

PENGGUNAAN SISTEM KABEL DALAM PEMANENAN HUTAN ALAM INDONESIA

(Application of Cable System for Harvesting Natural Forest of Indonesia)

Oleh/By:
Djaban Tinambunan¹⁾

ABSTRACT

Current condition of the Indonesia's natural production forests indicated that the application of ground skidding (tractive system) is very difficult because more of forest areas have steep slope or divided by rivers, valleys and other obstacles. Forcing to use ground skidding will cause ineffective and inefficient operations, high environment disturbances and dangerous for field workers.

On the other side, the knowledge of cable system has developed and many types are now available in the market. Several trials and researches in Indonesia showed that the application of cable system for harvesting natural forests is operating well.

One of the main concerns in forest harvesting lately is the protection of forest environment and, therefore, the preferred harvesting system is that causing less damage to environment. This requirement has shown by cable system. For this reason, it is time for applying cable system in Indonesia.

For developing and advancing the application of cable system in Indonesia, it is necessary to have efforts in building the capacity of using cable system covering various important aspects such as technical, human resources, institution, research and development, law enforcement, awareness and willingness of stakeholders, and socialization of cable system.

Keywords: Forest harvesting, natural forest, cable system, advantages and disadvantages.

ABSTRAK

Kondisi hutan alam Indonesia yang masih tersisa sekarang ini menunjukkan bahwa sistem pemanenan dengan penyaradan di permukaan tanah sudah sangat sulit dilakukan karena medannya kebanyakan mempunyai kelerengan curam atau terpotong-potong oleh sungai, lembah dan berbagai rintangan lainnya. Penerapan sistem penyaradan di permukaan tanah untuk kondisi tersebut akan menyebabkan operasi pemanenan tidak efektif, tidak efisien, merusak lingkungan hutan dan membahayakan pekerja lapangan.

Di sisi lain, sampai saat ini teknologi sistem kabel sudah berkembang jauh dan berbagai macam tipe sudah tersedia di pasaran. Beberapa ujicoba dan penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa penggunaan sistem kabel untuk pemanenan hutan alam adalah baik.

Salah satu tuntutan yang makin menonjol dalam pemanenan hutan dewasa ini adalah perlindungan terhadap lingkungan hutan. Karena itu sistem yang menjadi pilihan adalah yang

¹ Ahli Peneliti Utama pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor

ramah terhadap lingkungan. Hal tersebut sudah banyak ditunjukkan oleh sistem kabel. Oleh karena itu sudah saatnya mendorong pemanfaatan sistem kabel di Indonesia.

Untuk membangun dan memajukan penggunaan sistem kabel di Indonesia diperlukan adanya upaya-upaya membangun kemampuan menggunakan sistem kabel, mencakup bidang teknis, sumberdaya manusia, kelembagaan, penelitian dan pengembangan, pengetatan pelaksanaan peraturan, pembangunan kesadaran dan kemauan para pihak terkait dan pemasyarakatan sistem kabel.

Kata kunci: Pemanenan hutan, hutan alam, sistem kabel, kelebihan sistem kabel, kekurangan sistem kabel.

I. PENDAHULUAN

Hutan produksi alam di Indonesia dewasa ini umumnya berada di lokasi yang berbukit-bukit sampai bergunung dengan topografi berat dan prasarana jalan yang sangat minimal. Di samping derajat kemiringannya tinggi, medannya sering dibelah oleh sungai atau jurang. Semua faktor tersebut menyebabkan pemanenan hutan dengan sistem penyaradan di permukaan tanah (ground skidding, tractive system) yang biasa dipraktekkan selama ini dengan menggunakan traktor sangat sulit dilakukan dan bila dipaksakan akan menghadapi risiko bahaya yang besar, kerusakan lingkungan berat dan biaya tinggi.

Teknologi pengolahan kayu dewasa ini sudah berkembang ke arah pembuatan produk yang tidak mengharuskan bahan kayunya berukuran panjang dan besar sehingga memperingan upaya pemanenan hutan. Selain itu, kesadaran lingkungan sekarang ini sudah makin tinggi sehingga sistem pemanenan dituntut untuk hanya menggunakan teknologi yang ramah lingkungan. Untuk medan yang berat, hal itu tidak mungkin dipenuhi dengan pemanenan sistem penyaradan di permukaan tanah saja. Karena itu perlu ada sistem alternatif yang sesuai dengan kondisi hutan yang ada namun tetap dapat beroperasi secara efektif dan efisien serta ramah lingkungan.

Salah satu sistem pemanenan yang sudah berkembang pesat di negara-negara maju dan cocok untuk medan yang berat adalah sistem kabel. Sistem ini banyak variasinya bila dilihat, antara lain, dari komponen, ukuran dan cara kerjanya.

Di Indonesia, beberapa jenis sistem kabel secara kecil-kecilan sudah dicoba di beberapa tempat berbeda. Hasil-hasil dari berbagai ujicoba tersebut kurang disebarluaskan sehingga pemahaman tentang sistem kabel sampai saat ini, bagi rimbawan sekali pun, masih sangat kurang.

Berdasarkan gambaran di atas, dalam tulisan ini disajikan berbagai aspek penting mengenai kondisi hutan alam Indonesia dilihat dari segi pemanenan dan penggunaan sistem kabel dalam pemanenan hutan produksi alam agar para pihak terkait dengan pemanenan hutan, seperti pembuat kebijakan, pelaksana pemanenan dan peminat kehutanan, mempunyai pemahaman yang baik dan mampu mengambil keputusan yang tepat dalam menentukan pilihan sistem pemanenan yang digunakan dalam memanen suatu areal hutan alam produksi tertentu.

II. KONDISI HUTAN ALAM DILIHAT DARI SEGI PEMANENAN

A. Lokasi Hutan

Setelah mengalami pemanenan dengan sistem penyaradan di permukaan tanah yang dilakukan pemegang hak perusahaan hutan (HPH) sejak tahun 1970-an, dilanjutkan dengan berbagai praktek penebangan lanjutan di hutan dataran rendah yang relatif datar dan bergelombang, hutan alam produksi yang tersisa sekarang ini berada pada lokasi dataran tinggi di lereng-lereng gunung, bukit-bukit dan gunung-gunung. Daerah-daerah tersebut mempunyai kemiringan yang tinggi sehingga penggunaan traktor dan truk angkutan untuk memanennya sudah tidak mungkin dilakukan dengan efektif, efisien, aman dan ramah lingkungan.

