

# SPOT 6 untuk Identifikasi dan Analisa Pertumbuhan Kelapa Sawit (Studi Kasus : Tanah Laut, Kalimantan Selatan)

Ita Carolita<sup>1</sup>, Fina Ayu Permatasari<sup>2</sup>, Jansen Sitorus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, E-mail : finaayupe@gmail.com

**Abstrak** –Penginderaan Jauh memiliki potensi signifikan untuk membantu pemantauan kelapa sawit dan upaya prediksi. Penginderaan jauh juga memberikan kemungkinan untuk memberikan metode dengan biaya yang efektif untuk memetakan kelapa sawit serta memberikan penilaian secara khusus praktek manajemen dan deskripsi pertumbuhan kelapa sawit. SPOT-6 adalah satelit pencitraan optik mampu menghasilkan pencitraan bumi dengan produk-produk untuk aplikasi di pertahanan, pertanian, perkebunan, kehutanan, pemantauan lingkungan, pengawasan digaris pantai, *engineering*, minyak dan gas, serta industri pertambangan. Dengan menggunakan data SPOT6 identifikasi, pemetaan dan monitoring kelapa sawit dapat dilakukan baik, karena resolusi 6 m (untuk MS) dan 1,5 m (untuk Pankromatik). Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa identifikasi dan klasifikasi areal kelapa sawit, serta melakukan analisa pertumbuhannya dengan menggunakan data SPOT-6. Metode yang digunakan adalah klasifikasi supervised untuk mendapatkan areal kelapa sawit dan analisa regresi untuk analisa pertumbuhannya. Dari hasil analisa diperoleh bahwa pertumbuhan kelapa sawit dapat digambarkan dengan NDVI dan dengan model regresi dengan koefisien determinasi 87%.

**Kata kunci** : Profil pertumbuhan, kelapa sawit, SPOT-6

## PENDAHULUAN

Teknologi Satelit penginderaan jauh menggunakan teknik penginderaan jauh optik dan radar telah berhasil digunakan dalam berbagai aplikasi yang berhubungan dengan studi sumber daya bumi dan pemantauan lingkungan. Beberapa keuntungan dari teknik ini adalah efektivitas biaya, cakupan yang luas, dekat akuisisi data real-time dan kemampuan perekaman berulang dengan waktu yang teratur. Penginderaan Jauh memiliki potensi signifikan untuk membantu pemantauan kelapa sawit dan upaya prediksi. Penginderaan jauh juga memberikan kemungkinan untuk memberikan metode dengan biaya yang efektif untuk memetakan kelapa sawit serta memberikan penilaian secara khusus praktek manajemen dan deskripsi pertumbuhan kelapa sawit. Data satelit Landsat Thematic Mapper (McMorrow, 1995; Wahid, 1998) dan SPOT (Lukman dan Poeloengan, 1996) telah berhasil digunakan untuk mengidentifikasi pertumbuhan kelapa sawit dan untuk memetakan perbedaan usia sawit pada tahap awal pertumbuhan.

SPOT singkatan dari *Systeme Pour Observation de la Terre*. SPOT-1 diluncurkan pada tahun 1986. SPOT dimiliki oleh konsorsium yang terdiri dari Pemerintah Prancis, Swedia, dan Belgia. SPOT pertama kali beroperasi dengan *pushbroom sensor* CCD dengan kemampuan *off-track viewing* di ruang angkasa. Saat itu, resolusi spasial 10 m untuk pankromatik tidak dapat ditiru (Achmad Siddik Thoha, 2008).

SPOT-6 merupakan satelit generasi terbaru dari keluarga satelit SPOT yang dimiliki vendor Airbus *Defence and Space* (dulu bernama ASTRIUM). SPOT-6 diluncurkan pada tanggal 9 September 2012 di Satish Dhawan *Space Center*, India menggunakan kendaraan *Polar Satellite Launch Vehicle* (PSLV). Satelit ini menghasilkan data citra satelit dalam moda pankromatik dengan resolusi spasial 1,5 meter terdiri dari 1 *band* (*band* pankromatik) serta data citra satelit dalam moda multispektral dengan resolusi spasial 6 meter yang terdiri dari 4 *band* (*Red, Green, Blue, dan Near Infrared*).

