POTENSI HUTAN *Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese SEBAGAI PENGENDALI TANAH LONGSOR DI JAWA (*Potency of Merkus Pine (*Pinus merkusii Jungh. et de Vriese*) Forest as Landslide Control in Java*)*)

Oleh/*By*:
Yonky Indrajaya dan/*and* Wuri Handayani

Balai Penelitian Kehutanan Ciamis
Jl. Raya Ciamis-Banjar Km. 4 PO. BOX. 5 Ciamis 46201 Telp. (0265) 771352, Fax (0265) 775866
[1]e-mail : yonky_bandung@yahoo.com [2]e-mail : wurihandayani2004@yahoo.com

*) Diterima : 15 April 2008; Disetujui : 28 November 2008

ABSTRACT

Merkus pine (Pinus merkusii Jungh. et de Vriese) *forest was developed in Dutch colonial era and has been established as plant for reforestation in Indonesia, particularly in Java Islands. Due to its genetic properties, pine can grow in many different places. Besides, pine forest does not only produce wood for some purposes, but also produces resin as a material for many products. This paper aimed at elaborating the potency of pine forest for landslide control in Java and some strategies in developing pine forest as landslide control. Pine genetically has potency as landslide control, such as: high interception rate, deep root, high evapotranspiration rate, soil holder, and soil arching. Several steps in developing pine forest as landslide control are: environmental manipulation to stimulate root growth, pine improvement, management of plant spacing, and distribution of age class.*

Keywords: Interception, evapotranspiration

ABSTRAK

Hutan pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese) telah dibangun sejak jaman pemerintahan kolonial Belanda sebagai tanaman reboisasi terutama di Pulau Jawa. Karena sifat-sifat genetisnya, pinus dapat tumbuh di banyak tempat. Selain itu, hutan pinus tidak hanya memproduksi kayu tetapi juga penghasil getah sebagai bahan baku banyak produk. Tulisan ini bertujuan untuk menguraikan potensi pinus sebagai pengendali tanah longsor di Jawa dan beberapa langkah yang dapat diambil dalam membangun hutan pinus untuk tujuan pengendalian longsor. Pinus secara genetis memiliki potensi sebagai pengendali tanah longsor, karena memiliki intersepsi yang tinggi, perakaran yang dalam, evapotranspirasi yang tinggi, mengikat tanah, dan mengangker tanah. Beberapa langkah yang dapat diambil dalam membangun hutan pinus untuk tujuan pengendalian tanah longsor adalah: manipulasi kondisi lingkungan untuk pertumbuhan akar, pemuliaan pohon pinus, pengaturan jarak tanam, dan distribusi umur tegakan.

Kata kunci: Hutan pinus, pengendalian, tanah longsor, intersepsi, evapotranspirasi

I. PENDAHULUAN

Pohon pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese) telah lama ditanam di berbagai tempat di Indonesia sebagai tanaman reboisasi. Sebagai tanaman pionir yang dapat tumbuh di berbagai kondisi dan produk utamanya sebagai penghasil getah, pinus banyak ditanam oleh Perum Perhutani di Pulau Jawa. Hutan pinus yang telah banyak dikembangkan di Pulau Jawa sejak jaman pemerintahan kolonial Belanda ini, ternyata telah menimbulkan kontroversi di masyarakat akan peranannya sebagai pengatur tata air.

Pendapat pertama mengatakan bahwa pinus telah menyebabkan kekeringan di musim kemarau karena pinus mengonsumsi banyak air. Sementara pendapat kedua mengatakan pinus dapat menyimpan air di musim penghujan dan mengalirkannya di musim kemarau. Oleh karena itu Pujiharta (2005) menyarankan agar pinus ditanam pada daerah dengan

curah hujan di atas 3.000 mm/tahun sehingga tidak perlu dikhawatirkan terjadi kekeringan atau kehilangan ketersediaan air tanah pada musim kemarau akibat konsumsi air yang tinggi oleh pinus.

Tulisan ini menguraikan peranan hutan pinus dalam pengendalian fenomena tanah longsor secara vegetatif. Pinus secara genetis memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai tanaman pengendali tanah longsor karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain: perakaran yang dalam, intersepsi dan evapotranspirasi yang tinggi, pohonnya tidak terlalu berat atau ringan, dan produk utama yang bukan berupa kayu (Daniel *et al*., 1995 dan Pudjiharta, 2005).

Sukresno (2007) mencatat banyaknya sebaran kejadian tanah longsor di Indonesia, antara lain di Jawa Barat (276 lokasi), Jawa Tengah (327 lokasi), Yogyakarta (30 lokasi), Sumatera Barat (100 lokasi), dan Sumatera Utara (53 lokasi). Dilihat dari banyaknya kejadian tanah longsor di Jawa dibandingkan di tempat lainnya, maka informasi mengenai pinus sebagai pengendali tanah longsor ini akan sangat bermanfaat.

