

PEMANENAN BERWAWASAN LINGKUNGAN UNTUK MINIMASI KERUSAKAN HUTAN (*Reduced impact logging for minimizing forest damages*)

Oleh/By:

Sona Suhartana dan Dulsalam

Summary

This paper presents the results of a study on reduced impact logging and the conventional logging system. The study was carried out at a forest company in West Kalimantan in 1999. The aim of the study is to find the effect of reduced impact logging in minimizing residual stand damage, level of ground exposure, top soil displacement, skidding cost and in maximizing the productivity of skidding.

Data collected were the number of felled trees, number of trees with diameter of 20 cm or greater, damaged poles, ground exposure and top soil displacement as well as productivity and cost of skidding. The data were statistically analyzed by using factorial analysis and t-test.

The results of the study showed that the levels of trees and poles damages in reduced impact logging system were lower than that on the conventional one. More over, top soil displacement and ground exposure were also lower than that of conventional system. Nevertheless, the productivity of log skidding in reduced impact logging system was lower than that of the conventional system and cost of log skidding in reduced impact logging system was higher than that of the conventional one. Based on environmental consideration, it is recommended that reduced impact logging is preferable in future logging operations.

Keywords : reduced impact logging, residual stand damages, ground exposure, top soil displacement, the productivity of skidding, skidding cost, conventional system.

Ringkasan

Tulisan ini menyetengahkan hasil penelitian tentang pemanenan berwawasan lingkungan dan pemanenan konvensional. Penelitian telah dilakukan di suatu perusahaan hutan di Kalimantan Barat pada tahun 1999. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh pemanenan berwawasan lingkungan terhadap terjadinya kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lahan, penurunan lapisan tanah atas, produktivitas traktor sarad dan biaya produksi penyaradan.

Data yang dikumpulkan adalah: jumlah pohon ditebang, jumlah pohon berdiameter 20 cm ke atas, tiang yang rusak, lahan terbuka, penurunan lapisan tanah atas, produktivitas traktor sarad dan biaya produksi penyaradan. Data dianalisis dengan uji-t.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kerusakan tiang dan pohon pada sistem pemanenan berwawasan lingkungan lebih rendah daripada tingkat kerusakan tiang dan pohon pada sistem konvensional. Lebih lanjut, penurunan lapisan tanah atas dan keterbukaan lahan pada sistem pemanenan berwawasan lingkungan lebih rendah daripada penurunan lapisan tanah atas dan keterbukaan lahan pada sistem konvensional. Akan tetapi, produktivitas PBL lebih rendah daripada produktivitas konvensional serta biaya penyaradan kayu pada sistem pemanenan berwawasan lingkungan lebih tinggi daripada biaya penyaradan kayu pada sistem

konvensional. Berdasarkan pertimbangan lingkungan, disarankan agar sistem pemanenan berwawasan lingkungan diterapkan.

Kata Kunci : Pemanenan berwawasan lingkungan, kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lahan, penurunan lapisan tanah atas, produktivitas traktor sarad, biaya produksi penyaradan, sistem konvensional.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini gaung kepedulian terhadap lingkungan merupakan isu sentral yang melatar belakangi pemanfaatan hutan produksi alam yang berkelanjutan. Kegiatan pemanenan kayu sebagai kunci mata rantai pemanfaatan hutan produksi alam dituntut untuk dilaksanakan secara terencana agar tidak merusak keseimbangan dinamis dari unsur-unsur lingkungan hutan.

Dalam prakteknya kegiatan pemanenan kayu tersebut memerlukan arahan yang rinci tentang bagaimana menata pra kondisi dan bagaimana cara melaksanakan pembukaan wilayah, penebangan pohon, penyaradan dan pengangkutan kayu dari hutan ke tempat penumpukan kayu (TPK). Oleh karena syarat yang harus dipenuhi adalah tidak merusak keseimbangan dinamis unsur-unsur lingkungan hutan, maka dalam pelaksanaannya haruslah didasarkan pada pendekatan ekosistem.

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa kendatipun arahan pelaksanaan pemanenan kayu sudah dituangkan dalam Petunjuk Teknik Pelaksanaan Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), akan tetapi dalam pelaksanaannya sebagian besar pengelola HPH masih saja menitik beratkan pada kepentingan ekonomis (jangka pendek) dari pada kepentingan ekologis (jangka panjang). Tampaknya para pengelola HPH belum merasa yakin bahwa keuntungan ekologis yang diperoleh pada waktu sekarang akan menghasilkan keuntungan ekonomi dalam jangka panjang.

Di sisi lain, sampai saat ini penilaian mutu (rusak atau tidaknya) hutan bekas tebangan yang dikelola dengan sistem silvikultur TPTI masih ditekankan pada aspek vegetasi, khususnya keberadaan pohon inti, tiang, pancang, semai dan pohon induk. Sedangkan perubahan yang terjadi pada aspek fisis tanah dan iklim mikro yang merupakan unsur-unsur lingkungan hutan kurang diperhatikan. Dengan demikian pemanenan hutan yang berwawasan lingkungan (PBL) seyogyanya diartikan sebagai pemanenan kayu yang juga tidak begitu banyak merubah kondisi kedua aspek tersebut di atas.

Pada tahun 1997 dilakukan penelitian di HPH PT Oceanias Timber Products di Kalimantan Timur mengenai kegiatan penebangan dan penyaradan menghasilkan kerusakan tegakan tinggal rata-rata untuk tingkat pohon, tiang, pancang dan semai berturut-turut adalah 11,2%; 4,9%; 4,5% dan 5,7% untuk petak terkontrol (pelaksanaan penebangan dan penyaradan diarahkan sesuai dalam Petunjuk Teknis TPTI) sedang untuk petak konvensional (pelaksanaan penebangan dan penyaradan diserahkan sepenuhnya kepada penebang dan penyarad setempat untuk melaksanakan kebiasaan mereka) berturut-turut adalah 13,1%; 11,97%; 12,9% dan 14,42%. Dengan pengarahannya yang baik terjadi penurunan kerusakan tegakan tinggal berturut-turut untuk tiang, pancang dan semai sebesar 7,07%; 8,4% dan 8,72% (berbeda sangat nyata pada taraf 99%) (Idris dan Suhartana, 1997).

