

**KERAGAAN HUTAN DIPTEROCARPACEAE
DENGAN PENDEKATAN MODEL STRUKTUR TEGAKAN**
(*Performance of Dipterocarps Forest base on Stand Structure Model Approach*)

**Farida Herry Susanty¹⁾, Endang Suhendang²⁾, I Nengah Surati Jaya²⁾
dan/and Cecep Kusmana²⁾**

¹⁾Balai Besar Penelitian Dipterokarpa
Jl. A. Wahid Syahrani No. 68 Sempaja Kotak Pos 1206 Samarinda
Telp. 0541-206364 / Fax. 0511-742298

²⁾Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor,
Kampus Dramaga IPB, Bogor

Naskah masuk : 1 Mei 2013; Naskah diterima : 20 November 2013

ABSTRACT

Variety of forest conditions indicates differences on structure, a species composition and potential value as well as variations in stand density. Stand structure model plays an importance of stand structure models in the forest management, especially on yield regulation. It can provide quantitative tools for a variety of dipterocarp forests in Indonesia. The study objective was to determine stand structure models of dipterocarps forest in logged-over forests. The study site was located in Labanan forest, East Kalimantan Province. Data were collected from measurement of permanent plots within logged-over forest were that represent three different logging techniques, i.e., (a) reduced impact logging with diameter limit 50 cm (RIL50), (b) RIL60, (c) conventional logging and (d) primary forest. Total permanent plot area is about 48 Ha. The result showed that based on density and basal area, about 85% of residual stands of 17-years after logging with different harvesting techniques had been well recovered. Distribution family function that outfit for species groups i.e., Shorea spp., Dipterocarps non Shorea, Non Dipterocarpaceae and all species were lognormal pattern.

Keywords: *Dipterocarps, density, basal area, stand structure*

ABSTRAK

Ragam kondisi hutan menunjukkan perbedaan struktur, komposisi jenis dan nilai potensi serta variasi kerapatan tegakan. Kebutuhan dan peran penting model struktur tegakan dalam pengelolaan hutan terutama dalam pengaturan hasil menjadi tuntutan penyediaan perangkat kuantitatif untuk berbagai variasi kondisi hutan *Dipterocarpaceae* di Indonesia. Tujuan penelitian adalah menentukan model struktur tegakan hutan *Dipterocarpaceae* hutan bekas tebangan berdasarkan data runtun waktu. Penelitian dilaksanakan di hutan penelitian Labanan Kabupaten Berau Propinsi Kalimantan Timur. Data diperoleh dari hasil pengukuran plot permanen pada hutan alam bekas tebangan dengan tiga teknik penebangan yang berbeda yaitu (a) penebangan ramah lingkungan dengan limit diameter 50 cm (RIL 50), (b) RIL 60, (c) teknik konvensional dan (d) hutan primer sebagai kontrol. Total luas plot permanen adalah 48 Ha. Penentuan model struktur tegakan terbaik berdasarkan fungsi kemungkinan maksimum famili sebaran yang dicobakan meliputi fungsi eksponensial, gamma, lognormal dan Weibull. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan kerapatan dan bidang dasar tegakan, tingkat pemulihan tegakan sekitar 85% tercapai pada jangka waktu 17 tahun setelah penebangan dengan teknik penebangan yang berbeda. Fungsi famili sebaran terpilih yang sesuai untuk kelompok jenis *Shorea* spp., *Dipterocarpaceae* non *Shorea*, Non *Dipterocarpaceae* dan semua jenis adalah berbentuk lognormal.

Kata kunci: *Dipterocarpaceae, kerapatan, bidang dasar, struktur tegakan*

I. PENDAHULUAN

Hutan tropika dataran rendah di Asia Tenggara didominasi oleh famili Dipterocarpaceae (Ashton, 1982) sehingga sering disebut sebagai hutan Dipterocarpaceae. Hutan Dipterocarpaceae di wilayah Malesia Barat merupakan tipe hutan tropis paling produktif berdasarkan nilai kayunya (FAO, 2001). Di Indonesia, famili Dipterocarpaceae mempunyai kontribusi terbesar (lebih dari 25%) sebagai kayu komersial hutan alam dengan volume antara 50–100 m³ ha⁻¹ terutama untuk wilayah hutan di Kalimantan (Sist *et al.*, 2003).

Ragam kondisi hutan primer dan hutan bekas tebangan menunjukkan perbedaan struktur, komposisi jenis dan nilai potensi (Ishida *et al.*, 2005), serta variasi kerapatan tegakan, laju kematian (*mortality*) dan laju alih tumbuh (*ingrowth*) (Lewis *et al.*, 2004). Tingkat keragaman jenis suatu vegetasi merupakan hasil dari proses ekofisiologis yang dinamis dan korelasi dengan kondisi iklim setempat, kondisi hara, rentang toleransi jenis, faktor biogeografi atau sebaran jenis dan variasi kondisi ekologi hutan (Lee *et al.*, 2002). Pemulihan pertumbuhan tegakan hutan berjalan seiring waktu (Smith dan Nichols, 2005), dengan jangka waktu yang beragam tergantung pada tingkat kerusakan hutan dan daya dukung lingkungannya (Muhdin *et al.*, 2008). Kondisi hutan alam produksi di Indonesia lebih dari 50% berupa hutan bekas tebangan (Ditjen Planologi Kehutanan, 2011), maka sangat penting untuk mengetahui variasi karakteristik tegakan hutan bekas tebangan. Untuk menurunkan adanya kesenjangan (*gap*) antara kegiatan eksploitasi hutan dan upaya konservasi yang diperlukan untuk hutan Dipterocarpaceae, maka diperlukan informasi yang lebih banyak tentang karakteristik biologi dan ekologi dari hutan Dipterocarpaceae, sebagai dasar ilmiah dalam kebijakan manajemen hutan yang efektif (Naito *et al.*, 2008).

Prodan (1968) menyatakan bahwa karakteristik biometrik hutan merupakan pendekatan kuantitatif untuk menjelaskan proses-proses penting dalam hutan, yang mempelajari sifat-sifat atau ciri-ciri tegakan hutan dalam ukuran (metrik) suatu dimensi biologi spesifik sebagai identitas pengenal yang bersifat kuantitatif (skala rasio dan interval). Sebagian besar penelitian awal dalam biometrik hutan terutama pemodelan pertumbuhan hutan ditujukan pada hutan tanaman atau hutan *temperate*, yang tidak mempunyai kompleksitas seperti pada hutan tropis (Vanclay, 2003). Pemodelan dinamika hutan dalam ber-

bagai studi kuantitatif seringkali dihadapkan pada heterogenitas dan kompleksitas hutan (berupa keragaman tegakan dan variasi kondisi) dan keterbatasan atau ketiadaan data yang bersifat jangka panjang (Kariuki *et al.*, 2006). Pemantauan dimensi tegakan hutan alam tanah kering melalui plot-plot permanen memerlukan jangka waktu pengukuran optimal 2–3 tahun (Suhendang, 1997).

Pengetahuan model struktur tegakan sangat diperlukan untuk menjamin tingkat keterandalan tertentu dalam pendugaan dimensi tegakan, sehingga dapat memberikan efisiensi penerapan yang luas dan akurasi yang tinggi (Prodan, 1968). Data mengenai dimensi tegakan sangat berguna dalam menyusun rencana pengelolaan hutan, disamping potensi jenis dan kualitasnya. Agar diperoleh tingkat keterandalan yang tinggi, maka proses pendugaan dimensi tegakan harus didasarkan kepada bentuk struktur tegakan yang terandalkan. Suhendang (1985) mengemukakan 5 (lima) kegunaan struktur tegakan hutan, yaitu: penentuan kerapatan pohon pada berbagai kelas diameter, penentuan luas bidang dasar tegakan, pengamatan dendrometrik, penentuan volume tegakan dan nilai komersil tegakan dan penentuan biomassa tegakan. Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan model struktur tegakan terbukti memberikan efisiensi metode inventarisasi dibandingkan dengan metode konvensional sensus pendugaan jumlah pohon, luas bidang dasar, dan volume tegakan per hektar (Udiansyah, 1994). Dalam perencanaan pengelolaan hutan, penyusunan model-model kuantitatif sebagai *quantitative tools* diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan validitas dalam mencapai pengelolaan hutan yang kontinyu/lestari (Phillips *et al.*, 2002). Struktur tegakan merupakan komponen penting dalam analisis tegakan hutan alam untuk menerangkan dinamika tegakan dalam hutan tropis (Lewis *et al.*, 2004). Kebutuhan dan peran penting model struktur tegakan dalam pengelolaan hutan di masa mendatang menuntut perlunya penyediaan perangkat kuantitatif yang valid untuk berbagai variasi kondisi hutan Dipterocarpaceae di Indonesia.

