UJI COBA PENGGUNAAN MESIN EXPO-2000 MODIFIKASI UNTUK PENGELUARAN KAYU PINUS DI GUNUNG GADOG, NYALINDUNG, SUKABUMI

*(Trial of Modified Expo-2000 Machine for Extracting Pine Log in
Mountain of Gadog, Sub District Nyalindung, Sukabumi)*

Oleh/By:
Wesman Endom¹

¹ Pusat Litbang Hasil Hutan, Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor Tlp/Fax: 86333413-8633378

Diterima 30 April 2008; disetujui 16 Juni 2008

ABSTRACT

In 2007, the wood extraction machine of Expo-2000 was modified to be more simple, smaller and having similar power. This modification was needed in anticipating the operation in the field of very low accessibility. This trial was done in pine forest that is still tapping, located in Gadog Mountain, Bojongkalong Village, Sub District of Nyalindung, Sukabumi.

The results showed that the performance of modified machine of Expo-2000 was better with average productivity of 8.38 m³.hm/ hour. However, it still needs some technical improvement i.e. (1) Carriage model to transport logs with new lock of kito scissor model, (2) Provide of special tower and equipment for removing carriage from one cable to another line and (3) Skyline support that easy to set-up and remove. The financial analysis using investment of Rp 40 million and rent rate of Rp 9,000/ m³.hm resulted the NPV and IRR of Rp 40,409,449 and 26.52%, consecutively.

Keywords: Modified Expo-2000, extraction equipment, productivity, operational cost, skyline system

ABSTRAK

Pada tahun 2007 mesin Expo-2000 dimodifikasi menjadi lebih sederhana, berukuran kecil dan tenaga setara. Modifikasi ini diperlukan untuk mengantisipasi kondisi lapangan yang aksesibilitasnya rendah. Uji coba dilakukan pada tegakan pinus yang saat ini masih disadap getahnya, berada di Gunung Gadog, Desa Bojongkalong, Kecamatan Nyalindung, Sukabumi.

Hasil uji coba memperlihatkan kinerja mesin cukup baik dengan produktivitas pengeluaran kayu rata-rata 8,38 m³.hm/jam. Namun demikian diperlukan beberapa perbaikan teknis yaitu (1) Kereta kabel layang untuk mengangkut kayu dengan sistem pengunci kito model gunting, (2) Penyiapan tiang-tiang dan pemindah kereta angkut kabel layang dari jalur kabel yang satu ke kabel yang lain serta (3) Penyangga kabel layang yang mudah dipasang -bongkar. Analisis finansial dengan biaya investasi sekitar Rp 40 juta dan biaya sewa Rp 9.000/m³.hm mendapatkan nilai NPV dan IRR berturut-turut Rp 40.409.449 dan 26,52%.

Kata kunci: Modifikasi Expo-2000, alat pembalakan, produktivitas, biaya operasional, sistem kabel layang

I. PENDAHULUAN

Mesin Expo-2000 yang dibuat pada tahun 2000 terus diperbaiki dan dikembangkan. Hal ini diperlukan sebagai antisipasi terhadap penyesuaian kondisi lapangan yang berbeda sifat, besaran serta permasalahan yang dihadapinya. Pada tahun 2007 ini misalnya, kegiatan pengeluaran kayu berada pada daerah yang sulit dan aksesibilitasnya rendah, sehingga mesin Expo-2000 tidak dapat dibawa dan dipergunakan untuk operasi pengeluaran kayu dengan sistem kabel layang karena mesin Expo-2000 perlu jalan kendaraan roda empat.

Berkenaan dengan itu perlu dibangun prototipe alat sejenis yang lebih luwes, berukuran lebih kecil, mudah dipindah dan dibawa namun tetap memiliki daya yang sama. Sebagaimana dimaklumi banyak lokasi areal tebangan kini umumnya memiliki aksesibilitas rendah. Contoh lokasi seperti ini sebagaimana terjadi pada lokasi uji coba yang tempatnya berada di petak 42 Gunung Gadog, Kampung Cigalasar, Kecamatan Nyalindung, Kabupaten Sukabumi.

Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap uji coba penggunaan prototipe modifikasi Expo-2000, yang diharapkan mampu dipakai untuk pengeluaran kayu pada medan sulit dan aksesibilitas rendah. Kendati demikian rancang bangun alat harus tetap memperhatikan kaedah keamanan, mudah dalam penanganan, efektif dan efisien.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober - Nopember 2007 di kawasan hutan KPH Sukabumi, Propinsi Jawa Barat. Lokasi pengumpulan kayu sementara berada pada jarak sekitar 300 m dari pinggir jalan hutan dan kayu dari situ kemudian diangkut hingga pinggir jalan angkutan. Lokasi penebangan pinus di Gunung Gadog berjarak sekitar 0,85 km dari tempat penebangan ke tempat pengumpulan kayu di mana kemudian kayu diangkut dengan sepeda motor ke pinggir jalan. Jarak penarikan kayu yang ditarik dengan mesin modifikasi Expo-2000 dengan sistem kabel layang sejauh ± 450 m. Selebihnya digunakan teknologi kabel layang dengan gaya gravitasi dan tidak termasuk dalam bahasan ini.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan terdiri dari solar, oli, sarung tangan, tambang, dan *tally sheet*, sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin modifikasi Expo-2000, seperangkat kunci dan alat bantu seperti katrol, klem, kito, tirfor, takel, kamera digital, *stop watch*, dan meteran.