Kegiatan Pembukaan Wilayah Hutan (PWH), penebangan dan penyaradan merupakan komponen dari kegiatan pemanenan yang menimbulkan gangguan cukup drastis terhadap ekosistem sumberdaya hutan. NRMP (1997) menyatakan bahwa telah terjadi lahan terbuka akibat penyaradan terkendali sebesar 39% dan kontrol sebesar 57,5%. Selanjutnya penyaradan tersebut juga telah menimbulkan penggeseran lapisan tanah atas untuk terkendali sebesar 4,2% dan untuk kontrol sebesar 6,4%.

Hampir seluruh peneliti lapangan yang terkait dalam konteks ini melaporkan hasil pengamatannya bahwa penyebab terjadinya kerusakan lingkungan hutan akibat pemanenan kayu adalah tidak dilaksanakannya teknik penebangan dan penyaradan secara benar. Untuk membuktikan hal tersebut, Suhartana (1997) mencoba membandingkan derajat keterbukaan lahan antara penyaradan yang direncanakan dengan penyaradan konvensional. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan derajat keterbukaan lahan sebesar 5,1% apabila menggunakan teknik penyaradan yang direncanakan.

Bertolak dari latar belakang di muka, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik pemanenan kayu terhadap: (1) besarnya kerusakan tegakan tinggal; (2) besarnya derajat keterbukaan lahan; (3) besarnya penurunan lapisan tanah atas; (4) besarnya produktivitas traktor sarad dan (5) besarnya biaya produksi penyaradan. Sedangkan sasarannya adalah tersedianya informasi sampai seberapa jauh teknik PBL lebih baik daripada teknik konvensional dilihat dari aspek kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lahan, penurunan lapisan tanah atas, produktivitas traktor sarad dan biaya produksi penyaradan.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli-Agustus 1999 di areal kerja HPH PT Kusuma perkasa Indah Timber. HPH ini terletak di daerah Cabang Dinas Kehutanan Sanggau, Dinas Kehutanan Propinsi Kalimantan Barat. Menurut wilayah administrasinya termasuk ke dalam Kabupaten Sanggau, Propinsi Dati I Kalimantan Barat.

Keadaan areal penelitian sebagian besar memiliki kemiringan lapangan antara 5% - 35% dengan ketinggian tempat antara 150-450 meter dari permukaan laut. Keadaan tegakan pada areal yang didominasi oleh jenis-jenis pohon dari famili Dipterocarpa memiliki kerapatan pohon antara 135-288 pohon/ha (untuk pohon-pohon berdiameter 20 cm dan ke atas). Keadaan pohon-pohonnya sebagian besar memiliki banir. Untuk tumbuhan bawah, rata-rata memiliki kerapatan sedang. Dalam pemanenan kayunya, alat utama yang digunakan adalah gergaji rantai merek Stihl tipe 070 untuk kegiatan penebangan dan pembagian batangnya, traktor merek caterpillar tipe D7G untuk penyaradan dan pembuatan jalan serta truk gandengan (trailer) merek Nissan tipe KD50 untuk pengangkutan kayunya.

B. Obyek Penelitian

Obyek dalam penelitian ini adalah blok tebangan yang termasuk ke dalam Rencana Karya Tahunan (RKT) tahun 1999/2000 meliputi kegiatan penebangan dan penyaradannya.

C. Bahan dan Alat

Bahan dan alat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : meteran, pita-phi, cat, kuas, alat pengukur waktu, gergaji rantai merek Stihl tipe 070 untuk kegiatan penebangan dan pembagian batang serta traktor merek Caterpillar tipe D7G untuk penyaradannya.

D. Prosedur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan dengan metode pengukuran langsung di lapangan dan wawancara sebagai data penunjang. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Menetapkan secara purposif satu petak terbang yang segera akan dilakukan penebangan.
- 2) Dari petak terbang terpilih dibuat petak ukur berukuran 100 m x 100 m sebanyak 4 buah untuk PBL dan 4 buah konvensional.
- 3) Melaksanakan penebangan dan penyaradan dengan ketentuan sebagai berikut:

Pada petak PBL :

- (1) Membuat perencanaan jalan sarad berdasarkan topografi dan lokasi penyebaran pohon dengan tanda-tanda yang jelas (cat kuning) di lapangan, dengan arahan jalan sarad dibuat sependek mungkin dan menghindari rusaknya pohon inti dan pohon induk serta tegakan tinggal yang rapat.
- (2) Melakukan pembersihan semak belukar di sekitar pohon yang akan ditebang.
- (3) Menetapkan arah rebah pohon sehingga membentuk sudut lancip dengan arah penyaradan yang akan dilakukan, menghindari jatuhnya pohon ke arah pohon inti dan pohon induk serta lereng bawah/jurang dan tegakan tinggal yang rapat di sekitarnya.
- (4) Melakukan penghilangan banir pada pohon yang akan ditebang.
- (5) Membuat alas takik rebah dan takik balas serendah mungkin (sekitar 54 cm dari permukaan tanah).
- (6) Pada waktu penyaradan dilakukan bagian depan kayu yang disarad terangkat dari permukaan tanah dengan bantuan tenaga dari tromol.
- (7) Traktor sarad tidak membuat gerakan membelok yang tajam dan mendadak yang akan mengakibatkan kayu yang disarad menyapu kiri kanan tegakan tinggal.
- (8) Bila traktor sarad tidak kuat menyarad kayu pada arah mendaki, dilakukan teknik "*winching*", yaitu traktor tetap bergerak maju dengan mengulur kabel pada tromol sehingga kayu yang disarad tidak bergerak, untuk selanjutnya traktor sarad berhenti tidak bergerak sedangkan kabel sarad digulung dengan tromol sehingga kayu yang disarad dapat ditarik.
- (9) Pada waktu menurun lereng, traktor sarad bergerak membentuk sudut lancip dengan arah lurus menurunnya lereng.