II. FENOMENA TANAH LONGSOR

Tanah longsor merupakan fenomena yang akhir-akhir ini semakin sering terjadi akibat dari curah hujan yang tinggi dan kondisi lereng yang labil. Bencana tanah longsor telah mengakibatkan kerugian yang cukup besar secara materi, bahkan nyawa. Kejadian tanah longsor dan banjir di Kabupaten Karanganyar tahun 2007 telah menyebabkan kerugian hingga lebih dari Rp 80 miliar (Dinas Pertanian Kabupaten Karanganyar, 2008).

Letak Indonesia pada lempeng besar dunia yaitu Indo Australia dan Eurasia menyebabkan Indonesia rentan pada bencana tektonik, termasuk tanah longsor. Terlebih lagi, dengan terjadinya peningkatan suhu bumi, iklim global pun mengalami perubahan di mana curah hujan cenderung meningkat intensitasnya. Hal ini tentunya akan meningkatkan kerentanan dan kejadian tanah longsor. Hardiyatmo (2006) menyebutkan bahwa secara alami, tanah longsor dapat terjadi karena beberapa faktor :

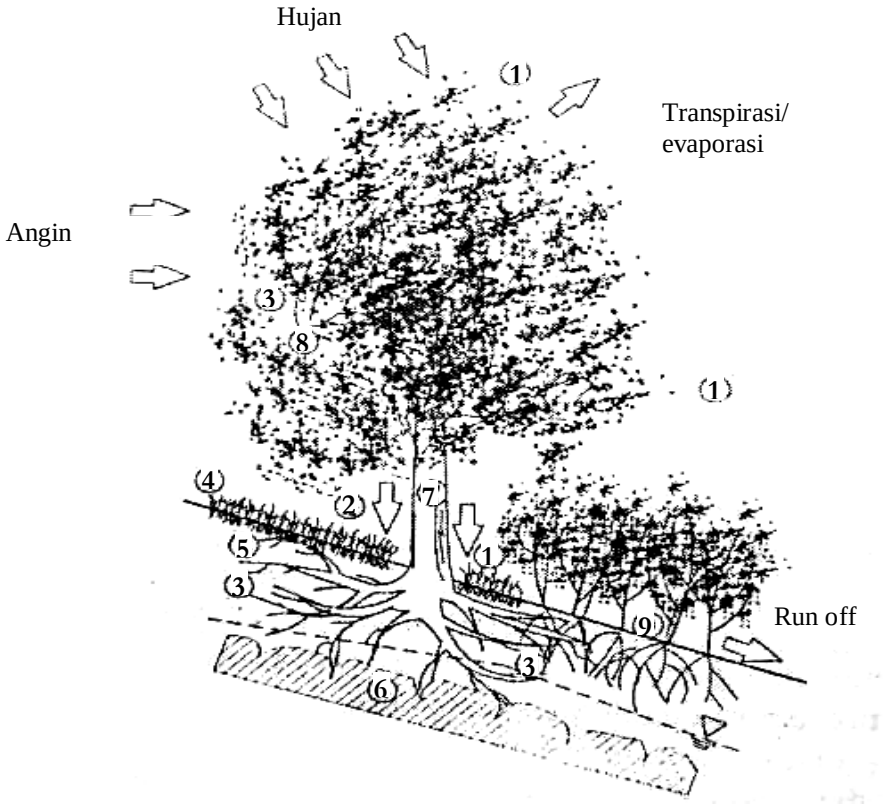
1. Aktivitas manusia : penggalian untuk keperluan jalan raya, jalan rel, dan perumahan, yang dapat mempertajam kemiringan lereng; penambahan beban pada lereng, seperti bangunan, penanaman jenis tanaman yang berat, dan jarak tanam yang rapat yang dapat menimbulkan beban dinamis akibat tumbuhan tertiup angin, tambahan air yang masuk ke pori-pori tanah atau menggenang di permukaan tanah.
2. Curah hujan yang tinggi. Beberapa penelitian telah membuktikan adanya hubungan yang erat antara hujan dan kejadian tanah longsor (Zaruba dan Menci, 1969; Fakuoka, 1960; dan Deere, 1960 *dalam* Hardiyatmo, 2006). Beberapa kejadian tanah longsor di Indonesia dipicu oleh hujan lebat atau hujan normal yang berdurasi tinggi. Tipe hujan deras (jumlah curah hujan $\geq$70 mm/hari) efektif memicu terjadinya longsor pada lereng-lereng yang tanahnya mudah menyerap air, seperti tanah lempung pasiran dan tanah pasir (Premchit, 1995 dan Karnawati, 1997 *dalam* Pramumijoyo dan Karnawati, 2006). Tipe hujan normal (jumlah curah hujan <20 mm/hari) yang berlangsung lama (beberapa minggu hingga beberapa bulan) juga dapat memicu terjadinya longsor pada lereng yang tersusun oleh tanah yang lebih kedap air, seperti lereng dengan tanah lempung (Pramumijoyo dan Karnawati, 2006).
3. Perubahan posisi muka air secara cepat pada bendungan, sungai, dan lain-lain terutama pada tanah-tanah yang berlempung. Penelitian yang dilakukan pada danau dan bendungan yang berkurang jumlah airnya secara cepat telah menyebabkan longsoran tebing (Bartley, 1953 dan Anderson, 1960 *dalam* Hardiyatmo, 2006).

