

# APLIKASI SISTEM LANDSAT 8 UNTUK IDENTIFIKASI KERAPATAN LIPUTAN HUTAN JATI, KPH NGAWI

Roman Rohandy Alwy  
roman.rohandy.a@mail.ugm.ac.id

Sudrajat  
sudrajatgeo@yahoo.com

## ABSTRACT

*This study aims to determine the density of the coverage of teak and teak forest conditions in order to provide information on the quality of teak forest stand by knowing the correlation between the Forest Canopy Density (FCD) and stand parameters measured in the field. The study was conducted in most of teak forests, KPH Ngawi BKPH Kedunggalar namely North, North Walikukun BKPH, BKPH Getas, BKPH Kedawak, and BKPH Ngandong.*

*Forest Canopy Density (FCD) is a method to determine the density of the forest coverage by integrating four parameters, namely Vegetation Index, Land Index, Thermal Index, and the Index of Shadows.*

*Results of analysis using a model that the FCD density coverage in KPH Ngawi teak forests dominated by low density to medium density. It can also be seen from measurements in the field that there are still many teak forests with younger age classes. Simple linear regression analysis showed the greatest determination koefisien is the relationship between FCD with stand density in the field, amounting to 0.74. The linear regression equation between FCD with KT is  $y = 7,05 + 4,73$ , ( $R^2 = 0.79$ ), suggesting that the FCD with KT strongly correlated with the data FCD and mutual relations. Rated accuracy of the linear regression model is of 6,1 %.*

*Keywords : Landsat 8 System, Jati Forest, FCD, Forest Covered Density*

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerapatan liputan hutan jati dan kondisi hutan jati agar dapat memberikan informasi mengenai kualitas tegakan hutan jati dengan mengetahui hubungan korelasi antara Forest Canopy Density (FCD) dan parameter tegakan yang diukur di lapangan. Penelitian dilakukan di sebagian kawasan hutan jati, KPH Ngawi yaitu BKPH Kedunggalar Utara, BKPH Walikukun Utara, BKPH Getas, BKPH Kedawak, dan BKPH Ngandong.

*Forest Canopy Density (FCD) merupakan suatu metode untuk mengetahui tingkat kerapatan liputan hutan dengan mengintegrasikan 4 parameter, yaitu Indeks Vegetasi, Indeks Tanah, Indeks Termal, serta Indeks Bayangan.*

Hasil analisis dengan menggunakan FCD model bahwa kerapatan liputan hutan jati di KPH Ngawi didominasi oleh kerapatan rendah sampai kerapatan sedang. Hal ini juga dapat dilihat dari pengukuran di lapangan yang masih banyak terdapat hutan jati dengan kelas umur muda. Analisis regresi linier sederhana menunjukkan koefisien determinasi terbesar adalah hubungan antara FCD dengan kerapatan tegakan di lapangan, sebesar 0.74. Persamaan regresi linier antara FCD dengan KT adalah  $y = 7.05 + 4.73$ , ( $R^2 = 0.79$ ), hal ini menunjukkan antara FCD dengan KT berkorelasi kuat dengan data FCD dan saling memiliki hubungan. Nilai ketepatan dari model regresi linier ini sebesar 6.1%%.

**Kata kunci:** Landsat 8, Hutan Jati, FCD, Kerapatan Liputan Hutan Jati

## PENDAHULUAN

kebijakan pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya hutan di Indonesia, terutama di Pulau Jawa, menunjukkan adanya perubahan yang signifikan, yaitu perubahan ekosistem hutan senantiasa berhubungan dengan perkembangan kebutuhan masyarakat. Hutan produksi di Pulau Jawa yang menonjol adalah hutan tanaman jati, baik berada dalam kawasan hutan milik negara maupun hutan milik rakyat. Pengelolaan hutan tanaman jati telah berlangsung sejak tahun 1897 dan sudah dikelola dengan baik atas dasar usulan A.E.J. Bruinsma, yaitu dengan dibentuknya "houtvesterij" (*a relatively small management unit*) yang saat ini dikenal sebagai Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH).

