

**ESTIMASI PARAMETER TEGAKAN HUTAN RAWA GAMBUT
MENGUNAKAN DATA SPEKTRAL CITRA LANDSAT 7 ETM+
DI KALIMANTAN TENGAH**

***Estimation of Forest Stand Parameters using Spectral Data Landsat 7 ETM+
In Central Kalimantan***

Raden Mas Sukarna, Cakra Birawa, Misrita

Jurusan/Prodi Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya

Email : sukarna@for.upr.ac.id

ABSTRACT

Estimation of forest stand parameters such as stand density, dominancy and frequency in a large area using remotely sensed data has considerable significance for sustainable management and utility of natural resources. In practice, selecting suitable image data for such purposes remains difficult due to a poor understanding of forest stand parameters and remote-sensing spectral response relationships, particularly in Peat Swamp Forest (PSF) regions. This paper explores relationships between forest stand parameters and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper (ETM+) spectral responses through Forest Canopy Density (FCD) analyses of peat swamp forest in Central Kalimantan Indonesia. Seven ETM bands and many biophysical indices are examined through integration of spectral responses and field vegetation inventory data. Pearson's correlation coefficients are used to interpret relationships between forest stand parameters and ETM data through FCD. This study concludes that FCD and stand density, stand dominancy and species frequency are most strongly correlated, and we can estimate standing stock of forest accurately.

Keywords: forest canopy density; stand density, dominancy, frequency, peat swamp forest

ABSTRAK

Estimasi terhadap beberapa parameter tegakan seperti kerapatan tegakan, dominansi dan frekuensi kemunculan jenis pada kawasan yang luas menggunakan pendekatan citra penginderaan jauh menjadi pertimbangan yang baik dalam pengelolaan hutan secara berkelanjutan. Pemilihan citra yang cocok untuk tujuan tersebut memang agak sulit karena pemahaman yang masih terbatas terhadap hubungan antara parameter tegakan dengan nilai spektral citra satelit, khususnya pada areal hutan rawa gambut. Penelitian ini mencoba menjelaskan dan menguraikan hubungan antara nilai spektral model FCD Citra Landsat 7 ETM+ dengan parameter tegakan hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah Indonesia. Tujuh saluran Citra Landsat ETM dan beberapa nilai spektral indeks biofisik diuji melalui data inventarisasi lapangan. Nilai korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui hubungan antara FCD dan nilai parameter tegakan. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa antara nilai FCD, kerapatan tegakan, dominansi tegakan dan frekuensi jenis memiliki korelasi yang nyata, sehingga dapat digunakan untuk menduga potensi tegakan secara baik.

Kata Kunci : kerapatan kanopi hutan, kerapatan tegakan, dominansi, frekuensi jenis, hutan rawa gambut

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang berbasis data digital citra satelit telah mendorong terjadinya berbagai perubahan dalam mengembangkan teknik dan metode pemantauan kondisi hutan, antara lain adalah aplikasi transformasi indeks vegetasi yaitu suatu alternatif yang digunakan untuk mengukur kondisi dan jumlah vegetasi yang didasarkan pada ukuran nilai-nilai spektral penginderaan jauh, seperti *Ratio Vegetation Index (RVI)*, *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* dan *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* (Jensen, 1996; Purevdorj *et al.*, 1998). Kajian spektral citra satelit resolusi spasial sedang seperti Landsat dan SPOT-4 yang dimaksudkan untuk memahami keragaman hutan alam melalui pendekatan transformasi indeks vegetasi maupun klasifikasi multispektral belum memberikan hasil klasifikasi yang maksimal. Permasalahan mendasar yang dihadapi adalah bahwa struktur tajuk hutan alam yang berlapis dan sangat heterogen dapat menghasilkan tingkat kejenuhan nilai respon spektral khususnya pada saluran merah dan saluran inframerah dekat, akibatnya dapat terjadi kesalahan identifikasi dan interpretasi (Liang, 2004; Micheal, 2004).

