

PEMETAAN PERUBAHAN KERAPATAN KANOPI HUTAN DI HUTAN RAKYAT, KABUPATEN KUNINGAN, JAWA BARAT

Nugrahadi Ramadhan Tohir^{*)}, Lilik Budi Prasetyo^{*)}, Agus Priyono Kartono.^{*)}
^{*)} Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan & Ekowisata, Fakultas Kehutanan - IPB
e-mail: nuga244@gmail.com

Abstract

Emission of carbon dioxide from forestry sector may come from deforestation and forest degradation. In term of measurement, deforestation was easier to be conducted compare to forest degradation. Tree canopy density could be one of variable that useful parameter for identification dynamic changes of forest degradation. The research aimed at finding relation between Forest Canopy Density (FCD) Mapping Model and forest structure variables such as LAI (Leaf Area Index), basal area, and tree density based on field measurement. This research located in privat forest, Kuningan District, West Java. The result of regression analysis shows that the largest corelation coefficient between the basal area value and FCD was 0.71. The linear regression equation of selected forest density is $\hat{y} = 0.48 + 0.19x$. The error level regression is 18.98%. This research also aim to determine the changes of forest canopy density at Kuningan privat forest during 1991-2002 and 2002-2009.

Key Words: *Degradation, FCD, Forest, Reforestation, Regression*

Abstrak

Emisi karbon dioksida dari sektor kehutanan dapat berasal dari deforestasi dan degradasi hutan. Pengukuran deforestasi hutan lebih mudah dilakukan dari pada degradasi hutan. Kerapatan kanopi hutan (Forest Canopy Density/FCD) dapat menjadi variabel penduga dinamika degradasi hutan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari hubungan keeratan antara Forest Canopy Density (FCD) dan parameter tegakan yang diukur di lapangan. Penelitian dilakukan di hutan rakyat Kabupaten Kuningan Jawa Barat. Analisis regresi linier sederhana menunjukkan koefisien determinasi terbesar adalah hubungan antara FCD dengan luas bidang dasar tegakan, sebesar 0.71. Persamaan regresi linier hubungan antara FCD dengan LBDT adalah $\hat{y} = 0.48 + 0.19x$, persamaan ini dapat digunakan untuk memprediksi LBDT dengan data FCD. Nilai ketepatan dari model regresi linier ini sebesar 18.98%. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perubahan kerapatan kanopi di hutan rakyat Kabupaten Kuningan pada tahun 1991-2002 dan tahun 2002-2009.

Kata Kunci: *Degradasi, FCD, Hutan, Reforestasi, Regresi*

1. Pendahuluan

Penelitian ini menggunakan metode Forest Canopy Density (FCD) Mapping Model. Dalam metode ini, status hutan dinilai berdasarkan kerapatan kanopi (Rikimaru, et al. 2002). Metode ini memungkinkan untuk memonitor perubahan kondisi hutan dari waktu ke waktu, termasuk mengidentifikasi degradasi hutan. Menurut Azizi (2008), untuk pengelolaan hutan yang lebih baik, perubahan kepadatan harus dipertimbangkan. Forest canopy density (FCD) merupakan salah satu variabel yang paling berguna sebagai dasar perencanaan dan pelaksanaan program rehabilitasi. FCD dapat digunakan sebagai indikasi penurunan kualitas tegakan, walaupun kelas penutupan lahan hutan tidak berubah. Metode FCD juga bermanfaat untuk penerapan MRV (monitoring, reporting, and verification) dalam skema REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation).

Pemetaan FCD di hutan rakyat penting untuk dilakukan agar dapat diketahui potensi kayu yang terdapat di dalamnya, pada skala lanskap dengan cepat. Dari penelitian ini juga dapat diketahui tingkat akurasi hubungan parameter tegakan hutan yang diukur di lapang dengan nilai FCD.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi perubahan tutupan kanopi hutan pada tahun 1991, tahun 2002, dan tahun 2009.

2. Mengidentifikasi keeratan hubungan antara FCD dengan LAI, LBDT dan kerapatan tegakan hutan terhadap degradasi hutan.

2. Metodologi

Lokasi penelitian adalah di Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat. Penelitian dilakukan dari bulan Juli 2012 hingga Januari 2013. Observasi lapang dilakukan antara bulan September hingga Desember 2012. Wilayah penelitian merupakan areal hutan rakyat.

