**PENGARUH PERBAIKAN METODE PEMBAGIAN BATANG
TERHADAP WAKTU KERJA DAN PRODUKTIVITAS PENEBAHAN
HUTAN ALAM PRODUKSI: STUDI KASUS DI PT. DWIMAJAYA UTAMA**
*(The Effect of Bucking Method Improvement on Working Time and Felling
Productivity in Natural Production Forest: A Case Study in PT. Dwimajaya
Utama)*

Soenarno & Yuniawati

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16610
Telp. (0251) 8633378, Fax. (0251) 8633413
E-mail: soenarno@yahoo.co.id

Diterima 23 Juli 2018, direvisi 26 November 2018, disetujui 11 Februari 2019

ABSTRACT

The improvement of bucking method in tree felling was examined to observe harvesting efficiency in natural production forest. This paper studies distribution of work time elements, productivity, and efficiency of timber utilization in accord with application of bucking system improvement. Research was conducted in natural forest production concession of PT. Dwima Jaya Utama in Central Kalimantan. The study was conducted using four research sample plots (PCP) measuring of 100 m x 200 m which were placed intentionally (purposive) on selected cutting plots. Two PCPs were used for the conventional logging treatment (CV) and the remaining plots were allocated for the improving stem distribution methods (IBM). Data analysis was performed statistically using PWSTAT version 23.0. Results showed that the CV method's working time of 14.6 minutes/tree was not significantly different with that of IBM working time of 15.5 min/tree. Wood utilization efficiency of IBM was 93.1%, which was higher than that of the conventional method (CV) of 85.4 %. However, the productivity of IBM was 27.161 m³/hour, which was lower than that of the CV method of 32.847 m³/hour.

Keywords: Natural production forest, working time, logging, conventional, improvement, stem distribution

ABSTRAK

Perbaikan sistem pembagian batang pada metode penebangan di hutan alam produksi perlu dilakukan agar penebangan dapat dilakukan lebih efisien. Tulisan ini mempelajari sebaran elemen waktu kerja, produktivitas, dan efisiensi pemanfaatan kayu hasil penerapan perbaikan sistem pembagian batang. Penelitian dilakukan di lokasi perusahaan hutan alam produksi, PT. Dwima Jaya Utama, Kalimantan Tengah. Penelitian dilakukan pada empat plot contoh penelitian (PCP) berukuran 100 m x 200 m yang ditempatkan secara sengaja (*purposive*) pada petak tebang terpilih. Dua PCP untuk perlakuan penebangan konvensional dan yang lainnya untuk perbaikan metode pembagian batang. Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan PWSTAT versi 23.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu penebangan metode konvensional (CV) adalah 14,6 menit/pohon tidak berbeda nyata dengan perbaikan metode pembagian batang (IBM) sebesar 15,5 menit/pohon. Efisiensi pemanfaatan kayu IBM adalah 93,1% lebih tinggi dibandingkan metode CV sebesar 85,4%. Namun demikian, produktivitas IBM adalah 27,161 m³/jam lebih rendah dibandingkan metode CV sebesar 32,847 m³/jam.

Kata kunci: Hutan alam produksi, waktu kerja, penebangan, konvensional, perbaikan, pembagian batang

I. PENDAHULUAN

Penebangan pohon di hutan alam produksi umumnya dilakukan dengan sistem semi mekanis menggunakan gergaji rantai (*chainsaw*). Penebangan sebagai komponen dasar dalam pemanenan kayu (*logging*) mempunyai peranan penting karena mempengaruhi kelestarian hutan (Ghajar & Naja, 2012). Menurut *Forestry Training Centre Incorporated* (2010), penebangan pohon adalah pemotongan pohon komersial yang sebelumnya dipilih dengan menggunakan teknik penebangan yang terarah. Satu regu tebang biasanya terdiri dari seorang operator *chainsaw* dan pembantu penebang (*helper*). Penebangan yang dilakukan secara benar dapat memaksimalkan volume dan kualitas produk kayu bulat serta biaya yang lebih rendah (Greulich, Hanley, McNeel, & Baumgartner, 1999).

Kegiatan penebangan mencakup pembuatan takik rebah dan takik balas (*undercut and backcut*), pembagian batang (*bucking*), dan pemotongan bagian ujung (*toping off*) pohon (Abbasi, Lotfalian, & Hosseini, 2013; Elias, 2016). Pada penebangan konvensional masih banyak meninggalkan limbah batang bebas cabang (BBC) maupun batang di atas cabang (BAC) sehingga efisiensi pemanfaatan kayu tidak maksimal. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya limbah BBC berkisar antara 14–40% (Budiaman, 2002; Ruslim & Gunawan, 2008; Matangaran, Partiani, & Purnamasari, 2013; Soenarno, Endom, Basari, Dulsalam, Suhartana & Yuniawati, 2016). Padahal, limbah tersebut secara teknis dapat diolah menjadi produk yang lebih bernilai, diantaranya untuk menghasilkan kayu gergajian dan bahan baku kayu lapis (Enters, 2001; Budiaman, 2002; Astana, Soenarno & Endom, 2015).

Secara teknis, pemanfaatan kayu dapat dilakukan antara lain dengan memperbaiki metode pembagian batang (*bucking method*) dari yang sebelumnya dilakukan di petak tebang menjadi di tempat pengumpulan kayu sementara (TPn). Pembagian batang di TPn tersebut dilakukan setelah sortimen kayu bulat termasuk BAC diukur dan diuji (*grading and scaling*) oleh tenaga teknis bersertifikat pengelolaan hutan produksi lestari penguji kayu bulat rimba (Ganis PHPL-

PKBR). Perbaikan metode pembagian batang ini memerlukan tambahan pekerjaan di petak tebang berupa kegiatan pemotongan cabang (*delimbing/branching*) sampai diameter ujung batang minimal 30 cm, sehingga menambah waktu kerja. Garland dan Jackson, (1997) menyatakan bahwa arah rebah dan pembagian batang yang benar akan meningkatkan kualitas dan mutu kayu hasil penebangan. Hal ini diperkuat pendapat Ward, (2011) bahwa keberhasilan penebangan sangat ditentukan oleh arah rebah dan keterampilan operator *chainsaw* di lapangan. Di lain pihak, mengingat kondisi pohon yang ditebang di hutan alam memiliki variasi ukuran diameter dan tinggi banir yang berbeda, maka diduga akan mempengaruhi waktu kerja penebangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh diameter dan tinggi banir pohon yang ditebang, baik pada cara penebangan biasa maupun dengan sistem pembagian batang yang diperbaiki.

II. BAHAN DAN METODE

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2017 di IUPHHK-HA PT. Dwimajaya Utama di Desa Tumbang Manggu, Kecamatan Sanaman Mantikei, Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah. Secara geografis, areal PT. Dwimajaya Utama berada diantara 0° 50' 16"–1° 08' 55" Lintang Selatan dan 112° 39' 11"–113° 35' 00" Bujur Timur. Kondisi topografi umumnya bergelombang dengan persentase kelerengan landai (85,02%), agak curam (10,52%), curam (4,45%), dan sangat curam (0,54%). Ketinggian areal minimum $\pm$ 50 m dan maksimum 400 mdpl.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah meteran (50 m dan 8 m), pengukur waktu, tali plastik, spidol, label plastik, cat, penggaris, dan kalkulator. Alat penebangan pohon yaitu gergaji rantai (*chainsaw*) dengan panjang batang pengantar (*bar*) rantai 70 cm dan traktor sarad (*skidder*).