Pembiayaan yang cukup mahal baik untuk survei terestrial maupun pemanfaatan citra dengan resolusi spasial tinggi serta hasil

yang belum maksimal dalam memberikan informasi kondisi hutan, memerlukan penelitian untuk mengembangkan teknik pemantauan dan inventarisasi hutan alam yang diharapkan mampu mengurangi masalah tersebut dan mampu memberikan hasil informasi keragaman hutan yang memadai. Sejak awal tahun 1990 *Japan Overseas Forestry Consultants Association (JOFCA)* dan *International Timber Trade Organization (ITTO)* mengembangkan model *Forest Canopy Density (FCD)* data digital Citra Landsat TM untuk memantau kondisi hutan tropis lahan kering (*dryland*) di India, Myanmar, Malaysia dan Indonesia. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa tingkat kecermatan klasifikasi hutan yang sangat baik yaitu >90%. Secara konseptual model FCD dikembangkan secara bertahap dengan mempertimbangkan kondisi struktur hutan secara faktual melalui integrasi antara indeks tanah, indeks vegetasi, indeks bayangan dan indeks temperatur (Rikimaru, 1996).

METODE PENELITIAN

Secara geografis lokasi penelitian terletak antara 113° 45' – 114° 15' Bujur Timur (BT) dan 02° 15' – 02° 45' Lintang Selatan (LS). Menurut Administrasi Pemerintahan Propinsi Kalimantan Tengah, bagian Utara lokasi penelitian termasuk dalam wilayah Kodya Palangkaraya, dan bagian Selatan lokasi penelitian termasuk dalam Wilayah Kabupaten

Pulang Pisau. Luas areal penelitian yang dikaji melalui citra penginderaan jauh satelit \pm 200.000 hektar yang secara alamiah dibatas oleh sungai Kahayan di bagian Timur dan sungai Bulan di Bagian Barat. Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penginderaan jauh multi-tingkat, yaitu perpaduan antara analisis Citra Landsat 7 ETM+ sebagai sumber data utama, identifikasi dan interpretasi foto udara, dan kerja lapangan. Metode yang dikembangkan dalam penelitian dilakukan melalui analisis multi-tingkat yang meliputi 4 tahap kegiatan utama yaitu, (1) melakukan analisis spektral citra satelit (Landsat 7 ETM+) melalui model *Forest Canopy Density* (FCD) dan interpretasi Foto Udara yang dimaksudkan untuk menentukan distribusi spasial struktur dan kerapatan tajuk hutan rawa, (2) melakukan analisis vegetasi melalui data pengukuran lapangan untuk menentukan struktur dan floristik hutan rawa (Dombois dan Elenberg, 1974; Ludwig dan Reynolds, 1988) , (3) melakukan analisis statistik untuk menentukan model hubungan antara variasi nilai spektral model FCD Citra Landsat 7 ETM+ dengan variasi nilai struktur kerapatan tajuk hutan faktual (Van Gils dan Van Wijngaarden, 1984).

Bahan Penelitian

a) Citra Landsat 7 ETM+

Citra penginderaan jauh satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Landsat 7 ETM+ Path/Row 118/062 tahun 2007

b) Foto Udara Digital Format Kecil

Peralatan Penelitian

- a) Laptop
- b) Kamera Digital
- c) Global Positioning System (GPS)
- d) Hagameter untuk mengukur tinggi pohon
- e) Phiband untuk mengukur diameter batang
- f) Program-program pendukung yang digunakan untuk analisis citra digital dan pemetaan

Dalam penelitian ini perhitungan kerapatan kanopi hutan dikembangkan secara bertahap menggunakan model *Forest Canopy Density* (FCD) berdasarkan empat komponen utama indeks biofisik Citra Landsat .

Nilai FCD dihitung berdasarkan formulasi sebagai berikut (Rikimaru,1996, Rikimaru dan Miyatake, 1997; Roy et. al., 1997).

$$FCD) = (VD \times SSI + 1)^{1/2} - 1 \quad (1)$$

Dimana: VD adalah Kerapatan Vegetasi (Vegetation Density); dan SSI adalah Skala Bayangan Tajuk Pohon (Scaled Shadow Index)

Untuk menggambarkan fenomena keragaman hutan adalah dengan mengkaji model hubungan matematis antara indeks kerapatan tajuk data spektral Citra Landsat

(FCD) dengan nilai indeks luas tajuk (*Canopy Area Index* atau CAI) yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan. Nilai CAI dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$CAI = \frac{\text{Total Luas Tajuk Pohon dalam Peta}}{\text{Luas Petak Ukur (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

