

**UJI COBA MESIN KABEL LAYANG EXPO-2000 GENERASI-II
DENGAN KONSTRUKSI DUA GIGI EKSENTRIK TERPISAH
UNTUK EKSTRAKSI KAYU**
*(Experiment of Trial Test Skyline Machine of Expo-2.000 Generation-II
With Two Separated Eccentric Gear on Log Extraction)*

Wesman Endom

Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610, Telp (0251) 8633378, Fax (0251) 8633413
e-mail: wesmanendom@yahoo.com

Diterima 26 Desember 2012, Disetujui 9 November 2013

ABSTRACT

Studies of timber extraction was carried out in steep areas by using the prototype Expo-2000 Generation II with engine of 13 HP. Cable line stretching of about 400 m with slope of about 50%. Logs of rasamala of 2-4 m length and diameter ranged of 20-40 cm were extracted to landing around a tower. The machine was placed on the hill located in the middle of two cable stretches. The first cable stretch was used for pulling logs upward and the second cable stretch for pulling downward. The cost for machine investment was about Rp 110 millions with operation costs of Rp 111.975 / hour. Logs extraction productivity is 0.59 m³ / hour, and the extraction cost was about Rp 189,788 per m³.

Keywords: Skyline technology, removing logs, effective

ABSTRAK

Penelitian pengeluaran kayu di daerah curam menggunakan teknologi kabel layang prototipe Expo-2000 Generation II bermesin 13 HP telah dilakukan pada bentangan kabel sekitar 400 m dengan kemiringan lapangan sekitar 50%. Dolok kayu rasamala dengan panjang 2-4 m dan diameter antara 20-40 cm dikumpulkan ke dekat tiang (*tower*). Mesin yang dipakai untuk pengeluaran kayu dipasang di bukit yang berada di tengah dua bentangan kabel. Bentangan pertama untuk menarik ke atas dan bentangan kedua untuk menurunkan ke bawah. Biaya investasi sekitar Rp 110 juta, biaya pemilikan dan pengoperasian alat adalah Rp 111.975/jam, dengan produktivitas pengumpulan kayu sebanyak 0,59 m³/jam, maka biaya untuk setiap m³ adalah sebesar Rp 189.788.

Kata kunci : Teknologi kabel layang, pengeluaran kayu, efektif

I. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga manusia merupakan bagian dari pemberdayaan masyarakat yang memberi andil penting pada kegiatan kehutanan khususnya di bidang pemanenan. Namun, karena lokasi kegiatannya sering berada pada lokasi dengan medan bertopografi berat, maka saat kegiatan pengeluaran kayu dilakukan banyak mengalami masalah. Hal ini tidak lain karena

selain jarak angkut yang cukup jauh dengan akses terbatas, juga material yang ditanganinya memiliki bobot cukup berat.

Menurut Suparto (1978), untuk mengelola hutan yang baik dan berkelanjutan diperlukan penyediaan akses angkutan yang memadai. Karena pembuatan prasarana ini cukup mahal dan pertimbangan sosial ekonomi di sisi yang lain lebih menonjol, maka penggunaan blandong pada kegiatan pemanenan terutama di Jawa, masih

menjadi prioritas pilihan. Untuk mendukungantisipasi kesulitan karena tidak bisa masuknya kendaraan pengangkut ke dalam petak tebang, maka dicari jalan keluarnya dengan cara membuat jalan sogokan.

Jalan sogokan yaitu akses berupa jalan tanah yang masuk ke dalam tegakan dengan lebar sekitar 1 m dan dibuat secara manual. Jalan ini dibuat mengikuti searah kontur dan digunakan hanya sementara waktu selama musim kemarau sebagai prasarana darurat saat kegiatan pemanenan kayu. Jalan sogokan ini, kini bisa juga dipakai oleh para pengojek untuk membawa kayu potongan batang utama dan berbagai jenis kayu bakar. Penggunaan motor ojek ini kini cenderung menjadi salah satu alternatif model wahana dalam kegiatan pengeluaran kayu hasil tebang.

Pada studi ini dilakukan uji coba prototipe alat pengeluaran kayu sistem kabel layang, yang konstruksinya berbeda dibanding pendahulunya Expo-2000 Generasi I. Menurut definisi, segala peralatan bantu yang menggunakan motor penggerak berkekuatan di atas 5kW (termasuk kendaraan jenis truk niaga dengan *Gross Vehicle Weight* (GVW) lebih dari 20 ton) dikategorikan sebagai alat berat (*Society Association Engineering, SAE* 2011). Dalam hal ini, sekalipun prototipe Expo-2000 tidak termasuk dalam kategori alat berat sesuai definisi karena beratnya kurang dari 1 ton, tetapi dalam penggunaannya memerlukan akses seperti kendaraan truk. Selain itu, karena untuk menaikan ke atas truk serta menurunkan juga cukup sulit, maka dibuatlah prototipe alat sejenis Expo-2000 dengan ukuran lebih kecil agar di lapangan mudah dibawa dan dipindahkan. Begitu juga saat dinaikkan atau diturunkan dari kendaraan pengangkutnya.

Tahun 2012, prototipe Expo-2000 yang telah ada dilakukan rekonstruksi dengan dasar perubahan diambil dari hasil pengamatan kegiatan pengujian sebelumnya. Hasil perancangan yang baru kemudian diuji coba di areal penebangan habis tegakan rasamala (*Altingia excelsa*) di kampung Sukarajin, Sukanegara, Kabupaten Cianjur.