B. Keadaan Medan

Ciri medan di dataran tinggi dan lereng-lereng gunung adalah terputus-putusnya permukaan medan karena terpotong oleh alur sungai, atau lembah atau lekukan alam lainnya sehingga menyulitkan pengoperasian peralatan pemanenan yang bergerak pada permukaan tanah seperti traktor dan truk angkutan. Kalau penggunaan sistem ini dipaksakan maka perlu pembangunan jembatan yang banyak dan mahal. Keadaan pembiayaan yang mahal demikian biasanya tidak mampu didukung oleh produksi kayu yang ada sehingga tidak layak diusahakan.

C. Posisi Tegakan Hutan

Posisi tegakan hutan yang tersisa sekarang ini umumnya berada pada lokasi yang sulit dijangkau alat-alat pemanenan seperti traktor dan truk angkutan serta terpencar di berbagai lokasi dalam jumlah yang umumnya tidak cukup banyak.

D. Jaringan Jalan Hutan

Salah satu komponen biaya terbesar dalam pengelolaan hutan alam adalah biaya pembukaan wilayah hutan (PWH) yang meliputi biaya pembangunan dan pemeliharaan jalan, jembatan, gorong-gorong dan bangunan-bangunan pendukung lainnya. Di kawasan hutan alam produksi yang dikelola oleh pemegang HPH sejak tahun 1970-an, di hampir semua areal kerja HPH telah dibangun jaringan jalan utama, jalan cabang dan jalan ranting. Jalan-jalan tersebut telah membuka kawasan hutan yang tadinya tertutup dan menghubungkannya dengan jaringan angkutan umum berupa sungai dan/atau jalan darat. Peranan prasarana tersebut sangat penting dalam pengelolaan hutan selanjutnya dan pembangunan daerah yang bersangkutan. Namun prasarana jalan tersebut belum sampai ke lokasi-lokasi hutan alam produksi yang tersisa saat ini seperti digambarkan pada subbab A terdahulu.

E. Kerusakan Hutan dan Tanah

Kerusakan tegakan tinggal di hutan alam akibat pemanenan hutan dataran rendah selama ini sudah banyak dipublikasikan dan semua publikasi tersebut menunjukkan tingkat kerusakan yang tinggi. Sebagai contoh, hasil penelitian Dulsalam, *et al.* (2000) dengan sistem pemanenan konvensional, kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan di Kalimantan Barat berkisar dari 10-15% dengan rata-rata 12% dan di Jambi berkisar dari 12-18% dengan rata-rata 15%. Sedangkan untuk kerusakan akibat penyaradan dengan alat berat, Suhartana, *et al.* (2002) melaporkan kerusakan tegakan tinggal di Riau berkisar dari 13-24% dengan rata-rata 18% dan di Jambi angka tersebut berkisar dari 17-24% dengan rata-rata 20%.

Gangguan terhadap tanah hutan akibat kegiatan pemanenan hutan di dataran rendah dengan alat berat, juga sudah banyak dipublikasikan. Beberapa bentuk gangguan dan publikasinya antara lain: keterbukaan lahan/singkapan tanah (Rachmat dan Ruslin, 2002; Suhartana, 1996); pergeseran lapisan tanah (Sukadaryati, *et al.* (2002); pemadatan tanah (Tinambunan, 1988a) dan erosi tanah (Tinambunan, 1988b). Semua publikasi tersebut menunjukkan bahwa gangguan terhadap tanah hutan sebagai akibat pemanenan hutan dengan alat-alat berat (traktor dan truk angkutan) selama ini sudah cukup memprihatinkan.

Bila sistem pemanenan itu digunakan untuk hutan yang berada di lokasi yang mempunyai derajat kemiringan yang besar, seperti hutan yang tersisa sekarang ini, maka biayanya akan sangat mahal dan gangguan lingkungan akan lebih parah.

F. Ukuran Kayu

Kecenderungan yang terlihat di lapangan adalah makin kecilnya dimensi kayu yang dipanen di hutan alam produksi. Sejak dimulainya sistem HPH pada dekade 1970-an, kayu yang dipanen di hutan alam umumnya berdiameter besar, banyak yang mencapai diameter di atas 140 cm (Sianturi, *et al.*, 1984). Akan tetapi belakangan ini, seperti yang diamati oleh Suhartana dan Dulsalam (1996) di hutan alam Kalimantan dan Sukadaryati, *et al.* (2002) di hutan alam Jambi, diameter kayu yang dipanen hanya berkisar dari 50-90 cm. Dari hutan tanaman, jelas diameter kayu yang dipanen jauh lebih kecil lagi. Sebagai contoh, dari pemanenan hutan tanaman di Pulau Laut, kayu yang dihasilkan berdiameter 10-45 cm dengan rata-rata 24 cm (Dulsalam dan Tinambunan, 2002).

III. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI SISTEM KABEL

A. Internasional

Menurut Conway (1979), alat sistem kabel untuk mengeluarkan kayu dari hutan ditemukan oleh Horace Butters di Michigan dan dipatenkan tahun 1886. Sejak itu, alat tersebut berkembang pesat dan banyak digunakan terutama di bagian Barat dan Barat

Daya Amerika Serikat (AS). Penemuan sistem kabel tersebut menimbulkan inspirasi banyak orang untuk menggunakan dan mengembangkannya sehingga bermunculan bermacam-macam ukuran, desain dan kemampuan sistem kabel. Pada awal 1900-an, sistem kabel telah digunakan secara luas di AS, terutama karena didorong perkembangan pembangunan jalan kereta api untuk pengangkutan hasil hutan. Faktor lain yang turut mendorong adalah perubahan sumber tenaga dari yang sebelumnya mesin uap ke mesin berbahan bakar bensin atau solar yang menghasilkan mesin yang lebih ringan dan mudah dipindah-pindah,

ditambah lagi perkembangan teknologi kabel baja yang dapat menghasilkan kabel yang kuat. Dalam perkembangannya, banyak kondisi di lapangan ikut mendorong perkembangan sistem kabel seperti keadaan di banyak daerah di AS Baratdaya dengan topografi berat sehingga tadinya kayu dari sana tidak bisa dikeluarkan dengan sistem traktor ternyata dapat diatasi dengan sistem kabel. Di beberapa tempat di AS bagian Selatan pada tanah basah dan rawa yang tidak dapat dilayani traktor, ternyata dapat dipanen kayunya dengan sistem kabel. Faktor pendorong lain lagi adalah minimnya gangguan terhadap hutan dan tanah serta polusi air yang ditimbulkan pengoperasian sistem kabel dalam pemanenan hutan.