Dewasa ini sumber daya hutan baik hutan alam maupun hutan tanaman produksi yang ada di hampir sebagian besar wilayah Indonesia telah mengalami penurunan fungsi secara drastis dimana hutan tidak lagi berfungsi secara maksimal sebagai akibat dari eksploitasi kepentingan manusia baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Pengelolaan hutan tanaman jati dari waktu ke waktu terbukti telah terjadi penurunan baik terhadap produktivitas bahkan kondisi kualitas tegakan hutan. Banyak faktor yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas tegakan sebagai akibat permasalahan yang ditimbulkan dari interaksi hutan dengan faktor sosial ekonomi maupun faktor pengelolaan. Beberapa permasalahan dari faktor sosial ekonomi adalah adanya pencurian/penjarahan, pembalakan liar (*illegal logging*), dan pembakaran tanaman hutan. Beberapa permasalahan dari faktor pengelolaan diantaranya adalah penanaman jati secara monokultur secara terus menerus sehingga terjadi pengurasan unsur hara dalam lapisan tanah oleh tanaman jati.

Permasalahan tentang kehutanan yang mengakibatkan kerusakan ekosistem hutan dan penurunan kualitas tegakan secara langsung di lapangan tidak dapat diidentifikasi secara cepat

karena keterbatasan informasi dan data yang diperoleh yaitu kurang relevan dan update. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi permasalahan kehutanan yaitu degradasi lahan dan penurunan kualitas tegakan hutan dengan pemanfaatan citra penginderaan jauh yang dapat memberikan gambaran dan informasi mengenai fenomena kehutanan dalam skala luas secara relevan, cepat, dan update.

Salah satu metode untuk mengetahui kondisi hutan, kualitas tegakan hutan serta mengidentifikasi kerusakan hutan adalah dengan metode *Forest Canopy Density* atau *Forest Crown Density (FCD) Model*. *Forest Canopy Density (FCD) Model* merupakan salah satu variabel yang paling berguna sebagai dasar perencanaan dan pelaksanaan program rehabilitasi dan *Sustainable Forest Management (SFM)*. *Forest Covered Density Model* dapat digunakan sebagai indikasi penurunan kualitas tegakan hutan, walaupun kelas penutupan lahan hutan tidak berubah. Maka tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi kondisi kualitas tegakan dan kerapatan liputan hutan jati hasil perekaman citra Landsat 8 melalui analisis *Forest Canopy Density (FCD) Model*,
2. Mengidentifikasi kerapatan liputan hutan jati berdasarkan transformasi *Forest Canopy Density (FCD) Model* secara akurat,
3. Memberikan gambaran secara spasial tentang kondisi dan kualitas kerapatan hutan jati dengan keluaran yang didapat yaitu Peta Kerapatan Liputan Hutan Jati (*Forest Covered Density Map*) KPH Ngawi tahun 2015, dan citra hasil analisis transformasi FCD model.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan April 2016 sampai bulan Juni 2016, diawali dengan tahap pengumpulan data, pengolahan

data, observasi lapangan, dan penyusunan laporan. Lokasi penelitian berada di kawasan hutan jati Perum Perhutani, KPH Ngawi, Kabupaten Ngawi. Penelitian ini berada di sebagian daerah Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Ngawi yang dikelola oleh Perum Perhutani Unit I Jawa Timur yaitu BKPH Kedunggalar utara, BKPH Walikukun Utara, Kedawak, Getas.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi:

1. Observasi lapangan (data primer),
2. Interpretasi citra Landsat (data primer),
3. Interpretasi peta (data sekunder),
4. Wawancara (data sekunder),
5. Kajian pustaka dan literatur (data sekunder)

Tahapan penelitian ini meliputi tiga bagian, yaitu: tahap pra-pengolahan data, tahap pengolahan data, dan tahap lapangan.