Satelit SPOT-6 bergabung dengan Pleides-1A dan Pleides-1B yang kemudian diusulkan peluncuran SPOT-7 pada 2014. SPOT-6 adalah satelit pencitraan optik mampu menghasilkan pencitraan bumi dengan produk-produk untuk aplikasi di pertahanan, pertanian, perkebunan, kehutanan, pemantauan lingkungan, pengawasan digaris pantai, *engineering*, minyak dan gas, serta industri pertambangan. Tabel 1 berikut menunjukkan karakteristik SPOT 6

Tabel 1. Karakteristik SPOT-6

Tanggal peluncuran	9 September 2012
Peluncuran Kendaraan	PSLV
Peluncuran Lokasi	Satish Dhawan <i>Space Center</i> (India)
Multispektral Citra (4 band)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Blue</i> (0,455 m – 0,525 m)</li> <li>2. <i>Green</i> (0,530 m – 0,590 m)</li> <li>3. <i>Red</i> (0,625 m – 0,695 m)</li> <li>4. <i>Near-Infrared</i> (0,760 – 0,890 m)</li> </ol>
Resolusi (GSD)	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Pankromatik – 1,5 m</li> <li>6. Multispektral – 6.0 m (R, G, B, NIR)</li> </ol>
Pencitraan Petak	60 km di Nadir

SPOT merupakan satelit pengamatan permukaan bumi yang menyediakan resolusi sedang sampai resolusi tinggi. SPOT dirancang oleh CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*) atau Pusat Nasional Studi Antariksa Perancis yang bekerja sama dengan Belgia dan Swedia (*Swedish National Space Board-SNSB*).



Gambar 1. Satelit SPOT-6

Fadli (1995) dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Umur Tegakan Kelapa Sawit terhadap Nilai Kecerahan pada Data Digital SPOT Multispektral” melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pola spektral tanaman kelapa sawit dikaitkan dengan umur tanaman, menentukan julat umur tanaman kelapa sawit berdasarkan nilai korelasi dan determinasi yang paling tinggi serta menentukan model transformasi matematis yang peka terhadap penjonolan umur tanaman kelapa sawit. Metode yang digunakan adalah analisis data digital citra SPOT multispektral pada saluran tunggal dan transformasi matematis. Penentuan sampel lapangan dilakukan dengan cara gabungan yaitu *purpose sampling*, karena obyek kajian bersifat homogen. Analisis statistik yang digunakan adalah analisis regresi dan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan terdapat hubungan nyata antara umur tanaman kelapa sawit dengan nilai kecerahan pada saluran tunggal XS1, XS2, dan XS3, Indeks Vegetasi (*Vegetation Index Faster*) dan penisbahan R4 dan R6.

Teknologi *Geographic Information System* dan *Remote Sensing* telah dimanfaatkan oleh para ahli untuk studi sawit (McMorrow, 1995). Lukman dan Poeloengan (1996) sukses memanfaatkan citra satelit Landsat TM (*Thematic Mapper*) dan SPOT (*Satellite pour Observation de la Terre*) untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah tumbuh sawit dan memetakan perbedaan usianya pada masa awal pertumbuhan. Wahid et al. (2005) menggunakan citra multispektral Landsat 7 ETM dan GIS untuk mengembangkan prosedur cepat pemetaan lahan sawit skala 1:50.000 di Malaysia. Tanaman sawit dipilah menggunakan klasifikasi citra terbimbing menggunakan teknik *Nearest Neighbour* (NNB). Komposit kanal TM 4, 5, dan 3 memberikan diskriminasi terbaik untuk membedakan tutupan lahan sawit dengan tutupan lahan lainnya.

Nordin et al. (2002) menggunakan data *Airborne Synthetic Aperture Radar* (AIRSAR) untuk pemetaan sawit. Pemetaan dilakukan berbasis pada usia sawit menggunakan teknik segmentasi dan algoritma klasifikasi terbimbing. Usia sawit dapat diestimasi, dibedakan dan dipetakan menggunakan citra AIRSAR. Meskipun telah

terdapat beberapa studi *Geographic Information System* dan *Remote Sensing* tentang perkebunan sawit, namun tak satupun yang memanfaatkan informasi tekstur.

