MODEL DINAMIKA STRUKTUR TEGAKAN UNTUK PENDUGAAN HASIL DI PT. INTRACAWOOD MANUFACTURING, KALIMANTAN TIMUR*)

(***Stand Structure Dynamic Model for Yield Estimation in PT. Intracawood Manufacturing, East Kalimantan)***

Oleh/*By* :
Djoko Wahjono dan/*and* Rinaldi Imanuddin
Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam
Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-633234, 7520067; Fax 0251-638111 Bogor

*) Diterima : 23 Mei 2007; Disetujui : 17 September 2007

ABSTRACT

The study was aimed to obtain stand structure dynamic model that can be used to estimate yield production in logged-over area. The model can help to develop forest management planning especially for yield regulation. For this purpose, time series data from re-measured permanent sample plots (PSP) in the concession area of PT. Intracawood Manufacturing, East Kalimantan, were used. The PSP have been re-measured 7 times since 10 years ago. The stand represented the distribution of trees by diameter class and species group covering commercial, non-commercial, and all species. In general, the constructed stand structure dynamic models were based on correlation between diameter class and number of trees per hectare. In this study, the models were modified by adding some parameters i.e. the number of trees in diameter class i at the initial measurement, number of trees in diameter class i *at time* t-1, *and time (the measurement year). The resulted models of each species group were:*

- *commercial:* $Ndi_t = (0.34305+Ndi_{t-1})\, e^{(0.01225\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0.,00261\ N0di\ /\ t\ -\ 0.00101\ Di)}$
- *non-commercial:* $Ndi_t = (0.16391+Ndi_{t-1})\, e^{(0.02388\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0.01177\ N0di\ /\ t\ -\ 0.00204\ Di)}$
- *all species*: $Ndi_t = (0.41258+Ndi_{t-1})\, e^{(0.01205\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0.00209\ N0di\ /\ t\ -\ 0.00110\ Di)}$

where, Ndi_t *is the number of trees in diameter class i at time t,* Ndi_{t-1} *is number of trees in diameter class i at time t-1, Di is the diameter class i,* N_0di *is the number of trees in diameter class i at the initial measurement, t is the measurement year since the first measurement. The models have high accuracy level with its coefficient determination more than 0.998 for each models. Stand volume projection showed that the mean annual increment of stand volume for 50 cm up of trees i.e. 2.080 m*^{3}*/ha/year for commercial species; 0.308 m*^{3}*/ha/year for non-commercial species; and 2.372 m*^{3}*/ha/year for all species.*

Key words : Stand structure, model, yield estimation, logged over forest, East Kalimantan

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model dinamika struktur tegakan yang dapat digunakan dalam memproyeksi pendugaan hasil di hutan alam bekas tebangan, sehingga diharapkan dapat membantu perencanaan produksi terutama dalam pengaturan hasil. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengukuran ulang petak-petak ukur permanen (PUP) yang terdapat di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (Unit Sesayap), Kalimantan Timur. PUP tersebut sudah diukur ulang sebanyak tujuh kali pengukuran dalam waktu 10 tahun. Tegakan yang dijadikan obyek penelitian menggambarkan sebaran pohon berdasarkan kelas diameter dan kelompok jenis, meliputi komersial, non komersial, dan semua jenis. Dalam penelitian ini, dicoba untuk mendapatkan model dinamika struktur tegakan dengan memodifikasi persamaan eksponensial hubungan N dan D dengan menambahkan parameter jumlah pohon pada pengukuran awal, jumlah pohon tahun sebelumnya serta waktu. Model dinamika struktur tegakan yang dihasilkan, antara lain :

- Komersial: $Ndi_t = (0{,}34305+Ndi_{t-1})\, e^{(0{,}01225\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,00261\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00101\ Di)}$
- Non-Komersial: $Ndi_t = (0{,}16391+Ndi_{t-1})\, e^{(0{,}02388\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,01177\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00204\ Di)}$
- Semua Jenis: $Ndi_t = (0{,}41258+Ndi_{t-1})\, e^{(0{,}01205\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,00209\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00110\ Di)}$

dimana, Ndi_t adalah jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada waktu *t*; Ndi_{t-1} adalah jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada waktu *t-1*; *Di* adalah kelas diameter ke *i*; N_0di adalah jumlah pohon pada kelas diameter i pada awal pengukuran; *t* adalah tahun pengukuran. Model dinamika struktur tegakan tersebut mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) lebih dari 0,998 untuk masing-masing model. Hasil proyeksi volume tegakan menunjukkan rata-rata riap volume tegakan pada diameter 50 cm ke atas adalah 2,080 m^3/ha/tahun untuk jenis komersial; 0,308 m^3/ha/tahun untuk jenis non-komersial; dan 2,372 m^3/ha/tahun untuk semua jenis.

Kata kunci : Struktur tegakan, model, pendugaan hasil, hutan bekas tebangan, Kalimantan Timur

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan dimulainya era ekolabel dan komitmen untuk secara sungguh-sungguh menerapkan sistem pengelolaan hutan alam produksi secara lestari, maka penentuan jatah produksi kayu tahunan dalam siklus tebang pilih kedua perlu didasarkan pada informasi mengenai pertumbuhan dan kondisi tegakan di kawasan hutan yang dikelolanya.

