PERBAIKAN KATROL DAN DRUM BALIK SISTEM KABEL LAYANG EXPO-2000 UNTUK EKSTRAKSI KAYU

(Improvement of Snatch Block and Haulback Drum of Expo-2000 Skyline Using for Logs Extraction)

Oleh/ By:

Wesman Endom¹⁾

ABSTRACT

There are two problems noticed in Expo-2000 skyline trial in 2005 i.e. 1) haulback drum needs stronger locking system, and 2) the snatch block for transferring the cable very often stuck in between the frame.

In 2006 the improvement of haulback drum with locked system as well as on the car i.e. disk lock system were completed so that log extraction can be done uphill or downhill. Other improvement was done by making new small snatch block to substitute the old one.

The improved Expo-2000 achieved the productivity 5-19 m³.hm/ hour, depends on hauling distance, log size, field surface situation and tree density. The cost of Expo-2000 about Rp 100 million, and log extraction operation cost was found Rp 60,175/ hour or about Rp 11,620/ m³.

Calculation at 18%/year interest rate and 6 years cost projection showed that at increasing cost operation of 10% may reduce the profit earn, that is reflected on NPV and IRR that become positive at the rental cost of Rp 25,000 per m³; meanwhile if the operation cost was not increasing at even the rental cost of Rp 22,500 per m³, the value of NPV and IRR were positive.

Key words: Skyline, performance, improvement, haul back drum, snatch block.

ABSTRAK

Ada dua kelemahan utama yang perlu diperbaiki dari uji coba Expo-2000 tahun 2005 lalu yaitu 1) drum balik (*haulback drum*) memerlukan sistem pengunci yang lebih kuat dan 2) katrol penghantar kabel sering masuk di antara rol katrol.

Pada tahun 2006, perbaikan drum penarik balik kereta muatan kayu dilakukan dengan membuat model sistem rem cakram, sehingga ekstraksi kayu dapat dilakukan ke arah atas maupun ke arah bawah lereng dan juga dibangun katrol kecil untuk menggantikan katrol lama.

Dari perbaikan itu Expo-2000 mencapai produktivitas cukup baik sekitar 5-19 m³.hm/jam tergantung jarak, ukuran kayu, kondisi permukaan lapangan dan kerapatan tegakan. Dengan investasi sebesar Rp 100 juta hasil analisis memperlihatkan biaya pemilikan dan operasi pengeluaran kayu mencapai Rp 60.175/jam atau biaya produksi sebesar Rp 11.620/ m³.

Dengan suku bunga bank 18%/tahun dan proyeksi biaya 6 tahun, perhitungan bila ada kenaikan biaya operasi 10% mengakibatkan adanya penurunan pendapatan, yang tercermin dari nilai NPV maupun IRR yang akan menjadi positif pada sewa alat Rp 25.000/m³, padahal bila tidak ada kenaikan, dengan biaya sewa alat Rp 22.500/m³ pun NPV dan IRR sudah positif.

Kata kunci: Kabel layang, kinerja, perbaikan, drum penarik balik kereta, katrol.

¹⁾ Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

I. PENDAHULUAN

Expo-2000 merupakan wahana hasil rekayasa yang dikembangkan sebagai alat ekstraksi kayu pada medan sulit. Secara terus menerus alat ini diuji coba untuk mendapatkan kinerja Expo-2000 yang lebih baik. Berdasarkan uji coba tahun 2005 diketahui kinerjanya mengalami dua hambatan. Dua hambatan tersebut yaitu pertama pada saat muatan ditarik, kereta angkut kayu yang seharusnya terkunci di posisinya tetap masih meluncur sehingga proses pengangkatan kayu untuk dapat naik terus hingga ke kereta angkut kayu terganggu, sementara tali pembuka pengunci muatan juga ikut melilit. Kedua, kabel balik mudah masuk di antara rol katrol sehingga mengakibatkan macet dan bahkan dapat mengakibatkan putusnya kabel tersebut.

Upaya perbaikan dan penyempurnaan mesin Expo-2000 ini kemudian dilakukan dengan 1) membuat katrol dan 2) drum penarik kabel balik kereta yang baru yang dilengkapi dengan fungsi pengunci lebih kuat. Dengan demikian pada saat muatan kayu ditarik, kereta pengangkut kayu dapat ditahan tetap pada posisinya dan pengeluaran dapat berjalan lancar hingga akhirnya kayu dapat tergantung di kereta angkut kayu dengan aman. Berat muatan kayu baru sekitar 250 - 300 kg, oleh karena itu guna meningkatkan kemampuan tahanan untuk dapat mengangkut kayu menjadi sekitar 500 kg, maka perbaikan pada kedua hal tersebut harus dilakukan.

Untuk perbaikan rem pengunci, dilakukan dengan cara melubangi di sekeliling salah satu sisi penutup drum, tak ubahnya sejenis rem cakram. Ide perbaikan ini diperoleh sewaktu uji lapang di RPH Takokak, KPH Sukabumi. Pada sejumlah uji coba sebelumnya penarikan muatan selalu dilakukan mengarah ke atas bukit, namun pada uji coba itu sesuai dengan kegiatan Perhutani yang ada di lokasi petak coba, lokasi pengumpulan kayu berada di bawah bukit. Keadaan ini menyebabkan saat muatan mulai ditarik, kereta kayu juga ikut meluncur, sehingga mengakibatkan kayu muatan terguling-guling dan berputar-putar. Hal ini sangat merugikan karena tali pelepas yang berfungsi untuk menurunkan muatan kayu juga ikut melilit. Akibatnya, setiap kali muatan akan dilepas setelah sampai di tempat tujuan, diperlukan tambahan waktu untuk melepaskan dulu tali dari lilitan tersebut.

Dalam tulisan ini disajikan hasil penelitian pengoperasian prototipe Expo-2000 setelah diperbaiki fungsi rem drum penahan kereta angkut kayu serta pada sejumlah katrol yang dibuat dengan bentuk dan ukuran yang baru. Penelitian dilakukan pada penjarangan tegakan rasamala (*Altingia excelsa*) tegakan Kelas Umur III-IV dan pada tegakan kayu tusam (*Pinus merkusii*) di wilayah hutan KPH Sukabumi.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September dan Oktober 2006 di kawasan hutan Perum Perhutani wilayah RPH Takokak dan RPH Cikarae, KPH Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Lokasi uji coba berada pada jarak 30 m dari pinggir jalan hutan.

