

**KARBON DAN PERANANNYA DALAM MENINGKATKAN KELAYAKAN
USAHA HUTAN TANAMAN JATI (*Tectona grandis*)
DI KPH SARADAN, JAWA TIMUR
(*Carbon and Its Role in Enhancing Economic Value of
Teak (Tectona Grandis) Plantation in Saradan Forest Resort, East Java*)**

Oleh

Kirsfianti Ginoga, Yuliana C. Wulan dan Deden Djaennudin

Abstract

This paper aims to calculate carbon content in teak plantation in Saradan Forest Resort, East Java. Teak growth (diameter and height) was measured for differences ages classes using phi-band and haga hypsometer. Applying Brown and Vademecum Kehutanan models reveal that carbon content in one cycle of teak life (60 years) was about 348,08 and 520,46 ton C/ha. While carbon cost was around Rp. 22.194 per ton (US \$ 2.4). For 60 year period, the IRR would be about 18 %, while NPV per ha would be Rp 4.078.000. If the carbon price added to the analysis the IRR increased to 20 %, while the NPV per ha increased to Rp 7.058.000

Keywords: Teak Estate, , Discount Rate, Carbon Sink, Price of Carbon.

Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk menghitung karbon dan pengaruh nilai karbon pada kelayakan hutan tanaman Jati (*Tectona grandis*). Penelitian dilakukan di KPH Saradan, Perum Perhutani Unit II, Jawa Timur. Metode perhitungan karbon menggunakan model alometrik Biomasa (Brown dan Vademikum Kehutanan) karena model ini sangat sederhana serta mengakomodasi variabel yang lebih banyak. Dengan kondisi tanah yang relatif kurang subur, pada akhir daur (60 tahun), Jati menghasilkan karbon per hektar berturut-turut sebesar 348,08 (Brown, 1997) dan 520,46 ton C/ha (Vademecum Kehutanan, 1976). Perkiraan biaya karbon berdasarkan pembuatan hutan tanaman per ton adalah sebesar Rp. 22.194 dihitung berdasarkan pembuatan hutan tanaman. Ditambahkannya nilai karbon akan meningkatkan kelayakan hutan tanaman, yang diindikasikan dengan meningkatnya IRR perusahaan sebesar 2%, dan NPV sebesar 73%. Implikasinya adalah dengan kondisi sekarang (daur panjang, resiko tinggi) pembangunan hutan tanaman jati layak untuk diusahakan terutama apabila nilai karbon dimasukkan, karena itu perlu diteruskan.*

Kata Kunci: Hutan Tanaman Jati, , Diskon Faktor, Penyerapan Karbon, Harga Karbon.

I. PENDAHULUAN

Rehabilitasi sumberdaya hutan merupakan salah satu dari lima kebijakan prioritas bidang kehutanan dalam Kabinet Indonesia Bersatu, sebagaimana tercantum dalam Keputusan Menteri Kehutanan No. 456/Menhut-II/2004. Dengan total kawasan hutan kritis yang perlu direhabilitasi sekitar 50,9 ha dan terbatasnya dana pemerintah untuk merehabilitasi hutan, insentif perolehan dana rehabilitasi lahan perlu dilihat sebagai peluang untuk dimanfaatkan semaksimal mungkin. Insentif perolehan dana ini termasuk di antaranya melalui skema Mekanisme Pembangunan Bersih (MPB) dari Protokol Kyoto (PK). Dalam MPB negara-negara maju (Annex 1) diharuskan untuk menurunkan tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar minimal 5% dibandingkan

tahun 1990, dengan cara membangun proyek aforestasi¹ dan reforestasi² (A/R) di negara berkembang. Walaupun terdapat perbedaan definisi A/R untuk kelayakan MPB dan definisi A/R di Indonesia tapi pada dasarnya A/R adalah kegiatan penghutanan kembali pada lahan yang terdegradasi dan kritis baik lahan negara maupun lahan milik.

Untuk mengetahui pembangunan hutan tanaman mana yang paling kompetitif secara sosial, ekonomi, dan lingkungan, perlu dikaji kelayakan sosial, ekonomi dan lingkungan beberapa sistem hutan tanaman yang sudah ada. Salah satu hutan tanaman yang umum diusahakan saat ini adalah hutan tanaman jati (*Tectona grandis*) yang banyak diusahakan di Pulau Jawa. Karena itu upaya untuk mengkuantifikasi bagaimana kelayakan usaha hutan tanaman jati, dan bagaimana potensi serapan karbon serta peranannya terhadap kelayakan jati ini akan dikaji. Penambahan nilai karbon diharapkan bisa menjadi insentif dalam memacu pengembangan hutan tanaman jati.

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan usaha dan peranan penambahan karbon pada kelayakan usaha hutan tanaman jati. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk : (1) Menghitung besar dan biaya penyerapan karbon pada hutan tanaman jati, dan (2) Mengetahui pengaruh penambahan nilai serapan karbon terhadap kelayakan hutan tanaman jati.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A . Pengumpulan dan Analisis Data

Untuk menghitung penyerapan karbon pada hutan tanaman jati dan estimasi biayanya dilakukan beberapa tahap pelaksanaan, yaitu:

- a. mengetahui pertumbuhan jati
- b. mengetahui Biomasa pohon,
- c. menghitung Biomasa karbon.

Perhitungan Biomasa pohon dan karbon akan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Model alometrik Brown (1997):

$$C = 0.45 (0.049 \cdot \rho \cdot D^2 \cdot H)$$

Sebagai perbandingan akan digunakan rumus:

- Perhitungan berdasarkan metode dalam Vademicum Kehutanan (1976):

$$\text{Volume pohon (V)} = (\pi) \cdot (D/2)^2 \cdot H \cdot (0.45)$$

$$\text{Biomasa (B)} = (4/3) \cdot V \cdot \rho$$

$$\text{Karbon (C)} = 0.45 \times B$$

Dimana:

C = jumlah karbon

ρ = berat jenis kayu

D = diameter setinggi dada

H = tinggi pohon

0,45 = angka bentuk.