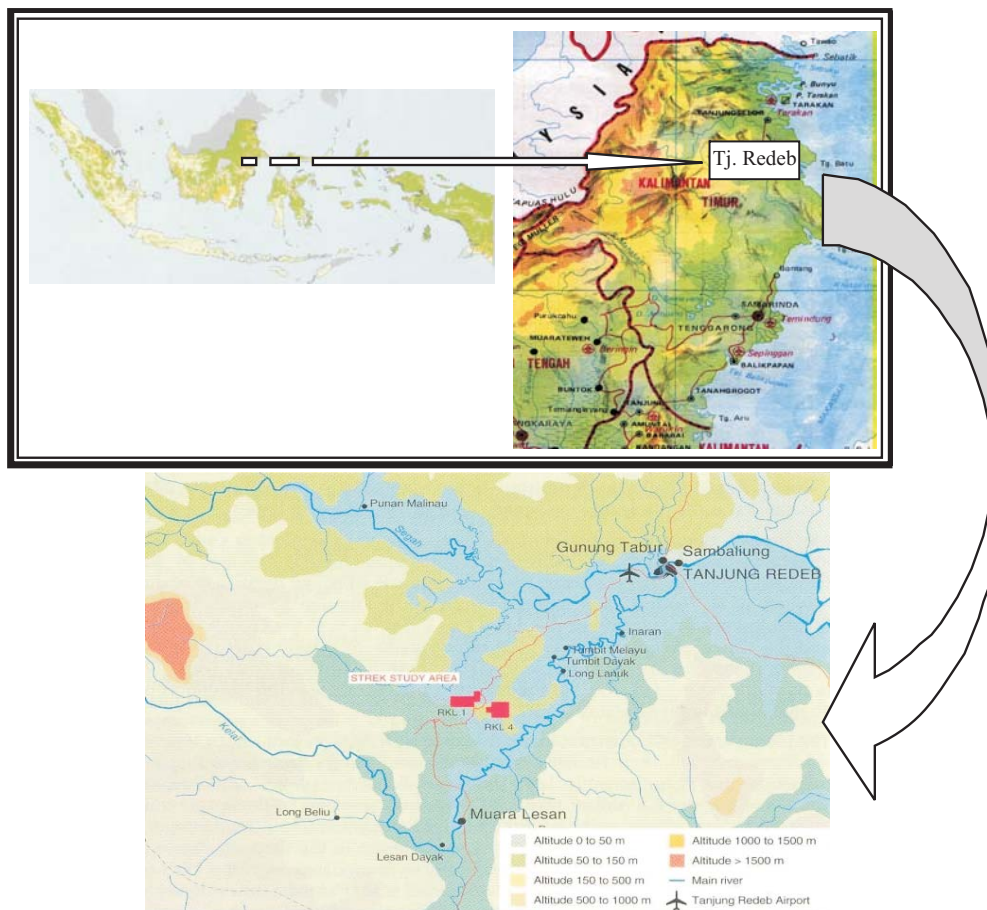
Tujuan penelitian ini adalah menentukan model struktur tegakan berdasarkan kerapatan dan bidang dasar tegakan hutan bekas tebangan pada variasi kondisi dengan teknik penebangan yang berbeda. Penyusunan model struktur tegakan adalah dalam rangka penyusunan keragaan karakteristik biometrik hutan Dipterocarpaceae untuk menunjang praktek pengelolaan hutan campuran tidak seumur dengan tujuan utama menghasilkan kayu secara berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada plot ukur permanen yang berada dalam wilayah Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) stasiun penelitian hutan Labanan yang terletak di Desa Labanan, Kabupaten Berau Kalimantan Timur (Gambar 1). Secara geografis terletak antara 117°10'22"-117°15'35" Bujur Timur dan 1°52'43"-1°57'34" Lintang Utara. Berdasarkan wilayah administrasi pemerintahan, KHDTK Labanan termasuk dalam wilayah Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur (B2PD 2012). Areal

hutan Labanan mempunyai kelerengan dari landai (0–8%) hingga curam (> 45%), dengan topografi yang cenderung berbukit dengan ketinggian areal hingga 500 m dpl. Batuan dasar berupa deposit alluvial (*mudstone, silstone, sandstone* dan *gravel*) dari batuan induk Miocene dan Pliocene. Jenis tanah meliputi Podsolik merah kuning, latosol dan litosol (B2PD 2012). Berdasarkan klasifikasi iklim Schmidt dan Ferguson (1951) dari stasiun pengamat iklim Kalimantan yang berjarak kurang lebih 60 km, KHDTK Labanan termasuk ke dalam tipe iklim B (sangat basah) dengan Nilai Q = 14,3% (B2PD, 2012).



Gambar (Figure) 1. Lokasi plot penelitian (Research plot location)

Pelaksanaan kegiatan penelitian meliputi pengumpulan data lapangan, pengolahan dan analisis data pada bulan Oktober 2012 sampai dengan April 2013.

B. Bahan dan Alat

Bahan penelitian berupa hutan bekas tebangan dan hutan primer dengan pengukuran ulang semua jenis pohon dengan limit diameter 10 cm pada plot permanen. Alat-alat yang dipergunakan adalah kompas, clinometer dan pita ukur/phi band serta program pengolah data Visual FoxPro 6.0 dan MATLAB ver 7.7.

C. Metode Penelitian

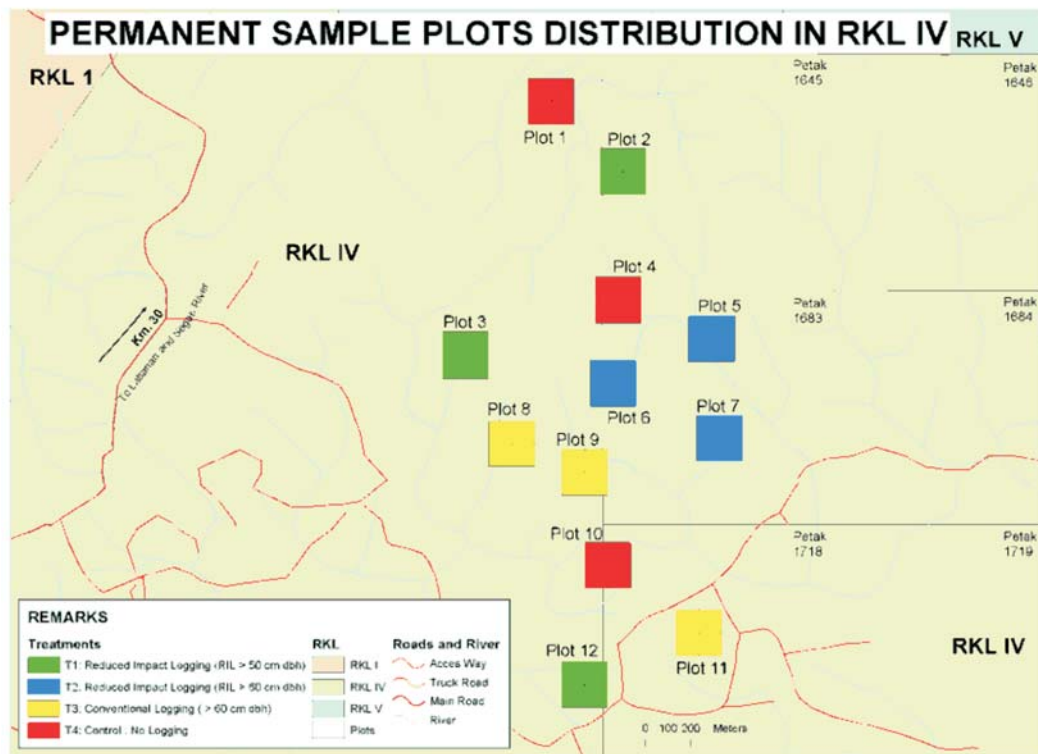
Desain plot penelitian adalah plot permanen yang dibangun pada tahun 1990, dengan ukuran plot 200 x 200 m (4 ha) yang terbagi dalam 4 sub-plot dengan ukuran 100 x 100 m (1 ha). Masing-masing sub plot dibuat sub-sub plot berukuran 20 x 20 m sebanyak 25 buah, dengan 4 variasi kondisi hutan alam dengan total luas 48 ha.

