebersihan tempat kost dan lingkungan sekitarnya.

Selain itu ada beberapa hak dan kewajiban penghuni rumah kost yaitu penghuni rumah kost ini berhak menggunakan fasilitas-fasilitas yang tersedia di dalam rumah kost tersebut. Pengelola berhak untuk membuka kamar bila dianggap perlu/keperluan mendesak. Wajib membayar biaya kost sesuai dengan perjajian awal. Bagi penghuni yang membawa sendiri peralatan elektronik wajib menghemat listrik.

Setiap penghuni kost wajib menyerahkan foto copy KTP atau identitas diri yang berlaku. Juga ada beberapa sanksi bagi penghuni rumah kost yaitu: wajib dan bersedia mengganti rugi atas kerusakan/kehilangan barang inventaris dalam kamar dan lingkungan kost.

Apabila terjadi kebakaran, kerusakan, bencana alam (banjir, gempa bumi, tanah longsor, dan lain-lain), pemilik kost tidak bertanggung jawab atas segala barang-barang berharga dan surat-surat penting penghuni kost.

Bilamana ada ketidakcocokan antara data yang diberikan dengan penghuni kost atau terjadi perbuatan yang mengganggu / merugikan pihak lain, tanpa alasan apapun, maka pihak pengelola kost berhak mengambil tindakan (mengeluarkan penghuni kost).

E. Simpulan

Pada mulanya sungai berfungsi sebagai tempat saluran luapan banjir. Di bagian sempadan terdapat Pura Taman, Beji, pohon sakral, pohon profan, dan gang untuk pergi ke sawah yang berukuran sekitar 150 cm (*apenyanan*). Kebun berfungsi sebagai tempat bermain, menanam tanaman kebutuhan rumah tangga, tempat beternak, mengasah ketrampilan, tempat buang sampah, dan tempat persiapan/penunjang upacara. Gang berfungsi sebagai tempat lalu lintas yang utama bagi manusia dan mahluk halus.

Kemudian berkembang permukiman urban sepanjang Tukad Badung di kota Denpasar dengan konsep tata ruang yang terdiri atas sungai (*tukad*), sempadan (*ambal-ambal/jerogjogan*), pekarangan, gang (*rurung*), jalan (*marga*).

Pekarangan rumah urban/kost menggunakan konsep tata ruang permukiman Bali Dataran pada umumnya dengan pola natah di tengah. Dalam pekarangan itu ada beberapa unit bangunan seperti tempat suci, kelompok hunian, dan kelompok servis (garase, warung, *laundry*).

Daftar Pustaka

- Aca Sugandy, Sugeng Martopo, Tejoyuwono Notohadiprawiro, 1987, Pembangunan Wilayah Berwawasan Lingkungan, Makalah Khusus Untuk SEPADYA.
Adnyana S, I G.N., 2007, Manajemen Pengelolaan Sumber Daya Air, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.