Pada petak konvensional:

Teknik pelaksanaan penebangan dan penyaradan diserahkan sepenuhnya pada penebang dan penyarad setempat untuk melaksanakan kebiasaan mereka.

4) Mengukur parameter sebagai berikut:

- (1) Kerusakan tegakan tinggal: semua pohon dan tiang dicatat yang rusak dan yang sehat sebelum dan sesudah penebangan dan penyaradan.
- (2) Keterbukaan lahan: dengan memproyeksikan keterbukaan tajuk di lantai hutan akibat penebangan dan penyaradan.
- (3) Penurunan lapisan tanah atas bekas jalan sarad : dengan cara mengukur kedalaman lapisan tanah yang tergeser pada tiga kelas kelerengan; yaitu 0-15%, 15-25% dan di atas 25%. Di setiap kelas kelerengan sepanjang jalan sarad dibuat 5 titik kedalaman ke arah lebar dan bergerak ke arah panjang jalan setiap 20 m.
- (4) Panjang jalan sarad dan jumlah pohon ditebang/disarad dicatat dan diamati.
- (5) Produktivitas penyaradan dengan cara mengukur dan mencatat waktu sarad, jarak sarad dan volume kayu yang disarad dan lain-lain yang menunjang.
- (6) Biaya produksi penyaradan dengan cara mencatat semua pengeluaran seperti: pemakaian BBM, oli/gemuk, upah, produktivitas penyaradan, biaya penyusutan, biaya pemeliharaan/perbaikan.

5) Mencatat data umum sebagai berikut: keadaan umum perusahaan dan data penunjang lainnya yang dikutip dari perusahaan dan wawancara dengan karyawan.

Yang dimaksud pohon adalah tanaman hutan yang berdiameter 20 cm ke atas. Sedangkan tiang adalah tanaman hutan yang berdiameter antara 10-19 cm. Untuk menaksir derajat kerusakan pohon, digunakan kriteria dari Direktorat Jenderal Pengusahaan Hutan (1994), yaitu:

- 1) Tajuk pohon rusak > 30% atau cabang/dahan besar patah.
- 2) Luka batang > 1/4 keliling batang dengan panjang ≥ 1,5 m.
- 3) Perakaran terpotong atau 1/3 banirnya rusak.

Pohon dianggap rusak apabila mengalami salah satu atau lebih keadaan di atas. Sedangkan kriteria untuk tiang didasarkan pada pengalaman di lapangan.

E. Pengolahan Data

Data lapangan berupa kerusakan tegakan tinggal, keterbukaan lahan, penurunan lapisan tanah atas, dan produktivitas traktor sarad diolah ke dalam bentuk tabulasi.

1) Kerusakan dihitung berdasarkan persentase jumlah yang rusak terhadap jumlah yang seharusnya tinggal dan sehat. Untuk menghitung tingkat kerusakan tegakan tinggal akibat kegiatan pemanenan kayu, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Kp = \frac{Rp}{P-Pt} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

di mana : Kp = kerusakan pohon (%); Rp = jumlah pohon yang rusak (pohon/ha); P = jumlah pohon berdiameter 20 cm dan ke atas sebelum penebangan (pohon/ha) dan Pt = jumlah pohon ditebang/disarad (pohon/ha).

2) Kerusakan tiang (Kt)

$$Kt = \frac{Rt}{T} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

di mana: Kt = kerusakan tiang (%); Rt = jumlah tiang yang rusak (batang/ha) dan T = jumlah tiang sebelum penebangan (batang/ha).

3) Keterbukaan lahan : caranya memproyeksikan keterbukaan tajuk di lantai hutan kemudian dari proyeksi tersebut diukur dengan kertas milimeter atau planimeter dan di persentasekan terhadap luas kawasan yang dipanen.

4) Penurunan lapisan tanah atas : data lapangan diolah ke dalam bentuk tabulasi untuk dicari nilai rata-rata dan simpangan bakunya kemudian diolah dengan menggunakan rancangan faktorial 2x3.

5) Produktivitas traktor sarad dihitung sebagai berikut :

$$P = \frac{V}{W} \dots\dots\dots (3)$$

di mana: P = produktivitas traktor sarad (m³/jam);

V = volume kayu yang disarad (m³) ;

W = waktu sarad efektif (jam).

6) Biaya produksi penyaradan dihitung dengan rumus berikut :

$$BPP = \frac{BD+BB+BO+BP+U+BA}{P} \dots\dots\dots (4)$$

di mana : BPP = biaya produksi penyaradan (Rp/ m³);

BD = biaya penyusutan (Rp/jam);

BB = biaya bahan bakar (Rp/jam);

BO = biaya oli/pelumas (Rp/jam);

BP = biaya pemeliharaan/perbaikan (Rp/jam);

U = upah operator (Rp/ jam);

BA = bunga dan asuransi (Rp/jam) dan

P = produktivitas sarad (m³/jam) dan untuk menghitung masing-masing komponen biaya adalah sebagai berikut :

$$BD = \frac{M-R}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$BB = 0,14 \times HP \times \text{harga bahan bakar} \dots\dots\dots (6)$$

$$BO = \frac{0,005 \times M}{2000 \text{ jam}} \dots\dots\dots (7)$$

$$BP = 10\% \times \text{harga alat} : 2000 \text{ jam} \dots\dots\dots (8)$$

$$BA = \left(\frac{(M-R)(N+1)}{2N} + R \right) \times 0,0p \dots\dots\dots (9)$$

di mana: BD = biaya penyusutan (Rp/jam); M = harga beli alat (Rp); R = harga rongsokan alat (Rp); n = masa pakai traktor (1 tahun = 2000 jam); BB = biaya bahan bakar (Rp/jam); BO = biaya oli/pelumas (Rp/jam); N = umur alat (tahun); BP = biaya pemeliharaan (Rp/jam); 0,0p = bunga dalam % per tahun (14 %); BA = bunga dan asuransi (Rp/jam); HP = besar tenaga alat (Horse Power).