Perkembangan sistem kabel di Eropa hampir sama dengan di AS. Terutama di Jerman dan Negara-negara Skandinavia, perkembangan teknologi peralatan kehutanan, termasuk sistem kabel, sudah lama maju dan terus berkembang. Penelitian dan pengembangan alat-alat kehutanan sangat intensif sehingga banyak dihasilkan alat-alat yang bermutu baik dan bekerjanya efektif dan efisien. Belakangan ini terlihat kecenderungan bahwa peralatan yang dihasilkan banyak yang berukuran lebih kecil dari yang dihasilkan AS seperti alat sistem kabel layang Koller 300 (hanya dengan tenaga 50 HP) dan gergaji rantai Husqvarna 36 (2HP).

Upaya untuk mengidentifikasi semua jenis alat sistem kabel tidak akan pernah berakhir karena teknologinya berkembang terus dan jumlahnya sangat banyak sehingga ada bermacam-macam sistem kabel dilihat dari segi pembuat (*makes*), model, mesin (*yarder*), tiang (*spar*), penjepit muatan (*grapple*), sistem pengontrolan operasinya dan alat-alat penolongnya (*supporting equipment*). Secara umum, sistem kabel yang banyak tersebut dapat digolongkan ke dalam dua kelompok, yaitu *highlead* dan *skyline*. *Highlead* mempunyai beberapa tipe berdasarkan peralatan yang digunakan, sedang *skyline* dapat dibedakan ke dalam tiga variasi, yaitu *tight (standing) skyline*, *live skyline* dan *running skyline* (Conway, 1979).

1. *Highlead*

Jenis alat ini adalah yang paling umum digunakan pada pemanenan dengan sistem terbang habis (Stenzel, *et al.*, 1985). Dalam keadaan seluruh bagian-bagiannya terpasang, tataletak alat ini membentuk segitiga di mana kabel utama (*mainline*) dan kabel penarik mundur (*haulback*) membentuk dua sisi segitiga. Dasar segitiga dibentuk oleh *haulback* yang melintasi katrol sudut (*corner block*) dan katrol belakang (*tail block*) dan puncak segitiga adalah tiang utama (*tower/spar tree*) pada mesin/*yarder*. Alat pengikat kayu (*ckoker*) terpasang pada cantelan muatan (*butt rigging*) yang berada pada pertemuan *mainline* dan

haulback. Alat ini mempunyai dua drum, yang satu untuk menggulung/mengulur *mainline* dan yang lain untuk menggulung/mengulur *haulback*. Bila *mainline* diulur dan *haulback* digulung oleh tenaga mesin maka *ckoker* bergerak ke arah kayu yang akan ditarik. Setelah *ckoker* dililitkan pada kayu, *mainline* digulung dan *haulback* diulur sehingga kayu ditarik ke arah mesin/yarder/tempat pengumpulan kayu (Studier and Binkley, 1974). Akibat pengoperasian alat ini biasanya tegakan tinggal rusak berat dan tanah banyak yang tergerus oleh kayu yang disarad pada permukaan tanah.

Alat ini sudah mempunyai banyak variasi dari desain awalnya walaupun prinsip dasar *highlead* tetap digunakan. Jenis yang sudah banyak dioperasikan dan diberi nama baru antara lain adalah *mobil yarder loader*, *yarding crane* dan *jammer*. Jarak sarad (*yarding distance*) alat ini bisa sampai 1.000-1.200 ft tetapi jarak paling efisien adalah sekitar 700 ft. Jarak sarad yang pendek ini menuntut pembuatan jalan hutan yang banyak sehingga menambah biaya total pemanenan dan mengurangi lahan hutan produktif (Conway, 1979).

2. *Skyline*

Menurut Conway (1979), *skyline* (kabel layang) adalah kabel yang terpasang di antara dua atau lebih titik. Titik dimaksud dapat berupa pohon, tunggak atau tiang buatan. Sistem kabel layang memindahkan kayu dari daerah tiang terluar (*tail tree*) ke daerah tiang terdalam (*head tree/spar tee*) pada mesin (*yarder*). Sistem ini mempunyai komponen yang hampir sama dengan *highlead*. Perbedaan utama adalah adanya kabel layang (*skyline*), sedang komponen lain adalah sama seperti kabel utama (*mainline*), kabel penarik mundur (*haulback*), *ckoker* dan katrol-katrol.

Bila kabel layang terpasang di antara dua tiang saja maka terdapat hanya satu rentangan kabel dan sistem demikian disebut *single-span skyline*. Bila di antara dua tiang terluar masih ada tiang lain untuk menopang kabel layang sehingga terdapat lebih dari satu rentangan kabel maka sistem demikian disebut *multiple-span skyline*. Sistem yang pertama merupakan sistem yang terbanyak digunakan di lapangan (Conway, 1979).

Pengelompokan lain dapat juga dilakukan dengan dasar perbedaan gerakan. Bila rentangan kabel di antara dua tiang, kedua ujungnya dipasang dalam posisi tetap sehingga kabel tak bias bergerak, sistem disebut *standing* atau *tight skyline*. Bila kabel layang dapat digerakkan naik-turun atau kendur-kencang (*live*) maka sistem disebut *slackline*. Jenis ketiga disebut *running skyline* yang tidak murni menggunakan kabel layang seperti kedua jenis terdahulu, melainkan kereta muatannya terpasang pada kabel penarik mundur (*haulback*) dan kedua *haulback* dan *mainline* yang secara bersama-sama mengangkat muatan (Conway, 1979).

Di AS, jenis kabel layang ini sudah mengalami pengembangan sangat luas sehingga nama-nama alat yang ada sekarang sudah sangat banyak yang disesuaikan dengan komponen yang dimodifikasi, cara pengontrolan operasi, jenis kereta, perusahaan pembuatnya dan lain-lain. Sebagai contoh, pengembangan *running skyline (r.s.)* telah menghasilkan banyak nama baru seperti yang disebut *r.s. with mechanical slackpulling*, *r.s. with mechanical grapple*, *r.s. with remote control grapple*, *r.s. with ckoker Grabinski* dan lain-lain (Studier and Binkley, 1991).