Keterangan (Remarks): BBC = Batang bebas cabang (Clear bole), BAC = Batang di atas cabang (Upper stem of branch)

Gambar 1. Perbedaan teknik penebangan konvensional (A) dan perbaikan sistem pembagian batang (B)

Figure 1. Differences in conventional logging techniques (A) and improvement of bucking systems (B)

C. Rancangan Penelitian dan Pengukuran Waktu Penebangan

1. Rancangan penelitian

Penelitian dilakukan pada empat plot contoh penelitian (PCP) yang ditempatkan secara sengaja (*purposive*) pada petak tebang terpilih. Dua PCP dengan ukuran masing-masing 100 m x 200 m untuk teknik perlakuan penebangan konvensional sebagai kontrol dan dua PCP lainnya untuk teknik penebangan dengan perbaikan sistem pembagian batang. Metode penebangan konvensional adalah teknik penebangan seperti yang sehari-hari dilakukan operator *chainsaw* tanpa arahan dari peneliti dan pembagian batang dilakukan di petak tebang. Metode perbaikan pembagian batang adalah teknik penebangan seperti pada teknik konvensional tetapi terdapat kegiatan pemotongan cabang pohon (*branching/delimbing*) sepanjang batang utama di atas cabang (BAC) sampai minimal diameter 30 cm dan pembagian batang dilakukan di TPn setelah dilakukan pengukuran dan pengujian (*grading scaling*) oleh

ganis PHPL-PKBR. Secara skematis perbedaan teknik penebangan konvensional dan perbaikan metode pembagian batang disajikan pada Gambar 1.

Penempatan PCP dilakukan dengan sengaja secara sistematis (*purposive systematic sampling*) pada petak tebang tahun 2017. Jarak PCP pertama dengan jalan angkutan antara 50–100 m sedangkan jarak antar PCP adalah 100 m, seperti disajikan secara skematis pada Gambar 2.

2. Pengukuran

Jumlah pohon contoh pada metode penebangan konvensional sebanyak 17 pohon ($PCP_1 = 9$ pohon dan $PCP_2 = 8$ pohon) sedangkan pada metode perbaikan pembagian batang sebanyak 18 pohon ($PCP_3 = 11$ pohon dan $PCP_4 = 7$ pohon). Waktu penebangan pada masing-masing pohon contoh dilakukan dengan menggunakan metode kajian waktu kerja (*time study*). Pengukuran waktu penebangan dilakukan secara langsung dengan mengikuti pelaksanaan penebangan di lapangan baik di petak tebang maupun di TPn (Soenarno

Keterangan (Remarks):

- = Jalan sarad (Skid road)
- = (1) & (2) penebangan biasa (Ordinary felling)
- = (3) & (4) perbaikan pembagian batang (Felling with improved bucking)
- = Tempat pengumpulan kayu sementara (Landing point, Tpn)

Gambar 2. Penempatan PCP di dalam petak tebang
Figure 2. The placement of sample plots in felling site

Gambar 3. Prosedur pengukuran waktu penebangan
Figure 3. Felling time measurement procedure

& Idris, 2015). Satu tim penebang terdiri atas satu operator *chainsaw* dan satu orang pembantunya. Waktu penebangan yang diukur meliputi: 1) waktu operasional penebangan, 2) waktu yang diperlukan untuk mendukung pelaksanaan penebangan, dan 3) waktu yang hilang. Secara skematis pengukuran waktu kerja penebangan dapat dilihat pada Gambar 3.

Waktu penebangan mencakup waktu untuk persiapan di tempat penebangan (pembersihan pohon dari gangguan liana dan tumbuhan bawah), membuat takik rebah dan takik balas sampai pohon roboh. Waktu pembagian batang yaitu waktu yang diperlukan untuk pemotongan bagian pangkal dan ujung batang termasuk berjalan dari pangkal hingga ke ujung batang, dan waktu untuk pemotongan cabang-cabang (Budiaman, 2002; Kewilaa & Tehupeiori, 2015).

Waktu pendukung penebangan meliputi penyetelan *chainsaw*, penyiapan lokasi, pengikiran rantai gergaji, perjalanan dari dan menuju pohon yang ditebang, pengisian ulang bahan bakar, dan waktu istirahat. Waktu yang hilang merupakan akibat dari kesalahan teknis penebang maupun non teknis, misalnya untuk memperbaiki mesin *chainsaw* rusak, rantai *chainsaw* terjepit, dan atau kesalahan menebang pohon yang cacat (Budiaman, 2002). Dalam penelitian ini, waktu istirahat untuk makan siang tidak dimasukkan dalam perhitungan waktu kerja penebangan. Lama waktu kerja diukur menggunakan alat ukur elektronik berupa *stop watch* dengan tingkat akurasi satu detik.

D. Pengolahan dan Analisis Data

1. Panjang dan diameter batang kayu

Untuk mengetahui volume batang kayu (*log*) dilakukan pengukuran panjang (m) dan diameter pangkal dan ujung (cm) dengan meteran gulung. Diameter log rata-rata dihitung dengan rumus menurut Kewilaa dan Tehupeiori, (2015) sebagai berikut:

$$D = \frac{Db + De}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$D = \frac{d1 + d2}{2} \dots\dots\dots(2)$$

$$D = \frac{d3 + d4}{2} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan (*Remarks*): D = Diameter rata-rata (*Average diameters*, cm), Db = Diameter alas (*Diameter of the base*, cm), De = Diameter ujung (*Diameter of the top*, cm), d₁ = jarak pendek dari diameter pangkal (*Short distance of base diameter*, cm), d₂ = jarak panjang dari diameter pangkal (*Long distance of base diameter*, cm), d₃ = jarak pendek dari diameter ujung (*Short distance of top diameter*, cm), d₄ = jarak panjang dari diameter ujung (*Long distance of top diameter*, cm).

2. Volume kayu

Volume kayu dihitung menggunakan rumus Brereton Metrik, menurut metode pengukuran hutan kayu bulat rimba Indonesia (Direktorat Jenderal Bina Produksi Kehutanan, 2009):

$$V = \frac{0,7854 \times D^2 \times P}{10.000} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan (*Remarks*): V = Volume kayu (m³), 0,7854 = $\frac{1}{4} \pi$, D = Diameter rata-rata (*Average diameter*, cm), P = Panjang (*Length*, m).

3. Produktivitas penebangan

Produktivitas kerja penebangan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Mujetahid, 2008):

$$Ptp = \frac{V}{Wtp} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan (*Remarks*): Ptp = Produktivitas penebangan, m³/jam (*Felling productivity, m³/hour*), V = Volume (m³), Wtp = Waktu kerja penebangan, jam (*Working time of felling, hour*).

