



**TEKNIK PENYARADAN RIL GUNA MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS SERTA
MEMINIMALKAN BIAYA PRODUKSI DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN
(STUDI KASUS DI PT INHUTANI II MALINAU)**

***(RIL Skidding Techniques to Improve Productivity and Minimize Production Cost
and Environmental Damage (A Case Study at PT Inhutani II Malinau))***

Sona Suhartana dan Yuniawati*

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610. Jawa Barat, Indonesia

Article Info

Article History:

Received 29 January
2019; received in
revised form 24 July
2019; accepted 29 July
2019.

Available online since
30 August 2019

Kata Kunci:

RIL,
produktivitas
penyaradan,
biaya produksi,
kerusakan tegakan
tinggal,
kerusakan tanah

Keywords:

RIL,
skidding productivity,
production cost,
residual stand damage,
soil destruction

ABSTRAK

Teknik penyaradan konvensional yang diterapkan di hutan alam seringkali menghasilkan produktivitas rendah, biaya penyaradan tinggi, kerusakan tegakan tinggal dan kerusakan tanah. Teknik penyaradan RIL dengan performa yang lebih baik dan lebih ramah lingkungan harus diperkenalkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik penyaradan RIL terhadap, produktivitas penyaradan, biaya produksi penyaradan dan kerusakan lingkungan berupa tegakan tinggal dan tanah di hutan alam. Penelitian dilaksanakan pada bulan November-Desember 2015 di areal hutan produksi alam PT. Inhutani II, Kalimantan Utara. Data lapangan berupa produktivitas, biaya penyaradan, kerusakan tegakan tinggal dan tanah diolah ke dalam bentuk tabulasi untuk dihitung rata-ratanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan penyaradan teknik RIL diperoleh: 1). Rata-rata produktivitas penyaradan adalah 15,070 m³/jam; 2). Rata-rata biaya produksi penyaradan adalah Rp 48.883,45/m³; 3). Terdapat hubungan yang nyata antara volume kayu disarad dan waktu sarad terhadap rata-rata produktivitas, dengan koefisien determinasi sebesar 96,4%; 4). Rata-rata kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan adalah 17,10% meliputi kerusakan tajuk (12,5%), kerusakan cabang (patah/pecah) (37,5%), kerusakan batang (luka) (12,5%) dan pohon yang roboh/miring (37,5%); 5). Rata-rata kedalaman tanah dan volume tanah akibat penggeseran lapisan tanah atas, masing-masing sebesar 0,047m dan 3,726 m³/m; dan 6) Penggunaan jalur *matting* dapat mengurangi terjadinya kerusakan tanah pada saat penyaradan.

ABSTRACT

Conventional skidding techniques applied in natural forests often bring low productivity, high skidding cost, residual stands damage, and soil damage. RIL's (Reduced Impact Logging) skidding techniques with better performance and more environmentally friendly should be introduced. This study aims to determine the effect of RIL's skidding techniques on skidding productivity, skidding production-cost, and environmental damages that comprised residual stands and soil inside natural forests. This research was conducted in November-December 2015 at the site of natural production forest administered by PT. Inhutani II (Indonesia's State Forest Company), in North Kalimantan. The acquired field data, which consisted of productivity, skidding cost, and damages of residual stands and of soil, were each processed into tabulation forms and then calculated for their averages. The results showed that applying RIL techniques could obtain: 1) The average skidding productivity reached 15.070 m³/hour; 2) The average skidding-production cost was IDR 48,883.45/m³; 3) The skidded-timber volume and skidding duration correlated with the average of skidding productivity, with coefficient of determination of 96.4%; 4) The average damage on residual stand due to skidding was 17.10% including canopy damage (12.5%), broken stems (37.5%), stem injury (12.5%), and leaning trees (37.5%), 5). Average soil depth and soil volume due to the topsoil displacement were 0.047 m and 3.726 m³/m; and 6) the use of matting strips can reduce the occurrence of soil damage during skidding.

* Corresponding author. Tel: +62 2518633378 Fax: +62 2518633413
E-mail address: yunia_las@yahoo.co.id (Yuniawati)

I. PENDAHULUAN

Penyaradan merupakan salah satu rangkaian kegiatan pemanenan kayu yang berperan penting dalam pemindahan kayu bulat dari tunggak ke Tempat Pengumpulan Kayu (TPn) atau tepi jalan angkutan. Kegiatan penyaradan berlangsung di petak tebang (Elias, 2015). Penyaradan merupakan pengangkutan kayu jarak pendek/dekat, sering disebut kegiatan angkutan minor (*minor transportation*). Penyaradan akan mempermudah kegiatan pengangkutan apabila dilakukan dengan teknik yang tepat. Penyaradan menggunakan alat sarad dengan kayu yang disarad menghendaki areal operasional yang tidak mengganggu tumpukan kayu yang ditebang sekitar petak tebang (Suhartana & Yuniawati, 2015).

Beberapa kerugian yang akan dialami oleh perusahaan apabila pelaksanaan penyaradan tidak mengikuti standar prosedur operasional, yaitu: 1) rendahnya produktivitas yang disebabkan oleh: tidak adanya jalan sarad, tidak adanya pengaturan letak TPn di petak tebang, dan tidak adanya jalur pada jalan sarad sehingga alat sarad sering selip; dan 2). tingginya biaya produksi akibat rendahnya produktivitas, (Suhartana & Yuniawati, 2015). Hal ini berbeda dengan penyaradan terkendali yang dilakukan secara sistematis, efisien, dan hanya menyebabkan kerusakan minimal pada tanah dan tegakan sekitarnya (Elias, 2016).