Data yang dikumpulkan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer adalah seluruh data yang diperoleh dari cek lapangan sedangkan data sekunder adalah informasi yang berhubungan dengan penelitian seperti peta dan kondisi umum kawasan yang diperoleh melalui inventarisasi dari sumber data.

Tahap kedua dilakukan pra pengolahan citra landsat tahun 1991, 2002, 2009, dan 2012. Citra yang telah diproses dengan menggunakan Erdas Imagine dan ARCGIS, selanjutnya diolah dengan software FCD mapper v.2.0 untuk mendapatkan peta kerapatan kanopi hutan. Perhitungan FCD dalam penelitian ini menggunakan bahan antara lain : Citra Satelit Landsat 5 TM daerah Kabupaten Kuningan tahun 1991, 2002, dan 2009, Citra Satelit Landsat 7 ETM+ daerah Kabupaten Kuningan tahun 2012, dan Peta Batas Administrasi Kabupaten Kuningan.

Tahap observasi lapangan dilakukan untuk membandingkan data yang diperoleh dari pengolahan citra landsat dengan kondisi di lapangan (*ground truthing*). Data yang diambil pada tahap kerja lapang adalah : foto *HemiView (Hemispherical Photograph)* dengan menggunakan kamera dengan lensa *fisheye* dan dihitung LAI (*Leaf area index*) dengan menggunakan software *Hemiview*, diameter batang setinggi dada untuk menghitung LBDT (luas bidang dasar), jumlah dan jenis pohon untuk menghitung kerapatan tegakan, dan *Ground Control Point (GCP)* untuk akurasi koordinat citra. Untuk mendapatkan nilai LBDT dan kerapatan tegakan dilakukan analisis vegetasi pada petak sampel. Ukuran sampel pada penelitian ini mengacu pada *binomial probability theory* dengan tingkat akurasi yang diharapkan adalah 85% dan tingkat kesalahan yang dapat diterima adalah 10%. Menurut Fitzpatrick (1981) diacu dalam Jensen (2005), maka jumlah sampel yang harus diambil adalah :

$$N = \frac{Z^2(p)(q)}{E^2}$$

Keterangan:

N = jumlah sampel;

p = persen akurasi yang diharapkan (85%);

q = 100-p;

Z = 1.96 pada tingkat kepercayaan 95%;

E = maksimum error yang diharapkan (10%).

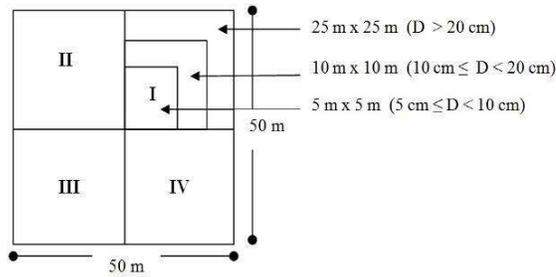
Maka jumlah plot sampel adalah :

$$N = \frac{(1.96)^2(85)(100 - 85)}{(10)^2}$$

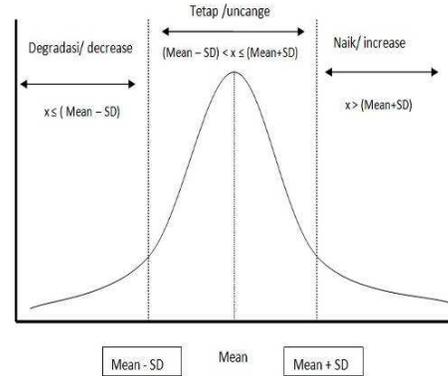
sehingga jumlah sample plot adalah 48.98 dibulatkan menjadi 49 plot sampel.

Desain sampel yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *stratified random sampling*. Jumlah tiap strata disesuaikan dengan nilai sampel totalnya (N). Dalam perhitungan jumlah sampel digunakan persen akurasi yang diharapkan sebesar 85% dan minimum eror sebesar 10%. Ukuran plot di

lapangan dengan menggunakan citra resolusi antara 20-30 meter adalah dengan ukuran 50 m x 50 m (Huang *et al.* 2006). Di kuadran I dilakukan pengambilan data tegakan pada diameter $5 \text{ cm} \leq D < 10 \text{ cm}$ dengan luas petak 5 m x 5 m dan $10 \text{ cm} \leq D < 20 \text{ cm}$ dengan luas petak 10 m x 10 m dari titik pusat plot. Data tegakan diameter $\geq 20 \text{ cm}$ diambil di semua kuadran dengan ukuran 25 m x 25 m. Plot pengambilan data disajikan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1 Plot pengambilan data.