Pengumpulan data tegakan dilakukan berdasarkan kegiatan inventarisasi tegakan secara

sensus dalam plot penelitian. Inventarisasi dilakukan pada semua jenis pohon dengan limit diameter 10 cm dengan data yang dikumpulkan meliputi: nama jenis pohon, keliling batang (setinggi dada 1,3 m atau 20 cm di atas banir), pohon mati dan posisi pohon dalam plot.

Pengukuran dimensi tegakan dan validasi data dilaksanakan secara periodik setiap dua tahun. Perlakuan pada plot penelitian adalah sebagai berikut (Gambar 2):

- RIL 50: teknik penebangan ramah lingkungan dengan limit diameter 50 cm, melakukan perencanaan jalan sarad berdasarkan peta garis kontur dan posisi pohon serta dilakukan pengawasan penebangan (3 plot).
- RIL 60: teknik penebangan ramah lingkungan dengan limit diameter 60 cm, melakukan perencanaan jalan sarad berdasarkan peta garis kontur dan posisi pohon serta dilakukan pengawasan penebangan (3 plot).
- CNV: teknik penebangan konvensional dengan limit diameter 60 cm, tidak ada perencanaan jalan sarad ataupun peta posisi pohon (3 plot).
- HP: hutan primer sebagai kontrol (3 plot).



Gambar (Figure) 2. Desain plot penelitian (Research plot design)

D. Analisis Data

Analisis data tegakan dilakukan dengan menggunakan program *spreadsheet* yang meliputi penyusunan model struktur tegakan berdasarkan kerapatan (pohon ha⁻¹) dan bidang dasar (m² ha⁻¹) tegakan dengan limit diameter 10 cm untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae (terbagi dalam kelompok jenis *Shorea* spp. dan Dipterocarpaceae non *Shorea*) dan non Dipterocarpaceae. Metode penyusunan model struktur tegakan meliputi (a) pemeriksaan data (*data exploratory*), (b) pemilihan model (*model selection*) dilakukan pada 12 plot contoh, (c) pengujian keabsahan (*model validation*) dilakukan pada 36 plot contoh lain (36 ha) dan (d) penerapan model. Model famili sebaran yang dicobakan meliputi famili sebaran eksponensial, gamma, lognormal dan Weibull. Pemilihan famili sebaran yang dianggap terbaik berdasarkan nilai fungsi kemungkinan maksimum (Suhendang, 1985). Model yang terpilih kemudian diterapkan untuk menentukan kerapatan tegakan dan luas bidang dasar tegakan.

1. Penentuan kerapatan tegakan

Jika N adalah total jumlah pohon per hektar, $f(x)$ adalah fungsi kepekatan model sebaran terpilih, x adalah diameter pohon (cm), maka jumlah pohon per hektar dalam kelas diameter ke- i (N_i) dengan x_i adalah nilai tengah kelas diameter ke- i diformulasikan (Suhendang, 1985) sebagai berikut :

$$N_i = \int_{x_i - \frac{k}{2}}^{x_i + \frac{k}{2}} f(x) dx \quad \text{pohon per hektar} \dots (1)$$

dimana k = selang kelas diameter

2. Penentuan luas bidang dasar tegakan

Jika N_i adalah jumlah pohon dalam kelas diameter ke- i , yang dihitung dengan menggunakan model sebaran terpilih, x_i adalah

titik tengah kelas diameter ke- i , maka luas bidang dasar tegakan kelas diameter ke- i diformulasikan (Suhendang, 1985) sebagai berikut :

$$G_i = \frac{1}{4} (x_i^2 N_i) \text{ m}^2/\text{ha}$$

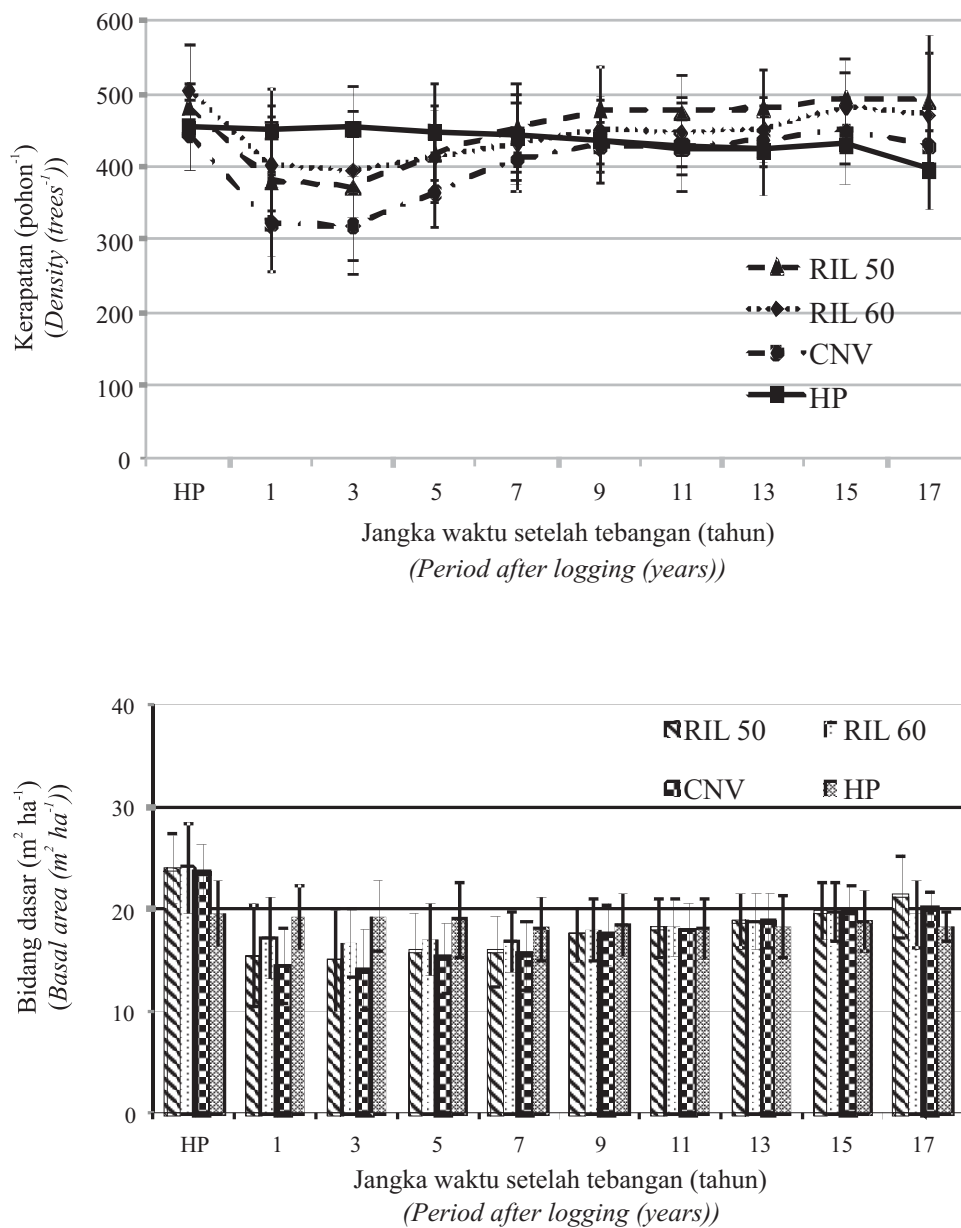
Penilaian karakteristik tegakan tinggal dilakukan dengan membandingkan variasi kondisi hutan dengan menggunakan uji beda nilai rata-rata (uji t). Untuk menilai bentuk hubungan antara jangka waktu pemulihan setelah penebangan dengan kerapatan dan bidang dasar tegakan dilakukan analisis regresi. Persamaan regresi yang dicobakan adalah persamaan linear, polinomial, eksponensial dan logaritma. Kriteria pemilihan persamaan terbaik berdasarkan nilai koefisien regresi (r) dan koefisien determinasi (R^2) tertinggi serta nilai standar error (SE) terkecil (Steel dan Torrie, 1995).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Kerapatan dan bidang dasar tegakan