Tahap pra-pengolahan data meliputi persiapan pengumpulan data dan analisisnya yang akan digunakan (termasuk studi pustaka yang terkait dengan tema penelitian), kalibrasi dan koreksi citra, pemotongan citra daerah kajian, dan transformasi citra dengan menggunakan software ENVI 4.5 dan ARCGIS 10.1.

Tahap pengolahan data ditujukan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan meliputi komposit citra, analisis statistik, normalisasi data julat gelombang, pembuatan peta kerapatan liputan hutan jati dengan FCD Model, normalisasi sebaran data, regresi linier, dan validasi data. Analisis FCD dalam penelitian ini menggunakan bahan antara lain : Citra Landsat 8 daerah Kabupaten Ngawi Tahun 2015, Peta Batas Administrasi Kabupaten Ngawi, Peta Jaringan Jalan, Peta Jaringan Sungai, dan Citra ASTER GDEM untuk membuat Peta Kemiringan Lereng. Secara umum terdapat empat tahapan pengolahan dan analisis data, yakni pembuatan peta FCD, deteksi perubahan, analisis regresi, dan validasi model. Metode ini dapat mengakomodasi variasi permasalahan gangguan atmosfer citra ataupun pengaruh latar belakang vegetasi. Metode ini dapat

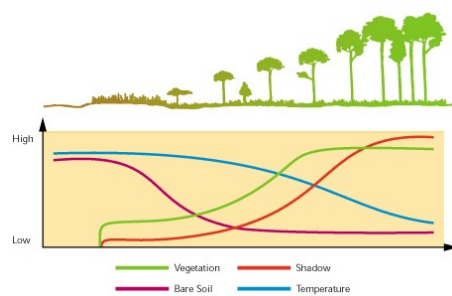
mengurangi efek dari bias dan menghasilkan ekstraksi kenampakan yang lebih baik pada obyek yang spesifik di bumi.

Tahap observasi lapangan dilakukan untuk membandingkan data yang diperoleh dari pengolahan citra Landsat dengan kondisi di lapangan, dan untuk uji kebenaran data/uji akurasi di lapangan (*ground truthing*).

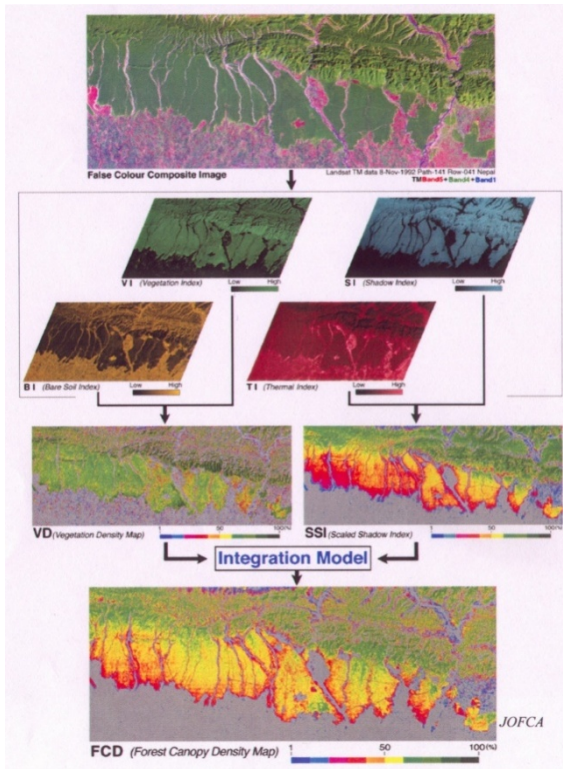
Identifikasi kerapatan liputan hutan merupakan suatu parameter inti untuk mengetahui karakteristik kondisi hutan. Model FCD terdiri dari pemodelan fenomena biofisik dan analisis memanfaatkan data yang berasal dari empat indeks:

- AVI (*Advance Vegetation Index*),
- BI (*Bare Soil Index*),
- SI (*Shadow Index*),
- TI (*Thermal Index*).