C. Pembuatan Alat dan Penetapan Lokasi Uji Coba

1. Konsep operasional alat

Rancang bangun modifikasi prototipe Expo-2000 dibuat dengan pendekatan bahwa mesin harus berukuran lebih kecil sehingga dapat dibawa pada lokasi yang aksesibilitasnya rendah, cukup efektif dan efisien. Untuk itu putaran penarikan kereta pengangkut kayu kabel

layang dipakai dengan mekanisme putaran kabel tanpa ujung. Dengan sistem ini, saat terjadi pengangkutan kayu maka pada waktu bersamaan dari tempat pengumpulan kayu ada kereta pengangkut kayu kabel layang yang kosong kembali ke tempat pemuatan. Selain itu kereta pengangkut kayu kabel layang yang dapat digunakan lebih dari dua dan pada penelitian ini dicoba hingga 10 buah yakni 5 buah untuk yang berisi dan 5 buah yang kembali kosong.

2. Rancangan bangun alat

Untuk mendapatkan prototipe seperti dimaksudkan, kecepatan putaran roda gila pada mesin diesel yang terhubung dengan drum penggulung harus diperkecil dari 2.200 menjadi antara 100-125 putaran per menit, sehingga cukup ideal untuk suatu proses penarikan/ pengeluaran kayu. Hal ini diambil dengan pertimbangan agar jumlah putaran tidak terlalu cepat sehingga tidak membahayakan para pekerja, sedang bila lebih kecil dari jumlah putaran itu, dinilai lambat yang menyebabkan produktivitas kerja rendah.

Untuk menghasilkan putaran yang cukup ideal tadi putaran dari mesin diesel dihubungkan dengan dua sistem media yaitu: (1) sambungan ke *gear box* dengan kapi (*pulley*) dengan perbandingan 1: 3. Dalam *gear box* sendiri terjadi pengecilan 2,5 kali. Selanjutnya putaran yang keluar dari *gear box* diperkecil lagi dengan menggunakan roda gigi (*gear*) yang dipasang pada drum dengan pengecilan 1:3. Dengan demikian akan terjadi pengecilan sebanyak $3 \times 2,5 \times 3 = \pm 22$ kali. Karena itu putaran yang dihasilkan dari drum sekitar 100-125 putaran per menit. Konstruksi modifikasi alat Expo-2000 secara skematis disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1. Bagan rancang bangun prototipe modifikasi Expo-2000 skala 1: 16
Figure 1. Scheme of engineering design of modified Expo-2000 at 1 : 16 scale

Berdasarkan prinsip itu kemudian dibangunlah prototipe modifikasi alat pengeluaran kayu kemudian dalam operasi kegiatannya disajikan pada Lampiran 1. Prototipe ini dilengkapi dengan dua roda mobil dan satu roda kecil. Dari pengalaman itu diketahui bahwa penggunaan roda kecil ini kurang efektif sehingga harus diganti dengan roda lebih besar dan dipasang dua buah agar alat lebih stabil. Garis besar tahapan pemilihan lokasi dilakukan sebagai berikut:

- Survei untuk memilih lokasi pemasangan jalur kabel menggunakan kompas.
- Pembersihan dan penebangan pepohonan di jalur kabel terpilih.
- Pengeluaran kabel utama, dan kabel penarik (*lifting*) dan kabel penarik (*endless*) dari gulungan.
- Penguluran dan pemasangan kabel utama, kabel angkat dan kabel penarik.
- Pengencangan kabel utama dengan tirfor dan penyambungan kabel *endless*.
- Penunjukkan TPN sementara.
- Pemasangan dan pelepasan kereta angkut kabel layang penarik kayu (*carriage*) dan rantai pengikat kayu.

Sebelum dioperasikan, terlebih dahulu diperiksa kesiapan semua sistem kerja alat termasuk pengecekan bahan bakar dan oli, jaringan kabel utama maupun kabel penarik, penahan tiang, katrol, rem, mesin, serta tenaga kerja dan pembagian tugas.

D. Analisis Data

- Menghitung produktivitas kerja pemuatan, pembongkaran dan pengumpulan.

$$PK = \frac{V \times J}{W} \dots\dots\dots (1)$$

di mana PK = Produktivitas kerja (m^3 m/menit); V = Volume muat kayu (m^3); W = Waktu kerja efektif (menit) dan J = Jarak sarad atau muat (m).

- Menghitung volume kayu

$$V = 0,25 \times 3,14 (Dp + Du)^2 / 2 \times L \dots\dots\dots (2)$$

di mana V = Volume kayu (m^3); Dp = Diameter pangkal (cm);

Du = Diameter ujung (cm) dan L = Panjang (m)

- Analisis biaya

Analisa biaya dilakukan dengan mengikuti cara perhitungan Sastrodimedjo, (1965) yang pada dasarnya biaya alat-alat setiap tahunan, dipilah dalam 3 bagian besar yakni (1) biaya tetap, (2) biaya tidak tetap dan (3) biaya persiapan.