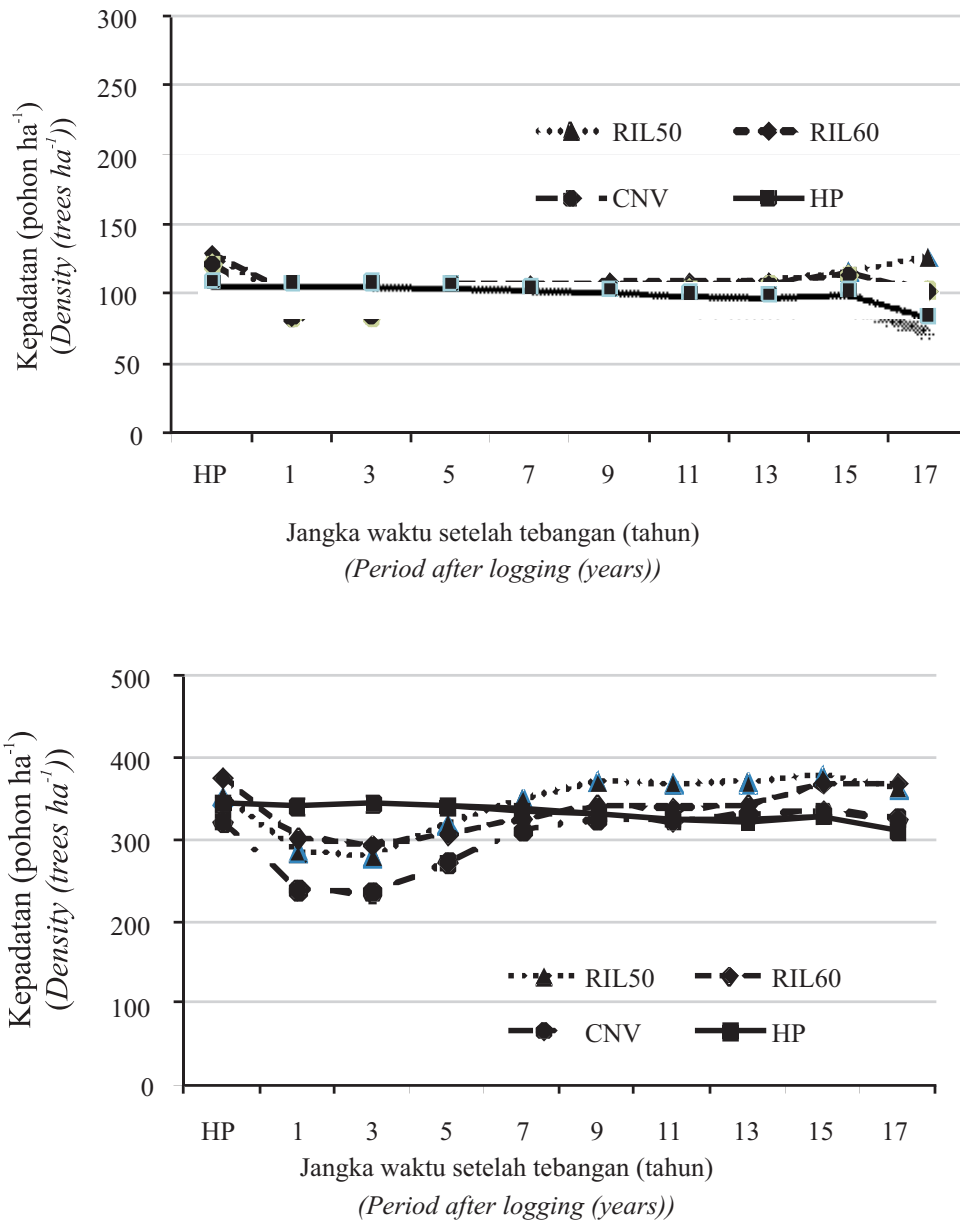
Fluktuasi kondisi kerapatan (pohon ha⁻¹) dan bidang dasar (m² ha⁻¹) tegakan hutan alam setelah penebangan meningkat mendekati kondisi awal tegakan sebelum penebangan yang berupa hutan primer, seiring jangka waktu setelah penebangan (Gambar 3). Tingkat kerapatan tegakan hutan alam bekas tebangan telah mendekati kondisi hutan primer pada 9 tahun setelah penebangan, sedangkan berdasarkan nilai bidang dasar tegakan kondisi dicapai pada 11 tahun setelah penebangan.



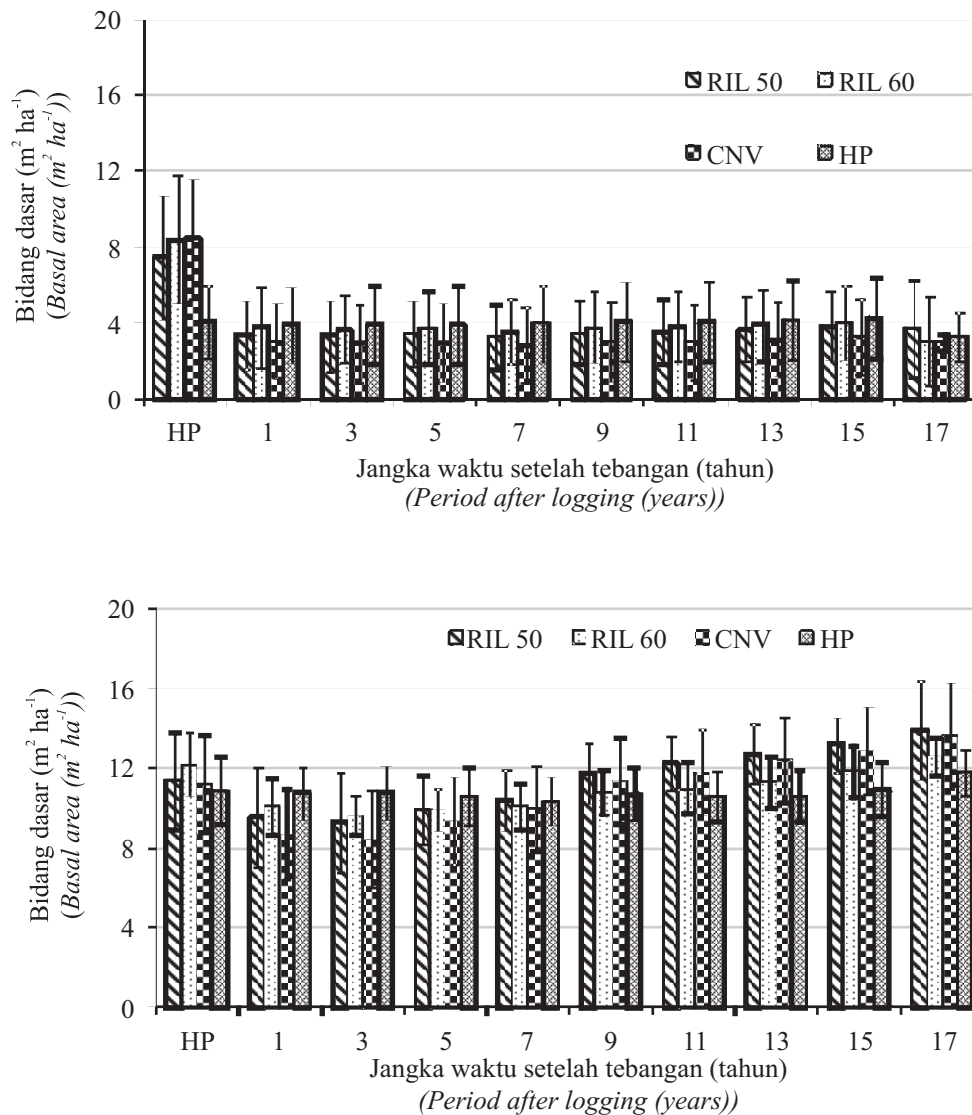
Gambar (Figure) 3. Kondisi tegakan dengan teknik penebangan yang berbeda berdasarkan (a) kerapatan tegakan rata-rata (pohon ha⁻¹) dan (b) bidang dasar rata-rata (m² ha⁻¹) (Stand condition with different logging technique based on (a) mean stand density (trees ha⁻¹) and (b) mean basal area (m² ha⁻¹))