Tujuan penelitian ialah mendapatkan prototipe alat kabel layang yang dapat diterapkan guna mendukung kemudahan dalam pengeluaran kayu di medan berat. Aspek yang dikaji meliputi mekanisme kerja alat (mesin, kereta gantung pembawa kayu, teknik pengeluaran kayu, pasang dan bongkar muatan) dan prestasi kerjanya.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Bulan Oktober - Nopember 2012 di sekitar petak tebang 27 dan 28 areal tegakan hutan rasamala (*Altingia excelsa*) dengan diameter pohon antara 20-50 cm, di Kampung Sukarajin BKPH Sukanegara, KPH Cianjur. Lokasi pengumpulan kayu terletak di pinggir jalan umum, sementara menuju lokasi di mana mesin dipasang, jaraknya lebih dari 500 m. Menuju lokasi tempat mesin dipasang, tidak ada jalan kendaraan roda empat, jalan yang ada hanya jalan sogokan. Kondisi lapangan uji coba dapat dikategorikan cukup berat karena panjang bentangan kabel untuk penarikan ke arah atas bukit sekitar 400 m dan untuk penarikan ke arah bawah bukit sejauh 420 m. Kedua lapangan memiliki kemiringan kurang lebih 50%.

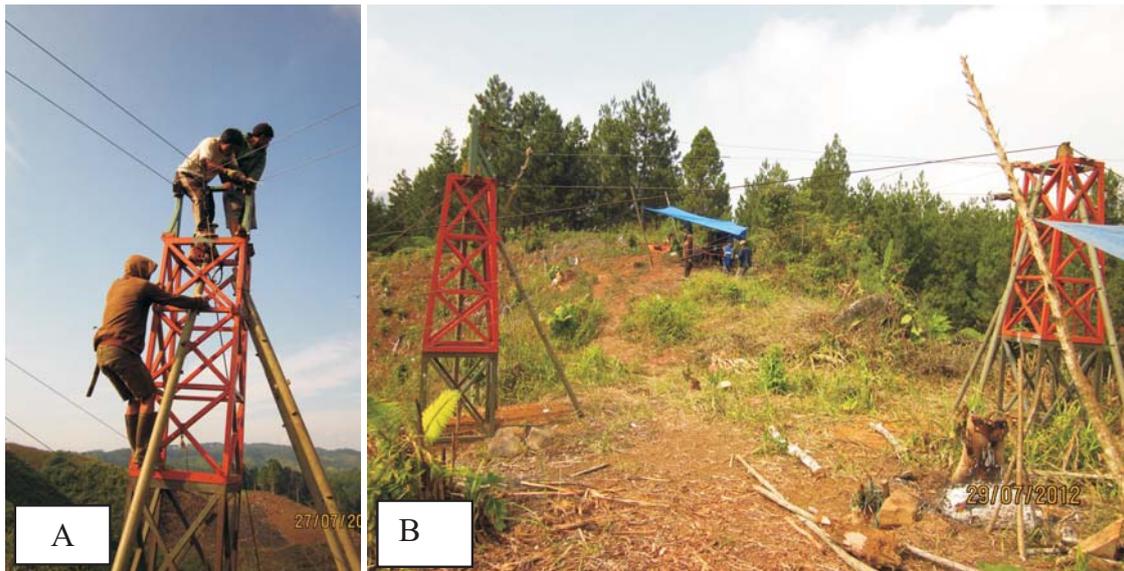
B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa solar untuk mesin diesel bertenaga 13 HP, kabel utama, kabel penarik, oli, sarung tangan, tambang, dan *tally sheet*. Peralatan yang digunakan adalah mesin prototipe Expo-2000 generasi II yang diperbaiki, seperangkat kunci dan alat bantu seperti kereta angkut kabel layang, katrol, kito, klem, tirfor, takel, kamera digital, *stop watch*, meteran dan tiang (*tower*) tempat mengikatkan kabel.

C. Prosedur Kerja

1. Pemancangan *tower*

Mengingat mesin yang akan dicoba berada di tengah areal kerja dan di tempat ini tidak ada lagi pohon karena sudah ditebang, maka sebagai pengganti pohon tiang (*spar tree*) kemudian dipasang 2 tiang (*tower*) buatan dari besi kotak berbentuk kerucut terpotong. Untuk pemasangannya dibuat lubang fondasi tiang berukuran 60 cm x 80 cm x 70 cm, tanahnya dimasukan ke dalam karung untuk ditimbunkan kembali ke dalam galian lubang tersebut. Setelah rangka fondasi ditanam dalam tanah, kemudian dipasang sambungan kotak pertama setinggi 1 m lalu disambung dengan *tower* setinggi 2 m. Dengan demikian tinggi *tower* menjadi 3 m yang dipasang pada landasan dengan cara dibaut. Agar *tower* ini dapat berdiri kokoh, maka ke arah belakang



Gambar 1. Pemandangan pemasangan tower (A) dan penempatan mesin yarder setelah pemasangan tower (B)

Figure 1. Setting up the tower (A) and setting up the yarder after the tower installed (B)

dipasang 2-3 buah kabel pengencang (*guy line*) sedang di bagian depannya ditopang dengan pipa berukuran diameter 10 cm. Gambaran pemancangan tower disajikan pada Gambar 1.

2. Pemasangan jaringan kabel

Ada 2 jenis kabel yang dipasang setelah tower terpasang yakni pertama kabel utama yaitu kabel berukuran 12 mm yang akan dipergunakan sebagai media menggantung kereta angkut. Untuk bentangan ke arah pengumpulan kayu yang ditarik dari arah lembah, dipakai kabel berukuran 16 mm. Adapun kabel penarik tanpa ujung (*endless cable*) dari kereta kayu dan muatannya berukuran 5-6 mm. Untuk mengencangkan ke 2 bentangan kabel ini digunakan alat pengencang tirfor yang dibantu dengan takel dan *winch*.