Informasi mengenai pertumbuhan tegakan dapat diketahui dari struktur tegakannya selama suatu periode waktu. Kondisi struktur tegakan hutan tersebut dapat dipakai sebagai petunjuk dalam penentuan dapat-tidaknya suatu tegakan hutan tersebut diadakan pemanenan (Meyer *et al.*, 1952). Di samping itu, parameter utama dari struktur tegakan hutan, yaitu diameter (kelas diameter) merupakan penciri tegakan yang secara langsung menentukan besarnya riap dan potensi tegakan.

Struktur tegakan dapat digolongkan dalam dua tipe, yaitu struktur tegakan vertikal dan struktur tegakan horizontal. Struktur tegakan vertikal didefinisikan sebagai sebaran pohon menurut berbagai lapisan tajuknya (Richard, 1964). Sedangkan struktur tegakan horizontal menurut Turnbull (1963) *dalam* Suhendang (1985) adalah sebaran bidang dasar per satuan luas pada berbagai kelas diameternya atau sebaran jumlah pohon per hektar pada berbagai kelas diameternya (Meyer *et al*., 1952). Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan struktur tegakan adalah seperti yang didefinisikan oleh Meyer *et al*. (1952), karena dinilai lebih praktis dan mudah dalam menganalisisnya.

Pada tegakan hutan bekas tebangan, informasi tentang gambaran struktur tegakan sangat diperlukan sebagai dasar menetapkan perlakuan pembinaan tegakan tinggal, karena pada kondisi struktur tegakan tertentu harus diperlakukan teknik pembinaan tertentu pula. Di samping itu berdasarkan dinamika struktur tegakan tinggal dari waktu ke waktu dapat dijadikan sebagai dasar penetapan tebangan berikutnya (Krisnawati dan Wahjono, 1997).

Model dinamika struktur tegakan, khususnya model untuk pendugaan lebih ditujukkan sebagai perangkat untuk mendapatkan informasi yang diperlukan dalam kegiatan pengelolaan hutan, sehingga lebih menekankan pada keterhandalan dan keakuratan. Alder (1995) dan Vanclay (1994; 1995) membedakan model-model tersebut menjadi tiga, yaitu model seluruh tegakan (*whole stand model*), model pohon tunggal (*single tree model*), dan model kelas ukuran (*size class model*). Model kelas ukuran adalah kompromi antara model seluruh tegakan dan model pohon tunggal dan telah digunakan secara luas untuk model pertumbuhan tegakan di berbagai tipe hutan, di mana pohon-pohon dapat dikelompokkan atas dasar metrik ke dalam kelas-kelas diameter atau pun atas dasar non-metrik ke dalam kelompok-kelompok jenis yang memiliki kemiripan perilaku pertumbuhan. Data dan informasi yang dihasilkan model dari tipe ini adalah dalam bentuk struktur tegakan.

Bruce dan Schumacher (1950) dan Koorsgard (1989) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan gambaran bentuk struktur tegakan hutan alam yang pada umumnya berbentuk huruf J-terbalik, dapat didekati dengan menggunakan persamaan eksponensial hubungan antara jumlah pohon (N) dengan kelas diameternya (D) dengan model umum $N = N_0 e^{-kD}$. Akan tetapi, struktur tegakan hutan alam tidak selamanya mengikuti bentuk huruf J-terbalik, sehingga dalam membuat model dinamika struktur tegakan dapat dilakukan dengan memodifikasi model umum tersebut dengan cara menambahkan atau memadukan parameter-parameter yang dianggap mempunyai korelasi yang cukup tinggi dengan peubah tak bebas yang digunakan yaitu jumlah pohon (N), sehingga didapatkan model matematis yang logis dan akurat.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model dinamika struktur tegakan

yang dapat digunakan dalam memproyeksi pendugaan hasil di hutan alam bekas tebangan, sehingga diharapkan dapat membantu perencanaan produksi terutama dalam pengaturan hasil. Untuk mendapatkan gambaran dan informasi mengenai dinamika struktur tegakan yang dianggap representatif diperlukan data pengukuran dalam jumlah yang cukup banyak dengan rentang waktu yang cukup lama. Dalam penelitian ini, model dinamika struktur tegakan yang disusun masih bersifat informasi awal, karena data yang digunakan adalah data PUP (6 buah petak) sebanyak tujuh kali pengukuran dengan rentang waktu 10 tahun. Dengan tersusunnya model ini, diharapkan cukup memberikan gambaran dinamika struktur tegakan yang terjadi di lokasi penelitian.

II. RISALAH OBYEK PENELITIAN

Penelitian dilakukan di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing, Kalimantan Timur. Secara administrasi pengelolaan hutan, lokasi tersebut termasuk dalam Kelompok Hutan Sungai Sesayap dan Sungai Bengalun Blok Tebangan 1993/1994 Nomor Petak Tebangan 1.698, Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Malinau, Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur. Sedangkan menurut administrasi pemerintahan terdapat dalam wilayah Desa Mangkuasar dan Desa Sesua, Kecamatan Malinau Barat, Kabupaten Malinau, Provinsi Kalimantan Timur. Letak geografis lokasi penelitian, adalah 116°42’18“ Bujur Timur dan 03°20’00” Lintang Utara. Lokasi penelitian ini termasuk dalam tipe hutan dataran tanah kering dengan jenis pohon yang mendominasi sebagai penyusun tegakan adalah meranti (*Shorea* sp.).