4. Penurunan tahanan geser tanah pembentuk lereng akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air di dalam tanah, tanah pada lereng mengandung lempung yang mudah kembang susut, dan lain-lain.
5. Getaran atau gempa bumi. Getaran memicu longsor dengan melemahkan atau memutuskan hubungan antar partikel-partikel penyusun tanah atau batuan pada lereng.

III. PERAN VEGETASI DALAM PENGENDALIAN TANAH LONGSOR

Dalam menjaga stabilitas lereng, vegetasi memiliki peranan yang sangat penting, tergantung pada jenis vegetasi dan kemiringan lereng. Akar vegetasi dapat mengikat partikel tanah sehingga tanah menjadi stabil dan pada akhirnya dapat memperkuat lereng. Evapotranspirasi yang tinggi pada vegetasi dapat mengurangi ketersediaan air tanah sehingga dapat mempertahankan stabilitas lereng karena berkurangnya beban lereng oleh air. Namun demikian, pada kondisi tanah tertentu, di mana kondisi tanah yang kering akan menjadi retak, peran vegetasi menjadi negatif terhadap terjadinya tanah longsor. Hal ini disebabkan tanah retak akibat kekeringan, memiliki kapasitas tampung air yang tinggi, sehingga apabila terjadi penambahan air yang tiba-tiba dalam jumlah banyak (hujan deras dan berlangsung lama), tanah menjadi labil dan pada akhirnya longsor.

Vegetasi memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam pengendalian tanah longsor melalui mekanisme secara hidrologis dan mekanis. Hardiyatmo (2006) menyebutkan beberapa pengaruh yang menguntungkan dan merugikan secara hidrologis dan mekanis dari tumbuhan yang ditanam pada lereng-lereng (Gambar 1 dan Tabel 1).



Gambar (*Figure*) 1. Pengaruh hidromekanik tumbuh-tumbuhan pada stabilitas lereng *(The hydromechanics influence of vegetation on slope stability)*
Sumber *(Source)* : Greenway (1987) *dalam* Hardiyatmo (2006)

Tabel (*Table*) 1. Pengaruh hidromekanik tumbuh-tumbuhan pada stabilitas lereng *(The hydromechanics influence of vegetation on slope stability)*

No	Hidromekanik (*Hydromechanics*)	Pengaruh (*Influence*)
	Mekanisme secara hidrologi (*Hydrological mechanism)*	
1.	Daun-daun memotong hujan, menyebabkan hilangnya absorpsi dan transpirasi yang mereduksi air hujan untuk berinfiltrasi.	Menguntungkan
2.	Akar dan batang menambah kekasaran permukaan tanah dan permeabilitasnya sehingga menambah kapasitas infiltrasi.	Merugikan
3.	Akar menyerap air dari tanah, air yang hilang ke udara oleh transpirasi, menyebabkan air pori berkurang.	Menguntungkan
4.	Pengurangan kelembaban tanah akibat penyerapan akar dapat menyebabkan tanah retak,sehingga menambah kapasitas infiltrasi.	Merugikan
	Mekanisme secara mekanis (*Mechanical mechanism*)	
5.	Akar memperkuat tanah, menambah kuat tahanan geser.	Menguntungkan
6.	Akar pohon menembus sampai ke lapisan tanah dalam, memberikan dukungan pada tanah bagian atas karena berfungsi sebagai penyangga (*buttresing*) dan memberi efek lengkung (*arching*).	Menguntungkan
7.	Berat pohon membebani lereng, menambah komponen gaya normal dan gaya ke bawah lereng.	Merugikan/menguntungkan
8.	Tumbuh-tumbuhan menimbulkan gaya dinamik lereng akibat angin.	Merugikan
9.	Akar mengikat partikel tanah di permukaan dan menambah kekasaran permukaan sehingga mengurangi kemudahan tererosi.	Menguntungkan

Sumber (*Source*) : Greenway (1987) *dalam* Hardiyatmo (2006)

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa bagian tumbuhan yang sama dapat memberikan pengaruh yang menguntungkan sekaligus merugikan. Pengaruh akar dalam mekanisme hidrologi (No. 2) dapat memperbesar kapasitas infiltrasi, yang berarti air infiltrasi menambah beban pada lereng tanah atau meningkatkan daya gelincir, sehingga bersifat merugikan. Sebaliknya, pada mekanisme secara mekanis (No. 9), akar dapat mengikat partikel tanah dan menambah kekasaran permukaan sehingga mengurangi proses perpindahan tanah atau erosi. Sifat merugikan dan menguntungkan dari bagian-bagian tumbuhan ini menjadi dasar dalam pemilihan jenis pohon yang sesuai dengan kondisi setempat (iklim, sifat tanah, kemiringan lereng), karena setiap jenis pohon memiliki sifat keutamaan yang berbeda-beda.