Untuk membandingkan kedua teknik pemanenan di atas, meliputi aspek kerusakan tegakan tinggal berupa pohon dan tiang, keterbukaan lahan, penurunan lapisan tanah atas, produktivitas penyaradan dan biaya produksi penyaradan dilakukan uji-t (Steel dan Torrie, 1976).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kerusakan Tingkat Pohon

Hasil pengamatan berupa kerusakan tingkat pohon akibat kegiatan pemanenan yang berwawasan lingkungan (PBL) dan yang konvensional disajikan pada Tabel 1 di mana kerusakan tegakan tinggal berupa pohon yang diakibatkan oleh kegiatan PBL besarnya berkisar antara 12,6-16,0% dengan rata-rata 14,1%. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa untuk menebang rata-rata 10 pohon/ha telah menimbulkan kerusakan rata-rata 14,1% x (167,5-10) pohon/ha = 22,2 pohon/ha. Sedangkan rata-rata jumlah pohon berdiameter 20 cm ke atas yang sehat setelah kegiatan PBL adalah (100-14,1)% x (167,5-10) pohon/ha = 135,3 pohon/ha. Dari jumlah pohon yang sehat ini lebih dari separuhnya berasal dari jenis pohon niagawi (*commercial*).

Sedangkan kerusakan tegakan tinggal yang diakibatkan oleh pemanenan konvensional besarnya berkisar antara 18,2-20,8% dengan rata-rata 19,7%. Hal ini dapat diartikan bahwa untuk menebang rata-rata 10 pohon/ha telah menimbulkan kerusakan rata-rata 19,7% x (170-10) pohon/ha = 31,5 pohon/ha. Sedangkan rata-

rata jumlah pohon berdiameter 20 cm ke atas yang sehat setelah pemanenan konvensional adalah $(100-19,7)\% \times (170-10) = 128,5$ pohon/ha. Dari jumlah pohon yang sehat ini lebih dari separuhnya berasal dari jenis pohon niagawi.

Tabel 1. Kerusakan pohon akibat pemanenan kayu
Table 1. Damaged trees caused by logging

Petak (Plot)	PBL (RIL)				Konvensional (Conventional)			
	Pohon ditebang, ph/ha (Felled trees, tr/ha)	Pohon sebelum pemanenan, ph/ha (Tress before logging, tr/ha) *	Pohon rusak (Damaged trees)		Pohon ditebang, ph/ha (Felled trees, tr/ha)	Pohon sebelum pemanenan, ph/ha (Tress before logging, tr/ha) *	Pohon rusak (Damaged trees)	
			Ph/ha (tr/ha)	%			Ph/ha (tr/ha)	%
1	10	135	17	13,6	10	120	20	18,2
2	10	137	18	14,2	10	180	35	20,6
3	10	288	35	12,6	10	250	46	19,2
4	10	110	16	16,0	10	130	25	20,8
Σ	40	670	86	56,4	40	680	126	78,8
ᄡ	-	167,5	21,5	14,1	-	170	31,5	19,7
SD	-	81,27	9,04	3,00	-	59,44	11,50	1,227
KK (%)	-	48,52	42,05	21,28	-	34,96	36,51	6,09

Keterangan (Remarks): RIL = Reduce impact logging; *) = Selang diameter (The variance of tree diameter): 20-110;
 Σ = Jumlah(Sum); ᄡ = Rata-rata (Mean); SD = Simpangan baku (Standard deviation);
 KK = Koefisien keragaman (Coefficient of variation).

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa besarnya kerusakan rata-rata pada petak PBL adalah lebih kecil dibanding pada konvensional. Untuk memperkuat hasil ini telah dilakukan uji-t yang menghasilkan t-hitung = 3,456 *(t-tabel 95% = 2.447). Hal ini dapat diartikan bahwa kerusakan pohon rata-rata yang terjadi antara kedua teknik adalah berbeda nyata.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bila ditinjau dari segi kerusakan pohon yang terjadi, teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional.

Selain itu berdasarkan nilai koefisien keragamannya ternyata bahwa kerusakan pohon akibat teknik PBL lebih tinggi dibandingkan dengan kerusakan pohon akibat teknik konvensional, yaitu 21,28% dibandingkan 6,9%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kerusakan pohon akibat teknik PBL lebih besar daripada teknik konvensional.

Adanya kerusakan pohon yang terjadi akibat kedua teknik pemanenan tersebut adalah wajar selama masih di bawah ambang batas yang diperkenankan. Dari Tabel 1 dapat dihitung jumlah pohon yang sehat setelah kegiatan pemanenan untuk PBL sebesar 135,3 pohon/ha dan untuk konvensional sebesar 128,5 pohon/ha. Dari jumlah pohon yang sehat ini sebagian besar merupakan pohon jenis niagawi. Apabila dihubungkan dengan persyaratan TPTI yang mengharuskan adanya pohon inti yang ditinggalkan setelah penebangan minimal 25 pohon/ha, maka untuk kedua teknik pemanenan dalam penelitian ini masih memenuhi kriteria tersebut.

2. Kerusakan Tingkat Tiang

Hasil perhitungan mengenai kerusakan tingkat tiang akibat kegiatan PBL dan konvensional dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa kerusakan tingkat tiang akibat kegiatan PBL besarnya berkisar antara 6,7-16,7% dengan rata-rata 10,6%. Sedangkan kerusakan tingkat tiang akibat pemanenan konvensional besarnya berkisar antara 10-23,5% dengan rata-rata sebesar 18,5%.

Tabel 2. Kerusakan tiang akibat pemanenan kayu
Table 2. Poles damage caused by logging

Petak (Plot)	PBL/RIL			Konvensional/Conventional		
	Sebelum pemanenan, ph/ha (Before logging, tr/ha)	Kerusakan tiang (Poles damage)		Sebelum pemanenan, ph/ha (Before logging, tr/ha)	Kerusakan tiang (Poles damage)	
		Tiang/ha (Poles/ha)	(%)		Tiang/ha (Poles/ha)	(%)
1	20	2	10,0	14	3	21,4
2	15	1	6,7	17	4	23,5
3	18	3	16,7	21	4	19,1
4	11	1	9,1	10	1	10,0
Σ	64	7	42,5	62	12	74,0
ᄡ	16	1,75	10,6	15,5	3	18,5
SD	3,92	0,96	4,28	4,65	1,41	5,945
KK (%)	24,50	54,86	40,38	30,00	47,00	32,14

Keterangan (Remarks): RIL = Reduce impact logging; Σ = Jumlah(Sum); ᄡ = Rata-rata (Mean); SD = Simpangan baku (Standard deviation); KK = Koefisien keragaman (Coefficient of variation).