Keadaan lapangan di lokasi penelitian pada umumnya datar dengan kelerengan antara 0-8 % dengan ketinggian tempat sekitar 360 m di atas permukaan laut. Jenis tanah yang terdapat di lokasi penelitian adalah podsolik merah kuning. Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951), tipe iklim di lokasi penelitian termasuk ke dalam tipe iklim A, dengan rata-rata curah hujan per tahun berkisar antara 3.898-4.263 mm dengan jumlah hari hujan rata-rata per tahun adalah 222 hari. Suhu udara rata-rata tahunan sebesar 26,7^{o}C dan kelembaban udara rata-rata bulanan 84 %.

III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah petak-petak ukur permanen (PUP) yang terdapat di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (Unit Sesayap), Kalimantan Timur. PUP tersebut sudah diukur ulang sebanyak tujuh kali pengukuran dalam waktu 10 tahun (1996-2006) dengan interval pengukuran satu tahun untuk lima pengukuran pertama dan tiga tahun sekali untuk dua pengukuran lainnya.

B. Metode

1. Pendekatan

Struktur tegakan alam sesudah tebangan akan bergerak secara dinamis dari waktu ke waktu mengikuti perubahan dimensi pohon-pohon yang menyusun tegakan. Biasanya perubahan atau dinamikanya akan bergerak lambat pada awal-awal setelah penebangan sebagai prakondisi akibat adanya perlakuan penebangan tersebut. Kemudian lambat laun dinamika yang terjadi akan bergerak lebih cepat sampai pada kondisi stabil. Untuk mengetahui dinamika struktur tegakan secara kuantitatif dapat didekati dengan suatu model matematis berdasarkan data yang diukur melalui pembuatan petak ukur permanen (PUP). Mengingat kondisi tegakan di setiap kondisi tempat tumbuh diduga sangat beragam, maka perlu disusun model dinamika struktur tegakan di setiap kondisi tempat tumbuh tersebut.

2. Pengumpulan Data

Jumlah PUP yang dijadikan obyek penelitian sebanyak enam buah, dengan luas masing-masing satu ha (100 m x 100 m). Untuk mempermudah pekerjaan pengumpulan data, setiap PUP dibagi-bagi dalam plot-plot pengamatan berukuran 10 m x 10 m.

Pada setiap petak dilakukan pencacahan terhadap semua jenis pohon berdiameter 10 cm ke atas. Dari setiap pohon dikumpulkan data mengenai jenis pohon, keliling pohon pada ketinggian 1,3 m dari atas permukaan tanah (diameter setinggi dada), tinggi pohon dan tinggi batang bebas cabang/pangkal tajuk, pohon-pohon baru (*ingrowth*), pohon mati, dan sebagainya. Selain data hasil pengukuran, juga dicatat risalah tegakan hutan tempat PUP dibuat, seperti umur tegakan terhitung sejak penebangan, kondisi fisik lapangan/lahan hutan, penutupan tajuk, kemerataan penyebaran pohon, dan kerusakan hutan yang masih tampak.

3. Pengolahan dan Analisis Data

Tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi :

a. Penjabaran keliling pohon ke dalam diameter pohon.
b. Pengelompokan jenis pohon menjadi kelompok jenis komersial dan non-komersial.
c. Pengelompokan kelas diameter pohon dengan lebar kelas 10 cm.
d. Penyusunan struktur tegakan (sebaran jumlah pohon menurut kelas diameter).

Analisis data yang dilakukan adalah penyusunan model matematik pendugaan struktur tegakan. Bruce dan Schumacher (1950) dan Koorsgard (1989) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan gambaran bentuk struktur tegakan hutan alam dapat didekati dengan menggunakan persamaan eksponensial hubungan antara jumlah pohon (N) dengan kelas diameternya (D). Dalam penelitian ini, akan dicoba untuk mendapatkan model dinamika struktur tegakan dengan memodifikasi persamaan eksponensial hubungan N dan D dengan menambahkan parameter jumlah pohon pada pengukuran awal, jumlah pohon tahun sebelumnya serta waktu. Adapun bentuk matematis dari persamaan tersebut, yaitu :

$$Ndi_t = (k+Ndi_{t-1})\, e^{f(Di,\, N_0di,\, Ndi_{t-1},\, t)}$$

dimana, Ndi_t adalah jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada waktu *t*; Ndi_{t-1} adalah jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada waktu *t-1*; *Di* adalah kelas diameter ke *i*; N_0di adalah jumlah pohon pada kelas diameter i pada awal pengukuran; *t* adalah tahun pengukuran; *k* adalah konstanta yang menunjukkan kerapatan tegakan pada kelas diameter rendah; *e* adalah bilangan alam; dan $f(Di, N_0di_{t-1}, Ndi_{t-1}, t)$ adalah suatu persamaan yang akan mempengaruhi laju jumlah pohon pada setiap kenaikan kelas diameter. Selanjutnya untuk menghitung dugaan potensi tegakan digunakan formula sebagai berikut :

$$Vdi_t = Ndi_t \times e^{(2{,}376 \ln Di - 8{,}292)}$$

dimana, Vdi_t adalah total volume tiap kelas diameter. Sedangkan untuk mengetahui total volume tegakannya dapat dihitung dengan formula : $V_{total} = \sum Vdi_t$.
Untuk mengetahui besarnya rata-rata riap volume tegakan (*mean annual increment*) dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$MAI = \Delta V / \Delta t$$

dimana, MAI adalah rata-rata riap volume tegakan; ΔV adalah besarnya perubahan volume tegakan; dan Δt adalah besarnya perubahan waktu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Tegakan dalam PUP