Model ini digunakan karena mudah diaplikasikan, bisa meminimalkan kesalahan pengukuran, serta cukup sederhana. Kelemahannya adalah kurang bisa

¹ Pengertian Aforestasi untuk kelayakan MPB adalah penghutanan kembali pada lahan yang selama 50 tahun tidak berhutan.

² Pengertian reforestasi untuk kelayakan MPB adalah penghutanan kembali pada lahan yang sejak 31 Desember 1989 bukan hutan.

mengakomodasi jumlah karbon selain biomasa atas pohon seperti jumlah karbon pada akar, daun dan tanah.

Karena daur jati yang panjang, informasi mengenai diameter dan tinggi pohon jati tidak tersedia untuk setiap umur tanaman. Karena itu pendugaan diameter dan tinggi tanaman dilakukan pada umur jati tertentu yang tidak terdapat di lapangan, dengan membangun sebuah model yang dapat menjelaskan dengan baik perilaku dari data diameter dan tinggi tanaman. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Pertumbuhan Eksponensial (Lampiran 2).

$$\text{LnD} = 0.364532632 + 0.829808481 * \text{LnT}, R^2 = 0.9618$$

(2.76) (18.76)

$$\text{LnH} = 0.568991023 + 3397.499061 * \text{LnT} - 1698.399172 * \text{LnT}^2; R^2 = 0.995$$

(9.52) (12.71) (-12.71)

dimana:

LnD = logaritma natural dari diameter

LnH = logaritma natural dari tinggi

LnT = logaritma natural dari umur

LnT² = logaritma natural dari bentuk kuadrat dari umur

Angka dalam kurung menunjukkan nilai *t-student*

Untuk mengestimasi biaya untuk memproduksi karbon pada hutan tanaman jati, tahapan pelaksanaan yang akan dilakukan adalah:

- a. menghitung besarnya biaya pembangunan hutan tanaman, mulai dari kegiatan pembukaan lahan hingga menghasilkan positif pendapatan,
- b. menghitung biaya produksi karbon,
- c. membandingkan nilai hutan tanaman tanpa dan dengan karbon

Untuk mengetahui kelayakan usaha hutan tanaman jati secara finansial dan ekonomi serta pengaruh penambahan nilai karbon terhadap kelayakan usaha hutan tanaman jati dilakukan analisis biaya pembuatan dan nilai hutan tanaman dengan metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) menggunakan program EXCEL Tingkat suku bunga yang dipakai adalah 15%. Dari hasil tersebut dapat dihitung biaya per karbon yang dihasilkan, pengaruh penambahan nilai karbon terhadap NPV dan IRR perusahaan hutan tanaman jati.

Untuk harga kayu jati digunakan harga prediksi pada akhir daur (2062) dengan menggunakan Model Arima (0,1,1). Model ARIMA merupakan salah satu model yang sering digunakan untuk melakukan peramalan data *univariate* selama beberapa periode ke depan. Informasi yang digunakan dalam model ini lebih lengkap dibandingkan model peramalan lainnya, karena memasukkan unsur *autoregresif* dan faktor kesalahan yang terbentuk pada periode sebelumnya. Pembentukan model ARIMA diawali dengan proses identifikasi terhadap kondisi data yang akan diramal, apakah sudah *stasioner* atau belum. Apabila sudah stasioner berikutnya adalah melakukan tahapan identifikasi terhadap derajat *autoregresif* untuk menentukan panjang periode data dan derajat rata-rata bergerak (*moving average*) untuk menentukan panjang periode dari faktor kesalahan (Lampiran 1).

Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan, baik berupa pengukuran langsung maupun wawancara serta informasi dari pihak-pihak terkait. Untuk mengetahui volume dan pertumbuhan pohon dilakukan pengukuran langsung dilapangan. Pengukuran dilakukan dengan mengambil beberapa plot contoh pada setiap kelas umur tanaman, plot contoh yang diambil sebanyak 16 plot contoh yang mewakili 6 KU. Masing-masing plot contoh berukuran 30 x 30 m yang mewakili 1 hektar areal tanaman yang seumur. Data yang

dikumpulkan adalah diameter pohon setinggi dada, tinggi pohon, dan jumlah pohon per hektar. Diameter pohon dihitung dengan menggunakan pita ukur, sedangkan tinggi pohon diukur dengan alat *Haga hypsometer*. Wawancara dilakukan untuk mengetahui kegiatan penanaman yang mereka lakukan meliputi waktu penanaman, luas penanaman, termasuk biaya yang telah dikeluarkan dengan menggunakan alat kuisioner.

Data hasil pengumpulan di lapangan yang berupa data teknis pertumbuhan ditabulasi. Pertumbuhan beberapa spesies tumbuhan diprediksi dengan membangun persamaan yang didasarkan data lapangan dan mengadaptasi model pertumbuhan yang telah ada.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kesatuan Pemangkuan Hutan Saradan, Perum Perhutani Unit II, Jawa Timur. Propinsi Jawa Timur dipilih karena propinsi ini memiliki lahan kritis terluas di pulau Jawa dan KPH Saradan dipilih karena memiliki variasi kelas umur jati terbanyak di Propinsi Jawa Timur, sehingga dapat mewakili kondisi hutan tanaman jati di Jawa Timur. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2002.

Kesatuan Pemangkuan Hutan Saradan secara administratif berada di Kabupaten Madiun, Bojonegoro, Ngawi dan Nganjuk dengan batas hutan sebagai berikut:

1. Bagian Utara : KPH Bojonegoro
2. Bagian Timur : KPH Nganjuk
3. Bagian Selatan : KPH Madiun
4. Bagian Barat : KPH Ngawi

Secara geografis wilayah KPH Saradan terletak pada 4°50' sampai dengan 5°10' BT dan 7°30' sampai dengan 7°50' LS. Luas wilayah KPH Saradan adalah 37.934,66 ha, dibagi dalam 6 bagian hutan. Bagian hutan adalah suatu areal hutan yang ditetapkan sebagai kesatuan produksi dan kesatuan eksploitasi.