Melalui model hubungan antara FCD dan CAI, selanjutnya dilakukan analisis hubungan antara CAI dengan nilai kerapatan tegakan, dominansi tegakan, frekuensi kemunculan jenis dan indeks keragaman hutan rawa pada kawasan penelitian menggunakan model persamaan regresi linier sederhana melalui persamaan berikut.

$$Y = b_0 + b_1 X \quad (3)$$

dimana,

Y = variabel bergantung (CAI)

X = variabel bebas (FCD)

b₀ = konstanta regresi, b₁ = koefisien regresi

Pengujian hipotesis koefisien regresi menggunakan uji statistik t :

$$\text{Untuk intersep : } t = (\alpha - \alpha_0) / S_a \quad (4)$$

$$\text{Untuk koefisien arah regresi : } t = (\beta - \beta_0) / S_b \quad (5)$$

Uji kelinearan dan keberartian regresi dilakukan melalui perhitungan analisis varians seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Varian Regresi Linear Sederhana (Sudjana, 2001)

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Jumlah Kuadr	Keragaman Tengah (KT)	F hitung
----------------	---------------	--------------	-----------------------	----------

	(df)	at (JK)		
Total	n	∑ Y ²	∑ Y ²	
Koefisien (a)	1	JK (a)	JK (a)	S ² _{reg} /S ² _{sis}
Regresi (b/a)	1	JK (b/a)	S ² _{reg} = JK (b/a)	
Sisa	n - 2	JK (S)	S ² _{sis} = JK (S)/n-2	
Tuna Cokok Galat	k - 2 n - k	JK (TC) JK (G)	S ² _{TC} = JK(TC)/k-2 S ² _G = JK (G)/n - k	S ² _{TC} /S ² _G

Berdasarkan hasil analisis varians di atas jika F hitung (S²_{reg}/S²_{sis}) < F tabel, maka terima Ho; artinya regresi yang dihasilkan tidak berarti, demikian juga sebaliknya jika S²_{reg}/S²_{sis} > F tabel, maka tolak Ho; artinya regresi yang dihasilkan berarti. Selanjutnya jika pada taraf nyata tertentu F hitung (S²_{TC}/S²_G) < F tabel, maka terima Ho; artinya bentuk regresi linear. Jika S²_{TC}/S²_G > F tabel, maka tolak Ho; artinya bentuk regresi bersifat non linear.

Pengujian hipotesis koefisien regresi menggunakan uji statistik t

$$\text{Untuk intersep: } t = (\alpha - \alpha_0) / S_a \quad (6)$$

$$\text{Untuk koefisien arah regresi: } t = (\beta - \beta_0) / S_b \quad (7)$$

Dari beberapa tahap hasil uji statistika, dilakukan evaluasi untuk menilai tingkat kecocokan suatu model regresi menggunakan kriteria sebagai berikut

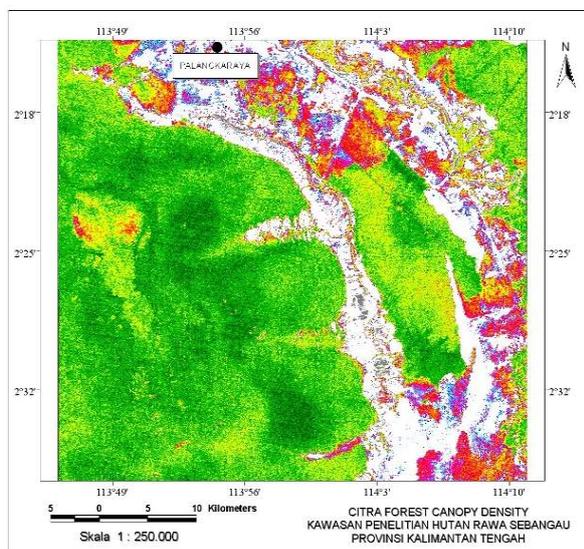
- 1) Model regresi yang digunakan mempunyai nilai koefisien determinasi (R²) tertinggi diantara model lainnya.