Dengan sistem kabel layang di mana kabelnya direntang dari satu titik (*spar tree* di tempat mesin penggerak/*yarder* berada dan menjadi tempat tujuan pemindahan kayu) ke titik lain (*tail tree* di tempat asal pemindahan kayu), maka keadaan lapangan di antara kedua titik tidak begitu penting asalkan terbuka, tanpa cembungan atau bukit. Dengan demikian alat jenis ini sangat cocok untuk daerah yang medannya berat seperti adanya jurang, sungai, lembah dan sebagainya.

Di Eropa, perkembangan teknologi sistem kabel hampir sama dengan di AS. Dalam perkembangan pada dekade terakhir ini, sistem kabel dari Eropa mengarah ke ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem kabel buatan AS sehingga mobilitasnya lebih tinggi dan harganya lebih murah. Salah satu contoh sistem kabel dari Eropa adalah Koller 300 buatan Austria yang digerakkan oleh mesin kecil hanya berkekuatan 50 HP.

Di Malaysia telah dikembangkan sistem kabel terintegrasi dengan alat ekskavator dan alatnya diberi nama *Rimbaka Timber Harvester*. Pada ekskavator (tenaga mesin 227 HP) dipasang penggulung kabel (*drum*) yang digerakkan oleh tenaga mesin ekskavator dan tiang besi (*boom*) di atas lengan ekskavator. Tiang ini, yang dilengkapi dengan katrol (*roller*) di ujung atasnya, berfungsi sebagai tiang utama (*beadspar*) dalam sistem kabel. Kabel diulur dari gulungan ke katrol lalu ditarik ke kayu yang akan ditarik. Setelah kayu diikat dengan kabel tersebut, kabel digulung dan kayu ikut dibawa ke dekat alat/eksavator. Alat ini mampu menarik kayu seberat 28 ton pada jarak tarik 150 m dengan tingkat kerusakan hutan dan tanah yang sangat minimal sehingga alat ini diklaim pembuatnya sebagai alat yang ramah lingkungan (Anonim, 2001). Perkembangan terakhir adalah adanya rekayasa lain yang hampir serupa tetapi dengan mesin yang lebih kecil dan tiang lebih pendek sehingga gerakannya lebih lincah. Alat tersebut yang diberi nama *Logfisher* dikembangkan oleh *Logfisher International SDN.BHD* Johor, Malaysia dan telah dioperasikan dan telah berhasil mengeluarkan kayu dengan baik dari daerah-daerah sulit, terutama jurang dan lereng-lereng terjal dengan efektif, biaya relatif murah dan kerusakan lingkungan sedikit.

B. Nasional

Upaya meneliti dan mengembangkan sistem kabel untuk pemanenan hutan di Indonesia sudah dimulai sejak tahun 1975 oleh Pusat Litbang Hasil Hutan (dulu bernama Lembaga Penelitian Hasil Hutan) Bogor. Sistem kabel yang direkayasa dan diujicoba disebut Sistem Kabel Layang Gaya Berat yang diujicoba di Sukabumi (1975), Lawu Ds (1976) dan Pekalongan Barat (1976) (Anonim, 1982). Karena gerak kayu kurang terkendali maka alat disempurnakan dengan menambah rem sehingga alat disebut Sistem Kabel Layang Gaya Berat Berrem yang diujicoba di Pekalongan Barat. Berdasarkan ujicoba tersebut disimpulkan bahwa hasilnya cukup baik (Basari, dkk., 1998).

Pada tahun 1996, di daerah Lawu Ds, Jawa Timur diujicoba penggunaan sistem kabel merek Isuzu (buatan Jepang) dengan mesin yarder 115 HP. Hasilnya cukup baik dilihat dari tingkat produktivitas, biaya dan gangguan lingkungan (Basari, dkk., 1997). Tahun 2001 diujicoba alat impor sistem kabel lain, yaitu Iwafuji (tenaga 115 HP) di daerah Garut, Jawa Barat. Hasilnya hampir sama dengan hasil sistem kabel Isuzu di atas (Basari, 2002).

Pada awal tahun 1990-an, PT Sumalindo Lestai Jaya (SLJ) -- satu HPH di Kalimantan Timur, mencoba mengoperasikan kabel layang agak kecil, yaitu Koller 300 (tenaga 50 HP, buatan Austria) dengan bimbingan tenaga ahli dari AS dan pendampingan dari peneliti Pusat Litbang Hasil Hutan (P3HH), Bogor. Hasilnya cukup baik, hanya produktivitasnya belum optimal karena tenaga perencana dan operator kurang berpengalaman (Dulsalam dan Tinambunan, 1998a). Kemudian dicoba menggunakan sistem kabel yang lebih besar, yaitu merek Thunderbid 70 (tenaga 120 HP, buatan AS). Kesimpulan dari percobaan penggunaan alat tersebut adalah alatnya terlalu besar, biayanya mahal dan tenaga untuk mengoperasikannya perlu ketrampilan tinggi (yang belum ada di Indonesia saat itu). Secara fisik dan sosial sebenarnya alat tersebut dapat diterima dengan baik, hanya diperlukan peningkatan kemampuan perencanaan dan pengoperasian dari sumberdaya manusia yang menanganinya (Anonim, 1995; Anonim, 1996; Dulsalam, dkk., 1995; dan Aulerich, 1996).

Di Pusat Litbang Hasil Hutan, Bogor sendiri rekayasa alat sistem kabel sederhana sudah dimulai sejak tahun 1995 yang diberi nama sistem kabel P3HH20 yang mempunyai mesin dengan tenaga 20 HP. Hasil ujicoba pengoperasiannya di daerah Sukabumi, Jawa Barat menunjukkan bahwa alat ini cukup menjanjikan, hanya produktivitasnya masih rendah karena tenaga mesinnya terlalu kecil dan ada beberapa kelemahan kecil-kecil lainnya (Dulsalam, dkk., 1997). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka mesinnya diganti dengan mesin bertenaga 24 HP sehingga namanya disebut sistem kabel P3HH24 dan dilakukan perbaikan kecil-kecil lainnya. Alat ini sudah diujicoba di KPH Pekalongan Barat tahun 2002 dan di KPH Sukabumi tahun 2003 dengan hasil lumayan baik. Produktivitas sudah memadai dan biaya produksi per satuan volume kayu lebih rendah dari tarif yang biasa digunakan di daerah bersangkutan (Sukadaryati dan Dulsalam, 2006). Kelemahan kecil-kecil memang masih ada dan perlu disempurnakan lebih lanjut.