B. Bahan dan Alat

Alat yang dipakai yaitu Expo-2000 yang disempurnakan, seperangkat kunci dan alat bantu lain, solar dan oli, *Tally sheet* untuk pencatatan data, kamera, *stop watch*, meteran, tambang, kompas dan sarung tangan.

C. Pemasangan Jalur Kabel

1. Sebelum dimulai, pilih dan tetapkan lokasi yang memadai untuk pemasangan jalur kabel dan penempatan posisi mesin.
2. Bersihkan jalur angkut dari semak belukar, dahan-dahan dan pohon agar kegiatan dapat berjalan lancar dan aman.
3. Pilih dan tetapkan dua pohon untuk pemasangan kabel utama serta tetapkan rute kabel penarik (*haul-back*) yang akan dipakai selama proses pengeluaran kayu.
4. Pasang katrol pembantu untuk memudahkan pemasangan katrol lainnya.
5. Pasang katrol kecil sebagai jalan kabel balik di pohon yang dilewati oleh jalur kabel.
6. Pasang kabel utama dan kabel pembantu dan kencangkan sesuai keperluan.

D. Persiapan Uji Coba

Persiapan ini dilakukan pada setiap akan dilakukan uji coba, meliputi pengecekan kabel, bendera komando pengeluaran kayu, pemasangan bendera indikator jarak, pengetesan *stop watch*, bahan bakar dan oli. Pemeriksaan lain dilakukan terhadap penahan tiang, sistem rem, jalannya mesin, serta tenaga kerja dan pembagian tugas.

E. Penarikan Kayu

Uji coba pengeluaran kayu dilakukan dengan terlebih dahulu disiapkan tiga rantai pengikat, tambang penarik rem, dan bendera untuk kendali operator mesin. Kayu yang dikeluarkan adalah 1) potongan kayu pertukangan jenis rasamala yang tidak dapat dipikul karena berat serta berada pada medan curam dan licin (diameter 10-30 cm dengan panjang 4 -7 m) dan 2) potongan batang tusam bekas disadap atau bagian ujung batang dan dahan yang biasanya digolongkan sebagai kayu bakar dengan diameter 10 - 34 cm dan panjang 4 m. Pengeluaran kayu dilakukan pada jarak antara 180-200 m.

F. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi jenis dan ukuran kayu (diameter dan panjang dalam cm), jarak (m), waktu kerja terdiri dari penurunan dan bongkar muatan (menit), kereta angkut kembali ke kayu yang akan di muat (menit) serta pengikatan dan penarikan muatan hingga di tempat pengumpulan (menit). Dalam pengamatan ini dicatat pula kelemahan dari kinerja alat.

G. Pengolahan Data

1. Menghitung produktivitas kerja pemuatan, pembongkaran dan pengumpulan.

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

di mana : PK = Produktivitas kerja (m³ m/menit), V = Volume muat kayu (m³),
W = Waktu kerja efektif (menit), J = Jarak sarad (m)

2. Menghitung volume kayu

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

di mana V = Volume kayu (m³), Dp = Diameter pangkal (cm), Du = Diameter ujung (cm) dan L = Panjang (m)

3. Analisis biaya menggunakan rumus-rumus dari FAO (1974) berikut:

- a. Biaya penyusutan (Bp)

$$Bp = \frac{M - R}{N \times t} \dots\dots\dots (3)$$

di mana Bp = penyusutan (Rp/jam); M = investasi alat (Rp); R = nilai alat bekas (10% dari harga baru); N = umur pakai alat (10 tahun) dan t = waktu kerja alat (1000 jam/tahun)

- b. Biaya bunga modal (Bm)

$$Bm = \frac{\{(M-R)(N+1) + R\} \times 0,0p}{2t} \dots\dots\dots (4)$$

di mana B = bunga modal (Rp/jam); p = suku bunga per tahun (% per tahun) dan t = waktu kerja (tahun)

- c. Biaya perawatan (Bpr)

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

- d. Biaya bahan bakar (Bb)

$$Bb = \text{Penggunaan (liter/jam)} \times \text{harga per liter (Rp/lit)} \dots\dots\dots (6)$$

- e. Biaya oli dan pelumas (Bo) (FAO, 1974)

$$Bo \text{ (Rp/jam)} = \frac{\text{Harga alat (Rp)} \times 0,005}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (7)$$

$$f. \text{ Biaya operator (Rp/jam) } = \frac{\text{Gaji (Rp/bulan)}}{(20 \text{ hari} \times 8 \text{ jam/hari})/\text{bulan}} \dots\dots\dots (8)$$

(Bop)

$$g. \text{ Biaya tenaga pembantu (Rp/jam) } = \frac{\text{Rp 35.000/hari}}{8 \text{ jam/hari}} \dots\dots\dots (9)$$

(Btp)

$$h. \text{ Pajak (Pj) } = \frac{\text{Harga alat} \times 0,6 \times 2\%}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (10)$$

$$i. \text{ Biaya asuransi (As) } = \frac{\text{Harga alat} \times 0,6 \times 3\%}{1000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (11)$$

$$j. \text{ Biaya operasi pengeluaran kayu (Bpk)} \\ \text{Bp} + \text{Bm} + \text{Brm} + \text{Bbm} + \text{Bo} + \text{Bop} + \text{Btp} + \text{Pj} + \text{As} \\ \text{Bpk} = \frac{\dots\dots\dots}{\text{PK}} \dots\dots\dots (12)$$

di mana Bpk = biaya pengeluaran kayu (Rp/m³) ; Bp = biaya penyusutan alat muat bongkar (Rp/jam); Bm = biaya modal alat (Rp/jam); Brm = biaya perawatan alat (Rp/jam) ; Bbm= biaya bahan bakar (solar) (Rp/jam); Bo = biaya oli (Rp/jam); Bop = biaya operator (Rp/jam), Btp = biaya tenaga pembantu (Rp/jam), Pj = pajak, As = asuransi, dan PK = produktivitas kerja (m³/jam).

k. Kelayakan finansial berdasarkan nilai IRR dan NPV.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Uji coba awal di RPH Takokak