Rata-rata waktu kerja diuji secara statistik menggunakan program PWSTAT versi 18, dengan hipotesis H₀: $\mu_1 - \mu_2 = 0$ dan H₁: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$. Hubungan antara diameter dan tinggi banir pohon yang ditebang digunakan regresi berganda linear menurut Wijaya (2000) dengan model:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan (*Remarks*): Y = waktu kerja (*Working time*), b₀ = Nilai konstanta (*Constant*), b₁ dan b₂ = koefisien regresi (*Regression coefficient*), X₁ = diameter, X₂ = tinggi banir (*Buttressed height*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Waktu Kerja Penebangan

Hasil pengukuran waktu kerja penebangan secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2 sedangkan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata waktu kerja pada metode konvensional (*conventional*, CV) adalah 14,6 menit/pohon sedangkan pada metode perbaikan pembagian batang (*improved bucking method*/IBM) sebesar 14,9 menit/pohon. Perbedaan waktu metode perbaikan pembagian batang diakibatkan oleh adanya tambahan waktu untuk pemotongan cabang-cabang pohon hingga bagian ujung batang di atas cabang (BAC) minimal diameter 30 cm. Akan tetapi berdasarkan hasil uji waktu penebangan menggunakan uji Levene (Tabel 2) menunjukkan bahwa nilai $F_{hitung} = 3,146$ lebih besar dari nilai $F_{0,05(16,17)} = 2,34$ sehingga dapat disimpulkan waktu kerja metode CV tidak berbeda nyata dengan metode IBM.

Hasil penelitian menunjukkan IBM akan menambah waktu kerja lebih lama sebesar rata-rata 0,27 menit/pohon atau sebesar 1,8% dibandingkan metode CV. Diduga perbedaan waktu penebangan dipengaruhi oleh teknik penebangan, ukuran diameter dan tinggi banir. Pada Lampiran 1 dan Lampiran 2 dapat dilihat bahwa diameter pohon pada metode CV berkisar antara 52–98 cm dengan rata-rata 66,78 cm dan tinggi banir 0–150 cm dengan rata-rata 74,53 cm. Diameter pohon pada IBM berkisar antara 60–108 cm dengan rata-rata 72,22 cm dan tinggi banir 0–310 cm dengan rata-rata 98,94 cm.

Penambahan waktu kerja pada metode IBM secara teknis akan berpengaruh pada produktivitas penebangan tetapi dari segi pemanfaatan kayu lebih efisien. Menurut Budiaman (2002) makin besar pohon yang ditebang memerlukan waktu yang makin lama bahkan Behjou et al. (2009) menyatakan selain diameter pohon maka waktu penebangan juga tergantung pada jarak antara pohon ditebang. Dari Lampiran 1 dan Lampiran 2 juga dapat dilihat bahwa waktu yang hilang pada metode CV sedikit lebih besar dibandingkan metode IBM. Waktu hilang metode CV, yang diakibatkan oleh gangguan mesin maupun rantai *chainsaw* terjepit rata-rata 33,33 detik/pohon dan IBM 29,41 detik/pohon.

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa potensi waktu hilang umumnya terjadi saat kegiatan pemotongan kayu (*cross cutting*) baik pada proses pembagian batang ataupun pemotongan cabang. Pada metode CV ukuran diameter kayu yang dipotong pada bagian ujung relatif lebih besar dibandingkan diameter cabang pohon yang roboh. Hasil perhitungan efisiensi pemanfaatan kayu dan produktivitas kerja dapat dilihat pada Lampiran 3 sedangkan rekapitulasinya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas penebangan metode CV adalah 32,847 m³/jam dan IBM hanya 27,161 m³/jam atau penurunan produktivitas sebesar 17,3%. Penurunan produktivitas kerja akibat introduksi metode penebangan yang lebih baik adalah hal yang wajar karena penebang masih belum terbiasa sehingga diperlukan cukup waktu untuk menjadi terampil. Beberapa hasil penelitian lain menyatakan bahwa produktivitas penebangan konvensional berkisar antara 31,889–36,240 m³/jam (Budiaman, 2002; Basari, 2004; Behjou et al., 2009; Elias, 2015; Dulsalam, Sukadaryati, & Yuniawati, 2018). Penelitian Dulsalam, Sukadaryati, dan Yuniawati, (2018) menunjukkan bahwa introduksi teknik pemanenan kayu berdampak rendah mengakibatkan produktivitasnya menurun dari rata-rata 36,24 m³/jam menjadi 32,8 m³/jam. Produktivitas perbaikan penebangan dengan metode *tree length logging* berkisar antara 17,679–150,897 m³/jam (Idris & Soenarno, 2015) dan metode pembalakan ramah lingkungan berkisar antara 28,3–36,23 m³/jam (Dulsalam et al., 2018; Elias, 2015).

Rata-rata efisiensi pemanfaatan kayu pada metode CV sebesar 85,4% sedangkan dengan IBM mencapai 93,1%, atau terjadi kenaikan pemanfaatan kayu sebesar 7,7%. Peningkatan efisiensi pemanfaatan ini bagi perusahaan sangat menguntungkan karena mendapatkan tambahan volume produksi kayu. Berdasarkan kenyataan bahwa di satu sisi IBM dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan kayu tetapi di sisi lain berdampak menurunnya produktivitas penebang maka penerapannya perlu dilakukan secara bijak.

Hal terpenting dalam implementasi kebijakan IBM adalah penebang perlu mendapatkan kompensasi finansial agar pendapatan yang

Tabel 1. Waktu kerja penebangan

Table 1. Felling time

Metode penebangan (<i>Felling methods</i>)	Uraian (<i>Description</i>)	Waktu kerja penebangan (<i>Felling time</i>), menit/pohon (<i>minutes/tree</i>)			
		Operasional (<i>Operational</i>)	Pendukung (<i>Subsidiary</i>)	Hilang (<i>Lost</i>)	Jumlah (<i>Total</i>)
Konvensional (<i>Conventional</i>)	Rata-rata (<i>Average</i>)	9,3	4,2	1,0	14,6
	Terkecil (<i>Minimum</i>)	4,7	2,7	0,0	8,1
	Terbesar (<i>Maximum</i>)	16,7	7,1	10,0	26,5
	Simpangan baku (<i>Standard deviation</i>)	3,1	1,5	3,6	5,4
	Rata-rata (<i>Average</i>)	9,1	4,7	0,6	14,9
Perbaikan sistem pembagian batang (<i>Improved bucking</i>)	Terkecil (<i>Minimum</i>)	6,4	2,6	0,0	11,6
	Terbesar (<i>Maximum</i>)	11,9	8,8	10,0	22,9
	Simpang baku (<i>Standard deviation</i>)	1,7	2,0	3,3	3,6

diperoleh minimal sama dengan metode CV. Sebagai gambaran, apabila diasumsikan pada metode CV prestasi penebang sebanyak 15 pohon/hari dan volume kayu adalah $\pm 5 \text{ m}^3/\text{pohon}$ maka akan diperoleh produksi kayu bulat $\pm 75 \text{ m}^3/\text{hari}$. Apabila upah borongan penebangan adalah Rp 7.000/ m^3 maka pendapatan penebang dengan metode CV adalah $\pm \text{Rp } 525.000/\text{hari}$ tetapi bila menerapkan IBM hanya diperoleh produksi sebanyak $(100-17,3)\% \times 75 = \pm 62,025 \text{ m}^3/\text{hari}$ sehingga pendapatannya menurun menjadi sekitar Rp 434.175/hari. Agar pendapatan penebang tetap sama seperti sebelumnya (metode CV) maka upah borongan pada IBM harus ditambah minimal menjadi sebesar $7.000 + (525.000 - 434.175)/75 = \text{Rp } 8.211/\text{m}^3$ atau dibulatkan menjadi sekitar Rp 8.250/ m^3 .

