

# **PERENCANAAN APLIKASI BIOENGINEERING TANAH PADA KAWASAN BEKAS LONGSOR DI DESA CILILIN, KECAMATAN CILILIN, KABUPATEN BANDUNG BARAT, PROVINSI JAWA BARAT**

## **PLANNING OF SOIL BIOENGINEERING APPLICATION IN POST LANDSLIDE AREA IN CILILIN VILLAGE, CILILIN SUB-DISTRICT, WEST BANDUNG REGENCY, WEST JAVA PROVINCE**

**Dyah Nursita Utami<sup>1</sup> dan Akhmadi Puguh Raharjo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perekayasa Pertama pada Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana (PTRRB) - BPPT.

<sup>2</sup>Perekayasa Muda pada Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana (PTRRB) - BPPT.  
Gedung 820 Lantai 1, Komplek Perkantoran PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, Banten 15314.  
e-mail: dyah.nursita@bppt.go.id, akhmadi.puguh@bppt.go.id

### **ABSTRACT**

*Landslides are the third most frequent disaster in Indonesia. One of these landslide events occurred on March 10, 2017, in residential area of Jatiradio, Cililin Village, Cililin Sub-District, West Bandung Regency, West Java Province. Post-incident investigations have produced information regarding the characteristics of the area and recommendations for disaster mitigation. At present, it is known that there are still problems left unsolved in the area that need to be mitigated. The purpose of this study is to identify those unsolved problems at the study site and formulate solutions to the problem using a soil bioengineering approach. Among all the data that need to be collected are the condition of both existing vegetation and subsurface profile on the former landslide slopes at the study site. Data from the observations were then analyzed to produce recommendations regarding the application of soil bioengineering at the study site. From this study, pine trees (*Pinus merkusii*) is recommended to be planted on the slopes and areas around the rock gabions with the spacing of 2 x 3 m. This type of vegetation has fulfilled four pre-determined criteria related to the function of slope protection and groundwater regulation for this particular area and is considered suitable to be applied to the study site.*

**Keywords:** *vegetation profile, land use, regional management, landslide prone area, soil bioengineering*

### **ABSTRAK**

Tanah longsor adalah bencana yang paling sering terjadi ketiga di Indonesia. Salah satu kejadian longsor ini adalah yang terjadi pada 10 Maret 2017 di Kampung Jatiradio, Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Penyelidikan pasca kejadian telah menghasilkan informasi terkait karakteristik lokasi kejadian dan rekomendasi untuk mitigasi bencana. Saat ini diketahui masih ada permasalahan di lapangan yang perlu untuk dimitigasi. Tujuan kajian ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang belum terpecahkan di lokasi kajian dan merumuskan pemecahan terhadap masalah tersebut menggunakan pendekatan bioengineering tanah. Data yang dikumpulkan adalah terkait kondisi vegetasi eksisting dan kondisi bawah permukaan pada lereng bekas longsor di lokasi kajian. Data hasil pengamatan kemudian dianalisis untuk menghasilkan rekomendasi terkait aplikasi bioengineering tanah di lokasi kajian. Dari kajian ini direkomendasikan penggunaan pohon dari jenis Pinus (*Pinus merkusii*) untuk ditanam pada lereng dan area di sekitar bronjong, dengan jarak tanam 2 x 3 m. Jenis pinus telah memenuhi empat kriteria terkait fungsi perlindungan lereng dan pengaturan air tanah yang telah ditetapkan dalam kajian ini dan dirasa cocok untuk diaplikasikan pada lokasi kajian.

**Kata kunci:** *profil vegetasi, tata guna lahan, manajemen kawasan, wilayah rawan longsor, bioengineering tanah.*

## **I. PENDAHULUAN**

## 1.1 Latar Belakang

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. Menurut Data Informasi Bencana Indonesia (BNPB, 2018) yang dikelola oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), pada periode antara tahun 2010 hingga tahun 2018 tercatat telah terjadi 17.076 kejadian bencana di Indonesia. Dari jumlah tersebut tanah longsor tercatat telah terjadi sebanyak 4.140 kali atau sekitar 24,24% dari total kejadian bencana pada periode tersebut. Hal ini membuat tanah longsor menempati urutan ketiga dari segi prevalensi kejadian bencana di bawah banjir (36,58% atau 6.247 kejadian) dan angin puting beliung (29,74% atau 5.079 kejadian).

Dari sumber yang sama diketahui bahwa Provinsi Jawa Barat merupakan Daerah Tingkat I dengan jumlah kejadian tanah longsor paling tinggi ke dua di Indonesia, di bawah Provinsi Jawa Tengah. Dari 4.140 kali kejadian tanah longsor (periode 2010-2018), Provinsi Jawa Barat mencatatkan sebanyak 1.014 kali kejadian atau 24,49% dari seluruh kejadian tanah longsor di Indonesia. Salah satu kejadian tanah longsor yang menjadi fokus dalam kajian ini adalah yang terjadi di Kampung Jatiradio, Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat pada tanggal 10 Maret 2017.

Hasil penyelidikan kondisi lapangan pasca kejadian tanah longsor tersebut (PVMBG, 2017) telah menghasilkan informasi terkait karakteristik area yang terdampak, jenis gerakan tanah yang terjadi, dan rekomendasi untuk mitigasi bencana longsor (Tabel 1). Sesuai amanat Undang-Undang No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, mitigasi bencana merupakan salah satu bentuk implementasi dari penyelenggaraan penanggulangan bencana pada situasi dimana terdapat potensi terjadinya bencana (Republik Indonesia, 2007). Mitigasi bencana dalam kasus ini dilakukan untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang berada pada kawasan rawan bencana tanah longsor.

Dari seluruh rekomendasi yang diberikan oleh PVMBG (2017) tersebut, beberapa diantaranya sudah diterapkan di lokasi tanah longsor tersebut yakni telah dibuatnya tiga baris bronjong di batas atas permukiman, telah dibuatnya saluran drainase di bagian bawah alur sungai kecil yang muncul akibat longsor dan, yang terbaru, telah dipasangnya sistem peringatan dini longsor

berbasis curah hujan dan deteksi perubahan muka air tanah pada tahun 2018. Sementara itu, rekomendasi yang belum dijalankan adalah terkait tata guna lahan pada lereng bekas longsor yang hingga saat ini masih berupa kebun campuran.

