

**ANALISIS DAMPAK TPTI TERHADAP DINAMIKA PERMUDAAN SPESIES
POHON KOMERSIL TINGKAT PANCANG DAN TIANG
DI HUTAN ALAM PAPUA BAGIAN SELATAN
(Studi Kasus Wilayah Boven Digul, Papua)**

*(TPTI Impact Analysis on Dynamics of Species of Commercial Tree of Commercial
Levels and Tiang in Natural Papua Natural Forests
(Sase Study of Boven Digul Area, Papua)*

Rifki M. A. El Halim¹ & B. W. Hastanti¹

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Manokwari
Jl. Inamberi PO Box 159 Kelurahan Pasir Putih Manokwari 98313 Papua Barat
Telp. (+62986) 213-441; Email : El_halim@live.com

ABSTRACT

TPTI has been utilised and developed for long period to harvest timber in Indonesia's natural forest. despite has been utilised and developed for long period, the TPTI implementation has reap a lot of controversy. Most research about TPTI has been conducted in Kalimantan and Sumatra, this research mainly stressed on the sustainability of commercially tree spesies in tree stage. The other research which is analysed the impact of TPTI on commercially tree spesies in the sapling and poles stage even more in Papua natural forest is barely conducted. To analyse the TPTI impact on West Papuan natural forest, in particular the commercially tree spesies in sapling and poles stage, this research is comparing the dynamic change of primary and secondary forest after TPTI. Data collection is recorded from IUPHHK PT TTL, Boven Digul, Papua. The data specifically collected from primary forest, secondary forest age 1 year and secondary forest age 3 year. Data collection is conducted using discontinuous plot sampling with 10x10 m and 5x5 m for poles and sampling respectively. Later on, the spesies and population variable that has been collected are analysed using ANOVA ($\alpha=0,05$) and accumulation curve. Data analysis report that in a short period the TPTI activity does increase the diversity and the population size of sapling and poles. To preserve the diversity and population size tending and further monitoring is pivotal. Further research using older secondary forost is essential to fully analyse the impact of TPT on commercially tree spesies dynamic on sapling and poles stage.

Keywords : TPTI; Sapling; Poles; Primary forest; Secondary forest; ANOVA and Accumulation curve

ABSTRAK

TPTI adalah system yang sudah lama digunakan dan dikembangkan untuk mengambil hasil hutan kayu di hutan alam Indonesia. Meskipun sudah lama digunakan dan dievaluasi, system ini banyak menuai kontroversi. Sebagian besar evaluasi TPTI dilakukan untuk menganalisis dampak TPTI terhadap kelestarian spesies pohon komersil pada tingkat pohon di hutan Kalimantan dan Sumatera. Sedangkan penelitian dampak TPTI pada spesies komersil di tingkat tiang dan pancang terlebih lagi pada hutan alam di Papua hampir tidak pernah dilakukan. Untuk menjawab pengaruh TPTI pada spesies komersil tingkat pancang dan tiang di Papua penelitian ini berusaha membandingkan dinamika populasi dan diversitas pancang dan tiang pada sebelum dan sesudah ditebang dengan TPTI. Pengamatan penelitian dilakukan di area IUPHHK PT TTL Boven Digul, Papua. adapun area hutan yang diamati adalah hutan primer, hutan sekunder umur 1 tahun dan hutan sekunder umur 3 tahun. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan pendekatan discontinuous plot sampling dengan jumlah 20 plot untuk masing-masing perlakuan dengan ukuran plot 10x10m untuk inventarisasi pohon tingkat tiang dan 5x5 untuk inventarisasi pohon tingkat pancang. Selanjutnya, data spesies dan populasi yang berhasil dikumpulkan dibandingkan dengan ANOVA ($\alpha=0,05$) dan kurva kumulatif. Hasil penelitian membuktikan bahwa pada jangka pendek TPTI berdampak positif terhadap peningkatan populasi dan dan diversitas pohon spesies komersil di tingkat pancang dan tiang. Untuk menjaga diversitas pohon tetap tinggi, perawatan dan pengamatan lebih lanjut perlu dilakukan. Penelitian lebih lanjut dengan menggunakan hutan sekunder yang lebih tua masih perlu dilakukan untuk bisa mengetahui dampak jangka menengah dan jangka panjang kegiatan TPTI terhadap dinamika spesies komersil tingkat pancang dan tiang.

