

PERSPEKTIF:

**BIO-ENGINEERING, MELALUI PEMANFAATAN
TANAMAN KALIANDRA (*CALIANDRA CALOTHYRSUS*)
DI WILAYAH ZONA RAWAN LONGSOR JAWA BARAT**

**Zufialdi Zakaria¹⁾, Dicky Muslim¹⁾, Raden Irvan Sophian¹⁾
Sondi Kuswaryan²⁾, Ujang Hidayat Tanuwiria²⁾**

1)Laboratorium Geologi Teknik, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

2)Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran

ABSTRACT

Landslides prone areas can be occur due to a large slope, open slopes, large erosion rate, or a large infiltration. Landslide prone areas can be prevented by a stable slope engineering. Engineering of stable slopes can be integrated through a variety of methods with preliminary procedure : 1) Mapping of landslides prone areas, 2) Slope stability analysis through the study of Safety Factor, 3) Engineering of slope stabilization and integrated through the simulation stable slope, slope design and other engineering, 4) Environmental management and environmental monitoring, 5) Bio-engineering by utilizing plants as part of a stable slope engineering systems, namely as a preventive agent of erosion, reduction of infiltration and runoff flow, landslide prevention as well as strengthening the slopes . Engineering can use the model of Starlet (Stabilisasi dan Rancangbangun Lereng Terpadu, or Engineering of Slope Stabilization and Integrated) involving the role of government officials, industrial and businessmen , residents / communities , and scientists . Kaliandra chosen to be a plant that is part of a stable slope engineering . Kaliandra plants have a good root, the tree canopy is not heavy, high-protein leaves for fodder, stems and twigs are dried for energy (fuelwood) . These plants, in addition to prevention of landslides, will be useful for people and industry.

Keywords: *landslide prone area, bio-engineering*

ABSTRAK

Daerah rawan longsor bisa terjadi karena kemiringan lereng yang besar, lereng gundul, laju erosi besar, atau infiltrasi besar. Daerah rawan longsor dapat dicegah melalui rekayasa lereng stabil. Rekayasa lereng stabil dapat melalui berbagai cara yang terpadu dengan prosedur dimulai dari : 1) Pemetaan wilayah rawan longsor, 2) Analisis kestabilan lereng melalui kajian Faktor Keamanan Lereng, 3) Stabilisasi dan rancangbangun lereng terpadu melalui simulasi lereng stabil, desain lereng dan rekayasa lainnya, 4) Pengelolaan lingkungan dan monitoring lingkungan, 5) *Bio-engineering* dengan memanfaatkan tanaman sebagai bagian dari sistem rekayasa lereng stabil, yaitu sebagai agen pencegahan erosi, pengurangan infiltrasi dan alir limpasan, pencegah longsor sekaligus sebagai perkuatan lereng. Rekayasa dapat menggunakan model Starlet (Stabilisasi dan Rancangbangun Lereng Terpadu) yang melibatkan peran aparat pemerintahan, pengusaha, penduduk / masyarakat, dan ilmuwan. Kaliandra dipilih menjadi tanaman yang merupakan bagian sebagai rekayasa lereng stabil. Tanaman Kaliandra mempunyai perakaran yang baik, tajuk pohon tidak berat, daun berprotein tinggi untuk pakan ternak, batang dan ranting yang kering untuk energi (kayu bakar). Tanaman ini, selain pencegah longsor, akan berguna bagi masyarakat maupun industri.

Kata kunci: *daerah rawan longsor, bio-engineering*

PENDAHULUAN

Sebagai negara tropis dengan kondisi geologi yang dipengaruhi tiga lempeng besar tektonik (Lempeng Indo Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik), Indonesia kaya akan bencana geologi. Salah satu bencana geologi yang sering kali terjadi dan cenderung meningkat, adalah bencana longsor. Periode 1987-1995, telah terjadi sedikitnya

362 kali longsor dengan kerusakan infrastruktur sebanyak 2212 bangunan, serta korban jiwa 537 orang tewas. Pada periode tersebut, 46% kejadian longsor atau 128 kali terjadi di Jawa Barat dengan korban 168 jiwa, 1707 bangunan/rumah rusak, 1131 Ha sawah dan 1021 M jalan rusak (Anon, 1995). Pada periode 1990-2002, terjadi 960 kali bencana longsor di Indonesia, sebanyak 58,6 %

atau 563 kali terjadi di Jawa Barat (Anon., 2009).