Hardiyatmo (2006) selanjutnya menerangkan beberapa keuntungan utama dari tumbuh-tumbuhan berkayu dalam menjaga stabilitas lereng, yaitu :

1. Akar secara mekanis memperkuat tanah, melalui transfer tegangan geser dalam tanah, menjadi tahanan tarik dalam akar.
2. Evapotranspirasi dan tahanan air dari daun-daunan membatasi kenaikan tekanan air pori positif dalam tanah.
3. Batang pohon yang tertanam dalam tanah mengangker tanah dan dapat bekerja sebagai penahan gerakan lereng ke bawah.
4. Berat tumbuh-tumbuhan dalam beberapa hal dapat menambah stabilitas lereng, karena menambah tegangan kekang (tegangan normal) pada bidang longsor. Namun, bila zona akar sangat dangkal dan tidak memotong bidang longsor potensial, tumbuh-tumbuhan justru akan menambah beban pada lereng. Bruijnzeel (2004) menyebutkan bahwa peran vegetasi akan efektif hanya pada kejadian tanah longsor dangkal (< 3 m). Peran vegetasi menjadi kurang efektif pada kejadian tanah longsor dalam (> 3 m), karena lebih banyak dipengaruhi oleh faktor geologi dan iklim.

IV. PERAN EKOLOGIS HUTAN PINUS

Pinus (*P. merkusii*) merupakan satu-satunya pinus yang asli Indonesia

(Harahap dan Aswandi, 2006). Pinus merupakan jenis pohon pionir berdaun jarum yang termasuk dalam famili Pinaceae. Secara alami, pohon pinus tumbuh di Aceh, Sumatera Utara, dan daerah Kerinci (Hendromono *et al*., 2005). Menurut Hendromono *et al.* (2006) pinus dapat tumbuh pada daerah dengan ketinggian 200-2.000 m dpl, dengan curah hujan antara 1.200 sampai lebih dari 3.000 mm per tahun. Berdasarkan telaah dari berbagai hasil penelitian, dapat dirumuskan adanya beberapa karakter pinus yang berpotensi sebagai pengendali tanah longsor, yaitu :

1. Daun dan Tajuk Pinus Dapat Mengurangi Hujan Netto Melalui Proses Intersepsi

Dalam penelitiannya yang dilakukan di Gunung Walat dari tahun 1999-2001, Mulyana *et al.* (2002) *dalam* Pusat Pengembangan Sumberdaya Hutan Perhutani (2002) menyebutkan bahwa kehilangan air (curah hujan) akibat proses intersepsi dari hutan pinus adalah yang tertinggi (15,7%) dibandingkan hutan agathis (14,7%) dan puspa (13,7%).

Penelitian serupa yang dilakukan oleh Sudjoko *et al.* (1998) di KPH Banyumas Timur dari tahun 1994-1997 menemukan bahwa intersepsi hutan pinus adalah sebesar 16-20%. Sementara itu penelitian yang dilakukan oleh Pudjiharta dan Salata (1989) *dalam* Pudjiharta (2005) menemukan bahwa total intersepsi dari hutan pinus umur 10-30 tahun berkisar antara 15-39,7%. Pengurangan jumlah hujan netto (jumlah curah hujan yang sampai pada tanah) melalui kemampuan intersepsi pada tanaman pinus, berarti dapat mengurangi jumlah air infiltrasi yang dapat menjadi beban atau faktor penggelincir dalam proses terjadinya longsor pada tanah-tanah miring.

2. Akar Pinus yang Panjang dan Dalam Dapat Memperkuat Tanah

Daniel *et al.* (1995) menyebutkan bahwa sistem perakaran pohon dewasa biasanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan, seperti tipe tanah, nutrisi, karakteristik drainase, dan keberadaan gambut, lempung, padas dan bahan organik. Distribusi perakaran merupakan fungsi dari spesies, umur pohon, lingkungan, dan unit ukuran pohon. Hal ini menunjukkan ada dua faktor utama yang mempengaruhi distribusi akar, yaitu genetik dan lingkungan.

Menurut Sutton (1969) *dalam* Hardiyatmo (2006) faktor lingkungan memberikan kontribusi yang lebih besar dalam perkembangan akar pepohonan. Distribusi akar pohon biasanya dinyatakan dengan pendekatan tinggi pohon dan jari-jari tajuk. Pada daerah dengan tanah pasiran (tekstur kasar), akar pohon dapat menyebar hingga beberapa kali tinggi rata-rata pohon. Untuk pohon pinus yang tumbuh di tanah pasiran, penyebaran akar dapat mencapai tujuh kali dari tinggi rata-rata pohonnya. Sementara itu, pada tanah lempungan (tekstur halus), akar pohon hanya menyebar satu setengah kali tinggi rata-rata pohon.