Rekomendasi yang belum dikerjakan tersebut dapat dianggap sebagai sebuah permasalahan yang masih tertinggal, mengingat bahwa kejadian longsor pada tahun 2017 terjadi karena adanya perubahan tata guna lahan dari yang sebelumnya didominasi oleh tanaman keras menjadi didominasi oleh tanaman musiman dan semak belukar. Diperlukan suatu bentuk pendekatan mitigasi struktural yang memanfaatkan peran tanaman keras untuk diaplikasikan pada area rawan tanah longsor tersebut.

Dari berbagai pendekatan mitigasi bencana tanah longsor secara struktural di dunia, dua bentuk pendekatan yakni stabilisasi bioteknik (*biotechnical stabilization*) dan *bioengineering* tanah (*soil bioengineering*), yang keduanya sama-sama menggunakan elemen biologis (vegetasi) di dalam aplikasinya, dapat menjadi alternatif dalam menata lereng bekas longsor tersebut. Meski demikian, pendekatan *bioengineering* tanah dirasa lebih memungkinkan untuk diaplikasikan pada kajian ini, berkaca pada perbedaan yang cukup mendasar di antara kedua pendekatan tersebut.

Pendekatan stabilisasi bioteknik lebih menekankan pada integrasi dan sinergi di antara elemen biologis (vegetasi) dan elemen mekanis (struktural) dalam menyediakan perlindungan kepada lereng. Sementara itu, di sisi lain, pendekatan *bioengineering* tanah, yang dapat dianggap sebagai area terspesialisasi dalam stabilisasi bioteknik, memanfaatkan sistem perakaran dan batang vegetasi sebagai elemen struktural dan mekanikal utama dalam sistem perlindungan lereng (Gray and Sotir, 1996).

Aplikasi pendekatan *bioengineering* tanah di lokasi kajian sebenarnya telah dilakukan pasca kejadian longsor tahun 2017, dengan penanaman tanaman bambu pada beberapa titik di lereng bekas longsor tersebut. Namun saat ini tidak ada satu pun dari tanaman bambu tersebut yang dijumpai hidup di lapangan. Hal tersebut sebenarnya tidak mengejutkan karena pemilihan vegetasi yang sesuai dengan karakteristik daerah yang rawan bencana tanah longsor selalu menjadi tantangan tersendiri (Stokes, 2006; De Baets et al., 2009; Ghestem et al., 2014).

Tabel 1. Ikhtisar Aspek Penting dari Kejadian Longsor di Lokasi Kajian pada Tanggal 10 Maret 2017

Aspek Penting	Detail
Morfologi	Lokasi yang terletak di kaki lereng Gunung Gegerpulus merupakan lereng perbukitan bergelombang kuat dengan kemiringan lereng di atas 30°.
Geologi	Batuan dasar berupa andesit massif dan blok andesit lepas-lepas di atas batuan dasar. Tanah pelapukan, yang berupa pasir lempungan, menumpang di atas lava andesit.
Hidrologi	Rembesan air muncul pada batas antara tanah pelapukan dan lava andesit serta pada lava andesit yang terkekarkan. Selama ini pemenuhan kebutuhan air sehari-hari masyarakat bersumber dari mata air tersebut.
Tata guna lahan	Lereng bagian atas berupa semak belukar dan kebun campuran, sedangkan bagian bawah lereng berupa pemukiman padat.
Zona kerentanan gerakan tanah	Berdasarkan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Kabupaten Bandung Barat, lokasi bencana terletak pada zona kerentanan gerakan tanah menengah dan tinggi.
Jenis gerakan tanah	Longsoran ( <i>slide</i> ) yang berubah menjadi aliran ( <i>flow slide</i> ). Arah longsoran relatif ke timur. Lebar mahkota longsoran 14 meter, panjang longsoran 23 m, panjang landaan atau material gerakan tanah mencapai 149 m, dengan kelerengan 32°- 40°.
Rekomendasi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Untuk melindungi pemukiman sebaiknya dibuat Cek Dam pada bagian atas pemukiman (minimal 3 Cek Dam) atau dibuat Bronjong (minimal 3 Baris).</li><li>• Membuat saluran air atau saluran drainase mengingat saluran yang ada saat ini sangat kecil dan alur sungai kecil muncul akibat longsoran tersebut.</li><li>• Saluran tersebut lurus melewati rumah yang rusak kemudian dibelokan pada morfologi yang relatif datar. Jika saluran dibelokan di bagian atas pemukiman dikhawatirkan akan terjadi <i>overflow</i>.</li><li>• Tata guna lahan diubah menjadi tanaman keras berakar kuat dan dalam.</li><li>• Memasang Sistem Peringatan Dini Longsor berbasis curah hujan sebagai upaya antisipasi dini dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat.</li><li>• Jika muncul retakan segera ditutup dengan tanah agar air tidak masuk ke dalam retakan. Jika retakan bertambah lebar dan muncul rembesan-rembesan air dan lumpur, segera mengungsi.</li></ul>

Sumber: PVMBG (2017)

Hal yang dibutuhkan dalam perencanaan aplikasi pendekatan *bioengineering* tanah adalah kerangka ilmiah yang terstruktur, yang sedikitnya memiliki dua tahapan. Tahapan pertama dalam kerangka ilmiah tersebut adalah penyelidikan permasalahan yang ada di lokasi kajian, yakni terkait tata guna lahan pada lereng bekas longsor dan terkait kondisi bawah permukaan lereng bekas longsor beserta tiga buah bronjong yang ada. Tahapan selanjutnya adalah formulasi pemecahan masalah yang ada melalui pendekatan *bioengineering* tanah.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan kajian ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan yang belum terpecahkan pada lahan bekas longsor di lokasi kajian dan merumuskan pemecahan terhadap masalah tersebut menggunakan pendekatan *bioengineering* tanah.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Bahan

Objek utama yang menjadi bahan dalam kajian ini adalah kesatuan ekologis pada lereng bekas longsor dan area di sekitarnya di lokasi kajian. Alat-alat yang digunakan dalam pengumpulan data di lapangan antara lain: lembar pengamatan, alat tulis, meteran gulung 50 m, *laser rangefinder*, GPS, dan kamera.