Uji coba dilakukan di RPH Takokak Kabupaten Cianjur dan uji coba selanjutnya di RPH Cikarae, Kabupaten Sukabumi. Secara administrasi kehutanan, keduanya berada di bawah pengelolaan KPH Sukabumi. Lokasi kegiatan berada sekitar 30 m dari pinggir jalan hutan. Di daerah Takokak, bentangan kabel dalam pengumpulan kayu menurun (*downhill*), sedangkan di Cikarae menanjak (*uphill*). Di kawasan hutan Takokak, hutan yang dikelola adalah jenis rasamala (*Altingia excelsa*) sedang di Cikarae adalah tusam (*Pinus merkusii*). Jarak pengeluaran kayu dari tempat tebangan ke tempat pengumpulan sejauh 180-200 m dengan kemiringan lapangan mencapai 60%. Konfigurasi lapangan berbukit dengan jalan setapak naik turun serta licin, menyebabkan pengeluaran kayu secara manual menjadi sulit.

Sebelum diuji coba dengan muatan penuh, dilakukan beberapa kali pengeluaran kayu setelah pemasangan kabel sebagai pelatihan dan untuk melihat apakah pemasangan sudah sesuai teknis atau belum. Pada uji coba ini, katrol untuk media kabel balik (*haul back*) maupun drum penarik kereta masih mempergunakan model yang lama artinya belum ada perbaikan lanjutan.

Pada kenyataan, penggunaan katrol lama sebagai media kabel balik kurang bagus sehingga sering mengganggu kelancaran kerja, antara lain karena kabel masuk ke dalam celah roda sehingga kabel terjepit. Hal ini kemudian dapat mengakibatkan putusnya kabel penarik tersebut. Karena itu, waktu pengumpulan kayu bertambah lama dan prestasi kerjanya pun rendah. Hasil uji coba awal sebagai ajang untuk pelatihan dan uji kemampuan teknisi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Uji coba pendahuluan pengeluaran dolok dengan menggunakan Expo-2000
Table 1. Preliminary test of log extraction using Expo-2000 machine

No	Waktu rata-rata/ <i>Average time</i> (menit/ <i>minute</i>)	Diameter rata-rata/ <i>Average diameter</i> (cm)	Panjang/ <i>Length</i> (m)	Volume (m ³)	Jarak/ <i>Distance</i> (m)	Jumlah Batang/ <i>Number of log</i> (batang/ <i>pieces</i>)	Produkti- vitas/ <i>Productivity</i> (m ³ .hm/jam/ m ³ .hm/ <i>hour</i>)
1	17	22	4	0,1511	150	1	0,805
2	32	15	4	0,0702	150	3	0,531
		10,75	4	0,0361			
		16,25	4	0,0824			
3	18	15,5	4	0,0749	150	1	0,375
Jumlah/ <i>Total</i>	67	79,5		0,4146			1,710
Rata- rata/ <i>Mean</i>	22,33	15,9	4		150		0,570

Dari Tabel 1 diketahui pengaruh *setting* dan peran katrol yang tidak baik menyebabkan produktivitas kerja rendah yakni rata-rata hanya 0,570 m³.hm/jam. Namun, setidaknya hal ini memberi pengalaman yang sangat berharga bahwa dalam penerapan sistem kabel layang diperlukan dukungan keahlian yang memadai dalam pemasangan jaringan kabel, sementara katrol juga harus dapat berfungsi dengan baik agar kinerja alat produktif.

Olund (2001) menyatakan bahwa kendala dalam penerapan sistem kabel layang ialah sulitnya mencari orang yang memiliki keahlian untuk memasang jaringan kabel yang baik, tepat dan aman. Oleh karena itu, untuk meningkatkan wawasan dan kemampuan dalam mengatasi berbagai permasalahan di lapangan, pengalaman uji lapangan pada berbagai kondisi variasi medan sangat penting.

Uji coba di RPH Takokak ini adalah merupakan pengalaman pertama dalam pengeluaran kayu dengan sistem kabel layang pada medan menurun. Pada kondisi lapangan seperti ini kemudian diketahui bahwa ketika muatan kayu mulai ditarik, serentak terjadi gerakan luncuran kereta angkut kayu, sehingga menyebabkan muatan kayu terguling dan terpelintir. Begitu pula tali pembuka kunci untuk penurunan kayu dari kereta kayu ikut melilit. Hal ini terjadi karena rem yang ada kurang kuat, sehingga tidak dapat menahan posisi kereta kayu tersebut. Akibatnya, banyak terjadi pemborosan waktu karena harus membebaskan tali pembuka muatan dari lilitan terlebih dahulu, setelah itu baru muatan dapat diturunkan. Oleh karena itu, pada uji coba berikutnya drum penarik kabel balik harus dibarengi dengan model rem baru yang lebih kuat. Sedangkan pada katrol untuk media kabel balik juga harus diperbaiki bentuknya agar kabel tidak terjepit di roda katrol.

Setelah *setting* kabel utama maupun kabel balik diadakan perbaikan dan fungsi rem dibantu dengan menggunakan "kito" yaitu sejenis alat pengunci berupa bilah mirip pisau yang dibuat dari bahan plat cukup tebal yang dipasang pada kotak yang ada asnya. Alat ini dapat dipakai untuk mengunci gerakan kabel. Semakin ditarik kabel semakin kencang kabel itu terkunci. Dalam prakteknya, kito dipasang pada bagian rangka Expo-2000 dengan kabel panjang sekitar 0,5 m kemudian dipasang pada kabel yang dipakai untuk menggerakkan drum. Dengan dipasangnya kito maka kereta angkut kayu dapat ditahan pada posisinya sehingga saat kayu dikeluarkan menuju kereta kayu dapat berjalan dengan baik. Untuk melepaskan jepitannya, as pada kito harus dilepas terlebih dahulu agar kereta angkut dapat dijalankan. Dengan bantuan penguncian sementara menggunakan sistem kito kinerja alat mulai memperlihatkan hasil perbaikan sekalipun masih jauh dari harapan. Hasil uji coba setelah cara pemasangan jaringan kabel diperbaiki disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 terlihat masih terjadi variasi waktu pengumpulan kayu, namun seperti telah disampaikan ini terjadi karena rem pada drum penarik balik kereta belum diperbaiki. Dampak dari kelemahan ini terlihat dari waktu angkut normalnya hanya 6 menit terkadang menjadi 21 menit. Akibatnya produktivitas kerja rendah berkisar dari 0,451 -3,019 m³.hm/jam dengan rata-rata 1,349 m³.hm/jam. Produktivitas yang tercapai masih rendah tapi masih lebih baik dibanding pada uji coba pendahuluan.