Pelaksanaan penyaradan merupakan salah satu faktor penting dalam pengelolaan hutan produksi. Produktivitas penyaradan harus bernilai tinggi karena sangat mempengaruhi rata-rata biaya produksi penyaradan. Rata-rata produktivitas penyaradan kayu dengan traktor Catterpillar D7G pada petak pemanenan kayu konvensional sebesar 21,78 m³/jam dan pada petak pemanenan kayu RIL rata-rata sebesar 26,79 m³/jam dengan biaya total masing-masing sebesar Rp 10.597,19/m³ dan Rp 8.695,39/m³ (Muhi, 2015). Rata-rata produktivitas dan biaya penyaradan dengan menggunakan traktor Massey Ferguson masing-masing sebesar 9,910 m³/jam dan Rp 22,98 USD/m³ dengan rata-rata jarak 295 m (Ozturk, 2014).

Penggunaan alat sarad seperti traktor di hutan alam sering menimbulkan kerusakan tegakan tinggal. Akibat manuver alat sarad, banyak tegakan tinggal yang tergerus sehingga dapat mengurangi produksi kayu pada rotasi berikutnya. Oleh karena itu, penyaradan di hutan alam seharusnya tidak hanya memperhatikan produktivitas akan tetapi juga meminimalkan kerusakan tegakan tinggal.

Selain kerusakan tegakan tinggal, penyaradan dengan menggunakan alat berat juga dapat menimbulkan kerusakan tanah. Beberapa

bentuk kerusakan tanah yang terjadi akibat penyaradan adalah: pergeseran lapisan tanah atas, pemadatan tanah, dan erosi. Ketiga bentuk kerusakan tersebut apabila tidak diantisipasi sejak dini dapat menurunkan kualitas tanah sehingga dapat berakibat pada menurunnya produktivitas hutan. Mekanisme penggeseran lapisan tanah atas yang terjadi diawali pada saat cara berputar atau berbeloknya traktor sarad dengan keadaan salah satu telapak traktor dihentikan, sementara telapak lain dipercepat perputarannya, mengakibatkan permukaan tanah di bawah telapak yang dihentikan akan disobek dan digeser dari tempat semula (Suhartana *et al.*, 2011). Pergeseran lapisan tanah atas dapat mengakibatkan hilangnya lapisan tanah sehingga beberapa unsur hara yang dibutuhkan untuk kesuburan tanah menjadi hilang, bahkan terkadang karena penyaradan tersebut sering menimbulkan erosi tanah.

Lalu lintas alat sarad juga dapat menyebabkan pemadatan tanah pada 52% area plot (Missanjo & Thole, 2014). Pemadatan tanah terjadi pada jalur (*track*) alat sarad, dimana kepadatan tanah, porositas tanah dan kadar air sangat dipengaruhi oleh frekuensi lalu lintas alat sarad dan kemiringan jalan sarad (Solgi & Najafi, 2014). Permukaan tanah 0-10 cm pada area penyaradan terjadi pemadatan tanah. Bertolak dari latar belakang tersebut maka tulisan ini bertujuan untuk mengetahui produktivitas penyaradan, biaya produksi penyaradan, dan kerusakan lingkungan berupa tegakan tinggal dan tanah di hutan alam dengan teknik RIL.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu, Lokasi dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di areal hutan produksi alam PT Inhutani II areal kerja Unit Sei Tubu, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Utara pada bulan Nopember-Desember 2015. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah cat, kuas dan tali plastik. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah *chainsaw*, traktor caterpillar Komatsu D855-ESS, meteran, kompas, alat tulis menulis, dan komputer.

B. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan melalui mengumpulkan data primer dan data sekunder dengan prosedur sebagai berikut:

- 1). Pengukuran produktivitas penyaradan dilakukan sebagai berikut:
 - Menentukan secara purposif 1 petak tebang yang segera akan dilakukan penebangan dan penyaradan.
 - Melaksanakan penyaradan dengan ulangan 60 rit.

- Mencatat waktu kerja penyaradan dan volume kayu yang disarad.
- 2). Pengukuran kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan dilakukan dengan menghitung jumlah dan jenis kerusakan pada 10 buah plot contoh penelitian (PCP) dengan ukuran plot 100 m x 100 m.
- 3). Pengukuran pergeseran lapisan tanah atas dilakukan dengan mengukur kedalaman lapisan tanah atas yang tergeser. Pengukuran dilakukan pada 3 titik pengamatan setiap 20 m sepanjang jalan sarad (100 m). Terdapat 3 jalan sarad sehingga total pengamatan= 3 titik x 6 x 3 jalan sarad = 54 titik pengukuran. Gambar titik-titik sampel pengukuran disajikan pada Lampiran 1.

C. Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif (tabulasi data dan perhitungan nilai rata-rata (*mean*) dari setiap aspek yang diukur/diamati). Hasil olahan yang diperoleh meliputi produktivitas penyaradan, biaya produksi penyaradan, kerusakan tegakan tinggal, dan kerusakan tanah.

- 1. Volume kayu dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$V = 1/4 \pi D^2 \times L \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- V = Volume kayu (m³)
- D = Diameter rata-rata (pangkal dan ujung) (m)
- π = Konstanta (3,14)
- L = Panjang kayu (m)

- 2. Produktivitas penyaradan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Ps = V / t \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- Ps = Produktivitas penyaradan (m³/jam)
- V = Volume kayu (m³)
- t = Waktu sarad (jam)

- 3. Biaya produksi penyaradan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Bs = (Bm/Ps) + U \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- Bm= Biaya mesin (Rp/jam) rumus FAO (1992)
- Ps = Produktivitas penyaradan (m³/jam)
- U = Upah (Rp/m³)
- t = Waktu sarad (jam)

- 4. Kerusakan tegakan tinggal dihitung dengan menggunakan persamaan Thaib & Suhartana (1991):

$$KP = \frac{RP}{P - Pt} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- KP = Tingkat kerusakan tegakan tinggal (%)
- RP = Jumlah pohon yang rusak (ph/ha)
- P = Jumlah pohon berdiameter > 20 cm sebelum penebangan/penyaradan (ph/ha)
- pt = Jumlah pohon ditebang dan disarad (ph/ha)

- 5. Volume pergeseran lapisan tanah atas dihitung dengan menggunakan persamaan Suhartana *et al.* (2011):

$$Vp = d \times l \times p \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- Vp = Volume pergeseran (m³/m)
- d = Kedalaman tanah tergeser (mm)
- l = Lebar jalan sarad (m)
- P = Panjang rata-rata jalan sarad (m)

- 6. Pengaruh volume kayu yang disarad dan waktu sarad terhadap produktivitas penyaradan dilakukan dengan analisis regresi linier berganda menggunakan software SPSS 18.