- Anonim, 2004, Analisis dan Evaluasi Hasil Penelitian Kualitas Air Laut, Air Sungai, Air Limbah dan Kebisingan di Provinsi Bali, Laporan Penelitian. Bapedalda Provinsi Bali bekerjasama dengan Pusat Studi Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian Universitas Udayana, Denpasar.
- Anonim, 2005, Pemantauan Kualitas Air Sungai, Danau dan Laut di Provinsi Bali, Laporan Penelitian. Pusat Studi Lingkungan Hidup, Lembaga Penelitian Universitas Udayana, Denpasar.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Direktorat Penataan Ruang Wilayah Timur, 2004, Apresiasi NSPM Penataan Ruang Kabupaten – Kota, Pemerintah Daerah Provinsi Bali, Denpasar.
- Meganada W., 2007, Peranan Desa Adat Dalam Pengelolaan Tukad Badung, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Runa W., 2007, 'Menjual' dan Melestarikan Muara Tukad Badung, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Sinarta I N., 2007, Penataan Tukad Badung Sebagai Drainase Alam Dan Perkotaan Dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Sosrodarsono S. Dan Tominaga M., 1985, Perbaikan dan Pengaturan Sungai, Cetakan Pertama, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suarjana, G., 2003, Hubungan antara Pengetahuan, Sikap dan Perilaku Penduduk dalam Pengelolaan dan Pengendalian Pencemaran Air Tukad Badung, Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar.
- Sudji, Ni Wyn., 2007, Pencemaran dan Pengolahan Limbah Kota, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Sueca N.P., 2007, Revitalisasi Tukad Badung Dalam Bingkai Denpasar Sebagai Kota Wisata, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Suprpta, D.N., 2007, Mengoptimalkan Fungsi Tukad Badung untuk Mendukung Pertanian, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.
- Tri Harso Karyono, 2009, Konsep Perancangan Kota Hijau di Indonesia: Strategi Kota Pesisir Dan Dataran Tinggi, Makalah Seminar Nasional "Identitas Kota-Kota Masa Depan Di Indonesia", 21 Desember 2009, The Werdhapura Village, Jl. Danau Tamblingan No. 49, Sanur, Denpasar, Bali.
- Warnata N., 2007, Kembalikan Kesakralan Tukad Badung, Makalah Seminar Menata Sungai Membangun Kota, Fakultas Teknik Universitas Warmadewa, Denpasar.

Penggunaan dan Perkembangan Konstruksi Hijau Untuk Melindungi Lereng

I Nengah Sinarta¹

Abstrak

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

A. Pendahuluan

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

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

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

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

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

¹ I Nengah Sinarta, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Denpasar

B. Prinsip Dasar Stabilitas Lereng

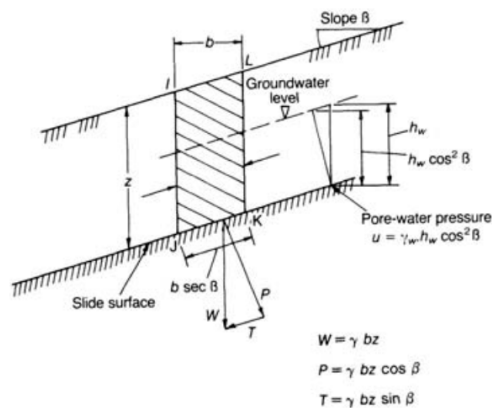
Dalam mengevaluasi stabilitas suatu lereng dipergunakan konsep dasar pada keseimbangan batas (limit equilibrium). Dalam konsep ini dijelaskan bahwa suatu lereng dalam kondisi stabil bila gaya geser (shear stress) penyebab gerakan massa tidak melebihi kekuatan geser tanah yang merupakan penahan gaya geser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

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

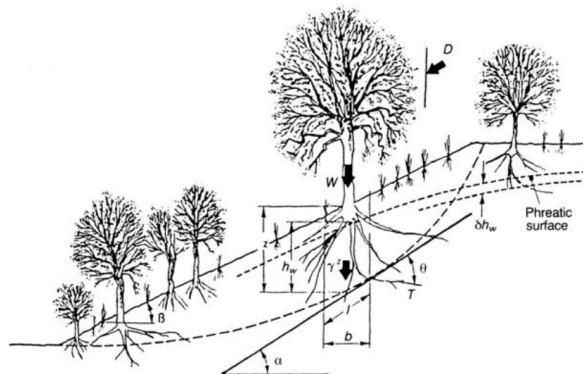
Tabel 1. Angka keamanan menurut Bowles (1989)