- Biaya tetap terdiri dari biaya penghapusan alat dan bunga serta biaya perawatan. Dalam biaya ini juga dimasukkan pajak dan asuransi. Untuk biaya perawatan dihitung sebesar 10% dari harga alat. Perumusan yang digunakan disajikan dalam rumus di bawah.
- Biaya tidak tetap terdiri dari biaya penggunaan bahan bakar (solar, bensin), oli, gemuk dan upah pekerja termasuk operator.
- Biaya persiapan. Misal pemasangan jaringan kabel. Dihitung dengan disesuaikan dengan tingkat kesulitan lapangan. Dalam biaya ini sudah termasuk dengan saat bongkar.

Rumus yang dipakai untuk menghitung biaya penghapusan dan bunga per tahun:

$$\frac{M-R}{n} + (M-R) \times \frac{0.0p}{2} \times \frac{(n+1)}{n} + R \times 0.0p \dots\dots\dots(3)$$

di mana: M = modal yang dimasukkan
 R = harga residu (rongsokan)
 n = jumlah tahun dimana modal dihapuskan
 p = bunga

$$\frac{M-R}{n} = \text{penghapusan modal secara garis lurus (straight line)}$$

$$(M-R) \times \frac{0.0p}{2} \times \frac{(n+1)}{n} = \text{bunga rata-rata} \dots\dots\dots(4)$$

$R \times 0.0p$ = bunga harga likuidasi

$$\frac{\text{Harga alat (Rp)} \times 0,1}{1000 \text{ jam}} = \text{biaya perawatan} \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{H \times 0,6 \times 2\%}{1000 \text{ jam}} = \text{pajak} \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{H \times 0,6 \times 3\%}{1000 \text{ jam}} = \text{asuransi} \dots\dots\dots(7)$$

Biaya pengeluaran kayu (BE) = Biaya tetap + Biaya tidak tetap + Biaya persiapan.

Biaya pemakaian dalam setiap m^3 = BE/Produktivitas kerja

Selain itu dianalisis kelayakan finansial dari pendapatan sebagai hasil penyewaan untuk jangka pengembalian 6 tahun (IRR dan NPV) dengan asumsi sebagai berikut:

- Waktu kerja per tahun 150 hari a 6 jam per hari
- Bunga yang dihitung 16% per tahun
- Biaya hasil menyewakan alat = Rp 9.000/hm/ m^3
- Kemampuan pengeluaran kayu 48 m^3 /hari atau 8 m^3 /jam
- Biaya lainnya sama seperti pada perhitungan di atas.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Gambaran lokasi uji coba

Peruntukan lahan di lokasi uji coba meliputi lahan untuk pesawahan, perkampungan dan kebun dengan aksesibilitas rendah. Jalan yang ada sebagian masih berupa pematang sawah yang sempit dan sebagian sudah ada pelebaran dan pengerasan menggunakan batu atau semen, namun kondisinya sudah rusak lagi. Selain itu jembatan bambu yang ada kini sudah mulai rusak sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Akses menuju lokasi uji coba masih berupa jalan setapak (A), sebagian sudah diperkeras (B) dan jembatan bambu yang nampak sudah mulai rusak (C).

Figure 2. *Accessibility to study area: foot path (A; partly hardened track (B) and simple bamboo bridge (C).*

2. Kinerja mesin modifikasi Expo-2000

Prototipe mesin ini baru pertama kali diuji di lapangan. Setelah dipakai beberapa lama, mesin mengalami sedikit kerusakan ringan yakni pada bagian konstruksi dudukan *gir* yang menghubungkan antara mesin *gear box* dengan drum yang terlepas disebabkan kurang kuat pengelasannya. Mengatasi kelemahan tersebut kemudian semua bagian-bagian yang berhubungan dengan putaran kabel diperbaiki dan dilas kembali dengan menambahkan potongan "besi behel" sebagai pengganjal kemudian dilas. Dengan begitu putaran rantai kini tidak kendur dan ketika digunakan menarik kayu dapat bertahan dalam waktu lama. Mesin modifikasi Expo-2000 panjangnya kurang lebih 1,30 m dan lebar 0,80 m. Untuk memudahkan atau menaikan alat ke atas truk masih memerlukan tenaga manusia untuk mendorong atau menariknya. Untuk memindahkan alat, roda depan harus dipasang terlebih dahulu, untuk belok atau memutar memerlukan bantuan tongkat besi. Untuk mendorong alat pada jalan yang menanjak diperlukan tenaga 5-6 orang.