Kondisi tegakan dalam PUP pada umumnya cukup baik, hal ini ditunjukkan oleh sebaran jumlah pohon menurut kelas diameter yang menyerupai bentuk "J" terbalik, di mana jumlah pohon berkurang dengan bertambahnya diameter. Hasil

pengamatan struktur tegakan pada setiap kali pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pengamatan pengukuran struktur tegakan seperti terlihat pada Tabel 1 menunjukkan bahwa secara umum tegakan didominasi oleh jenis-jenis komersial, yaitu sekitar 81,0 % sedangkan sisanya yaitu 19,0 % termasuk dalam jenis non komersial. Hal ini menunjukkan bahwa potensi tegakan tinggal dari jenis komersial diperkirakan masih cukup pada rotasi tebang yang akan datang.

Adapun kerapatan pohon di lokasi penelitian (pada setiap kali pengukuran) berdiameter 10 cm ke atas untuk jenis komersial berkisar antara 230-285 pohon/ha sedangkan untuk jenis non komersial berkisar antara 48-72 pohon/ha. Dengan kata lain, jumlah pohon berdiameter 10 cm ke atas untuk semua jenis pohon berkisar antara 278-357 pohon/ha yang sebagian besar didominasi oleh pohon-pohon berukuran kecil (kelas diameter 10-20 cm).

B. Model Dinamika Struktur Tegakan

Dengan adanya proses pemanfaatan hutan melalui penebangan, maka mengakibatkan adanya perubahan struktur tegakan hutan yang diikuti dengan partumbuhan alami untuk mencapai kondisi seperti semula. Adapun pola dan kecepatan pertumbuhan tegakan sangat tergantung pada kondisi awal tegakan dan kualitas tempat tumbuhnya. Untuk mengetahui hal tersebut, dapat dilakukan pendekatan dengan memproyeksikan struktur tegakan berdasarkan data-data yang didapat melalui pengukuran petak-petak ukur permanen yang dilakukan secara kontinyu. Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh model dinamika struktur tegakan untuk setiap golongan jenis (komersial dan non komersial) dan seluruh jenis pohon. Adapun model dinamika struktur tegakan tersebut disajikan pada Tabel 2.

Model dinamika struktur tegakan yang dihasilkan ini masih bersifat sementara, karena data yang dianalisis masih dalam rentang waktu 10 tahun, padahal untuk mendapatkan model dinamika struktur tegakan yang representatif seharusnya digunakan data dari hasil pengukuran sampai akhir rotasi (35 tahun, bila menggunakan sistem silvikultur TPTI). Namun demikian, model-model yang dihasilkan tersebut (Tabel 2) cukup memadai ($R^2 \geq 0{,}998$) untuk digunakan dalam memproyeksikan struktur tegakan pada masa mendatang, meskipun sebaiknya tidak dijadikan sebagai acuan model proyeksi struktur tegakan untuk proyeksi sampai akhir rotasi.

C. Proyeksi Struktur Tegakan

Struktur tegakan tinggal suatu kawasan hutan yang mempunyai kerapatan tegakan tertentu untuk setiap kelompok jenis yang dicerminkan oleh jumlah pohon yang terdapat di kawasan tersebut dapat diduga bentuk struktur tegakannya untuk jangka waktu yang akan datang. Kondisi struktur tegakan hutan tersebut dapat dipakai sebagai petunjuk dalam penentuan dapat-tidaknya suatu tegakan hutan

Tabel (*Table*) 1. Struktur tegakan hutan (N/ha) di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (*Forest stand structure (N/ha) in concession of HPH PT. Intracawood Manufacturing*)

Kelas diameter (*Diameter class*) - cm -	Komersial (*Commercial*)							Non komersial (*Non commercial*)							Semua jenis (*All species*)						
	Pengukuran (*Measurement*)							Pengukuran (*Measurement*)							Pengukuran (*Measurement*)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII	I	II	III	IV	V	VI	VII
10-19	156	147	137	132	120	111	93	42	39	36	35	32	29	26	198	186	174	167	152	140	120
20-29	58	59	63	67	68	65	60	16	15	15	16	16	13	12	73	75	78	83	85	77	71
30-39	28	28	29	30	31	30	30	9	9	10	10	9	6	5	37	37	40	40	40	36	35
40-49	18	17	18	18	19	18	18	3	3	3	4	4	3	3	21	20	21	22	23	21	21
50-59	11	11	11	12	12	12	11	1	1	1	1	1	1	1	12	12	12	12	13	13	12
60-69	8	8	8	8	9	10	10	1	1	1	1	1	1	1	8	9	9	9	10	11	12
70-79	4	3	3	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	4	3	4	4	4	4
80-89	1	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2
90 up	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2
Total	285	277	272	274	266	253	230	72	69	67	66	64	52	48	357	346	339	340	329	305	278

Tabel (*Table*) 2. Model dinamika struktur tegakan di areal HPH PT. Intracawood Manufacturing (*Stand structure dynamic model in concession of HPH PT. Intracawood Manufacturing*)