### 2.2. Metode

#### 2.2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi kajian berada di sekitar area yang terdampak longsor pada tanggal 10 Maret 2017, yakni di RT 2 RW 12, Kampung Jatiradio, Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis lokasi kajian berada pada posisi koordinat antara 6° 57' 20,79" LS hingga 6° 57' 21,71" LS dan antara 107° 27' 23,49" BT hingga 107° 27' 26,16" BT. Penelitian dilakukan pada November 2018 hingga Januari 2019.

#### 2.2.2. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data kondisi vegetasi eksisting dilakukan menggunakan metode

pengamatan secara langsung di lapangan dengan mengikuti transek yang dibuat memotong kontur, dari batas antara permukiman dan kaki longsor hingga mendekati mahkota longsor (orientasi barat - timur). Obyek yang diamati meliputi jenis vegetasi, tinggi vegetasi dan posisi relatif dalam transek tersebut.

Data kondisi bawah permukaan pada lereng bekas longsor (Gambar 2) didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan geolistrik pada transek yang sama, yang merupakan hasil dari kegiatan *Work Package* (WP) 1 dari *Work Breakdown Structure* (WBS) 1, Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana Tahun 2018 (PTRRB, 2018).

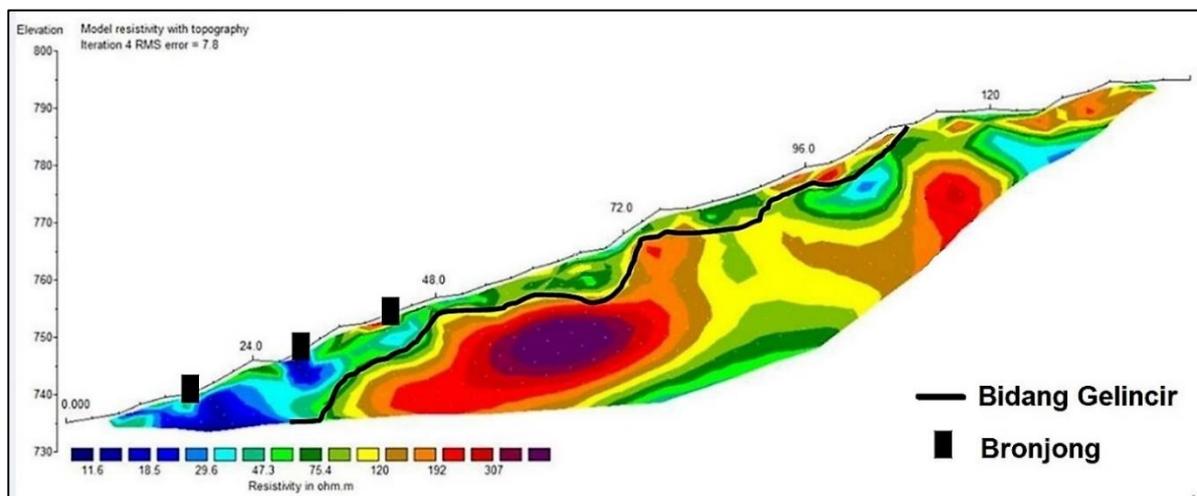
### 2.2.3. Metode Analisis Data

Data hasil pengamatan kondisi vegetasi di lapangan kemudian diolah menjadi profil vegetasi eksisting menggunakan perangkat lunak pengolah gambar di komputer. Analisis data meliputi penilaian kesesuaian dari jenis

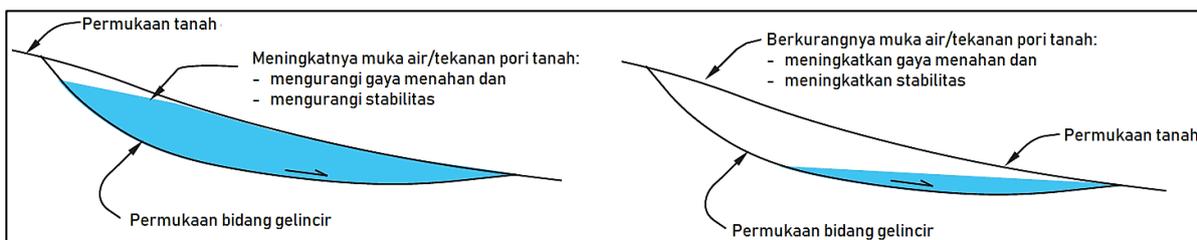
vegetasi yang ada saat ini dengan lokasi kajian dan dengan fungsi perlindungan lereng yang diharapkan.

Hasil profil bawah permukaan yang didapatkan melalui pengukuran menggunakan geolistrik digunakan sebagai dasar untuk menentukan area yang memerlukan aplikasi pendekatan *bioengineering* tanah. Analisis data meliputi identifikasi area yang diduga memiliki kerawanan tinggi terhadap longsor, dilihat dari konsentrasi air tanahnya, dan rekomendasi mitigasinya (Gambar 3).

Rekomendasi akhir untuk mendukung aplikasi pendekatan *bioengineering* tanah pada lokasi kajian dilakukan dengan mempertimbangkan jenis vegetasi yang cocok untuk diaplikasikan pada lereng bekas longsor dan area di sekitar bronjong. Rekomendasi tersebut juga mempertimbangkan vegetasi yang memiliki karakteristik yang mendukung fungsi perlindungan lereng.



Gambar 2. Profil Bawah Permukaan pada Lereng Bekas Longsor di Kampung Jatiradio (PTRRB, 2018).