Dalam penelitian ini dilakukan uji coba pengeluaran kayu menggunakan 10 kereta angkut kabel layang terdiri dari 5 buah untuk yang bermuatan dan 5 buah untuk yang kembali kosong. Setiap kereta angkut kabel layang bermuatan 1-5 batang, tergantung ukuran kayu dengan berat total sekitar 300-500 kg. Untuk mengefisienkan pengeluaran kayu dan agar mesin mampu menarik muatan cukup banyak, maka penarikan kereta angkutan kayu kabel layang dilakukan dengan cara mengatur hingga dalam sekali proses penarikan maksimum menarik 5

buah kereta, dengan pengaturan penempatan tiap kereta angkut kabel layang berjarak sekitar 75-100 m. Sebagaimana diketahui bahwa jarak antara *spar tree* dan *tail tree* adalah ± 450 m. Pada jarak angkut ini diatur sedemikian rupa sehingga muatan yang satu dapat membantu menjadi daya pendorong bagi muatan yang lain sehingga secara tidak langsung menambah daya tarik dari mesin. Cara di atas dijelaskan seperti pada skema berikut.

Gambar 3. Skema proses penarikan kayu menggunakan teknologi kabel layang tanpa ujung

Figure 3. The scheme of wood extraction of skyline using endless cable system

Proses pemuatan dan penurunan kayu menggunakan teknologi kabel layang tanpa ujung (*endless system*) dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pada posisi 1, kereta kayu diisi pertama kali kemudian setelah maju hingga jarak kurang lebih 75 m penarikan dihentikan,
- Pada posisi 2, kereta kayu ke dua diisi kemudian ditarik dan pada jarak yang sama seperti pada kereta kayu pertama penarikan dihentikan,
- Pada posisi ke 3 dilanjutkan dengan cara yang sama seperti pada posisi 2 hingga kereta kayu ke 3 kurang lebih berada di tengah-tengah bentangan kabel.
- Pada posisi ke 4 kereta kayu diisi kembali dan kemudian ditarik. Pada saat penarikan ini kereta kayu pertama mendapat dorongan dari ke tiga muatan di belakangnya sehingga akan menambah kekuatan penarikan muatan yang dilakukan oleh mesin.

- Pada posisi ke 5 setelah ketika kereta kayu diisi dan ditarik kemudian berhenti seperti pada posisi 1, maka kereta kayu pertama telah sampai di tempat pengumpulan dan muatan kayu kemudian diturunkan. Kereta kayu kosong kemudian dipindahkan pada jalur kabel balik. Keadaan setelah proses ini sama seperti pada posisi ke 6.
- Pada tahap selanjutnya proses akan terus berjalan seperti pada posisi 5 hingga semua kayu akhirnya terangkut.

Dari uji coba yang telah dilakukan diketahui bahwa model kereta angkut kayu kabel layang yang lama bila dipakai cukup sering, pengunci kabel tanpa ujung menjadi longgar. Hal ini disebabkan oleh ukuran baud yang relatif kecil sementara beban yang harus ditahan cukup besar sehingga menyebabkan ulirnya cepat rusak. Akibatnya beberapa muatan kayu lepas atau tidak dapat lagi melaju, dan baru akan bergerak kalau ada tekanan dari kereta kayu yang lain. Oleh karena itu dalam penelitian ini dicoba dibangun kereta kayu model "kito" dengan satu batang pengunci. Model ini cukup baik, namun untuk tahun 2008 ini pengunci kereta kayu harus diperbaiki dan akan dicoba dibangun dengan model pengunci gunting. Dengan penguncian model ini diyakini akan menjadi lebih kuat baik pada saat penarikan maupun saat menuju ke arah bawah atau ke atas lereng. Kereta penarik muatan kayu model yang lama dan baru (kito) disajikan pada Gambar 4.

Gambar 4. Kereta angkut kayu kabel layang model lama yang dipakai dalam uji coba (A) dan kereta angkut kayu kabel layang yang diperbaiki model kito (B)
Figure 4. Old type carriage used in experiment (A) and new improved carriage (B)

Sejumlah hambatan lain yang ditemui saat uji coba ialah :

1. Bentangan kabel yang cukup panjang dan konfigurasi lapangan bergelombang sehingga terbentuk lengkungan kabel yang besar (*curva catenary*), yang bagian tengahnya berada tidak begitu tinggi dari permukaan tanah. Pada saat ada muatan, kabel turun dan muatan kayu menyentuh tanah.
2. Tiang penyangga belum dilengkapi dengan tangga agar dapat memudahkan saat dilakukan pemasangannya atau saat ada perbaikan bila terjadi macet.
3. Posisi penyangga segaris lurus dengan jalur kabel karena di pertengahan bentangan banyak pepohonan yang sulit untuk dibersihkan.
4. Kawat pengikat kabel di penyangga sering putus akibat terkena gerakan katrol yang nota bene akibat pemaksaan kabel yang tidak searah.
5. Kadang-kadang masih ada kekeliruan dalam pemasangan kereta angkut kayu kabel layang yang cukup menyulitkan karena perbaikannya memerlukan waktu cukup banyak.
6. Kereta angkut kayu kabel layang tersangkut di penyangga dan kabel lepas dari penyangga
7. Penguncian kabel penarik tidak/kurang kuat sehingga kereta angkut kayu tak bisa jalan kecuali kalau ada dorongan dari kereta angkut berikutnya.
8. Kesalahan dalam memasang ulang kabel tanpa ujung akibat kurang kontrol saat memperbaiki kabel utama yang lepas dari penyangga.
9. Perlu alat bantu untuk mengangkat kayu, terutama kayu yang berukuran cukup besar sehingga merepotkan saat akan diangkat pada panggung
10. Pemasangan ikatan rantai tidak tepat sehingga menyulitkan saat melepas muatan
11. Tenaga terbatas karena harus ikut mendekatkan muatan kayu ke panggung muat.