Golongan jenis *(Species groups)*	Model persamaan *(Equations model)*	R^2
Komersial (*Commercial*)	$Ndi_{t\ Di)} = (0{,}34305+Ndi_{t-1})\ e^{(0{,}01225\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,00261\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00101}$	0,999
Non-komersial (*Non-commercial*)	$Ndi_{t\ Di)} = (0{,}16391+Ndi_{t-1})\ e^{(0{,}02388\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,01177\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00204}$	0,998
Semua jenis (*All species*)	$Ndi_{t\ Di)} = (0{,}41258+Ndi_{t-1})\ e^{(0{,}01205\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,00209\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00110}$	0,999

Keterangan (*Remarks*) :

Ndi_t = Jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada waktu *t* (*Number of trees in diameter class* i *at time* t)

Ndi_{t-1} = Jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada waktu *t-1*(*Number of trees in diameter class* i *at time* t-1)

N_0di = Jumlah pohon pada kelas diameter *i* pada awal pengukuran (*Number of trees in diameter class* i *at initial measurement*)

Di = Kelas diameter i (*Diameter class i*)

t = Tahun pengukuran sejak pengukuran pertama *(Measurement year since the initial measurement*)

e = Bilangan logaritma alam (*Natural logarithm number*)

R^2 = Koefisien determinasi (*Determination coefficient*)

tersebut diadakan pemanenan (Meyer *et al.*, 1952). Di samping itu, parameter utama dari struktur tegakan hutan itu sendiri yaitu diameter (kelas diameter) merupakan penciri tegakan yang secara langsung menentukan besarnya riap dan potensi (massa) tegakan. Untuk mengetahui proyeksi dinamika struktur tegakan yang akan terjadi di areal penelitian pada tahun-tahun mendatang, secara jelas dapat dilihat dengan mentransformasi model-model dinamika struktur tegakan (Tabel 2) ke dalam bentuk kurva/grafik perkembangan struktur tegakan yang disajikan pada Gambar 1, 2, dan Gambar 3.

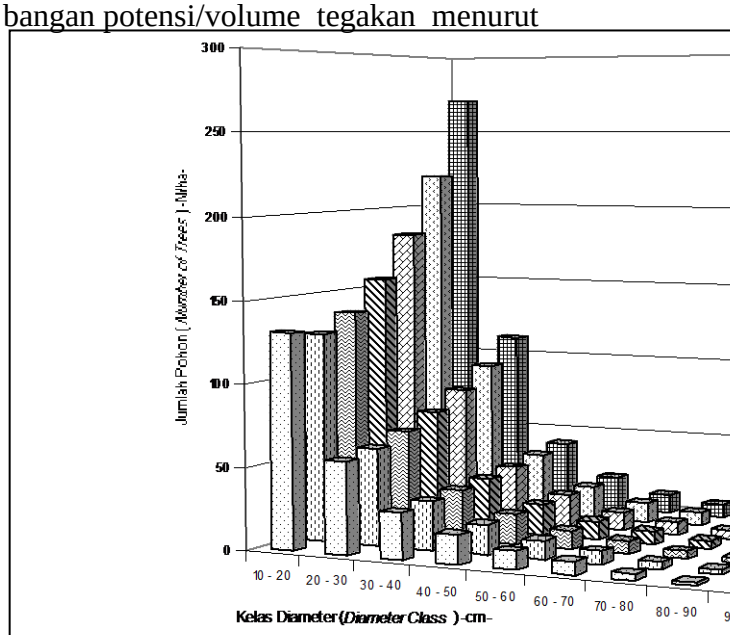
Pada Gambar 1, 2, dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa sampai tahun ke-35 (satu rotasi tebang) perubahan jumlah pohon pada kelas diameter di bawah 40 cm cenderung meningkat cukup signifikan terutama pada kelas diameter 10-20 cm, sedangkan perubahan jumlah pohon pada kelas diameter 40 cm ke atas juga cenderung meningkat, namun peningkatannya relatif sangat kecil. Peningkatan jumlah pohon yang terjadi (khususnya pada kelas diameter di bawah 40 cm) ini disebabkan bergesernya pohon-pohon yang berada pada kelas diameter di bawahnya ke dalam kelas diameter di atasnya (*ingrowth*/ *upgrowth*). Menurut Favrichon dan Kim (1998), pengaruh tersebut dapat terjadi kemungkinan karena pada tahun-tahun awal setelah penebangan, tegakan bereaksi sangat cepat. Begitu kanopi terbuka, tegakan tinggal tumbuh lebih cepat dan *ingrowth* (terutama jenis-jenis pionir dan tidak tahan naungan) akan meningkat karena tersedianya ruang, baik secara vertikal maupun horizontal menstimulir pohon-pohon kelas diameter kecil untuk tumbuh dengan cepat. Namun demikian, kondisi tersebut terjadi setelah tegakan melewati masa prakondisi akibat perlakuan penebangan. Sementara pada kelas diameter di atas 40 cm, *mortality* yang terjadi relatif cukup besar sehingga dinamika peningkatan jumlah pohon yang terjadi pada kelas-kelas diameter ini relatif sangat kecil.

Gambaran dinamika struktur tegakan tinggal yang merupakan hasil proyeksi model dinamika struktur tegakan yang dihasilkan tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran umum dinamika struktur tegakan tinggal yang terjadi di lokasi penelitian. Untuk mendapatkan dugaan struktur tegakan jangka panjang yang lebih saksama, mutlak diperlukan data yang mempunyai kualitas yang tinggi dengan kuantitas yang memadai.