B. Proporsi Elemen Waktu Operasional Penebangan

Elemen waktu operasional metode CV terdiri dari serangkaian kegiatan berupa penebangan (*felling*) yaitu pembuatan takik rebah dan takik balas serta pembagian batang (*bucking*) batang bebas cabang (BBC). Pada IBM, selain kegiatan seperti pada metode CV terdapat tambahan kegiatan penyiapan log berupa pemotongan pangkal dan ujung batang di atas cabang pertama. Kegiatan pembagian batang metode IBM dilakukan setelah kayu bulat diukur dan diuji oleh tenaga teknis pengelolaan hutan produksi lestari pengujian kayu bulat rimba (Kementerian Kehutanan, 2011). Dalam peraturan tersebut ditegaskan bahwa semua hasil hutan yang berasal

Tabel 2. Hasil analisis ragam total waktu tebang dengan uji t-test Levene

Table 2. Analysis results of total felling time with Levene t-test

Uraian (<i>Description</i>)	Tes Levene untuk kesetaraan ragam (<i>Levene's test for equality of variances</i>)			t-test untuk kesetaraan rata-rata (<i>t-test for equality of means</i>)					95% selang kepercayaan (<i>Confidence Interval of the Difference</i>)	
	Fhitung (<i>Fcal</i>)	Nyata (<i>Significant</i>)	t	Derajat bebas (<i>Degree of freedom</i>)	Nyata (<i>Significant</i>)	Beda rata-rata (<i>Mean Difference</i>)	Perbedaan kesalahan baku (<i>Std. Error of Difference</i>)		Batas bawah (<i>Lower</i>)	Batas atas (<i>Upper</i>)
Asumsi peubah sama (<i>Equal variances assumption</i>)	3,146	0,085	-0,180	33	0,858	-0,27908	1,54879		-3,43012	2,87195
Asumsi peubah tidak sama (<i>Not equal variances assumption</i>)			-0,182	31,213	0,857	-0,27908	1,53537		-3,40962	2,85145

Tabel 3. Produktivitas dan efisiensi pemanfaatan kayu
Table 3. Productivity and efficiency of timber utilization

Metode penebangan (Felling methods)	Uraian (Descriptions)	Volume kayu, m ³ /pohon (Wood volume, m ³ /tree)	Waktu penebangan, menit/pohon (Felling time, minutes/tree)	Produktivitas penebangan, m ³ /jam (Felling productivity), m ³ /hour)	Efisiensi pemanfaatan kayu, m ³ /pohon (Wood efficiency utilization, m ³ /tree)
Konvensional (Conventional)	Rata-rata (Average)	7,954	14,6	32,847	85,4
	Terkecil (Minimum)	4,142	8,1	17,564	65,7
	Terbesar (Maximum)	22,463	26,5	63,425	96,2
	Simpangan baku (Standar deviation)	4,905	5,9	14,145	9,2
Perbaikan metode pembagian batang (Improved bucking method)	Rata-rata (Average)	6,387	14,9	27,161	93,1
	Terkecil (Minimum)	3,064	11,6	13,585	84,4
	Terbesar (Maximum)	13,499	22,9	48,356	100
	Simpang baku (Standar deviation)	2,954	3,6	11,340	5,5

dari hutan negara wajib dilakukan pengukuran dan pengujian oleh petugas yang berwenang/tenaga yang berkualifikasi pengujian hasil hutan yaitu oleh tenaga teknis pengelolaan hutan produksi lestari (Ganis PHPL).

Secara rinci jenis pekerjaan dan waktu yang diperlukan untuk kegiatan operasional penebangan disajikan pada Tabel 4. Dari segi teknis, waktu operasional merupakan waktu efektif mesin gergaji rantai karena terkait langsung dengan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) yang dikonsumsi. Makin lama waktu operasional maka makin banyak konsumsi BBM yang akan berpengaruh pada makin besar biaya produksi penebangan. Proporsi waktu operasional penebangan disajikan pada Gambar

4. Gambar 4 memperlihatkan bahwa pada metode CV, proporsi waktu operasional terbesar untuk kegiatan pembuatan takik rebah (35,37%) selanjutnya pembagian batang (33,76%) dan pembuatan takik balas (29,74%). Tetapi, pada IBM proporsi terbesar digunakan untuk kegiatan pemotongan cabang (26,85%) selanjutnya untuk kegiatan pembuatan takik rebah, takik balas, dan penyiapan log.

1. Proporsi elemen waktu hilang dan pendukung penebangan

Rata-rata jumlah pohon yang ditebang pada metode CV dan IBM masing-masing adalah 9 pohon/ha dengan diameter berkisar antara 51–108 cm atau rata-rata 72,22 cm dan

Tabel 4. Jenis pekerjaan dan waktu kerja kegiatan operasional penebangan
Table 4. Working types and time during felling operations

No.	Jenis pekerjaan (Type of work)	Waktu kerja (Working time), menit/pohon (minutes/tree)	
		Metode konvensional (Conventional methods)	Metode yang diperbaiki (Improved methods)
1.	Pembuatan takik rebah (Making undercut)	2,5	2,10
2.	Pembuatan takik balas (Making backcut)	2,1	2,03
3.	Penyiapan kayu bulat (Log preparation)		2,08
4.	Pemotongan cabang (Branching)		2,45
5.	Pembagian batang (Bucking)	2,4 ^{*)}	0,47 ^{**)}
6.	Pemotong bagian kayu setelah pengujian dan pengukuran (Trimming)	0,1	
	Jumlah (Total)	7,0	9,1

Keterangan (Remarks): *) = dilakukan di petak tebang (Carried out in the cutting site), **) = dilakukan di TPn setelah pengujian dan pengukuran kayu oleh petugas teknis (Carried out on the TPn after grading scaling by technical officers)

Gambar 4. Proporsi waktu operasional metode CV dan IBM
Figure 4. Operational time proportion of CV and IBM

52–98 cm atau rata-rata 66,71 cm. Elemen waktu penebangan yang hilang terdiri dari waktu yang diperlukan untuk perbaikan gangguan mesin chainsaw dan mengatasi hambatan karena rantai *chainsaw* terjepit. Proporsi elemen waktu kerja penebangan yang hilang disajikan pada Gambar 5.