Masalah lain yang ditemukan adalah lebih bersifat non teknis yakni masalah tuntutan kompensasi tanaman dan lahan yang terpakai dalam arena uji coba untuk tempat penurunan kayu sementara. Walaupun tuntutan itu harus mendapat perhatian namun tuntutan itu dirasakan sangat berlebihan. Misalnya, sekalipun bila dirupiahkan tuntutan itu tidak akan lebih dari Rp 50.000 namun yang dituntut hingga Rp 1 jutaan.

Hasil uji coba pengeluaran kayu menggunakan teknologi kabel layang dengan mesin modifikasi Expo-2000 disajikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat diketahui kapasitas pengeluaran kayu dengan menggunakan modifikasi mesin Expo-2000 berkisar antara $4,86 - 17,32 \text{ m}^3$ atau rata-rata $8,38 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$. Produktivitas ini masih di bawah kapasitas Iwafuji 115 yang mencapai $33,33 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$ (Basari, 2002). Namun kisaran ini masih berada pada kisaran mesin Expo-2000 yang berada pada kisaran $5-19 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$ (Endom, 2007). Cukup jauhnya variasi adalah disebabkan oleh berbagai hal sebagaimana telah disampaikan di atas antara lain kesalahan cara mengikat kayu sehingga ketika akan dibuka, diperlukan waktu tambahan.

Tabel 1. Kegiatan ekstraksi kayu dengan menggunakan modifikasi Expo-2000 pada operasi kabel layang**Table 1. Logs extraction using modified Expo-2000 skyline**

No	N	Diameter (cm)	Panjang/ Length (m)	Jarak/ Distance (m)	Waktu/ Time (menit/minute)	Volume (m ³)	Produktivitas kerja/ Working productivity (m ³ .hm/jm)
1	1	20	130	200	1.04	0.04212	4.860
2	3	25,14,14	130	200	1.07	0.080585	9.038
3	5	24,24,18,15,15	130	250	2.08	0.195877	14.126
4	4	16	130	200	1.34	0.026957	2.414
5	3	14	130	200	2	0.020639	1.238
6	3	12,15,15	130	150	1.82	0.059319	2.933
7	1	31	130	450	3.29	0.101193	8.305
8	1	34	130	450	3.19	0.121727	10.303
9	3	28,27,17	130	300	2.54	0.184173	13.052
10	3	22,24,27	130	150	3.44	0.178418	4.668
11	4	30,18,20,22	130	250	2.57	0.214906	12.543
12	4	15,18,20,17	130	300	4.4	0.123929	5.070
13	3	26,24,18	130	200	2.4	0.160484	8.024
14	4	22,16,14,16	130	350	2.36	0.121678	10.827
15	3	22,24,20	130	240	2.34	0.147426	9.072
16	3	22,17,17	130	270	2.2	0.107681	7.929
17	3	28,22,24	130	250	3.25	0.186207	8.594
18	3	25,27,28	130	170	3.57	0.21406	6.116
19	3	24,26,24	130	220	2.54	0.183898	9.557
20	2	25,28	130	300	2.22	0.213675	17.325
21	3	24,27,22	130	200	2.56	0.18064	8.468
22	2	26,26	130	250	2.22	0.140169	9.471
		Jumlah/ Total				3.005762	183.9327
		Rata2/ Mean				0.136626	8.360576

B. Analisis Biaya

Biaya investasi untuk pembuatan prototipe alat modifikasi Expo-2000 dihitung sebesar Rp 40 juta. Dari biaya investasi tersebut dapat diketahui biaya pemilikan dan pengoperasian seluruhnya berjumlah Rp 48.795/jam (lihat Tabel 2), terbagi atas biaya tetap sebesar Rp 12.720/jam dan biaya tidak tetap sebesar Rp 36.795/jam. Dengan produktivitas pengumpulan kayu sebanyak 8,36 m³/jam maka biaya per m³ adalah sebesar Rp 5.836. Biaya ini cukup murah dibanding biaya pikul sebesar Rp 30-100 ribu/m³ tergantung jarak dan tingkat kesulitan. Sedangkan produktivitas cara manual relatif rendah yakni sekitar 0,3-1,0 m³ per jam. Ini berarti bahwa penggunaan prototipe modifikasi Exp-2000 cukup efektif dan efisien.