2. Perbaikan drum dan tambahan fungsi rem serta katrol baru

Perbaikan utama yang telah dilakukan setelah diketahui bahwa kereta kayu perlu ditahan kuat agar tidak bergerak saat penarikan muatan dilakukan, maka dibuatlah drum penarik kereta balik baru yang dilengkapi dengan sistem pengunci serta membuat katrol baru dengan bentuk dan konfigurasi yang baru.

Tabel 2. Kegiatan pengeluaran kayu dengan menggunakan mesin Expo-2000 sebelum drum dan katrol diperbaiki

Table 2. Log extraction using Expo-2000 machine before drum and rollers are improved

No	Waktu rata-rata/ Average time (menit/minute)	Diameter rata-rata/ Average diameter (cm)	Panjang/ Length (m)	Volume (m ³)	Jarak/ Distance (m)	Jumlah Batang/ Number of log (batang/pieces)	Produktivitas/ Productivity (m ³ .hm/jam/ m ³ .hm/bour)
1	16	24,5	4	0.188	150	1	1.057
2	10	19,5	4	0.119	150	2	1.838
		16,5	4	0.085			
3	13	13	4	0.053	150	3	1.413
		17,5	4	0.096			
		13,25	4	0.055			
4	10	20,75	4	0.135	130	2	1.830
		17,75	4	0.099			
5	21	13,25	4	0.055	120	2	0.451
		15,75	4	0.076			
6	12	15	4	0.070	130	1	0.458
7	6	20,75	4	0.135	130	1	1.760
8	6	21,75	4	0.149	140	1	2.083
9	4	15,5	4	0.075	140	2	3.019
		14,75	4	0.069			
10	14	14,75	4	0.069	120	2	0.691
		14,5	4	0.066			
11	15	14,75	4	0.069	120	2	0.805
		17,75	4	0.099			
12	12	24,5	4	0.188	110	2	1.491
		16,25	4	0.083			
13	11	13,5	4	0.057	110	2	0.841
		16,25	4	0.083			
14	10	19	4	0.113	110	2	1.151
		14	4	0.061			
Jumlah/ Total	160	424,8		2.287	1660	25	18.887
Rata-rata/ Mean	11,43	16,99	4	0.163	120		1.349

Gambar 1. Tampilan drum penarik balik kereta angkut kayu model lama (A) dan hasil rekayasa yang baru dilengkapi rem cakram

Figure 1. The appearance of drum to pull back the carriage of old version (A) and new brake system (B)

Pada Gambar 1 terlihat drum pengguling kabel untuk penarik balik kereta angkut kayu dengan salah satu sisinya ada lubang-lubang di seluruh sisi penutup drum tersebut. Lubang-lubang itu disiapkan untuk tempat masuknya penusuk yang berfungsi pengereman,

sehingga kereta angkut dapat tetap diam pada posisinya. Dengan sistem pengereman seperti pada mobil atau motor yang disebut dengan rem cakram, maka pada saat muatan ditarik menuju ke kereta penarik kayu, kereta penarik kayu diam, sehingga proses penguncian muatan hingga saat menggantung di kereta angkut dapat berjalan dengan mulus.

Selanjutnya untuk katrol sebagai media berjalannya kabel penarik balik kereta pengangkut kayu, alat dibuat dengan memperhatikan kelemahan yang sering dialami dengan penggunaan model katrol lama. Pada katrol lama ukuran lebih panjang dan pergerakannya kaku atau kurang luwes sehingga tidak bisa mengikuti keadaan posisi kabel. Selain itu kabel sering keluar dari roda yang akhirnya terjepit di antara roda dan rangka. Kejadian ini dapat menyebabkan putusnya kabel *haul back* dan berarti waktu tidak produktif.

Pada katrol yang baru, kelemahan tersebut dicoba diatasi agar kabel *haul back* tidak bisa keluar dari roda dengan cara dihalangi oleh "as" yang juga dapat berputar. Selain itu gerakan katrol yang baru luwes dan dapat mengikuti posisi kabel dengan ukuran lebih pendek. Oleh karena itu kegiatan pengeluaran kayu dengan menggunakan katrol hasil rekayasa menjadi lebih lancar dan aman. Bentuk dan ukuran katrol lama dan yang baru terlihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Katrol media kabel kecil (*snatch block*) tipe lama (A) dan katrol media kabel kecil hasil rekayasa baru (B)

Figure 2. Snatch block of old version (A) and new version (B)

3. Uji coba setelah perbaikan di RPH Cikarae

Dengan drum dan fungsi rem serta katrol penghantar kabel baru (*snatch block*) uji coba dilakukan di RPH Cikarae, BKPH Cikawung, dengan hasil disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Produktivitas kerja Expo-2000 setelah drum dan rem dan katrol baru dibuat
Table 3. Productivity of Expo-2000 after improving with new drum and its break and roller

No	Dia- meter (cm)	Panjang/ Length (cm)	Jumlah Batang/ Number of log (Buah/ Pcs)	Waktu kerja (Time) (Menit/Minute)			Jumlah/ Total (menit)	Jarak/ Dist. (m)	Volume (m ³)	Produktivitas/ Productivity (m ³ .hm/jam/ m ³ .bm/hr)
				Penurunan dan bongkar muatan / Unloading	Kembali ke tempat pemuatan/ Back to loading Point	Pengikatan dan penarikan/ Tighting and extracting				
1	26	213	2	2.05	1.49	4.04	7.58	145	0.258	2.959
	27	253								
2	23	180	3	1.35	1.55	4.04	6.94	150	0.421	5.455
	25	237								
3	34	253	4				6.11	140	0.248	3.410
	26	70		1.36	1.49	3.26				
4	34	207	5				5.90	140	0.451	6.423
	24	38		1.37	1.02	3.52				
5	27	93	5	0.80	1.49	6.29	8.58	135	0.379	3.579
	28	180								
6	31	97	4	0.66	2.13	4.38	7.17	150	0.412	5.177
	24	174								
7	25	288	2	1.54	0.52	3.12	5.18	140	0.215	3.480
	29	111								
8	35	250	2	0.56	0.54	4.00	5.10	140	0.446	7.349
	35	214								
9	31	200	1	0.60	0.54	1.59	2.73	140	0.151	4.642
	22	155		0.63	1.41	4.36				
10	38	215	2				4.36	142	0.475	9.286
	40	178		0.82	0.44	3.10				
11	38	222	2				4.79	138	0.283	4.888
	11	135		0.79	0.55	3.45				
12	14	130	8				4.52	145	0.336	6.476
	29	215								
13	16	130	12	0.89	0.53	3.10	4.52	145	0.336	6.476
	14	85								