Hubungan faktor lingkungan lainnya terhadap perkembangan akar, juga ditunjukkan oleh sifat kesuburan tanah, di mana pada kondisi lapisan tanah atas yang subur dan ketersediaan hara sesuai dengan kebutuhan pohon, akar pohon akan cenderung menjadi dangkal karena distribusi akar lebih banyak berada pada lapisan ini.

Sebagai pohon yang memiliki buah besar, pinus secara genetis memiliki perakaran tunggang yang dalam (Daniel *et al.*, 1995), sehingga akarnya dapat menembus lapisan yang kuat dan dalam. Meskipun telah dijelaskan bahwa distribusi atau kedalaman akar lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, namun sifat genetis pinus tersebut tetap berpeluang tinggi dalam memperkuat tanah atau meningkatkan kekuatan tahanan geser tanah. Hal ini sesuai dengan Tabel 1, bahwa pada umumnya secara mekanis akar memiliki kemampuan untuk memperkuat tanah dan menambah kekuatan tahanan geser tanah, sehingga menguntungkan untuk stabilitas

lereng atau menahan longsor. Makin dalam perakaran, makin bertambah kekuatan tahanan geser tanah atau makin tinggi kemampuan tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan dan kelembaban tertentu.

Faktor penting lainnya dalam menentukan kekuatan tahanan geser tanah adalah rasio area yang merupakan perbandingan antara akar yang tumbuh ke bawah, ke depan, dan ke samping. Rasio akar yang semakin banyak pada bidang longsor kritis akan semakin baik dalam menjaga kestabilan lereng. Gambar 2 menunjukkan rasio akar pohon yang ditanam pada suatu lereng.

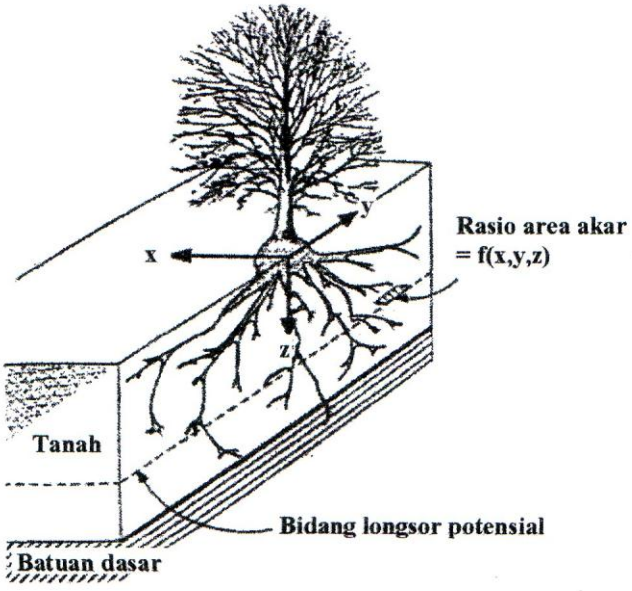
3. Pinus Memiliki Nilai Evapotranspirasi yang Tinggi Sehingga Dapat Mengurangi Kemungkinan Terjadinya Longsor

Infiltrasi air dari permukaan tanah dapat menghasilkan adanya air tengger (*perched water*) pada batas dua material yang berbeda permeabelitasnya. Air tengger dapat mengembangkan tekanan air pori dalam tanah dan memberikan tambahan gaya yang menggerakkan lereng untuk memicu terjadinya longsoran. Vegetasi pohon, melalui mekanisme evapotranspirasi, dapat mengurangi tekanan air pori dalam tanah tersebut sehingga dapat mengurangi tambahan gaya yang akan memicu terjadinya longsor.

Pinus sebagai pohon yang *evergreen* memiliki nilai evapotranspirasi yang besar dibandingkan dengan jenis pohon lain (Tabel 2). Pada penelitian yang dilakukan oleh Pudjiharta (1995) di Ciwidey, nilai evapotranspirasi pinus adalah sebesar 64,5% dari total curah hujan. Hal ini tentu amat baik bagi pengurangan tekanan air pori tanah yang dapat memicu longsoran.

Satu hal yang perlu diperhatikan, bahwa peran akar dalam pengambilan air tanah untuk memenuhi kebutuhan fotosintesis maupun transpirasi, menjadi terbatas seiring dengan penambahan jarak akar dari pohon. Makin jauh jarak akar dari pohon atau makin dalam perakaran, makin berkurang kemampuan akar dalam mereduksi ketersediaan/kadar air dalam tanah (Gambar 3). Oleh karena itu perakaran pohon pinus yang dalam perannya lebih kepada mengikat lapisan batuan induk, sehingga meningkatkan stabilitas lereng.