FCD (*Forest Canopy Density*) model mengkombinasikan 4 parameter indeks untuk mengidentifikasi kondisi karakteristik hutan. Keterkaitan hubungan antara karakteristik kondisi hutan dengan keempat parameter indeks dapat dilihat pada gambar 3.13. Indeks vegetasi/*advance vegetation index* (AVI) dapat merespon nilai spektral semua karakteristik kondisi hutan seperti kerapatan vegetasi hutan sampai nilai spektral pantulan dari rumput.



Gambar.1. Hubungan karakteristik kondisi hutan dengan 4 indeks, (Rikimaru, Miyatake; Tropical Ecology 43 (1): 39-47, 2002)



Gambar.2. Diagram alur proses dan analisis pembuatan peta FCD (Rikimaru, Roy, dan Miyatake; Tropical Ecology 43(1): 39-47, 2002)

Penentuan lokasi sampel ditentukan berdasarkan citra hasil analisis *Forest Covered Density Model*, yang nantinya hasil dari transformasi *Forest Covered Density Model* ini akan dihasilkan peta citra kelas berdasarkan persentase kerapatannya. Dari persentase kerapatan yang dihasilkan akan dilakukan sampling secara sampel, metode pengambilan sampel dilakukan dengan cara sampling secara sampel berstrata (*stratified sampling*) pada masing-masing kelas kerapatan. Tahap pengambilan sampel terbagi dua, pertama untuk membangun model dan tahap kedua untuk uji akurasi hasil pemetaan. Tahapan pengambilan sampel di lapangan bertujuan untuk menguji kebenaran persentase kerapatan liputan hutan jati pada masing-masing plot sampel.

Identifikasi keerratan hubungan antara FCD dengan 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 lapangan memiliki distribusi normal sehingga dapat dipakai dalam statistik parametrik. Data diuji dengan metode

Kolomogorov–Smirnov. Dari hasil perbandingan kerapatan tegakan (KT) dan LBDT dengan FCD, maka dipilih yang memiliki nilai regresi paling besar. Dari total 30 titik sampel yang diambil, 18 titik diantaranya digunakan untuk membuat model. Model yang digunakan adalah model regresi linier sederhana (Walpole, 1992 dalam Kurniawan, 2004) dengan rumus:

$$\hat{Y} = a + bx$$

dimana:

$\hat{y}$  = nilai prediksi LBDT/kerapatan tegakan,

x = nilai FCD

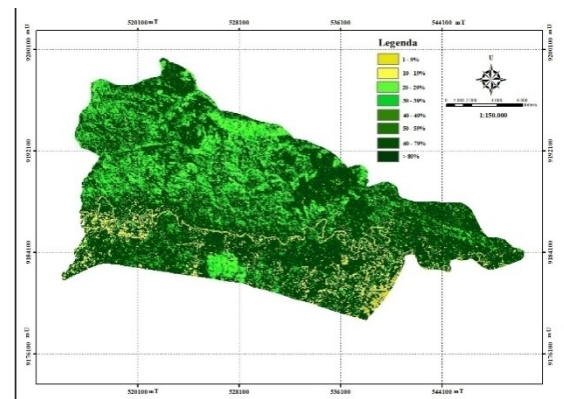
Validasi model diperlukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan data atau *standart error* yang dihasilkan dari model. Validasi model menggunakan 18 titik sampel dari total 30 titik sampel. Nilai ketepatan dihitung dengan rumus :

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

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

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

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar.3.Peta Kerapatan Liputan Hutan Jati Sebagian KPH Ngawi

Pengolahan citra Landsat 8 menghasilkan Peta Kerapatan Liputan Hutan Jati. Berdasarkan Peta Kerapatan Liputan Hutan Jati dihitung kerapatan kanopi tahun 2015. Pemetaan FCD menggunakan kerapatan kanopi hutan sebagai parameter esensial dalam

mengkarakterisasi kondisi hutan. Data FCD dapat mengindikasikan derajat kondisi hutan yang dapat diketahui dari kualitas tegakan hutan, serta dapat mengindikasikan intensitas perlakuan rehabilitasi yang mungkin diperlukan (Rikimaru, 2002).