Alat sistem kabel lain yang direkayasa dan diujicoba P3HH Bogor adalah alat serbaguna EXP2000. Alat ini merupakan sistem kabel kecil dan sederhana, dibuat untuk mengeluarkan kayu yang relatif kecil (hasil hutan tanaman atau hutan rakyat) dari medan yang sulit/berat. Semula digunakan mesin berkekuatan 11 HP dan diujicoba beroperasi di lapangan. Hasilnya menunjukkan produktivitas sangat rendah karena tenaga mesinnya terlalu kecil. Selanjutnya mesinnya diganti dengan mesin 24 HP, diperbaiki di sana-sini serta fungsinya ditambah dengan muat/bongkar muatan kayu. Alat ini telah diujicoba di daerah Parung Panjang, Bogor dan daerah Sukabumi dengan hasil yang sudah cukup baik dilihat dari segi produktivitas, biaya dan kemudahan pengoperasiannya. Untuk selanjutnya, alat ini akan dilengkapi dengan alat bantu lain untuk menggergaji kayu yang perlu diolah di hutan sebelum diangkut ke lokasi penggunaan/pengolahan lanjutan. Dengan kelengkapan ini diharapkan nama yang diberikan kepada alat ini, yaitu alat serbaguna, dapat diaktualkan di lapangan (Wesman, dkk., 2003).

IV. KELEBIHAN DAN KEKURANGAN SISTEM KABEL

Menurut Conway (1979), sistem kabel bukanlah satu-satunya sistem yang ramah terhadap lingkungan dan juga ia tidak dapat menggantikan seluruh operasi penyaradan kayu di permukaan tanah (*ground skidding, tractive system*). Dalam kenyataan, kedua sistem tidak dapat dibandingkan. Kondisi eksternal dan internal di mana keduanya beroperasi adalah sangat berbeda.

Salah satu kelebihan sistem kabel adalah kenyataan bahwa kemiringan lapangan (*slope*) tidak masalah dalam pengoperasiannya. Penyaradan di permukaan tanah dengan traktor dapat dilakukan pada kemiringan lapangan sampai 50%, sedang sistem kabel dapat digunakan di semua keadaan permukaan tanah dari datar sampai kemiringan 100% walaupun tanah datar bukanlah kondisi terbaik untuk sistem kabel. Pada tanah miring, kelebihan sistem kabel sangat nyata karena pembangunan jalan sarad tidak perlu dan bila digunakan sistem kabel yang tepat, kayu dapat diangkat seluruhnya di atas tanah (*fully suspended*) sehingga kerusakan tanah hampir tidak ada. Di samping itu, sistem kabel dapat juga beroperasi dengan baik pada tanah basah/becek di mana penyaradan di permukaan tanah (dengan traktor atau alat penyarad lain) sangat sulit atau tidak mungkin dilaksanakan.

Mesin (*yarder*) yang besar pada sistem kabel biasanya mempunyai tenaga yang lebih besar dibanding dengan mesin penyarad terbesar sekalipun. Mesin yang besar tersebut menyebabkan mobilitasnya rendah. Memang bisa dipindah-pindah (*portable*) tetapi tidak semudah/selincih alat sarad di permukaan tanah.

Ukuran alat menentukan penggunaannya. Mesin sistem kabel dalam operasinya adalah dengan dasar posisi tetap (*stationary base*). Karena mesin tersebut tidak perlu bergerak mendekati kayu yang akan dikeluarkan, alat tersebut dapat dioperasikan dalam segala keadaan cuaca.

Modal awal dalam pengadaan sistem kabel biasanya cukup tinggi. Biaya awal yang besar ditambah alatnya juga besar menyebabkan biaya tetapnya (*fixed costs*) dan biaya pemindahan serta pemasangan di tempat baru juga besar. Di samping itu, biaya operasinya (*operating costs*) juga cukup mahal. Tenaga kerja pada sistem kabel lebih banyak dibanding pada sistem penyaradan di permukaan tanah, ditambah lagi adanya berbagai alat perlengkapan seperti kabel-kabel, katrol-katrol dan macam-macam alat pendukung lain yang tidak diperlukan pada sistem penyaradan di permukaan tanah.

Perbedaan antara sistem kabel dan sistem penyaradan dengan traktor dalam mengeluarkan kayu jelas cukup banyak namun perbedaan tersebut tidak mengarah kepada kesimpulan bahwa yang satu lebih baik dari yang lain. Masing-masing mempunyai penggunaan yang baik untuk keadaan yang sesuai dengan persyaratan yang diperlukan alat bersangkutan. Yang potensial menjadi masalah adalah bila satu sistem digunakan untuk semua situasi dan kondisi lapangan sehingga operasinya tidak efektif, efisiensinya rendah dan menimbulkan gangguan lingkungan yang berat.

Menurut Stenzel, *et al.* (1985), pemanenan kayu dengan sistem kabel mempunyai kelebihan (*advantages*) dan kekurangan (*disadvantages*) dibandingkan dengan sistem penyaradan di permukaan tanah (*tractive system*). Kelebihannya antara lain:

- 1) Sistem kabel dapat mengeluarkan kayu pada medan di mana traktor tidak bisa. Pada tanah rawa, lumpur, berbatu-batu, kemiringan curam dan topografi tak teratur, kayunya dapat dikeluarkan dengan sistem kabel.
- 2) Sistem kabel mampu beroperasi ke segala arah lereng, yaitu ke atas, ke bawah dan mengikuti kontur. Traktor dan hewan dapat beroperasi dengan efisien hanya pada penyaradan ke arah bawah atau medan datar.
- 3) Sistem kabel dapat dioperasikan dalam semua kondisi cuaca. Untuk tipe tanah tertentu, penyaradan di permukaan tanah hanya dapat dilakukan pada musim kering.
- 4) Sistem kabel menimbulkan gangguan tanah jauh lebih sedikit dibanding sistem traktor. Traktor beroda besi (*crawler*) mengganggu permukaan tanah, memadatkan tanah (pada jalan sarad) dengan akibat berkurangnya laju infiltrasi air serta memperbesar aliran air permukaan dan erosi tanah.
- 5) Karena mesin (*yarder*) beroperasi dengan posisi stasioner, mesin yang lebih besar dengan tenaga yang besar dapat digunakan, dengan akibat kecepatan mengeluarkan kayu lebih tinggi.