Gambar 3. Hubungan Stabilitas Lereng dengan Tingkat Muka Air Tanah (Highland dan Bobrowsky, 2008).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

#### 3.1.1. Profil Vegetasi Eksisting

Dari hasil pengamatan di lapangan didapatkan data jenis vegetasi pada lereng bekas longsor, yang kemudian diolah menjadi

profil vegetasi seperti disajikan pada Gambar 4. Dalam tipe penggunaan lahan berupa kebun campur tersebut, jenis tanaman budidaya seperti ketela (*Manihot esculenta*), Pisang (*Musa paradisiaca*) dan Pepaya (*Carica papaya*) tumbuh bersama-sama dengan tanaman keras dari jenis Jati Putih

(*Gmelina arborea*), Minda (*Melia azedarach*), Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan lain sebagainya. Jenis dan jumlah pohon yang ditemukan di lapangan, beserta rentang tinggi dari tiap jenis disajikan pada Tabel 2.

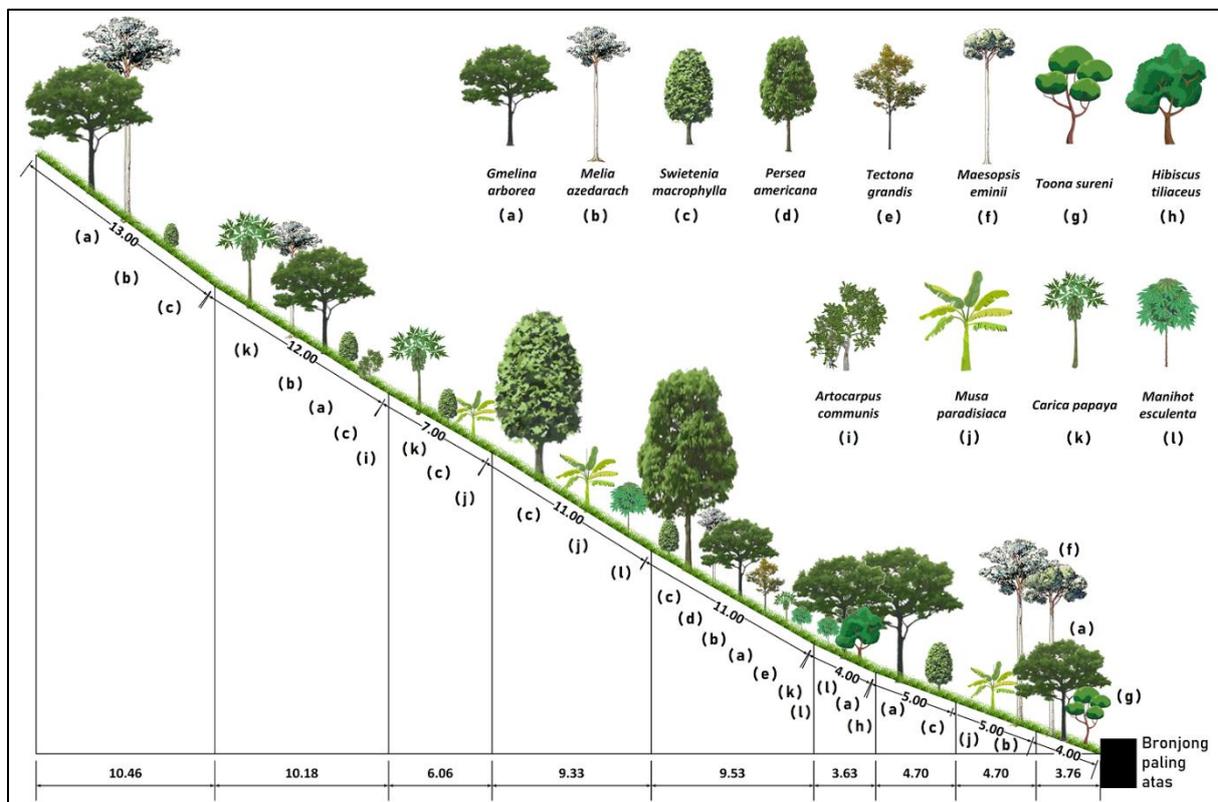
Sebagian besar area lereng tersebut merupakan area terbuka dengan tutupan tajuk pepohonan terkonsentrasi pada sisi lereng sebelah utara dan kaki lereng sebelah timur (dekat dengan bronjong paling atas). Sisa-sisa vegetasi dari penggunaan lahan sebelum longsor (sebelum pembukaan lahan) dapat dilihat dari pohon-pohon tertinggi di lapangan seperti mindi, alpukat, mahoni dan manesta.

Tabel 2. Jenis dan Jumlah Pohon Eksisting yang Dijumpai pada Lereng Bekas Longsor.

Nama Pohon	$\Sigma$	Tinggi min (m)	Tinggi maks (m)
Jati Putih ( <i>Gmelina arborea</i> )	7	5	7,9

Mahoni ( <i>Swietenia macrophylla</i> )	7	1,8	10,2
Minda ( <i>Melia azedarach</i> )	4	4,6	15
Waru ( <i>Hibiscus tiliaceus</i> )	2	3,3	3,5
Manesta ( <i>Maesopsis eminii</i> )	1	9,9	9,9
Alpukat ( <i>Persea americana</i> )	1	11,8	11,8
Suren ( <i>Toona sureni</i> )	1	4	4
Sukun ( <i>Artocarpus communis</i> )	1	1,8	1,8
Jati ( <i>Tectona grandis</i> )	1	3,4	3,4

Sumber: Pengamatan Lapangan (2018)



Gambar 4. Profil Vegetasi Eksisting pada Lereng Bekas Longsor di Kampung Jatiradio, Desa Cililin (Sumber: Pengolahan Data, 2018).

### 3.1.2. Profil Bawah Permukaan Eksisting

Dari profil bawah permukaan lereng yang disajikan pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa konsentrasi air tanah yang paling tinggi

berada pada area di sekitar bronjong, khususnya antara bronjong tengah dan bronjong paling bawah. Seperti diilustrasikan oleh Gambar 3, tingginya muka air tanah

pada area rawan longsor akan mengurangi gaya menahan lereng terhadap longsor dan berakibat pada berkurangnya stabilitas lereng. Hal tersebut perlu mendapat perhatian dan sesegera mungkin dimitigasi untuk mencegah kegagalan pondasi bronjong, yang umumnya sering terjadi pada pondasi yHighlandang tersaturasi oleh air tanah (Highland and Bobrowsky, 2008), yang kemudian dapat menjadi ancaman longsor baru yang mengancam permukiman di bawahnya.