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

Keterangan:

- Y = Rata-rata produktivitas penyaradan (m³/jam)
- a = Konstanta regresi
- b = Kemiringan garis regresi
- X₁ = Volume kayu disarad (m³)
- X₂ = Waktu sarad (jam)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Produktivitas Penyaradan

Rata-rata produktivitas penyaradan kayu di PT Inhutani II menggunakan traktor Caterpillar Komatsu D855-ESS disajikan pada Tabel 1. Rata-rata produktivitas penyaradan sebesar 15,070 m³/jam dengan rata-rata volume kayu yang disarad sebesar 6,735 m³ dalam waktu rata-rata 26,08 menit.

Siswanto (2010) menyebutkan bahwa rata-rata produktivitas penyaradan RIL di IUPHHK-HA PT Gunung Gajah Abadi Base Camp Sei Seleq Kalimantan Timur menggunakan traktor D7G Caterpillar menghasilkan rata-rata produktivitas pada petak tebang 8118 dan 8120 masing-masing sebesar 11,414 m³/jam dan 8,027 m³/jam. Hasil penelitian Gilanipoor *et al.* (2012) menyebutkan bahwa rata-rata produktivitas penyaradan di hutan alam Iran sebesar 2,60 m³/jam dengan rata-rata volume kayu yang disarad adalah 1,76 m³.

Tabel 1. Produktivitas penyaradan teknik RIL di PT. Inhutani II (n = 60 pohon)

Table 1. RIL Skidding technique productivity at PT. Inhutani II (n = 60 trees)

No. Pohon (Tree number)	Volume kayu disarad (m ³) (Volume of the skidded timber, m ³) X ₁	Waktu sarad (menit) (Skidding duration, minute) X ₂	Produktivitas penyaradan (m ³ /jam) (Skidding Productivity, m ³ /hour) Y
1	9,464	30,5	18,617
2	11,462	30,1	22,848
3	9,125	30,0	18,250
4	2,703	18,5	8,765
5	4,008	20,0	12,025
6	4,963	21,0	14,180
7	9,625	30,2	19,124
8	12,140	31,1	23,422
9	5,440	25,0	13,057
10	4,338	20,5	12,696
11	9,585	20,3	28,330
12	7,544	33,5	13,511
13	4,447	22,7	11,753
14	11,965	31,5	22,790
15	4,753	21,5	13,265
16	2,508	17,0	8,852
17	4,780	20,0	14,341
18	6,243	25,0	14,982
19	4,667	23,0	12,174
20	6,325	27,0	14,055
21	15,116	35,1	25,839
22	7,530	28,0	16,135
23	3,492	19,0	11,029
24	11,588	32,0	21,728
25	2,798	19,0	8,836
26	7,424	29,5	15,100
27	3,961	18,6	12,778
28	7,478	26,0	17,256
29	3,832	19,1	12,039
30	2,453	15,5	9,496
31	7,823	31,0	15,141
32	3,003	20,0	9,009
33	6,251	28,0	13,395
34	9,975	30,0	19,950
35	10,029	30,1	19,991
36	3,870	20,1	11,552
37	4,089	20,2	12,147
38	6,878	29,0	14,230
39	5,777	37,0	9,367
40	3,609	29,0	7,466
41	3,752	22,8	9,873
42	7,148	22,5	19,061
43	10,401	37,5	16,641
44	3,453	25,0	8,288
45	13,680	30,0	27,359
46	9,182	26,2	21,027
47	9,530	25,5	22,423
48	9,327	25,8	21,691
49	10,457	33,8	18,562
50	4,749	31,2	9,132
51	3,571	19,5	10,987
52	7,849	32,1	14,670
53	7,189	30,5	14,142
54	7,078	33,2	12,792
55	7,063	28,1	15,070
56	5,444	30,2	10,827
57	5,815	25,0	13,955
58	3,956	20,5	11,580
59	7,219	30,1	14,390
60	4,171	20,5	12,208
Jumlah	404,093	1564,59	904,201
Rata-rata	6,735	26,08	15,070

116 Keterangan: n = jumlah sampel pohon

Remarks: n = number of selected sample trees

Rata-rata produktivitas penyaradan pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan kedua penelitian di atas. Tingginya rata-rata produktivitas penyaradan karena besarnya rata-rata volume kayu yang disarad. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingginya rata-rata produktivitas penyaradan yaitu waktu sarad yang cepat, volume kayu yang tinggi, kondisi topografi yang datar atau landai, jenis dan umur alat serta kondisi cuaca tidak hujan sehingga penyaradan dapat dilakukan dengan lancar tanpa hambatan, dan keterampilan operator sarad.

Untuk mengetahui seberapa besar volume kayu dan waktu sarad secara bersama-sama dapat menjelaskan keragaman rata-rata produktivitas penyaradan dilakukan analisis regresi linier berganda yang disajikan pada Lampiran 2. Lampiran 2 menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi ($R^2_{adjusted}$) sebagai koreksi dari R^2 pada model kedua adalah sebesar 0,964 menunjukkan variabel volume kayu disarad dan waktu sarad secara bersama-sama dapat menjelaskan 96,4% keragaman produktivitas penyaradan kayu di PT Inhutani II dan hanya sebesar 3,6% dijelaskan yang oleh peubah lain. Pada Tabel Anova menunjukkan nilai probabilitas pada variabel volume kayu dan waktu sarad sebesar 0,000 ($0,000 < 0,05$) dapat disimpulkan bahwa model persamaan $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$ yang diajukan dapat diterima (Lampiran 3). Pada kolom koefisien menunjukkan bahwa t-hitung untuk peubah volume kayu yang disarad yaitu 36,256 dengan nilai probabilitas 0,000 ($0,000 < 0,05$) dan t-hitung untuk waktu sarad kayu yaitu -14,564 dengan nilai probabilitas 0,000 ($0,000 < 0,05$) yang bermakna bahwa baik volume sarad maupun waktu sarad kayu keduanya memiliki hubungan yang sangat nyata dengan produktivitas penyaradan (Lampiran 4). Dari serangkaian hasil analisis regresi linier berganda tersebut maka persamaan yang menggambarkan hubungan antara volume kayu dan waktu sarad dengan produktivitas penyaradan adalah: $Y = 13,070 + 2,121X_1 - 28,262X_2$. Dapat dikatakan bahwa semakin lama waktu sarad maka produktivitas penyaradan semakin menurun dan semakin besar volume kayu maka semakin meningkat produktivitas penyaradan.