	12	283								
	16	270								
	16	107								
	14	120								
	22	130								
	16	113								
	11	167								
	12	285								
	11	432								
14	37	200	5	2.74	0.52	4.55	7.81	135	0.448	4.650
	19	160								
	10	258								
	27	130								
	21	270								
Jumlah/ Total	1322	9662	57	16.15	14.22	52.80	83.170	1975	4.826	71.606
Rata-rata/ Mean	23	170	4.071	0.463	1.016	3.771	5.941	141.071	0.345	5.115

Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa setelah dilakukan perbaikan pada rem pengunci drum penarik kereta kayu dan perbaikan pada model katrol untuk media pergerakan kabel penarik kereta kayu, produktivitas kerja rata-rata dapat mencapai 5,115 m³.hm/jam dengan kisaran antara 2,959 - 9,286 m³.hm/jam. Sayangnya pada uji coba ini operator tidak dapat melihat dengan jelas apa dan bagaimana proses yang sedang terjadi di lapangan saat pemuatan dan penarikan itu dilakukan, sehingga masih saja ada sering terjadi kesalahan memberikan perintah kepada operator mesin, sehingga salah pula dalam mengoperasikan mesin yang mengakibatkan adanya penambahan waktu yang tidak perlu. Namun demikian, produktivitas yang dicapai masih kurang lebih sama dengan produktivitas kerja yang dilakukan tahun 2005 dengan rata-rata 5,180 m³.hm/jam yang medannya cukup terbuka sehingga operator mesin dapat mengendalikan operasi dengan baik. Oleh karena itu faktor jarak, kondisi medan, ukuran potongan kayu dan kelancaran tingkat komunikasi antara operator dengan para petugas cukup besar pengaruhnya terhadap kinerja pengumpulan kayu.

4. Pengamatan pengeluaran kayu secara manual

Pada pengamatan lapangan di RPH Takokak diamati pengeluaran kayu secara manual dari tempat tebangan ke Tempat Pengumpulan sementara (TPn) dengan hasil seperti Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5, volume kayu hasil pemikulan secara manual adalah 0,82 m³ dengan rata - rata per rit 0,0743 m³ atau rata - rata per menit 0,0034 m³ dengan jarak pemikulan rata - rata mencapai 150 m dengan tenaga kerja pemikul per batang rata-rata 2 orang. Berarti produktivitas sebesar 0,21 m³/jam. Bila dalam satu hari jam kerja efektif pemikulan secara manual rata - rata 4 jam, maka produktivitas kerja mencapai 0,84 m³/hari. Melihat data tersebut, produktivitas cara manual sangat rendah karena bobot kayu jenis rasamala sangat berat dan medannya juga berat.

Tabel 5: Pengeluaran kayu dengan cara manual dipikul
Table 5. Manual wood extraction

No	Waktu rata-rata/ <i>Average time</i> (menit/ <i>minute</i>)	Diameter rata-rata/ <i>Average diameter</i> (cm)	Panjang/ <i>Length</i> (m)	Volume (m ³)	Jarak/ <i>Distance</i> (m)	Keterangan/ <i>Remarks</i>
1	70	14,75	4	0,068	150	2 orang/ <i>men</i>
2	25	12,5	4	0,049	150	1 orang/ <i>men</i>
3	20	14,0	4	0,061	150	1 orang/ <i>men</i>
4	20	15,5	4	0,075	150	2 orang/ <i>men</i>
5	25	15,5	4	0,075	150	2 orang/ <i>men</i>
6	30	15,5	4	0,075	150	2 orang/ <i>men</i>
7	10	15,5	4	0,075	150	2 orang/ <i>men</i>
8	15	16,5	4	0,085	150	2 orang/ <i>men</i>
9	10	16,5	4	0,085	150	2 orang/ <i>men</i>
10	10	16,5	4	0,085	150	2 orang/ <i>men</i>
11	5	16,5	4	0,085	150	2 orang/ <i>men</i>
Jumlah/ <i>Total</i>	240	169.20		0.820	1650	
Rata-rata/ <i>Mean</i>	21.8	15.4		0.075		

B. Analisis Biaya

Biaya investasi Expo-2000 diperhitungkan sebesar Rp 100 juta yang berarti sama dengan biaya investasi tahun lalu. Biaya tersebut sudah termasuk dengan biaya pembuatan katrol kecil, drum penarik kereta balik dan sistem penguncinya. Perhitungan biaya pemilikan dan operasi mesin Expo- 2000 dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari hasil analisis diketahui biaya penggunaan alat Expo-2000 sebesar Rp 60.175/jam. Dengan produktivitas kerja pengumpulan kayu sebanyak 5,11 m³/jam berarti biaya per m³ adalah Rp 11.617. Biaya ini lebih murah dibanding biaya pikul manual sebesar Rp 30.000-100.000, tergantung jarak dan tingkat kesulitan. Tahun lalu, biaya pengeluaran kayu dengan Expo-2000 adalah sebesar Rp 12.305. Ini berarti ada selisih Rp 688 lebih murah yang antara lain diperoleh dari hasil perbaikan dari rekayasa kereta pengangkut serta katrol baru yang lebih lancar.