Gambar 6 menunjukkan bahwa baik pada metode penebangan CV maupun IBM kehilangan waktu kerja karena rantai *chainsaw* terjepit lebih tinggi dibandingkan akibat gangguan mesin *chainsaw*. Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa terjadinya rantai *chainsaw* yang terjepit diakibatkan oleh posisi kerja yang tidak baik dan kurangnya menguasai teknik pemotongan yang benar. Untuk memperkecil potensi resiko rantai *chainsaw* terjepit dan mengurangi waktu untuk mengatasinya maka posisi operator *chainsaw* harus nyaman. Pemotongan pertama dimulai dari bagian kayu yang memperoleh tekanan

(*compression*) selanjutnya pada bagian kayu yang mengalami tegangan (*tension*), sehingga rantai *chainsaw* tetap tajam dan menggunakan baji agar tidak terjepit (Workers' Compensation Board, 2001; University of New Hampshire, 2001).

Kegiatan pendukung penebangan terdiri dari kegiatan untuk mempersiapkan pohon ditebang, penyetelan gergaji rantai, pengisian ulang BBM, penajaman ulang rantai gergaji dan jalan dari pohon ke pohon ditebang berikutnya. Kegiatan mempersiapkan pohon yang ditebang meliputi penentuan arah rebah pohon, membersihkan kotoran dan liana yang menempel pohon, membersihkan tumbuh-tumbuhan di sekitar pohon dan membuat jalur penyelamatan. Proporsi waktu kerja pada kegiatan pendukung penebangan disajikan pada Gambar 6.

Gambar 7 menunjukkan bahwa kegiatan pendukung sebagian besar yaitu 55,31% pada metode CV dan 58,99% pada IBM digunakan

Gambar 5. Proporsi waktu kerja hilang pada kegiatan penebangan pohon
Figure 5. Proportion of lost working time on felling activities

Gambar 6. Proporsi waktu pendukung pada kegiatan penebangan pohon
Figure 6. Proportion of subsidiary working time on felling activities

untuk mencari pohon yang akan ditebang, berjalan dari pohon ke pohon yang akan ditebang berikutnya yang akan ditebang. Hal ini merupakan karakteristik kegiatan penebangan pada sistem tebang pilih dan tanam Indonesia (TPTI) dimana jumlah pohon yang boleh ditebang terbatas dan tersebar secara acak (*fragmented*) pada hutan alam produksi. Hasil penelitian Budiaman (2002) menunjukkan bahwa waktu untuk mencari dan berjalan dari pohon ke pohon ditebang berikutnya mencapai 31,17% dari total waktu penebangan.

Secara non teknis kegiatan pendukung sangat penting sebagai prakondisi kelancaran proses penebangan yang aman dan efisien (Applegate, Kartawinata, & Klassen, 2001; University of New Hampshire, 2001; Holt, 2016). Untuk

memperkecil waktu yang dibutuhkan khususnya maka sebelum mulai penebangan, operator *chainsaw* harus sudah memiliki peta rencana kerja untuk areal yang akan ditebang, lokasi tempat pengumpulan kayu sementara (TPn) termasuk potensi bahaya agar waktu penebangan efisien (Worksave, 2014). Menurut Sist, Dykstra, dan Fimbel (1999) efisiensi waktu penebangan dapat ditingkatkan apabila sebelum memulai penebangan operator *chainsaw* mempelajari terlebih dahulu keadaan topografi dan informasi posisi pohon yang ada di peta rencana operasi pemanenan kayu (ROPK). Kegiatan ini sangat membantu operator *chainsaw* untuk memutuskan urutan pohon yang akan ditebang sehingga mengurangi kehilangan waktu kerja.

Gambar 7. Kondisi lapangan di areal penebangan
Figure 7. Field condition on felling site

Gambar 8. Hubungan diameter dan tinggi banir dengan waktu operasional pada metode konvensional (CV)

Figure 8. Relationship between diameter and buttress height with operational time on conventional (CV method)

C. Pengaruh Diameter Pohon dan Tinggi Banir

Berdasarkan data pada Lampiran 1 diperoleh gambaran bahwa kondisi pohon contoh mempunyai ukuran diameter pohon dan tinggi banir yang berbeda. Kedua variabel tersebut (diameter dan tinggi banir) diduga berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan dalam proses penebangan khususnya waktu operasional.

1. Metode penebangan konvensional (CV)

Hasil uji analisis ragam hubungan waktu kerja dengan diameter pohon dan tinggi banir disajikan pada Lampiran 4. Dari Lampiran 4 diketahui koefisien korelasi ganda (*Multiple R*) sebesar 0,903 yang berarti derajat keeratan hubungan antara variabel diameter pohon dan tinggi banir

adalah nyata. Besarnya koefisien determinasi ($R_{kuadrat} = r^2$) adalah 0,815 yang berarti bahwa 81,5% waktu operasional metode CV ditentukan oleh ukuran diameter dan tinggi banir, sedangkan 18,5% diduga dipengaruhi oleh kondisi lapangan dan kegiatan persiapan pohon sebelum ditebang. Besarnya koefisien determinasi tinggi banir adalah 0,687 (68,7%) sehingga pengaruh diameter pohon terhadap waktu operasional penebangan metode CV sebesar $(81,5 - 68,7) = 12,8\%$.

Dari Lampiran 4 juga dapat diketahui bahwa nilai $F_{hitung} = 33,124$ lebih besar dari nilai $F_{0,05 (2,15)} = 3,68$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hubungan antara variabel diameter pohon dan variabel tinggi banir dengan waktu operasional penebangan dalam persamaan $Y = -0,976 + 0,025 X_1 + 0,108 X_2$ bersifat nyata, dimana X_1 adalah diameter

Gambar 9. Hubungan diameter dan tinggi banir dengan waktu operasional pada IBM
Figure 9. Relationship between diameter and buttress height with operational time on IBM

Gambar 10. Kondisi batang dan cabang pohon setelah ditebang
Figure 10. Condition of tree trunks and branches after felling

pohon (cm) dan X_2 adalah tinggi banir (cm). Secara terpisah hubungan diameter pohon dan tinggi banir terhadap waktu operasional penebangan disajikan secara grafik pada Gambar 8.

2. Metode penebangan dengan perbaikan metode pembagian batang (IBM)

Hasil uji analisis ragam hubungan waktu operasional penebangan IBM dengan diameter pohon dan tinggi banir dapat dilihat pada Lampiran 5. Dari Lampiran 5 juga dapat diketahui bahwa nilai $F_{hitung} = 11,277$ (lebih besar dari nilai $F_{0,05(2,15)} = 3,68$) sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara variabel diameter pohon dan variabel tinggi banir dengan waktu operasional penebangan dalam persamaan $Y = 4,487 + 0,053 X_1 + 0,010 X_2$ bersifat nyata, dimana X_1 adalah diameter pohon (cm) dan X_2 adalah tinggi banir pohon (cm). Secara terpisah hubungan diameter pohon dan tinggi banir terhadap waktu operasional penebangan disajikan secara grafik pada Gambar 9.

