**ANALISIS FLUKTUASI MORTALITAS DAN *INGROWTH* DALAM UJI
COBA TEKNIK PEMANENAN**
*(Fluctuation Analysis of Mortality and Ingrowth in Logging
Technique Experiment)*

Oleh/By:

Amiril Saridan dan Farida H. Susanty
Balai Besar Penelitian Dipterokarpa

ABSTRACT

The effects of three logging techniques were studied in the area of PT Inhutani I (now PT Hutan Sanggam Labanan Lestari) in Berau, East Kalimantan. Those logging techniques were: reduced impact logging (RIL) with a cutting-limit diameter of 50cm dbh, RIL with a cutting-limit diameter of 60cm dbh, and conventional logging with a cutting-limit diameter of 60 cm dbh. Three permanent plots of 4 ha were established to monitor the effects of each logging technique. In addition, three control permanent plots of the same size were established on primary or unlogged forest. Stand monitoring covering species composition, number of trees, tree diameter, mortality, and ingrowth, was carried out in 2-year interval since 1990. All logged over stands indicated a good recovery 14 years after logging, having a stand density about 85% as compared to stand prior to logging. The highest mortality occurred 2-4 years after logging and the highest ingrowth take place 4-8 years following logging. Mortality due to logging seems to positively affect ingrowth. Primary forests indicate less fluctuating mortality and ingrowth as compared to logged over forests. In general, there is no significance difference in the effect of the three logging techniques in terms of mortality and ingrowth.

Key words: *reduced impact logging, stand density, mortality, ingrowth.*

ABSTRAK

Pemantauan uji coba teknik pemanenan dilaksanakan pada petak ukur permanen yang dibangun sejak tahun 1990/1991 hasil kerjasama lembaga CIRAD-forêt, PT. Inhutani I dan Departemen Kehutanan. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui fluktuasi tingkat mortalitas dan *ingrowth* tegakan tinggal umur 14 tahun setelah tebangan dengan perbedaan teknik pemanenan yang diterapkan dalam skala operasional. Petak penelitian dibangun di areal HPH PT Hutan Sanggam Labanan Lestari (eks PT Inhutani I) Kalimantan Timur, jumlah petak adalah 12 buah (masing-masing seluas 4 ha). Pengukuran dilakukan setiap 2 tahun meliputi data jenis, jumlah pohon, diameter, kematian (*mortalitas*), pohon baru yang masuk kelas diameter 10 cm (*ingrowth*), untuk semua pohon dengan diameter ≥ 10 cm. Desain penelitian sebagai berikut : (a) Pemanenan Ramah Lingkungan (RIL 50) dengan limit diameter ≥ 50 cm (petak 2, 3 dan 12); (b) Pemanenan Ramah Lingkungan (RIL 60) dengan limit diameter ≥ 60 cm (petak 5, 6 dan 7); (c) Pemanenan secara Konvensional (CNV) dengan limit diameter ≥ 60 cm (petak 8, 9 dan 11); dan (d) Hutan primer sebagai kontrol (petak 1, 4 dan 10). Umumnya, tegakan tinggal umur 14 tahun setelah tebangan mempunyai tingkat pemulihan yang baik berdasarkan pada kondisi kerapatan tegakan yang mencapai lebih dari 85% dibandingkan sebelum tebangan. Tingkat mortalitas tertinggi terjadi pada umur 2 - 4 tahun setelah tebangan, sedangkan tingkat *ingrowth* tertinggi terjadi pada umur 4 - 8 tahun setelah tebangan. Mortalitas yang diakibatkan pemanenan memberikan pengaruh yang positif terhadap tingkat *ingrowth* yang lebih tinggi dibandingkan pada petak kontrol. Hutan primer mempunyai fluktuasi yang rendah pada tingkat mortalitas dan *ingrowth* sepanjang tahun. Perbedaan tipe pemanenan memberikan variasi fluktuasi tingkat mortalitas dan *ingrowth*, tetapi tidak signifikan.

Kata kunci : teknik pemanenan, kerapatan, mortalitas, *ingrowth*

I. PENDAHULUAN

Pengkajian dan penilaian pengaruh pemanenan tebang pilih tegakan hutan alam produksi dalam jangka waktu panjang atau periode tertentu yang beragam seringkali dilakukan melalui pembangunan petak ukur permanen. Salah satu varian teknik pemanenan yang berbeda adalah variasi batas diameter tebangan yang diterapkan pada areal hutan, sehingga memberikan variasi intensitas pemanenan. Plot STREK (*Silvicultural Technique for the Regeneration of Logged Over Forest in East Kalimantan*) merupakan salah satu plot permanen yang awalnya merupakan hasil proyek kerja sama antara Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan CIRAD-Forêt Perancis dan PT Inhutani I, yang dimulai pada September 1989. Pemantauan dan pengukuran ulang tetap dilaksanakan hingga sekarang. Sejak tahun 2004 sampai saat ini Plot STREK dikelola oleh Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kalimantan (BP2KK) yang kemudian menjadi Balai Besar Penelitian Dipterokarpa (B2PD) di Samarinda. Petak ukur permanen dipantau secara periodik dengan tujuan sebagai pengetahuan alternatif teknik silvikultur dalam memperbaiki struktur tegakan hutan dan peningkatan produktivitas hutan yang lestari. Uji coba intensitas tebang pilih yang berbeda bertujuan untuk membandingkan kerusakan yang terjadi akibat teknik penebangan konvensional dan pemanenan ramah lingkungan terhadap tegakan dan lingkungan hutan, serta untuk menilai penerapan teknik pemanenan ramah lingkungan dalam skala operasional.