Tabel 2. Biaya tetap dan tidak tetap pengopersian alat modifikasi Expo-2000
Table 2. Fixed and variable costs of modified Expo-2000

A. Biaya tetap (Fixed cost)	No	Biaya-biaya (Cost)	Rp/jam (Rp/ hour)
	1	Biaya penyusutan (Depreciation cost)	7,200
	2	Bunga modal (Interest rate)	4,320
	3	Biaya pajak (Tax cost)	480
	3	Biaya asuransi (Insurance cost)	720
		Jumlah (Total) A	12,720
B. Biaya variabel (Variable cost)	1	Operator mesin (Machine operator)	9,375
	2	Upah tenaga kerja pembantu (Labour)	17,500
	3	Biaya bahan baker (Fuel)	5,000
	4	Oli dan pelumas (Grease and oil)	200
	5	Biaya perawatan (Maintenance cost)	4,000
		Jumlah (Total) B	36,075
		Jumlah (Total) A + B	48,795
C. Biaya persiapan (Preparation cost)		Pemasangan dan bongkar jalur kabel (Setting and sett-of cable line)	8.333
		Jumlah (Total) A + B + C	57,128

Catatan : Penggunaan bahan bakar solar ± 1 liter/jam. Harga setempat adalah Rp 5.000/liter.

Notes : Fuel used of gasoline ± 1 lt/ hour. Local price of gasoline was Rp 5,000/ lt.

Dari perhitungan analisis finansial di atas kemudian dicoba diproyeksikan untuk jangka waktu kegiatan 6 tahun dan asumsi jam kerja 8 jam/hari, 150 hari/tahun dengan harga sewa Rp 9.000/m³.hm (Tabel 3) maka diperoleh NPV dan IRR masing-masing sebesar Rp 40.409.449 dan 26,52%. Besaran tersebut memperlihatkan bahwa bila alat itu dapat dibangun dengan lebih standar (ukuran dan kualitas bahan), maka diyakini alat ini akan dapat memberikan nilai lebih ekonomis untuk diusahakan, apalagi kini harga kayu terus melambung. Begitu pula dengan harga atau ongkos lainnya, sehingga adalah sangat logis bila pemanfaatan sumberdaya alam hutan dilakukan dengan seefektif dan seefisien mungkin. Oleh karena itu penggunaan teknologi madya ini khususnya untuk wilayah kerja yang memiliki aksesibilitas rendah, sangat diperlukan.

C. Pembahasan

Penggunaan sistem kabel layang merupakan alternatif teknologi yang telah banyak diterapkan oleh negara-negara maju. Salah satu di antaranya yang kini cukup populer ialah *model crane*. Berbeda dari sistem kabel lainnya, *model crane* beroperasi dan mengambil muatan langsung dari tanah ke titik di sepanjang jalur kabel. Cara ini juga dapat mengangkut log dari jarak terbatas dari sisi jalur kabel utama. Namun, tidak disebutkan berapa jarak menyamping dalam proses ekstraksi tersebut. Cara ini merupakan kombinasi dari penggunaan sistem sarad yang dikenal luas di Amerika yaitu sistem gravitasi.

Tabel 3. Analisis NPV dan IRR dari prototipe alat modifikasi Expo-2000
Table 3. Analysis of NPV and IRR of modified Expo-2000

Jam kerja 8 jam/ hari kerja, 150 hari / tahun dengan harga sewa Rp 8.500/m ³ .hm (Working hour 8 hours/day, 150 days/year and rental fee of about Rp8,500/ m ³ .hm)					
Tahun (year)	Biaya investasi (Capital invest)	Biaya operasi (Operating cost)	Pendapatan (Income)	Pendapatan bersih (Net cash inflow)	Nilai saat ini (Present value)
0	(40,000,000)			(40,000,000)	(40,000,000)
1				40,000,000	(40,000,000)
2		75,408,960	88,893,000	13,484,040	11,427,153
3		82,949,856	97,782,300	14,832,444	10,652,430
4		91,244,842	107,560,530	16,315,688	9,930,232
5		100,369,326	118,316,583	17,947,257	9,256,996
6		110,406,258	130,148,241	19,741,983	8,629,403
		121,446,884	143,163,065	21,716,181	8,044,358
				NPV	17,940,571
				IRR	0.125800
Jam kerja 8 jam/hari kerja, 150 hari/tahun dengan harga sewa Rp 9.000/ m ³ .hm) (Working hour 8 hours/day, 150 days/year and rental fee of about Rp9,000/ m ³ .hm)					
Tahun (year)	Biaya investasi (Capital invest)	Biaya operasi (Operating cost)	Pendapatan (Income)	Pendapatan bersih (Net cash inflow)	Nilai saat ini (Present value)
0	(40,000,000)			(40,000,000)	(40,000,000)
1		75,408,960	94,122,000	18,713,040	15,858,508
2		82,949,856	103,534,200	20,584,344	14,783,355
3		91,244,842	113,887,620	22,642,778	13,781,094
4		100,369,326	125,276,382	24,907,056	12,846,783
5		110,406,258	137,804,020	27,397,762	11,975,814
6		121,446,884	151,584,422	30,137,538	11,163,895
				NPV	40,409,449
				IRR	0.265248