Waktu hilang metode CV maupun IBM terjadinya akibat mesin gergaji rantai terjepit pada waktu pekerjaan pemotongan pada bagian pangkal batang, bagian ujung batang (*toping off*), dan/atau cabang pohon (*branching*). Potensi resiko rantai *chainsaw* terjepit terjadi akibat kondisi batang pohon atau cabang pohon yang tidak ideal sehingga posisi kerja operator *chainsaw* menjadi tidak leluasa untuk melakukan Teknik pemotongan secara benar, sebagaimana contoh pada Gambar 10.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perbaikan metode pembagian batang (IBM) dalam proses penebangan pohon dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan dibandingkan metode konvensional (CV). Efisiensi pemanfaatan kayu IBM meningkat menjadi 93,1% dibandingkan metode CV sebesar 85,4%. Waktu penebangan metode CV rata-rata adalah 14,6 menit/pohon sedangkan IBM sebesar 14,9 menit/pohon. Produktivitas penebangan rata-rata IBM adalah 27,161 m³/jam dan metode konvensional sebesar 32,847 m³/jam. Menurunnya produktivitas penebangan IBM disebabkan oleh adanya tambahan kegiatan pemotongan cabang (*branching*) di petak tebang.

B. Saran

Untuk meningkatkan produktivitas penebangan sebaiknya operator *chainsaw* mempelajari secara cermat peta rencana operasional pemanenan kayu sehingga pelaksanaan penebangan dapat dilakukan secara sistematis dan efisien. Operator *chainsaw* perlu mendapatkan kebijakan perbaikan upah borongan sebagai kompensasi menurunnya produktivitas kerja mereka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pimpinan IUPHHK-HA PT. Dwima Jaya Utama khususnya Bapak Haris Yuniawan dan Bisri

Mustofa yang telah membantu mengkoordinir pelaksanaan penelitian di lapangan hingga dapat berjalan lancar, juga ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Ir. Zakaria Basari, B.ScF atas bantuannya selama pengumpulan data.

KONTRIBUSI PENULIS

Ide, desain dan rancangan percobaan dilakukan oleh SOE. Pengambilan data dilakukan oleh SOE. Analisis data dilakukan oleh SOE dan penulisan manuskrip dilakukan oleh SOE. Perbaikan dan finalisasi manuskrip dilakukan oleh SOE dan YN.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, E., Lotfalian, M., & Hosseini, S. A. O. (2013). Productivity and cost of tree felling crew with a chainsaw in Caspian forests. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(9), 90–97.
- Astana, S., Soenarno, & Endom, W. (2015). Potensi penerimaan negara bukan pajak dari limbah pemanenan di hutan alam dan hutan tanaman. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 12(3), 227–243.
- Basari, Z. (2004). Analisa biaya pemanenan kayu bulat sistem kemitraan HPH-Koperasi Desa di Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 22(2), 113–122.
- Behjou, F. K., Majnounian, B., Dvořák, J., Namiranian, M., Saeed, A., & Fegghi, J. (2009). Productivity and cost of manual felling with a chainsaw in Caspian forests. *Journal of Forest Science*, 55(2), 96–100.
- Budiaman, A. (2002). Waktu kerja dan produktivitas penebangan kayu penuh (*whole tree*) pada pengusahaan hutan alam. *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*, 15(2), 1–6.
- Direktorat Jenderal Bina Produksi Kehutanan (2009). Peraturan Direktur Jenderal Bina Produksi Kehutanan. Nomor: P.14/VI-BIKPHH/2009 tentang metode pengukuran dan tabel isi kayu bulat rimba Indonesia. Jakarta.
- Dulsalam, Sukadaryati, & Yuniawati. (2018). Produktivitas, efisiensi dan biaya penebangan silvikultur intensif pada satu perusahaan di Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 36(1), 1–12.
- Elias, Applegate, G., Kartawinata, K., & Klassen, A. (2001). *Pedoman reduced impact logging Indonesia*. Bogor: Center for International Forestry Research.
- Elias. (2015). *Pengertian dan perkembangan IPTEK pemanenan kayu*. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Elias. (2016). *Penerapan reduced impact logging dalam rangka reformasi eksploitasi hutan dan korupsi dalam pengelolaan hutan alam tropika Indonesia*. Orasi Ilmiah Guru Besar IPB. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Enters, T. (2001). *Trash or treasure? logging and mill residues in Asia and the Pacific*. Bangkok.
- Forestry Training Centre Incorporated. (2010). *Course in reduced impact logging: Chainsaw use, safety practices & directional tree felling techniques*. Guyana.
- Garland, J., & Jackson, D. (1997). *Felling and bucking techniques for woodland owners*. Oregon.
- Ghajar, I., & Naja, A. (2012). Forest policy and economics evaluation of harvesting methods for sustainable forest management (SFM) using the analytical network process (ANP). *Journal of Forest Policy and Economics*, 21, 81–91.
- Greulich, F., Hanley, D., McNeel, J., & Baumgartner, D. (1999). *A primer for timber harvesting*. Washington: Washington State University.
- Holt, G. (2016). *How to cut down a tree: safe and effective tree felling, limbing and Bucking*. Alaska.
- Idris, M. M., & Soenarno. (2015). Penerapan metode *tree length logging* skala operasional di areal teknik silvikultur intensif (Studi kasus di PT Parakanca Timber Provinsi Kalimantan Timur). *Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 19–34.

- Kewilaa, B., & Tehupeiori, A. (2015). Effects of working time and the volume and weight of timber on productivity of log loader Caterpillar type 966 F and WL 980 C. *Wood Research Journal*, 6(1), 1–6.
- Matangaran, J., Partiani, T., & Purnamasari, D. (2013). Faktor eksploitasi dan kuantifikasi limbah kayu dalam rangka peningkatan efisiensi pemanenan hutan alam. *Bumi Lestari*, 13(2), 384–393.
- Mujetahid, A. (2008). Produktivitas penebangan pada hutan jati (*Tectona Grandis*). *Jurnal Perennial*, 5(1), 53–58.
- Ruslim, Y., & Gunawan. (2008). Faktor eksploitasi dan faktor pengamanan pada kegiatan penebangan sistem tebang pilih tanam Indonesia ITPTI di HPH PT. Sarmiento Parakantja Timber Kalimantan Tengah. *Jurnal Kehutanan Tropika Humida*, 1(1), 95–108.
- Sist, P., Dykstra, D., & Fimbel, R. (1999). *Pedoman pembalakan berdampak rendah untuk hutan dipterocarpa lahan rendah dan berbukit di Indonesia*. Bogor.
- Soenarno, Endom, W., Basari, Z., Suhartana, S., Dulsalam, & Yuniawati. (2016). Faktor eksploitasi hutan di Sub Region Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 34(4), 335–348.
- Soenarno, & Idris, M. M. (2015). *Pedoman teknis di tree length logging hutan alam produksi lahan kering*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.
- Surat Keputusan Menteri Kehutanan. (2011). *Pengukuran dan pengujian hasil hutan* (SK Kemenhut No. P.45/Menhut-II/2011). Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- University of New Hampshire. (2001). *Safe timber harvesting*. University of New Hampshire.
- Ward, E. (2011). *Chain saws safety, operation, tree felling techniques*. Manhattan.
- Wijaya. (2000). *Analisis statistik dengan program SPSS 10.0*. Bandung: Alfabeta, Bandung.
- Workers' Compensation Board. (2001). *Practical methods for falling and bucking timbers safely* (2001st ed.). Columbia: Workers' Compensation Board of British Columbia.
- Worksave, N. Z. (2014). *Safe manual tree felling*. Wellington. Diakses dari <https://www.arbinnovations.co.nz/tree-services> pada tanggal 10 Desember 2018.