Ditinjau dari sisi ekonomi, analisis biaya dengan suku bunga bank 18% per tahun dan proyeksi biaya 6 tahun, hasil kajian memperoleh nilai NPV dan IRR untuk produktivitas kayu 40,93 m³/jam dengan waktu kerja 150 hari per tahun dan 8 jam per hari serta sewa alat masing-masing Rp 20.000 m³/jam, Rp 22.500/m³, Rp 23.500/m³ dan Rp 25.000/m³ serta biaya dihitung secara datar (*flat*) maka diperoleh hasilnya sebagai berikut.

- untuk sewa alat Rp 20.000/m³, nilai NPV = -10.636.255 sedang IRR = 0.14
- untuk sewa alat Rp 22.500/m³, nilai NPV = 43.043.457 sedang IRR = 0.33

- untuk sewa alat Rp 23.500/m³, nilai NPV = 64.502.741 sedang IRR = 0,41.
- Untuk sewa alat Rp 25.000/m³, nilai NPV = 96.9705.168 sedang IRR 0,52

Namun bila diasumsikan ada kenaikan untuk semua pembiayaan sebesar 10% setiap tahun, untuk sewa alat tetap seperti di atas maka diperoleh hasilnya seperti berikut.

- untuk sewa alat Rp 20.000/m³, nilai NPV = -88.343.167 sedang IRR = #NUM!
- untuk sewa alat Rp 22.500/m³, nilai NPV = -34.672.456 sedang IRR = #NUM!
- untuk sewa alat Rp 23.500/m³, nilai NPV = -13.204.171 sedang IRR = 0,08 (8%).
- Untuk sewa alat Rp 25.000/m³, nilai NPV = 18.998.256 sedang IRR = 0,29 (29%)

Dari gambaran di atas cukup jelas bahwa dengan kenaikan biaya 10% saja mengakibatkan adanya penurunan pendapatan yang tercermin dari nilai NPV maupun IRR yang baru menjadi positif pada sewa Rp 25.000/m³ padahal bila tidak ada kenaikan biaya pada sewa alat Rp 22.500/m³ pun NPV dan IRR sudah positif.

Table 4. Biaya pemilikan dan operasi alat Expo-2000

Table 4. Owning and operating Costs of Expo-2000

No	Uraian/ Item	Biaya /Cost Rp/jam/ Rp/ hr
1	H (harga alat) (Price)	
2	BP (Penyusutan) (Depreciation cost)	9.000
3	BA (Asuransi) (Insurance cost)	1.800
4	BB (Bunga) (Interest rate cost)	10.800
5	Pj (pajak) (Tax cost)	1.200
6	BBB (bahan bakar) (Fuel cost)	5.000
7	BO (oli pelumas) (Grease oil cost)	500
8	BPr (Perbaikan/pemeliharaan) (Maintenance cost)	10.000
9	BTk (4 tenaga kerja) 8 jam kerja (4 Labours) 8 hours	12.500
10	Bop (biaya operator) (Operator cost)	9.375
	Total	60.175

Catatan (Note): Penggunaan solar $\pm$ 1 liter per jam. Harga solar setempat adalah Rp 5.000/ liter.

Fuel consumption based on observation was 1 lt/hour. Local price was Rp 5000/lt.

C. Pembahasan

Idealnya, operasi kabel layang dilakukan pada medan terbuka sehingga operator dapat dengan jelas melihat semua kegiatan dan apa yang terjadi di lapangan, misalnya pada kegiatan penebangan habis. Apabila pandangan operator mesin tidak jelas, tidak jarang terjadi salah pengertian dalam pemberian perintah yang berakibat dapat berakibat fatal atau setidaknya memboroskan waktu, yang berarti memboroskan biaya dan mengganggu kelancaran pengeluaran kayu tersebut. Oleh karena itu tim kerja harus berpengalaman agar dapat menyampaikan perintah yang semestinya kepada operator sehingga pengoperasian alat efektif.

Memperhatikan produktivitas kerja mesin Expo-2000 kemudian dicoba dibandingkan dengan penelitian lain yang pernah dilakukan di Perum Perhutani Unit III Jawa Barat pada tahun 2000 yang menggunakan mesin yarder IWAFUJI 115 buatan Jepang, memang dengan mesin IWAFUJI 115 hasilnya jauh lebih besar dengan rata-rata produktivitasnya mencapai $33,33 \text{ m}^3 \text{ hm} / \text{jam}$ (Basari, 2002). Namun ini mudah difahami, karena mesin IWAFUJI 115 memiliki daya yang lebih besar (200 PK) sedang mesin Expo-2000 hanya 24 PK. Kalau tenaga Expo-2000 disetarakan dengan mesin Iwafuji 115, hasil perhitungan menunjukkan bahwa penarikan kayu oleh mesin Expo juga dapat mencapai sekitar $30\text{-}45 \text{ m}^3 \text{ hm} / \text{jam}$. Dengan demikian secara sederhananya alat pengeluaran kayu sistem kabel layang Expo-2000 cukup baik dan dapat didayagunakan utamanya pada medan berat dan Expo-2000 kini sudah jauh lebih operasional untuk diterapkan pada berbagai kondisi lapangan, karena telah cukup teruji baik pada pengumpulan kayu ke arah atas lereng, mendarat maupun menurun lereng.

Dari beberapa uji coba yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kemandirian penerapan sistem kabel layang yang efektif dan efisien, memerlukan pengalaman uji coba yang luas pada berbagai kondisi lapangan baik di lapangan agak datar, menurun atau menaik, yang akan membedakan dalam penanganannya. Seperti kondisi dan posisi jumlah pohon tempat pengikatan kabel, jarak bentangan, model dan ukuran panjang batang yang akan dikeluarkan, kerapatan tegakan serta penempatan alat dan tempat pengumpulan kayu.

Kini dengan telah makin sulitnya kayu dari hutan alam, maka pennebangan pohon telah banyak berpindah ke hutan tanaman, yang memanen kayu-kayu berdiameter kecil dan telah memiliki jaringan jalan angkutan. Akan tetapi, banyak pengusaha hutan masih juga yang melakukan usaha di daerah bergunung sehingga biaya operasi yang diperlukan tinggi dan pilihan untuk menggunakan teknologi kabel layang sangat penting. Namun, menurut para pemilik atau pengusaha kayu penggunaan sistem kabel layang cukup mahal karena tingginya upah tenaga kerja, sementara kemampuan pemasangan jaringan kabel rendah dan perlu tenaga kerja banyak dengan kinerja kurang produktif. Mereka menyebutkan sistem ini terpaksa digunakan karena adanya aturan lingkungan. Kebanyakan, sistem kabel layang digunakan untuk suatu operasi dengan target produksi 60.000 ton per tahun dengan tenaga kerja 5 orang. Kendala utama dalam penerapan sistem ini ialah sulitnya mencari orang yang memiliki keahlian teknik pasang memasang jaringan kabel yang baik, tepat, lancar dan aman.