3. Perbaikan perekayasa alat

a. Kereta pembawa muatan kayu

Rancang bangun alat ini dibuat atas dasar realita bahwa pada pengeluaran kayu dengan model menggantung tegak (*rise head*) saat pertama kali dolok ditarik dan diangkat menggantung ke udara sering berputar. Di samping itu, dolok sering membentur cabang atau batang pohon yang dapat mengakibatkan kerusakan pada seling penggantung, karena akan menjadi cepat putus akibat seling terpelintir. Kedua hal tersebut

membahayakan, yang berdampak pada kapasitas kinerja alat menjadi tidak produktif.

Terkait dengan permasalahan di atas dan setelah diketahui hasil uji coba tahun lalu yang menunjukkan penggunaan dengan sistem 1 takel cukup membantu maka untuk lebih memudahkan lagi dalam pengangkatan dan penarikan ke atas kereta angkut kabel layang digunakan sistem 2 takel. Dengan demikian pada tahun 2012 kayu diangkut dengan posisi menggantung horisontal (*horizontal head*) dengan lebih mantap, aman dan nyaman. Model konstruksi kereta angkut kayu mendatar tersebut seperti pada Gambar 2.

b. Konstruksi prototipe

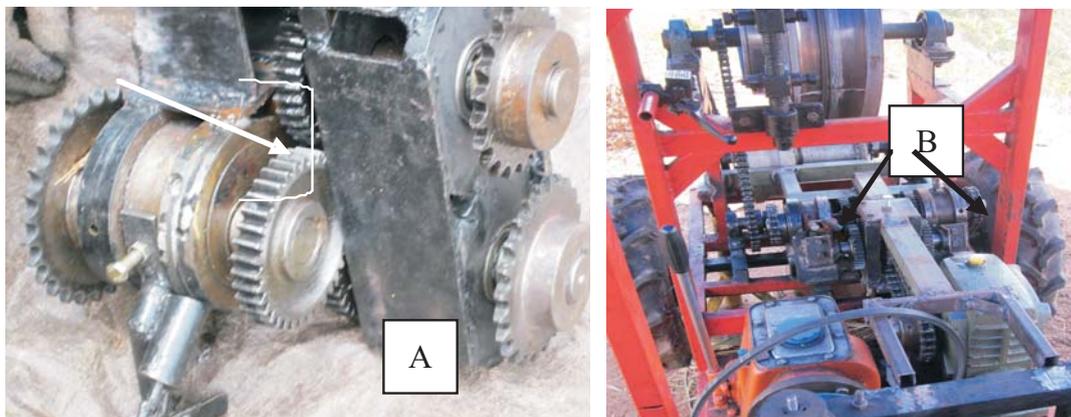
Konstruksi prototipe pada Expo-2000 Generasi II sebagaimana telah disampaikan di depan diperbaiki konstruksinya karena ada penambahan drum yang semula hanya 1 buah menjadi 2 buah. Pada kegiatan tahun 2012 gigi eksentrik untuk pengatur putaran drum yang semula hanya satu buah juga dibuat menjadi 2 buah. Lebih jelasnya konstruksi pada Gambar 3.

Perbaikan konstruksi yang dilakukan antara lain :

- 1) Penggantian dudukan mesin dari mesin bensin 6 PK dengan mesin di sel 13 PK;
- 2) Pembuatan dan pemasangan 2 buah gigi eksentrik yang terpisah;



Gambar 2. Kereta dengan satu kait (A) dan kereta dengan dua kait (B)
Figure 2. Carriage with single choker (A) and carriage with double choker (B)



Gambar 3. Dua unit gigi eksentrik dengan model menyatu dipasang pada prototipe tahun 2011 berfungsi sebagai pemindah putaran drum (A). Tahun 2012 Dua gigi eksentrik dengan pemasangan terpisah dengan masing-masing memiliki tongkat penghubung (B)

Figure 3. Two unity of eccentric gear was set-up at prototype machine made at 2011 has fuction for remove rounding drum (A). In 2012 two eccentric gear with separated each of them has one panel

- 3) Penggantian drum endless dari semula ukuran diameter 30 cm menjadi 70 cm;
- 4) Penggantian dan pemasangan komponen pengerem putaran *drum endless*.
4. Persiapan uji coba

Setelah segala sesuatunya terpasang maka sebelum dioperasikan, terlebih dahulu diperiksa semua kesiapan sistem kerja alat termasuk pengecekan bahan bakar dan oli, jaringan kabel

utama maupun kabel penarik, penahan tiang, katrol, rem, mesin, serta tenaga kerja. Selanjutnya dilakukan pembagian tugas.

D. Pengumpulan Data

Data hasil pengamatan di lapangan diolah secara tabulasi dengan beberapa perhitungan dilakukan dengan formulasi mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Endom (2009).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konstruksi Mesin

Sebagaimana telah disampaikan di depan bahwa pada kegiatan penelitian tahun 2012 ini telah dilakukan rekonstruksi struktur dari komponen pemutar drum penarik kabel. Pada tahun 2011 gigi eksentrik yang digunakan hanya satu buah yang berfungsi untuk menggerakkan dan memisahkan putaran drum melalui tongkat pengendali. Gigi eksentrik ini dipasang berdekatan pada dua buah gir, yang apabila tongkat pada gigi eksentrik digerakkan ke atas maka drum ke 1 dapat berputar, bila tongkat

dipindah ke bawah, drum ke 2 yang berputar, sedangkan bila tongkat pada gigi eksentrik dipasang di tengah maka tak satupun drum yang berputar (Gambar 3 A).