Pengoperasian *model crane* relatif sederhana yakni menyarad kayu dari jalur sisi kabel, yang sulit bila dilakukan pada tanaman muda karena lebatnya dedaunan. Untuk penarikan itu, jalur harus dibersihkan dan penyaradan dilakukan oleh orang atau kuda ke jalur kabel. Di Scotlandia saat ini *model crane* digunakan pada kegiatan penjarangan kayu daun jarum dengan sistem pemotongan batang sepanjang-panjangnya. Ini dilakukan untuk mendukung penyaradan secara vertikal serta menghindari kesulitan pengikatan bila dilakukan pemotongan. Sistem kabel layang ini kelebihanannya adalah dapat melakukan ekstraksi kayu menaiki bukit atau menuruni bukit atau di atas permukaan tanah. Kecuraman lereng untuk sistem kabel maksimum 45° atau 100% dan untuk mengurangi kemiringan lapangan perlu dipasang tiang pendukung yang diletakan di sisi bagian gunung yang terlalu curam, sementara bila tempat lebih rendah perlu dibangun landasan kayu dengan jarak beberapa meter dari kaki lereng. Kemiringan minimum untuk pengoperasian sistem gravitasi sekitar 8°, bila kurang, drum kedua mungkin diperlukan untuk mengangkat dan mengoperasikan sistem kabel (Lloyd, 2007).

Jarak maksimum antara kabel pendukung, tergantung berat beban dan kemiringan, dan pada lereng lebih rendah maka terjadi lengkungan kabel yang lebih besar (*curva catenary*), oleh karena itu harus dibangun kabel penahan lebih berdekatan sehingga muatan tetap dapat dipertahankan di atas tanah. Inilah salah satu kelemahan penggunaan sistem kabel layang yang terjadi pada hampir semua kondisi lapangan, dan hanya dapat diperbaiki dengan meningkatkan tensi normal pada kabel utama.

Pada ekstraksi normal, muatan rata-rata dibatasi hingga 1,5 ton meskipun kadang-kadang 2 ton masih aman. Ini berarti pengoperasian lebih memperhatikan tingkat keamanan karena hanya mengoperasikan kekuatan 75%-nya. Saat ini alat yang dapat mengangkut muatan 10-ton sedang didesain, tapi kelemahannya alat menjadi sangat berat sehingga mengurangi kelincahan alat untuk bergerak. Model yang kini sedang dikembangkan adalah model alat yang untuk pemasangannya dapat dilakukan secara cepat oleh para perkerja biasa tanpa pengetahuan khusus sebelumnya. Kendati demikian, tetap perlu beberapa minggu diadakan pelatihan khusus di bawah pelatih berpengalaman. Untuk seorang operator yang telah berpengalaman masa kerja 5 tahun, pemasangan sistem kabel layang memerlukan waktu 3 - 14 hari, tergantung panjang kabel dan ketersediaan/kemudahan dukungan alamiah. Dalam operasi sistem kabel layang, jarak bentang kabel dapat mencapai 1,5 mil (2.5 km.) (Lloyd, 2007). Sistem kabel layang *crane* ini juga dapat dipergunakan untuk pemanfaatan kayu-kayu kecil, misal kayu bakar. Dalam hal biaya, ekstraksi kayu dengan sistem kabel layang *crane* sulit dibandingkan dengan cara angkutan lain karena sistem kabel layang biasanya digunakan dalam hutan yang aksesibilitasnya rendah. Peralatannya cukup mahal dan untuk menempatkannya di hutan perlu ada perataan. Perincian biaya *overhead crane* dan jauh dari bengkel boleh jadi menjadi kendala karena bila alat rusak, sulit untuk diperbaiki. Untuk itu, pengawasannya harus intensif karena mesin *yarder* sensitif terhadap perubahan, dan pengaruhnya seringkali muncul terlihat pada ujung kabel. Gir-gir yang diperlukan mahal harganya, juga demikian dengan alat rem, dan keduanya sangat penting; oleh karena itulah sistem kabel layang cukup mahal. Dibanding dengan traktor, biaya operasi dan pemeliharaan *model crane* memang lebih sedikit sehingga umur alat lebih panjang, tetapi biaya aktual ekstraksi kayu per meter kubik kayu sangat bervariasi dan sangat tergantung kondisi lapangan (Lloyd, 2007).

Dari penjelasan di atas maka kalau dibandingkan dengan hasil rekayasa modifikasi Expo-2000 yang berdasarkan uji coba dan analisis finansial sederhana rancang bangun ini cukup berhasil karena di samping harganya relatif murah, juga konstruksi sederhana dan kinerjanya cukup produktif. Ini terlihat dari produktivitasnya yang masih berada dalam kisaran produktivitas Expo-2000. Dengan demikian alat yang canggih dan harganya mahal belum tentu dapat digunakan apalagi menguntungkan, karena aksesibilitasnya yang rendah. Dengan kata lain, alat canggih dan mahal itu tidak dapat dioperasikan di wilayah hutan yang aksesnya rendah.