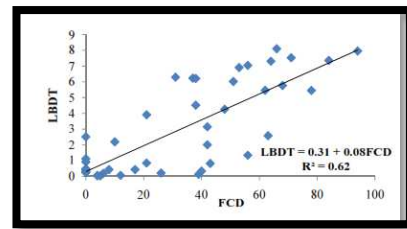
Klasifikasi FCD memiliki rentang nilai 0-100% yang menunjukkan persentase kerapatan kanopi vegetasi suatu tegakan. Hasil klasifikasi FCD menunjukkan bahwa KPH Ngawi memiliki penutupan kanopi hutan jati dari yang terendah hingga yang tertinggi. Klasifikasi FCD yang dilakukan pada tahun 2015 menunjukkan fenomena kerapatan liputan hutan jati melalui analisis FCD yang terlihat pada luas tiap kelas. Data tersebut menunjukkan pada tahun 2015, kerapatan kanopi sangat didominasi oleh kelas FCD 25-40% yang menunjukkan sebagian besar objek kajian merupakan liputan hutan jati dengan kerapatan rendah sampai kerapatan sedang. Kondisi hutan KPH Ngawi pada tahun 2015 masih didominasi tegakan tanaman jati kelas umur muda.

## Analisis model pendugaan

### A. Luas Bidang Dasar Tegakan (LBDT)

LBDT merupakan jumlah dari luas bidang dasar (basal area) pohon hidup yang ada pada suatu tegakan hutan. Djumhaer (2003) menggunakan citra landsat dengan pendekatan AVI mampu menduga LBDT dengan  $R^2 = 0.82$ . Secara individu luas bidang dasar mempunyai hubungan dengan volume pohon, biomassa, ukuran tajuk kanopi. Demikian pula dengan LBDT akan mempunyai hubungan dengan volume tegakan, biomassa tegakan, dan kerapatan tegakan (Brack 1999 dalam Kurniawan 2004).

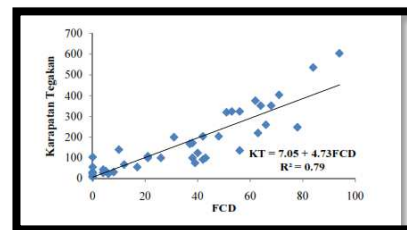
Model pendugaan  $LBDT = 0.31 + 0.08FCD$  ( $R^2 = 0.62$ ). FCD memiliki hubungan yang lemah untuk menduga LBDT dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.62, sehingga tidak dapat digunakan. Hasil serupa juga terjadi pada penelitian Baynes (2007). Grafik Hubungan nilai FCD dengan nilai LBDT ditunjukkan pada gambar 5.7.



Gambar.4. Grafik hubungan antara LBDT dengan FCD

### B. Kerapatan Tegakan (KT)

KT menunjukkan jumlah pohon yang ada dalam suatu luasan hutan (Mason 2000). Satuan KT adalah jumlah pohon per hektar. Pengukuran terhadap KT dapat digunakan untuk analisis pertumbuhan pohon dan hasil hutan. Menurut Young (1982) kerapatan tegakan adalah pernyataan kuantitatif yang menunjukkan tingkat kepadatan pohon dalam suatu tegakan. Estimasi KT dapat dilakukan dengan menggunakan metode *remote sensing* (Wu dan Strahler 1994). Menurut Nugroho (2011) nilai FCD memiliki hubungan yang kuat dengan kerapatan tegakan. Hasil analisis regresi menghasilkan model pendugaan  $KT = 7.05 + 4.73FCD$  ( $R^2 = 0.79$ ). Grafik hubungan antara FCD dengan KT ditunjukkan pada gambar 5.8.