Muhdi, *et al.* (2006) mengemukakan bahwa besarnya pengaruh variabel volume kayu, jarak sarad dan kemiringan jalan adalah sebesar 73,3% terhadap produktivitas penyaradan, sedangkan 26,7% lain dipengaruhi oleh variabel keterampilan operator dan helper, waktu kerja, kerapatan tegakan, kondisi tanah, cuaca, dan sebagainya. Hasil penelitian Idris & Soenarno (2015) di empat IUPHHK-HA Kalimantan menunjukkan bahwa produktivitas penyaradan dipengaruhi oleh jarak sarad (X_1), Umur traktor

(X_2) dan volume kayu yang disarad (X_3), hal tersebut dibuktikan dengan persamaan regresi yang dihasilkan yaitu $Y = 13,689 - 0,071 X_1 + 3,283X_3$. Semakin tua umur traktor dan semakin panjang jarak sarad maka produktivitas penyaradan semakin menurun sebaliknya semakin besar volume kayu yang disarad maka semakin meningkat produktivitas penyaradan.

B. Biaya Produksi Penyaradan

Hasil perhitungan komponen biaya penyaradan dan rata-rata biaya produksi penyaradan disajikan pada Tabel 2 dan 3. Biaya penyaradan per m^3 dapat dihitung melalui biaya kepemilikan dan pengoperasian alat sebagai berikut: (1) Harga traktor Komatsu D855-ESS = Rp 1 milyar/unit; (2) umur pakai alat = 1 tahun = 10.000 jam; (3) Asuransi = 3%/tahun; (4) Bunga bank = 12%/tahun; (5) Pajak = 2%/tahun; (6) Harga solar = Rp8.500/liter; (7) Upah operator dan pembantu = Rp12.000/ m^3 ; (8) Jam kerja/hari = 8 jam; (9) Besar daya 200 HP. Dari data biaya tersebut dengan menggunakan rumus (FAO, 1992) dapat dihitung komponen biaya yang disajikan pada Tabel 2. Besarnya masing-masing biaya produksi penyaradan dengan cara membagi total biaya usaha dengan produktivitas masing-masing ditambah biaya upah dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata biaya produksi penyaradan sebesar Rp48.883,45/ m^3 dengan biaya mesin Rp501.960/jam dan rata-rata produktivitas penyaradan sebesar 15,070 m^3 /jam. Rata-rata biaya produksi penyaradan selain dipengaruhi oleh faktor produktivitas juga dipengaruhi oleh jenis alat sarad yang digunakan. Menurut Muhdi (2015) penggunaan jenis traktor penyaradan memerlukan investasi yang besar.

Tingginya nilai investasi pada kegiatan penyaradan berpengaruh terhadap tingginya biaya produksi penyaradan maka penerapan RIL untuk penyaradan harus dilaksanakan sebaik

Tabel 2. Komponen biaya penyaradan teknik RIL di PT. Inhutani II

Table 2. Cost components for timber skidding of RIL technique at PT. Inhutani II

Komponen biaya (Cost component)	Jumlah (Mount) (Rp/jam) (IDR/hour)
Biaya penyusutan (Depreciation expenses)	90.000
Biaya asuransi (Insurance expenses)	18.000
Biaya bunga (Interest expenses)	90.000
Biaya pajak (Tax expenses)	12.000
Biaya bahan bakar (Fuel expenses)	183.600
Biaya oli/pelumas (Oil expenses)	18.360
Biaya perbaikan/pemeliharaan (maintenance expenses)	90.000
Biaya mesin (Machine expenses)	501.960
Biaya upah (Wages expenses)	Rp 12.000/ m^3

Tabel 3. Biaya produksi penyaradan teknik RIL di PT. Inhutani II (n=60)

Table 3. Production cost for timber skidding of RIL technique at PT. Inhutani II (n = 60 trees)