Kata kunci: TPTI, Pancang, Tiang, Hutan Primer, Hutan Sekunder, ANOVA, Kurva kumulatif

I. PENDAHULUAN

Sejak pertama kali digunakan di tahun 1970, hingga saat ini TPTI adalah satu-satunya system pemanfaatan hasil kayu pada hutan hutan alam di Indonesia. Meskipun sudah lama dianut dan diterapkan di Indonesia, system ini terus mengalami pengembangan. Meskipun pada awalnya system ini hanya memuat aturan tentang jenis dan diameter pohon yang boleh ditebang (Yasman, 1998), pada pengembangannya system ini juga mewajibkan penerapan *Reduce Impact Logging* (RIL) (Cannon *et al.*, 1994) dan beberapa sistem perlindungan hutan lestari.

Meskipun pengembangan system TPTI terus dikembangkan, TPTI terus dikritik sebagai system pemanenan hutan yang tidak lestari. Beberapa peneliti seperti Hardus *et al.* (2012) dan Suryatmojo *et al.* (2011) berpendapat bahwa TPTI adalah kegiatan kehutanan yang merusak kondisi hutan. Namun demikian, beberapa peneliti lain berpendapat bahwa TPTI cukup lestari untuk diterapkan di Indonesia (Davis, 2000, Sist *et al.*, 1998, Sist *et al.*, 2003).

Selain itu, penerapan TPTI banyak menimbulkan perdebatan, analisis lebih lanjut terhadap TPTI masih perlu terus dilanjutkan. Hingga saat ini penelitian TPTI sebagian besar hanya berfokus pada dampak TPTI terhadap tegakan tinggal dalam fase pohon. Sedangkan penelitian TPTI yang menganalisis dampak TPTI terhadap tegakan tinggal yang masih berada pada fase pancang dan tiang belum banyak dilakukan.

Terlebih lagi sebagian besar penelitian TPTI yang dilakukan berfokus pada hutan Kalimantan dan Sumatera, sedangkan penelitian TPTI pada hutan Papua belum banyak yang dipublikasi. Padahal, hutan Papua memiliki struktur dan diversitas yang berbeda dengan hutan daerah lain di Indonesia (Marshall and Beehler, 2007). Salah satu publikasi yang tersedia tentang dampak TPTI pada hutan tebangan di Papua hanya membahas dampak TPTI di Papua bagian utara dan hanya membahas dampak TPTI pada tingkat pohon (El Halim *et al.*, 2015). Hasil evaluasi potensi

tegakan hutan di bagian utara kemungkinan besar sulit digunakan untuk mengevaluasi

Untuk memberikan informasi lebih lanjut mengenai dampak TPTI terhadap tumbuhan kayu komersil tingkat pancang dan tiang, penelitian ini berusaha menganalisis dampak kegiatan TPTI terhadap permudaan alami pohon di tingkat pancang dan tiang di hutan alam Papua bagian selatan terutama pada area hutan di daerah Boven Digul.

II. METODE

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di areal IUPHHK PT TTL (Tunas Timber Lestari) di Boven Digul Papua (Gambar 1). Area hutan PT TTL memiliki Kondisi topografi relatif datar sampai bergelombang ringan dengan kemiringan 0-15 % dan ketinggian 30-300 m dpl. Jenis tanah pada areal tersebut adalah ultisol, podsolik coklat kelabu, podsolik merah kuning dan aluvial. Iklim termasuk tipe A, rata-rata curah hujan 4.196 mm/th. Jumlah hari hujan setiap bulan berkisar antara 13–23 hari.