Olund (2001) menyebutkan bahwa keberadaan pengatur posisi, sistem listrik dan penurunan kabel kereta kayu (*motorized drop line carriages*) dapat memperbaiki waktu operasi dari suatu sistem kabel layang. Ini terjadi karena mencari lahan untuk tempat pengumpulan dan proses pengeluaran kayu sulit. Untuk itu lokasi di areal sekitar tiang menara biasanya dapat digunakan sebagai tempat pengumpulan kayu (Olund, 2001).

Womack dan Laursen (1994) melakukan pengujian dinamika sistem kabel layang seri A yakni pemuatan dengan penarik kabel layang kecil (kabel ukuran 15.8 mm [5/8 inch]) telah dicoba diterapkan pada tegakan *codominan* dari jenis *Douglas fir*. Pengujiannya mencakup uji vibrasi dan penarikan kayu seberat antara 1.5 - 9 kN (340 - 2050 lbs atau 170-1.025 kg) dengan evaluasi uji bebas vibrasi dan vibrasi per bagian. Besarnya muatan yang dievaluasi dalam pemanenan ialah kayu yang tumbuh secara alami dan dari hasil penanaman, sehingga kemudian dapat diketahui kisaran berat muatan termasuk perlengkapan alat saat dilakukan pengeluaran kayu dan kembali kosong. Secara alami, kabel pengencang (*guylines*) disepakati

sesuai dengan pemasangan teori kabel sederhana. Tetapi, keberadaan kereta pengangkut kayu (*carriage*) pada sistem kabel layang secara nyata hasilnya lebih rendah dibanding perkiraan teori kabel sederhana. Dari suatu operasi sistem kabel layang diketahui bahwa beban muatan sangat tinggi variasinya, dengan koefisien variasi berkisar dari 31 sampai 79%.

Sementara itu menurut Lloyd (2007), mekanisasi pengeluaran kayu menggunakan sistem kabel layang dengan *Wyssen cable system* atau *skyline crane* untuk tempat-tempat yang sulit, belakangan ini muncul dan menarik perhatian. Cara ini merupakan asli temuan di Swiss untuk memanen kayu dari hutan Alpine. Sekarang, cara ini sudah dipergunakan secara luas untuk berbagai tipe hutan dan kondisi lapangan, dari kayu daun jarum di Canada hingga hutan kayu daun lebar di negara tropis. Seperti di Sudan dan bagian negara Afrika, dan juga baru-baru ini di hutan rawa mangrove di Asia. Cara tersebut belum lama juga telah dicoba untuk pertama kalinya di New Zealand dan di Scotlandia untuk pengeluaran kayu pada kegiatan penjarangan di hutan daun jarum.

Secara keseluruhan hasil dari uji coba alat memperlihatkan bahwa setelah drum penahan kereta kayu diperbaiki dan katrol baru dipakai, proses pengeluaran kayu menggunakan mesin Expo-2000 makin stabil, aman dan kuat sebagaimana terlihat pada uji coba di Cikarae, KPH Sukabumi.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Secara teknis hasil perbaikan pada drum pengguling balik (*haulback drum*) yang dilengkapi dengan pengunci sistem serupa cakram, dapat dioperasikan untuk pengeluaran kayu ke arah atas atas bukit (*uphill*) atau menurun bukit (*downhill*) dengan hasil cukup baik.
2. Perbaikan pada bentuk dan model katrol yang baru memperlihatkan pergerakan kabel lebih lancar dan aman sehingga secara keseluruhan dapat memperbaiki kinerja pengeluaran kayu.
3. Produktivitas pengeluaran kayu dengan menggunakan sistem kabel layang sangat dipengaruhi kondisi medan dan cara pemasangan kabel. Pemasangan kabel yang kurang tepat akan mengakibatkan pemborosan waktu dan biaya.
4. Produktivitas pengeluaran kayu secara manual rata-rata $0,21 \text{ m}^3/\text{jam}$
5. Pengeluaran kayu dengan mesin Expo-2000 setelah dilakukan perbaikan cukup baik dengan produktivitas berkisar $2-9 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$ dengan rata-rata $5,11 \text{ m}^3 \cdot \text{hm} / \text{jam}$.
6. Biaya pemilikan dan operasi penyaradan menggunakan mesin Expo- 2000 adalah Rp 60.175/jam. Dengan produktivitas pengumpulan kayu sebanyak $5,11 \text{ m}^3/\text{jam}$ berarti biaya per m^3 sebesar Rp 11.617.
7. Dengan investasi Rp 100 juta hasil analisis memperoleh gambaran bahwa dengan kenaikan biaya operasi 10% setiap tahun mengakibatkan adanya penurunan pendapatan, yang tercermin dari nilai NPV maupun IRR yang baru menjadi positif pada sewa Rp 25.000/ m^3 , padahal bila tidak ada kenaikan biaya operasi sewa alat maka dengan Rp 22.500/ m^3 , nilai NPV dan IRR sudah positif.

DAFTAR PUSTAKA

- FAO. 1974. Logging and log transport in tropical high forest. FAO Forestry Development Paper. No. 18. FAO. Rome.
- 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.
- Basari, Z. 2002. Produktivitas Pengeluaran Dolok Kayu Tusam Dengan Sistem Kabel Layang Iwafuji 115. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 20 (1): 20-34. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Olund, Dexter. 2001. The Future cable logging. The International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium. <http://depts.washington.edu/sky2001/proceedings/papers/olund.pdf>. Diakses pada tanggal 25 Juni 2007
- Pyles, M.R., Womack, K.C. and H.I. Laursen. 1994. July 1994 Dynamic Characteristics of a Small Skyline Logging System with a Guyed Tailspar. Vol.6, No. 1. <http://www.lib.unb.ca/Texts/JFE/bin/getback.cgi?directory=bigissues/abstracts/&filename=vol6-1.html>. Diakses pada tanggal 16 April 2007.