### 3.2. Pembahasan

#### 3.2.1. Penetapan Kriteria Pemilihan Vegetasi

Dua permasalahan yang membutuhkan pemecahan dalam kajian ini adalah terkait perlunya perubahan komposisi vegetasi dari yang ditemukan pada saat ini di lapangan dan terkait perlunya pemilihan jenis vegetasi yang mampu mengatasi masalah tingginya konsentrasi air tanah pada area di sekitar bronjong.

Untuk menjawab permasalahan pertama, aplikasi pendekatan *bioengineering* tanah dapat difokuskan pada meningkatkan jumlah tanaman keras pada lereng bekas longsor di lokasi kajian. Menurut Steinacher et al. (2009), penambahan vegetasi berkayu akan mempengaruhi aspek hidrologi dari lereng secara positif. Perubahan yang diharapkan diantaranya adalah berkurangnya erosi, semakin meningkatnya air hujan yang ditangkap pada tajuk tanaman, berkurangnya tekanan pori tanah dan meningkatnya penggunaan air tanah.

Lebih lanjut, menurut Forbes dan Broadhead (2011), karakteristik dari vegetasi yang telah terbukti efektif dalam mengendalikan erosi dan merehabilitasi area pasca longsor, dalam urutan derajat kepentingannya adalah sebagai berikut:

1. Memiliki tingkat kelangsungan hidup dan pertumbuhan yang baik pada lahan marginal;
2. Kemampuan untuk menghasilkan serasah dalam jumlah yang banyak;
3. Sistem perakaran yang kuat, dalam dan tersebar luas dengan akar serabut yang rapat;
4. Kapasitas untuk membentuk tajuk yang lebat sepanjang tahun;
5. Mudah untuk ditanam dan membutuhkan perawatan yang minimum;
6. Tahan terhadap serangan, penyakit, kemarau dan penggembalaan hewan ternak;

7. Kapasitas yang baik untuk memperbaiki kondisi tanah, seperti melalui fiksasi nitrogen dalam sistem perakaran;
8. Menghasilkan pemasukan secara ekonomi dalam waktu yang tidak lama sejak ditanam;
9. Tidak mengandung substansi beracun baik dalam serasah maupun dalam residu akar; dan
10. Bukan merupakan spesies invasif.

Sementara itu, untuk menjawab permasalahan kedua diperlukan jenis vegetasi yang memiliki kapasitas evapotranspirasi yang tinggi sehingga diharapkan mampu mengatasi masalah konsentrasi air tanah pada area di sekitar bronjong.

Mengingat sulitnya untuk mencari jenis vegetasi yang memenuhi sepuluh karakteristik yang telah disebutkan sebelumnya dan demi menjamin kemudahan aplikasi di lapangan, maka ditetapkan jenis vegetasi yang akan direkomendasikan untuk kedua permasalahan yang ada adalah dari jenis yang sama. Kriteria utama yang digunakan untuk pemilihan jenis vegetasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Memiliki sistem perakaran yang kuat dan mampu meningkatkan kestabilan lereng;
2. Memiliki laju evapotranspirasi yang tinggi;
3. Mampu tumbuh dengan baik pada elevasi di lokasi kajian; dan
4. Mampu tumbuh dengan baik pada lahan marginal dan memiliki ketahanan fisiologis yang baik.

#### 3.2.2. Proses Pemilihan Jenis Vegetasi

Untuk kriteria pertama, diperlukan vegetasi dengan sistem perakaran yang kuat dan merupakan kombinasi antara akar tunjang yang dalam dan akar lateral yang rapat. Menurut Ali (2010), pola pertumbuhan perakaran pada pohon dari jenis lamtoro (*Leucaena leucocephala*) merupakan kombinasi antara perakaran lateral (horisontal) dan akar tunjang (vertikal) sehingga dapat memberikan perlindungan yang lebih optimal terhadap tanah longsor bila dibandingkan dengan jenis tanaman lain dalam studi tersebut.

Lebih lanjut, menurut sumber yang sama, lamtoro diketahui memiliki kekuatan menahan longsor yang paling tinggi bila dibandingkan dengan spesies pohon lain yang diteliti dalam studi tersebut. Jenis ini juga telah dinyatakan cocok untuk digunakan sebagai penstabil lereng dan memiliki ketahanan yang baik

terhadap kemasaman lahan dan toksisitas aluminium (Forbes and Broadhead, 2011). Hal ini menjadikan lamtoro sejauh ini sudah memenuhi dua dari empat kriteria yang ada (kriteria 1 dan 4)

Untuk kriteria kedua, Soemarwono (1988) dalam Gunawan (2017) mencatat bahwa laju evapotranspirasi dari jenis lamtoro bervariasi antara 3.000 mm/tahun (dataran rendah kering) dan 4.673 mm/tahun (daerah dengan curah hujan tinggi), yang merupakan hasil tertinggi di antara jenis tumbuhan lain yang diukur pada studi yang sama. Hal ini menjadikan lamtoro sejauh ini sudah memenuhi tiga dari empat kriteria yang ada (kriteria 1, 2 dan 4).

Namun disayangkan lamtoro tidak dapat memenuhi kriteria ketiga. Menurut Riyanto (2016), jenis lamtoro ternyata tidak cocok untuk elevasi pada lokasi kajian yang berkisar di antara 740 hingga 790 meter di atas permukaan laut (Gambar 2). Menurut sumber yang sama, batas elevasi untuk jenis lamtoro adalah hingga 500 meter di atas permukaan laut. Pada elevasi di atas batas tersebut pertumbuhan lamtoro akan kurang optimal, karena jenis tersebut tidak toleran terhadap suhu pada elevasi di atas 500 meter di atas permukaan laut. Pohon lamtoro juga rentan terserang hama dan penyakit apabila kondisi pertumbuhannya kurang baik.