Namun demikian, pada keadaan di mana curah hujan ekstrim tinggi dengan

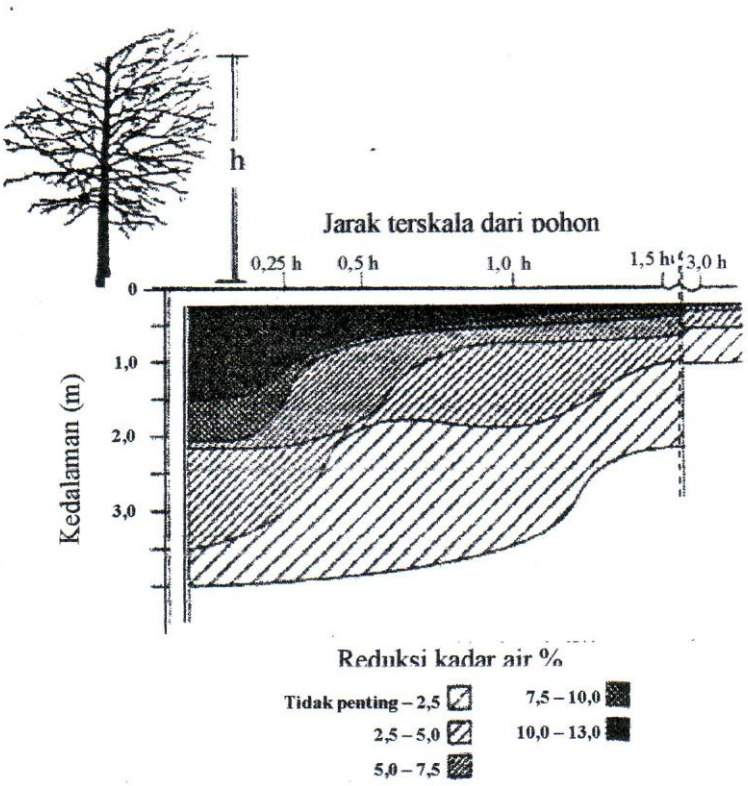


Gambar (*Figure*) 2. Pertumbuhan akar di dalam lapisan tanah (*Root growth in the soil*)
Sumber (*Source*) : Greenway (1987) *dalam* Hardiyatmo (2006)

Tabel (*Table*) 2. Rata-rata evapotranspirasi beberapa jenis pohon (*Evapotranspiration rate of some tree species*)

Jenis pohon (*Species*)	Lama penelitian *(Research duration)* tahun (*year*)	Curah hujan *(Rainfall)* mm/tahun (*mm/year*)	Evapotranspirasi (*Evapotranspiration*) mm/tahun (*mm/year*)	Evapotranspirasi (*Evapotranspiration*) % dari curah hujan (*% rainfall*)
Pinus merkusii	1-8	3.056	1.971,12	64,5
Eucalyptus urophylla	1-8	3.056	1.127,66	36,9
Schima wallichi	1-8	3.056	699,82	22,9
Swietenia macrophylla	1-6	4.016	2.317,23	57,7
Eucalyptus deglupta	1-3	3.136	1.659,57	52,92
Eucalyptus alba	1-3	3.136	1.642,64	52,38
Eucalyptus trianta	1-3	3.136	1.673,06	53,35
Acacia mangium	1-4	3.465	2.384,61	68,82
Shorea pinanga	1-4	3.465	1.153,50	33,29
Dalbergia latifolia	1-4	3.465	1.444,21	41,68
Calliandra callothirsus	1-3	3.402	1.496,88	44
Acacia decurens	1-3	3.402	1.564,92	46
Altingia excelsa	1-3	3.402	1.428,84	42

Sumber (*Source*) : Dimodifikasi dari (*modified from*) Pujiharta (1995)



Gambar (*Figure*) 3. Pengaruh akar terhadap reduksi kadar air tanah, untuk pohon *Populus deltoides* (*Root influence on soil water content reduction of* Populus deltoids)
Sumber (*Source*) : Biddle (1983) *dalam* Hardiyatmo (2006**)**

periode yang lama, peran vegetasi hutan dengan nilai evapotranspirasi yang tinggi tidak efektif lagi dalam menurunkan kemungkinan terjadinya tanah longsor. Hal ini disebabkan karena pada kejadian hujan yang lama hingga berhari-hari, radiasi matahari dan suhu udara relatif menjadi rendah sehingga mengurangi laju

transpirasi aktual tanaman maupun evaporasi dari permukaan tanah. Penurunan evapotranspirasi aktual ini pada akhirnya tidak mampu mengimbangi laju penambahan air hujan ke dalam tanah hingga melebihi tingkat kejenuhannya dan menambah gaya beban pada lereng.