Topografi lapangan secara umum datar sampai miring terutama bagi daerah sebelah utara dengan kemiringan berkisar 15-25 % dengan topografi seperti ini cocok untuk kelas perusahaan jati dengan sistem tebang habis.

Wilayah hutan KPH Saradan terletak pada suatu daerah dengan musim hujan dan musim kemarau yang jelas. Berdasarkan pengamatan di beberapa stasiun pengamat hujan yang terdapat di sekitar hutan KPH Saradan selama 5 tahun (1991 – 1995) dapat diketahui bahwa tipe iklim wilayah KPH Saradan menurut tipe iklim Schmidt dan Ferguson (1951) adalah tipe iklim D.

III. HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Pengelolaan Hutan Tanaman Jati

Secara umum jenis tanah di wilayah KPH Saradan cukup baik untuk tanaman jati, dengan jenis tanah yang umum terdiri dari aluvial kelabu tua, aluvial coklat kekelabuan, grumusol kelabu tua, mediteran coklat kemerahan, asosiasi mediteran coklat, kompleks mediteran coklat kemerahan dan latosol, kompleks mediteran dan latosol coklat, kompleks mediteran merah, asosiasi latosol coklat dan regosol coklat, dan latosol coklat kemerahan. Hanya sebagian wilayah yang mudah erosi, dan mengakibatkan pertumbuhan tegakan kurang baik.

Komposisi tegakan di wilayah KPH Saradan serta perkembangannya dapat dilihat dari Tabel 1. Dari Tabel 1 terlihat bahwa apabila dibandingkan dengan luas KPH secara keseluruhan, luas kelas umur ini pada periode tahun 2000-an menurun tinggal 58

%, dibandingkan periode tahun 1970an yang sebesar 70 persen. Hal ini dikarenakan pada tahun 2000-an banyak terjadi pencurian.

Tabel 1. Perkembangan Kelas Umur di KPH Saradan Tahun 1978-2006

Table 1. Ages Class Growth in Saradan Resort, 1978-2006

Kelas Hutan	Jangka Perusahaan (hektar)		
	1978-1987	1987-1996	1997-2006
Produktif :			
KU VIII (71-80 tahun)	815,40	687,50	801,05
KU VII (61-70 tahun)	1.898,30	1.308,30	1.048,10
KU VI (51-60 tahun)	1.579,30	1.414,50	1.210,80
KU V (41-50 tahun)	2.174,80	1.565,10	2.035,30
KU IV (31-40 tahun)	1.882,90	3.601,90	4.226,15
KU III (21-30 tahun)	4.295,26	5.974,21	5.897,50
KU II (11-20 tahun)	6.391,90	7.408,67	3.157,05
KU I (1-10 tahun)	7.443,60	3.960,92	2.875,20
Jumlah KU	26.481,46	25.934,20	21.294,15

Sumber: Seksi Perencanaan Hutan Madium KPH Saradan, 1997.

B. Volume dan Pertumbuhan Pohon

Untuk mengetahui volume dan pertumbuhan pohon dilakukan pengukuran langsung dilapangan. Pengukuran dilakukan dengan mengambil beberapa plot contoh pada setiap kelas umur, plot contoh yang diambil sebanyak 16 plot contoh yang mewakili 6 KU. Masing-masing plot contoh berukuran 30 x 30 m yang mewakili 1 hektar areal tanaman yang seumur. Data yang dikumpulkan adalah diameter pohon, tinggi pohon setinggi dada, dan jumlah pohon per hektar. Jarak tanam yang digunakan pada umumnya 3 x 1 m (3333 batang per ha), dengan penjarangan setiap 3 tahun, mulai umur 3 sampai 15 tahun. Kemudian setiap 5 tahun sampai dengan umur 30 tahun dan setiap 10 tahun setelah lebih dari 30 tahun. Penjarangan dilakukan dengan cara tebang pilih dengan jumlah rata-rata 7% dari jumlah tanaman. Tanaman ditebang habis pada umur 60 tahun.

Mengingat daur tanaman jati yang panjang, tidak semua umur tanaman yang akan diukur terdapat di lapangan sehingga ada keterbatasan data dan informasi, seperti data diameter dan tinggi pohon jati. Karena itu dilakukan pendugaan terhadap diameter dan tinggi tanaman yang tidak tersedia pada umur tertentu. Untuk melakukan hal tersebut maka dibangun sebuah model yang dapat menjelaskan dengan baik perilaku dari data diameter dan tinggi tanaman. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Pertumbuhan Eksponensial seperti telah dijelaskan dalam metodologi. Tabel 2 berikut ini menunjukkan pertumbuhan rata-rata jati pada setiap plot contoh. Tabel tersebut mencakup data pengamatan langsung di lapangan dan data estimasi.