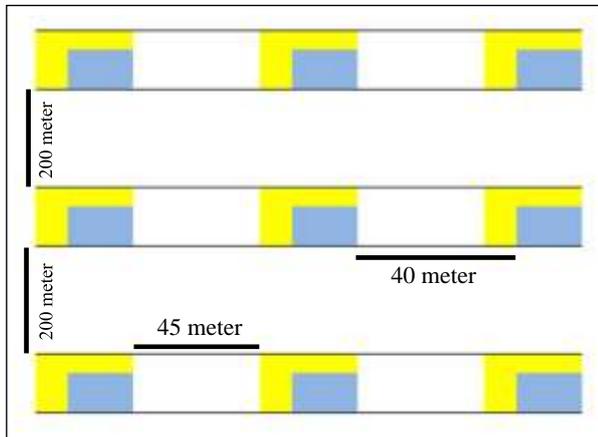


Gambar 1. Lokasi pengambilan data. Area Boven Digul dilingkari dalam garis merah
Figure 1. Location of data retrieval. The Boven Digul area is encircled in a red line

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data permudaan tingkat pancang dan tiang pohon komersil dilakukan di 3 area tebangan menggunakan continuous plot sampling dimana jarak antar plot dalam jalur

adalah 40 m untuk tingkat tiang dan 45 m untuk tingkat pancang. Sedangkan untuk jarak antar jalur adalah 200 m dengan titik awal jalur diambil 100 m dari jalan terdekat (Gambar 2).



Gambar 2. Plot pengambilan data
(warna kuning = plot pancang; warna biru = plot tiang)
Figure 1. Plot of data retrieval
(yellow color = plot stake, blue color = plot pole)

Adapun 3 area tebangan yang akan dibandingkan adalah plot tebangan yang belum ditebang (hutan primer), hutan sekunder 1 tahun setelah ditebang (Sekunder 1 tahun) dan hutan sekunder 3 tahun setelah ditebang (sekunder 3 tahun). Adapun jumlah plot yang digunakan untuk mengukur dinamika tingkat pancang dan tiang di tiap tipe hutan adalah 20 plot.

Ukuran plot dalam jalur adalah 10x10m untuk pengukuran pohon tingkat tiang. Sedangkan untuk mempermudah pengukuran pohon tingkat pancang, plot ukuran 5x5 meter juga dibangun didalam plot pengukuran tiang.

Pengategorian tingkatan pancang dan tiang dalam penelitian ini mengikuti klasifikasi (Daniel *et al.*, 1979). Daniel *et al.*, (1979) berpendapat bahwa Tiang adalah pohon kecil dengan diameter 10-19 cm sedangkan pancang adalah pohon pada tahapan tumbuh dewasa. Tinggi pancang biasanya berkisar dari 1 m hingga 3 m. adapun variabel yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah variabel spesies dan jumlah individu dalam populasi.

C. Analisis Data

Pada proses data analisis, data yang dikumpulkan pada hutan primer akan digunakan sebagai data kontrol untuk membandingkan dan mengukur dinamika perubahan spesies pohon komersil tingkat pancang dan tiang setelah ditebang. Penelitian ini mengasumsikan bahwa kondisi awal hutan sekunder sebelum ditebang serupa dengan hutan primer. Penelitian ini membandingkan dinamika populasi pancang dan tiang antar plot tebangan, dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) dengan $\alpha=0,05$. Adapun hipotesis penelitian ini adalah:

- $H_0=H_a$, Jumlah Populasi/diversitas tingkat pancang dan tiang antar plot tebangan yang dibandingkan relatif sama.
- $H_0 \neq H_a$, Jumlah Populasi/diversitas tingkat pancang dan tiang antar plot tebangan yang dibandingkan tidak sama.

Jika hasil ANOVA menyatakan bahwa $H_0 \neq H_a$, analisis lanjutan menggunakan analisis Tukey-Kramer pada $\alpha=0,05$ akan dilakukan untuk mengetahui di umur berapa populasi atau diversitas pancang dan tiang mencapai titik tertinggi.

Selain menggunakan ANOVA penelitian ini juga menggunakan pendekatan kurva akumulatif untuk menganalisis dinamika pohon tingkat pancang dan tiang pada hutan bagian selatan Papua. Analisis ini mempermudah perbandingan perubahan dinamika populasi dan diversitas hutan berdasarkan cakupan luasan lahan dengan menggunakan kurva kumulatif. Pendekatan kurva akumulatif ini juga sudah pernah digunakan untuk mengukur dampak kegiatan penebangan di hutan alam Kalimantan (Cannon *et al.*, 1998).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dinamika spesies pohon pada tingkat pancang

Analisis ANOVA pada Tabel 1 membuktikan bahwa populasi tingkat pohon tingkat pancang berbeda pada tiap tipe hutan

tebangan. Pada tingkat Pancang, nilai Probabilitas kesalahan (P) hasil perbandingan pada taraf uji $\alpha=0,05$ hampir mendekati 0 pada perbandingan kepadatan populasi ($F=31,54$; $P=0,00$) dan diversitas ($F=17,75$; $P=0,00$).