Desain penelitian yang dibangun secara umum adalah perbedaan bentuk pemanenan secara konvensional yang didasarkan pada pengalaman operator lapangan dan pemanenan yang ramah lingkungan (*Reduced Impact Logging/RIL*), dengan didasarkan pada perencanaan jalan sarad dan pengawasan operasional pemanenan untuk meminimalkan kerusakan tegakan. Selain input perlakuan teknik pemanenan yang berbeda, dampak pemanenan juga ditunjukkan dengan variasi intensitas tebangan yang diberikan. Hal ini ditunjukkan dengan batasan atau limit diameter pohon-pohon yang ditebang, dengan hipotesis bahwa semakin rendah limit diameter tebangan akan semakin tinggi intensitas tebangan sehingga memberikan dampak yang besar pula bagi kerusakan tegakan tinggal. Beberapa penelitian menunjukkan pengaruh intensitas tebangan terhadap tingkat keterbukaan areal dan kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan dan penyaradan. Untuk penilaian lebih lanjut, perlu kajian untuk mengetahui pola *recovery* tegakan tinggal setelah tebangan dengan berbagai sistem pemanenan yang berbeda.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fluktuasi tingkat kematian (*mortalitas*) dan pertumbuhan tingkat sapih ke tiang atau regenerasi (*ingrowth*) tegakan tinggal selama 14 tahun dengan penerapan teknik pemanenan yang berbeda pada tegakan hutan alami produksi sebagai variabel input pola *recovery* tegakan tinggal, sehingga mampu menjadi salah satu dasar penilaian penerapan teknik pemanenan ramah lingkungan dalam skala operasional.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pembangunan plot STREK berada di wilayah stasiun penelitian hutan Labanan yang terletak di Labanan, Kabupaten Berau, Propinsi Kalimantan Timur, yang termasuk dalam areal kerja PT Hutan Sanggam Labanan Lestari (eks PT Inhutani I). Dalam penelitian ini pengolahan dan analisis data menggunakan data monitoring pertumbuhan tegakan periode tahun 1990-2004 (interval pengukuran 2 tahunan).

B. Obyek dan Peralatan

Pengukuran dilakukan setiap 2 tahun meliputi parameter tegakan : jenis, jumlah pohon, diameter, mortalitas, ingrowth, untuk pohon berdiameter lebih besar dari 10 cm. Ukuran petak ukur permanen masing-masing 200m x 200m sebanyak 12 plot dengan 4 (empat) tipe perlakuan yang berbeda, sehingga total luas petak penelitian adalah 48 ha.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi alat ukur lapangan berupa : piband, meteran, peta kerja, parang, *tally sheet* dan alat tulis menulis.

Gambar (Figure) 1. Distribusi petak penelitian STREK di Hutan Labanan (*Distribution of STREK research plots in Labanan Forest*)

Tipe perlakuan dalam desain penelitian yaitu :

1. Penebangan dengan metode pemanenan ramah lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm; dimana jalan sarad ditetapkan dengan peta garis kontur dan posisi setiap pohon diketahui dengan jelas, pengawasan yang ketat dilakukan pada aktivitas penebangan (RIL 50 : petak 2, 3 dan 12);
2. Penebangan dengan metode pemanenan ramah lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm; dimana jalan sarad ditetapkan dengan peta garis kontur dan posisi setiap pohon diketahui dengan jelas, pengawasan ketat dilakukan pada aktivitas penebangan (RIL 60 : petak 5, 6 dan 7);
3. Penebangan dengan metode konvensional, dimana dalam kegiatan penebangan tidak ada pembersihan awal, tidak ada perencanaan jalan sarad, penebangan semua pohon dilakukan pada limit diameter ≥ 60 cm (CNV 60 : petak 8, 9 dan 11); dan
4. Tanpa perlakuan yaitu berupa hutan primer (petak 1, 4 dan 10).