Gambar 2-2 Grafik tresholding untuk identifikasi perubahan FCD.

Identifikasi keeratan hubungan antara FCD dengan LAI, LBDT dan kerapatan tegakan dilakukan melalui Uji normalitas, regresi linier dan validasi model. Uji normalitas adalah uji untuk mengukur apakah data yang didapat dari hasil kerja lapang memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik. Data diuji dengan metode *Kolomogorov – Smirnov*.

Dari hasil perbandingan LAI; kerapatan tegakan; dan LBDT dengan FCD, maka dipilih yang memiliki nilai regresi paling besar. Dari total 49 titik sampel yang diambil, 32 titik diantaranya digunakan untuk membuat model. Model yang digunakan adalah model regresi linier sederhana (Walpole 1992): $\hat{y} = a + bx$, dengan \hat{y} merupakan nilai prediksi LAI/ LBDT/ kerapatan tegakan, dan x merupakan nilai FCD.

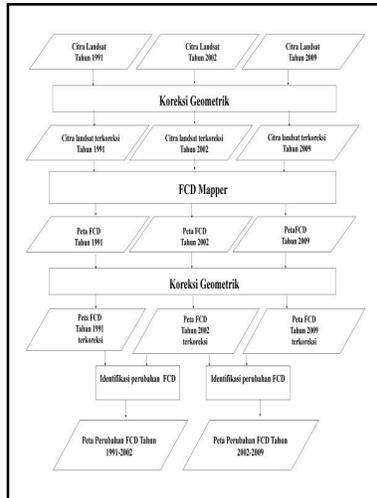
Validasi model diperlukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan data yang dihasilkan dari model. Validasi model menggunakan 14 titik sampel dari total 49 titik sampel. Nilai ketepatan dihitung dengan rumus :

$$\text{ketepatan} = \left| \frac{\bar{x} - \bar{\mu}}{\bar{\mu}} \right| \times 100\%$$

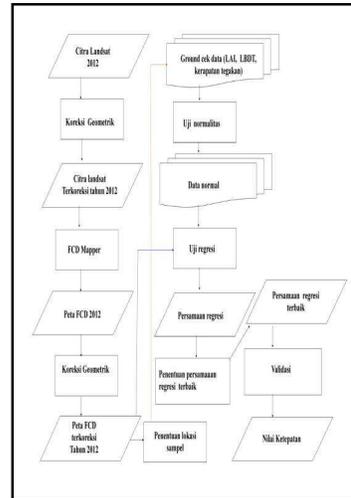
Keterangan: \bar{x} = rata-rata nilai dugaan model

$\bar{\mu}$ = rata-rata nilai aktual

Alur kerja identifikasi keeratan hubungan FCD dengan parameter lapang disajikan pada Gambar 2-3.



Gambar 2-3 Diagram alir alur kerja identifikasi perubahan FCD.

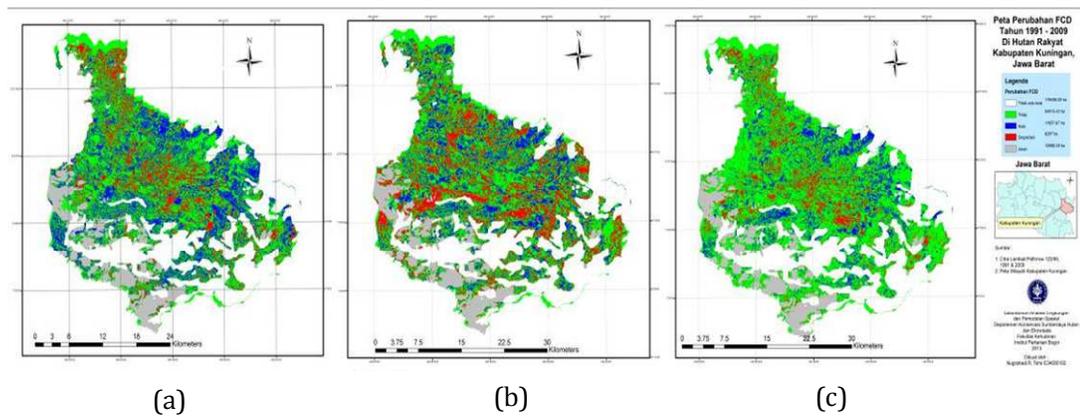


Gambar 2-4 Diagram alir alur kerja identifikasi keeratan hubungan FCD dengan parameter lapang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Perubahan FCD (Delta FCD)

Pengolahan citra landsat menghasilkan peta kerapatan kanopi (FCD). Berdasarkan peta kerapatan kanopi tersebut dihitung perubahan kerapatan kanopi antara tahun 1991-2002 dan tahun 2002-2009.