Perbedaan dinamika pancang yang signifikan antara tipe hutan tebangan mengindikasikan bahwa populasi dan kondisi diversitas pohon pada tingkat pancang pada hutan tebangan akan terus berubah setiap tahunnya.

Tabel 1. ANOVA dampak TPTI terhadap dinamika populasi dan diversitas hutan di Papua bagian selatan pada tingkat pancang

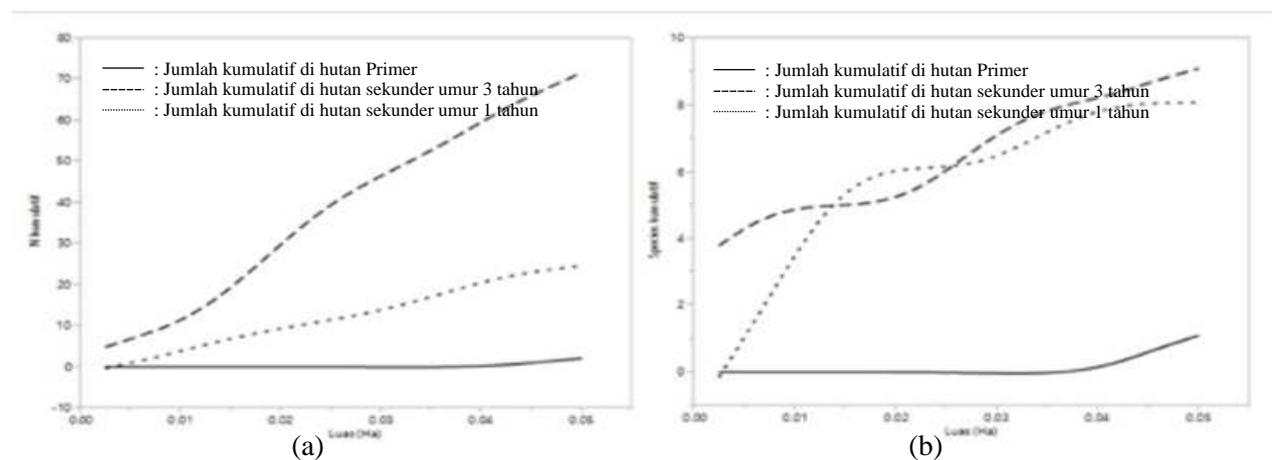
Table 1. ANOVA impact of TPTI on population dynamics and forest diversity in southern part of Papua at stake level

Tingkat tumbuh <i>Level grows</i>	Variable <i>Variable</i>	F	P	Rerata (x) <i>Average (x)</i>		
				Sekunder 3 tahun <i>Secondary 3 years</i>	Sekunder 1 tahun <i>Secondary 1 years</i>	Primer <i>Primary</i>
				Pancang	N	31,54
	Diversitas	17,75	0,00*	1,60a	1,00a	0,10b

Keterangan (*remark*): Tanda (*) menunjukkan bahwa dinamika populasi dan diversitas antar tipe hutan tebangan berbeda pada $\alpha=0,05$. Perbedaan notasi huruf pada kolom rerata menunjukkan bahwa rerata yang dibandingkan berbeda nyata pada $\alpha=0,05$ setelah dilakukan uji lanjutan Tukey-Kramer.

Analisis lanjutan menggunakan Tukey-Kramer pada $\alpha=0,05$ (Tabel 1) juga menunjukkan bahwa populasi pancang dari tahun ketahun meningkat secara signifikan dimana populasi pancang di pada tahun ketiga (3,60) 3 kali lebih tinggi dari tahun pertama (1,20) dan lebih dari 35 kali lebih tinggi dari populasi pancang hutan primer (0,10). Pada

perbandingan diversitas Analisis Tukey-Kramer juga menunjukkan bahwa tegakan hutan sekunder umur 3 tahun (1,60) dan 1 tahun (1,00) lebih beragam dari hutan primer (0,10). Hasil analisis tingkat pancang membuktikan bahwa TPTI memacu peningkatan dan diversitas pohon pada tingkat pancang.