No Pohon (Trees number)	Biaya Mesin (Rp/jam) (Machine expenses, IDR/hour)	Produktivitas (m ³ /jam) (Productivity, m ³ /hour)	Upah (Rp/m ³) (Salary, IDR/m ³)	Biaya penyaradan (Rp/jam) (Skidding expenses, IDR/hour)
1	501.960,00	18,617	12.000	38.962,11
2	501.960,00	22,848	12.000	33.969,20
3	501.960,00	18,250	12.000	39.505,29
4	501.960,00	8,765	12.000	69.266,86
5	501.960,00	12,025	12.000	53.744,01
6	501.960,00	14,180	12.000	47.399,39
7	501.960,00	19,124	12.000	38.248,33
8	501.960,00	23,422	12.000	33.431,52
9	501.960,00	13,057	12.000	50.443,22
10	501.960,00	12,696	12.000	51.535,86
11	501.960,00	28,330	12.000	29.718,20
12	501.960,00	13,511	12.000	49.150,92
13	501.960,00	11,753	12.000	54.709,07
14	501.960,00	22,790	12.000	34.025,23
15	501.960,00	13,265	12.000	49.840,61
16	501.960,00	8,852	12.000	68.702,80
17	501.960,00	14,341	12.000	47.002,74
18	501.960,00	14,982	12.000	45.503,49
19	501.960,00	12,174	12.000	53.231,84
20	501.960,00	14,055	12.000	47.713,70
21	501.960,00	25,839	12.000	31.426,09
22	501.960,00	16,135	12.000	43.109,14
23	501.960,00	11,029	12.000	57.514,18
24	501.960,00	21,728	12.000	35.101,79
25	501.960,00	8,836	12.000	68.810,36
26	501.960,00	15,100	12.000	45.241,94
27	501.960,00	12,778	12.000	51.283,84
28	501.960,00	17,256	12.000	41.089,03
29	501.960,00	12,039	12.000	53.696,01
30	501.960,00	9,496	12.000	64.860,33
31	501.960,00	15,141	12.000	45.151,82
32	501.960,00	9,009	12.000	67.719,11
33	501.960,00	13,395	12.000	49.474,24
34	501.960,00	19,950	12.000	37.160,52
35	501.960,00	19,991	12.000	37.109,23
36	501.960,00	11,552	12.000	55.452,52
37	501.960,00	12,147	12.000	53.324,91
38	501.960,00	14,230	12.000	47.274,66
39	501.960,00	9,367	12.000	65.585,33
40	501.960,00	7,466	12.000	79.233,67
41	501.960,00	9,873	12.000	62.841,15
42	501.960,00	19,061	12.000	38.334,86
43	501.960,00	16,641	12.000	42.163,15
44	501.960,00	8,288	12.000	72.563,72
45	501.960,00	27,359	12.000	30.347,07
46	501.960,00	21,027	12.000	35.872,47
47	501.960,00	22,423	12.000	34.386,09
48	501.960,00	21,691	12.000	35.141,77
49	501.960,00	18,562	12.000	39.042,14
50	501.960,00	9,132	12.000	66.967,36
51	501.960,00	10,987	12.000	57.688,31
52	501.960,00	14,670	12.000	46.216,51
53	501.960,00	14,142	12.000	47.493,14
54	501.960,00	12,792	12.000	51.239,92
55	501.960,00	15,070	12.000	45.307,98
56	501.960,00	10,827	12.000	58.360,45
57	501.960,00	13,955	12.000	47.968,94
58	501.960,00	11,580	12.000	55.348,25
59	501.960,00	14,390	12.000	46.883,15
60	501.960,00	12,208	12.000	53.117,53
Jumlah (sum)	301.176,00	904,201	720.000	2.933.007,07
Rata-rata (Average)	501.960	15,070	12.000	48.883,45

mungkin. Pada teknik RIL telah dibuat ketentuan untuk meningkatkan produktivitas penyaradan dan meminimalkan biaya produksi sarad yaitu

pembuatan jalan sarad sependek mungkin dengan arah pohon yang ditebang sehingga mempercepat waktu sarad. Jalur sarad dibuat seminimal

mungkin tidak merusak tegakan tinggal dan kerusakan tanah, menghindari terjadinya manuver yang berlebihan pada alat sarad, peningkatan keterampilan kerja operator dan pemeliharaan alat sarad.

C. Kerusakan Tegakan Tinggal

Penyaradan tidak terlepas dari penggunaan alat mekanis berupa traktor atau skidder. Penggunaan alat tersebut di satu sisi mempercepat proses produksi penyaradan tetapi di sisi lain terjadinya kerusakan tegakan tinggal tidak dapat dihindari.

Rata-rata kerusakan tegakan tinggal yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 1. Rata-rata jumlah batang per plot yang disarad sebanyak 6 batang dapat mengakibatkan kerusakan tegakan tinggal rata-rata 8 pohon (17,10%) berupa: kerusakan pada tajuk 1 pohon (12,5%), patah/pecah 3 pohon (37,5%), luka batang 1 pohon (12,5%) dan roboh/miring 3 pohon (37,5%). Bentuk kerusakan yang dominan terjadi akibat penyaradan adalah patah/pecah dan roboh/miring (37,5%). Hal tersebut disebabkan manuver traktor saat mencari pohon yang sudah rebah mengenai tegakan sekitarnya.

Kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan dengan teknik RIL tersebut tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan teknik konvensional. Hal ini dibuktikan dari hasil penelitian Stańczykiewicz *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa penggunaan skidder pada penyaradan menimbulkan kerusakan tegakan tinggal berkisar 55,6%-65,9% (rata-rata 61,3%) didominasi bentuk kerusakan berupa batang dan cabang patah serta kerusakan semai. Dengan demikian, penggunaan teknik RIL pada penyaradan dapat meminimalkan kerusakan

tegakan tinggal sebesar 61,3% - 17,10% = 44,2%.

Kerusakan tegakan tinggal penelitian ini lebih tinggi daripada hasil penelitian Stańczykiewicz *et al.* (2012) dan Naghdi *et al.* (2009) yang menyebutkan bahwa pemanenan kayu di hutan alam menggunakan skidder mengakibatkan kerusakan tegakan masing-masing dengan kisaran 7,5%-32% dan 35%. Tingginya rata-rata kerusakan tegakan pada penelitian ini disebabkan karena keterampilan operator alat sarad pada penelitian ini masih rendah, hal ini dibuktikan dengan terlalu sering melakukan manuver yang tidak perlu untuk menuju kayu yang telah ditebang. Manuver tersebut mengakibatkan banyak tegakan tinggal yang tergerus.

D. Kedalaman Penggeseran Lapisan Tanah Atas Akibat Penyaradan

Rata-rata kedalaman tanah yang terjadi akibat penyaradan menggunakan traktor Komatsu D D855-ESS adalah 0,047 m dengan volume lapisan tanah atas yang tergeser sebanyak 3,726 m³/m (Tabel 5). Kerusakan tanah di hutan alam akibat penyaradan dapat berupa pemadatan tanah oleh penggunaan HSM 904Z 6WD skidder sebesar 15-30 gr/cm³ (Bembenek *et al.*, 2011) dan volume limpasan air pada jalan sarad berkisar 148-189 m³/ha/bulan mengakibatkan terjadinya erosi sebesar 10-13 ton ha/bulan (Elias, 2015).