Dalam hubungan di atas, sudah saatnya pemerintah segera melakukan upaya untuk mendorong motivasi membangun inovasi dan kreasi merancang alat-alat kehutanan tepat guna. Misal alat untuk membuat media bibit pengganti polibeg yang ringan, kuat dan mengandung hara cukup untuk persediaan pertumbuhan selama kurun tertentu, media pengangkutan bibit pada wilayah bertopografi curam, media pengolahan kayu kecil di lokasi untuk berbagai penggunaan, media pengangkut jasa wisata di medan sulit dengan menggunakan teknologi kabel layang, media penyelamatan dengan teknologi kabel layang,

dan sebagainya. Untuk mengetahui kinerja alat modifikasi Expo-2000 dibanding acuan, seperti terlihat pada nomogram Gambar 5.

FIGURE 7. — Nomogram D — Yarding with high lead system.

Gambar 5. Kinerja modifikasi Expo-2000 diplot pada Nomogram D pengeluaran kayu *High lead system*

Figure 5. The performance of modified Expo-2000 plotted into Nomogram D- Yarding with high lead system.

Sumber (Source): Anonim (1974)

Bila dicoba diplotkan pada Nomogram D di atas maka dapat dilihat bahwa idealnya produksi kayu dapat mencapai lebih dari 20 m³/hari (lihat garis-garis putus). Target harapan itu diyakini akan dapat dicapai bila proses pengeluaran kayu yang dilakukan melalui teknologi *Gravity Skyline System (GSS)* yang dikombinasikan dengan penggunaan mesin tidak harus diadakan bongkar muat lagi. Dengan demikian proses pengeluaran kayu dengan mesin langsung dapat segera dilakukan setelah terlebih dahulu muatan itu dapat dipindah dari jalur kabel yang satu ke jalur kabel yang lain. Rencananya pada tahun 2008 ini rancang bangun alat pemindah muatan ini dapat diuji coba (lihat garis putus-putus), sehingga capaian ideal seperti *plotting* pada nomogram dapat dicapai atau bahkan lebih. Untuk melihat gambaran kesulitan yang dihadapi saat muatan ini harus diangkut dengan harus diturunkannya muatan terlebih dahulu untuk kemudian dipindah ke jalur lainnya seperti pada Gambar 6.

Rencana
pembuatan
alat pemindah
jalur kereta
angkut kayu/
*Plann of device
construction for
removing wood
carriage*

Gambar 6. Penurunan muatan kayu dari atas sampai di tempat pengumpulan sementara dan harus diturunkan terlebih dahulu baru kemudian dipindah ke jalur lain.

Figure 6. *Unloading of logs transported from felling site to temporary log-yard and then removing them to other cable line.*

Gangguan terhadap permukaan sangat kecil karena kayu melewati jarak dengan cara menggantung di udara sehingga lingkungan aman.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Modifikasi Expo-2000 merupakan penyederhanaan prototipe yang cukup efektif dan efisien sebagai alat pengumpulan kayu dengan teknologi kabel layang karena dapat dipakai pada kawasan yang jalan aksesnya sempit (1,5 m).
2. Dari analisis finansial dapat diketahui bahwa untuk alat modifikasi Expo-2000 yang biaya investasinya adalah Rp 40 juta dan menggunakan biaya produksi Rp 9.000/m³.hm tercapai NPV dan IRR pada nilai masing-masing Rp 40.409.449 dan 26,52%.
3. Berdasarkan hasil perhitungan sederhana itu maka alat modifikasi Expo-2000 cukup praktis dapat digunakan untuk mengeluarkan kayu pada medan curam dan yang memiliki aksesibilitas rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1974. Logging and log transport in tropical high forest. FAO Forestry Development Paper. No. 18. Rome.
- Basari, Z. 2002. Produktivitas pengeluaran dolok kayu tusam dengan sistem kabel layang Iwafuji 115. Buletin Penelitian Hasil Hutan No 1 (20) :20-34. Pusat penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Endom, W. 2007. Kajian operasi pengeluaran kayu sistem kabel layang Expo-2000 dengan penggunaan alat pendukung. Jurnal Penelitian Hasil Hutan 24 (4) : 339-357. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. Bogor.
- Llyold, A. H. 2007. Extraction of timber by Skyline Crane. Unasylya vol 7 (2). Imperial Forestry Institute, Oxford, England. : <http://www.fao.org/dacrop/x5396e/x5369e05.htm>. Diakses pada tanggal 4 Juli 2007.
- Sastrodimedjo S. 1965. Perhitungan biaya pemakaian alat-alat setiap satuan. Naskah. Lembaga Penelitian Ekonomi Kehutanan. Bogor.

Lampiran 1. Pemandangan kegiatan pengeluaran kayu sistem kabel layang dengan menggunakan mesin modifikasi Expo-2000

Appendix 1. A view of logs extraction using modified Expo-2000 skyline sistem

Gambar: (1). Pemasangan jaringan kabel layang dan penempatan mesin, (2) Model modifikasi alat Expo-2000 , (3) dan (4) dolok sedang ditarik menuju tempat pengumpulan, (5) penurunan muatan dan (6) dolok yang telah sampai di tempat penurunan diangkat ke pinggir jalan angkutan truk dengan menggunakan sepeda motor.

Figure : (1) Setting of skyline and locating the equipment, (2) Model of modified Expo-2000, (3) (4) Logs was extracting toward landing point, (5) Operation of unloading log and (6) Logs on landing point then hauled to truck road using motor cycle.