Gambar 3. (a) Kurva populasi kumulatif tingkat pancang, (b) Kurva spesies kumulatif tingkat pancang

Figure 3. (a) The cumulative population curve of the stake level, (b) The cumulative level curve of the stake level

Gambar 3 menunjukkan bahwa tren jumlah kumulatif populasi dan spesies pohon pada tingkat pancang hutan tebangan di Boven digul berkorelasi positif dengan penambahan luas area inventarisasi. Kurva kumulatif menginformasikan bahwa jumlah populasi pohon tingkat pancang yang terinventarisasi bertambah banyak seiring bertambahnya area inventarisasi. Analisis kurva populasi kumulatif memperlihatkan bahwa populasi pancang dan tiang pada hutan sekunder umur 3 tahun (N=72) adalah yang tertinggi dibandingkan dengan hutan sekunder umur 1 tahun (N=27) dan hutan primer (N=4). Jumlah pohon tingkat pancang yang terdeteksi kemungkinan akan terus bertambah jika plot inventarisasi juga ditambah. Selain itu, gambar 2 juga menginformasikan bahwa diversitas pohon tingkat pancang berkembang lebih pesat setelah ditebang. Meskipun diversitas pohon tingkat pancang bertambah pesat, penambahan jumlah plot atau luasan area inventarisasi

sepertinya tidak begitu berpengaruh terhadap jumlah diversitas yang terinventarisasi. Karena peningkatan jumlah spesies baru yang terdeteksi menjadi semakin sedikit setelah luas area inventarisasi mencapai luasan 0.02 Ha (8 plot) terutama pada plot hutan sekunder umur 1 tahun. Seluruh hasil perbandingan jumlah populasi dan spesies kumulatif mengkonfirmasi hasil temuan analisis ANOVA mengenai dinamika pertumbuhan populasi pohon tingkat pancang hutan tebangan. Baik analisis Kurva kumulatif dan ANOVA mengindikasikan bahwa populasi tingkat pancang akan berkembang dengan pesat jika beberapa pohon pada hutan primer ditebang.

B. Dinamika spesies pohon pada tingkat tiang

Hasil analisis ANOVA dampak TPTI terhadap dinamika populasi dan diversitas hutan di Papua bagian selatan pada tingkat tiang disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. ANOVA dampak TPTI terhadap dinamika populasi dan diversitas hutan di Papua bagian selatan pada tingkat tiang

Table 2. ANOVA impact of TPTI on population dynamics and forest diversity in southern part of Papua at pole level

Tingkat tumbuh <i>Level grows</i>	Variable <i>Variable</i>	F	P	Rerata (x) <i>Average (x)</i>		
				Sekunder 3 tahun <i>Secondary 3 years</i>	Sekunder 1 tahun <i>Secondary 1 years</i>	Primer <i>Primary</i>
Tiang	N	33,55	0,00*	3,05a	1,80b	0,20c
	Diversitas	34,62	0,00*	1,80a	1,35a	0,10b

Keterangan (*remark*): Tanda (*) menunjukkan bahwa dinamika populasi dan diversitas antar tipe hutan tebangan berbeda pada $\alpha=0,05$. Perbedaan notasi huruf pada kolom rerata menunjukkan bahwa rerata yang dibandingkan berbeda nyata pada $\alpha=0,05$ setelah dilakukan uji lanjutan Tukey-Kramer.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pada dinamika tingkat tiang, nilai P pada taraf uji $\alpha=0,05$ menunjukkan nilai mendekati nilai 0. Adapun nilai F dan P untuk Populasi tingkat tiang adalah 33,55 dan 0,00 sedangkan untuk diversitas tingkat tiang adalah 34,62 dan 0,00. Hal ini menunjukkan bahwa dinamika populasi dan diversitas pohon pada tingkat tiang cenderung terus berubah setiap tahunnya.