Pada tahun 2012, dua buah gigi eksentrik dibuat secara terpisah sehingga dapat dioperasikan sendiri-sendiri atau bersamaan. Dengan cara ini pada dasarnya fungsi mesin yarder dapat dioperasikan dengan prinsip “two in one” yakni sistem operasi yang dapat menjalankan dua tugas sekaligus dengan menggunakan satu mesin. Dari perbedaan struktur konstruksi gigi eksentrik yang terpisah kelebihan dan kelemahannya dibanding yang menyatu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelebihan dan kelemahan mesin penarik kayu kabel layang model gigi eksentrik yang menyatu dan terpisah

Table 1. The advantages and disadvantages of machine skyline with unity and separated gear model

Uraian (Description)	Mesin dengan struktur gigi eksentrik menyatu (Machine with unity of eccentric gear)		Mesin dengan struktur gigi eksentrik terpisah (Machine with unity eccentric gear)	
	Kelebihan (Advantages)	Kelemahan (Disadvantages)	Kelebihan (Advantages)	Kelemahan (Disadvantages)
1. Posisi rantai penghubung (The position of connecting chain)	Terpisah bila ada gangguan masih dapat dijalankan untuk yang lain (Separated if there is any disturbance but it can be drive for other activity)	Kebutuhan rantai lebih banyak (Demand of chain more number)	Kebutuhan rantai lebih sedikit (Demand of chain less number)	Menyatu bila terjadi gangguan pada bagian inti tidak dapat digunakan untuk memutar kedua drum (Unity if there is disturbance at central it can not be used to move both of drum)
2. Posisi gigi eksentrik (Position of eccentric gear)	Terpisah (Separate)	Berada di tengah konstruksi mesin sehingga agak menyulitkan pengoperasian (Located at central machine frame so may difficult to be operated)	Berada di pinggir konstruksi mesin sehingga tidak terlalu menyulitkan pengoperasian (Located at edge of machine frame so may difficult to be operated)	Menyatu (United)
3. Putaran rantai (Rolling of chain)	Terpisah (Separate)	Satu pasang rantai penghubung bergerak atas bawah (One pair of chain connection move up and down)	Semua putaran bergerak mendatar (All of rolling move horizontally)	Menyatu (United)
4. Dudukan gigi eksentrik (Frame position of eccentric gear)	Ditempatkan di tengah rangka mesin (Placed at central of the frame)	Untuk perbaikan mengalami kesulitan (To improve may have difficult)	Ditempatkan di pinggir rangka sehingga relatif mudah dalam perbaikan (Located at edge of frame so may easy for fixing)	Konstruksi dudukan perlu pengelasan maksimal (Construction frame need maximum strong welding)
5. Kecepatan putar (Rolling speed)	Ada yang cepat karena drum yang satu berukuran besar (100-140 m/menit) (There is faster drum because on of drum has big diameter size)	Perlu tambahan sistem pengereman yang mantap (Need system break well)	Tak membahayakan dan pengendalian dapat diikuti karena kecepatannya relatif rendah. (There is no dangerous effect and control can be followed due to low speed)	Tidak begitu cepat (70-100 m/menit) (Not so faster (70-100 m/minute))

Tabel 1 terlihat masing-masing komponen ada kelebihan dan kelemahannya dari prototipe yang dibangun. Kendati demikian, pengalaman telah memberikan pelajaran bahwa pertimbangan operasi yang efektif, efisien dengan produktivitas yang tinggi harus menjadi perhatian utama dari penggunaan alat. Terkait dengan itu maka konstruksi yang terkait dengan daya tarik beban harus mendapat perhatian serius agar tidak mudah rusak atau terganggu karena akan mengakibatkan kegiatan terhenti.

B. Kinerja Alat

Secara teknis pada jam-jam pertama mesin dapat berjalan dengan baik. Untuk awal uji coba diharapkan mesin dapat digunakan untuk 2 perjalanan langsung yakni menarik dari kayu bawah kemudian menurunkannya di atas (dekat

tower) dan disiapkan untuk dipindah pada jalur penurunan kayu. Dengan proses ini kabel penarik harus terhubung untuk semua jarak bentang yang panjang bentangannya lebih dari 800 m. Dengan demikian panjang kabel penarik yang diperlukan hampir mencapai panjang 1800 m, karena kabel harus terpasang bolak balik.

Dalam perjalanannya, pengeluaran kayu tidak dapat berjalan mulus lama karena kayu yang ditarik dari bawah membentur tunggak sehingga merusak dudukan dan sistem penarikan. Selain itu, karena drum yang dipakai untuk pengangkutan adalah drum kecil (diameter 30 cm) maka kecepatannya sekalipun semula dirancang dapat mencapai 70 m/menit yang seharusnya setelah 7-9 menit sampai di tujuan, ternyata melebihi dari waktu yang direncanakan. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kinerja pengeluaran kayu menggunakan drum kecil
Table 2. The performance of extraction logs using small drum