2) Model regresi yang digunakan berpengaruh nyata pada taraf uji 95 % berdasarkan hasil uji varian dan hasil uji t.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Spektral Kerapatan Kanopi Hutan Rawa Gambut

Berdasarkan hasil analisis spasial terhadap citra FCD diketahui bahwa luas seluruh areal penelitian adalah ± 226.292,40 ha yang terdiri dari 11 kelompok penutupan lahan menurut tingkat kerapatan tajuk vegetasi. Uraian secara detil mengenai kelompok penutupan lahan disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Hasil Analisis Citra *Forest Canopy Density* (FCD) pada Lokasi Penelitian Kawasan Hutan Rawa Gambut Provinsi Kalimantan Tengah

Tabel 1. Hasil Analisis Kerapatan Kanopi Hutan pada Lokasi Penelitian

Ket	Interval Nilai FCD (%)	Luas (ha)	Luas (%)	Hasil Interpretasi
	0-0	43,793.73	19.35	Lahan kosong dan padang rumput
	1-10	2,057.49	0.91	Padang rumput dan semak rendah
	11-20	5,712.93	2.52	semak rendah dan belukar muda jarang
	21-30	9,215.82	4.07	semak tinggi dan belukar muda jarang
	31-40	10,812.78	4.78	semak tinggi dan belukar muda agak rapat
	41-50	10,476.27	4.63	Semak dan belukar muda rapat
	51-60	10,206.18	4.51	belukar muda rapat
	61-70	42,644.79	18.84	belukar muda dan hutan rapat
	71-80	70,733.97	31.26	Belukar muda dan hutan rapat
	81-90	20,203.92	8.93	Hutan sangat

				rapat
	91-100	434.52	0.19	Hutan sangat rapat
Luas Total (ha)		226,292.40	100.00	

Model Hubungan Matematis antara Nilai FCD dan Nilai CAI

Hasil analisis korelasi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa antara nilai FCD Citra Landsat 7 ETM+ dengan nilai indek luas kanopi hutan (CAI) memiliki hubungan yang cukup erat dengan nilai korelasi sebesar 0,818. Besarnya pengaruh variabel kanopi hutan terhadap variasi nilai spektral yang diukur melalui model FCD adalah ± 67%. Hal ini berarti bahwa sebesar ± 33% nilai kerapatan kanopi hutan yang diperoleh dari Citra Landsat 7 ETM+ ditentukan oleh faktor lain.

Tabel 2. Nilai Korelasi antara Model FCD (%) dan CAI (m2/ha)

Analisis Korelasi	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (r ²)	Standar Error (SE)
Linear	0.818	0.668	0.7574

Berdasarkan hasil analisis varian pada Tabel 3 diketahui bahwa hubungan antara variasi nilai spektral kerapatan kanopi hutan model FCD Citra Landsat 7 ETM+ dengan variasi kerapatan kanopi hutan faktual bersifat

sangat nyata dengan probabilitas 0,000 (lebih kecil dari taraf nyata 0,01).

Tabel 3. Hasil Analisis Varians Model FCD dan CAI

Sumber Variasi	JKT	DB	KT	F hit	Sig.
Regresi	55.5002	1	55.5002	96,748	0,000
Residual	27.5356	48	0.5737		
Total	83.0358	49			

Dengan demikian berdasarkan hasil analisis regresi pada Tabel 4, maka bentuk persamaan regresi yang digunakan untuk menduga nilai CAI pada lokasi penelitian hutan rawa Sebangau Kalimantan Tengah adalah

$$Y = 0.045X - 0.2157 \quad (8)$$

Dimana Y adalah variabel bergantung (CAI dalam satuan m²/ha) dan X adalah variabel bebas (nilai FCD Citra Landsat 7 ETM+)

Tabel 4. Nilai Koefisien Regresi dan Hasil Uji t Model FCD dan CAI

Variabel	Koefisien Regresi	Standar Error	Nilai Uji t	Sig.
X ¹	0,0451	0,004585	9.836	0,000
Konstanta	-0,2157	0,270148	-0.798	0,428

Model Hubungan Matematis antara Nilai CAI dan Kerapatan Tegakan

Untuk mengetahui variasi sebaran kerapatan tegakan (Dombois dan Elernberg, 1974) hutan rawa pada masing-masing kelompok kerapatan kanopi hutan, dikembangkan analisis regresi korelasi menggunakan parameter CAI. Hasil analisis pada Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara CAI dan kerapatan tegakan bersifat linier dengan nilai korelasi sebesar 0,974.