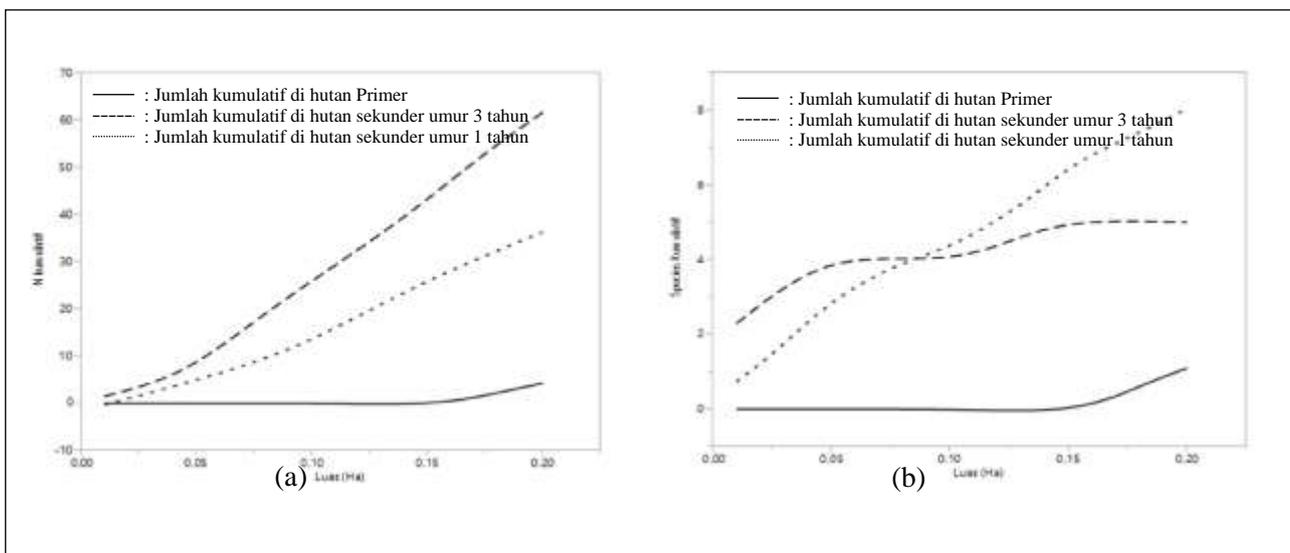
Dinamika ini serupa dengan apa yang terjadi pada hutan tebangan di tingkat pancang dimana jumlah dan diversitasnya terus bertambah seiring dengan bertambahnya umur hutan sekunder.

Hasil analisis Tukey-Kramer pada $\alpha=0,05$ membuktikan pada tingkat tiang bahwa populasi dan diversitas pohon hutan sekunder umur 3 tahun (N= 3,05; diversitas= 1,80) secara

nyata lebih tinggi dari hutan primer ($N=0,20$; diversitas=0,10) dan lebih tinggi populasinya dari hutan sekunder umur 1 tahun ($N=1,80$; diversitas1,35). Dinamika seperti ini hampir serupa dengan yang terjadi pada tingkat pancang dimana hutan sekunder umur 3 tahun memiliki nilai diversitas dan populasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan lainnya.

Meskipun memiliki pola dinamika yang hampir sama dengan tingkat pancang, nilai diversitas pohon tingkat tiang pada tegakan hutan sekunder umur 3 tahun tidak berbeda

nyata dengan diversitas pohon tegakan sekunder umur 1 tahun. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh penerapan RIL pada kegiatan tebangan dimana jumlah kerusakan tegakan tinggal, dalam hal ini pohon tingkat tiang menjadi minimal (Sist & Bertault, 1998). Kerusakan yang minimal pada tingkat tiang menjaga kemampuan spesies pohon tingkat tiang yang sudah ada serta meningkatkan peluang pohon pada tingkat pancang untuk tumbuh ke fase tiang sesaat setelah tebangan (Oliver & Larson, 1996).