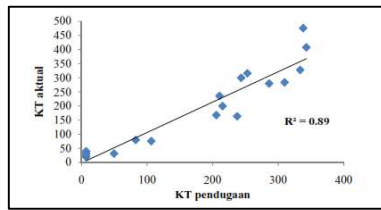
Gambar.5. Grafik hubungan antara KT dengan FCD

### Validasi model pendugaan

Model pendugaan KT dipilih untuk kemudian dilakukan validasi karena memiliki koefisien determinasi terbesar. Validasi model pendugaan KT dilakukan untuk mengetahui ketepatan dari model pendugaan tersebut. Perhitungan validasi model pendugaan menunjukkan persentase nilai ketepatan yakni 6.1%. Hal tersebut menunjukkan bahwa model pendugaan KT memiliki ketepatan yang tinggi. Hasil regresi KT aktual dengan KT hasil pendugaan juga menunjukkan hubungan yang



kuat dengan koefisien determinasi mencapai 0.89 seperti ditunjukkan pada grafik 5.2



Gambar.6. Grafik hubungan antara KT aktual dan KT pendugaan

### Implikasi model

Parameter KT dapat menjadi variabel dalam mengetahui kerapatan liputan hutan jati di lapangan dan memiliki hubungan kuat dengan nilai FCD. Model pendugaan KT dan peta FCD dapat digunakan untuk menduga kerapatan tegakan di lapangan secara tidak langsung dengan baik. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan dan identifikasi hutan di KPH Ngawi. Model tersebut dapat memberikan informasi kondisi hutan, terutama kerapatan tegakan secara spasial dan temporal.

### KESIMPULAN

1. Identifikasi kerapatan liputan hutan jati merupakan salah satu parameter yang paling berguna untuk mempertimbangkan dalam perencanaan dan pelaksanaan program inventarisasi dan evaluasi hutan jati secara berkelanjutan.
2. Kerapatan liputan hutan jati KPH Ngawi masih didominasi oleh kerapatan rendah sampai kerapatan sedang (kelas umur muda).
3. Model pendugaan dari pengukuran nilai kerapatan tegakan (KT) di lapangan memiliki hubungan yang erat dengan hasil analisis FCD model, sehingga pengukuran kerapatan tegakan tanaman jati dapat dijadikan data yang valid dalam mengetahui Kerapatan Liputan Hutan Jati (*Forest Canopy Density*).

### DAFTAR PUSTAKA

- Baynes, J. 2004. "Assessing forest canopy density in a highly variable landscape using Landsat data and FCD Mapper software", *Australian Forestry*, 67(4): 247-253.
- Baynes, J. and Dunn, G.M. 1997. "Estimating foliage surface area index in 8 year old stands of *Pinus elliotii* var. *elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* of variable quality", *Canadian Journal of Forest Research*, 27: 1367-1375.
- Campbell, JB .2002. "Introduction to Remote Sensing", 3edn, The Guilford Press,
- Danoedoro, P. 1996. "Pengantar Pengolahan Citra Digital". Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Danoedoro, P. 2012. "Pengantar Penginderaan Jauh Digital". Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Gerry, K. 2014. "Estimasi Stok Karbon di Atas Permukaan Tanah Untuk Vegetasi Tegakan Ruang Terbuka Hijau Sebagian Kota Semarang Melalui Transformasi Indeks Vegetasi Citra ALOS AVNIR-2". Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hadipoentyanti EM, EA Hadad, Hermanto. 1994. "Peran intensitas radiasi surya dan indeks luas daun terhadap produksi maksimal tanaman". *Buletin PERHIMPI*. 2:49 –52.
- Howard, J. 1991. "Remote sensing of Forest Resources-Theory and Application", (diterjemahkan dalam Judul Penginderaan Jauh untuk Sumberdaya Hutan-Teori dan Aplikasi oleh Hartono, Dulbahri, Suharyadi, Danoedoro P.,Jatmiko H. Retnadi. 1996. Yogyakarta: Gadjah Mada University Pres.
- Howard, J.A., 1996. "Penginderaan Jauh untuk Sumberdaya Hutan": Teori dan Aplikasi. Penerjemah; Hartono. Yogyakarta: UGM Press. Terjemahan dari: Remote Sensing of Forest Resources. Teori and Aplikasi.