Penelitian Basari, dkk. (1997) dengan menggunakan sistem kabel Isuzu (115 HP) di Jawa Timur menunjukkan bahwa gangguan keterbukaan tanah hutan adalah kecil, yaitu hanya 1,8%. Sedangkan menurut Dulsalam dan Tinambunan (1998b), pengoperasian sistem kabel di hutan produksi terbatas ternyata hasilnya baik, yaitu tidak merusak kayu yang dikeluarkan dan tidak merusak tanah di lantai hutan. Pengoperasian sistem kabel agak besar, yaitu Thunderbird TTY-70 di areal SLJ Kalimantan Timur juga menunjukkan efek penggunaan sistem tersebut jauh lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan traktor bulldoser. Hal tersebut dapat dilihat dari keterbukaan tanah yang rendah (1,1%), tingkat erosi jauh lebih rendah (7,34 ton/ha/tahun) dan gangguan terhadap tegakan tinggal juga rendah (13-17%). Di samping itu bahan bakar lebih hemat dari traktor, kebutuhan pembangunan jalan lebih sedikit dan tingkat penggunaan mesin adalah tinggi (Anonim, 1996).

Untuk sistem kabel agak kecil seperti Koller 300 pada ujicoba di areal SLJ Kalimantan Timur, dicatat beberapa kelebihan, antara lain: (1) Alat dapat dioperasikan di medan yang berat; (2) Jangkauan ekstraksi kayu relatif besar dengan tidak menimbulkan gangguan pergeseran dan pemadatan tanah; (3) Pada topografi curam, ekstraksi kayu cenderung lebih cepat; (4) Hemat bahan bakar; (5) Operasinya tidak dipengaruhi cuaca; dan (6) Suku cadangnya ringan-ringan karena ukurannya kecil-kecil (Anonim, 1995).

Ada juga beberapa kekurangan sistem kabel, antara lain (Stenzel, *et al.*, 1985):

- 1) Jarak pengeluaran kayu dibatasi oleh kapasitas kabel dari drum gulungan kabel. Untuk sistem penyaradan dengan traktor tidak ada pembatasan fisik jarak sarad, yang ada adalah pembatasan ekonomi.
- 2) Sistem kabel *highlead* yang merupakan jenis terbanyak digunakan, hanya cocok untuk operasi tebang habis. Sewaktu menggerakkan/mengeluarkan kayu, kayunya tergeser atau terguling ke samping sehingga merusak tanah dan tegakan tinggal.
- 3) Kecuali *grapple yarding*, sistem kabel memerlukan lebih banyak tenaga kerja daripada traktor sehingga menimbulkan biaya upah yang lebih besar per satuan produksi. Namun hal ini kadang-kadang diimbangi oleh biaya yang lebih tinggi akibat penyusutan, pemeliharaan dan reparasi traktor.

- 4) Biaya pemindahan, pemasangan di tempat baru dan pemindahan arah pengeluaran kayu adalah tetap per satuan luas tanpa terpengaruh oleh volume yang dikeluarkan per satuan luas. Akibatnya biaya per satuan volume meningkat bila volume per satuan luas menurun. Traktor lebih ekonomis bila volume kayu per satuan luas yang dikeluarkan relatif kecil.

Pada percobaan pengoperasian sistem kabel agak kecil, yaitu Koller 300 di areal SLJ Kalimantan Timur, terlihat beberapa kelemahan sistem kabel, antara lain: (1) Memerlukan ketrampilan tenaga kerja yang tinggi; (2) Suku cadang sukar diperoleh; (3) Memerlukan banyak tenaga kerja; dan (4) Memerlukan tenaga ahli khusus untuk keperluan perbaikan (Anonim, 1995). Di samping itu, menurut Aulerich (1996), dalam penggunaan sistem kabel, prasyarat utama adalah adanya keahlian untuk merencanakan dan menguasai teknik pemasangan serta pengoperasian dengan baik karena kedua hal tersebut merupakan faktor terpenting yang menentukan berhasil-tidaknya penggunaan sistem kabel.

V. UPAYA YANG DIPERLUKAN UNTUK MEMANFAATKAN KELEBIHAN SISTEM KABEL DI INDONESIA

Penggunaan sistem kabel sudah pernah dilakukan beberapa pengusaha hutan di Indonesia pada akhir tahun 1960-an. Dalam operasinya, alat tersebut menimbulkan kerusakan tegakan tinggal dan tanah hutan yang parah sehingga pemerintah waktu itu langsung melarang penggunaan semua sistem kabel di Indonesia. Rupanya tipe yang digunakan waktu itu adalah *bigblead* yang cara kerjanya adalah dengan menyeret kayu di permukaan tanah. Pemahaman akan adanya berbagai tipe sistem kabel pada waktu itu di Indonesia masih sangat kurang sehingga dianggap semua sistem kabel akan merusak seperti *bigblead*.

Pada awal tahun 1990-an, setelah melalui berbagai penjelasan dan seminar dengan mengundang ahli sistem kabel dari AS yang didampingi peneliti dari P3HH Bogor, pemerintah mengizinkan SLJ Kalimantan Timur untuk menggunakan sistem kabel untuk memanen hutan di areal mereka sebagai pilot proyek dengan bimbingan ahli dari AS dan pendampingan dari peneliti P3HH Bogor. Pelaksanaan dan hasilnya adalah baik seperti dikemukakan pada Bab IIIB. Namun entah bagaimana, pengoperasian sistem kabel ini terhenti sejak pertengahan tahun 1990-an.

Perkembangan penggunaan sistem kabel di arena internasional sangat baik, penelitian-penelitian di tingkat nasional menunjukkan hasil baik dan pilot proyek di SLJ Kalimantan Timur juga menunjukkan hasil baik, seperti diuraikan pada bab-bab terdahulu (Bab II sampai IV), sehingga dapat dikatakan bahwa sistem kabel sebenarnya sangat sesuai dengan kondisi hutan alam Indonesia. Namun penggunaan system tersebut terhenti sejak pertengahan tahun 1990-an. Tampaknya Indonesia menghadapi beberapa masalah dalam penggunaan sistem ini antara lain adalah berbagai kenyataan berikut. Penguasaan teknis perencanaan lapangan dan pengoperasian system kabel sangat kurang, pemahaman aspek ekonomi pengoperasian alat tersebut belum memadai, institusi yang secara jelas ditetapkan untuk menangani masalah peralatan kehutanan seperti sistem kabel tidak jelas, sumberdaya manusia yang menguasai teknologi sistem

kabel hampir tidak ada, kegiatan penelitian dan pengembangan mengenai alat tersebut sangat kurang, peraturan menyangkut peralatan kehutanan sangat kurang, kesadaran dan kemauan para pihak terkait belum terbangun dan pemasyarakatan peralatan kehutanan sangat kurang.