C. Prosedur Penelitian

1. Pengumpulan Data di Lapangan

Pengumpulan data dilakukan, baik data primer maupun sekunder dari hasil monitoring tegakan berupa pengukuran ulang yang dilakukan pada petak penelitian di areal Plot STREK sejak tahun 1990 sampai dengan 2004 untuk semua pohon berdiameter

≥10 cm. Data yang dikumpulkan meliputi keliling/diameter, jenis, *ingrowth*, posisi pohon dalam petak, keterangan kondisi pohon (mati/hidup).

2. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data pengukuran dalam bentuk data base Visual foxPro yang telah dibangun untuk memelihara data pengukuran pertama hingga kedelapan (tahun 1990 - 2004). Sedangkan analisis data didukung oleh *analysis data tool program* Microsoft Excel 2003. Dalam tulisan ini, disajikan hasil pengolahan dan analisis data tegakan dilakukan berdasarkan tipe perlakuan, meliputi :

(a) Kerapatan (*density*) tegakan tinggal dengan limit diameter 10 cm (per petak);

$$\text{Kerapatan (btg/ha)} = \frac{\text{Jumlah batang}}{\text{Luas petak}}$$

(b) Dinamika mortalitas tegakan (jumlah batang per petak);

$$\text{Mortalitas}_{\text{tahun-i}} \text{ (btg/ha)} = \text{Jumlah mortalitas}_{\text{tahun-i}} - \text{Jumlah mortalitas}_{\text{tahun-(i-2)}}$$

© Perhitungan tingkat *ingrowth* (jumlah batang per petak).

$$\text{Ingrowth}_{\text{tahun-i}} \text{ (btg/ha)} = (\text{Kerapatan}_{\text{tahun-i}} - \text{Kerapatan}_{\text{tahun-(i-2)}}) + \text{Mortalitas}_{\text{tahun-i}}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kecenderungan atau fluktuasi tingkat mortalitas dan *ingrowth* tegakan tinggal setelah tebangan dengan variasi intensitas tebangan yang didasarkan perbedaan limit tebangan yang ditetapkan pada petak uji coba, meliputi variabel kerapatan tegakan tinggal, tingkat mortalitas dan tingkat *ingrowth* pada sepanjang periode pengukuran.

A. Kerapatan Tegakan

Kondisi kerapatan tegakan yang menunjukkan struktur tegakan secara horizontal pada masing-masing petak penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Kerapatan tegakan (n/4 ha) pada tipe pemanenan yang berbeda (*Density of stand (n/4 ha) after different logging type*)

Tipe Pemanenan (Logging type)	Plot	Jumlah batang (N/4 ha) (Number of trees (N/4 ha))							
		1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
RIL 50	2	2589	2238	2187	2197	2268	2361	2285	2306
	3	2024	1684	1668	1766	1833	1938	2005	2031
	12	1842	1287	1249	1698	1993	2168	2097	2184
RIL 60	5	1989	1745	1767	1825	1878	1990	1956	1973
	6	2566	2156	2080	2180	2207	2252	2248	2239
	7	2220	1615	1561	1635	1770	1867	1831	1899
CNV 60	8	1857	1301	1386	1629	1909	1999	2020	2079
	9	2033	1559	1478	1664	1817	1912	1911	1959
	11	2054	1575	1566	1727	1850	1898	1850	1971
HP	1	2234	2227	2229	2227	2139	2119	2117	2087
	4	2211	2175	2201	2149	2123	2121	2044	2039
	10	1857	1853	1862	1863	1889	1867	1810	1805

Keterangan (Remark) :

RIL 50 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 50 cm*)

RIL 60 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 60 cm*)

CNV 60 = Pemanenan metode konvensional dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Conventional method logging with diameter limit ≥ 60 cm*)

HP = Hutan primer (*Primary forest*)

Berdasarkan kerapatan tegakan hutan alam pada awal pembangunan plot penelitian pada masing-masing tipe perlakuan mempunyai variasi jumlah batang per hektar yang serupa, yaitu dengan kerapatan tegakan bervariasi berkisar antara 461 - 647 batang/ha dengan rata-rata 531 batang/ha. Tetapi pada 14 tahun kemudian, tingkat kerapatan petak penelitian mempunyai kisaran yang lebih sempit yaitu antara 451 - 577 batang/ha dengan rata-rata 512 batang/ha. Hasil penelitian (Susanty, 2005a) pembangunan petak temporer pada areal konsesi hutan yang sama mempunyai nilai kerapatan tegakan 512 batang/ha. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi plot STREK mewakili kondisi areal hutan Labanan. Sedangkan dari hasil penelitian yang sama, kondisi kerapatan tegakan tinggal dalam areal hutan Labanan lebih tinggi dibandingkan dengan tegakan umur 19 tahun di hutan Wahau, Kalimantan Timur yang mempunyai kerapatan 303 batang/ha. Kerapatan pohon yang tinggi di hutan Labanan memiliki kondisi yang serupa dengan hutan primer di Sangai Kalimantan Tengah, yaitu berkisar antara 478 - 738 batang/ha dengan rata-rata 583 batang/ha (Susanty, 2005b).