Kerusakan tanah akibat penyaradan dapat diminimalkan dengan memberikan sisa-sisa potongan kayu kecil/ranting sepanjang jalan sarad/jalur *matting*. Hal tersebut pernah dilakukan penelitian oleh Suhartana *et al.* (2011) pada hutan tanaman, menunjukkan bahwa penggunaan Teknik Setempat dapat menyebabkan rata-rata kedalaman penggeseran lapisan tanah atas (8,9 mm) lebih besar daripada

Tabel 4. Kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan teknik RIL

Table 4. Damages of residual stands due to the skidding work RIL technique

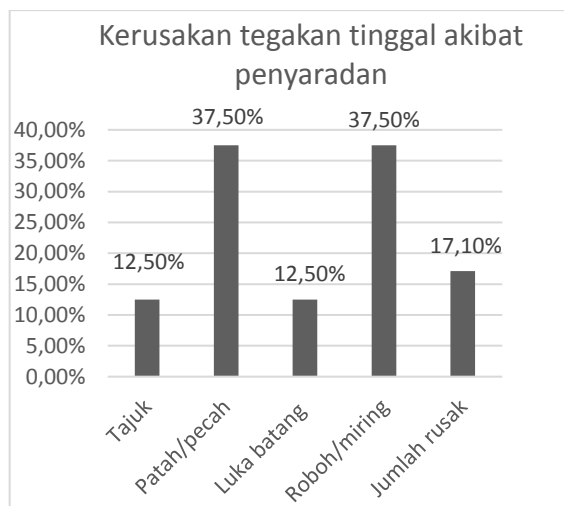
No.	N 20 cm up* Phn/ha (trees/ha)	Disarad (batang) (Skidded, logs)	Kerusakan tegakan (Residual stands damaged)				Jumlah (Number)	
			Tajuk (phn)(Can opy, trees)	Patah/ pecah (phn) (Broken trees)	Luka batang (phn) (Stem injured, trees)	Roboh/miring (phn) (Leaning, trees)	(phn) (trees)	(%)
Plot 1	49	3	1	1	1	1	4	8,69
Plot 2	57	8	1	0	3	10	14	28,57
Plot 3	55	7	1	4	2	4	11	22,92
Plot 4	55	7	1	3	2	3	9	18,75
Plot 5	53	6	1	4	0	1	6	12,77
Plot 6	57	7	2	2	3	0	7	14,00
Plot 7	49	5	1	4	2	0	7	15,91
Plot 8	57	8	2	4	1	4	11	22,45
Plot 9	50	6	1	5	0	1	7	15,91
Plot 10	49	3	1	1	0	3	5	10,87
Rata-rata (Average)	53,1	6	1	3	1	3	8	17,10

Keterangan: Jumlah pohon berdiri dengan diameter (Ø) sama atau lebih dari 20 cm

Remarks: Number of tree stands with their diameter (Ø) equal to or greater than 20 cm

Teknik Sesuai Prosedur menggunakan jalur *matting* (1,4 mm). Hasil penelitian Suhartana *et al.* (2000) di hutan alam Kalteng menunjukkan bahwa penggeseran lapisan tanah atas akibat penyaradan teknik RIL (menggunakan jalur *matting*) untuk kelerengan 0-15%; 15-25% dan > 25% berturut-turut 8,1 mm; 11,7 mm dan 16,8 mm, per 100 m panjang jalan sarad. Untuk teknik konvensional sebagai berikut: 9,7 mm; 12,84 mm dan 18,7 mm per 100 m-panjang jalan sarad. Teknik RIL bisa menekan 1,6 mm pada kelerengan 0-15%, sangat berbeda nyata ($p=0,99$). Jalur *matting* adalah jalur yang dibuat khusus untuk alat sarad yang telah ditimbun ranting dan daun bekas tebangan sehingga memperkecil gerakan telapak kaki alat sarad untuk mengeruk lapisan tanah atas sehingga erosi juga dapat dihindari.

Rata-rata kedalaman penggeseran *top soil* pada penelitian ini lebih besar daripada hasil penelitian sebelumnya. Hal ini disebabkan keterampilan operator sarad mempengaruhi kedalaman penggeseran lapisan *top soil*. Jalur sarad yang telah diberi tumpukan ranting atau daun-daun sebagai jalur *matting* tidak akan memiliki fungsi yang maksimal jika gerakan traktor sering melakukan manuver tidak perlu. Hasil pengamatan di lapangan, jalur sarad belum dibuat sesuai ketentuan pedoman *Reduced Impact Logging* (RIL) sehingga traktor harus membuat



Keterangan: Tajuk, Patah/pecah, Luka batang, Roboh/miring, Jumlah rusak
Remarks: Canopy, rupture/broken, Stem injured, Leaning, number of residual stands damaged

Gambar 1. Grafik kerusakan tegakan tinggal akibat penyaradan

Figure 1. Chart illustrating the damages of residual stands due to skidding work

jalur sarad terlebih dahulu sebelum menyarad kayu sehingga penggeseran lapisan tanah atas menjadi lebih besar.

Tabel 5. Kedalaman dan volume penggeseran lapisan tanah atas akibat penyaradan teknik RIL
Table 5. Depth and volume of the shearing at upper soil-layer due to skidding work of RIL technique