Agar dapat memanfaatkan kelebihan sistem kabel yang sudah terbukti di berbagai negara di dunia dan juga ditunjukkan oleh berbagai hasil penelitian di Indonesia maka perlu diambil suatu kebijakan strategis yang mantap, mencakup berbagai aspek berikut

A. Aspek Teknis

Keadaan fisik hutan alam yang masih ada dewasa ini di Indonesia menunjukkan bahwa sistem kabel adalah yang lebih sesuai digunakan. Namun teknologi sistem kabel adalah lebih sulit dibandingkan dengan peralatan penyaradan di permukaan tanah seperti traktor. Selain itu, sistem kabel memerlukan berbagai syarat teknis tertentu agar dapat beroperasi dengan baik. Oleh karena itu diperlukan upaya nyata agar penguasaan aspek teknis peralatan tersebut berkembang sehingga investasi yang biasanya cukup besar dalam pengadaan sistem kabel dapat menguntungkan.

B. Sumber Daya Manusia

Perlu dibangun sumberdaya manusia yang andal yang mampu ditempatkan dan berperan baik mulai dari penentu kebijakan, pembuat peraturan, pengarah pelaksanaan, pengusaha hutan, pelaksana pemanenan (perencana, pengawas dan pelaksana), dan komponen-komponen lain yang terkait. Sumberdaya manusia yang sudah dibangun sehingga menguasai teknologi sistem kabel dengan baik, hendaknya ditempatkan dan difungsikan serta dihargai di tempat yang sesuai secara berkesinambungan.

C. Kelembagaan

Perlu membangun kelembagaan untuk menangani berbagai aspek penggunaan peralatan kehutanan, termasuk sistem kabel, mulai dari organisasi (pusat, daerah, local), peraturan-peraturan sampai pengawasan sehingga sistem kabel dapat terencana, terpacu, terbina, terkontrol dan terevaluasi dengan baik sepanjang waktu dalam pengoperasiannya. Dengan demikian berbagai kesulitan yang mungkin timbul dapat segera diatasi dan upaya penyempurnaan operasi dapat terus-menerus dilakukan.

D. Penelitian dan Pengembangan

Perlu membangun dan meningkatkan kegiatan penelitian dan pengembangan di bidang alat-alat pemanenan hutan, termasuk sistem kabel, dengan cara membangun tenaga peneliti yang andal, laboratorium peralatan, menyediakan sarana dan prasarana yang memadai, organisasi yang mantap, pendanaan yang cukup dan pengelolaan penelitian (manajemen) yang baik.

E. Pengaturan yang Baik dan Ketat

Perlu dibuat peraturan yang baik dan ketat yang bersifat mendorong untuk menggunakan sistem kabel untuk memanen hutan di medan dengan kondisi tertentu seperti lereng curam, daerah jurang, tanah basah/becek dan sebagainya. Untuk areal

seperti itu tidak diperbolehkan menggunakan sistem penyaradan di permukaan tanah (seperti traktor) karena akan merusak tanah dan tegakan serta sangat berbahaya bagi pekerja. Dalam keadaan demikian, pelaksana pemanenan harus menggunakan sistem kabel.

F. Kesadaran dan Kemauan Para Pihak Terkait

Membangkitkan dan membangun kesadaran dan kemauan semua pihak terkait dengan peralatan, termasuk sistem kabel, dalam pemanenan hutan alam agar mereka mau secara proaktif menggali dan memanfaatkan potensi sistem kabel tersebut bagi perbaikan dan kemajuan pengelolaan hutan alam Indonesia.

G. Pemasarakatan Sistem Kabel

Merencanakan dan melaksanakan program pemasarakatan sistem kabel secara intensif ke semua pihak terkait, termasuk masyarakat sekitar hutan agar mereka semua betul-betul mengenal dan kalau bisa ikut dalam pengoperasiannya. Hal ini sangat penting karena sekarang ini, teknologi sistem kabel masih asing bagi masyarakat luas di Indonesia, termasuk para rimbawan.

VI. KESIMPULAN

Dari uraian berbagai aspek keberadaan hutan alam Indonesia dewasa ini dan perkembangan teknologi sistem kabel di dalam dan luar negeri, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dan saran berikut:

1. Kondisi hutan alam Indonesia yang tersisa dewasa ini sudah tidak sesuai lagi untuk dipanen dengan menggunakan sistem penyaradan di permukaan tanah (sistem traktor) terutama karena keadaan medannya berat, jaringan jalan minim, kerusakan tegakan tinggal dan tanah akan besar, berbahaya bagi pekerja dan kesadaran lingkungan sudah tinggi.
2. Di tingkat internasional, sistem kabel sudah lama berkembang pesat dan sudah sangat banyak tipe dikembangkan, diaplikasikan dan dipasarkan. Negara-negara lain, terutama Negara maju, sudah lama menikmati kelebihan dari teknologi sistem kabel, mulai dari perusahaan-perusahaan besar sampai pengelola hutan rakyat.
3. Di Indonesia, sistem kabel sudah mulai ada yang mengoperasikan pada akhir tahun 1960-an, ada ujicoba pada dekade 1990-an dan ada beberapa penelitian sejak pertengahan tahun 1980-an. Semua ujicoba dan penelitian menunjukkan hasil yang cukup baik walaupun tenaga kerjanya belum berpengalaman atau masih tahap belajar. Namun sekarang ini tidak ada pelaksana pemanenan hutan yang menggunakan sistem kabel.
4. Dengan menimbang kelebihan dan kekurangan sistem kabel, terlihat bahwa sebenarnya jauh lebih banyak kelebihannya, terutama bila dioperasikan di medan yang berat atau basah/becek. Syaratnya adalah alat yang digunakan harus dari tipe dan ukuran yang sesuai dengan tuntutan tempat operasi, penggunaannya harus direncanakan dengan baik dan dioperasikan oleh tenaga-tenaga kerja terlatih baik untuk itu serta supervisi dan pengawasan yang baik.