D. Proyeksi Riap Volume Tegakan

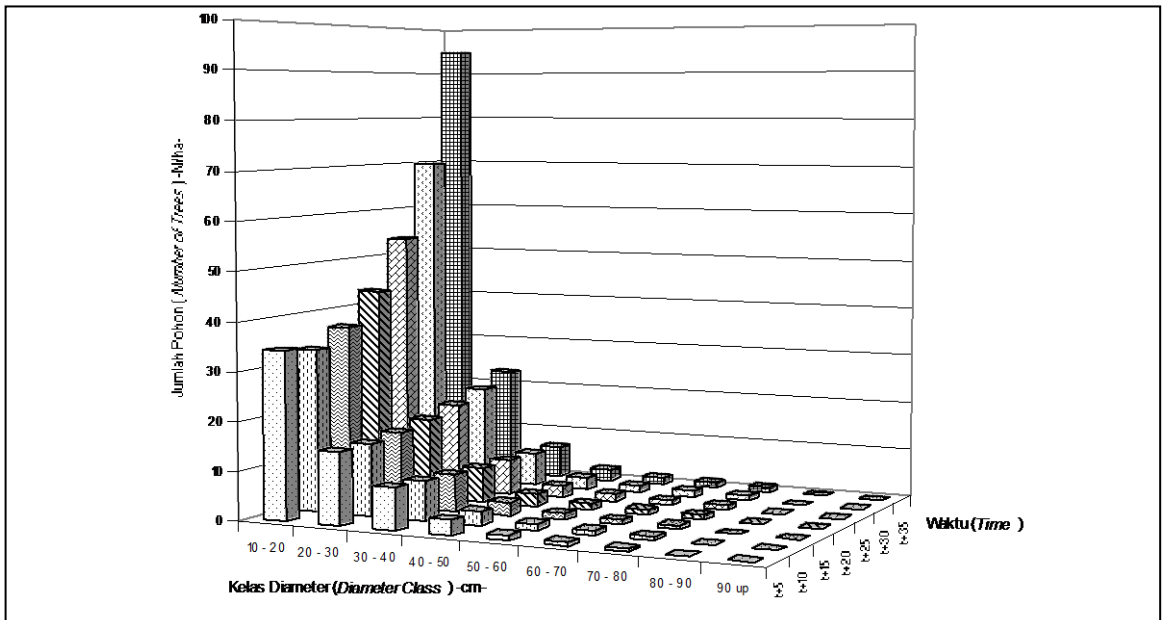
Berdasarkan hasil proyeksi struktur tegakan diperoleh jumlah pohon pada tiap

kelas diameter (Ndi_t), di mana nilai-nilai Ndi_t tersebut dijadikan sebagai peubah bebas untuk memproyeksikan perkembangan potensi/volume tegakan menurut



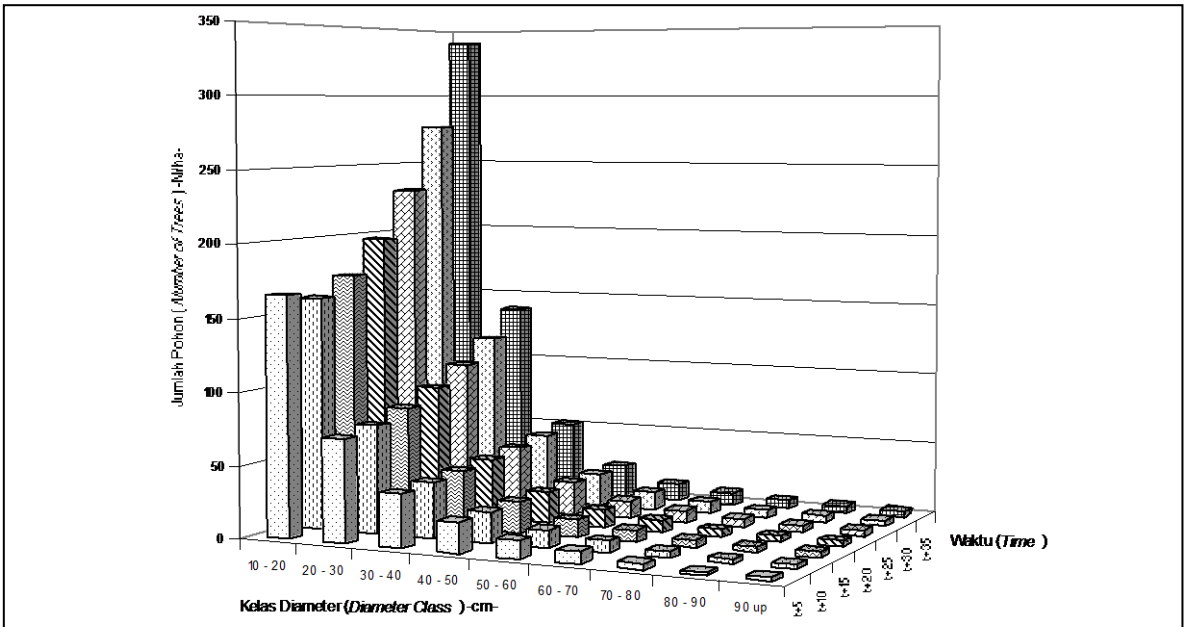
	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60
t+5	131	56	28	18	11	
t+10	127	59	29	18	11	
t+15	137	65	31	19	11	
t+20	156	73	33	19	11	
t+25	183	83	36	20	12	
t+30	220	96	39	20	12	
t+35	270	111	42	21	12	