Tabel 2. Pertumbuhan Jati (*Tectona grandis*) untuk setiap tahun

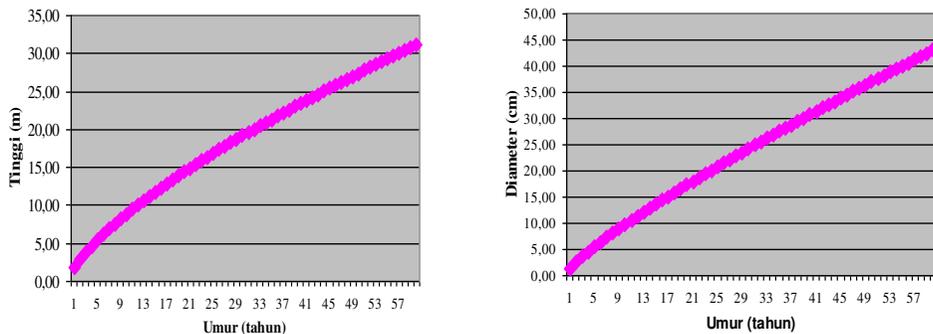
Table 2. Teak growth for different ages

Umur	Jumlah Pohon Aktual	Tinggi (m)	Diameter (cm)
1*	2666	1,77	1,44
2*	2666	2,87	2,56
3*	2530	3,81	3,58
4*	2530	4,67	4,55
5*	2530	5,46	5,47
6*	2394	6,20	6,37
7	2394	6,91	7,24
8	2394	7,58	8,09
9	2258	8,24	8,92
10	2258	8,87	9,73
11	2258	9,48	10,53
12	2122	10,08	11,32
13	2122	10,66	12,10
14	2122	11,23	12,86
15*	1986	11,78	13,62
16	1986	12,33	14,37
17	1986	12,86	15,11
18	1986	13,39	15,85
19	1986	13,90	16,57
20*	1878	14,41	17,29
21	1878	14,91	18,01
22	1878	15,41	18,72
23	1878	15,90	19,42
24	1878	16,38	20,12
25	1770	16,85	20,81
26	1770	17,32	21,50
27	1770	17,79	22,19
28*	1770	18,25	22,87
29	1770	18,70	23,54
30	1662	19,15	24,21
31*	1662	19,59	24,88
32*	1662	20,04	25,54
33	1662	20,47	26,21
34	1662	20,90	26,86
35	1662	21,33	27,52
36	1662	21,76	28,17
37	1662	22,18	28,82
38	1662	22,60	29,46
39	1662	23,01	30,10
40	1570	23,43	30,74
41	1570	23,83	31,38
42*	1570	24,24	32,01
43	1570	24,64	32,64
44	1570	25,04	33,27

Umur	Jumla Pohon Aktual	Tinggi (m)	Diameter (cm)
45	1570	25,44	33,90
46	1570	25,84	34,52
47*	1570	26,23	35,14
48	1570	26,62	35,76
49	1570	27,01	36,38
50	1478	27,39	36,99
51	1478	27,77	37,61
52	1478	28,15	38,22
53	1478	28,53	38,83
54	1478	28,91	39,43
55	1478	29,28	40,04
56	1478	29,65	40,64
57	1478	30,02	41,24
58*	1478	30,39	41,84
59	1478	30,76	42,44
60	1386	31,12	43,04

Keterangan (remark): * pengamatan dilakukan langsung di lapangan

Kemudian data pertumbuhan ini dibuat grafik secara terpisah yang menggambarkan hubungan umur dengan pertumbuhan tinggi dan pertumbuhan diameter sebagai tercantum dalam Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan Tinggi dan Diameter Jati (*Tectona grandis*)
Figure 1. Height and Diameter of Teak

B. Biomasa Pohon dan Biomasa Karbon

Pada Tabel 3 dapat dilihat estimasi jumlah Biomasa pohon dan Biomasa karbon untuk setiap umur pohon Jati (*Tectona grandis*) dengan menggunakan model Brown (1997), dan perhitungan VK (1976). Jumlah Biomasa karbon per hektar berdasarkan model Brown dan VK berturut-turut pada akhir daur (60 tahun) adalah sebesar 348,08 ton/ha dan 520,46 ton C/ha.

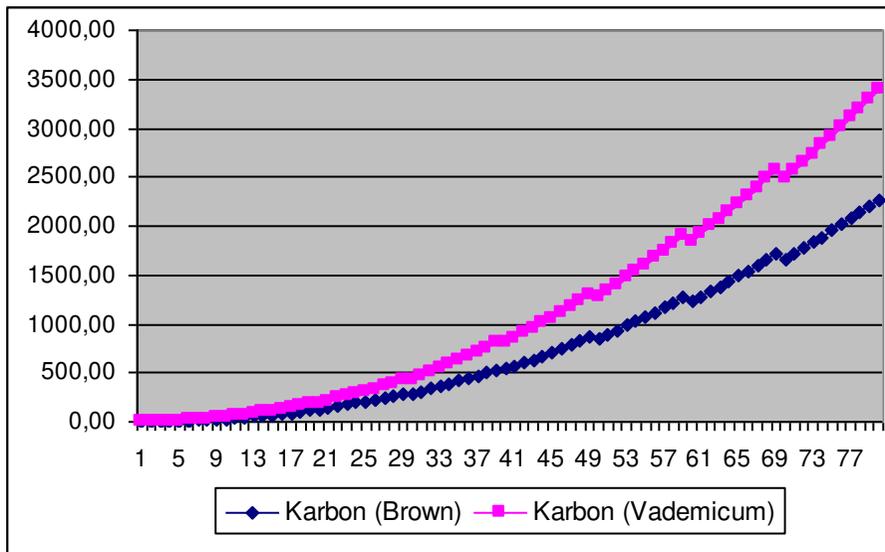
Sekitar setengah dari jumlah Biomasa pohon adalah Biomasa karbon, dalam perhitungan ini digunakan nilai 0,45 (Brown, 1997). Karena itu perkiraan jumlah ton karbon per hektar adalah sekitar 348,08 dihitung dengan menggunakan metode Brown (1997) dan 520,46 apabila dihitung dengan menggunakan metode VK (1976). Jumlah ini hanya untuk karbon di atas tanah, belum memasukkan jumlah karbon yang terdapat pada akar dan serasah.

Tabel 3. Jumlah Biomasa pohon dan karbon pada setiap umur Jati (*Tectona grandis*)
Table 3. Biomass and carbon content on Teak

Tahun	Biomasa (Ton/ha)		Karbon (ton/ha)	
	Brown	Vademicum	Brown	Vademicum
1	0,33	0,50	0,15	0,23
2	1,38	2,06	0,62	0,93
3	3,00	4,48	1,35	2,02
4	5,91	8,83	2,66	3,98
5	10,01	14,96	4,50	6,73
6	14,21	21,25	6,40	9,56
7	20,45	30,58	9,20	13,76
8	28,03	41,91	12,61	18,86
9	33,96	50,77	15,28	22,85
10	43,54	65,11	19,59	29,30
11	54,53	81,53	24,54	36,69
12	60,94	91,12	27,42	41,00
13	73,61	110,06	33,12	49,53
14	87,68	131,10	39,46	59,00
15	92,99	139,04	41,84	62,57
16	108,29	161,92	48,73	72,86
17	124,95	186,83	56,23	84,07
18	142,99	213,81	64,35	96,21
19	162,46	242,91	73,11	109,31
20	167,40	250,30	75,33	112,63
21	187,83	280,85	84,52	126,38
22	209,63	313,44	94,33	141,05
23	232,82	348,11	104,77	156,65
24	257,42	384,90	115,84	173,21
25	256,41	383,40	115,39	172,53
26	281,28	420,58	126,58	189,26
27	307,49	459,77	138,37	206,90
28	335,05	500,98	150,77	225,44
29	363,98	544,24	163,79	244,91
30	348,56	521,18	156,85	234,53
31	372,03	556,28	167,41	250,32
32	396,05	592,19	178,22	266,48
33	420,58	628,87	189,26	282,99