- Huang D, Yang W, Tan B, Rautiainen M, Zhang P. 2006. The Importance of Measurement Errors for Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014 660 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
- JAXA EORC. 2006. *ALOS Data Users Handbook Revision C*. JAXA. Jepang.
- JAXA EORC. 2008. *ALOS Data Users Handbook Revision C*. JAXA. Jepang.
- Jaya INS. 2005. "Teknik mendeteksi lahan longsor menggunakan citra SPOT multi waktu, studi kasus di Teradomari, Tochio dan Shidata Mura, Niigata, Jepang". *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 10:31-48.
- Jaya INS. 2007. "Analisis Citra Digital" : Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam. Teori dan Praktek Menggunakan Erdas Imagine. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Jensen, JR. 2005. *Introductory to Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspectiv*. New Jersey: PrenticeHall. Inc.
- JOFCA. 1991. Classification system on logged-over forests. A workshop for the ITTO project PD 2/87(F) Sub-project II. Rehabilitation of logged-over forests in Asia/Pacific region. Manila, Philippines, December 1991.
- JOFCA. 1993. Rehabilitation of logged-over forests in Asia/Pacific region, final report of Sub-project II. Prepared for ITTO. March 1993. Part II pp.1-41.
- JOFCA. 1995. Proceedings of the workshop on utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forests. Cisarua, Bogor, Indonesia, September 25-28, 1995.
- JOFCA. 1996. Proceedings of the workshop on utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forests. Bangkok, Thailand, July 30-August 1, 1996.
- JOFCA. 1997. Utilization of remote sensing in site assessment and planning for rehabilitation of logged-over forests. Project report on PD32/93 Rev.2(F) Rehabilitation of logged-over forests in Asia/Pacific region, Sub-project III. Prepared for ITTO. January 1997.
- Kurniawan A. 2004. [skripsi] Penggunaan Teknologi Penginderaan Jauh dalam Pendugaan Luas Bidang Dasar Tegakan dan Kerapatan Tegakan. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kusumowidagdo, Mulyadi. dkk. 2007. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Semarang: LAPAN dan UNNES.
- Landsat 7 Science Data User Handbook, Chapter 11 – Data Products Landsat TM/ETM+.
- Liang, S. 2004. Quantitatif Remote Sensing of Land Surfaces. John Wiley & Sons, Inc.
- Lillesand, T.M and R.W Kiefer. 2004. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lillesand, TM, Kiefer, RW & Chipman, JW 2004, *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5edn, John Willey & Sons, New York.
- Mason, EG. 2000. A Brief Review of the Impact of Stand Density on Variables Affecting Radiata Pine Stand Value. [www.fore.canterbury.ac.nz/cuan/spacing/density3.htm](http://www.fore.canterbury.ac.nz/cuan/spacing/density3.htm) [3 Juni 2012].
- Mather, P. M. 2004. Computer Processing of Remotely Sensed Data : An Introduction, 3rd edition. Brisbane : John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Mather, PM. 2005. Computer Processing of Remotely-Sensed Images, John Wiley & Sons, Ltd, New York.
- McCoy, Roger. M. 2005. Field Method in Remote Sensing. New York: The Guilford Press
- NASA. 2009. Landsat Users Guide Handbook, [Online] Available at <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/h>