Gambar 3-1 Peta Perubahan FCD Tahun (a) 1991-2002, (b) 2002-2009, (c) 1991-2009.

Dihitung dari luasannya, pada Tabel 3-1 terlihat penurunan kerapatan kanopi terjadi lebih besar dalam rentang waktu 2002-2009 yaitu sebesar 18.995,49 ha, dibandingkan dengan rentang tahun 1991-2002. Salah satu faktor yang berpengaruh adalah penambahan jumlah penduduk. Pada tahun 1991-2002 terjadi peningkatan jumlah penduduk 105.553 jiwa, dan pada tahun 2002-2009 terjadi peningkatan 175.044 jiwa (Bapeda BPS Kuningan 2012). Maka pada rentang tahun 2002-2009 kebutuhan akan lahan dan sumberdaya hutan lebih tinggi jika dibandingkan dengan rentang tahun 1991-2002.

Tabel 3-1 Perubahan luas FCD tahun 1991-2002, 2002-2009, dan 1991-2009

no.	Perubahan FCD	1991-2002 (ha)	2002-2009 (ha)	1991-2009 (ha)
1	Tidak ada data	119459.43	119456.55	119456.55
2	Tetap	44184.24	41797.17	54615.42
3	Naik	19379.16	14767.74	11657.97
4	Degradasi	11991.96	18995.49	9287.01
5	Awan	10871.55	10869.39	10869.39
	Jumlah	205886.34	191118.6	205886.34

Pada rentang tahun 1991–2009 terjadi degradasi seluas 9.287,1 ha dan luas lahan yang mengalami kenaikan nilai FCD 11.657,97 ha. Berdasarkan data yang diperoleh, kondisi hutan rakyat di Kabupaten Kuningan pada tahun 1991–2002 mengalami kenaikan nilai FCD sedangkan pada rentang tahun 2002–2009 kondisi hutan rakyat mengalami penurunan.

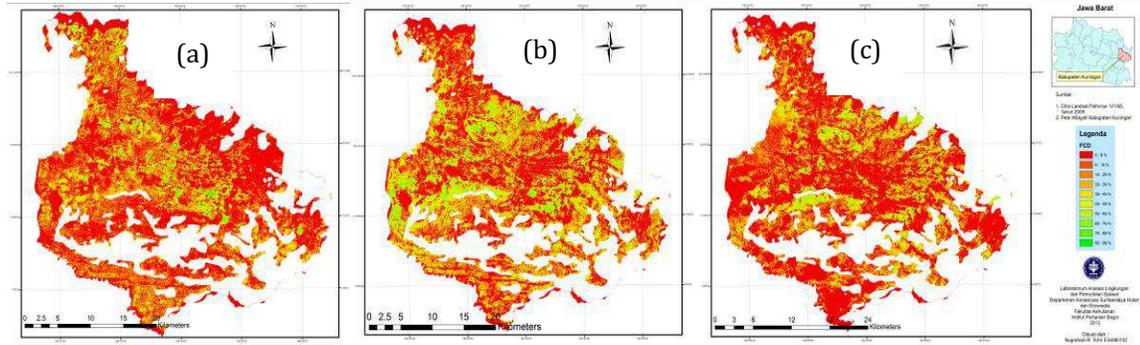
Berdasarkan pengamatan lapang, kelas 0-9% merupakan wilayah lahan terbuka, sawah, semak, dan lahan terbangun. Kelas dengan nilai 10-19% merupakan hutan dengan kerapatan yang paling rendah, sedangkan kelas dengan nilai 90-99% merupakan hutan dengan kerapatan paling tinggi. Perubahan FCD tiap persen kelas kerapatan pada tahun 1991, 2002, dan 2009 disajikan pada Tabel 3-2.