Tahun	Biomass (Ton/ha)		Karbon (Ton/ha)	
	Brown	Vademicum	Brown	Vademicum
34	445,59	666,27	200,52	299,82
35	471,05	704,34	211,97	316,95
36	496,93	743,02	223,62	334,36
37	523,18	782,27	235,43	352,02
38	549,77	822,03	247,40	369,91
3	576,66	862,24	259,50	388,01
40	533,96	798,40	240,28	359,28
41	557,15	833,07	250,72	374,88
42	580,39	867,82	261,17	390,52
43	603,63	902,57	271,63	406,15
44	626,83	937,26	282,07	421,76
45	649,94	971,82	292,47	437,32
46	672,93	1006,20	302,82	452,79
47	695,75	1040,32	313,09	468,14
48	718,36	1074,11	323,26	483,35
49	740,70	1107,52	333,31	498,38
50	644,44	963,59	290,00	433,61
51	660,45	987,54	297,20	444,39
52	675,91	1010,65	304,16	454,79
53	690,77	1032,86	310,85	464,79
54	704,96	1054,09	317,23	474,34
55	718,46	1074,26	323,31	483,42
56	731,19	1093,30	329,04	491,99
57	743,11	1111,13	334,40	500,01
58	754,18	1127,67	339,38	507,45
59	764,32	1142,85	343,95	514,28
60	773,50	1156,57	348,08	520,46

Keterangan (Remark): 1. Model Brown, 1995 2. Vademikum Kehutanan, 1976



Gambar 2. Perbandingan Biomasa dan Karbon Menggunakan Model Brown dan VK
 Figure 2. Comparison of Bimass and Carbon Content Based on Brown and VK Model

D. Biaya Pembuatan Hutan Tanaman dan Karbon

Biaya pembangunan hutan tanaman digunakan untuk mencari harga per satuan karbon. Biaya ini didekati dari biaya untuk membangun hutan sampai menghasilkan *positive cash flow*. Input dan output yang dikeluarkan untuk pembangunan hutan dapat dilihat pada Tabel 4. Biaya pembangunan hutan meliputi kegiatan pembuatan tanaman, pemeliharaan, dan panen (tebang dan angkut). Biaya ini tidak memasukan biaya tetap perusahaan seperti biaya kantor (sarana dan prasarana), kewajiban-kewajiban, administrasi umum dan penyusutan.

Tabel 4. Input dan ouput pada pembuatan satu hektar tanaman Jati (*Tectona grandis*)
 Table 4. Input output for a hectare teak plantation

Input	Rp/ha	Jumlah/ha	Unit
Bibit	3.333.000	3333	bibit
Kompos	3.999.600	9999	kg
Cangkul	40.000	2	buah
Gancu	40.000	2	buah
Tenaga Kerja:			
Persiapan Lahan	52.500	3.5	HOK
Pembersihan Lahan	52.500	3.5	HOK
Pemeliharaan	157.500	10.5	HOK
Pemupukan	3.000	0.2	HOK
Pemanenan	16.785.300	1119.02	HOK
Pascapanen	18.650.250	1243.35	HOK
Penjualan	10.820.250	721.35	HOK
Output		Jumlah/ha	
Kayu Jati A1	12.895.106	12,36	m ³
Kayu Jati A2	195.681.759	61,96	m ³
Kayu Jati A3	8.321.609.333	1.164,83	m ³

Harga karbon akan didekati dari biaya pembuatan hutan tanaman. Dari Tabel 3, terlihat bahwa karbon yang diserap oleh tanaman jati pada untuk satu daur (tahun ke-60) adalah sekitar 348,08 ton C per hektar. Nilai ini sedikit lebih kecil dari jumlah penyerapan karbon pada hutan tanaman jati di Panama saat panen, yang besarnya 351 t C/ha (Kraenzel, M., dkk., 2003).

Apabila biaya pembuatan hutan sekitar Rp 7.725.158, maka biaya untuk memproduksi karbon per ton adalah sekitar Rp 22.194 atau \$ 2,4 per ton. Usaha pengembangan hutan tanaman jati ini baru mencapai nilai cashflow positive pada saat umur 15 tahun.

Tingkat penyerapan tenaga kerja pada jati cukup tinggi, yaitu sekitar 152 HOK per ha per tahun. Hal ini karena lamanya daur dan banyaknya tenaga kerja yang dipakai pada saat, penjarangan, pemanenan, dan pemasaran kayu.

Tabel 5. Biaya pembuatan hutan tanaman dan harga karbon

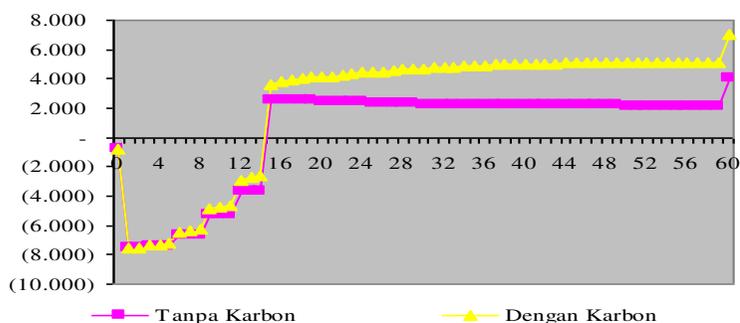
Table 5. Establishment and carbon cost

Uraian/Items	
Biaya pembuatan (<i>Establishment Cost</i>) (RP '000/ha)	7.725
Positif Penerimaan (<i>years to positive cash flow</i>) (years)	15
Penggunaan tenaga kerja (Labour requirements)	
Pembuatan (<i>Establishment</i>) (HOK,pd/ha)	108
Operasi (<i>Operation</i>) (HOK/ha/tahun, pd/ha/yr)	199
Total (pd/ha/yr)	152
Penyerapan karbon (<i>carbon sequestration</i>)	
Rata-rata Biomasa karbon (<i>Average Biomass carbon</i>) (t C/ha)	348,08
Biaya karbon (<i>Carbon cost</i>) (Rp /t C)	22.194
Biaya karbon (<i>Carbon cost</i>) (\$ /t C)	2,4