Uraian (Descript.)	Ø (cm)	Panjang (Length) (m)	Volume (m ³)	Waktu operasi (menit/ <i>minute</i>)					Jarak (Dist.) (m)	Produktivitas (Productiity) (m ³ /jam) (m ³ /hour)
				Penyiapan (Prepart.)	Perjalanan muatan (Traveling)	Bongkar (Release)	Balik kosong (Empty)	Jumlah (Total)		
Rata-rata (Average)	26	4	0,2114	3	12	4	13	32	375	0,3918
Kisaran (Ranged)	20-31	4	0.1256-0.3018	1.02 - 4.03	11.2 - 21.51	3.27-4.55	8.1-24.34	30.21-45.41	450-400	0,225 -0,445
<i>Sd</i>	5,657	0,000	0,085	1,096	2,906	0,120	0,361	4,243	35,355	0,119
<i>Sx</i>	0,943	0,000	0,014	0,183	0,484	0,020	0,060	0,707	5,893	0,020
<i>CV</i> (%)	3,67	-	6,72	6,58	4,02	0,51	0,45	2,21	1,57	5,05

Keterangan (*Remarks*) *Sd* = Simpangan baku (*Standard deviation*),
Sx = Simpangan baku rata-rata (*Standard error of the mean*)
Cv = Koefisien variasi (*Coefficient of variation*)

Tabel 2 terlihat bahwa produktivitas masih relatif rendah hanya sekitar 0,225-0,445 m³/jam atau rata-rata 0,3918 m³/jam untuk jarak rata-rata 375 m. Diduga karena jarak yang cukup jauh dan di lapangan tidak mudah untuk mengendalikan perjalanan kereta muatan mengingat adanya variasi kondisi lapangan, maka bentangan kabel pada tempat tertentu melengkung rendah. Hal inilah yang kemudian mengapa muatan membentur tebing dan tunggak.

Setelah dilakukan perbaikan dengan melakukan pemasangan tiang pembantu, dan

dalam operasi ini kayu ditarik ke atas mendekati tower menggunakan satu drum dengan menggunakan drum lebih besar yang berjarak sekitar antar 30-400 m. Hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa rata-rata produktivitas yang dapat dicapai kini menjadi lebih baik dengan kisaran 0,185-2,138 m³/jam atau rata-rata 0,79 m³/jam untuk jarak angkut rata-rata 196,54 m.

Dari Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa penyiapan untuk pengeluaran kayu cukup lama

bahkan dapat mencapai 8 menit lebih. Cukup lamanya waktu penyiapan terjadi karena kayu yang akan ditarik tidak berada dekat di bawah jalur, melainkan tersebar dalam posisi sulit yang berada di lereng. Oleh karena itu, potongan kayu itu terlebih dahulu harus ditarik dengan menggunakan rantai dari takel yang rantainya

cukup panjang (5 m). Bila jaraknya lebih dari itu, maka penarikan potongan kayu ke dekat jalur dilakukan dengan menyambung rantai dengan seling lain. Dengan demikian pada jalur selebar 10-15 m dari kiri kanan jalur dapat ditarik dan dibawa ke tempat pengumpulan.

Tabel 3. Kinerja prototipe pada penarikan kayu ke arah atas lereng dengan menggunakan drum besar.

Table 3. The performance of log extraction toward up hill using big drum

Uraian (<i>Descript.</i>)	Ø (cm)	Panjang (<i>Length</i>) (m)	Volume (m ³)	Waktu operasi (menit/ <i>minute</i>)					Jarak (<i>Dist.</i>) (m)	Produktivitas (<i>Productivity</i>) (m ³ /jam (<i>m³/hour</i>))
				Penyiapan (<i>Prepart.</i>)	Perjalanan muatan (<i>Traveling</i>)	Bongkar (<i>Release</i>)	Balik kosong (<i>Unloading</i>)	Jumlah (<i>Total</i>)		
Rata-rata (<i>Average</i>)	23,42	3,62	0,15	4,09	4,15	1,92	3,93	14,09	196,54	0,778
Kisaran (<i>Ranged</i>)	15-32	2-4	0,071-0,286	0,89-8,13	1,35-6,47	0,84-3,05	1,07-6,67	4,12-22,85	30-355	0,185-2,138
Sd	5,14	0,80	0,05	1,87	1,75	0,58	1,90	5,28	127,23	0,48
Sx	0,20	0,03	0,00	0,07	0,07	0,02	0,07	0,20	4,89	0,02
CV(%)	21,94	22,23	32,96	45,65	42,10	30,06	48,46	37,44	64,73	61,10

Keterangan (*Remark*): Jumlah contoh adalah 23 buah (*The number of samples was 23*)

Sd = Simpangan baku (*Standard deviation*),

Sx = Simpangan baku rata-rata (*Standard error of the mean*)

Cv = Koefisien variasi (*Coefficient of variation*)

C. Pembahasan

1. Konstruksi prototipe mesin

Konstruksi mesin sebelum ada penambahan drum berupa *reducer* (pengecil kecepatan) berada di sebelah mesin penggerak, sedangkan *gear box marine* (pengecil dan pengendali putaran maju atau mundur) berada di bagian atas unit alat. Namun, karena ada perubahan konstruksi dengan menambah drum baru, maka konstruksi untuk pengoperasian pun berubah. Pada prototipe yarder tahun 2011 untuk memudahkan saat mesin penggerak dihidupkan dibuat suatu pelonggar kedudukan mesin. Dengan cara ini *belt* atau tali yang terhubung dengan *reducer* maupun *gear box* tidak kencang, sehingga saat ditarik mesin menjadi lebih mudah hidup. Namun, pada prototipe mesin tahun 2012 karena mesin yang digunakan adalah mesin disel bertenaga 13 PK dengan putaran untuk penggerak dinamo pada mesin dapat langsung dihidupkan sepanjang memiliki putaran tinggi, maka *belt* tidak perlu dilonggarkan seperti pada prototipe tahun sebelumnya.