Pada tegakan hutan 17 setelah penebangan mempunyai kesamaan sebesar 66,7–77,8% dibandingkan dengan hutan primer berdasarkan tingkat kerapatan dan luas bidang dasar tegakan. Jika dibandingkan dengan kondisi sebelum penebangan, pemulihan tegakan setelah 17 tahun cenderung positif berdasarkan tingkat kerapatan

(93–102%) dan bidang dasar tegakan (81,0–88,8%). Fluktuasi kerapatan tegakan dan bidang dasar tegakan pada masing-masing plot penelitian berdasarkan kelompok jenis Dipterocarpaceae dan non Dipterocarpaceae mempunyai kecenderungan yang berbeda-beda (Gambar 4 dan 5).



Gambar (Figure) 4. Kerapatan tegakan rataaan (pohon ha⁻¹) dengan teknik penebangan yang berbeda berdasarkan kelompok jenis (a) Dipterocarpaceae dan (b) non Dipterocarpaceae (Mean stand density (trees ha⁻¹) with different logging technique based on species group (a) Dipterocarps and (b) non Dipterocarps)

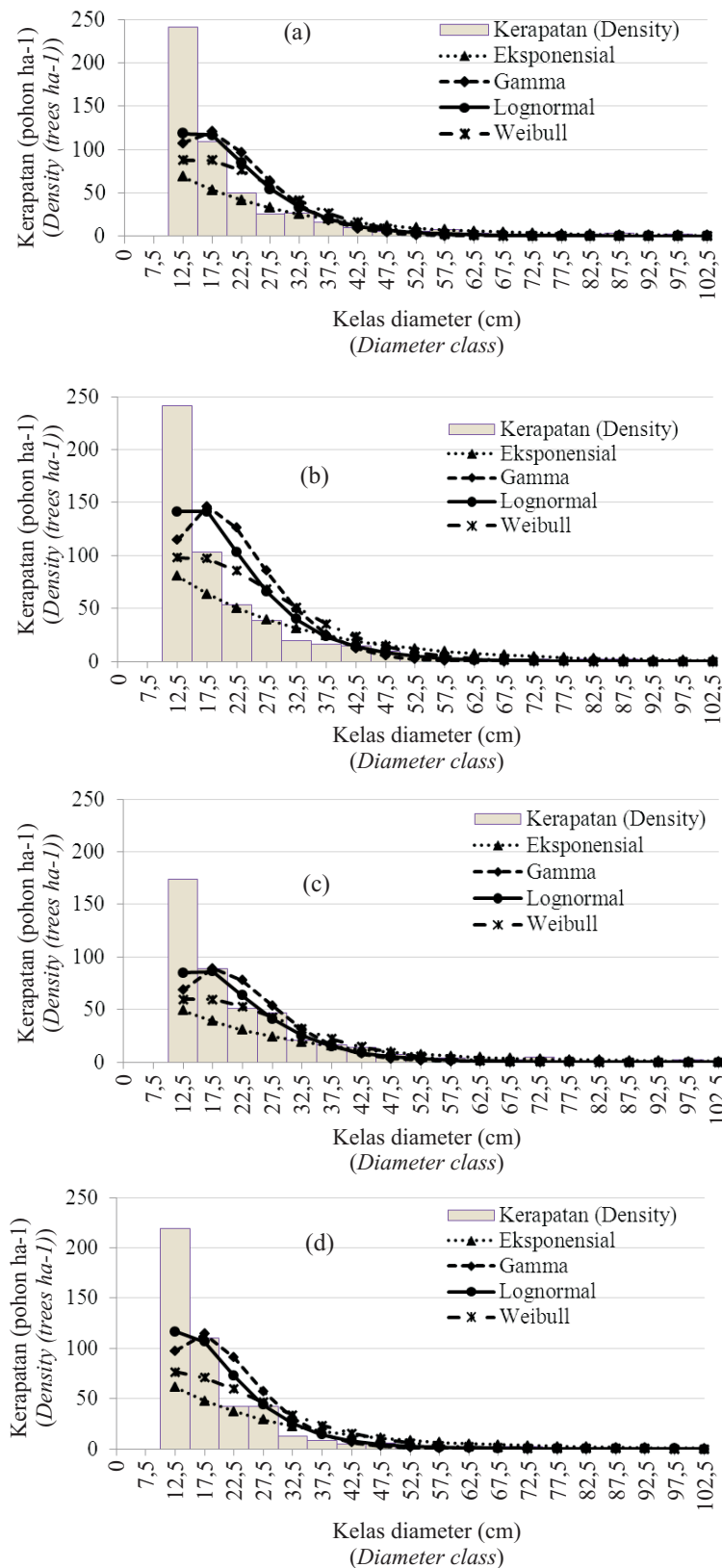


Gambar (Figure) 5. Luas bidang dasar tegakan rata-rata ($m^2 ha^{-1}$) dengan teknik penebangan yang berbeda berdasarkan kelompok jenis (a) Dipterocarpaceae dan (b) non Dipterocarpaceae (Mean stand basal area ($m^2 ha^{-1}$) with different logging technique based on species group (a) Dipterocarps and (b) non Dipterocarps)

2. Model struktur tegakan

Penyusunan model struktur tegakan hutan Dipterocarpaceae dilakukan dengan mencobakan 4 model famili sebaran yaitu eksponensial, gam-

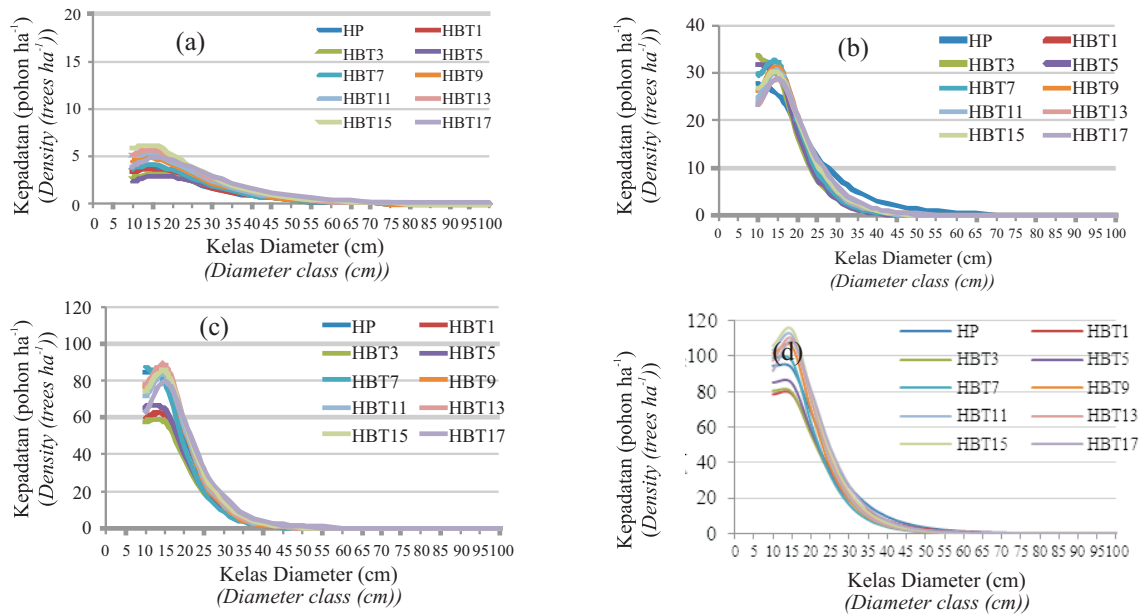
ma, lognormal dan weibull (Gambar 6). Penentuan fungsi sebaran terpilih dilakukan berdasarkan nilai fungsi kemungkinan maksimum dari perhitungan 12 plot contoh (12 ha) pada masing-masing kondisi tegakan.