Tabel 5. Hasil Korelasi antara Nilai CAI (m²/ha) dan Kerapatan Tegakan (pohon/ha)

Analisis Korelasi	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (r ²)	Standar Error (SE)
Linear	0,974	0,949	24,816

Besarnya pengaruh kanopi hutan terhadap kerapatan tegakan adalah ± 95%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa perubahan yang terjadi pada kanopi hutan sangat dipengaruhi oleh kerapatan tegakannya. Hasil analisis varian pada Tabel 6 menunjukkan bahwa perbedaan kerapatan kanopi hutan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap variasi kerapatan tegakan hutan khususnya untuk tegakan yang berdiameter antara 10 – 50 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kerapatan tegakan pada hutan rawa memberikan pengaruh yang sangat signifikan dalam menentukan variasi spektral kerapatan tajuk

hutan dalam model FCD Citra Landsat 7 ETM+.

Tabel 6. Analisis Varians antara CAI dan Kerapatan Tegakan

Sumber Variasi	JKT	DB	KT	F	Sig.
Regresi	64353,360	1	64353,360	894,93	0,000
Residual	34516,362	48	719,091		
Total	67805,000	49			

Tabel 7. Nilai Koefisien Regresi dan Hasil Uji t antara CAI dan Kerapatan Tegakan

Model Analisis	Variabel	Koefisien	Standar Error	Uji t	Sig.
Linier	X ¹	88,034	2,943	29,915	0,000
	Konstanta	52,234	7,563	6,906	0,000

Dengan demikian berdasarkan hasil analisis regresi pada Tabel 7, maka bentuk persamaan regresi yang digunakan untuk menduga nilai kerapatan tegakan pada lokasi penelitian hutan rawa Sebangau Kalimantan Tengah adalah

$$Y = 88,034 X + 52,234 \quad (9)$$

Dimana Y adalah variabel bergantung adalah kerapatan tegakan(pohon per ha) dan X adalah variabel bebas (CAI dalam m² per ha).

Model Hubungan Matematis antara CAI dan Dominansi

Untuk mengetahui variasi sebaran nilai luas bidang dasar tegakan hutan rawa, dilakukan dengan mempelajari hubungan antara nilai CAI dengan nilai dominansi tegakan yang berdiameter antara 10 – 60 cm. Hasil analisis pada Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara CAI dan dominansi tegakan bersifat linier dengan nilai korelasi sebesar 0,937. Besarnya pengaruh variabel kanopi hutan terhadap variasi nilai dominansi tegakan hutan adalah $\pm 88\%$. Hal ini berarti bahwa $\pm 12\%$ nilai dominansi tegakan ditentukan oleh faktor lain.

Tabel 8. Hasil Korelasi antara CAI (m²/ha) dan Dominansi (m²/ha)

Analisis Korelasi	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (r ²)	Standar Error (SE)
Linear	0,937	0,877	2,278

Hasil analisis varian pada Tabel 9 juga memperlihatkan bahwa perbedaan kerapatan kanopi hutan memberikan pengaruh yang sangat signifikan pada taraf uji 1% terhadap variasi nilai dominansi pohon yang berdiameter antara 10 – 50cm. Dengan dasar tersebut dapat dijelaskan bahwa faktor dominansi yang merupakan fungsi dari luas bidang dasar pohon (LBDS), memberikan pengaruh yang sangat signifikan dalam menentukan variasi kerapatan kanopi hutan dalam model FCD Citra Landsat 7 ETM+.

Tabel 9. Analisis Varians antara CAI dan Dominansi

Sumber Variasi	JKT	df	KT	F	Sig.
Regresi	1808,161	1	1808,161	348,30	0,000
Residual	249,187	48	5,191		
Total	2057,348	49			

Hasil uji beda pada Tabel 10 juga menunjukkan bahwa model regresi yang representatif dalam menggambarkan hubungan antara kerapatan kanopi hutan dan dominansi pohon adalah model linier.