4. Produk utama pinus adalah getah, sehingga keberadaan pohonnya dapat terus dipertahankan.

5. Berat pohon pinus yang relatif tidak terlalu berat atau terlalu ringan dapat menjaga kestabilan lereng karena dapat meningkatkan tegangan kekang pada bidang longsor.

Berdasarkan uraian di atas, pohon pinus dinilai memiliki potensi yang cukup besar untuk mengurangi terjadinya tanah longsor.

V. PEMBANGUNAN HUTAN PINUS UNTUK PENGENDALIAN LONGSOR

Berdasarkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki pohon pinus dalam mengendalikan tanah longsor, maka perlu diambil langkah-langkah yang dapat mengoptimalkan manfaat dari pembangunan hutan pinus sebagai pengendali tanah longsor, yaitu :

1. Manipulasi Kondisi Lingkungan untuk Mengoptimalkan Pertumbuhan Akar

Pada daerah-daerah yang diidentifikasi sebagai daerah rawan longsor yaitu daerah yang memiliki kemiringan lereng tinggi, curah hujan yang tinggi, adanya patahan atau gawir, dan tingginya kerapatan drainase, manipulasi lingkungan untuk mengoptimalkan pertumbuhan akar pinus perlu dilakukan. Daniel *et al.* (1995) menyebutkan bahwa faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap perkembangan akar adalah suhu, oksigen, kesuburan, dan rintangan mekanis.

Suhu yang optimal untuk pertumbuhan akar *Pinus taeda* (Barney, 1950 *dalam* Daniel *et al.*, 1995) adalah 20^0C. Selain itu, pemberian mikoriza pada tanaman pinus terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan pinus. Martini (1972) *dalam* Hendromono *et al.* (2006) menyebutkan bahwa berat kering tanaman pinus bermikoriza lima kali lebih berat dibandingkan pinus tak bermikoriza. Selain itu, kadar P dan K dari pinus bermikoriza satu setengah kali lebih tinggi, sehingga pertumbuhannya lebih baik.

Meskipun pemberian mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan pinus, tetapi perlu dipertimbangkan apakah pertumbuhan distribusi akarnya akan makin dalam atau hanya pada lapisan atas tanah. Demikian juga halnya pada pemberian pupuk. Untuk memberikan kemungkinan yang besar terhadap tumbuhnya akar tunggang yang dalam, maka pemberian pupuk pada lapisan atas tanah perlu dilakukan dengan hati-hati.

Pertumbuhan distribusi akar akan cenderung berada pada lapisan tanah atas yang subur, sehingga akar menjadi dangkal, tidak dapat menembus lapisan dalam dan mengurangi fungsinya dalam memperkuat lereng atau pengendalian tanah longsor. Oleh karena itu sistem penanaman hutan pinus dengan tumpangsari dikhawatirkan juga dapat mengurangi potensi akar pinus untuk tumbuh hingga lapisan yang dalam. Dengan sistem tumpangsari, tanah lapisan atas yang diolah dan dipupuk akan menjadi subur dan memicu distribusi perakaran pinus pada lapisan yang dangkal.

2. Pemuliaan Pohon Pinus

Pemuliaan pohon pinus untuk tujuan pengendalian tanah longsor adalah dengan mengoptimalkan peran genetis pinus agar dapat menghasilkan akar yang dalam. Hal ini bisa dilakukan dengan tidak melakukan pemotongan akar pada saat semai yang memungkinkan akar tunggang pinus dapat tumbuh memanjang ke dalam tanah. Pemuliaan pohon pinus untuk mendapatkan pohon yang unggul dalam menghasilkan getah juga diperlukan.

Dengan demikian tidak hanya dapat mempertahankan keberadaan pinus (melalui produksi getah), tetapi diperoleh juga pohon pinus yang berakar dalam.