Tabel 3-2 Luas tiap kelas klasifikasi FCD tahun 1991, 2002, dan 2009

Kelas FCD	luas (ha)		
	Tahun 1991	Tahun 2002	Tahun 2009
0-9 %	48270.06	36909.09	49580.82
10-19%	2707.92	4239.09	2735.10
20-29%	5908.05	6144.30	5167.08
30-39%	8580.60	8295.48	7537.23
40-49%	9199.35	9485.64	8718.84
50-59%	6841.89	9972.36	7741.08
60-69%	3085.56	8247.6	3410.01
70-79%	739.98	1983.42	502.65
80-89%	80.82	137.43	22.23
90-99%	1.26	1.08	0.45
Jumlah	85415.49	85415.49	85415.49

Kelas FCD yang memiliki luas terbesar adalah kelas 0-9% pada tahun 1991, 2002, dan 2009. Data tersebut menunjukkan kelas kerapatan rendah (0-9%) mengalami penurunan antara tahun 1991-2002, sebesar 11.360,97 ha, sedangkan antara tahun 2002-2009 mengalami kenaikan sebesar 12.671,73 ha. Proses reforestasi pada rentang tahun 1991-2002 dan juga proses degradasi pada rentang tahun 2002-2009 dipengaruhi oleh faktor sosial ekonomi. Areal penelitian ini merupakan hutan rakyat yang dimiliki perseorangan maka tegakan atau pohon yang ditanam akan dipanen jika masyarakat membutuhkan. Pengelolaan hutan rakyat juga masih dilakukan secara tradisional, sehingga jarak tanam, proses pemanenan dan juga jenis pohon beragam. Saat ini masyarakat Kabupaten Kuningan sudah sadar untuk menanam lahanannya kembali setelah dilakukan pemanenan pohon. Hal tersebut dikarenakan permintaan

kayu yang cukup tinggi. Pada tahun 2003 di Kuningan terjadi ketidakseimbangan antara produksi kayu pertukangan dari hutan rakyat dengan kebutuhan bahan baku, yang ditandai dengan kekurangan kayu pertukangan sebesar 224.709 m³ (Pasaribu & Roliadi 2006). Kekurangan bahan baku tersebut merupakan peluang untuk mengembangkan hutan rakyat.



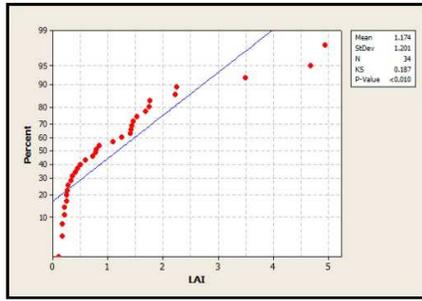
Gambar 3-2 Peta Presentasi FCD Tahun (a) 1991, (b) 2002, (c) 2009.

3.2. Identifikasi Keeratan Hubungan FCD dengan LAI, LBDT, dan Kerapatan Tegakan Hutan

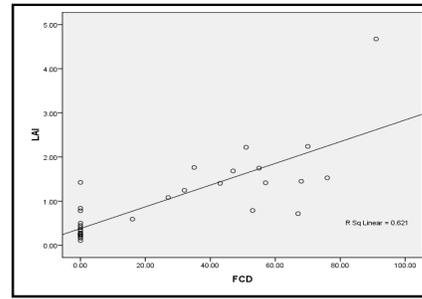
Parameter yang digunakan di lapangan adalah LAI, LBDT dan kerapatan tegakan hutan. Analisis regresi antara LAI, LBDT dan kerapatan tegakan hutan dengan FCD digunakan untuk mengidentifikasi keeratan hubungan dan dapat membuktikan apakah FCD dapat menduga kerapatan tegakan, LBDT, dan LAI. Keeratan hubungan ditentukan dari nilai koefisien determinasi (r^2). Sebelum dilakukan analisis regresi, parameter lapang diuji normalitas terlebih dahulu dengan metode K-S.

LAI didefinisikan sebagai nisbah antara luas daun dengan luas lahan tegakan yang diproyeksikan tegak lurus terhadap penutupan kanopi (Nemani & Running 1998 dalam Setiawan 2006). Pengujian normalitas menghasilkan nilai K-S 0.18 yang menunjukkan data LAI berdistribusi normal. Regresi antara nilai persentase FCD dan LAI menghasilkan persamaan $\hat{y}=0.38+0.25x$ dengan koefisien determinasi (r^2) sebesar 0.62, artinya data FCD mempengaruhi data LAI sebesar 62%, sedangkan faktor lainnya mempengaruhi data LAI sebesar 38%. Grafik uji normalitas data LAI disajikan pada Gambar 3-3. Grafik persamaan regresi antara FCD dan LAI disajikan pada Gambar 3-4.