5. Untuk dapat memanfaatkan kelebihan sistem kabel dalam pemanenan hutan alam Indonesia, diperlukan upaya nyata untuk membangun kemampuan menggunakan sistem kabel dengan cakupan yang meliputi penguasaan aspek teknis, pembangunan sumberdaya manusia, pembangunan kelembagaan (institusi, peraturan dan lain-lain), peningkatan penelitian dan pengembangan, pembuatan peraturan yang baik dan ketat, pembangunan kesadaran dan kemauan pihak terkait serta pemasyarakatan sistem kabel. Upaya-upaya tersebut harus betul-betul direncanakan dan dioperasikan dengan penuh kesungguhan dan berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1982. Sistem kabel gaya berat dengan rem. Leaflet. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- _____. 1995. Laporan penelitian sistem skyline di areal TJTI. Kerjasama penelitian antara PT Sumalindo Lestari Jaya dan Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan. Bogor.
- _____. 1996. Panduan diskusi hasil ujicoba penggunaan skyline system pada pembalakan hutan di areal PT Sumalindo Lestari Jaya, Kalimantan Timur. PT Sumalindo Lestari Jaya. Jakarta.
- _____. 2001. Rimbaka Timber Harvester. Brosur. Rimbaka Timber Envi-Harvester Bhd. Kuala Lumpur.
- Aulerich, E. 1996. Cable Logging Planning. Bahan Diskusi Sistem Kabel di Samarinda, tanggal 30-31 Januari 1996. PT Sumalindo Lestari Jaya. Jakarta.
- Basari, Z., D. Sumanto dan W. Endom. 1997. Analisis produktivitas kerja ekstraksi kayu dengan sistem kabel layang dalam sistem tebang habis di hutan Jawa Timur. Bul. Penelitian Hasil Hutan 15(3):169-189. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- _____, W. Endom dan M. Sinaga. 1998. Ekstraksi kayu dengan sistem kabel layang gaya berat ber-rem di areal hutan tusam KPH Pekalongan Barat Perum Perhutani Jawa Tengah. Bul. Penelitian Hasil Hutan 15(6):371-384. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan. Bogor.
- _____. 2002. Produktivitas pengeluaran dolok kayu tusam dengan sistem kabel layang Iwafuji 115. Bul. Penelitian Hasil Hutan 20(1):20-34. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Conway, S. 1979. Logging Practices. Principles of Timber Harvesting Systems. Miller Freeman Publications, Inc. San Fransisco.

- Dulsalam, M.M. Idris dan W. Endom. 1997. Produktivitas dan biaya pengeluaran kayu dengan sistem kabel P3HH20. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 15(3):151-161. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- _____, M.M. Idris dan D. Tinambunan. 1995. Penggunaan sistem kabel layang Koller 300 untuk pengeluaran kayu. Makalah pada Ekspose Hasil Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan di Bogor tanggal 4 Desember 1995.
- _____, dan D. Tinambunan. 1998a. Studi kasus produktivitas dan biaya pengeluaran kayu dengan sistem kabel layang Koller 300. *Bul. Penelitian Hasil Hutan* 15(8):449-462. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan. Bogor.
- _____, dan D. Tinambunan. 1998b. Pengeluaran kayu dengan sistem kabel layang di hutan produksi terbatas. *Info Hasil Hutan* 5(1):11-27. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosek Kehutanan. Bogor.
- _____, S. Suhartana, D. Tinambunan, M. Sinaga dan Sukadaryati. 2000. Penebangan pohon yang efisien dengan kerusakan tegakan tinggal yang minimal. Laporan Hasil Penelitian, Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor. (tidak diterbitkan).
- _____, dan D. Tinambunan. 2002. Uji coba pengeluaran kayu di hutan tanaman Pulau Laut dengan sistem kabel layang P3HH20 yang disempurnakan. *Bul. Penel. Hasil Hutan* 20(4):313-331. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Endom, W., S. Tohjaya dan Y. Sugilar. 2003. Peningkatan produktivitas kerja alat muat-sarad serbaguna EXP2000 hasil perbaikan. *Jur. Penelitian Hasil Hutan* 21(3):277-289. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Rachmat, M. dan Y. Ruslim. 2002. Produktivitas beberapa cara penyaradan pada hak pengusahaan hutan di Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Teknologi Hasil Hutan di Bogor, 19 Desember 2002*. Hlm.: 21-30. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Sianturi, A., I. Surianegara, R.S. Suparto dan S. Manan. 1984. Faktor eksploitasi di hutan alam dipterokarpa Pulau Laut. *Jur. Penel. Hasil Hutan* 1(1):1-10. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Stenzel, G., T.A. Walbridge Jr. and J.K. Pearce. 1985. *Logging and Pulpwood Production*. John Willey & Sons. New York.
- Studier, D.D. and V.W. Binkley. 1991. *Cable Logging Systems*. Division of Timber Management, USDA Forest Service. Portland.

- Suhartana, S. 1996. Dampak penyaradan kayu terhadap terjadinya keterbukaan lahan di kawasan dua perusahaan hutan di Riau. *Bul. Penel. Hasil Hutan* 14(2):52-59. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- _____. dan Dulsalam. 1996. Penebangan serendah mungkin untuk meningkatkan produksi kayu: Studi kasus di dua perusahaan hutan di Kalimantan Timur. *Bul. Penel. Hasil Hutan* 14(9):374-381. Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- _____, Dulsalam dan Sukadaryati. 2002. Penyaradan berwawasan lingkungan untuk minimasi kerusakan hutan dan biaya di hutan produksi alam. Laporan Hasil Penelitian, Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor. (tidak diterbitkan).
- Sukadaryati, Dulsalam dan M. Sinaga. 2002. Kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lahan, pergeseran tanah dan biaya pada penyaradan terkendali. *Bul. Penel. Hasil Hutan* 20(5):379-399. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- _____. dan Dulsalam. 2006. Pengeluaran kayu dengan sistem kabel layang P3HH24 di hutan tanaman KPH Bojong Lopang, Sukabumi. Konsep naskah untuk Jur. Penelitian Hasil Hutan. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.
- Tinambunan, D. 1988a. Masalah pemadatan tanah dalam pengelolaan hutan. *Duta Rimba* No. 99-100/XIV/88, hlm. 1-9. Perum Perhutani. Jakarta.
- _____. 1988b. Potensi jalan hutan dalam akselerasi erosi tanah di Kalimantan Barat. *Jur. Penel. Hasil Hutan* 5(3):104-117. Pusat Litbang Hasil Hutan. Bogor.