Dengan melihat data tersebut, longsor yang banyak terjadi justru terdapat di Jawa Barat. Bencana gerakan tanah (longsor) sering mengakibatkan kerugian harta, benda dan jiwa. Gerakan tanah dapat merusak rumah-rumah, gedung-gedung dan bangunan lain, juga dapat merusak sarana dan prasarana transportasi, sehingga jalur perekonomian antar daerah menjadi terganggu.

Banyak studi yang terlibat untuk menangani bencana longsor. Beberapa metode perhitungan Faktor Keamanan lereng telah dilahirkan selama masa studi tersebut. Juga, beberapa model penanganan telah dibuat untuk mengurangi dampak yang timbul akibat bencana longsor. Salah satu model penanganan longsor adalah dengan cara Stabilisasi dan Rancangbangun Lereng Terpadu (Starlet) berwawasan lingkungan hidup. Model ini dapat dimanfaatkan dalam penanganan lereng rawan longsor dengan keterpaduan antara (1) sistem pemetaan longsor dan lereng rawan longsor, (2) analisis kestabilan lereng sebagai peringatan dini maupun untuk stabilisasi, (3) simulasi rancangbangun lereng stabil, dan (4) arahan manajemen lingkungan yang disertai monitoring lingkungan. Selain hal di atas, diperlukan pula partisipasi para ilmuwan, aparat pemerintah, masyarakat dan pengusaha dalam menghadapi bencana longsor (Zakaria, 2010). Keterlibatan masyarakat terutama saat monitoring lingkungan.

Untuk mengetahui tingkat kestabilan lereng perlu dipahami: 1) unit-unit genetika wilayah rawan longsor, 2) kondisi paling kritis pada tubuh lereng, 3) karakteristik batuan dan tanah yang meliputi sifat fisik/mekanik material lereng tanah/batuan; 4) tingkat Faktor Keamanan lereng yang berhubungan dengan intensitas longsor & tingkat kerentanan gerakan tanah. Pemahaman hal tersebut di atas perlu diupayakan agar didapatkan pola penyebaran longsor,

serta model dan sistem longsor, sehingga didapatkan upaya mitigasi optimal berupa pencegahan maupun penanggulangan daerah rawan longsor.

Penanganan longsor cara lainnya adalah dengan *bio-engineering*, yaitu penggunaan tanaman dalam mendukung kestabilan lereng yang berwawasan lingkungan. Fungsi tanaman sebagai bagian dari ekosistem, dapat bermanfaat banyak. Tanaman yang terpilih, dapat digunakan sebagai salah satu bagian dalam perkuatan lereng, sekaligus dapat bermanfaat bagi aspek-aspek lainnya. Aplikasi dari model Starlet di atas, akan lebih berkekuatan dengan melibatkan aspek *bio-engineering*.

Pemilihan tanamannya dapat dilakukan. Ada tanaman yang bisa memperkuat lereng saja, atau juga dapat menahan erosi maupun memperlambat *run-off*, namun ada juga tanaman yang dapat menahan erosi, mengurangi infiltrasi, sekaligus bermanfaat bagi pakan ternak dan kebutuhan energi dalam kehidupan sehari-hari.

Tanaman Kaliandra (*Caliandra calothyrsus*) adalah tanaman yang mudah dikembangkan. Manfaat daun tanaman ini bagi para peternak adalah sebagai pakan ternak. Batang dan rantingnya bisa untuk kayu bakar sebagai kebutuhan energi di desa-desa (Djaja et al., 2007). Pohonnya secara keseluruhan juga dapat mendukung produksi madu (Herdiawan, et al., 2007). Kaliandra bisa menjadi pilihan alternatif dalam mendukung kestabilan lereng, namun harus disesuaikan dengan profil karakter wilayah setempat, sehingga dapat menjadi potensi dalam mendukung pembangunan wilayah.