Pada dasarnya kedua model prototipe dibangun dengan konstruksi yang berkekuatan maksimal. Pada kenyataan penguatan tambahan kedudukan posisi komponen baik pada *reducer*, *gear box* serta mesin penggerak, maupun gigi eksentrik dan gigi penghubung masih tetap diperlukan.

Dari hasil pengamatan diketahui pangkal utama adanya kerusakan adalah karena adanya pergerakan pada kedudukan gigi eksentrik dan kedudukan penghubung yang bersambung dengan putaran drum yang berubah akibat muatan membentur tonggak sebelumnya yang kemudian berpengaruh pada kedudukan gigi eksentrik dan *reducer*. Dampak tersebut membuat putaran gir menjadi kurang normal. Oleh karena itu untuk kegiatan penelitian berikutnya akan dipertimbangkan merubah struktur pergerakan menjadi sebagai berikut:

- Putaran drum dapat tetap berasal dari mesin bensin atau mesin diesel
- Putaran dari mesin dihubungkan dengan pulli ke penghubung putaran gigi eksentrik

- c. Melalui penghubung putaran, tongkat pada unit gigi eksentrik-1 dapat dihubungkan atau dilepas untuk disambung ke transmisi (*reducer-1*).
- d. Dengan tersambung pada gigi yang ada pada *reducer*, putaran selanjutnya dihubungkan dengan drum penggulung kabel. Dengan demikian kereta angkut dan muatan kayu dapat ditarik dari lokasi tebangan ke tempat pengumpulan.
- e. Dengan cara yang sama pada unit gigi eksentrik-2 dapat dilakukan penarikan sebagaimana pada proses penarikan kereta dengan menggunakan gigi eksentrik -1
- f. Dengan cara yang sama maka berarti dua drum penggulung dapat dijalankan secara bersamaan, atau satu jalan satu tidak, atau kedua-duanya berhenti.

2. Kereta angkut

Kereta angkut yang dibuat tahun 2011 dirancang serupa dengan kereta angkut model peluru yang dapat dioperasikan secara mulus. Namun, pada kereta angkut ini ternyata kait agak sulit turun antara lain terjadi karena tertahan oleh beban kabel dan katrol dengan keseimbangan penahan pembawa muatan rawan patah, proses membuka pengunci lebih rumit serta cara pengunciannya kurang mulus.

Oleh karena itu pada uji coba di tahun 2012, kereta yang dibangun tahun 2011 hanya dipakai pada bagian dimana ada rodanya saja untuk kemudian dikombinasi dengan menggunakan 2 takel untuk menarik muatan kayu model mendarat (*horizontal bead*). Adanya kemudahan dalam menaikan dan menurunkan muatan kayu dari kereta angkut dengan menggunakan 1 takel pada tahun 2011 kemudian dijadikan pengalaman menarik dalam upaya meningkatkan produktivitas dan keamanan maka pada tahun 2012. Oleh karena itu pada uji coba ini kayu diangkat pada kereta angkut dan diturunkan dengan menggunakan sistem 2 takel. Dengan bantuan ke 2 takel tersebut proses pemasangan dan pembongkaran kayu balok dapat dilakukan lebih mudah sekalipun bahkan dengan 1 orang. Bertolak dari kemudahan dan lebih amannya cara melakukan pemuatan maupun pembongkaran muatan kayu tersebut, maka hasil uji coba atas penggunaan sistem takel ini dapat digunakan ke arah capaian yang baik dan baku, yaitu bahwa

sistem takel (1 atau 2 buah lebih baik) dapat dibakukan untuk operasi pemuatan dan bongkar kayu pada sistem kabel layang.

Uji coba juga memperlihatkan bahwa sekalipun operasi kabel layang dilakukan dengan sistem kabel tanpa ujung (*endless system*), akan tetapi penggunaan sistem takel dapat dipakai untuk menarik kayu yang berada di sekitar jarak 10-15 m dari jalur kabel. Oleh karena itu, untuk lebih mengefektifkan penggunaan sistem takel dalam operasi pemuatan dan pembongkaran kayu pada sistem kabel layang, perlu ada perbaikan kereta angkut yakni berukuran lebih kecil, kuat dan aman.

3. Jarak bentang

Dari kenyataan lapangan diketahui bahwa semakin jauh jarak bentang dengan konfigurasi lapangan bervariasi maka semakin besar lengkungan kabel dan semakin banyak diperlukan penyangga. Dalam hal pemasangan penyangga kenyataan menunjukkan, bahwa penyangga terkadang harus dipasang berada dekat pinggir tebing agar kayu terangkat dan tidak menumbuk tebing. Selain itu penyangga harus cukup tinggi karena bentangannya terkadang masih cukup jauh. Idealnya, jarak antara penyangga yang disiapkan berkisar 30-40 m. Namun, sebagai pelajaran ke depan dapat dikatakan operasi kabel layang dengan bentangan yang jauh (s/d 400 m) cukup sulit dan dinilai kurang operasional baik dilihat dari sisi transportasi peralatan, pemasangan bentangan (posisi dan arah bentangan), kebutuhan penyangga, kekuatan konstruksi dan pengawasan operasi.