Tabel (Table) 2. Bidang dasar rata-rata (m^2/ha) pada tipe pemanenan yang berbeda (*Mean of basal area (m^2/ha) after different logging type*)

Tipe pemanenan (Logging type)	Plot	Bidang Dasar Rataan (m^2/ha) (<i>Mean of Basal Area (m^2/ha)</i>)							
		1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
RIL 50	2	37.48	31.14	31.10	30.50	30.43	31.66	31.78	24.28
	3	30.70	24.30	23.70	24.58	23.29	25.48	26.37	21.41
	12	29.15	16.39	15.88	18.52	20.49	24.08	24.79	21.96
RIL 60	5	27.96	23.64	24.09	24.51	24.25	26.23	26.07	22.22
	6	35.90	28.65	27.54	28.30	27.65	29.28	29.41	23.30
	7	30.41	21.44	21.22	21.83	22.70	23.71	24.25	19.46
CNV 60	8	28.80	18.75	19.09	21.29	22.30	25.24	26.57	22.01
	9	35.01	28.20	25.22	26.34	26.70	28.73	29.39	21.74
	11	30.39	21.92	21.69	23.18	23.54	25.32	25.26	21.44
HP	1	32.56	32.80	33.53	33.86	32.54	33.43	33.71	28.01
	4	31.72	30.82	30.63	30.63	29.89	30.62	30.05	22.99
	10	28.13	28.19	28.56	27.87	28.25	28.85	28.11	20.34

Keterangan (Remark) :

RIL 50 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 50 cm*)

RIL 60 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 60 cm*)

CNV 60 = Pemanenan metode konvensional dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Conventional method logging with diameter limit ≥ 60 cm*)

HP = Hutan primer (*Primary forest*)

Secara umum tegakan tinggal umur 14 tahun setelah penebangan berdasarkan tingkat kerapatan tegakan mempunyai kondisi pemulihan yang baik, dimana tingkat kerapatan pada tahun ke-14 lebih dari 85% dari tingkat kerapatan pada tahun ke-0. Hal ini serupa dengan penelitian di Jambi (Sianturi dan Kanninen, 2005), dimana pada umur tegakan 2 tahun setelah tebangan mempunyai kondisi kerapatan kurang dari 90% dibandingkan kerapatan sebelumnya. Pada beberapa petak, kerapatan tahun ke-14 mempunyai kondisi yang lebih rapat dibandingkan pada tahun ke-0 (lebih dari 100 %). Sedangkan pada hutan primer (petak kontrol) pada tahun ke-14 mengalami penurunan tingkat kerapatan yang berkisar antara 92-96% dibandingkan pada tahun ke-0. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun tidak dilakukan penebangan, hutan primer secara alami tetap akan mengalami penurunan ataupun kenaikan kerapatan yang disebabkan oleh mortalitas dan *ingrowth*.

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa bidang dasar tegakan hutan bekas tebangan berkisar antara 19 - 24 m²/ha, kondisi ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian di Kalimantan Tengah, pada umur 11 tahun setelah penebangan areal hutan alam akan mempunyai nilai bidang dasar rata-rata berkisar antara 19 - 35 m²/ha (Abdurahman, 1996). Begitu pula jika dibandingkan dengan hasil penelitian Susanty (2001), dimana tegakan tinggal umur 10 tahun di Labanan mempunyai nilai rata-rata bidang dasar sebesar 25 m²/ha. Berdasarkan nilai bidang dasar tegakan pada hutan primer (pada petak kontrol) menunjukkan kondisi normal hutan alam, dimana mempunyai kisaran nilai bidang dasar antara 27- 38 m²/ha (Bertault, *et.al.*, 1992 dalam Pambudhi, 1994).

B. Mortalitas Tegakan

Fluktuasi kematian (mortalitas) rata-rata dalam jumlah batang per hektar pada masing-masing petak dengan tipe pemanenan yang berbeda sepanjang periode pengukuran (dari tahun ke-0 sampai dengan tahun ke-14) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel (Table) 3. Rataan tingkat mortalitas pohon (n/ha) pada tipe pemanenan yang berbeda
(Mean of trees mortality (n/ha) of different logging type)

Tipe pemanenan (Logging type)	Plot	Mortality (n/ha)						
		1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
RIL 50	2	99	37	25	27	12	22	7
	3	97	36	15	24	5	10	6
	12	145	51	10	25	10	28	6
RIL 60	5	76	20	21	28	9	14	12
	6	115	41	17	32	12	15	14
	7	157	43	14	17	13	13	4
CNV 60	8	144	36	9	24	12	13	4
	9	126	47	8	25	15	14	10
	11	126	40	7	29	11	28	4
HP	1	11	12	12	36	13	12	15
	4	17	16	32	31	15	21	8
	10	13	16	20	18	11	19	12

Keterangan (Remark) :

RIL 50 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm
(Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 50 cm)

RIL 60 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm
(Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 60 cm)

CNV 60 = Pemanenan metode konvensional dengan limit diameter ≥ 60 cm
(Conventional method logging with diameter limit ≥ 60 cm)

HP = Hutan primer (Primary forest)

Hasil perhitungan mortalitas tegakan dalam persentase jumlah batang yang mati dalam tegakan pada masing-masing petak disajikan pada Tabel 4.