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

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



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



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

C. Konstruksi Konvensional Stabilitas lereng

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

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

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

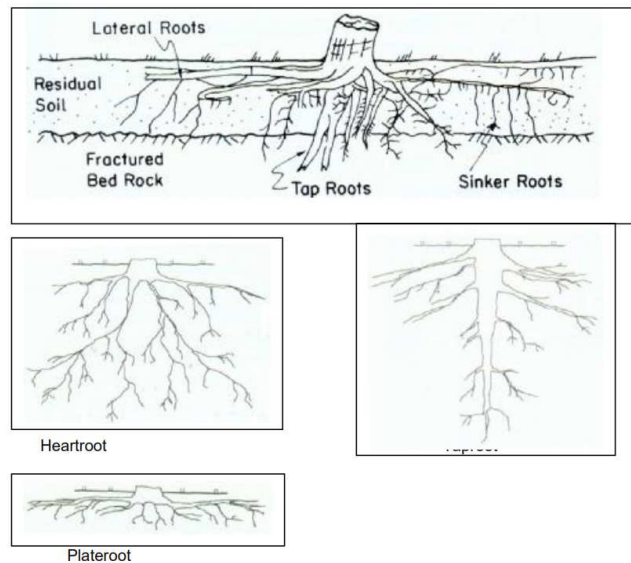
- 1) Dinding gravitasi yaitu dinding dengan fondasi yang berfungsi menahan gaya geser dan gaya guling, seperti dinding pasangan batu kali, dinding dengan perkuatan bronjong, dan dinding beton tak bertulang, dan lain-lain.
- 2) Dinding kantilever, yaitu dinding dengan dukungan kantilever vertikal atau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

D. Soil Bioengineering

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

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

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



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

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

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

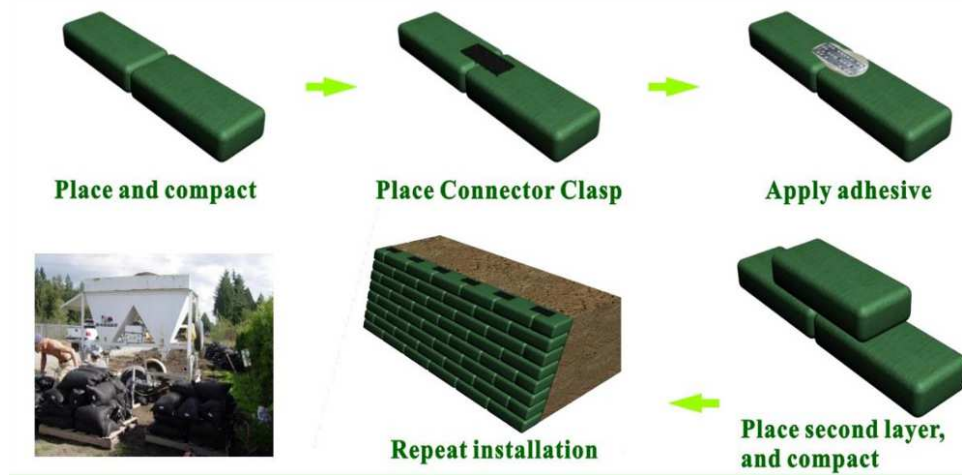
| No | Faktor | Parameter | Spesifikasi Design |
|----|-------------------------|------------------------------|--|
| | Iklm | Aspek musim tanam | Tergantung pemilihan tanaman Metode dan konstruksi yang dipilih |
| | Kondisi fisik dan tanah | Kerapatan dan kepadatan akar | Pemilihan tanaman yang sesuai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