Menurut Hall (2005), ada beberapa permasalahan dalam penggunaan alat terkait dengan konfigurasi lapangan yaitu daya dukung tanah (*Ground firmness*) dalam pengertian bisakah sistem yang dipakai keberadaannya mendukung kegiatan alat/mesin beroperasi, kekasaran (*roughness*) yakni adakah rintangan (seperti tanggul atau tunggak) atau lapangannya merupakan daerah berawa dan lereng (*slope*) yakni apakah kemiringan lapangan memungkinkan alat/mesin dapat dibawa, menaiki atau menuruni dengan kemungkinan bahaya yang terjadi seperti tergelincir. Kenyataan menunjukkan bahwa kelerengan akan selalu menjadi faktor pembatas dan menjadi masalah pada mesin yang dipakai. Cuaca terutama hujan dan perubahan yang terjadi

dalam arti dampak pada lokasi setempat apakah mesin masih dapat bekerja secara efektif dan aman saat kondisi basah. Oleh karena itu, perencanaan yang matang seperti penyapuan tanah badan jalan yang jelek dan lembek dapat mengurangi kelancaran pengeluaran kayu serta penggunaan bahan yang tepat untuk perbaikan konstruksinya agar ekstraksi kayu dapat berjalan dengan lancar sangat diperlukan. Perlu

dipertimbangkan pula bahwa saat beroperasi perlu informasi yang matang mencakup informasi tentang tempat dan akses ke lokasi, karena hal ini berpengaruh langsung pada kegiatan operasi yang akan datang. Terkait dengan itu berikut disampaikan gambaran kelebihan maupun kelemahan operasi kabel layang jarak dekat-sedang dengan jarak jauh seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kelebihan dan kelemahan cara pengeluaran kayu menggunakan sistem kabel layang berdasarkan analisis dan pengalaman lapangan.

Table 4. The strongness and weakness of extraction system using skyline based on analysis and experience

No	Jarak bentang kabel (Distance of cable line stretching)	
	Dekat-sedang (40-200 m) (Near-medium of about 40-200 m)	Jauh (>200 m) (Far of about > 200m)
Kelebihan (Advantages)	Kabel yang harus di bawa jaraknya lebih pendek sehingga lebih mudah dan ringan dibanding untuk penggunaan jarak yang jauh (Cable should be carried easier and light in shorter distance)	Jangkauan kemampuan pengeluaran lebih jauh hingga dapat mencapai 450m. (The ability of log extraction is far then up to 450 m)
	Pemasangan bentangan kabel lebih mudah (Setting of stretching cable is easier)	Memungkinkan dapat melintasi lembah atau sungai cukup lebar (There is possibility in crossing the valley or wide river)
	Pemantauan kegiatan dan proses yang terjadi di lapangan jauh lebih jelas dan mudah terkontrol (Control of field activities is clearer and easier to monitor)	
	Memungkinkan tidak perlu dukungan banyak penyangga (No need hanger supporter support devices)	
	Lebih operasional mengingat kepraktisan pekerjaan di lapangan (Operation is more practical in the field)	
Kelemahan (Disadvantages)	Jangkauan kemampuan pengeluaran lebih terbatas (<200 m) (The capacity of log extraction is limited (<200m))	Kabel yang harus di bawa lebih panjang sehingga lebih sulit dan berat (Cable line should be longer, there of more difficult and harder)
	Ada kemungkinan tidak dapat melintasi lembah atau sungai cukup lebar. (There is no possibility in crossing the valley or wide river)	Pemasangan bentangan kabel lebih sulit (Setting cable is more difficult)
		Pemantauan atas jalannya kegiatan dan proses yang terjadi di lapangan sulit terkontrol (Monitoring of fields activity hard to control)
		Memungkinkan perlu dukungan penyangga banyak mengingat bentangan kabel yang lendut (Need a lot of supporting devices because of long stretching cable line)
		Agak sulit dilaksanakan secara operasional mengingat kesulitan membawa kabel, seting kabel dan lain-lainnya termasuk melakukan komunikasi antar pekerja di lapangan (Hard to be done operationally because of the difficulties in bringing the cable, setting and others, include the communication among the loperator)

Dari tabel 4 dapat dikatakan bahwa operasi kabel layang akan jauh lebih operasional pada jarak pendek-sedang (< 200 m) dibanding jarak bentang yang jauh.

D. Analisis Biaya

Perhitungan biaya dilakukan dengan pendekatan asumsi berdasarkan harga sejumlah kelengkapan utama dari unit prototipe kabel

layang ini yakni untuk perangkat mesin kabel layang sebesar Rp 50.000.000, tirfor sebesar Rp 7.500.000; takel Rp 5.000.000 dan kabel utama dan kabel penarik sebesar Rp 10.000.000. Secara keseluruhan biaya ini dihitung sebagai satu perangkat untuk dipakai bagi perhitungan penyusutan, pemeliharaan dan lain-lainnya yang seluruhnya berjumlah Rp 72.500.000. Dari perhitungan pembiayaan di atas maka besaran harga per jamnya disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya pemilikan dan operasi pengeluaran kayu dengan menggunakan prototipe alat Expo-2000 Generasi II
Table 5. Owing and operation cost of logs extraction using prototype of Expo 2000 Generation II