Keeratan hubungan antara FCD dengan LAI yang ditunjukkan oleh koefisien determinasi dipengaruhi banyak faktor. Beberapa faktor diantaranya adalah jarak antara tegakan tidak sama, dan adanya tanaman tumpang sari diantara tegakan. Jarak antara tegakan mempengaruhi foto *hemiview* yang diambil di plot contoh. Ada kemungkinan foto yang diambil memiliki nilai LAI yang lebih tinggi atau lebih rendah. Tanaman tumpang sari menyebabkan foto *hemiview* yang diambil memiliki nilai LAI yang lebih tinggi dari nilai yang sebenarnya disebabkan daun-daun tanaman tumpangsari menutupi foto *hemiview*.



Gambar 3-3 Uji normalitas LAI.

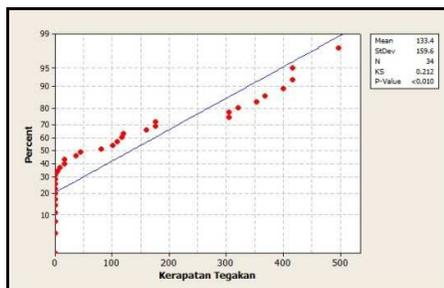


Gambar 3-4 Persamaan regresi linier FCD dan LAI.

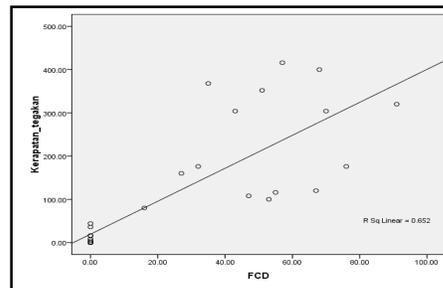
Kerapatan tegakan menunjukkan jumlah pohon yang ada dalam suatu luasan hutan (Mason 2000 dalam Kurniawan 2004). Pengujian normalitas menghasilkan nilai K-S 0.24 yang menunjukkan data kerapatan tegakan hutan berdistribusi normal. Regresi antara FCD dengan kerapatan tegakan menghasilkan persamaan $\hat{y} = 19.37 + 0.38x$ dengan nilai determinasi (r^2) sebesar 0.65, artinya data FCD mempengaruhi data kerapatan tegakan sebesar 65%, sedangkan faktor lainnya mempengaruhi data kerapatan tegakan sebesar 35%. Grafik uji normalitas data kerapatan tegakan hutan disajikan pada Gambar 3-5. Grafik persamaan regresi antara FCD dengan LBDT disajikan pada Gambar 3-6.

Koefisien determinasi antara FCD dengan kerapatan tegakan dipengaruhi banyak faktor, diantaranya adalah jarak antara tegakan yang tidak seragam, jenis tegakan yang berbeda, dan umur tegakan yang tidak seragam. Pengelolaan hutan rakyat yang masih dilakukan secara tradisional menyebabkan kondisi hutan rakyat memiliki jarak tanam, umur tegakan dan jenis tegakan yang berbeda.

Koefisien determinasi antara band 1 citra SPOT dengan kerapatan tegakan pada areal hutan alam dan kebun kopi sebesar 0.68 (Kurniawan 2004). Jika dibandingkan dengan koefisien determinasi antara FCD dengan kerapatan tegakan pada hutan rakyat sebesar 0.65, memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Padahal resolusi citra yang digunakan berbeda. FCD menggunakan citra Landsat beresolusi 30×30 meter, sedangkan citra SPOT memiliki resolusi 20×20 meter. Hal tersebut membuktikan FCD dapat menjanjikan pendugaan kerapatan tegakan yang lebih baik dengan biaya yang lebih murah. Sehingga FCD dapat menjadi salah satu metode dalam MRV REDD+.



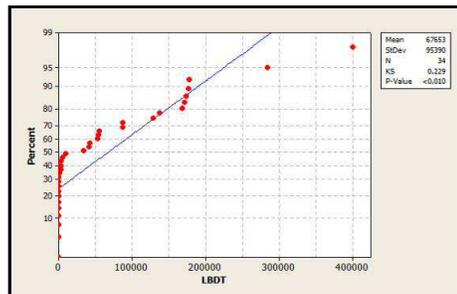
Gambar 3-5 Uji normalitas kerapatan tegakan.