Tabel (Table) 4. Mortalitas tegakan pada tipe pemanenan yang berbeda (*Trees mortality of different logging type*)

Tipe Pemanenan (Logging type)	Plot	1992 (%)	1994 (%)	1996 (%)	1998 (%)	2000 (%)	2002 (%)	2004 (%)	Rataan (Mean)
RIL 50	2	15.22	6.57	4.62	4.96	2.16	3.77	1.18	6,85 %
	3	19.07	8.43	3.48	5.44	1.15	2.01	1.15	
	12	31.43	15.93	3.20	5.77	2.06	5.21	1.05	
RIL 60	5	15.23	4.64	4.64	6.14	1.97	2.81	2.45	6,33 %
	6	17.85	7.56	3.32	5.78	2.22	2.66	2.40	
	7	28.29	10.71	3.59	4.04	2.99	2.84	0.87	
CNV 60	8	31.02	10.91	2.67	5.77	2.46	2.60	0.79	7,70 %
	9	24.69	12.12	2.23	5.89	3.30	2.82	1.99	
	11	24.59	10.10	1.85	6.72	2.38	5.85	0.92	
HP	1	2.01	2.20	2.20	6.42	2.38	2.31	2.74	3,29 %
	4	3.03	2.99	5.77	5.77	2.78	3.87	1.47	
	10	2.69	3.35	4.30	3.92	2.33	4.07	2.60	

Keterangan (Remark) :

RIL 50 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 50 cm*)

RIL 60 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 60 cm*)

CNV 60 = Pemanenan metode konvensional dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Conventional method logging with diameter limit ≥ 60 cm*)

HP = Hutan primer (*Primary forest*)

Berdasarkan tingkat mortalitas pada tipe pemanenan yang berbeda ditunjukkan bahwa tingkat intensitas penebangan yang semakin tinggi dapat meningkatkan tingkat mortalitas tegakan rata-rata, dimana berturut-turut : RIL 60 sebesar 6,33%, RIL 50 sebesar 6,85% dan Konvensional 60 sebesar 7,70%. Hasil penelitian Mex (2005), dari pembangunan dan pemantauan plot permanen areal hutan bekas tebangan di Papua New Guinea sejak tahun 1992, ditemukan tingkat mortalitas rata-rata sebesar 2,5%. Penilaian kecenderungan tingkat mortalitas tertinggi yang terjadi pada tahun ke-2 dan tahun ke-4 merupakan dampak dari kegiatan pemanenan yang dilakukan pada tahun ke-1. Secara umum, sejak tahun ke-6 (1996) tingkat mortalitas sudah berada pada fluktuasi yang rendah, sehingga dapat dinyatakan tegakan pulih pada tahun ke-6 setelah tebang pilih. Hal ini terlihat jika dibandingkan dengan kondisi hutan primer sebagai pembanding mempunyai fluktuasi tingkat mortalitas yang berkisar antara 2,01 - 6,42% dengan rata-rata sebesar 3,29%.

C. *Ingrowth* Tegakan

Fluktuasi *ingrowth* rata-rata dalam jumlah batang per hektar yang masuk dalam limit diameter 10 cm ke atas pada masing-masing petak dengan tipe pemanenan yang berbeda sepanjang periode pengukuran (dari tahun ke-0 sampai dengan tahun ke-14) ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel (Table) 5. Rataan tingkat ingrowth tegakan (n/ha) pada tipe pemanenan yang berbeda
(Mean of stand ingrowth (n/ha) of different logging type)

Tipe pemanenan (Logging type)	Plot	Ingrowth (n/ha)						
		1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004
RIL 50	2	11	24	28	45	36	3	12
	3	12	32	39	41	32	27	12
	12	6	42	122	98	54	11	27
RIL 60	5	15	26	35	41	37	6	16
	6	12	22	42	38	24	14	11
	7	6	30	33	50	38	4	21
CNV 60	8	5	57	70	94	34	18	19
	9	7	27	55	63	39	13	22
	11	7	38	48	60	23	16	35
HP	1	10	13	12	14	8	12	7
	4	8	23	19	25	14	1	6
	10	12	18	20	25	6	5	11

Keterangan (Remark) :

RIL 50 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm
(Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 50 cm)

RIL 60 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm
(Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 60 cm)

CNV 60 = Pemanenan metode konvensional dengan limit diameter ≥ 60 cm
(Conventional method logging with diameter limit ≥ 60 cm)

HP = Hutan primer (Primary forest)

Hasil perhitungan tingkat ingrowth tegakan dalam persentase jumlah batang yang masuk dalam kelas diameter 10 cm ke atas dalam tegakan pada masing-masing petak disajikan pada Tabel 6.