Gambar 4. (a) Kurva populasi kumulatif tingkat tiang (b) Kurva spesies kumulatif tingkat tiang
Figure 4. (a) The cumulative population curve poles level (b) cumulative species curves poles level

Dinamika populasi dan diversitas pohon berdasarkan luasannya ditunjukkan oleh Gambar 4. Gambar 4 (a) menunjukkan bahwa populasi pohon tingkat tiang yang teridentifikasi akan bertambah besar jika jumlah plot/luas area inventarisasi ditingkatkan. Gambar 4 (a) juga menunjukkan bahwa populasi pohon tingkat tiang terbanyak ditemukan pada tegakan hutan sekunder umur 3 tahun ($N=61$), diikuti hutan sekunder umur 1 tahun ($N=36$) dan hutan primer ($N=4$). Sama seperti tingkat pancang, kemungkinan populasi tiang yang terinventarisasi akan terus bertambah jika jumlah luas/plot pengamatan diperbanyak.

Gambar 4 (b) menunjukkan bahwa pola diversitas pohon tingkat tiang cenderung bertambah seiring meningkatnya jumlah plot dan luas area sampel. Hanya pada area hutan sekunder umur 3 tahun pola diversitas tidak berubah meskipun luas area inventarisasi bertambah (spesies total=5). Hingga akhir penambahan area inventarisasi diversitas tiang hutan umur 3 tahun hanya bisa mencapai setengah dari nilai nilai diversitas hutan sekunder umur 1 tahun (spesies total=8).

Jika dilakukan pengamatan menyeluruh pada tingkat pancang dan tiang, perbedaan tren pada kurva diversitas pohon pada tingkat pancang dan tiang mungkin disebabkan oleh

perbedaan kemampuan spesies pohon merespon perubahan lingkungan akibat kegiatan pembukaan lahan. Kegiatan pembukaan lahan biasanya memberikan ruang kompetisi baru untuk pohon di strata bawah untuk mendapatkan cahaya dan lebih banyak unsur hara (Curran *et al.*, 1999, Daniel *et al.*, 1979). Meskipun sama-sama mendapatkan keuntungan dari pembukaan lahan, kemampuan spesies- spesies pohon di tegakan hutan untuk tumbuh menjadi tiang dan pohon dewasa cenderung berbeda (Pallardy, 2010). Karena keterbatasan kemampuan pertumbuhan ini, beberapa pohon yang ditemukan banyak pada level pancang, sedikit ditemukan tumbuh pada level tiang.

Hasil analisis keseluruhan kurva analisis dan ANOVA membuktikan bahwa perlakuan TPTI berimbang pada dinamika populasi dan diversitas pohon hutan tebangan. Kedua analisis membuktikan bahwa jumlah populasi dan spesies pohon hutan alam Papua akan meningkat sesaat setelah ditebang dengan sistem TPTI. Pada hutan alam Papua bagian selatan, ledakan populasi dan diversitas pada tingkat pancang dan tiang terjadi setahun setelah hutan ditebang. Meskipun demikian, ledakan populasi tingkat tiang dan pancang tidak berlanjut di tahun ke 3. Berhentinya ledakan populasi mungkin disebabkan pada tahun ketiga, hutan sekunder mulai memasuki tahap peralihan dari *stem initiation stage* ke *stem exclusion stage*. Pada tahap peralihan ini, beberapa pancang dan tiang pohon-pohon pada hutan tebangan akan mengalami perlambatan pertumbuhan, bahkan di beberapa spesies pohon akan mengalami penurunan populasi meskipun secara statistik jumlah spesies masih relatif sama (Oliver & Larson, 1996).

Data tambahan mungkin masih diperlukan untuk menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi utama evaluasi hutan Papua. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk melingkupi hasil penelitian ini. Terutama penelitian yang membahas dampak TPTI terhadap diversitas jenis pohon non komersil, tumbuhan lain atau fauna hutan di Papua bagian selatan. Penambahan data dari hutan sekunder dengan umur lebih dari 3 tahun mungkin bisa

melengkapi informasi dinamika spesies komersil pada jangka menengah dan jangka panjang.