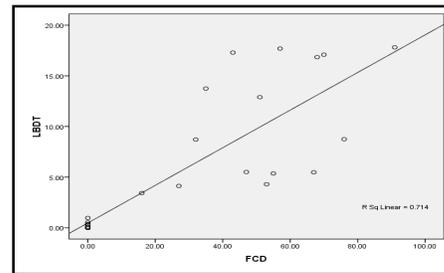
Gambar 3-6 Persamaan regresi linier FCD dan kerapatan tegakan.

Luas Bidang Dasar Tegakan (LBDT) pohon adalah luas area lingkaran batang pohon yang diukur pada ketinggian setinggi dada (Philip 1994 *dalam* Kurniawan 2004). Pengujian normalitas menghasilkan nilai K-S 0.24 yang menunjukkan data LBDT berdistribusi normal. Regresi antara FCD dengan LBDT menghasilkan persamaan $\hat{y} = 0.48 + 0.19x$, dengan nilai determinasi (r^2) sebesar 0.71, artinya data FCD mempengaruhi data LBDT sebesar 71%, sedangkan faktor lainnya mempengaruhi data LBDT sebesar 29%.

Koefisien determinasi antara FCD dengan LBDT dipengaruhi banyak faktor, diantaranya adalah luas permukaan kanopi tegakan dan jenis tegakan. Luas permukaan kanopi tegakan berbanding lurus dengan nilai LBDT. Pada areal *agroforestry* karet LBDT dengan band 1, 2, dan 3 landsat 7 ETM+ memiliki hubungan yang cukup erat, LBDT dengan band 1 memiliki nilai $r^2 = 0.8$, dengan band 2 memiliki nilai $r^2 = 0.72$, dan dengan band 3 memiliki $r^2 = 0.8$ (Djumhaer 2003). Kondisi pada areal agroforestri karet yang memiliki jarak antara tegakan yang teratur dan seragam merupakan salah satu faktor yang membuat koefisien determinasi cukup baik. Berbeda dengan kondisi hutan rakyat yang memiliki jarak antara tegakan yang tidak seragam membuat nilai koefisien determinasi yang lebih rendah. Grafik uji normalitas data LBDT disajikan pada Gambar 3-7. Grafik persamaan regresi antara FCD dengan LBDT disajikan pada Gambar 3-8.



Gambar 3-7 Uji normalitas LBDT.



Gambar 3-8 Persamaan regresi linier FCD dan LBDT.

Dari hasil analisis regresi antara FCD dengan LAI, Kerapatan tegakan, dan LBDT didapatkan hasil nilai determinasi (r^2) yang terbesar yaitu antara LBDT dengan FCD dengan nilai 0.71. Untuk persamaan regresi linier dipilih LBDT, $\hat{y} = a + bx$: ($\bar{y} = 0.48 + 0.19x$) persamaan ini dapat digunakan untuk memprediksi LBDT dengan menggunakan nilai FCD yang didapatkan dari hasil pengolahan citra landsat. Dari hasil validasi diperoleh nilai ketepatan 18.98%.

Model terbaik yang didapatkan dapat digunakan untuk menentukan perubahan tingkat degradasi hutan dalam program MRV (*Monitoring, Reporting & Verification*) proyek REDD+. Dengan demikian perubahan emisi karbon yang disebabkan oleh degradasi hutan dan lahan pada skala lanskap yang luas dapat dideteksi dengan cepat. Kelebihan penggunaan FCD dalam MRV REDD+ adalah sumber data berupa citra landsat yang bisa didapatkan dengan tanpa biaya, dan tersedia terus menerus.

4. Kesimpulan

1. Proses degradasi di hutan dan lahan masyarakat lebih banyak terjadi antara tahun 2002-2009 sebesar 18995.49 ha. Proses reforestasi di hutan dan lahan masyarakat lebih banyak terjadi antara tahun 1991-2002 sebesar 19.379,16 ha.
2. Persamaan regresi linier yang dipilih untuk estimasi LBDT dengan FCD adalah mengikuti persamaan, $\hat{y}=0.48+0.19x$, dengan koefisien determinasi sebesar 0.71. Nilai ketepatan dari model LBDT dengan FCD sebesar: 18.98%.