No plot	Jumlah titik (Point number*)	Titik 1 (cm) (Point 1, cm)	Titik 2 (cm) (Point 2, cm)	Titik 3 (cm) (Point 3, cm)	Kedalaman rata-rata setiap titik (m) (Average depth at each point, m)	Panjang jalan sarad (m) (Length of skidding road, m)	Lebar jalan sarad (m) (Width of skidding road, m)	Volume tanah tergeser (m ³ /m) (Volume of the top soil displacement, m ³ /m)
1	1	4	5	4,2	0,044	20	4	3,520
	2	3,9	5	4,1	0,043	20	4	3,467
	3	4,1	5,1	4,2	0,044	20	4	3,573
	4	4,2	5,2	4,3	0,046	20	4	3,653
	5	4,3	5,4	4,4	0,047	20	4	3,760
	6	4,3	5,5	4,3	0,047	20	4	3,760
2	7	4,4	5,4	4,3	0,047	20	4	3,760
	8	4,5	5,6	4,4	0,048	20	4	3,867
	9	4,5	5,6	4,5	0,049	20	4	3,893
	10	4,4	5,5	4,3	0,047	20	4	3,787
	11	4,5	5,6	4,4	0,048	20	4	3,867
	12	4,6	5,6	4,5	0,049	20	4	3,920
3	13	4,2	5,1	4,3	0,045	20	4	3,627
	14	4,1	5,2	4,2	0,045	20	4	3,600
	15	4,3	5	4,1	0,045	20	4	3,573
	16	4,4	5,4	4,3	0,047	20	4	3,760
	17	4,5	5,3	4,4	0,047	20	4	3,787
	18	4,6	5,5	4,5	0,049	20	4	3,893
Jumlah (Sum)		77,8	96	77,7	0,84	360	72	67,067
Rata-rata (Average)		4,3	5,3	4,3	0,047	20	4	3,726

Keterangan: *) Jumlah titik pengamatan = 3 titik dikalikan 6 oleh 3 jalan penyaradan = 54 (Lihat juga Lampiran 1)
Remarks: *) Number of observation points = 3 points multiplied by 6 by 3 skidding roads = 54 (refer also to Appendix 1)

Kriteria dan indikator RIL dianggap berhasil apabila rata-rata produktivitas yang dihasilkan tinggi dengan biaya yang rendah, serta kerusakan tegakan tinggal dan kerusakan tanah yang diakibatkannya rendah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Teknik penyaradan RIL yang diterapkan menghasilkan produktivitas rata-rata 15,070 m³/jam dengan biaya produksi rata-rata Rp48.883,45/m³. Terdapat hubungan yang erat antara volume kayu yang disarad dan waktu sarad terhadap rata-rata produktivitas sebesar 96,4% dan berpengaruh nyata. Penerapan RIL dapat menurunkan kerusakan tegakan tinggal sebesar 44,2%. Kedalaman penggeseran lapisan tanah atas akibat penyaradan masih tinggi karena pembuatan jalan sarad belum dilaksanakan sesuai pedoman.

B. Saran

Penyaradan dengan sistem RIL harus diterapkan untuk menjamin keberlanjutan produksi kayu dan kelestarian hutan alam. Untuk meminimalkan pergeseran tanah pada jalan sarad, dapat digunakan jalur matting. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambah parameter pengamatan erosi dan sedimentasi sungai akibat penyaradan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh staf lapangan PT. Inhutani II yang telah membantu pengumpulan data di lapangan dan Kepala Pusat Litbang Hasil Hutan yang telah mendanai penelitian ini melalui skema kerjasama dengan PT. Inhutani II.

DAFTAR PUSTAKA

Bembenek, M., Mederski, P., Erler, J., & Giefing, D. (2011). Results of large-size timber extracting with a Grapple Skidder. *Acta Sci. Pol. Sil. Colendar. Rat. Ind. Lignar*, 10(3), 5-14.

Elias. (2015). *Pengertian dan perkembangan IPTEKS pemanenan kayu*. Bogor: PT Media Anugrah Perkasa.

Elias. (2016). *Penerapan Reduced Impact Logging dalam rangka reformasi eksploitasi hutan dan korupsi dalam pengelolaan hutan alam tropika Indonesia (Orasi Ilmiah)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

FAO. (1992). *Cost control in forest harvesting and road construction* (Paper 99). Rome: The United Nations.

Gilanipoor, N., Najafi, A., & Alvaezin, S. M. H. (2012). Productivity and cost of farm tractor skidding. *Journal of Forest Science*, (1), 21-26.

Idris, M.M., & Soenarno. (2015). Unjuk kerja teknik penyaradan kayu dengan metode *tree length logging* pada hutan alam lahan kering. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2), 153-166.

Missanjo, E., & Thole, G.K. (2014). Impact of site disturbances from harvesting and logging on soil physical properties and pinus kesiya tree growth. *International Scholarly Research Notices*, page 1-8.

Muhdi, Sucipto, T., & Widyanti, M. (2006) Studi produktivitas penyaradan kayu dengan menggunakan traktor Komatsu D70 LE di hutan alam. *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 18(3), 7-13.

Muhdi. (2015). Analisis biaya dan produktivitas penyaradan kayu dengan traktor Caterpillar D7G di hutan alam tropika basah PT Inhutani II, Kalimantan Utara. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa*, 1(2), 63-68.

Naghdi, R., Lotfalian, M., Bagheri, I., & Jalali, A. M. (2009). Damages of skidder and animal logging to forest soils and natural regeneration. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 30(2), 141-149.

Ozturk, T. (2014). Productivity and cost of rubber-wheel-tyred tractor in a Northern pine plantation forest of Turkey. *Baltic Forestry*, 20(2), 272-276.

Siswanto, H. (2010). Kajian input dan output penyaradan pada perusahaan hutan di Kalimantan Timur. *Jurnal Eksis Riset*, 6(2), 1440-1605.

Solgi, A., & Najafi, A. (2014). The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. *Journal of Forest Science*, 60 (1), 28-34.

Stańczykiewicz, A., Sowa, J. M., Kulak, D., Leszczyński, K., & Szewczyk, G. (2012). Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned pine stands. *Acta Sci. Pol. Sil. Colendar. Rat. Ind. Lignar*, 11(2), 37-51.

Stańczykiewicz, A., Szewczyk, G., & Kulak, D. (2015). Damage to advance growth resulting from timber harvesting during final cuttings. *Baltic Forestry*, 21(2003), 144-151.