Uraian (<i>Description</i>)	Jenis biaya (<i>Cost aspects</i>)	Rp/jam
Biaya tetap (<i>Fixed cost</i>)	Biaya penyusutan (<i>Depreciation cost</i>)	67.500
	Bunga modal (<i>Interest rate cost</i>)	8.100
	Biaya pajak (<i>Tax cost</i>)	900
	Biaya asuransi (<i>Insurance cost</i>)	1.350
	Jumlah (<i>Total</i>) A	77.850
Biaya variabel (<i>Variable cost</i>)	Operator mesin (<i>Machine operator</i>)	9.375
	Upah tenaga kerja pembantu (<i>Labor</i>)	4.375
	Biaya bahan bakar (<i>Fuel cost</i>)	5.000
	Oli dan pelumas (<i>Grease and oil</i>)	375
	Biaya perawatan (<i>Maintenance cost</i>)	7.500
	Jumlah (<i>Total</i>) B	26.265
Persiapan (<i>Preparation</i>)	Pasang dan bongkar jalur kabel (<i>Set-up and set-off of cable line</i>)	7.500
Jumlah semua (<i>Total</i>)		11.975

Biaya persiapan dan bongkar pada Tabel 5 diperoleh dari perhitungkan 4 kali operasi setahun dengan biaya Rp 1.500.000 per sekali pasang. Dengan pemasangan dan bongkar diperlukan selama 3-5 hari/operasi dan sehari bekerja 10 jam maka biaya persiapan per jamnya adalah Rp 7.500.

Dengan demikian biaya pemilikan dan operasi pengeluaran kayu secara keseluruhan berjumlah Rp 111.975 /jam. Dengan prestasi kerja per jam saat ini rata-rata sebesar (0,79 + 0,39) m³/jam atau rata-rata 0,59 m³/jam, berarti biaya ekstraksi tersebut sebesar Rp 189.788/m³. Secara manual biaya ekstraksi yang diberlakukan menurut keterangan petugas Perhutani setempat adalah sebesar Rp 300.000/m³. Dengan demikian dilihat dari sisi pembiayaan alat sistem kabel layang relatif lebih murah. Dilihat dari sisi waktu, dalam sehari

para blandong antara 4-8 orang maksimal dapat mengeluarkan kayu sebanyak 12 batang atau setara dengan 2-3 m³. Sedangkan dengan menggunakan sistem kabel layang masih baru tercapai sekitar 6-8 m³. Masih rendahnya produktifitas alat antara lain disebabkan akibat terjadinya kerusakan di saat awal dilakukan muatan kayu yang ditarik membentur tunggak sehingga berdampak cukup serius bagi konstruksi. Di sisi lain terlalu jauhnya bentangan kabel juga membuat kontrol yang lemah. Oleh karena itu berdasarkan pengalaman dan pertimbangan ke depan, maka konstruksi alat perlu ada perubahan sistem pada bagian yang terhubung dengan drum penggulung. Konstruksi dimaksud adalah transmisi *reducer* dipakai sebagai media penghubung dengan drum dan bukan dengan bagian yang menyatu dengan gigi

eksentrik. Selain itu pertimbangan jarak bentang agar lebih operasional dan ideal adalah untuk jarak pendek-sedang sejauh maksimum 250 m.

Di sisi lain perbaikan lebih baik diarahkan untuk membantu pembuatan media angkut kayu yang saat ini berupa roda kayu sederhana dengan melakukan modifikasi agar pengangkutan itu tidak menjadi beban yang berlebihan, terutama saat jalan/jalan sogokan nanjak.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Pembaharuan prototipe Expo-2000 Generasi II sebagai penyederhanaan prototipe terdahulu menghasilkan alat yang dapat dibawa pada lokasi kegiatan tebangan melalui jalan sogokan dengan jarak cukup jauh dan berlereng curam.

Pada persiapan pemuatan kayu ke kabel layang, diperlukan adanya proses penyaradan untuk mengumpulkan kayu tersebut ke bawah jalur kabel.

Dengan biaya investasi sekitar Rp 110 juta diketahui biaya pemilikan dan pengoperasian seluruhnya berjumlah Rp 111.975 /jam yang terbagi atas biaya tetap sebesar Rp 77.850/jam dan biaya tidak tetap sebesar Rp 26.625/jam dan biaya pemasangan dan bongkar kabel sebesar Rp 7.500/jam. Dengan produktivitas pengumpulan kayu sebanyak 0,59 m³/jam maka biaya per m³ adalah sebesar Rp 189.788/m³.

B. Saran

Untuk meningkatkan produktivitas kerja pengeluaran kayu pada medan berat serta membantu kemudahan para blandong, perlu

dipertimbangkan kembali konstruksi prototipe alat yang lebih baik dengan penggunaan jarak bentang tidak terlalu jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- FAO. (1974). *Logging and log transport in tropical high forest*. Rome: FAO Forestry Development Paper.
- Endom, W. (2008). *Uji coba penggunaan mesin expo-2000 modifikasi untuk pengeluaran kayu pinus di Gunung Gadog, Nyalindung, Sukabumi*. Bogor: Draft Jurnal Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Endom, W. (2009). Pengeluaran kayu sistem kabel layang gaya gravitasi dengan kereta pengangkut kayu ber rem kito pada daerah bertopografi sulit di Sukabumi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27(2), 167-180.
- Hall, A. (2005). Small-scale systems for harvesting woodfuel products. *Journal Technical Note - Forestry Commission 2005 No. FCTN009. pp 12*. Record Number 20063160887. Edinburg.
- Llyold, A. H. (2007). Extraction of timber by Skyline Crane. *Unasyva Vol. 7 (2)*. Imperial Forestry Institute, Oxford, England: <http://www.fao.org/dacrop/x5396e/x5369e05.htm>.
- Suparto, R.S. (1978). Standarisasi jalan hutan. *Prosiding Seminar Pembuatan Jalan Hutan. Lembaga Penelitian Hasil Hutan*. Kerja-sama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dan Direktorat Bina Produksi Kehutanan. Bogor. Ditjen Kehutanan.