MITIGASI LONGSOR

Mitigasi longsor adalah upaya untuk mencegah dan mengurangi kejadian longsor, sekaligus terdapat upaya manajemen didalamnya.

Upaya mitigasi dan penanganan lereng longsor memerlukan pemahaman tentang longsor sebagai

sistem yang saling berkaitan, tidak merupakan longsor individu saja. Dalam wilayah longsor besar terdapat longsor-longsor kecil. Longsor-longsor berdimensi terkecil, sebagai faktor yang berperan dominan dalam sistem longsor, memberikan indikasi bahwa daerah tersebut perlu diwaspadai dari bahaya longsor (Zakaria, 2000).

Kestabilan lereng merupakan keseimbangan dalam tubuh lereng antara gaya dorong geser dan gaya ketahanan geser. Kekuatan menahan dan mendorong inilah yang merupakan pemeran dalam keruntuhan lereng. Longsor-longsor kecil yang timbul di kaki-kaki lereng merupakan awal ketidakseimbangan yang akan menyebabkan ketidakseimbangan yang lebih besar lagi, yaitu longsor. Maka dengan demikian pemetaan longsor skala besar diperlukan untuk mengetahui lokasi-lokasi longsor kecil di daerah rawan longsor.

Skala peta pada umumnya disesuaikan dengan keperluan (Dearmant, 1991). Untuk kondisi yang memerlukan kajian detail dengan skala lebih besar lagi, tentunya diperlukan kajian pemetaan detail (berskala besar). Khusus untuk peta dengan skala detail, dicantumkan jenis-jenis longsor dengan dimensi longsorannya. Dalam permodelan stabilisasi dan rancangbangun lereng terpadu (Starlet), pemetaan merupakan tahap awal dari kegiatan/pekerjaan rancangbangun. Model ini merupakan suatu usulan dalam mengkaji dan menangani masalah longsor (Zakaria, 2004; Zakaria, 2010). Permodelan stabilisasi ini terdiri atas :

1. Pemetaan, mencakup :
 - Pemetaan longsor skala kecil
 - Pemetaan longsor skala besar
2. Analisis lereng, mencakup :
 - Analisis hubungan antar variabel material tubuh lereng
 - Analisis kestabilan lereng (a.l. menghitung faktor keamanan lereng pada kondisi kadar air

tertinggi atau kondisi terlemah)

- Rancangbangun lereng stabil terhadap lereng rawan longsor
 - Pengelolaan lingkungan dan pemantauan lingkungan
3. Keterlibatan manusia :
- Ilmuwan (ahli geologi, geoteknik, kehutanan, atau pertanian, dll.)
 - Pejabat pemerintah / penentu kebijakan mengambil tindakan dan aparatnya
 - Pengusaha yang terlibat di daerah longsor
 - Masyarakat melalui partisipasi aktif

Faktor penentu longsor terdiri atas faktor internal dan eksternal. Faktor internal terdiri atas massa batuan/tanah dan geometri lereng yang merupakan bagian dari faktor geologi. Faktor geometri lereng sangat dipengaruhi oleh kondisi geomorfologi, kemiringan lereng, dan tinggi lereng. Faktor eksternal adalah beban, vegetasi, gempa dan iklim (Hirawan, 2008).

BIO-ENGINEERING

Aspek vegetasi merupakan faktor penentu longsor sekaligus penentu kestabilan lereng. Melalui kajian *bio-engineering*. Perkuatan perkuatan akar beberapa tanaman tertentu dapat digunakan. Untuk kasus tertentu dimana lereng sangat curam (kemiringan $>45^\circ$) sulit untuk ditanami tanaman besar, maka penanaman tanaman perdu/semak kecil untuk menstabilkan tanah masih dapat dilakukan dengan teknik *bio-engineering* (Nurfaida et al., 2011), antara lain rekayasa lereng melalui penggunaan rumput Vetiver. Akar rumput ini panjang dan masuk ke dalam tanah. Rekor terpanjang dari akar rumput vetiver yaitu 5,2 meter ditemukan di Doi Tung, Thailand. Akar rumput ini mampu mengikat agregat tanah menjadi kesatuan yang solid, sementara daunnya mampu mengurangi energi tumukan butiran hujan dengan permu-