3. Pengaturan Jarak Tanam dan Kelas Umur yang Optimal

Untuk menjaga keberlanjutan manfaat hutan pinus, baik dari sisi ekonomi (produksi getah) dan fungsi lingkungan (mengendalikan tanah longsor), pengaturan jarak tanam dan kelas umur perlu dilakukan. Jarak tanam yang disarankan oleh Pudjiharta (2005) untuk mengatasi permasalahan kekurangan air adalah 4 m x 4 m. Sementara itu, pada tanaman pinus umur 20-25 tahun, penjarangan dengan S% 23 hingga 27 dari jarak tanam semula 3 m x 1 m atau 3 m x 2 m dapat memaksimalkan produksi getah (Rochidayat dan Sukawi, 1979 *dalam* Hendromono *et al.*, 2006). Namun demikian, hingga saat ini belum ada penelitian yang menjelaskan tentang jarak tanam pinus yang optimal untuk keperluan pengendalian tanah longsor. Pada prinsipnya untuk daerah rawan longsor, penanaman pinus sebaiknya dilakukan searah kontur dengan jarak tanam yang rapat, karena dapat meningkatkan evapotranspirasi dan perakaran yang rapat. Sementara itu, untuk menghindari keterbukaan tanah yang luas akibat penebangan pinus yang seumur dan masak tebang, maka perlu dilakukan pengaturan waktu penanaman pohon pinus, sehingga diperoleh kelas umur yang berbeda.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pohon pinus yang telah dibudidayakan sebagai tanaman reboisasi di Jawa memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pohon pengendali tanah longsor. Sifat-sifat pinus, yaitu 1) dapat mengurangi jumlah curah hujan netto dengan tingginya nilai intersepsi, 2) memperkuat lereng melalui perakaran yang panjang dan dalam, 3) dapat mengurangi gaya beban oleh air melalui evapotranspirasi yang tinggi, 4) berat pohon pinus yang tidak terlalu berat dan tidak terlalu ringan dapat meningkatkan tegangan kekang pada bidang longsor, menjadikan pinus memiliki potensi untuk mengurangi kerentanan dan terjadinya tanah longsor. Selain itu, produk utama pinus berupa getah, dapat mempertahankan keberadaan tegakan pohon pinus sebagai pohon pengendali longsor.

B. Saran

Beberapa langkah yang dapat ditempuh dalam rangka meningkatkan potensi pinus sebagai pengendali tanah longsor adalah : 1) manipulasi kondisi lingkungan untuk pertumbuhan akar, 2) pemuliaan pohon pinus, 3) pengaturan jarak tanam dan kelas umur untuk keberlanjutan produksi dan fungsi lingkungan. Pinus sebaiknya ditanam pada daerah rawan longsor dengan curah hujan rata-rata lebih dari 3.000 mm/tahun dan pada ketinggian 200-2.000 m dpl karena dengan nilai evapotranspirasi yang tinggi, pinus dapat mengurangi kadar air tanah yang dapat menjadi beban lereng, tanpa mengurangi kontinuitas aliran airnya.

DAFTAR PUSTAKA

Bruijnzeel, L.A. 2004. Hydrological Functions of Tropical Forests : Not Seeing the Soil for the Trees? Agriculture, Ecosystems and Environment 104. Elsevier. p : 185-228.

Daniel, T.W., J.A. Helms, dan F.S. Baker. 1995. Prinsip-Prinsip Silvikultur (terjemahan). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Dinas Pertanian Kabupaten Karanganyar. 2008. Kerugian Akibat Bencana di Karangangyar. http://solopeduli.blogspot.com/2008/01/kerugian-akibat-bencana-di-karanganyar.html. Diakses tanggal 5 Desember 2008.

Harahap, R.M.S. dan Aswandi. 2006. Pengembangan dan Konservasi Tusam (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vries) Strain Tapanuli dan Kerinci. Prosiding Ekspose Hasil-Hasil Penelitian "Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan". Hal. 223-232. Padang, 20 September 2006. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.

Hardiyatmo, H.C. 2006. Penanganan Tanah Longsor dan Erosi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hal. 308-319.

Hendromono, H. Daryono, dan Durahim. 2005. Pemilihan Jenis Pohon untuk Rehabilitasi Lahan Kritis. Prosiding Ekspose Penerapan Hasil Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Palembang 15 Desember 2004. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. Hal. 24-31.

Hendromono, Y. Heryati, dan N. Mindawati. 2006. Review Hasil Penelitian Teknik Silvikultur Hutan Tanaman Industri. Pusat Litbang Hutan Tanaman. Bogor. Hal. 41- 44.

Pramumijoyo, S. dan D. Karnawati. 2006. Pemantauan dan Mitigasi Bencana Alam Longsor. Makalah dalam Seminar "Pemantauan dan Mitigasi Bencana Alam Banjir, Tanah Longsor dan Kekeringan". Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pengelolaan DAS Wilayah Indonesia Bagian Barat. Surakarta, 29 Agustus 2006.

Pudjiharta, Ag. 1995. Hubungan Hutan dan Air. Informasi Teknis 53 : 4-7. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.

Pudjiharta, Ag. 2005. Permasalahan Aspek Hidrologis Hutan Tusam dan Upaya Mengatasinya. Jurnal Analisis Kehutanan 2 (2) : 129-144. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.

Pusat Pengembangan Sumberdaya Hutan Perhutani. 2002. Hutan Pinus dan Hasil Air. Perhutani. Cepu. Hal. 12-13.

Sudjoko, S.A., Suyono dan Darmadi. 1998. Kajian Neraca Air Hutan Pinus di KPH Banyumas Timur. Rangkuman Penelitian tahun 1994-1997. Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.

Sukresno. 2007. Peran Hutan dalam Pengendalian Tanah Longsor. Makalah dalam *Workshop* "Peran Hutan dan Kehutanan dalam Meningkatkan Daya Dukung DAS". Balai Penelitian Kehutanan Solo. 22 November 2007.