Keterangan: ¹⁾ Asumsi kurs \$1=Rp 9 346

E. Kelayakan Hutan Tanaman Jati Dengan dan Tanpa Karbon

Tabel 6 menunjukkan bahwa pembangunan hutan tanaman jati layak diusahakan, dengan IRR sebesar 18 % dan NPV sebesar Rp 4.078.000 per hektar. Penambahan harga karbon akan meningkatkan nilai IRR dan NPV seperti tertera pada Tabel 7. Dari Tabel 7 terlihat bahwa penambahan nilai karbon sebesar Rp 22.194 per ton akan meningkatkan IRR dari 18 % menjadi 20 % per hektar atau meningkat sebesar 2%. Dan NPV meningkat dari Rp 4.087.000 menjadi Rp 7.058.000 per hektar, atau meningkat sebesar 73% per hektar. Nilai ini menunjukkan bahwa penambahan keuntungan dari nilai karbon cukup signifikan dan menambah kelayakan pembuatan hutan tanaman. Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan nilai karbon terhadap NPV dan hubungannya dengan waktu penanaman.



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Nilai Karbon Terhadap NPV Hutan Tanaman Jati
Figure 3. Effect of Carbon Value on NPV of Teak Plantation

Tabel 6. Perhitungan NPV dan IRR
 Table6. NPV and IRR.Calculation

Tahun	Biaya Total (Rp/Ha)	Pendapatan Total (Rp/Ha)	Pendapatan bersih (Rp/ha)	Pendapatan bersih Terdiskonto (rp/Ha)	Cashflow Kumulatif (terdiskonto) (Rp/ha)
0	741.777	-	(741.777)	(741.777)	(741.777)
1	7.806.410	-	(7.806.410)	(6.788.183)	(7.529.960)
2	52.500	-	(52.500)	(39.698)	(7.569.657)
3	94.544	381.784	287.239	188.865	(7.380.793)
4	-	-	-	-	(7.380.793)
5	-	-	-	-	(7.380.793)
6	215.892	1.960.418	1.744.526	754.207	(6.626.586)
7	-	-	-	-	(6.626.586)
8	-	-	-	-	(6.626.586)
9	562.175	5.104.850	4.542.675	1.291.312	(5.335.274)
10	-	-	-	-	(5.335.274)
11	-	-	-	-	(5.335.274)
12	1.108.584	10.066.954	8.957.954	1.674.306	(3.660.969)
13	-	-	-	-	(3.660.969)
14	-	-	-	-	(3.660.969)
15	1.322.645	61.600.349	50.277.704	5.178.853	2.517.884
16	-	-	-	-	2.517.884
17	-	-	-	-	2.517.884
18	-	-	-	-	2.517.884
19	-	-	-	-	2.517.884
20	2.071.216	-	(2.071.216)	(126.552)	2.391.332
21	-	-	-	-	2.391.332
22	-	-	-	-	2.391.332
23	-	-	-	-	2.391.332
24	-	-	-	-	2.391.332
25	3.507.239	-	(3.507.239)	(106.542)	2.284.791
26	-	-	-	-	2.284.791
27	-	-	-	-	2.284.791
28	-	-	-	-	2.284.791
29	-	-	-	-	2.284.791
30	5.393.362	-	(5.393.362)	(81.456)	2.203.334

Tahun	Biaya Total (Rp/Ha)	Pendapatan Total (Rp/Ha)	Pendapatan bersih (Rp/ha)	Pendapatan bersih Terdiskonto (rp/Ha)	Cashflow Kumulatif (terdiskonto) (Rp/ha)
31	-	-	-	-	2.203.334
32	-	-	-	-	2.203.334
33	-	-	-	-	2.203.334
34	-	-	-	-	2.203.334
35	-	-	-	-	2.203.334
36	-	-	-	-	2.203.334
37	-	-	-	-	2.203.334
38	-	-	-	-	2.203.334
39	-	-	-	-	2.203.334
40	9.059.846	-	9.059.846	(33.823)	2.169.512
41	-	-	-	-	2.169.512
42	-	-	-	-	2.169.512
43	-	-	-	-	2.169.512
44	-	-	-	-	2.169.512
45	-	-	-	-	2.169.512
46	-	-	-	-	2.169.512
47	-	-	-	-	2.169.512
48	-	-	-	-	2.169.512
49	-	-	-	-	2.169.512
50	15.341.253	-	(15.341.253)	(14.157)	2.155.355
51	-	-	-	-	2.155.355
52	-	-	-	-	2.155.355
53	-	-	-	-	2.155.355
54	-	-	-	-	2.155.355
55	-	-	-	-	2.155.355
56	-	-	-	-	2.155.355
57	-	-	-	-	2.155.355
58	-	-	-	-	2.155.355
59	-	-	-	-	2.155.355
60	100.735.634	8.530.250.511	8.429.514.877	1.922.791	4.078.146