kaan tanah, sehingga *run-off* dan erosi menjadi kecil. Penutupan tanah dengan rumput Vetiver minimal 60%, dapat mengurangi tingkat erosi sebesar 90%. (Sunandar & Kusminingrum, 2010). Vetiver rumput (*Vetiveria zizanioides*), juga dikenal sebagai *zizanioides Chrysopogon*, adalah tanaman asli ke India tropis dan subtropis. Penanaman sepanjang kontur dapat sebagai penghalang untuk pergerakan air dan erosi yang membawa material tanah. Rumput vetiver memiliki kekuatan akar untuk menahan air limpasan deras (Mickovski et al, 2007). Di Jepang, pengaruh penguatan akar pada stabilitas lereng telah diteliti melalui studi empiris dengan mempertimbangkan efek longsor pada penguatan akar. Dalam studi kasus perkuatan lereng, perhitungan menunjukkan bahwa FS meningkat hingga 6,8% melalui pengaruh penguatan akar pohon. Lereng tetap stabil meskipun air tanah meningkat hingga 0,5 m. Dalam studi yang dilakukan oleh Nakamura et al. (2007) tersebut, sebuah lereng tanpa perkuatan akar akan menjadi tidak stabil ketika tingkat air tanah bertambah hanya 0,15 m.

Vegetasi hutan di Jawa Barat, cukup memprihatinkan. Kondisi hutan di Jawa Barat sendiri hanya 22,97 % dari luas wilayah Jawa Barat atau 816,603 Ha. Dari wilayah tersebut ada 34 ribu Ha lahan yang harus direboisasi (Hirawan, et al., 2011). Untuk reboisasi, revegetasi, dan rehabilitasi lahan, diperlukan pemilihan tanaman yang bermanfaat bagi berbagai hal. Beberapa hal diperlukan dalam perencanaan revegetasi. Menurut Heumader (2007), para ahli *bio-engineering* perlu mengetahui hal-hal berikut ini saat merencanakan revegetasi di lokasi masalah: 1) Bagaimana mencegah air permukaan dari erosi lereng pada periode kritis sampai vegetasi mengambil alih fungsi pelindung?; 2) Bagaimana mempersiapkan permukaan tanah untuk penyemaian?; 3) Spesies revegetasi dan tanaman penutup apa yang akan

digunakan, bagaimana campurannya dan berapa jumlahnya?; 4) Berapa banyak dan seberapa sering untuk membuahi jika tanaman termasuk tanaman buah?; 5) Bagaimana dengan perawatan?

Bio-engineering yang dilakukan untuk tujuan penyangga dan konservasi perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut (Nurfaida et al., 2011): 1) Pemilihan jenis tanaman dengan perakaran yang mampu mengikat tanah dan menangkap air hujan; 2) Pemilihan jenis tanaman, baik penutup tanah, semak, dan pohon dengan memperhatikan keserasian dan bermanfaat bagi lingkungan sekitar; 3) Pada lahan dengan kondisi awal tanpa penutupan tanaman, maka perlu ditanami vegetasi penutup tanah (rumput, herba) yang cepat tumbuh, kemudian ditanami dengan pohon dan semak besar untuk meningkatkan kestabilan lereng;

4) Pola penanaman sebaiknya dibuat sedemikian rupa agar pemeliharaan tidak intensif, mengingat akses ke lahan berlereng pada umumnya sulit.

Kriteria yang digunakan oleh Petrone & Preti (2008, dalam Petrone & Preti, 2010) dalam memilih jenis tanaman untuk mitigasi adalah sebagai berikut: tanaman lokal, mudah ditemukan di wilayah yang bersangkutan, memperhatikan penyebaran, toleransi yang tinggi dari kondisi tanah yang berbeda, tidak terlalu besar sekali saat dewasa.