Saran terkait penelitian ini adalah perlunya kajian dari faktor sosial dan ekonomi terhadap proses degradasi dan reforestasi yang terjadi di Kabupaten Kuningan; serta pemetaan kerapatan kanopi di lokasi yang memiliki struktur tegakan yang berbeda dengan lokasi penelitian.

5. Ucapan Terimakasih

Penghargaan yang tinggi penulis sampaikan kepada JSPS dan DIKTI. Sebagian dana penelitian ini dibiayai oleh The Grant Aid for Scientific Research (No. 21405005) dari the Japanese Society for the Propotion of Science (JSPS) dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementrian Pendidikan (No.688/SP2H/PP/DP2M/X/2009).

6. Daftar Rujukan

- Azizi Z, Najafi A, Sohrabi H. 2008. *Forest canopy density estimating, using satellite image*. Beijing: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, part BS.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2008. *Statistik Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Project supported by the Australian International Development Assistance Program – AusAID (retrieved on November 25, 2008).
- [Bapeda BPS] Badan Perencanaan Daerah Kab. Kuningan, Badan Pusat Statistik. (ID) 2002. *Kuningan Dalam Angka Tahun 2002*.
- [Bapeda BPS] Badan Perencanaan Daerah Kab. Kuningan, Badan Pusat Statistik. (ID) 2009. *Kuningan Dalam Angka Tahun 2009*.
- [Bapeda BPS] Badan Perencanaan Daerah Kab. Kuningan, Badan Pusat Statistik. (ID) 2012. *Kuningan Dalam Angka Tahun 2012*.
- [DEPHUT] Departemen Kehutanan. 2004. *Peraturan Menteri Kehutanan No. P.03/MENHUT-V/2004*. Jakarta: Departemen Kehutanan RI.
- [DISHUTBUN Kab.Kuningan] Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kab.Kuningan.2012. *Tata Guna Lahan dan Perkebunan*. <http://www.kuningankab.go.id/sumber-daya-alam/kehutanan> diakses 7 Agustus 2012.

- Djumhaer M. 2003. [skripsi] *Pendugaan Leaf Area Index dan Luas Bidang Dasar Tegakan Menggunakan Landsat 7 ETM+ (Studi Kasus di Kabupaten Bungo Provinsi Jambi)*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Hadipoentyanti EM, EA Hadad, Hermanto. 1994. *Peran Intensitas Radiasi Surya Dan Indeks Luas Daun Terhadap Produksi Maksimal Tanaman*. Buletin PERHIMPI 2(1): 49 – 52.
- Huang D, Yang W, Tan B, Rautiainen M, Zhang P, Jiannan H, Shabanov NV, Linder S, Knyazikhin Y, Myneni RB. 2006. *The Importance of Measurement Errors for Deriving Accurate Reference Leaf Area Index Maps for Validation of Moderate-Resolution Satellite LAI Products*. *J. IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*. 44:1866-1871.
- Jensen JR. 2005. *Introductory Digital Image Processing*. Third Edition. South California: Pearson Prentice Hall.
- Kurniawan A. 2004. [skripsi] *Penggunaan teknologi pengindraan jauh dalam pendugaan luas bidang dasar tegakan dan kerapatan tegakan*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Prasetyo LB, Damayanti EK, Masuda M. 2009. *Precondition for the success of managing forest resources with community (PHBM): case study in kph Kuningan and Ciamis*. final report. competitive research grant for international publication batch III Directorate of Higher Education No. 688/SP2H/PP/DP2M/X/2009. Bogor: Bogor Agricultural University. Unpublished.
- Pasaribu RA, Roliadi H. 2006. *Kajian Potensi Kayu Pertukangan Dari Hutan Rakyat Pada Beberapa Kabupaten Di Jawa Barat*. Hal 35-48. Prosiding Seminar Hasil Litbang Hasil Hutan, Bogor.
- Rikimaru A, Roy PS, Miyatake S. 2002. *Tropical forest cover density mapping*. *Tropical Ecology* 43(1): 39-47.
- Setiawan R. 2006. [skripsi] *Metode neraca energi untuk perhitungan leaf area index (LAI) di lahan bervegetasi menggunakan data citra satelit*. Bogor: Departemen Geofisika Dan Meteorologi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Suprpto E. 2010. *Hutan Rakyat : Aspek Produksi, Eekologi, dan Kelembagaan*. <http://www.arupa.or.id> diakses 7 Agustus 2012.
- Walpole RE. 1992. *Introduction to Statistics 3rd edition*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.