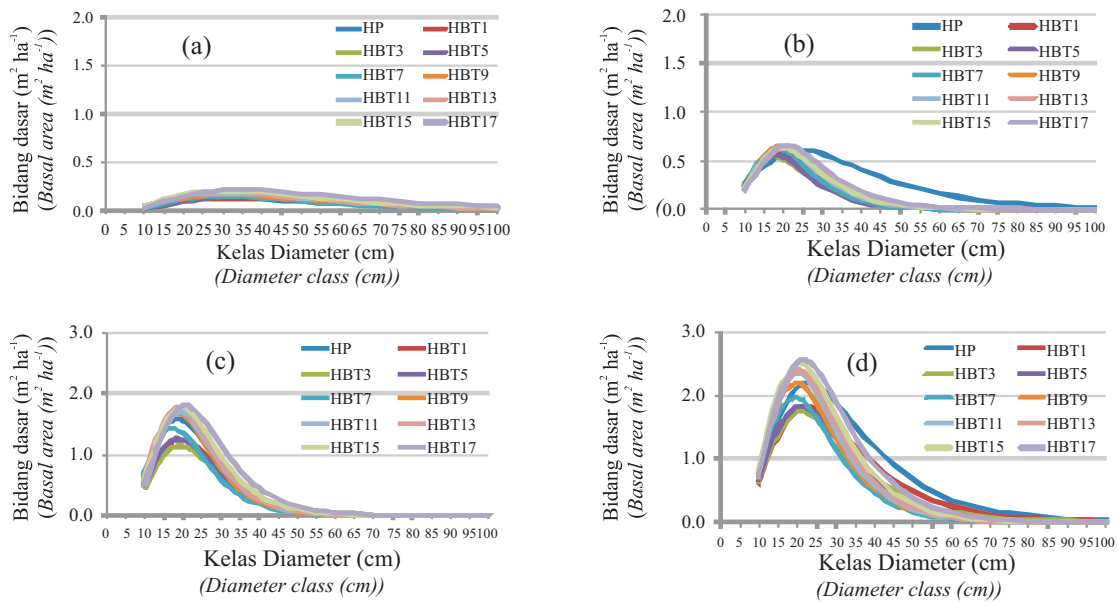
Gambar (Figure) 6. Perbandingan model struktur tegakan untuk semua jenis pada (a) RIL 50; (b) RIL 60; (c) penebangan konvensional dan (d) hutan primer (Comparison of stand structure models for all species on (a) RIL 50; (b) RIL 60; (c) conventional logging and (d) primary forest)

Hasil pengujian keabsahan (*model validation*) dilakukan pada 36 plot contoh lain (36 ha) terhadap model lognormal menunjukkan penerimaan 100% baik untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae (termasuk *Shorea* spp. dan Dipterocarpaceae non *Shorea*), non Dipterocarpaceae maupun semua jenis. Model famili sebaran Lognor-

mal merupakan model terpilih sebagai model terbaik yang lebih tepat dibandingkan model-model sebaran lain yang dicobakan untuk menerangkan struktur tegakan kelompok jenis Dipterocarpaceae (*Shorea* spp. dan Dipterocarpaceae non shorea), non Dipterocarpaceae serta untuk semua jenis (Gambar 7–8).



Gambar (Figure) 7. Model famili sebaran terpilih (lognormal) berdasarkan kerapatan tegakan hutan bekas tebangan (HBT) untuk kelompok jenis (a) *Shorea* spp.; (b) Dipterocarpaceae non shorea; (c) non Dipterocarpaceae dan (d) semua jenis (*Selected distribution family model (lognormal) based on stand density of logged over forests for species group (a) Shorea spp.; (b) Dipterocarps non shorea; (c) non Dipterocarps and (d) all species*)



Gambar (Figure) 8. Model famili sebaran terpilih (lognormal) berdasarkan bidang dasar tegakan hutan bekas tebangan (HBT) untuk kelompok jenis (a) *Shorea* spp.; (b) Dipterocarpaceae non shorea; (c) non Dipterocarpaceae dan (d) semua jenis (*Selected distribution family model (lognormal) based on stand basal area of logged over forests for species group (a) Shorea spp.; (b) Dipterocarps non shorea; (c) non Dipterocarps and (d) all species*)

Analisis regresi hubungan antara jangka waktu pemulihan selama 17 tahun setelah penebangan terhadap kerapatan dan bidang dasar tegakan pada semua plot penelitian (48 ha) mempunyai korelasi yang rendah (Tabel 1),

dengan varians yang signifikan untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae, *Shorea* spp., Dipterocarpaceae non *Shorea*, non Dipterocarpaceae dan semua jenis.

Tabel (Table) 1. Persamaan regresi hubungan jangka waktu setelah penebangan (x) terhadap kerapatan dan bidang dasar untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae, *Shorea* spp., Dipterocarpaceae non shorea (D-s), non Dipterocarpaceae (ND) dan semua jenis (SJ) (*Regression equation of period after logging (x) to density and basal area for species group Dipterocarps, Shorea spp., Dipterocarps non shorea (D-s), non Dipterocarps (ND) and all species (SJ)*).

| Kelompok Jenis (Species group) | Fungsi (Kerapatan) Function (Density) | Fungsi (Bidang dasar) Function (Basal area) |
|--------------------------------|---|---|
| D | $Y(K) = 81,274e^{0,0163x}$ $R^2 = 0,0624$ SE = 0,1436 P _{value} =0,00 | $y(B) = 0,0008x^3 - 0,0042x^2 - 0,1182x + 6,4719$ $R^2 = 0,0340$ SE = 2,2055 P _{value} =0,00 |
| <i>Shorea</i> spp. | $y(K) = 34,299e^{0,0277x}$ $R^2 = 0,1561$ SE = 0,1462 P _{value} =0,00 | $y(B) = 0,0003x^3 + 0,0003x^2 - 0,0802x + 3,2581$ $R^2 = 0,087$ SE = 0,8725 P _{value} =0,00 |
| D-s | $y(K) = 45,975e^{0,0061x}$ $R^2 = 0,006$ SE = 0,1786 P _{value} =0,49 | $y(B) = 0,0004x^3 - 0,0045x^2 - 0,0381x + 3,2138$ $R^2 = 0,0092$ SE = 1,6743 P _{value} =0,86 |
| nD | $y(K) = -0,0399x^3 + 0,7509x^2 + 3,1094x + 279,4$ $R^2 = 0,2092$ SE = 54,7557 P _{value} =0,00 | $y(B) = -0,0016x^3 + 0,0493x^2 - 0,2135x + 10,452$ $R^2 = 0,2709$ SE = 1,8905 P _{value} =0,00 |
| SJ | $y(K) = 364,87e^{0,0163x}$ $R^2 = 0,203$ SE = 0,0735 P _{value} =0,00 | $y(B) = -0,0008x^3 + 0,0451x^2 - 0,3317x + 16,924$ $R^2 = 0,1696$ SE = 3,0345 P _{value} =0,00 |

B. Pembahasan

Hasil uji beda nilai rata-rata (uji t) untuk kerapatan tegakan (pohon ha⁻¹) pada kondisi awal tegakan (sebelum penebangan berupa hutan primer) tidak mempunyai perbedaan yang signifikan pada semua plot penelitian ($t_{hitung} < t_{tab(0,05;22)} = 2,0739$ dan $P_{value} > 0,05$). Kerapatan tegakan plot penelitian sebesar 461–647 pohon ha⁻¹ dengan rata-rata 531 pohon ha⁻¹. Hasil penelitian Setiawan (2013) di Kalimantan Timur menunjukkan bahwa kerapatan tegakan pada hutan dengan berbagai jangka waktu setelah penebangan sebesar 250–511 pohon ha⁻¹, sedangkan hasil penelitian Muhdin (2012) menunjukkan kerapatan tegakan hutan alam bekas tebangan di Kalimantan yaitu 113–607 pohon ha⁻¹. Kondisi plot penelitian juga mendekati hasil Sist dan Ferreira (2007) di Amazon Timur yang menunjukkan tingkat kerapatan sebelum penebangan sebesar $480 \pm 96,6$ pohon ha⁻¹ dengan luas bidang dasar 28 ± 4 m² ha⁻¹. Sedangkan Gourlet-Fleury *et al.* (2004) di French Guiana memperoleh nilai kerapatan tegakan yang lebih tinggi yaitu sebesar 625 pohon ha⁻¹.