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa besarnya kerusakan tiang rata-rata untuk PBL adalah lebih kecil daripada untuk konvensional. Untuk memperkuat temuan ini telah dilakukan analisis uji-t yang menghasilkan t-hitung = 3,248* (t-tabel 95% = 2,447). Hal ini berarti bahwa kerusakan tiang rata-rata yang terjadi antara kedua teknik pemanenan adalah berbeda nyata. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dari segi kerusakan tingkat tiang yang terjadi, teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional. Selain itu dilihat dari nilai koefisien keragamannya ternyata bahwa kerusakan tiang akibat teknik PBL lebih tinggi dibandingkan dengan kerusakan tiang akibat teknik konvensional, yaitu 40,38% dibanding 32,14%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kerusakan tiang akibat teknik PBL lebih besar daripada variasi kerusakan akibat teknik konvensional.

3. Keterbukaan Lahan

Hasil pengamatan dan pengukuran berupa derajat keterbukaan lahan akibat kegiatan PBL dan konvensional disajikan pada Tabel 3 di mana untuk PBL

besarnya antara 12,25-19,75% dengan rata-rata 15,375%. Sedangkan keterbukaan lahan akibat pemanenan kayu pada petak konvensional besarnya berkisar antara 18,50-23,75% dengan rata-rata 20,75%.

Tabel 3. Keterbukaan lahan akibat pemanenan kayu
Table 3. Ground exposure caused by logging

Petak (Plot)	PBL (RIL)				Konvensional (Conventional)			
	Pohon ditebang, ph/ha (Felled trees, tr/ha)	Kemiringan (Slope), %	Keterbukaan lahan (Ground exposure)		Pohon ditebang, ph/ha (Felled trees, tr/ha)	Kemiringan (Slope), %	Keterbukaan lahan (Ground exposure)	
			m ²	%			m ²	%
1	10	14	1225	12,25	10	15	1850	18,50
2	10	15	1725	17,25	10	16	2100	21,00
3	10	25	1975	19,75	10	25	2375	23,75
4	10	15	1225	12,25	10	15	1975	19,75
Σ	40	69	6150	61,50	40	71	8000	83,00
ꞑ	-	17,25	1537,5	15,375	-	17,75	2075	20,75
SD	-	5,19	375	3,75	-	4,86	224,5	2,245
KK (%)	-	30,09	24,39	24,39	-	27,38	10,82	10,82

Keterangan (Remarks): RIL = Reduce impact logging, Σ = Jumlah(Sum); ꞑ = Rata-rata (Mean), SD = Simpangan baku (Standard deviation); KK = Koefisien keragaman (Coefficient of variation).

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa besarnya derajat keterbukaan lahan rata-rata untuk PBL adalah lebih kecil daripada untuk konvensional. Untuk memperkuat hal ini telah dilakukan analisis uji-t yang menghasilkan $t\text{-hitung} = 2,459^*$ ($t\text{-tabel } 95\% = 2,447$). Hal ini dapat diartikan bahwa keterbukaan lahan rata-rata yang terjadi antara kedua teknik adalah berbeda nyata. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bila ditinjau dari segi keterbukaan lahan yang terjadi, teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional. Selain itu berdasarkan nilai koefisien keragamannya ternyata bahwa keterbukaan lahan akibat teknik PBL lebih tinggi dibandingkan dengan keterbukaan lahan akibat teknik konvensional, yaitu 24,39% dibanding 10,82%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi keterbukaan lahan akibat teknik PBL lebih besar daripada variasi keterbukaan lahan akibat teknik konvensional.

Thaib (1985) melaporkan bahwa pada kemiringan lereng 0-25% dan jumlah pohon ditebang per ha 0-4; 5-9 dan 10 pohon atau lebih, keterbukaan lahan secara berurutan bervariasi antara 5,4-13,8%; 13,4-22,5% dan 20,9-26,6%. Sedangkan pada kelerengan 26% atau lebih dengan jumlah pohon ditebang per ha 0-4; 5-9 dan 10 pohon atau lebih, keterbukaan lahan secara berurutan berkisar antara 7,6-13,8%; 11,9-19,7% dan 17,1-24,6%. Lebih lanjut ia melaporkan bahwa faktor-faktor yang sangat berpengaruh terhadap terjadinya keterbukaan lahan adalah manajemen dan jumlah pohon ditebang per satuan luas. Faktor manajemen antara lain dicerminkan oleh adanya keterbukaan lahan dalam penelitian ini meliputi tajuk terbuka akibat kegiatan penebangan, pembuatan jalan sarad dan penyaradan. Pengamatan di lapangan memperlihatkan bahwa terjadinya keterbukaan lahan pada kegiatan

penyaradan adalah akibat dari tidak diketahuinya kedudukan kayu yang akan disarad secara pasti oleh operator traktor dan pembantunya di lapangan. Hal ini dapat terjadi karena pelaksanaan ITSP belum berjalan sebagaimana mestinya. Seperti belum adanya pembuatan arah rebah dan penandaan pohon yang akan ditebang.

Kemungkinan terjadinya keterbukaan lahan yang lebih luas pada kegiatan penyaradan dapat dikurangi apabila dalam pencarian kayu yang akan disarad tidak dilakukan langsung menggunakan traktor, akan tetapi dilakukan oleh pembantu operator traktor terlebih dahulu. Setelah kedudukan kayu diketahui secara pasti, barulah traktor dijalankan menuju tempat bersangkutan. Akan lebih baik lagi apabila jalan sarad direncanakan terlebih dahulu sebelum kegiatan penyaradan dilakukan agar sesuai dengan peraturan yang masih berlaku (TPTI).