NPV : 4.078.146

IRR : 18 %

Years to + cash flow : 15

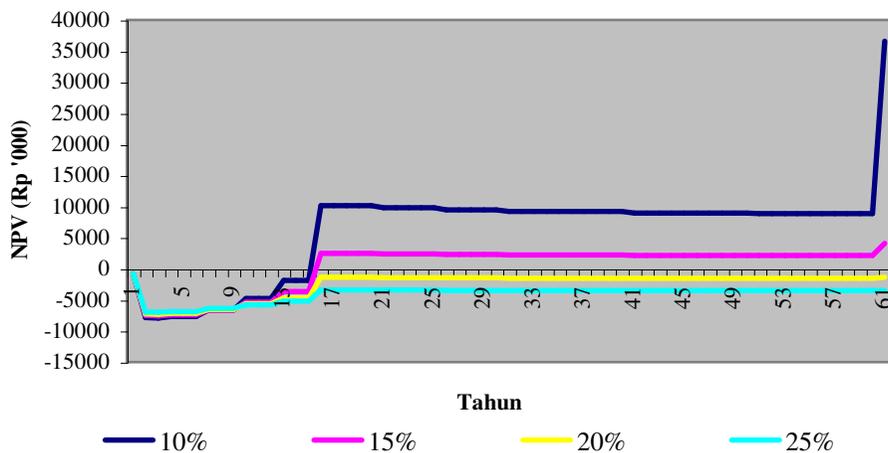
Tabel 7. Pengaruh penambahan nilai karbon terhadap IRR dan NPV hutan tanaman
 Table 7. Additional effect of carbon value on IRR and NPV of mangium estate

Uraian/Items	
IRR (%) tanpa karbon	18%
IRR (%) dengan karbon (Rp. 22.194/t C)	20%
NPV (Rp '000/ha) tanpa karbon	4.078.146
NPV (Rp '000/ha) dengan karbon (Rp. 22.194 /t C)	7.057.806

Tabel 8 dan Gambar 4 menunjukkan pengaruh discount faktor terhadap NPV, semakin rendah discount faktor yang digunakan, NPV yang dihasilkan semakin tinggi. Apabila dibandingkan dengan tingkat suku bunga bank komersial saat ini, yang berada dibawah 10%, maka pengusahaan hutan jati masih menghasilkan NPV yang positif dan pengembalian IRR yang cukup tinggi.

Tabel 8. Pengaruh Diskon Faktor terhadap IRR dan NPV Hutan Tanaman Jati
 Table 8. Effect of Discount Factor on IRR and NPV of Teak Plantation

Diskon Faktor (r. %)	Tanpa Karbon		Dengan Karbon	
	NPV (Rp)	IRR (%)	NPV (Rp)	IRR (%)
25	(3.454.150)	18,11%	(2.759.263)	19,89%
20	(1.356.482)	18,11%	(34.293)	19,95%
15	4.078.146	18,11%	7.057.806	20,02%
10	36.548.826	18,11%	44.534.213	19,956%



Gambar 4. Pengaruh Diskon Faktor terhadap NPV
 Figure 4. Effect of Discount Factor on NPV

IV. KESIMPULAN

Tulisan ini menunjukkan bahwa pengembangan usaha hutan tanaman jati layak untuk diusahakan walaupun memiliki daur yang lama (60 tahun). Analisis kelayakan dilakukan dengan analisis biaya manfaat (*Benefit Cost Analysis*) menggunakan program EXCEL, dengan tingkat suku bunga yang dipakai adalah 15%.

Hasil analisis benefit costs, menunjukkan IRR tanpa karbon sebesar 18 %, dengan NPV sebesar Rp 4.078.146 per ha.

Dengan biaya pembuatan hutan tanaman jati sekitar Rp 7.725.158 per ha, maka biaya untuk memproduksi karbon per ton adalah sekitar Rp 22.194 atau \$ 2,4.

Apabila harga karbon ini diperhitungkan dalam analisis, tingkat IRR naik 2 %, menjadi 20 %, dan NPV per ha meningkat sebesar 73 persen, menjadi Rp 7.057.806 per ha.

Dengan menggunakan perhitungan Brown (1997), dan Vademikum Kehutanan (1976), rata-rata jumlah serapan karbon dalam satu daur (60 tahun) per hektar cukup tinggi yaitu sekitar sekitar 348,08 ton C/ha dan 520,46 ton C/ha. Nilai ini sedikit lebih kecil dari jumlah penyerapan karbon pada hutan tanaman jati di Panama saat panen, yang besarnya 351 t C/ha (Kraenzel, M., dkk., 2003).

Ucapan Terima Kasih

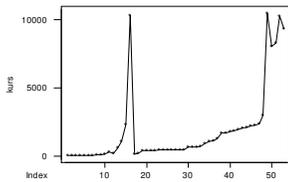
Kami mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan dan staf KPH Saradan, Jawa Timur, terutama kepada Bapak Faturrohman (Seksi Perencanaan Hutan Madiun), dan Sdri. Eliyani untuk bantuannya dalam pengambilan data dan informasi selama di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

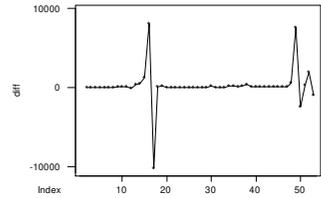
- Adi. 2000. *Integrated Analysis of GHG Emission and Sequestration. Land Use Change and Forest Management, Mitigation Strategy to Minimize The Impacts of Climate Change.* PERHIMPI, Bogor.
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: A Primer* FAO Forestry Paper 134. *Food and Agriculture Organisation of the United Nation.* Rome.
- Buharman dan S. Irawanti. *Kelompok jenis kayu HTI yang diprioritaskan.* Sylva Tropika. Vol. 2, No. 2. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Departemen Kehutanan. 2001. *Statistik Kehutanan Indonesia 1999/2000.* Badan Planologi, Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 1990 – 2000. *Statistik.* Ditjen RLPS.
- Direktorat Jenderal Kehutanan. 1976. *Vademikum Kehutanan.* Jakarta.
- IC-SEA. 2000. *The Impacts of Land-Use/Cover Change on Greenhouse Gas Emissions in Tropical Asia.* Edited by D Murdiyarto dan H. Tsuruta. ICSEA dan NIAES. 2000.
- Kartodihardjo, H. 1999. *Belunggu IMF dan World Bank: Hambatan Struktural Pembaharuan Kebijakan Pembangunan Kehutanan di Indonesia.* Pustaka Latin.