Lampiran 1. Contoh analisis biaya penggunaan Expo-2000 dalam skala operasi

Appendix 1. Example of cost analysis of the Expo-2000 on operation scale

- A. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 150 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 20.000/m³.
(Working hour 8 hours/day, working day 150 days/year, wood production 40,92 m³/hour and rental cost Rp 20,000/m³)

Tahun/ Year	Investasi/Investment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	-100,000,000
1		97,210,000	122,760,000	25,550,000	21,652,542
2		97,210,000	122,760,000	25,550,000	18,349,612
3		97,210,000	122,760,000	25,550,000	15,550,519
4		97,210,000	122,760,000	25,550,000	13,178,406
5		97,210,000	122,760,000	25,550,000	11,168,140
6		97,210,000	122,760,000	25,550,000	9,464,526
				NPV	-10,636,255
				IRR	0.14

- A. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 150 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 22.500/m³.
(Working hour 8 hours/day, working day 150 days/year, wood production 40,92 m³/hour and rental cost Rp 22,500/m³)

Tahun/ Year	Investasi/Investment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	138,105,000	40,895,000	34,656,780
2		97,210,000	138,105,000	40,895,000	29,370,152
3		97,210,000	138,105,000	40,895,000	24,889,960
4		97,210,000	138,105,000	40,895,000	21,093,186
5		97,210,000	138,105,000	40,895,000	17,875,581
6		97,210,000	138,105,000	40,895,000	15,148,798
				NPV	43,034,457
				IRR	0.33

- B. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 150 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 23.500/m³.
(Working hour 8 hours/day, working day 150 days/year, wood production 40,92 m³/hour and rental cost Rp 23,500/m³)

Tahun/ Year	Investasi/Investment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	144,243,000	47,033,000	39,858,475
2		97,210,000	144,243,000	47,033,000	33,778,368
3		97,210,000	144,243,000	47,033,000	28,625,736
4		97,210,000	144,243,000	47,033,000	24,259,098
5		97,210,000	144,243,000	47,033,000	20,558,558
6		97,210,000	144,243,000	47,033,000	17,422,507
				NPV	64,502,741
				IRR	0.41

C. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 150 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 25.000/m³
(Working hour 8 hours/day, working day 150 days/year, wood production 40,92 m³/hour and rental cost Rp 25,000/m³)

Tahun/ Year	Investasi/Investment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	153,450,000	56,240,000	47,661,017
2		97,210,000	153,450,000	56,240,000	40,390,692
3		97,210,000	153,450,000	56,240,000	34,229,400
4		97,210,000	153,450,000	56,240,000	29,007,966
5		97,210,000	153,450,000	56,240,000	24,583,022
6		97,210,000	153,450,000	56,240,000	20,833,070
				NPV	96,705,168
				IRR	0.52

Lampiran 2. Contoh analisis dengan kenaikan biaya 10% setiap tahun penggunaan Expo-2000 dalam skala operasi

Appendix 2. Example of cost analysis with 10% increase of the Expo-2000 on operation

Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 200 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 20.000/m³. (*Working hour 8 hours/ day, working day 200 days/year, wood production 40,92 m³/ hour and rental cost Rp 20,000/ m³*)

Tahun/ Year	Investasi/Invesment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	122,760,000	25,550,000	21,652,542
2		106,931,000	122,760,000	15,829,000	11,368,141
3		117,624,100	122,760,000	5,135,900	3,125,867
4		129,386,510	122,760,000	-6,626,510	-3,417,880
5		142,325,161	122,760,000	-19,565,161	-8,552,112
6		156,557,677	122,760,000	-33,797,677	-12,519,726
				NPV	-88,343,167
				IRR	#NUM!

E. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 200 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 22.500/m³
(*Working hour 8 hours/ day, working day 200 days/year, wood production 40,92 m³/ hour and rental cost Rp 22,500/ m³*)

Tahun/ Year	Investasi/Invesment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	138,105,000	40,895,000	34,656,780
2		106,931,000	138,105,000	31,174,000	22,388,681
3		117,624,100	138,105,000	20,480,900	12,465,308
4		129,386,510	138,105,000	8,718,490	4,496,900
5		142,325,161	138,105,000	-4,220,161	-1,844,671
6		156,557,677	138,105,000	-18,452,677	-6,835,454
				NPV	-34,672,456
				IRR	#NUM!

F. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 200 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m³/jam dan sewa Rp 23.500/m³
(*Working hour 8 hours/ day, working day 200 days/year, wood production 40,92 m³/ hour and rental cost Rp 23,500/ m³*)

Tahun/ Year	Investasi/Invesment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	144,243,000	47,033,000	39,858,475
2		106,931,000	144,243,000	37,312,000	26,796,897
3		117,624,100	144,243,000	26,618,900	16,201,084
4		129,386,510	144,243,000	14,856,490	7,662,812
5		142,325,161	144,243,000	1,917,839	838,305
6		156,557,677	144,243,000	-12,314,677	-4,561,745
				NPV	-13,204,171
				IRR	0.0871

G. Jam kerja 8 jam/ hari, waktu kerja 200 hari/tahun, produksi kayu 40.92 m ³ /jam dan sewa alat Rp 25.000/m ³ (Working hour 8 hours/day, working day 200 days/year, wood production 40,92 m ³ /hour and rental cost Rp 25,000/m ³)					
Tahun/ Year	Investasi/Investment (Rp)	Biaya operasi/ Operating cost (Rp)	Pendapatan/ Income (Rp)	Pendapatan bersih/ Net cash inflow (Rp)	Nilai saat ini/ Present value (Rp)
0	-100,000,000			- 100,000,000	- 100,000,000
1		97,210,000	153,450,000	56,240,000	47,661,017
2		106,931,000	153,450,000	46,519,000	33,409,221
3		117,624,100	153,450,000	35,825,900	21,804,749
4		129,386,510	153,450,000	24,063,490	12,411,680
5		142,325,161	153,450,000	11,124,839	4,862,770
6		156,557,677	153,450,000	-3,107,677	-1,151,182
				NPV	18,998,256
				IRR	0.29