Dari berbagai tanaman untuk *bio-engineering*, tanaman Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*), dapat dipilih sebagai tanaman yang memenuhi kriteria di atas, karena memiliki bentuk pohon, dan kegunaan pohon bagi berbagai keperluan. Dari beberapa penelitian, Kaliandra dapat digunakan untuk berbagai keperluan, a.l. : Sebagai pakan ternak, sebagai tanaman median jalan, sebagai tanaman pendukung produksi madu, dan sebagai kayu bakar/arang.

Sebagai pakan ternak

Kaliandra (*Calliandra Calothyrsus*), bisa sebagai pendukung untuk rehabilitasi peternakan. Tanaman ini yang mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan. Di lereng Gunung Merapi, untuk rehabilitasi jangka pendek jenis-jenis yang direkomendasikan terutama rumput-rumput yang mudah tumbuh. Untuk jangka panjang digunakan Kaliandra (Prawiradiputra, 2011). Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) cocok untuk ditanam pada ketinggian 400 – 1800 meter dengan curah hujan 700 – 3000 mm. Kondisi ini cocok pula untuk geografi Jawa Barat Bagian Selatan (Tasikmalaya dan sekitarnya). Tanaman ini toleran terhadap tanah masam, vulkanik, kurang subur, pasir, dangkal (Prawiradiputra, 2011). Daun Kaliandra bisa digunakan untuk tambahan ransum sapi perah. Agar produksi susu meningkat dan memberi manfaat ekonomi digunakan daun Kaliandra sebanyak 20% sebagai pengganti konsentrat (Djaja et al., 2007)

Sebagai tanaman median jalan

Kaliandra jenis lain dari spesies *Calliandra haematocephala* bisa sebagai tanaman median jalan (Nurfaida et al., 2011). Persyaratan tanaman median jalan adalah a) jenis perdu/ semak berbunga, b) bermassa dan padat, dan tinggi tanaman lebih kurang 1,5 meter. Contoh tanaman median jalan yang lainnya adalah kembang merak (*Caesalpinia pulcherrima*), oleander (*Nerium oleander*), kembang sepatu (*Hibiscus rosasinensis*), dan kaca piring (*Gardenia augusta*).

Sebagai tanaman penyangga dan konservasi

Lahan berlereng yang ditanami Kaliandra dari spesies *Calliandra haematocephala* dapat difungsikan sebagai area penyangga dan konservasi. Tanaman yang ditanam dapat mengurangi erosi permukaan oleh air,

mengurangi terjadinya suhu tanah yang ekstrim, dan melindungi tanah dari erosi angin (Nurfaida et al., 2011).

Sebagai tanaman pendukung produksi madu

Kaliandra juga dimanfaatkan sebagai sumber pakan penting untuk lebah madu berupa residu nektar yang dihasilkan dari bungannya (MacQueen, 1992, dalam Herdiawan, et al., 2007). Poedianto (1980, dalam Herdiawan, et al., 2007.) melaporkan di daerah Sukabumi Jawa Barat telah ditanam Kaliandra seluas 601 ha khusus untuk menyediakan pakan bagi ternak lebah, yang jumlahnya sebanyak 1800 sarang lebah. Dari setiap koloni per tahun dihasilkan madu rata-rata sebanyak 15 kg madu, dan total produksi secara keseluruhan sebanyak 27.000 kg/tahun madu.

Sebagai kayu bakar/arang

Kayu dari tanaman kaliandra teksturnya cukup padat, mudah kering dan sifatnya mudah terbakar, sehingga kayu kaliandra sangat ideal untuk dijadikan kayu bakar atau kayu arang (Herdiawan, et al., 2007). Kayu Kaliandra memiliki berat jenis antara 0,5-0,8, dan dapat menghasilkan panas sebanyak 4200 kkal/kg, Hal ini dapat bermanfaat sebagai sumber energi (bahan bakar) bagi penduduk setempat. Ranting dan batang kering dari tanaman ini dapat dijadikan kayu bakar sebagai kebutuhan energi di desa-desa (Djaja et al., 2007).