Nilai bidang dasar tegakan pada plot penelitian sebesar 19,35–31,84 m² ha⁻¹ dengan rata-rata 23,68 m² ha⁻¹. Krisnawati (2001) menunjukkan bahwa pada berbagai variasi jangka waktu hutan setelah penebangan di Kalimantan Tengah, menunjukkan nilai bidang dasar tegakan 16,4–26,7 m² ha⁻¹, sedangkan Setiawan (2013) menunjukkan nilai bidang dasar tegakan 12,63–32,57 m² ha⁻¹ dan pada hutan primer sebesar 27,80–32,57 m² ha⁻¹ di Muara Wahau Kalimantan Timur. Berdasarkan tingkat kerapatan dan nilai bidang dasar tegakan dengan perbandingan hasil-hasil penelitian sebelumnya untuk wilayah Kalimantan (Krisnawati, 2001; Muhdin, 2012; Setiawan, 2013), plot penelitian hutan Labanan mempunyai tingkat kerapatan sedang hingga tinggi.

Tingkat kerapatan tegakan pada 17 tahun setelah penebangan untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae cenderung lebih dinamis dan belum kembali pada kondisi kerapatan dan bidang dasar tegakan awal sebelum penebangan (kerapatan 78,8–98,7% dan bidang dasar 51,3–58,7%). Hal ini menunjukkan pula bahwa tegakan tinggal masih didominasi jenis-jenis non Dipterocarpaceae. Hasil yang sama dari penelitian di Cordoba Argentina menyatakan bahwa ada kemiripan kerapatan pohon antara hutan bekas tebangan dengan hutan primer, tetapi hutan bekas tebangan mempunyai nilai bidang dasar yang lebih rendah dibandingkan hutan primer (Bonino dan Araujo, 2005). Tingkat pemulihan tegakan bervariasi

berdasarkan kondisi awal tegakan, teknik penebangan yang diterapkan dan kelompok jenis vegetasi penyusun tegakan hutan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa model struktur tegakan dengan famili sebaran lognormal sebagai famili sebaran terbaik diterima pada beberapa kelompok jenis di beberapa tipe hutan. Dalam Suhendang (1985) pada hutan alam hujan tropika dataran rendah untuk kelompok jenis komersial, jenis pohon meluang dan semua jenis di Bengkunt, Lampung memiliki model struktur tegakan lognormal, begitu pula dalam Boreel (2009) untuk kelompok jenis torem dan non torem di pulau Yamdema Kabupaten Maluku Tenggara Barat. Untuk kelompok jenis yang sama dengan penelitian ini, Setiawan (2013) menunjukkan bahwa kelompok jenis *Dipterocarpaceae*, non *Dipterocarpaceae* dan semua jenis pada hutan bekas tebangan dan hutan primer di Muara Wahau, Kalimantan Timur mempunyai penerimaan model struktur tegakan berbentuk lognormal.

Struktur tegakan hutan tidak seumur mempunyai pola distribusi tegakan dalam kelas diameter yang bervariasi. Davis *et al.* (2001), menyatakan bahwa pada tahun 1898 de Lio Court pertama kali mengemukakan hasil studinya tentang distribusi tegakan hutan tidak seumur dalam bentuk persamaan eksponensial negatif. Bentuk matematis serupa juga dikemukakan oleh Phillip (1998), dalam bentuk transformasi persamaan logaritmik. Roedjai (1982) dalam Ibie (1997), meneliti sebaran diameter tegakan hutan tropika basah di Gunung Meratus Kalimantan Timur dengan menggunakan beberapa metode sebaran, yaitu: normal, eksponensial, binomial dan beta. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa model sebaran beta memberikan gambaran terbaik dan lebih realistis dari analisa model sebaran lainnya. Borota (1991) dalam Ibie (1997) juga menggunakan rumusan fungsi beta untuk menggambarkan sebaran diameter pohon teoritis, untuk diameter pohon setinggi dada dan tinggi pohon pada hutan-hutan alam tropika, antara lain di Ghana, Congo, Gabon, dan Laos.

Suhendang (1985), dari hasil penelitiannya di Bengkunt (Lampung), mendapatkan untuk jenis-jenis pohon damar asam dan simpur, menyebar menurut sebaran Gamma. Hasil penelitian Mangkudisastra (1995), tentang struktur tegakan di Aceh menunjukan bahwa pada tingkat famili memiliki sebaran gamma, diterima secara konsisten. Demikian juga hasil penelitian Udiansyah (1994), tentang penggunaan struktur tegakan dalam menduga beberapa macam dimensi

tegakan hutan tidak seumur di Kampar (Riau), menunjukkan bahwa famili sebaran lognormal diterima secara konsisten. Jenis atau kelompok jenis dalam tegakan mempunyai karakteristik struktur yang khas karena dipengaruhi oleh kondisi tempat tumbuh yang spesifik pula.

Sepanjang jangka waktu 17 tahun setelah penebangan, pola pertumbuhan atau pemulihan tegakan ada kecenderungan mempunyai bentuk eksponensial dan polinomial untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae (baik *Shorea* spp. maupun Dipterocarpaceae non shorea). Sehubungan dengan nilai R^2 yang masih rendah jika hanya memperhitungkan waktu, maka perlu memperhatikan variable lainnya. Kelompok jenis Dipterocarpaceae mempunyai kecenderungan pemulihan yang lebih rendah dibandingkan kelompok jenis non Dipterocarpaceae. Penilaian karakteristik kelompok jenis Dipterocarpaceae sebagai kelompok jenis komersial utama sangat penting bagi penilaian pemulihan hutan bekas tebangan dalam rangka kontinuitas hasil hutan.

Komposisi jenis penyusun tegakan hutan bekas tebangan setelah 17 tahun lebih didominasi oleh kelompok jenis non Dipterocarpaceae terutama jenis-jenis pioneer. Hal ini menunjukkan bahwa pola pertumbuhan tegakan merupakan fungsi ekofisiologis termasuk adanya pengaruh perlakuan yang diberikan (Coates dan Burton, 1997). Jumlah pohon dan struktur tegakan yang menggambarkan tingkat ketersediaan tegakan pada setiap tingkat pertumbuhan tegakan, diduga berpengaruh terhadap kemampuan regenerasi atau pertumbuhan tegakan termasuk kecepatan pemulihan tegakan (Smith dan Nichols, 2005; Muhdin, 2012).

Penilaian pemulihan yang lebih spesifik pada tingkat kelompok jenis diperlukan untuk mendukung prediksi pertumbuhan tegakan hutan yang lebih efektif dengan melibatkan aspek dinamika karakteristik ekologi (Chertov, 2005). Penilaian kuantitatif berdasarkan sampling floristik dalam perencanaan dan interpretasi penelitian ekologi mempunyai nilai penting dalam aspek konservasi dan manajemen hutan tropis (Mani dan Parthasarathy, 2006). Dalam perencanaan pengelolaan hutan, model-model kuantitatif dapat digunakan untuk meningkatkan nilai akurasi dan validitas proyeksi pengaturan hasil dalam mencapai pengelolaan yang berkelanjutan (Phillips *et al.*, 2002).

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Tegakan tinggal 17 tahun setelah penebangan dengan teknik penebangan yang berbeda mempunyai kondisi pemulihan (*recovery*) yang mendekati kondisi awal tegakan sebelum penebangan berupa hutan primer berdasarkan dimensi statis tegakan (kerapatan dan bidang dasar tegakan).
2. Model famili sebaran lognormal dapat digunakan untuk menerangkan struktur tegakan kelompok jenis Dipterocarpaceae, non Dipterocarpaceae dan semua jenis.
3. Dimensi kuantitatif tegakan hutan 17 tahun setelah penebangan akan mendekati kondisi hutan primer, tetapi masih didominasi oleh kelompok jenis non Dipterocarpaceae terutama jenis-jenis pioner.
4. Pemulihan tegakan berdasarkan struktur tegakan untuk kelompok jenis Dipterocarpaceae lebih lambat dibandingkan kelompok jenis non Dipterocarpaceae (tercapai pada tahun ke-9 setelah penebangan).