Penelitian ini menginformasikan bahwa jumlah populasi dan diversitas pohon komersil hutan sekunder meningkat setelah sesaat ditebang dengan TPTI. Hal ini mengindikasikan bahwa pada tingkat tiang dan pancang, perlakuan TPTI memberikan dampak yang positif terhadap peningkatan populasi dan diversitas. Perawatan dan pengawasan lebih lanjut mungkin perlu dilakukan untuk menjaga diversitas dan jumlah populasi tetap tinggi hingga hutan sekunder siap ditebang lagi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa dalam jangka pendek, TPTI berdampak positif terhadap populasi dan diversitas pohon komersil pada tingkat pancang dan tiang. Pada tingkat pancang, jumlah populasi dan diversitas pohon komersil terus bertambah hingga akhir pengamatan. Sedangkan untuk tingkat tiang, penambahan diversitas cenderung menurun 3 tahun setelah kegiatan tebangan. Untuk tetap menjaga diversitas hutan sekunder pasca TPTI, perawatan dan pengawasan lebih lanjut pada hutan sekunder masih perlu dilakukan.

A. Saran

Meskipun hasil penelitian ini menginformasikan bahwa TPTI berdampak positif terhadap diversitas hutan Papua, penelitian lebih lanjut masih perlu dilakukan untuk menganalisis dampak TPTI di Papua karena penelitian ini dilakukan pada jangka waktu yang pendek sedangkan dampak TPTI terhadap dinamika spesies komersil jangka menengah dan jangka panjang masih belum diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

Cannon, C. H., Peart, D. R. & Leighton, M. 1998. Tree species diversity in commercially logged Bornean rainforest. *Science*, 281, 1366-1368

- Cannon, C. H., Peart, D. R., Leighton, M. & Kartawinata, K. 1994. The structure of lowland rainforest after selective logging in West Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 67, 49-68.
- Curran, L. M., Caniago, I., Paoli, G., Astianti, D., Kusneti, M., Leighton, M., Nirarita, C. & Haeruman, H. 1999. Impact of El Nino and logging on canopy tree recruitment in Borneo. *Science*, 286, 2184-2188.
- Daniel, T. W., Helms, J. A. & Baker, F. S. 1979. *Principles of silviculture*, McGraw-Hill Book Company.
- Davis, A. J. 2000. Does reduced-impact logging help preserve biodiversity in tropical rainforests? A case study from Borneo using dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) as indicators. *Environmental Entomology*, 29, 467-475.
- El Halim, R., Hastanti, B. W. & Brack, C. L. 2015. The Impact Of Tpti Regime On Commercial Tree Spesies Conditions On West Papua's Natural Forest. In: Lowe, A., Cheoul, K. Y., Rimbawanto, A., Leksono, B., Widyatmoko, A. Y. P. B. C. & Nirsatmanto, A. (Eds.) *International Seminar On Challenges Of Sustainable Forest Plantation Development*. Yogyakarta: Centre For Forest Biotechnology And Tree Improvement Research Ministry Of Environment And Forestry Of Indonesia.
- Hardus, M. E., Lameira, A. R., Menken, S. B. J. & Wich, S. A. 2012. Effects of logging on orangutan behavior. *Biological Conservation*, 146, 177-187.
- Marshall, A. J. & Beehler, B. M. 2007. *Ecology of Indonesian Papua Part Two*, Tuttle Publishing.
- Oliver, C. D. & Larson, B. C. 1996. *Forest stand dynamics*, New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Pallardy, S. G. 2010. *Physiology of woody plants*, San Diego, Academic Press.
- Sist, P. & Bertault, J. 1998. Reduced-impact logging experiments: impact of harvesting intensities and logging techniques on stand damage.
- Sist, P., Dykstra, D. & Fimbel, R. 1998. Reduced-impact logging guidelines for lowland and hill dipterocarp forests in Indonesia, CIFOR.
- Sist, P., Sheil, D., Kartawinata, K. & Priyadi, H. 2003. Reduced-impact logging in Indonesian Borneo: some results confirming the need for new silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management*, 179, 415-427.
- Suryatmojo, H., Masamitsu, F., Kosugi, K. & Mizuyama, T. 2011. Impact of selective logging and an intensive line planting system on runoff and soil erosion in a tropical Indonesian rainforest. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 146, 288-300.
- Yasman, I. 1998. Improving silvicultural techniques for sustainable forest management in Indonesia. *Research in tropical rain forests: Its challenges for the future*. Tropenbos.