Tabel (Table) 6. Persentase tingkat ingrowth tegakan pada tipe pemanenan yang berbeda
(Percentage of stand ingrowth of different logging type)

Tipe Pemanenan (Logging type)	Plot	1992 (%)	1994 (%)	1996 (%)	1998 (%)	2000 (%)	2002 (%)	2004 (%)	Rataan (Mean)
RIL 50	2	1.92	4.39	5.05	7.94	6.01	0.57	2.08	7,19 %
	3	2.73	7.55	8.83	8.89	6.50	5.29	2.41	
	12	1.86	13.37	28.80	19.72	9.96	2.00	4.99	
RIL 60	5	3.38	5.83	7.67	8.79	7.49	1.12	3.29	5,19 %
	6	2.23	4.18	7.75	6.93	4.17	2.49	2.01	
	7	1.42	7.62	7.95	11.36	8.03	0.93	4.42	
CNV 60	8	1.54	16.38	17.19	19.59	6.85	3.61	3.61	8,12 %
	9	1.80	7.31	13.16	13.81	8.11	2.77	4.39	
	11	1.65	9.58	11.00	12.92	4.85	3.41	7.00	
HP	1	1.71	2.29	2.11	2.57	1.46	2.22	1.34	2,47 %
	4	1.43	4.13	3.49	4.62	2.69	0.24	1.23	
	10	2.48	3.81	4.35	5.24	1.18	1.05	2.33	

Keterangan (Remark) :

RIL 50 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 50 cm
(Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 50 cm)

- RIL 60 = Pemanenan Ramah Lingkungan dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Reduced Impact Logging with diameter limit ≥ 60 cm*)
CNV 60 = Pemanenan metode konvensional dengan limit diameter ≥ 60 cm
(*Conventional method logging with diameter limit ≥ 60 cm*)
HP = Hutan primer (*Primary forest*)

Seperti halnya pada tingkat mortalitas, tingkat *ingrowth* memiliki kecenderungan yang sama yaitu menunjukkan bahwa tingkat intensitas penebangan yang semakin tinggi akan meningkatkan tingkat *ingrowth* tegakan rata-rata, dimana berturut-turut : RIL 60 sebesar 5,19%, RIL 50 sebesar 7,19% dan Konvensional 60 sebesar 8,12%. Peningkatan tingkat *ingrowth* tertinggi yang terjadi pada tahun ke-4 sampai dengan tahun ke-8 sebagai dampak pembukaan areal tumbuh dari kegiatan pemanenan yang dilakukan pada tahun ke-1, sehingga dinyatakan tegakan memiliki *recovery ingrowth* terjadi pada tahun ke-4 hingga tahun ke-8 setelah tebangan. Hardiansyah *et al.* (2005), dari hasil penelitian di areal petak ukur permanen umur 1 tahun setelah tebangan di Jambi, melaporkan tingkat *ingrowth* berkisar antara 0,19 - 2,89% dengan rata-rata sebesar 2,1%. Sedangkan pada penelitian di Papua New Guinea, Mex (2005) pada umur tegakan 13 tahun setelah tebangan mempunyai tingkat *ingrowth* lebih rendah yaitu dengan rata-rata 41 batang/ha. Pada kondisi hutan primer sebagai pembandingan mempunyai fluktuasi tingkat *ingrowth* yang relatif rendah dibandingkan di Jambi yaitu berkisar antara 0,24 - 4,62% dengan rata-rata sebesar 2,47%, walaupun memiliki nilai rata-rata yang mendekati sama, tetapi fluktuasi pada hutan primer lebih besar dibandingkan pada kondisi tersebut.

Untuk memperbandingkan fluktuasi tingkat mortalitas rata-rata dan tingkat *ingrowth* rata-rata (batang/ha) yang terjadi pada masing-masing tipe pemanenan, secara grafis ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar (Figure) 2. Fluktuasi tingkat mortalitas dan *ingrowth* rata-rata (bgt/ha) pada masing-masing tipe pemanenan (1990 - 2004) (*Fluctuation mean of mortality and ingrowth level of each logging type (1990-2004)*)