4. Penurunan Lapisan Tanah

Untuk pengukuran penurunan lapisan tanah dilakukan di atas bekas jalan sarad. Hasil pengamatan dan pengukuran dapat dilihat pada Lampiran 1 yang menyatakan bahwa petak PBL (perlakuan A1) untuk kelerengan berturut-turut: 0-15%; 15-25% dan >25% setiap 100 m panjang jalan sarad telah terjadi penurunan lapisan tanah atas akibat kegiatan penyaradan dengan traktor sebesar rata-rata 7,96 mm; 11,6 mm dan 16,48 mm. Sedangkan untuk petak konvensional (perlakuan A2) penurunan lapisan tanah atas tersebut adalah sebagai berikut: 9,64 mm; 13,48 mm dan 18,4 mm.

Selanjutnya analisis sidik ragamnya dapat dilihat pada Tabel 4 di mana hasil pengolahan dengan rancangan Faktorial 2x3 dan uji-F untuk perlakuan (A) menghasilkan F hitung yang lebih besar daripada F tabel 99%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa pengaruh perlakuan berupa teknik penyaradan terhadap penurunan lapisan tanah atas sangat berbeda nyata. Hal ini dapat diartikan bahwa perlakuan A1 (PBL) sangat berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan A2 (konvensional) dalam hal penurunan lapisan tanah atas. Keadaan ini dapat terjadi karena pada teknik PBL penurunan pisau traktor pada saat menuruni lereng masih bisa dihindari sedangkan pada konvensional tidak.

Tabel 4. Analisis sidik ragam kedalaman penurunan lapisan tanah atas pada A dan B
Table 4. Analysis of variance for depth of top soil displacement at A and B

SK	db	JK	KT	Fhit	Ftabel
A	1	125,12	125,12	15,705**	6,818
B	2	1.877,45	938,725	117,831**	4,758
AxB	2	0,44	0,22	0,0276	
Galat/Error	144	1.147,21	7,9667		
Total	149	3.150,2	21,1423		

Keterangan (Remarks): SK = Sumber keragaman (Source of variation); db = derajat bebas (degree of freedom); JK = Jumlah kuadrat (Sum of square); KT = Kuadrat tengah (Mean square); Fhit = F hitung (Fcalculation); Ftabel = (Ftable); A = Perlakuan (Treatment); B= Kelas lereng (Slope classes)

Untuk perlakuan B (kelas lereng) ternyata menghasilkan F hitung yang juga lebih besar daripada F tabel pada taraf 99%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kelas lereng berpengaruh sangat nyata terhadap terjadinya penurunan lapisan tanah atas. Hal ini dapat terjadi karena penghindaran penurunan pisau traktor pada saat menuruni lereng untuk kelas lereng B1 (0-15%) relatif lebih baik daripada kelas lereng B2 (15-25%) dan B3 (>25%). Di samping itu, semakin besar kelerengan lapangan, semakin besar pula rantai traktor menggeser tanah.

Sedangkan untuk interaksi antara A dan B ternyata tidak berpengaruh nyata terhadap terjadinya penurunan lapisan tanah atas. Dengan demikian antara kedua teknik penyaradan dengan ketiga kelas lereng dapat dikatakan kurang berpengaruh terhadap terjadinya penurunan lapisan tanah atas. Selain itu dari Lampiran 1 dapat dilihat bahwa rata-rata penurunan lapisan tanah atas untuk petak PBL lebih kecil daripada petak konvensional. Analisis uji-t telah menghasilkan t-hitung untuk kelas lereng 0-15% = 10,323** (t-tabel 99% = 2,682); 15-25% = 2,072* (t-tabel 95% = 2,01) dan >25% = 2,094* (t-tabel 95% = 2,011). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional bila dilihat dari aspek penurunan lapisan tanah atas.

5. Produktivitas Traktor Sarad

Hasil pengukuran berupa produktivitas traktor sarad untuk petak PBL dapat dilihat pada Tabel 5 di mana terlihat besarnya produktivitas traktor sarad PBL berkisar antara 20,77 – 37,79 m³/jam dengan rata-rata 25,30 m³/jam. Produktivitas terendah dicapai pada jarak sarad 2,45 hm dengan volume muatan 3,6354 m³. Produktivitas tertinggi diperoleh pada jarak sarad 2,50 hm dengan volume muatan 3,7789 m³.

Tabel 5. Produktivitas traktor sarad pada PBL

Table 5. The productivity of skidding tractor on RIL

Nomor	Diameter, m	Panjang (Length), m	Volume, m ³	Waktu sarad, jam (Skidding time, hr)	Jarak sarad (Skidding distance), hm	Produktivitas, m ³ /jam (Productivity, m ³ /hr)
1	0,54	16,5	3,7789	0,10	2,50	37,79
2	0,575	14,0	3,6354	0,175	2,45	20,77
3	0,55	17,5	4,1577	0,19	2,40	21,88
4	0,60	15,0	4,2412	0,15	2,30	28,28
5	0,65	14,0	4,6456	0,20	2,55	23,23
6	0,59	15,0	4,1010	0,16	2,60	25,63
7	0,68	13,5	4,9028	0,18	2,65	27,24
8	0,71	12,0	4,7510	0,21	2,20	22,62
9	0,595	17,5	4,8659	0,23	2,00	21,16
10	0,725	13,0	5,3667	0,22	2,10	24,39
Σ	6,215	148,0	44,4393	1,815	23,75	252,99
ḡ	0,620	14,8	4,4439	0,182	2,375	25,30
SD	0,066	1,874	0,5483	0,038	0,219	5,06
KK (%)	10,65	12,66	12,34	20,88	9,22	20,00

Keterangan (Remarks): RIL = Reduce impact logging; Σ = Jumlah(Sum); ḡ = Rata-rata (Mean); SD = Simpangan baku (Standard deviation); KK = Koefisien keragaman (Coefficient of variation).

Produktivitas traktor sarad konvensional dapat dilihat pada Tabel 6 yang besarnya berkisar antara 31,07–46,40m³/jam dengan rata-rata 39,84 m³/jam. Produktivitas terendah dicapai pada jarak sarad 2,20 hm dengan volume muatan 4,0389 m³. Produktivitas tertinggi dicapai pada jarak sarad 2,30 hm dengan volume muatan 16,0319 m³.