- Ketterings, Q.M., Coe, R., van Noordwijk, M., Ambagau, Y., dan Palm, C.A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric Biomass equations for predicting above ground tree Biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146: 199-209.
- Khaerudin. 1999. Pembibitan Tanaman HTI. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Kraenzel, M., Castillo A., Moore, T., Potvin, C. 2003. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama. *Forest Ecology and Management* 173: 213-225.
- MacDicken, K. 1997. *A guide to measuring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Forest carbon monitoring program.* Winrock International, arlington, VA USA. 87 pp.
- Seksi Perencanaan Hutan Madiun KPH Saradan. 1997. Rencana Pengaturan Kesatuan Hutan Kelas Perusahaan Jati. Buku A. Jangka Perusahaan 1 Januari 1997-31 Desember 2006. Perum Perhutani Unit II. Jawa Timur
- Soerianegara, I. , R.H.M.J. Lemmens. 1994. Plant Resources of South-East Asia 5(1) Timber tress: Major commersial timbers. PROSEA. Bogor. Indonesia.
- Suharlan, A., Sumarna, A. dan Sudiono, Y. 1975. TAbel Tegakan Sepuluh Jenis Kayu Industri. Lembag Penelitian Hutan.
- Tommich, T.P. Kuusipalo, J., Menz, K. dan Byron, N. 1997. Imperata Economics and policy. *Agroforestry Sytems* 36: 233-261.
- World Resource Institute. 1992. World Resources 1992-1998, Oxford University Press. Oxford.

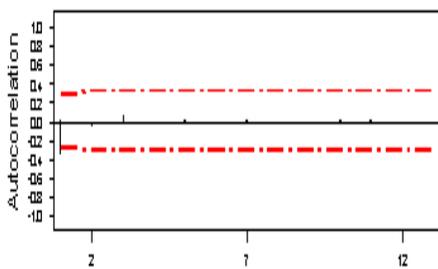
Lampiran 1. Kurs Konversi Dolar Amerika ke Rupiah
Annex 1. Exchange rate of Indonesian rupiah to US dollar



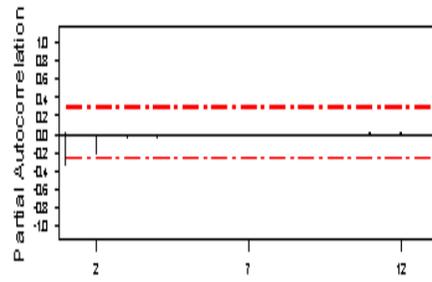
Secara visual dapat dilihat bahwa data perkembangan kurs dolar terhadap rupiah tidak stasioner sehingga perlu distasionerkan.



Sebaran Autokorelasi



Sebaran Autokorelasi Parsial

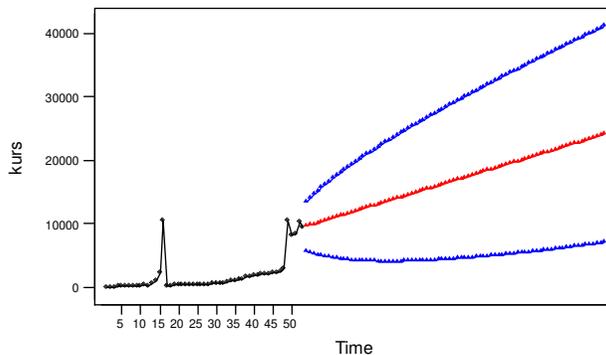


dari keempat gambar di atas, maka dapat diidentifikasi model ARIMA yang paling sesuai adalah ARIMA (0,1,1). Dan hasil estimasi terhadap model ARIMA tersebut adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{Kurs}_t = 183.3 + \mathbf{Kurs}_{t-1} + 0.5133 \varepsilon_{t-1}.$$

Semua nilai estimasi tersebut nyata pada taraf 5%.

Time Series Plot for kurs
 (with forecasts and their 95% confidence limits)



Lampiran 2. Model Pertumbuhan Ekponensial
Annex 2. Exponential Growth Models

HASIL PERHITUNGAN PENDUGAAN DIAMETER
(LnD = 0.364532632 + 0.829808481*LnT)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.98069076
R Square	0.96175436
Adjusted R Square	0.95902253
Standard Error	0.23617994
Observations	16

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	19.637957	19.638	352.0548	2.5503E-11
Residual	14	0.78093350	0.05578		
Total	15	20.41889			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.36453263	0.13205842	2.76039	0.015329	0.08129531	0.64777	0.081295	0.64776995
X Variable 1	0.82980848	0.0442255	18.7631	2.55E-11	0.73495414	0.924663	0.734954	0.92466282

HASIL PERHITUNGAN PENDUGAAN TINGGI ($\text{LnH} = 0.568991023 + 3397.499061 * \text{LnT} - 1698.399172 * \text{LnT}^2$)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.99755483
R Square	0.99511563
Adjusted R Square	0.99436419
Standard Error	0.08866027
Observations	16

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Signifi- cance F</i>
Regression	2	20.8193	10.41	1324.28	9.5E-16
Residual	13	0.10219	0.0079		
Total	15	20.9215			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.56899102	0.05979	9.5158	3.2E-07	0.43981	0.69817	0.439813	0.698169
X Variable 1	3397.49906	267.336	12.709	1E-08	2819.96	3975.04	2819.956	3975.043
X Variable 2	-1698.39917	133.673	-12.71	1E-08	-1987.2	-1409.6	-1987.18	-1409.62

Kedua model estimasi tersebut layak untuk digunakan dalam menduga diameter dan tinggi tanaman, yang ditunjukkan oleh nilai R^2 (koefisien determinasi) yang mendekati satu, yang berarti bahwa model yang dibuat dapat menjelaskan dengan baik perilaku diameter dan tinggi tanaman. Dan umur sangat berpengaruh terhadap diameter dan tinggi tanaman, yang ditunjukkan dengan nilai absolut dari t-student yang sangat besar, sehingga berpengaruh nyata pada taraf 5%.