Gambar (*Figure*) 1. Proyeksi struktur tegakan jenis komersial di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (*Stand structure projection of commercial species in concession area of HPH PT. Intracawood Manufacturing*)



	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 up
t+5	34	15	9	3	1	1	0	0	0
t+10	33	15	8	3	1	1	1	0	0
t+15	37	15	7	3	1	1	1	0	0
t+20	43	17	7	3	1	1	1	0	0
t+25	54	18	7	2	1	1	1	0	0
t+30	70	20	7	2	1	1	1	0	0
t+35	95	23	7	2	1	1	1	0	0

Gambar (*Figure*) 2. Proyeksi struktur tegakan jenis non komersial di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (*Stand structure projection of non commercial species in concession area of HPH PT. Intracawood Manufacturing*)



	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 up
t+5	165	71	37	21	12	8	4	2	3
t+10	161	75	38	21	12	8	5	3	3
t+15	173	82	40	21	12	8	5	4	4
t+20	197	92	42	22	12	8	5	4	4
t+25	231	104	45	22	12	8	6	4	4
t+30	277	119	48	23	12	8	6	5	4
t+35	341	138	52	23	13	9	6	5	4

Gambar (*Figure*) 3. Proyeksi struktur tegakan semua jenis di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (*Stand structure projection of all species in concession area of HPH PT. Intracawood Manufacturing*)

kelas diameter. Dari hasil proyeksi potensi/volume tegakan tersebut, kemudian dapat diproyeksikan besarnya penambahan atau riap volume tegakan secara periodik sampai dengan tahun ke-35 dan rata-rata riap volume tegakan (MAI) yang disajikan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa rata-rata riap volume tegakan (MAI) pada diameter 50 cm ke atas sampai dengan tahun ke-35 adalah sebesar 2,080 m^3/ha/tahun untuk jenis komersial; 0,308 m^3/ha/tahun untuk jenis non-komersial; dan 2,372 m^3/ha/tahun untuk semua jenis. Hasil dugaan ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan dugaan riap volume untuk Provinsi Kalimantan Timur secara umum, yaitu 2,503 m^3/ha/tahun untuk jenis komersial; 0,629 m^3/ha/tahun untuk jenis non-komersial; dan 2,956 m^3/ha/tahun untuk semua jenis (Imanuddin dan Wahjono, 2005). Namun, dugaan riap volume yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan asumsi riap volume yang selama ini digunakan dalam sistem silviklutur Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), yaitu 1 m^3/ha/tahun.

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut dengan pertimbangan secara obyektif mengenai asumsi riap volume sebesar 1 m^3/ha/tahun (TPTI) yang dijadikan sebagai dasar dalam pengaturan hasil (proyeksi produksi) dalam kegiatan pengelolaan hutan. Hal ini perlu dilakukan agar prediksi hasil yang diperoleh memiliki tingkat ketelitian dan keakuratan yang tinggi dalam menunjang dan memberikan data

yang digunakan sebagai dasar dalam melaksanakan perencanaan hutan, sehingga diharapkan pengelolaan hutan secara lestari dapat terwujud.

Tabel (*Table*) 3. Proyeksi riap volume tegakan secara periodik dan riap volume tegakan rata-rata (MAI) di kawasan konsesi HPH PT. Intracawood Manufacturing (*Stand volume increment projection as periodic and mean annual increment of stands volume in concession of PT. Intracawood Manufacturing*)

Kelas diameter (*Diameter class*) -cm-	Riap volume tegakan pada tahun proyeksi (*Stands volume increment at projection years*) -m^3/ha-							MAI (m^3/ha/th)
	5	10	15	20	25	30	35	
Jenis komersial (*Commercial species*)								
10-20	-3,870	-0,551	1,607	2,913	4,207	5,772	7,829	0,512
20-50	-1,294	3,611	6,266	8,005	9,642	11,438	13,554	1,463
50 up	12,338	17,306	13,392	10,360	8,067	6,333	5,014	2,080
Total	7,174	20,366	21,265	21,277	21,917	23,543	26,397	4,055
Jenis non komersial (*Non commercial species*)								
10-20	-1,227	-0,161	0,544	1,040	1,632	2,491	3,853	0,233
20-50	-2,014	-1,297	-0,450	0,002	0,348	0,676	1,029	-0,049
50 up	3,269	3,357	1,872	1,071	0,624	0,369	0,221	0,308
Total	0,027	1,898	1,966	2,112	2,604	3,535	5,103	0,493
Semua jenis (*All species*)								
10-20	-5,024	-0,764	1,999	3,659	5,297	7,273	9,868	0,637
20-50	-2,413	3,404	6,728	8,827	10,753	12,834	15,262	1,583
50 up	15,703	20,901	15,389	11,374	8,472	6,363	4,821	2,372
Total	8,266	23,541	24,116	23,859	24,523	26,471	29,950	4,592