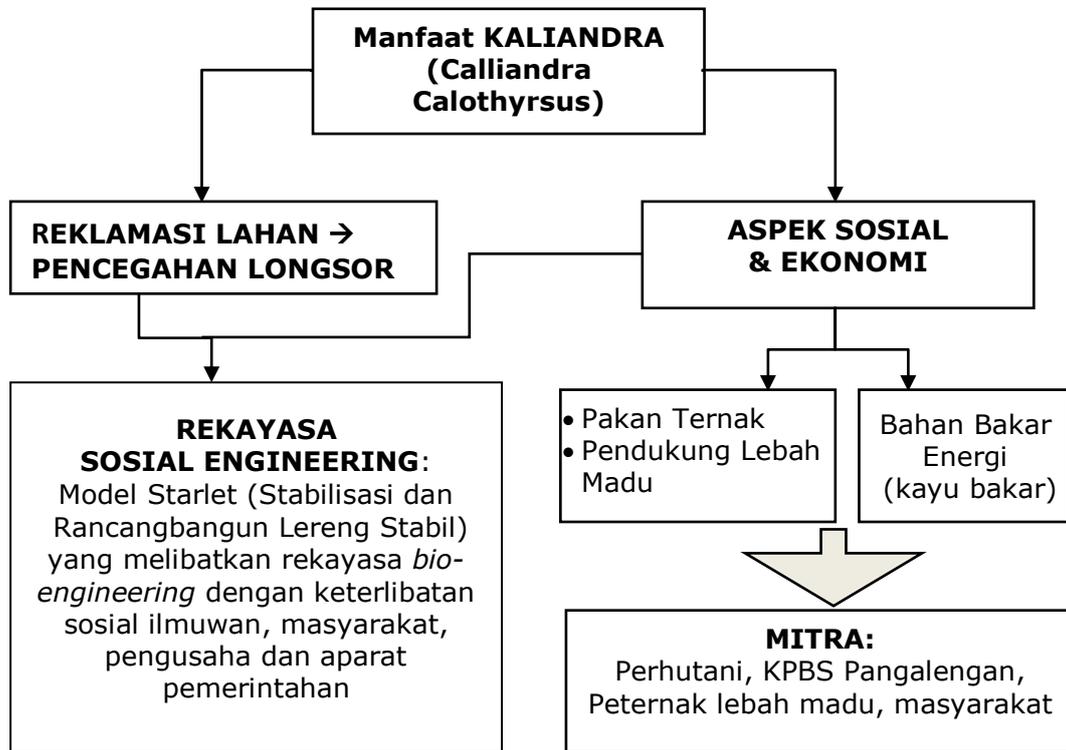
Pemilihan Kaliandra sebagai tanaman alternative pendukung kestabilan lereng, juga sebagai penahan laju erosi, pengendali air limpasan, dan sekaligus bermanfaat bagi masyarakat setempat (yang menggunakan kayu bakar), juga bermanfaat bagi peternak (ternak sapi, kambing, lebah madu). Pemilihan tanaman ini dianggap sesuai dengan yang diharapkan pada model Starlet (stabilisasi dan rancangbangun lereng terpadu), yaitu