Tabel 6. Produktivitas traktor sarad pada konvensional
Table 6. The productivity of skidding tractor on conventional

Nomor	Diameter, m	Panjang (Length), m	Volume, m ³	Waktu sarad, jam (Skidding time, hr)	Jarak sarad (Skidding distance), hm	Produktivitas, m ³ /jam (Productivity, m ³ /hr)
1	0,75	14,0	6,1850	0,15	2,00	41,23
2	0,60	15,0	4,2412	0,12	2,40	35,34
3	0,70	14,0	5,3878	0,12	2,10	44,90
4	0,55	17,0	4,0389	0,13	2,20	31,07
5	0,60	14,0	3,9584	0,10	2,50	39,58
6	0,57	16,0	4,0828	0,11	2,60	37,12
7	0,80	12,0	6,0319	0,13	2,30	46,40
8	0,54	18,0	4,1224	0,10	2,25	41,22
9	0,65	13,0	4,3138	0,12	2,60	35,95
10	0,59	15,0	4,1010	0,09	2,00	45,57
Σ	6,35	148,0	46,4632	1,17	22,95	398,38
ḡ	0,635	14,8	4,6463	0,12	2,295	39,84
SD	0,088	1,814	0,872	0,018	0,227	5,00
KK (%)	13,86	12,26	18,77	15,00	9,89	12,55

Keterangan (Remarks): RIL = Reduce impact logging; Σ = Jumlah(Sum); ḡ = Rata-rata (Mean); SD = Simpangan baku (Standard deviation); KK = Koefisien keragaman (Coefficient of variation).

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 terlihat bahwa produktivitas penyaradan rata-rata untuk petak PBL adalah lebih kecil dibandingkan dengan yang konvensional. Hasil analisis dengan uji-t mendapatkan t-hitung adalah 6,464** (t-tabel 99% = 2,878). Hal ini berarti produktivitas penyaradan antara kedua teknik penyaradan adalah berbeda sangat nyata. Dengan demikian apabila dilihat dari segi produktivitas penyaradan, ternyata teknik pemanenan konvensional adalah lebih baik daripada teknik PBL. Selain itu berdasarkan nilai koefisien keragamannya ternyata bahwa produktivitas kerja penyaradan teknik PBL lebih tinggi dibanding dengan produktivitas kerja penyaradan teknik konvensional, yaitu 20% dibanding 12,55%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi produktivitas kerja penyaradan teknik PBL lebih besar daripada variasi produktivitas kerja penyaradan teknik konvensional. Hal ini disebabkan kegiatan penyaradan pada PBL selalu mengacu pada rencana yang telah ditetapkan. Di samping itu operator traktor belum terbiasa melakukan ketentuan tersebut. Dengan latihan yang terus menerus serta adanya kesungguhan, maka produktivitas penyaradan pada PBL tersebut masih dapat ditingkatkan.

6. Biaya Produksi Penyaradan

Besarnya biaya produksi penyaradan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. Biaya penyusutan} &= \frac{\text{Rp } 99.814.000,00}{2.000} = \text{Rp } 49.907,00/\text{jam} \\ \text{b. Biaya bahan bakar} &= 0,14 \times 200 \times \text{Rp } 660,00 = \text{Rp } 18.480,00/\text{jam} \\ \text{c. Biaya oli/pelumas} &= 0,05 : 2.000 \times \text{Rp } 99.814.000,00 = \text{Rp } 2.495,35/\text{jam} \\ \text{d. Biaya pemeliharaan} &= 0,1 : 2.000 \times \text{Rp } 99.814.000,00 = \text{Rp } 4.990,70/\text{jam} \\ \text{e. Upah operator} &= \text{Rp } 6.000,00/\text{m}^3 \\ \text{f. Bunga dan asuransi} &= \left[\frac{(\text{Rp } 99.814.000,00 - 0)(10+1)}{(2 \times 10)} + 0 \right] \times 14\% : 2.000 \\ &= \text{Rp } 3.842,84/\text{jam} \end{aligned}$$

Untuk penyaradan PBL besarnya biaya produksi adalah :

$$\frac{\text{a} + \text{b} + \text{c} + \text{d} + \text{f}}{25,30} + (\text{e}) = \text{Rp } 9.150,83/\text{m}^3$$

Untuk penyaradan konvensional besarnya biaya produksi adalah sebagai berikut :

$$\frac{\text{a} + \text{b} + \text{c} + \text{d} + \text{f}}{39,84} + (\text{e}) = \text{Rp } 8.000,90/\text{m}^3$$

Dari hasil perhitungan biaya di atas, ternyata besarnya biaya produksi penyaradan untuk teknik PBL lebih besar daripada untuk konvensional. Adapun selisih besarnya biaya tersebut adalah $\text{Rp } 9.150,83 - \text{Rp } 8.000,90 = \text{Rp } 1.149,93/\text{m}^3$. Terjadinya selisih ini disebabkan produktivitas traktor sarad untuk teknik konvensional adalah lebih besar daripada teknik PBL. Dengan demikian karena asumsi komponen biaya dan pemakaian bahan untuk kedua teknik adalah sama besar maka yang menjadi adanya selisih besarnya biaya tersebut adalah faktor produktivitas. Apabila produktivitas penyaradan pada PBL dapat ditingkatkan, maka biaya penyaradan pada PBL tersebut dapat ditekan.

Dari paparan di muka dapatlah disimpulkan bahwa ditinjau dari segi kerusakan pohon yang terjadi, kerusakan tingkat tiang, keterbukaan lahan dan penurunan

lapisan tanah atas permukaan, maka teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional. Meskipun bila ditinjau dari segi produktivitas traktor sarad yang dihasilkan dan besarnya biaya produksi penyaradan, teknik konvensional relatif lebih baik daripada teknik PBL, akan tetapi melihat kelebihan-kelebihan yang tersebut di atas lebih banyak bila dibanding kekurangannya, maka seyogyanyalah menggunakan teknik PBL apabila kita akan melaksanakan kegiatan pemanenan kayu.