Tabel 10. Nilai Koefisien Regresi dan Hasil Uji t antara CAI dan Dominansi

Model Analisis	Variabel	Koefisien	SE	t	Sig.
Linier	X ¹	4,666	0,250	18,663	0,000
	Konstanta	-3,144	0,643	-4,893	0,000

Hal ini berarti bahwa variasi dan sebaran diameter pohon berkorelasi kuat dan memberikan pengaruh yang nyata dalam pembentukan struktur kerapatan kanopi hutan rawa. Model persamaan matematis yang digunakan untuk menduga nilai dominansi

hutan melalui pendekatan kerapatan kanopi adalah

$$Y = 4,666X - 3,144 \quad (10)$$

Model Hubungan Matematis antara CAI dan Frekuensi Kemunculan Jenis

Untuk mengetahui variasi sebaran frekuensi kemunculan jenis tegakan hutan rawa pada lokasi penelitian adalah melalui analisis regresi korelasi antara indeks luas kanopi hutan dan indeks frekuensi jenis. Hasil analisis pada Tabel 11 menunjukkan bahwa nilai korelasi antara CAI dan frekuensi jenis adalah linier dengan nilai korelasi sebesar 0,871. Besarnya pengaruh variabel kanopi hutan terhadap variasi nilai frekuensi kemunculan jenis tegakan hutan adalah ± 76%. Hal ini berarti bahwa ± 24% nilai frekuensi kemunculan jenis pada lokasi penelitian ditentukan oleh faktor lain.

Tabel 11. Hasil Analisis Korelasi antara CAI (m²/ha) dan Frekuensi Kemunculan Jenis (jenis/ha)

Analisis Korelasi	Koefisien Korelasi (r)	Koefisien Determinasi (r ²)	Standar Error (SE)
Linear	0,871	0,759	0,945

Tabel 12. Analisis Varians antara CAI dan Frekuensi Kemunculan Jenis

Sumber Variasi	JKT	DB	KT	F	Sig.
Regresi	135,172	1	135,172	151,43	0,000

Residual	42,848	48	0,893		
Total	178,020	49			

Hasil analisis varian pada Tabel 12 memperlihatkan bahwa perbedaan kerapatan kanopi hutan memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap variasi frekuensi kemunculan jenis untuk pohon yang berdiameter antara 10 – 50 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi frekuensi kemunculan jenis pada hutan rawa memberikan pengaruh yang nyata dalam menentukan variasi kerapatan kanopi hutan dalam model FCD Citra Landsat 7 ETM+.

Tabel 13. Nilai Koefisien Regresi dan Hasil Uji t antara CAI dan Frekuensi Kemunculan Jenis

Model Analisis	Variabel	Koefisien	SE	t	Sig.
Linier	X ¹	1,276	0,104	12,306	0,000
	Konstanta	2,023	0,266	7,591	0,000

Selanjutnya Hasil uji t pada Tabel 13 menunjukkan bahwa model persamaan regresi yang representatif dalam menggambarkan hubungan antara indeks luas kanopi hutan dan frekuensi kemunculan jenis adalah model persamaan linier.

$$Y = 1,276 X + 2,023 \quad (11)$$

Estimasi Nilai Parameter Tegakan berdasarkan Nilai Spektral Landsat 7 ETM+

Berdasarkan hasil analisis statistik regresi korelasi antara parameter kerapatan hutan model FCD, indeks luas tajuk hutan, kerapatan tegakan, dominansi tegakan, dan frekuensi kemunculan, dihasilkan 4 model persamaan matematis yang digunakan untuk menduga kondisi dan variasi struktur hutan rawa pada lokasi penelitian.

Tabel 14. Estimasi Nilai Parameter Tegakan berdasarkan Nilai Spektral Citra landsat 7 ETM+

Kerapatan Kanopi Hutan (FCD) (%)	Indeks Luas Kanopi Hutan (CAI) (m ² /ha)	Kerapatan Tegakan (pohon/ha)	Dominansi Tegakan (m ² /ha)	Frekuensi Kemunculan Tegakan (jenis/ha)
1 – 20	0 - 0.68	0 - 86.66	0 - 0.06	0 - 2.90
21 – 40	0.73 - 1.58	92.58 - 197.07	0.27 - 4.26	2.96 - 4.06
41 – 60	1.63 - 2.48	202.15 - 290.64	4.47 - 8.46	4.11 - 5.21
61 – 80	2.53 - 3.38	294.88 - 367.36	8.67 - 12.67	5.27 - 6.36
81 – 100	3.43 - 4.28	370.76 - 427.24	12.88 - 16.87	6.42 - 7.51