E. Metode Soil Bioengineering

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

1) Metode Gabion (bronjong) Vetated

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



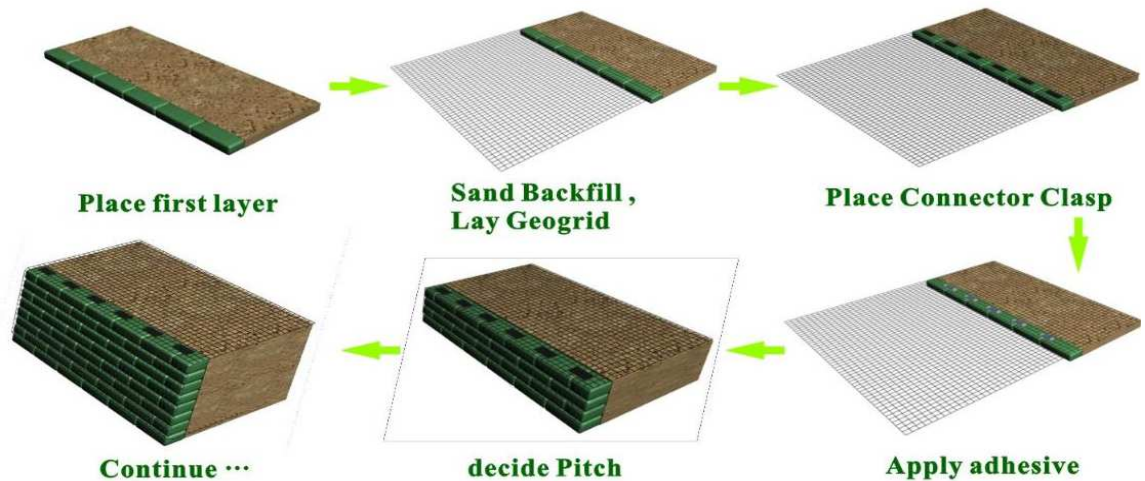
Gambar 4. Sistem Stacking Reinforcement (Intalok,2000)



Gambar 5. Quanzhou Highway Bureau in Fujian Province,China

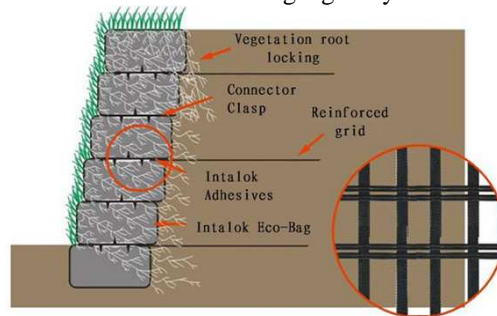
2) Reinforcement method

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



Gambar 6. Reinforcement Method Engineering Drawings

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



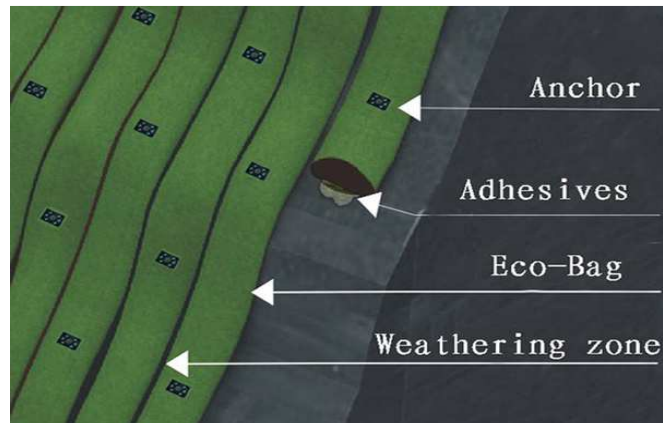
Gambar 7. Sistem kombinasi antar gabion dengan perkuatan Geogrid