### 3.2.3. Proses Pemilihan Jenis Vegetasi Alternatif

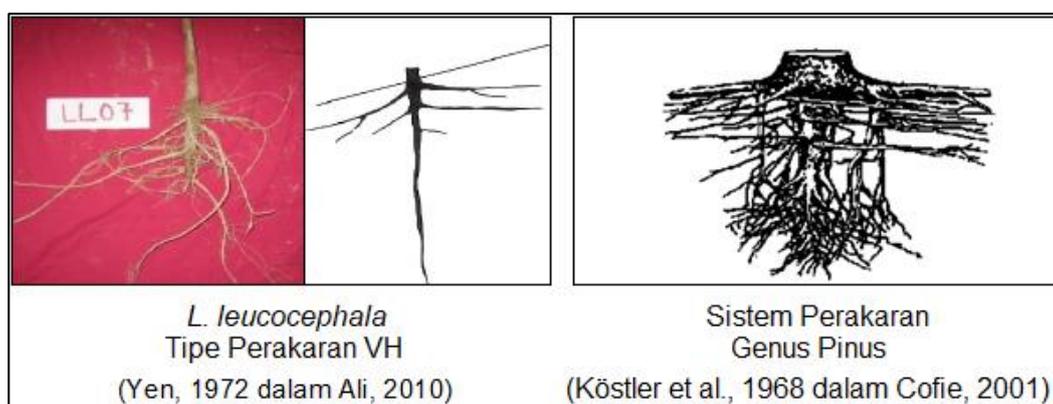
Sebagai alternatif dari jenis lamtoro di atas, pohon dari jenis pinus (*Pinus merkusii*) diusulkan sebagai jenis vegetasi yang akan diaplikasikan pada lokasi kajian. Hal pertama yang melandasi pilihan ini adalah dipenuhinya kriteria pertama, yakni memiliki sistem perakaran yang sesuai. Apabila dilihat dari sistem perakarannya, pinus diketahui

memiliki tipe perakaran yang tidak jauh berbeda dengan perakaran lamtoro (Gambar 5). Kemiripan dari segi struktur ini besar kemungkinan akan menghasilkan fungsi perlindungan yang juga serupa.

Menurut Indrajaya dan Handayani (2008) aspek ekologi paling penting dari jenis pinus adalah sebagai pengendali tanah longsor pada kawasan berlereng. Mekanisme pengendalian ini, diantaranya adalah (1) melalui pengurangan jumlah curah hujan netto yang jatuh ke permukaan tanah karena tingginya intersepsi oleh tajuk pinus; (2) melalui perkuatan lereng akibat perakaran pinus yang panjang dan dalam; (3) melalui pengurangan gaya beban oleh air tanah melalui laju evapotranspirasi pinus yang tinggi; dan (4) melalui sifat pionir pinus sehingga mampu menumbuhkan akar lebih cepat sehingga mampu mengikat tanah lebih kuat.

Terkait kriteria kedua, yakni laju evapotranspirasi yang tinggi, diketahui bahwa pohon pinus memiliki laju evapotranspirasi sebesar 64,5% dari total curah hujan tahunan (Pudjiharta, 1986). Hasil ini tercatat lebih tinggi dari pohon mahoni (57,7%) dan pohon *Eucalyptus urophylla* (36,9%) yang sama-sama diteliti pada penelitian yang sama.

Pada kriteria ketiga, menurut Sallata (2013), pinus akan tumbuh optimal pada elevasi di atas 400 meter dan di bawah 2.000 meter di atas permukaan laut. Pada lokasi di bawah 400 meter di atas permukaan laut, pertumbuhan pinus tidak akan optimal karena temperatur udara yang terlalu tinggi. Sementara pada tempat tumbuh yang berada di atas 2.000 meter di atas permukaan laut, maka pertumbuhan pinus juga tidak akan optimal karena proses fotosintesa akan terhambat.



Gambar 5. Perbandingan Tipe Perakaran dari *L. leucocephala* dan Genus Pinus.

Untuk kriteria terakhir, pinus telah dikenal sebagai jenis yang banyak ditanam untuk kegiatan reboisasi karena ketersediaan benihnya yang melimpah dan laju pertumbuhannya yang cepat, bahkan pada lahan yang diketahui marginal (Sallata, 2013). Lebih lanjut spesies yang umumnya memiliki ketahanan fisiologis yang baik biasanya berasal dari genus *Acacia*, *Eucalyptus* dan *Pinus* (Forbes and Broadhead, 2011). Dengan demikian keempat kriteria sudah dipenuhi oleh jenis pinus untuk dapat diaplikasikan pada lokasi kajian melalui pendekatan *bioengineering* tanah.

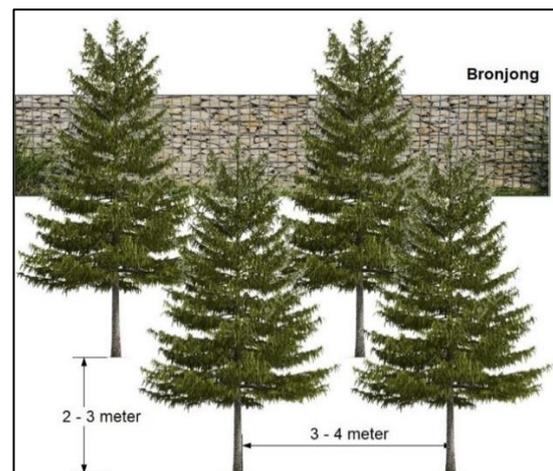
### 3.2.4. Perencanaan Aplikasi Pendekatan *Bioengineering* Tanah

Sebagai bentuk aplikasi pendekatan *bioengineering* tanah, diusulkan penanaman jenis pohon pinus pada area lereng tersebut sebagai pengganti jenis tanaman budidaya yang ada saat ini. Penanaman pinus pada daerah rawan longsor sebaiknya dilakukan searah kontur dengan jarak tanam yang rapat (Indrajaya dan Handayani, 2008). Kerapatan jarak antar pohon pinus dimaksudkan untuk menghasilkan sistem perakaran yang rapat dan meningkatkan evapotranspirasi. Pada Gambar 6 disajikan profil vegetasi dengan jenis pinus sebagai pengganti tanaman budidaya yang ada pada saat ini.