adanya keterlibatan masyarakat (komunitas lembaga swadaya masyarakat, koperasi, dll.), pengusaha (Industri, peternakan, pakan ternak, pengusaha susu, dll.), ilmuwan (ahli geoteknik, kehutanan, peternakan, pertanian, ekonomi, sosial), dan aparat pemerintah (pemerintahan daerah di tingkat paling rendah s.d. tinggi), dalam mengatasi bencana longsor. Diagram alir aktivitas *bio-engineering* secara garis besar disajikan dalam Gambar 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon., 1995, Tetap waspadai ancaman longsor. Kasus di Jawa Barat Tercatat Paling Tinggi, *Pikiran Rakyat*, 8 April 1995, hal. 2.
- Anon., 2009, Separuh Jawa Barat longsor, *Pikiran Rakyat*, tanggal 1 Februari 2009.
- Djaja, W., Kuswaryan, S., & Tanuwiria, U.H., 2007, Efek substitusi konsentrat dengan daun kering Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dalam ransum sapi perah terhadap kuantitas dan kualitas susu, bobot badan dan pendapatan peternak, *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2007*, hal. 40-45
- Heumader, J., 2007, Revegetation on steep slopes and in subalpine areas using biennial cover plants: A review of Huter's technique, dalam Stokes, A., Spanos, I., Norris, J.E., & Cammerat, E., (eds), *Eco- and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability*, Spinger, pages 427-431
- Herdiawan, I., Panindi, A., dan Semali, A., 2007, Karakteristik dan pemanfaatan Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*), *Lokakarya Nasional Tanaman Pakan Ternak*, hal. 141-148
- Hirnawan, F., 2008, Understanding Slope Instability due to Triggering Factors for Landslide Initiation - Case Study : Landslide Hazardous Areas in West Java, Indonesia, *3rd Regional Training Course - Asian Program for Regional Capacity Enhancement for Landslide Impact Management on 27th - 31st October 2008 in Manila, Philippines*
- Hirnawan, F., Zakaria, Z., dan Sophian, I., 2011, Karakteristik Kekritisitas DAS Citanduy di Wilayah Longsor dan Revitalisasi Rehabilitasi Hutan dan Lahan melalui Teknologi Stabilisasi Lereng - Vegetasi Terpadu, Laporan penelitian Peningkatan Kompetensi Keilmuan Laboratorium Universitas Padjadjaran, 2011, 55 hal.
- Mickovski, S.B, van Beek, LP.H., & Salin, F., 2007, Uprooting resistance of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*), dalam *Eco- and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability (Editors: Stokes, A., Spanos, I., Norris, J.E., & Cammerat, E.)*, Spinger, pages 81-90
- Nakamura, H., Nghiem, Q.M., & Iwasa, N., 2007, Reinforcement of tree roots in slope stability: A case study from the Ozawa slope in Iwate Prefecture, Japan, dalam *Eco- and Ground Bio-Engineering: The Use of Vegetation to Improve Slope Stability (Editors: Stokes, A., Spanos, I., Norris, J.E., & Cammerat, E.)*, Spinger, pages 81-90.
- Nurfaida, Dariati, T., & Yanti, C.W.B., 2011, *Ilmu Tanaman Lanskap*, Universitas Hasanuddin, 159 hal.
- Petrone, A., and Preti, F., 2010, Soil bioengineering for risk mitigation and environmental restoration in a humid tropical area, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, page 239-250
- Prawiradiputra, B.R., 2011, Tanaman Pakan untuk Menunjang Rehabilitasi Peternakan di Lereng Gunung Merapi, *Wartazoa Vol. 21 No. 4*, hal. 171-178

- Preti, F., and Giadrossich, F., 2009, Root reinforcement and slope bioengineering stabilization by Spanish Broom (*Spartium junceum* L.), *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Vol. 13, 1713–1726, 2009
- Sunandar, A., & Kusminingrum, N, 2010, Teknologi rumput Vetiver untuk pengendalian erosi pada lereng jalan guna meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, *Proseding Kolo-kium Jalan dan Jembatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum*, hal. 1-18
- Zakaria, Z., 2000. Peran Identifikasi Longsor dalam Studi Pendahuluan Pemodelan Sistem Starlet untuk Mitigasi Bencana Longsor. *Year Book Mitigasi Bencana 1999, Klp. Mitigasi Bencana, BPPT*, hal. 105 – 123.
- Zakaria, Z., 2004. Stabilisasi dan rancang bangun Lereng Terpadu, Salah Satu Usulan untuk Penanganan Masalah Longsor, *Buku Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia, Dalam: Naryanto, H.S., Prawiradisastra, S., dan Marwanta, B. (eds.) 203 hal, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan - BPPT & Hans Seidel Foundation, Jakarta*, h. 77-91.
- Zakaria, Z., 2010, Model Starlet, suatu usulan untuk mitigasi bencana longsor dengan pendekatan genetica wilayah (Studi Kasus: Longsor Citatah, Padalarang, Jawa Barat), *Jurnal Geologi Indonesia – Indonesian Journal of Geology*, Vol. 5, No. 2, Juni 2010, (ISSN 1907-2953), hal. 93-112



Gambar 1. Bagan pelaksanaan multidisiplin ilmu dalam pemanfaatan Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dalam *bio-engineering*