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

3) Long Bag Bolting Reinforcement Method

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



Gambar 9. Stony long bag bolting

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



Gambar 10. Stony Long Bag Bolting Reinforcement Method Side Map



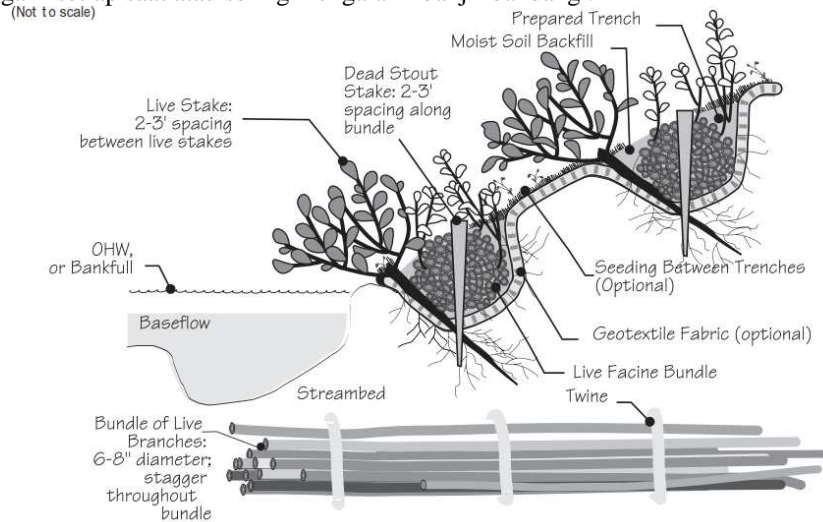
Gambar 11. Shenzhen OCT East, China

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

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

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

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

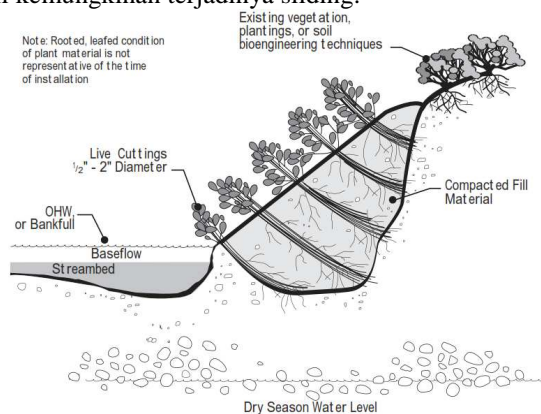


Gambar 12. Live fascine/wattling (US Army, 2014)

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

5) Metode Timbunan :Brush Layering

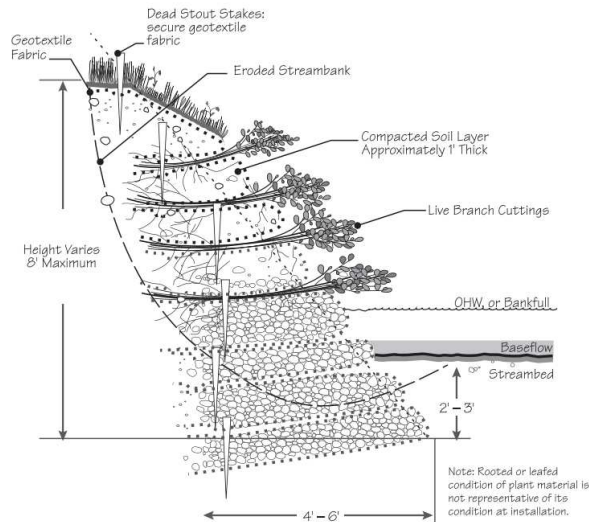
Merupakan metode timbunan dengan sistem yang hampir sama dengan *live fascine*, karena menggunakan cabang vegetasi, pada layer-layer atau lintasan-lintasan yang sejajar dan tegak lurus terhadap lereng. Teknik ini sangat tepat bila diterapkan pada area cut and fill dimana tanah yang berada pada daerah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



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

6) *Vegetated Geogrid*

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



Gambar 14. Pemasangan Vegetated Geogride

Kesimpulan

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

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

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

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

Daftar Pustaka

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



ISBN 978-602-1582-05-3



9 786021 582053

WARMADEWA UNIVERSITY PRESS

Jalan Terompong No. 24, Tanjung Bungkak, Denpasar (80234) Gedung D. Lantai 2

Telp. (0361) 223858, Fax. (0361) 225073

Desa Sumerta Kelod, Kecamatan Denpasar Timur, Kota Denpasar.

Provinsi Bali