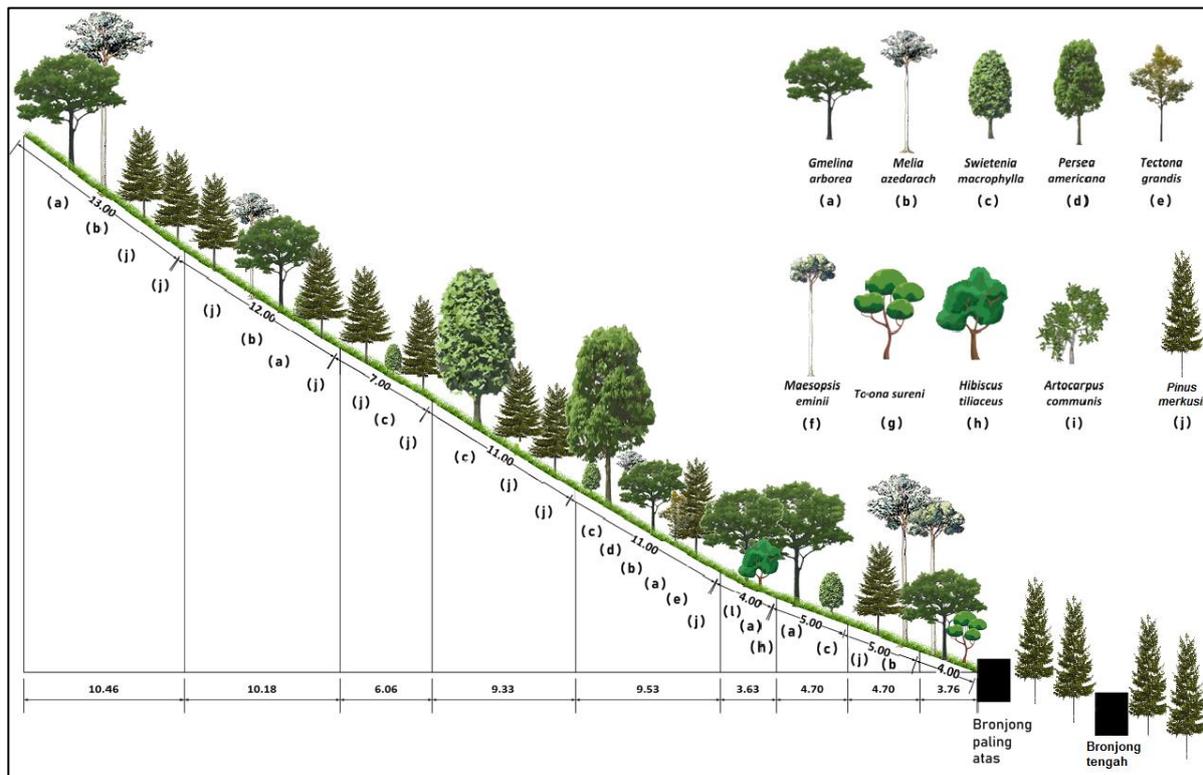
Dikarenakan belum adanya hasil penelitian terkait jarak tanam pinus yang

optimal untuk keperluan pengendalian tanah longsor, maka dapat dipilih jarak tanam pada interval antara 2 hingga 3 meter antar lajur dan antara 3 hingga 4 meter antar pohon (2x3 meter hingga 3x4 meter). Semakin rapat jarak penanaman maka sistem perakaran akan semakin intensif (Gambar 7).

Tanaman pinus juga akan ditanam pada area diantara bronjong, sebagai pengurang kadar air yang diketahui banyak terdapat pada bawah permukaan area tersebut. Pada Gambar 8 disajikan konfigurasi penanaman pinus pada area di antara bronjong. Pola penanaman ini telah mempertimbangkan kesediaan lahan yang ada.



Gambar 7. Jarak Tanam Antar Pohon Pinus.



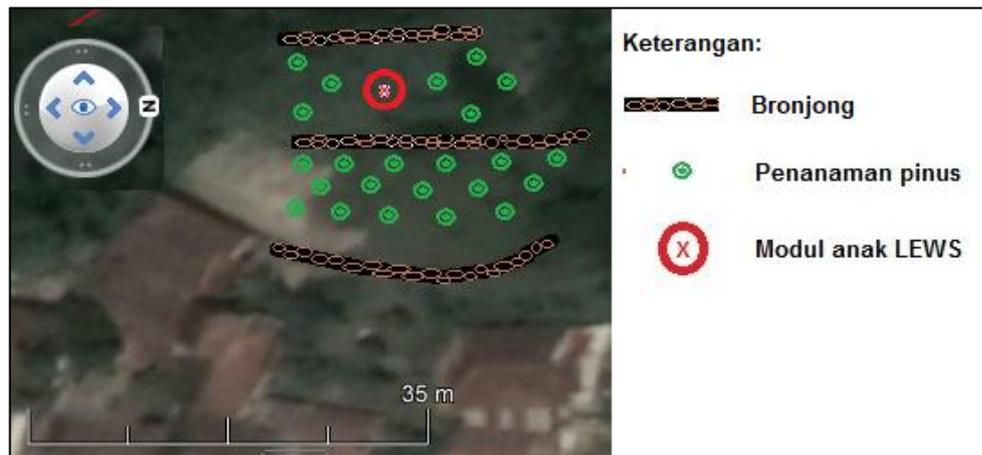
Gambar 6. Komposisi Vegetasi yang Diusulkan pada Area Lereng di Atas Bronjong.

Hal yang perlu mendapat perhatian pada saat melakukan penanaman pada lereng adalah memastikan kedalaman tanah pada lereng yang akan ditanami cukup dalam untuk menghindari pembebanan lereng di luar kapasitas yang diperbolehkan. Menurut Steinacher et al. (2009), pada tanah yang dangkal, beban berat dari pohon akan memberikan efek negatif kepada kestabilan lereng. Semakin dangkal tanah pada bidang gelincir, semakin besar pengaruh beban pohon terhadap kestabilan lereng.