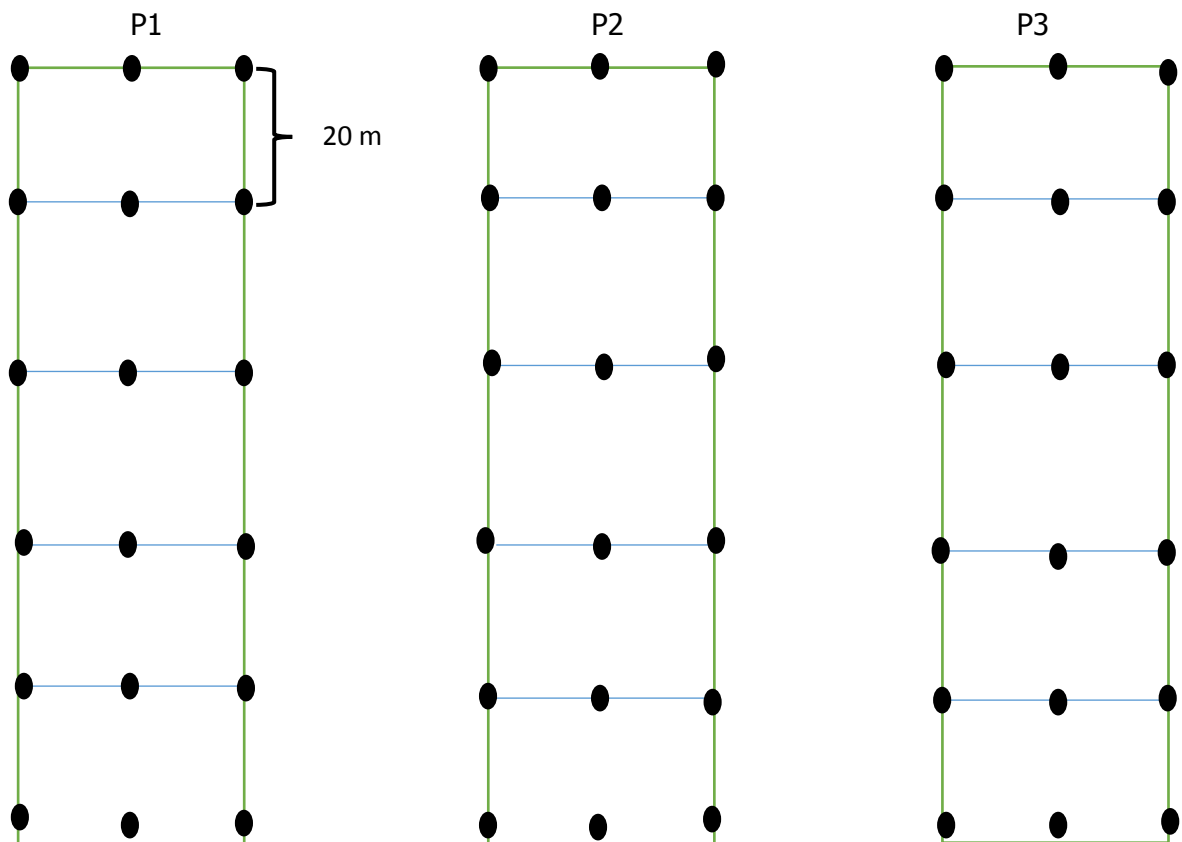
Suhartana, S., Idris, M. M., & Yuniawati. (2011). Penyaradan kayu sesuai standar prosedur operasional untuk meningkatkan produktivitas dan meminimalkan biaya produksi dan penggeseran lapisan tanah atas: Kasus di satu perusahaan hutan di Jambi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3), 248-258.

Suhartana, S., Dulsalam, & Idris, MM. (2000). Penyaradan terkendali utk minimasi penggeseran lapisan tanah atas dan keterbukaan lahan: Kasus di satu perusahaan hutan di Kalteng. *Buletin PHH*, 17(4), 209-219.

Suhartana, S., & Yuniawati. (2015). Peningkatan produktivitas penyaradan kayu *Acacia crassiparva* melalui penerapan teknik ramah lingkungan. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 3(2), 116-123.

Thaib, J., & Suhartana, S. (1991). Keadaan jalan sarad dan pohon ditebang pada tegakan tinggal di kawasan sebuah perusahaan hutan di Riau. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 9(4), 144-149.

Lampiran 1. Sketsa pengukuran titik sample kedalaman tanah untuk penggeseran lapisan tanah atas
Appendix 1. Sketch measurements of soil depth sample points for shearing topsoil



Lampiran 2. Hasil analisis regresi linier berganda pengaruh volume kayu dan waktu sarad terhadap rata-rata produktivitas penyaradan
Appendix 2. The results of multiple linear regression analysis of the effect of wood volume and skid time on the average productivity of skidding

Model	R	R ² (R Square)	R ² penyesuaian (Adjusted R Square)	Kesalahan baku pendugaan (Std. Error of the Estimate)
1	,983 ^a	,965	,964	,948267

Lampiran 3. Anova pengaruh volume kayu dan waktu sarad terhadap produktivitas penyaradan
Appendix 3. Anova of the effect of wood volume and skid time on skidding productivity

ANOVA^a

Model		Jumlah kuadrat (Sum of Squares)	Derajat bebas (Degree of freedom)	Kuadrat rata-rata (Mean Square)	Fhitung (F calculation)	Nyata (Significant).
1	Regresi (Regression)	1431,058	2	715,529	795,730	,000 ^b
	Galat (Residual)	51,255	57	,899		
	Jumlah (Total)	1482,313	59			

a. Peubah bergantung (*Dependent Variable*): Produktivitas

b. Penduga (*Predictors*): tetap (*Constant*), Waktu_jam, Volume_kayu

Lampiran 4. Koefisien
Appendix 4. Coefficient

Koefisien (Coefficients)^a

Model		Koefisien tidak baku (Unstandardized Coefficients)		Koefisien baku (Standardized Coefficients)	t	Nyata (Significant).
		B	Std. Error	Beta		
1	Tetap (<i>Constant</i>)	13,070	,635		20,593	,000
	Volume_kayu	2,121	,058	1,287	36,256	,000
	Waktu_jam	-28,262	1,940	-,517	-14,564	,000

a. Pengubah bergantung (*Dependent Variable*): Produktivitas