Secara umum analisis sementara menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan *ingrowth* yang besar pada tahun ke-6 (1996) terjadi karena menurunnya tingkat persaingan dengan tingkat kematian yang besar pada tahun sebelumnya (tahun kedua dan keempat). Sehingga akan memberikan ruang tumbuh yang lebih besar bagi *ingrowth* pada masing-masing tegakan. Setelah terjadinya tingkat mortalitas yang tinggi, yang mengakibatkan penurunan tingkat kerapatan dan dominasi tegakan maka akan meningkatkan pertumbuhan terutama *ingrowth* tegakan. Berdasarkan grafik di atas ditunjukkan bahwa pada tahun ke-4 tegakan bekas tebangan mencapai kondisi *equilibrium* (tingkat mortalitas mendekati tingkat *ingrowth*), tetapi kemudian terjadi fluktuasi *ingrowth* yang lebih besar dibandingkan mortalitas tegakan pada tahun berikutnya. Sedangkan pada hutan klimaks kondisi mortalitas dan *ingrowth* relatif mempunyai fluktuasi yang rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan pada areal bekas tebangan umur 14 tahun pada areal penelitian plot STREK mempunyai rata-rata mortalitas tahunan berkisar antara 6,33 - 7,70% (dengan variasi 0,79 - 31,43%). Tingkat mortalitas ini mempunyai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan kondisi hutan primer. Pada hutan primer sebagai kontrol memiliki tingkat mortalitas 3,29%, hasil ini lebih tinggi dari rata-rata tingkat kematian pada areal bekas tebangan umur 2 tahun yaitu sebesar 2,5% per tahun (Nguyen The *et al.*, 1998); dan kematian alami sebesar 1,5% per tahun (Lieberman *et al.*, 1985; Durrieu, 1993, 1994 dalam Nguyen-The *et al.*, 1998), juga jika dibandingkan dengan penelitian Wyatt-Smith, 1961; Primack *et al.*, 1985; Manokaran and Kochummen, 1987; yang menyatakan laju mortalitas untuk hutan *dipterocarpa* campuran di Asia dan sebagian besar hutan tropis di dunia dibawah 2%.

Untuk melihat signifikansi perbedaan tipe pemanenan terhadap persentase tingkat mortalitas rata-rata dan tingkat *ingrowth* rata-rata pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 7 dan 8 berdasarkan hasil analisis varians (*Anova*) berikut.

Tabel (Table) 7. Analisis varians (*Anova*) tingkat mortalitas pada tipe pemanenan yang berbeda (*Analysis of varians (Anova) of stand mortality on different logging type*)

Sumber keragaman (Source of difference)	Jumlah kuadrat Sum of Square	df	Rataan kuadrat (Mean of square)	F _{hitung} (F _{calculation})	Nilai P (P-value)	F _{tabel 95%} (F _{table 95%})
Tipe pemanenan (Logging type)	1441.7	3	480.55	0.399	0.754	3.009
Error	28885.0	24	1203.54			
Jumlah (Total)	30326.7	27				

Keterangan (Remarks) : $F_{hit} < F_{tabel\ 95\%}$ ($F_{calc} < F_{table\ 95\%}$)

Tabel (Table) 8. Analisis varians (*Anova*) tingkat *ingrowth* pada tipe pemanenan yang berbeda (*Analysis of varians (Anova) of stand ingrowth on different logging type*)

Sumber keragaman (Source of difference)	Jumlah kuadrat (Sum of square)	df	Rataan kuadrat (Mean of square)	F _{hitung} (F _{calculation})	Nilai P (P-value)	F _{tabel 95%} (F _{table 95%})
Tipe pemanenan (Logging type)	2321.7	3	773.89	2.491	0.084	3.009
Error	7454.7	24	310.61			
Jumlah (Total)	9776.4	27				

Keterangan (Remarks) : $F_{hit} < F_{tabel\ 95\%}$ ($F_{calc} < F_{table\ 95\%}$)

Dari Tabel 7 dan 8 ditunjukkan bahwa tipe pemanenan yang berbeda (RIL 50, RIL 60 dan Konvensional) tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($F_{hit} < F_{tabel\ 95\%}$), baik terhadap tingkat mortalitas maupun tingkat *ingrowth* tegakan tinggal sampai dengan umur 14 tahun setelah tebangan. Siran (2005) menyatakan bahwa efek perlakuan (penebangan) terhadap mortalitas tegakan sangat signifikan pada tahun-tahun awal, dan kemudian akan menurun sejalan dengan *recovery* kerusakan tegakan melalui suksesi. Walaupun tingkat mortalitas dan *ingrowth* tegakan hutan sangat bervariasi di berbagai areal hutan dan tingkat suksesinya. Sedangkan penelitian Priyadi *et al.* (2005) menunjukkan adanya perbedaan efek tipe pemanenan (dengan variasi intensitas penebangan) terhadap tingkat pertumbuhan tegakan, baik untuk kelompok jenis *Dipterocarpaceae* maupun non *Dipterocarpaceae*. Lebih lanjut dinyatakan bahwa regenerasi pada hutan dipterokarpa umumnya mulai berjalan sejak 2 tahun setelah tebangan, dengan kondisi permudaan alam yang cukup melimpah.