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 14, dapat dijelaskan bahwa pada kawasan hutan rawa dengan tingkat keragaman yang rendah (FCD 1 – 20%) diperkirakan memiliki tingkat kerapatan tegakan maksimal hanya \pm 86 pohon per ha, luas bidang dasar (dominansi) \pm 0,06 m² per ha, dan frekuensi

kemunculan jenis tegakan hutan \pm 3 jenis per ha. Sebaliknya hasil estimasi pada hutan rawa dengan tingkat keragaman yang sangat tinggi (FCD 81 – 100%) diperkirakan memiliki tingkat kerapatan tegakan maksimal \pm 427 pohon per ha, luas bidang dasar \pm 16,87 m² per ha, dan frekuensi kemunculan jenis \pm 7,5 per ha. Dengan model pendekatan kuantitatif tersebut dapat dilakukan klusterisasi struktur hutan rawa pada lokasi penelitian.

KESIMPULAN

Model hubungan antara nilai spektral Landsat 7 ETM+ yang dianalisis melalui model *Forest Canopy Density* (FCD) dengan nilai kerapatan tegakan, nilai dominansi dan nilai frekuensi kemunculan jenis umumnya bersifat linear positif dengan nilai korelasi yang cukup tinggi. Berdasarkan asumsi hubungan pada kesimpulan (1), diketahui bahwa klasifikasi kerapatan hutan rawa gambut yang didasarkan pada variasi spektral kerapatan kanopinya juga mampu memberikan gambaran yang baik terhadap variasi dan distribusi keragaman floristiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Dombois M. and Elenberg H., 1974. *Aims and Methos of Vegetation Ecology*. Wiley International Edition. John Wiley and Sons, New York.
- ITTO / JOFCA, 2003. *FCD Mapper Versi-2 User Guide*, International Tropical

- Timber Organization and Japan Overseas Forestry Consultants Association.
- Jensen, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing a Remote Sensing Perspective. Second Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Liang, S., 2004. Quantitative Remote Sensing of Land Surfaces. John Wiley and Sons, Canada
- Ludwig, J.A., and Reynolds, J.F. 1988. Statistical Ecology, A Primer on Method and Computing. John Wiley and Sons. New York.
- Micheal, A. W., Hall, R.J., Coops, N.C., and Franklin, S.E. 2004. High Spatial Resolution Remotely Sensed Data for Ecosystem Characterization. *Bioscience Vol. 54, Iss 6; Washington, 511, 11 p*
- Purevdorj, Ts., Tateishi, R. , Ishiyama, T., Honda, Y. 1998. Relationships Between Percent Vegetation Cover and Vegetation Indices. *International Journal of Remote Sensing Vol 19 No. 18, 3519 – 3535.*
- Rikimaru, A., 1996. LANDSAT TM Data Processing Guide for Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model pp 1 – 8. ITTO Workshop on Utilization of Remote Sensing in Site Assessment and Planting of Logged-over Forest. Bangkok.
- Rikimaru, A and Miyatake, S., 1997. Development of Forest Canopy Mapping and Monitoring Model using Indices of Vegetation, Bare soil and Shadow pp. Proceeding of the 18th Asian Conference on Remote Sensing, E6. 1 – 6, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Roy P.S., Rikimaru, A., and Miyatake, S., 1997. Biophysical Spectral Response Modeling Approach for Forest Density Stratification. *Proceeding of the 18th Asian Conference on Remote Sensing, pp JSB 1– 6. Kuala Lumpur, Malaysia.*
- Sudjana, 2001. Teknis Analisis Regresi dan Korelasi bagi Para Peneliti. Tarsito, Bandung.
- Van Gils, H.A.M.J. and Van Wijngaarden, W., 1984. Vegetation Structure in Reconnaissance and Semi-detailed Vegetation Surveys. *ITC Journal 3 Department of Rural and Land Ecology Survey, 213- 218.*