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kerapatan pohon di lokasi penelitian berkisar antara 278-357 pohon/ha yang sebagian besar didominasi oleh pohon-pohon berukuran kecil (kelas diameter 10-20 cm) dengan komposisi jenis komersial mencakup 81,0 %.
2. Model dinamika struktur tegakan yang dihasilkan, antara lain :
   a. Komersial :
   $$Ndi_t = (0{,}34305 + Ndi_{t-1})\, e^{(0{,}01225\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -\ 0\ ,00261\ N0di\ /\ t\ -\ 0{,}00101\ Di)}$$
   b. Non-Komersial :
   $$Ndi_t = Ndi_t = (0{,}16391 + Ndi_{t-1})\, e^{(0{,}02388\ Ln\ Ndit\text{-}1\text{-}0\ ,01177\ N0di\ /\ t\ -0{,}00204\ Di)}$$
   c. Semua Jenis :
   $$Ndi_t = Ndi_t = (0{,}41258 + Ndi_{t-1})\, e^{(0{,}01205\ Ln\ Ndit\text{-}1\ -0\ ,00209\ N0di\ /\ t\ -0{,}00110Di)}$$
   Model dinamika struktur tegakan tersebut mempunyai tingkat ketelitian yang tinggi dengan nilai koefisien determinasi (R^2) lebih dari 0,998 untuk masing-masing model.
3. Hasil proyeksi struktur tegakan yang didasarkan pada model yang didapat menunjukkan perubahan jumlah pohon pada kelas diameter di bawah 40 cm meningkat cukup signifikan sedangkan pada kelas diameter 40 cm ke atas peningkatannya relatif sangat kecil.
4. Berdasarkan hasil proyeksi volume tegakan, rata-rata riap volume tegakan pada diameter 50 cm ke atas adalah 2,080 m^3/ha/tahun untuk jenis komersial; 0,308 m^3/ha/tahun untuk jenis non-komersial; dan 2,372 m^3/ha/tahun untuk semua jenis.

B. Saran

Meskipun model-model dinamika struktur tegakan yang dihasilkan cukup memadai ($R^2 \geq 0{,}998$) untuk digunakan dalam memproyeksikan struktur tegakan di masa mendatang, namun sebaiknya ti-

dak dijadikan sebagai acuan model proyeksi struktur tegakan untuk proyeksi sampai akhir rotasi. Karena untuk mendapatkan model dinamika struktur tegakan yang representatif, mutlak diperlukan data yang mempunyai kualitas yang tinggi dengan kuantitas yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

Alder, D. 1995. Growth Modelling for Mixed Tropical Forest. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. Tropical Forestry Paper No. 30. 231 p.

Bruce, D. and F.X. Schumacher. 1950. Forest Mensuration. The Ronald Press Co., New York.

Favrichon, V. and Y.C. Kim. 1998. Modelling The Dynamics of a Lowland Mixed Dipterocarp Forest Stand : Application of a Density-Dependent Matrix Model. *In* : Bertault, J-G and K. Kadir (Editiors). 1998. Silvicultural Research in a Lowland Mixed Dipterocarp Forest of East Kalimantan, The Contribution of STREK Project, CIRAD-forêt, FORDA, and PT. INHUTANI I. CIRAD-forêt Publication: 229-245.

Imanuddin, R. and D. Wahjono. 2005. The Utilization of Growth and Yield Data To Support Sustainable Forest Management in Indonesia. *In* : Hari Priyadi, Petrus Gunarso and Markku Kanninen (Editors). 2006. Proceedings of International Workshop on Promoting Permanent Sample Plots in Asia and The Pacific Region, 3-5 August 2005, Bogor, Indonesia. Center for International Forestry Research (CIFOR).

Korsgard, S. 1989. The Standtable Projection Simulation Model. *In* : Wan Razak, M., H.T. Chan, and S. Appanah (Editors). 1989. Proceedings of The Seminar of Growth and Yield in Tropical Mixed/Moist Forest, 20-24 June 1988, Kuala Lumpur. Forest Research Institute Malaysia, Kepong.

Krisnawati, H. dan D. Wahjono. 1997. Kajian Struktur dan Riap Tegakan Tinggal Hutan Alam Rawa di Riau. *Dalam* : Pasaribu, R.A., Purwanto, R.M.S. Harahap (Penyunting). Prosiding Diskusi Nasional Pengelolaan Hutan Rawa dan Ekspose Hasil-Hasil Penelitian Kehutanan di Sumatera. Medan, 18-19 September 1997. Balai Penelitian Kehutanan Pematang Siantar, Aek Nauli. p:55-68.

Meyer, A.H., A.B. Recknagel, and D.D. Stevenson. 1952. Forest Management. The Ronald Press Co., New York.

Richard, P.W. 1964. The Tropical Rain Forest : an Ecological Study. The Cambridge University Press, London.

Schmidt, F.H. and J.H.A. Fergusson. 1951. Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia With Western New Guinea. Verhand No. 42. Kementerian Perhubungan, Djawatan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

Suhendang, E. 1985. Studi Model Struktur Tegakan Hutan Alam Hujan Tropika Dataran Rendah di Bengkunat, Lampung. Thesis Magister Sains, Fakultas Pascasarjana, IPB, Bogor. (Tidak dipublikasikan).

Vanclay, J.K. 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications To Mixed Tropical Forests. CAB International, Wallingford. 312 p.

Vanclay, J.K. 1995. Growth Models for Tropical Forests : A Synthesis of Models and Methods. For. Sci. 41 (1): 7-42.