IV. KESIMPULAN

Secara umum tegakan tinggal umur 14 tahun setelah penebangan dengan tiga tipe pemanenan yang berbeda mempunyai kondisi *recovery* yang baik berdasarkan tingkat kerapatan tegakan, dimana tingkat kerapatan pada tahun ke-14 mencapai lebih dari 85 % dibandingkan kondisi awal tegakan hutan.

- A. Intensitas penebangan yang semakin tinggi akan meningkatkan tingkat mortalitas tegakan rata-rata, dimana berturut-turut : RIL 60 sebesar 6,33%, RIL 50 sebesar 6,85% dan Konvensional 60 sebesar 7,70%, sedangkan kondisi hutan klimaks sebesar 2,47%. Tingkat mortalitas tegakan tertinggi terjadi pada tahun ke-2 dan tahun ke-4 setelah tebangan pilih.
- B. Intensitas penebangan yang semakin tinggi akan meningkatkan tingkat *ingrowth* tegakan rata-rata, dimana berturut-turut : RIL 60 sebesar 5,19 %, RIL 50 sebesar 7,19 % dan Konvensional 60 sebesar 8,12 %, sedangkan pada hutan klimaks sebesar 2,47 %. Tingkat *ingrowth* tegakan tertinggi terjadi pada tahun ke-4 dan tahun ke-8 setelah tebangan.
- C. Fluktuasi mortalitas dan *ingrowth* pada hutan bekas tebangan menunjukkan pada tahun ke-4 tegakan mencapai kondisi *equilibrium* (tingkat mortalitas mendekati tingkat *ingrowth*), kemudian terjadi fluktuasi *ingrowth* yang lebih besar dibandingkan mortalitas tegakan pada tahun-tahun berikutnya. Sedangkan pada hutan primer kondisi mortalitas dan *ingrowth* relatif mempunyai fluktuasi yang rendah.
- D. Tipe pemanenan yang berbeda (RIL 50, RIL 60 dan Konvensional) tidak memberikan pengaruh yang signifikan, baik terhadap tingkat mortalitas maupun tingkat *ingrowth* tegakan tinggal sampai dengan umur 14 tahun setelah tebangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman. 1996. Karakteristik Tegakan Hutan Bekas Tebangan Sebelas Tahun yang Lalu di PT Sari Bumi Kusuma, Kalimantan Tengah. Prosiding Ekspose Hasil-hasil dan Program Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Wilayah Kalimantan. Samarinda.
- Hardiansyah, G., T. Hardjanto and M. Mulyana. 2005. A Brief Note on TPTJ (Modified Indonesia Selective Cutting System) from Experience of PT. Sari Bumi Kusuma (PT SBK) Timber Concessionaire. Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and The Pacific Region. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Mex, P.M. 2005. Progress on The Studies of Growth of Logged Over Natural Forest in Papua New Guinea. Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and The Pacific Region. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Nguyen-The, N., V. Favrichon, P. Sist, L. Houde, JG. Bertault and N. Fauvet. 1998. Growth and Mortality Pattern Before and After Logging. Silvicultural Research in a Lowland Mixed Dipterocarp Forest of East Kalimantan. The Contribution of STREK Project. CIRAD-foret, FORDA dan PT Inhutani I. Jakarta. p. 181-184
- Pambudhi, F. 1994. Dinamika Struktur Hutan Bekas Tebangan di Bukit Soeharto dan Usaha Meningkatkan Kualitasnya dengan Penjarangan. Laporan Penelitian. Pusat Penelitian Universitas Mulawarman Samarinda.
- Priyadi, H., D. Sheil, K. Kartawinata, P. Gunarso, P. Sist and M. Kanninen. 2005. Tree Growth and Forest Regeneration Under Different Logging Treatments in Permanent Sample Plots of a Hill Mixed *Dipterocarps* Forest, Malinau Research Forest, Malinau, East Kalimantan Indonesia. Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and The Pacific Region. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Sianturi, P. and M. Kanninen. 2005. Indonesian Natural Tropical Forests Would not be Sustainable Under The Current Silvicultural Guidelines TPTI (A Simulation Study). Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and The Pacific Region. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Siran, S.A.. 2005. The Importance of STREK Plots in Contributing Sustainable Forest Management in Indonesia. Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and The Pacific Region. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor.
- Susanty, F.H. 2001. Analisis Bentuk Struktur Tegakan dan Model-model Riap Tegakan dengan Sistem Pemanenan yang Berbeda di PT Inhutani I Berau, Kalimantan Timur. Tesis Magister Ilmu Kehutanan Universitas Mulawarman. Samarinda (Tidak dipublikasikan).
- _____. 2005a. Kajian Implementasi Kriteria dan Indikator Pengelolaan Hutan Alam Produksi Lestari (PHAPL). Laporan Tahunan Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kalimantan (Tidak Dipublikasikan). Samarinda.
- _____. 2005b. Pemantauan dan Pengembangan Hutan Penelitian Sangai. Laporan Tahunan Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Kalimantan (Tidak Dipublikasikan). Samarinda.