Hal lain yang perlu mendapat perhatian adalah jadwal penanaman. Waktu terbaik untuk penanaman umumnya pada awal musim hujan, ketika hujan sudah cukup rutin. Pengadaan bibit pinus dapat dilakukan dengan menghubungi pihak perhutani terdekat, mengingat perbukitan di sekitar lokasi kajian merupakan tegakan pinus perhutani.

Seiring waktu, setelah penanaman, peran tegakan pinus terhadap erosi tanah dan aliran permukaan akan menjadi semakin dominan. Hal ini dikarenakan pinus mampu menghasilkan serasah dalam jumlah banyak dimana guguran daun pinus terkenal lambat untuk terurai sehingga dapat melindungi permukaan lahan dari pukulan langsung air hujan ataupun aliran permukaan (Sallata, 2013).

Dalam jangka panjang, pinus juga akan menghasilkan keuntungan dari sisi ekonomi, di luar fungsi ekologisnya yang beragam. Hal ini disebabkan karena pinus merupakan pohon penghasil gondorukem yang digunakan dalam industri cat dan terpentin. Penghasilan dari hasil penyadap getah pinus diharapkan dapat menjadi insentif bagi pemilik lahan untuk tetap mempertahankan tegakan pinus pada lereng rawan longsor di lokasi kajian (Sallata, 2013).



Gambar 8. Tampak Atas Rencana Penanaman Pinus pada Area di Sekitar Bronjong.

#### IV. KESIMPULAN

Permasalahan yang dijumpai pada lokasi kajian adalah kurangnya tutupan tanaman keras pada lereng bekas longsor dan ditemukannya konsentrasi air tanah yang tinggi pada area di sekitar bronjong. Rekomendasi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan jenis pinus sebagai jenis yang tepat untuk ditanam pada lereng bekas longsor dan pada area di sekitar bronjong dengan jarak tanam yang disarankan adalah 2 x 3 m.

#### PERSANTUNAN

Penelitian ini merupakan kegiatan dari Program DIPA Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana Tahun Anggaran 2018. Penulis berterima kasih kepada Ir. Heru Sri Naryanto, M.Sc dan Ir. Hasmana Soewandita, MS atas bimbingan, bantuan dan kerjasamanya selama proses penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F. 2010. Use of Vegetation for Slope Protection: Root Mechanical Properties of Some Tropical Plants. *International Journal of Physical Sciences*, 5(5): 496-506.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2018. Data Informasi Bencana Indonesia. Versi 3.20. [terhubung berkala]. <http://dibi.bnpb.go.id> [12 Desember 2018].
- Cofie, P. 2001. Mechanical Properties of Tree Roots For Soil Reinforcement Models. Doctoral Thesis, Wageningen University, The Netherlands. 165p. [terhubung berkala]. <http://edepot.wur.nl/195232> [16 Desember 2018].

- De Baets, S., J. Poesen, B. Reubens, B. Muys, J. de Baerdemaeker and J. Meersmans. 2009. Methodological Framework to Select Plant Species for Controlling Rill and Gully Erosion: Application to a Mediterranean Ecosystem. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(10): 1374-1392.
- Forbes, K. and J. Broadhead. 2011. Forests and Landslides: The Role of Trees and Forests in The Prevention of Landslides and Rehabilitation of Landslide-Affected Areas in Asia. Food and Agriculture Organization of the United Nations – Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok. 42p.
- Ghestem, M., K. Cao, W. Ma, N. Rowe, R. Leclerc, C. Gadenne and A. Stokes. 2014. A Framework for Identifying Plant Species to Be Used as 'Ecological Engineers' for Fixing Soil on Unstable Slopes. *PLoS ONE*, 9(8): e95876.
- Gray, D.H. and R.B. Sotir. 1996. *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide For Erosion Control*. John Wiley & Sons. New York. 378p.
- Gunawan, R. 2017, 13 Juni. Makalah Intersepsi dan Evapotranspirasi. [terhubung berkala] [http://romadhonigunawangeoulm.blogspot.com/2017/06/makalah-intersepsi-dan-evapotranspirasi\\_94.html](http://romadhonigunawangeoulm.blogspot.com/2017/06/makalah-intersepsi-dan-evapotranspirasi_94.html) [24 Januari 2019].
- Highland, L.M. and P. Bobrowsky. 2008. *The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides*. U.S.G.S. Circular 1325. Virginia. 129 p.
- Indrajaya, Y. dan W. Handayani. 2008. Potensi Hutan Pinus merkusii Jungh et de Vriese Sebagai Pengendali Tanah

- Longsor di Jawa. *Info Hutan*, 5(3): 231-240.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2007. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 22/PRT/M/2007 Tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta
- Pudjiharta, A., 1986. Respon dari Beberapa Jenis Pohon dalam Pengawetan Air di Ciwidey, Bandung Selatan. *Buletin Penelitian Hutan*. 472, 41-57.
- Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana (PTRRB). 2018. Laporan Pengukuran Kondisi Bawah Permukaan di Kampung Jatiradio, Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Laporan Internal tidak dipublikasikan.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). 2017, 29 Maret. Laporan Singkat Pemeriksaan Gerakan Tanah di Desa Cililin, Kecamatan Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. [terhubung berkala] <http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gerakan-tanah/kejadian-gerakan-tanah/1504-laporan-singkat-pemeriksaan-gerakan-tanah-di-desa-cililin-kecamatan-cililin-kabupaten-bandung-barat-provinsi-jawa-barat> [14 Januari 2019].
- Republik Indonesia. 2007. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Lembaran Negara RI Tahun 2007, Nomor 66. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Riyanto, H.D., 2016. *Rekayasa Vegetatif Untuk Mengurangi Risiko Longsor*. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai - Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Surakarta. 24p.
- Sallata, M.K., 2013. Pinus (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) dan Keberadaannya di Kabupaten Tana Toraja, Sulawesi Selatan. *Info Teknis EBONI*, 10(2): 85-98.
- Steinacher, R., G. Medicus, W. Fellin and C. Zangerl. 2009. The Influence of Deforestation on Slope (In-) Stability. *Austrian Journal of Earth Science*, 102(2): 90-99.
- Stokes, A., 2006. Selecting Tree Species for Use in Rockfall-Protection Forests. *Forest Snow and Landscape Research*, 80(1): 77-86.