IV. KESIMPULAN

1. Tingkat kerusakan pohon rata-rata akibat kegiatan PBL adalah 14,1% dan untuk konvensional sebesar 19,7%. Dari segi kerusakan pohon ternyata teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional dengan terjadinya pengurangan tingkat kerusakan sebesar 5,6% (berbeda nyata pada taraf 95%).
2. Kerusakan tegakan tingkat tiang rata-rata untuk petak PBL adalah 10,6% dan untuk konvensional sebesar 18,5%. Dari segi kerusakan tegakan tingkat tiang ternyata teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional dengan terjadinya pengurangan tingkat kerusakan sebesar 7,9% (berbeda nyata pada taraf 95%).
3. Derajat keterbukaan lahan rata-rata untuk petak PBL adalah 15,375% dan untuk konvensional sebesar 20,75%. Dari segi terjadinya keterbukaan lahan ternyata teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional dengan terjadinya pengurangan derajat keterbukaan lahan sebesar 5,375% (nyata pada taraf 95%).
4. Penurunan lapisan tanah atas akibat kegiatan PBL untuk kelas kelerengan 0-15%; 15-25% dan >25% secara berurutan adalah sebagai berikut: 7,96 mm; 11,6 mm dan 16,48 mm per 100 m panjang jalan sarad. Untuk konvensional penurunan lapisan tanah tersebut berturut-turut adalah sebagai berikut: 9,64 mm; 13,48 mm dan 18,4 mm per 100 m panjang jalan sarad. Dari segi penurunan lapisan tanah atas ternyata teknik PBL adalah lebih baik daripada teknik konvensional dengan terjadinya pengurangan rata-rata kedalaman lapisan tanah atas untuk kelas kelerengan berturut-turut di atas sebesar 1,68 mm (berbeda sangat nyata pada taraf 99%); 1,88 mm dan 1,92 mm (berbeda nyata pada taraf 95%).
5. Produktivitas penyaradan rata-rata untuk petak PBL adalah 25,30 m³/jam dan untuk konvensional sebesar 39,84 m³/jam. Dari segi produktivitas penyaradan, teknik konvensional ternyata lebih baik daripada teknik PBL (sangat nyata pada taraf 99%) sedang besarnya biaya penyaradan untuk teknik PBL adalah sebesar Rp 9.150,83/m³ dan untuk teknik konvensional Rp 8.000,90/m³.
6. Berdasarkan pertimbangan lingkungan, sistem PBL disarankan untuk diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Pengusahaan Hutan. 1994. Petunjuk Teknis Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) pada hutan alam daratan. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Idris, M.M., dan S. Suhartana. 1997. Pembalakan ramah lingkungan untuk minimasi kerusakan tegakan tinggal : Kasus di suatu perusahaan hutan di Kalimantan Timur. Buletin Penelitian Hasil Hutan 15 (3) : 212-222.
- NRMP. 1997. Reducing logging waste and related impact on an operational logging trial evolution of the harvested stand. National Resource Management Project, Jakarta.
- Steel, R.G.D. and J.H.Torrie. 1976. Principles and procedure of statistic. Mc. Graw-Hill Book Co., New York.
- Suhartana, S. 1997. Penyaradan yang direncanakan untuk minimasi kerusakan tegakan tinggal : kasus di dua perusahaan hutan di Kalimantan Timur. Buletin Penelitian Hasil Hutan 15 (1) : 60-67.
- Thaib, J. 1985. Pengaruh intensitas penebangan dan lereng terhadap keterbukaan tanah, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 2(4):28-32.

Lampiran 1. Kedalaman penurunan lapisan tanah atas akibat penyaradan PBL dan konvensional.

Appendix 1. The depth of top soil displacement caused by RIL and conventional skidding system

A	B	Kedalaman lapisan tanah atas (<i>Depth of top soil</i>)			Jumlah (Sum)
		B1	B2	B3	
A1.	1.	6	8	12	26
	2.	7	7	13	27
	3.	8	10	14	32
	4.	9	10	15	34
	5.	10	10	20	40
	6.	10	9	19	38
	7.	9	11	18	38
	8.	9	10	17	36
	9.	8	14	16	38
	10.	7	12	16	35
	11.	7	11	17	35
	12.	6	10	18	34
	13.	8	16	19	43
	14.	8	18	20	46
	15.	6	10	15	31
	16.	10	11	15	36
	17.	9	15	14	38
	18.	8	17	13	38
	19.	7	16	12	35
	20.	8	12	16	36
	21.	9	13	17	39
	22.	7	10	18	35
	23.	7	8	19	34
	24.	10	12	20	42
	25.	6	10	19	35
Jumlah (Sum)		199	290	412	901
Rata-rata (Mean)		7,96	11,6	16,48	36,04
SD		1,34	2,915	2,535	
KK (%)		16,83	25,13	15,38	
A2.	1.	9	19	19	47
	2.	6	18	20	44
	3.	9	7	18	34
	4.	8	8	18	34
	5.	8	17	17	42
	6.	9	16	21	46
	7.	10	9	16	35
	8.	10	10	23	43
	9.	14	15	20	49
	10.	12	14	18	44
	11.	12	11	24	47
	12.	6	12	18	36
	13.	10	13	25	48
	14.	11	14	19	44
	15.	11	15	23	49
	16.	10	16	27	53
	17.	9	17	13	39
	18.	13	18	13	44
	19.	8	10	15	33
	20.	12	9	14	35
	21.	7	18	15	40
	22.	9	12	16	37
	23.	8	13	14	35
	24.	12	11	15	38
	25.	8	15	19	42
Jumlah (Sum)		241	337	460	1.038
Rata-rata (Mean)		9,64	13,48	18,40	41,52
SD		2,10	3,48	3,82	
KK (%)		21,78	25,79	20,75	

Keterangan (Remarks): A = Perlakuan (*Treatment*); A1= PBL (*RIL*); A2= Konvensional (*Conventional*); B= Kelas lereng (*Slope*); B1= 0-15%, B2= 15-25%; B3= >25%; SD= Simpangan baku (*Standard deviation*); KK= Koefisien keragaman (*Coefficient of variation*); RIL = (*Reduce impact logging*).