B. Saran

Penilaian pemulihan tegakan setelah penebangan dan tindakan silvikultur lainnya berdasarkan dimensi kuantitatif perlu mempertimbangkan karakteristik jenis atau kelompok jenis penyusun tegakan hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashton, P.S. 1982. Dipterocarpaceae. *Flora Malesiana* 1(9):237-552.
- [B2PD] Balai Besar Penelitian Dipterokarpa. 2012. Kondisi kawasan hutan dengan Tujuan Khusus. website : <http://diptero.or.id/?q=node/18>.
- Bonino, E.E. and P. Araujo. 2005. Structural Differences between a Primary and a Secondary Forest in the Argentine Dry Chaco and Management Implications. Short Communication. *Forest Ecol Manag.* 206:407-412.
- Boreel, A. 2009. Struktur Tegakan dan Sebaran Spasial Jenis Pohon Torem (*Manilkara kanosiensis* H.J. Lam & B.J.D. Meeuse) di Pulau Yamdena Kabupaten Maluku Tenggara Barat tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Chertov, O., A. Komarov, A. Mikhailov, G. Andrienko, N. Andrienko and P. Gatal'sky. 2005. Geovisualization of forest simulation modeling results: A case study of carbon seques-

- tration and biodiversity. *Computers and Electronics in Agriculture*. 49: 175-191.
- Coates, K.D. and P.J. Burton. 1997. A Gap-Based Approach for Development of Silvicultural System to Address Ecosystem Management Objectives. *Forest Ecol Manag.* 99:337-354.
- Davis, LS, Johnson, KN, P.S. Bettinger, T.E. Howard. 2001. *Forest Management. To Sustain Ecological, Economic and Social Value*. Fourth Edition. McGraw Hill. New York.
- [Ditjen Planologi] Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan. 2011. *Data dan Informasi Pemanfaatan Hutan Tahun 2011*. Ditjen Planologi Kehutanan. Jakarta.
- [FAO] Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2001. *State of The World Forest*. Rome: FAO.
- Gourlet-Fleury, S., J.M. Guehl and O. Laroussinie, 2004. *Ecology and Management of a Neotropical Rainforest. Lessons Drawn from Paracou, a Long-term experimental research site in French Guiana*. Elsevier SAS. Paris.
- Ibie BF. 1997. *Pendugaan Dimensi Tegakan Hutan Rawa Gambut Sekunder Berdasarkan Struktur Tegakan di Aarboretum Nyaru Menteng Palangkaraya* Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Ishida, H., T. Hattori and Y. Takeda. 2005. Comparison of Species Composition and Richness between Primary and Secondary Lucidophyllous Forests in Two Altitudinal Zones of Tsushima Island, Japan. *Forest Ecol Manag.* 213:273-287.
- Kariuki, M., R.M. Kooyman, L. Brooks, R.G.B. Smith and J.K. Vanclay. 2006. Modelling Growth, Recruitments and Mortality to Describe and Simulate Dynamics of Subtropical Rainforests following Different Levels of Disturbance. *FBMIS*. 1:22-47.
- Krisnawati H. 2001. *Pengaturan Hasil Hutan Tidak Seumur dengan Pendekatan Dinamika Struktur Tegakan (Kasus hutan alam bekas tebangan)* tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Lee, H.S., S.J. Davies, J.V. LaFrankie, S. Tan, A. Itoh, T. Yamakura, T. Okhubo and P.S. Ashton. 2002. Floristic and Structural Diversity of Mixed Dipterocarp Forest in Lambir Hills National Park, Sarawak, Malaysia. *J Trop For Sci.* 14(3):379-400.
- Lewis, S.L., O.L. Phillips, D. Sheil, B. Vinceti, T.R. Baker, S. Brown, A.W. Graham, N. Higuchi, D.W. Hilbert, W.F. Laurance, J. Lejoly, Y. Malhi, A. Monteagudo, V.N. Vargas, B. Sonké, N.M.N Supardi, J.W. Terborgh and R.V. Martinez. 2004. Tropical forest Tree Mortality, Recruitment and Turnover Rates: Calculation, Interpretation and Comparison when Census Intervals vary. *J Ecol.* 92:929-944.
- Mangkudisastra C. 1995. *Modelling of Horizontal Forest Structure in the lowland tropical forest to assess timber dimensions* [tesis]. Gottingen: Georg-August-University Gottingen.
- Mani, S. and N. Parthasarathy. 2006. Tree Diversity And Stand Structure in Inland and Coastal Tropical Dry Evergreen Forests of Peninsular India. *Current Science*, Vol. 90 (9): 1238-1246.
- Muhdin, E. Suhendang, D. Wahjono, H. Purnomo, Istomo dan B.C.H. Simangunsong. 2008. *Keragaman Struktur Tegakan Hutan Alam Sekunder*. *J Man Hut Trop.* 16(2):81-87.
- Muhdin. 2012. *Dinamika Struktur Tegakan Hutan Tidak Seumur untuk Pengaturan Hasil Hutan Kayu Berdasarkan Jumlah Pohon (Kasus pada areal bekas tebangan hutan alam hujan tropika dataran rendah tanah kering di Kalimantan)* Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Naito, Y., M. Kanzaki, H. Iwata, K. Obayashi, S.L. Lee, N. Muhammad, T. Okuda and Y. Tsumura. 2008. Density-Dependent Selfing and Its Effects on Seed Performance in a Tropical Canopy Tree Species, *Shorea acuminata* (Dipterocarpaceae). *Forest Ecol Manag.* 256:375-383.
- Phillips MS. 1998. *Measuring Trees and Forest*. Second Edition. CAB International.
- Phillips, P.D., I. Yasman, T.E. Brash and P.R. van Gardingen. 2002. Grouping Tree Species for Analysis of Forest Data in Kalimantan (Indonesian Borneo). *Forest Ecol Manag.* 157:205-216.
- Prodan, M. 1968. *Forest Biometrics*. Gardiner SH, penerjemah. Oxford: Pergamon Press.
- Setiawan, A. 2013. *Keragaan Struktur Tegakan dan Kepadatan Tanah pada Tegakan Tinggal di Hutan Alam Produksi*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Sist, P. and F.N. Ferreira. 2007. Sustainability of Reduced-Impact Logging in the Eastern Amazon. *Forest Ecology and Management* 243:199-209.
- Sist, P, R. Fimbel, D. Sheil, R. Nasi and M.H. Chevallier. 2003. Towards sustainable management of mixed Dipterocarp forests of South-East Asia: Moving beyond minimum diameter cutting limits. *Environ Conserv.* 30(4):364-374.

- Smith, R.G.B. and J.D. Nichols. 2005. Patterns of Basal Area Increment, Mortality and Recruitment were Related to Logging Intensity in Subtropical Rainforest in Australia over 35 years. *Forest Ecol Manag.* 218:319-328.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie JH. 1995. Prinsip dan Prosedur Statistika. Suatu Pendekatan Biometrik. Sumantri B. penerjemah PT Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan dari: *Principles and Procedures of Statistics*. Ed ke-2. Jakarta.
- Suhendang, E. 1985. Studi Model Struktur Tegakan Hutan Alam Hujan Tropika Dataran Rendah di Bengkulu. Provinsi Daerah Tingkat I Lampung Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Suhendang, E. 1997. Penentuan Periode Pengukuran Optimal untuk Petak Ukur Permanen di Hutan Alam Tanah Kering. *J Man Hut Trop.* 3(1):1-12.
- Udiansyah. 1994. Studi Efisiensi Penggunaan Struktur Tegakan dalam Menduga Beberapa Dimensi Tegakan. *Kalimantan Scientiae.* 33(12):67-72.
- Vanclay, J.K. 2003. Growth Modelling and Yield Prediction for Sustainable Forest Management. *The Malaysian Forester.* 66(1):58-69.