- andbook/handbook\_htmls/chapter11/chapter11.html . New York.
- Novritasari, K. 2011. Estimasi Volume Tegakan Pinus(Pinus Merkusii) Melalui Informasi Spektral Citra ASTER VNIR dan Sistem Informasi Geografis(Studi Kasus KPH Banyumas Timur). Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Nuarsa, I. W. 2009. Optical Remote Sensing. <http://www.crisp.nus.edu.sg>.
- Nugroho S. 2011. [disertasi]Metode Deteksi Degradasi Hutan Menggunakan Citra Satelit Landsat diHutan Lahan Kering TNGHS. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nuraini. 2005. Estimasi Volume Tegakan Hutan Melalui Citra Radar JERS-1 band L..Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- P.S, Roy. 1999. "Space Remote Sensing For Forest Management".India Institute of Remote Sensing (National Remote Sensing Agency).
- P.S. Roy, S. Miyatake and A. Rikimaru.1996. "Biophysical Spectral Response modelling Approach for Forest Density Stratification".
- Pambudhi. A. 2012. "Estimasi stok Karbon Hutan Dengan Menggunakan Citra ALOS AVNIR-2 Di Sebagian Kecamatan Long Pahangai. Kabupaten Kutai Barat".Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Study at Cidanau Watershed. Journal Of GIS,Remote Sensing and Dynamic Modelling. 3:66-76.
- Primack, R., R. Corlett.2005. Tropical Rain Forest: An Ecological and Biogeographical Comparison. Australia: Blackwell Science Ltd.
- Priyono, C.N.S. dan S. Siswamartama (ed). 2002. Hutan Pinus dan Hasil Air. Pusat Pengembangan Sumberdaya Hutan Perum Perhutani, Cepu.
- Purwadhi, S.H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: PT Grasindo. radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors', Remote Sensing of Environment, vol. 113 p. 893-903.
- Rikimaru A, Roy PS, Miyatake S. 2002. Tropical Forest Cover Density Mapping. Tropical Ecology.43(1): 39-47.
- Rikimaru, A, S.Miyatake and P.Dugan.Sky is the Limit for Forest Management Tool", <http://www.itto.or.jp/newsletter/v9n3/4.html>.
- Rikimaru, A.1996. LANDSAT TM Data Processing Guide forforest Canopy Density Mapping and Monitoring Model.ITTO workshop on utilization of remote sensing in siteassessment and planning for rehabilitation of logged-overforest. Bangkok, Thailand, pp.1-8, July 30- August 1996.
- Rikimaru, A. 1996. LANDSAT TM Data processing guide for forest canopy density mapping and monitoring model. pp. 1-8. In: ITTO Workshop on Utilization of Remote Sensing in Site Assessment and Planning for Rehabilitation of Logged-over Forests. Bangkok, Thailand, July 30-August 1, 1996.
- Rikimaru, A. 1999. "The Concept of FCD Mapping Model and Semi-Expert System. FCD Mapper User's Guide."International Tropical Timber Organization and Japan Overseas Forestry Consultants Association. Pp 90.
- Rikimaru, A., Miyatake, S. and Dugan, P. (1999), 'Sky is the limit for forest management tool', Tropical Forest Update, 9: 6-8.
- Rikimaru,A., S. Miyatake.1997."Development of Forest CanopyDensity Mapping and Monitoring Model using Indices ofVegetation, Bare soil and Shadow",. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts5/index.shtml>.
- Rikimaru, A., S. Miyatake. 1997. Development of Forest Canopy Density Mapping and Monitoring Model Using Indices of Vegetation, Bare Soil and



- Shadow.<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts5/ts5006.shtml>
- Roy, P.S., S. Miyatake., A.Rikimaru. 1997. Biophysical Spectral Response Modeling Approach for Forest Density Stratification.  
<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts5/ts5008.shtml>
- Running SW, Nemani RR, Peterson DL, Band LE, Potts DE. 1989. Mapping Regional Forest Evapotranspiration and Photosynthesis by Coupling Satellite Data with Ecosystem Simulation. *Ecology*. 70: 1090-1101.
- Sadewo, Nur Muhammad. 2011. Pemodelan Hidrologi Dengan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Penyusunan SDSS Penanggulangan Banjir. Skripsi. Fakultas Geografi,
- Sutanto. 1986. Penginderaan Jauh Dasar Jilid I. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Sutanto. 1987. Penginderaan Jauh. Jilid 2. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yohania, S. B. 2004. Estimasi Volume Tegakan Pinus Dari Analisis Citra Digital Landsat ETM di BKPH Candirotto Temanggung. Skripsi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Young, RA. 1982. *Introduction to Forest Science*, (Second Edition). New York (US): John Wiley & Sons.
- Zhao, X.Y.K. 1990. An approach for estimating forest stock volume by using space Remote Sensing Data.