Lampiran 1. Hasil pengukuran elemen waktu kerja penebangan metode konvensional
Appendix 1. Measurement result of felling working time element on conventional method

Identitas pohon (Identity of the tree)				Waktu yang diperlukan, detik (Duration, seconds)												
No. pohon (No. of the tree)	Jenis (Species)	Diameter (cm)	Tinggi Batir (Buttress, cm)	Volume (m³)	Persiapan (Preparation)	Takik rebah (Undercut)	Takik balas (Backcut)	Potong pangkal (Cutting the base)	Potong cabang (Branching)	Potong ujung (Topping off)	Berjalan (Walk)	Isi BBM dan kikir (Refuel & filing)	Hilang		Pembagian batang di TPa (Backing at landing point)	Jumlah (Total)
													Gangguan mesin (Engine failure)	Terjepit (Wedged)		
5345	Meranti merah	51	114	3,575	83	113	170	68	56	124	150					764
5349	Meranti	60	80	3,918	70	110	83	75	60	135	172					705
5350	Benuas	108	149	18,716	135	308	190	173	62	235	142				30	1275
5273	Keruing	60	0	5,055	108	85	75	40	28	68	94					498
5019	Keruing	65	0	3,873	88	83	61	40	35	75	103					485
5276	Letang	62	95	3,920	70	112	98	63	44	107	355					849
5353	Meranti	75	95	4,048	65	195	136	66	95	161	253					971
5603	Keruing	67	60	5,517	70	130	80	86	50	136	179					731
5013	Meranti	85	295	8,770	110	214	189	105	79	184	93		150	450	15	1589
5610	Klepek	77	310	7,335	160	157	270	187	100	287	116					1277
5006	Meranti	78	0	7,550	72	105	84	70	40	110	91					572
6271	Cangal/Kruing	70	99	5,793	130	120	75	180	65	245	120	110				1045
6263	Keruing	68	84	5,343	84	100	75	55	42	97	84	550				1087
6465	Talang	105	220	14,735	105	260	228	85	52	137	100				40	1007
6269	Meranti	60	45	3,918	60	95	60	50	30	80	140					515
4928	Keruing	61	0	4,847	65	65	69	40	35	75	266					615
5611	Meranti	74	135	6,601	80	240	205	110	40	150	265					1090
5813	Meranti	74	0	6,877	78	170	90	80	55	135	115					723
Rata-rata (detik/pohon) (Average (seconds/ tree))				6,69	90,72	147,89	124,33	87,39	53,78	141,17	157,67	36,67	8,33	25,00	4,72	877,67

Lampiran 2. Hasil pengukuran elemen waktu kerja penebangan metode perbaikan sistem pembagian batang
Appendix 2. Measurement result of felling working time element on improved bucking system

Identitas pohon (<i>Identity of the tree</i>)				Waktu yang diperlukan, detik (<i>Duration, seconds</i>)												
No. pohon (<i>The trees number</i>)	Jenis (<i>Species</i>)	Diameter (cm)	Tinggi banir (<i>Buttres, cm</i>)	Volume (m ³)	Persiapan (<i>Preparation</i>)	Takik rebah (<i>Undercut</i>)	Takik balas (<i>Backcut</i>)	Potong pangkal (<i>Cutting the base</i>)	potong cabang (<i>Branching</i>)	Potong ujung (<i>Toping off</i>)	Berjalan (<i>Walk</i>)	Isi BBM dan kikir (<i>Refuel & filing</i>)	Hilang Gangguan mesin (<i>Engine failure</i>)	Terjepit (<i>Wedged</i>)	Pembagian batang di TPn (<i>Bucking at landing point</i>)	Jumlah (<i>Total</i>)
6454	Taring	80	65	6,601	184	162	103	40	180	69	172				36	946
6651	Meranti	54	120	2,770	105	42	255	37	180	30	143				20	812
6449	Meranti	52	150	4,741	120	49	271	10	185	36	96				16	783
6642	Keruing	60	93	5,055	56	149	64	30	120	44	227				15	705
6660	Keruing	62	42	5,013	60	160	80	108	120	33	347				15	923
6658	Mahambung	55	33	2,802	70	134	70	20	115	28	243				18	698
6657	Mahambung	54	0	3,807	76	90	110	78	120	50	334	120			18	996
6867	Karakas	68	80	6,105	55	114	60	120	240	55	101				32	777
6651	M.merah	98	85	11,379	80	190	110	160	150	59	211		100	400	45	1505
5659	Keruing	72	115	5,344	95	110	200	85	120	45	80	600			40	1375
5001	Mahambung	74	90	8,301	90	90	95	95	115	40	165				42	732
4998	Keruing	68	30	5,062	58	95	70	124	150	59	106				34	696
4640	Mahambung	62	0	3,244	60	130	67	161	180	45	98				30	771
4948	Keruing	70	65	6,397	120	126	100	85	125	40	79				32	707
6240	Mahadirang	57	147	3,417	86	156	210	54	40	64	284				24	918
5017	Meranti	76	92	5,251	82	180	65	120	180	45	238				36	946
5299	Keruing	72	60	6,804	96	160	141	30	180	21	259				30	917
Rata-rata (detik/pohon) <i>Average (seconds/trees)</i>				5,42	87,82	125,71	121,82	79,82	147,06	44,88	187,24	42,35	5,88	23,53	28,41	894,53

Lampiran 3. Perhitungan produktivitas dan efisiensi pemanfaatan kayu Appendix 3. Productivity and efficiency calculation of timber utilization

Identitas pohon (<i>Identity of the tree</i>)					Kayu dimanfaatkan (<i>Utilized wood, m³</i>)	Waktu diperlukan, detik (<i>Time required, seconds</i>)	Produktivitas, m³/jam (<i>Productivity, m³/ tree</i>)	Efisiensi pemanfaatan kayu (<i>Wood utilized efficiency, %</i>)
No. pohon (<i>The trees number</i>)	Jenis pohon (<i>Tree species</i>)	Diameter, cm	Banir (<i>Buttress, cm</i>)	Volume (m³)				
Metode konvensional (<i>Conventional method</i>)								
6454	Taring/meranti	80	65	6,601	7,105	946	25,120	92,90
6651	Meranti	54	120	2,770	2,770	812	12,280	99,98
6449	Meranti	52	150	4,741	4,744	783	21,799	99,95
6642	Keruing	60	93	5,055	5,221	705	25,815	96,83
6660	Keruing	62	42	5,013	5,377	923	19,552	93,24
6658	Mahambung	55	33	2,802	3,319	698	14,451	84,42
6657	Mahambung	54	0	3,807	3,987	996	13,761	95,48
6867	Karakas	68	80	6,105	6,444	777	28,285	94,74
6651	M.merah	98	85	11,379	13,322	1505	27,219	85,41
5659	Keruing	72	115	5,344	5,485	1375	13,992	97,43
5001	Mahambung	74	90	8,301	8,466	732	40,825	98,06
4998	Keruing	68	30	5,062	5,492	696	26,183	92,17
4640	Mahambung	62	0	3,244	3,728	771	15,148	87,02
4948	Keruing	70	65	6,397	7,251	707	32,573	88,22
6240	Mahadirang	57	147	3,417	4,013	918	13,402	85,16
5017	Meranti	76	92	5,251	5,252	946	19,981	99,98
5299	Keruing	72	60	6,804	7,402	917	26,712	91,92
	Rata-rata (<i>Average</i>)	66,71	74,53	5,2	5,846	894.529 (14,9 menit)	22,182	93,113
Metode Perbaikan sistim pembagian batang (<i>Improved bucking system method</i>)								
5345	Meranti merah	51	114	3,575	4,065	764	16,847	87,95
5349	Meranti	60	80	3,918	5,965	705	20,007	65,68
5350	Benuas	108	149	18,716	22,463	1275	52,846	83,32
5273	Keruing	60	0	5,055	5,793	498	36,545	87,27
5019	Keruing	65	0	3,873	4,562	485	28,745	84,89
5276	Letang	62	95	3,920	4,142	849	16,623	94,64
5353	Meranti	75	95	4,048	5,507	971	15,007	73,50
5603	Keruing	67	60	5,517	5,871	731	27,169	93,97
5013	Meranti	85	295	8,770	12,420	1589	19,868	70,61
5610	Klepek	77	310	7,335	9,966	1277	20,678	73,60
5006	Meranti	78	0	7,550	8,359	572	47,514	90,32
6271	Cangal/Kruing	70	99	5,793	6,024	1045	19,955	96,16
6263	Keruing	68	84	5,343	6,037	1087	17,695	88,50
6465	Taring	105	220	14,735	17,522	1007	52,678	84,10
6269	Meranti	60	45	3,918	4,314	515	27,389	90,83
4928	Keruing	61	0	4,847	5,512	615	28,370	87,93
5611	Meranti	74	135	6,601	7,153	1090	21,803	92,29
5813	Meranti	74	0	6,877	7,495	723	34,241	91,75
	Rata-rata (<i>Average</i>)	72,22	98,94	6,69	7,954	877,667 (14,6 menit)	27,999	85,407

Lampiran 4. Analisis regresi berganda waktu operasional pada metode konvensional (CV)
Appendix 4. Multiple regression analysis of operational time on conventional CV methods

Ringkasan model (<i>Model Summary</i>)				
Model	R	R kuadrat (<i>R Square</i>)	R kuadrat penyesuaian (<i>Adjusted R Square</i>)	Kesalahan baku pendugaan (<i>Std. error of the Estimate</i>)
1	0,812 ^a	0,660	0,637	1,01957
2	0,870 ^b	0,757	0,723	0,89108

Keterangan (*Remarks*): a. Penduga (*Predictors*): Tetap (*Constant*), Diameter; b. Penduga (*Predictors*): Tetap (*Constant*), Diameter, Tinggi banir (*Buttress height*); c. Peubah bergantung (*Dependent variable*): Waktu operasional penebangan (*Operational felling time*)

Analisis ragam (<i>Analysis of variance</i>)					
Sumber keragaman (<i>Sources of variance</i>)	Jumlah kuadrat (<i>Sum of Squares</i>)	Derajat bebas (<i>Degree of freedom</i>)	Kuadrat rata-rata (<i>Mean Square</i>)	F _{hitung} (<i>F_{calculation}</i>)	Nyata (<i>Significance</i>)
Regresi (<i>Regression</i>)	34,699	2	17,350	21,850	0,000 ^a
Galat (<i>Residual</i>)	11,116	14	0,794		
Jumlah (<i>Total</i>)	45,815	16			

Keterangan (*Remarks*): a. Penduga (*Predictors*): Tetap (*Constant*), Banir pohon (*Buttressed*, Diameter pohon (*Tree diameters*))

Koefisien (<i>Coefficients</i>) ^a					
Model	Koefisien tidak baku (<i>Unstandardized Coefficients</i>)		Koefisien baku (<i>Standardized Coefficients</i>)		Nyata (<i>Significance</i>)
	B	Kesalahan baku (<i>Std. Error</i>)	Beta	t	
Bilangan tetap (<i>Constant</i>)	1,155	1,333		0,866	0,401
Tinggi banir (<i>Buttress height, X₁</i>)	0,116	0,019	0,810	6,156	0,000
Diameter, (X ₂)	-0,012	0,005	-0,313	-2,374	0,032

Keterangan (*Remarks*): a. Peubah bergantung (*Dependent variable*): Waktu operasional penebangan (*Operational felling time*)

Lampiran 5. Analisis regresi berganda waktu operasional pada metode perbaikan bucking (IBM)

Appendix 5. Multiple regression analysis of operational time on improved bucking methods (IBM)

Ringkasan model (<i>Model Summary</i>)				
Model	R	R kuadrat (<i>R Square</i>)	R kuadrat penyesuaian (<i>Adjusted R Square</i>)	Kesalahan baku pendugaan (<i>Std. error of the estimate</i>)
1	0,829 ^a	0,687	0,667	2,24368
2	0,903 ^b	0,815	0,791	1,77891

Keterangan (*Remarks*): a. Penduga (*Predictors*): Tetap (*Constant*), Diameter; Penduga (*Predictors*): Tetap (*Constant*), Diameter, Tinggi banir (*Buttress height*); c. Peubah bergantung (*Dependent variable*): Waktu operasional penebangan (*Operational felling time*)

Analisis ragam (<i>Analysis of variance</i>)					
Sumber keragaman (<i>Sources of variance</i>)	Jumlah kuadrat (<i>Sum of Squares</i>)	Derajat bebas (<i>Degree of freedom</i>)	Kuadrat rata-rata (<i>Mean Square</i>)	F _{hitung} (<i>F_{calculation}</i>)	Nyata (<i>Significance</i>)
Regresi (<i>Regression</i>)	209,643	2	104,822	33,124	0,000 ^a
Galat (<i>Residual</i>)	47,468	15	3,165		
Jumlah (<i>Total</i>)	257,111	17			

Keterangan (*Remarks*): a. Penduga (*Predictors*): Tetap (*Constant*), Banir pohon (*Buttressed*), Diameter pohon (*Tree diameters*)

Koefisiens (<i>Coefficients</i>) ^a					
Model	Koefisien tidak baku (<i>Unstandardized Coefficients</i>)		Koefisien baku (<i>Standardized Coefficients</i>)		Nyata (<i>Significance</i>)
	B	Kesalahan baku (<i>Std. Error</i>)	Beta	t	
Bilangan tetap (<i>Constant</i>)	-0,976	2,240		-0,436	0,669
Tinggi banir (<i>Buttress height, X₁</i>)	0,025	0,005	0,615	4,759	0,000
Diameter (<i>X₂</i>)	0,108	0,034	0,418	3,233	0,006

Keterangan (*Remarks*): a. Peubah bergantung (*Dependent variable*): Waktu operasional penebangan (*Operational felling time*)