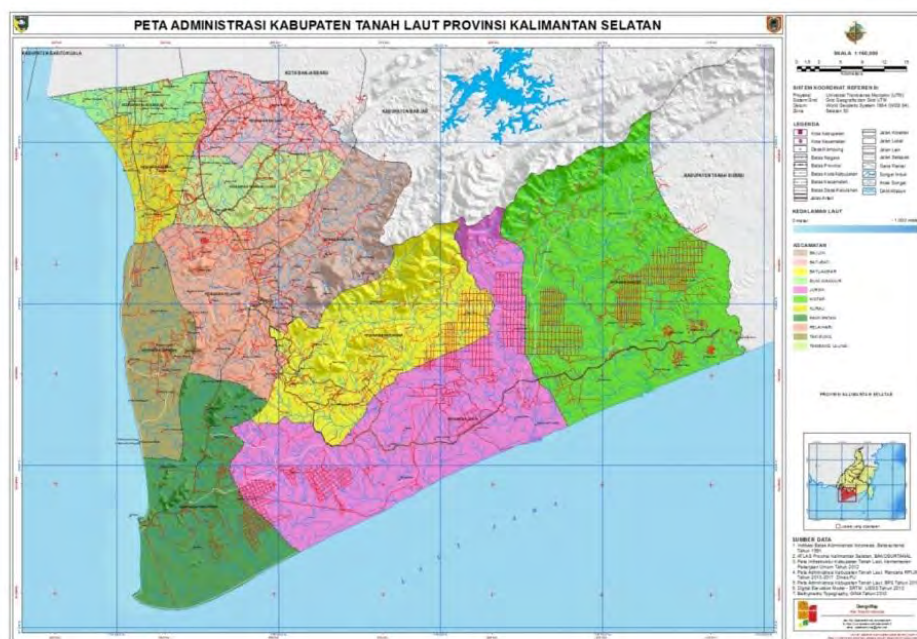
Informasi tekstur didapatkan dari kanal pankromatik 1,5 m citra SPOT-6, sehingga pola tanam sawit dapat dikenali jelas secara visual. Tanaman sawit yang ditanam di perkebunan memiliki pola tanam berbentuk segitiga dimana jarak antar pohonnya 9 m. Pola tanam ini dapat dikenali jelas pula pada citra pankromatik melalui teksturnya. Perbedaan usia tanam dan perbedaan arah tanam pada blok-blok tanam dapat dibedakan melalui tekstur-tekstur uniknya pada citra pankromatik tersebut. Tekstur tersebut berpotensi untuk dapat dikenali secara otomatis melalui algoritma komputer.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi kelapa sawit dengan menggunakan satelit SPOT dan melakukan klasifikasi serta menganalisa pola pertumbuhannya. Diharapkan model yang digunakan dapat dimanfaatkan oleh Pengguna (dalam hal ini Perusahaan Perkebunan Kelapa Sawit) dapat memantau pertumbuhan kelapa sawitnya di setiap blok, sehingga dapat memperbaiki manajemen dalam pemupukan dan penataan air, pemberantasan hama penyakit, serta memprediksi panen yang akan dihasilkan.

## METODOLOGI

Area kajian penelitian ini adalah area perkebunan kelapa sawit di Pelaihari (luas :3406 ha) milik PTP N 13, dan Pelaihari Plasma (luas : 2102 ha) di Kab.Tanah Laut Kalimantan Selatan. Kabupaten Tanah laut (Gambar 2) merupakan salah satu wilayah di Provinsi Kalimantan Selatan yang secara geografis terletak pada koordinat  $3^{\circ}30'33'' - 4^{\circ}11'38''$  LS dan  $114^{\circ}30'20'' - 115^{\circ}23'31''$  BT, dengan Ibukota Kabupaten berada di Kota Pelaihari yang berjarak sekitar 60 km dari Kota Banjarmasin sebagai Ibukota Provinsi Kalimantan Selatan.

Topografi Kabupaten Tanah Laut umumnya merupakan daerah dataran tinggi dan bergunung-gunung yang terdapat dibagian Utara dan Timur, yaitu tersebar di Kecamatan Pelaihari, Jorong, Batu Ampar, Tambang Ulang dan Kintap, sedangkan dibagian Selatan dan Barat merupakan daerah dataran rendah, pantai, dan rawa-rawa yaitu terdapat di Kecamatan Kurau, Takisung dan Panyipatan.



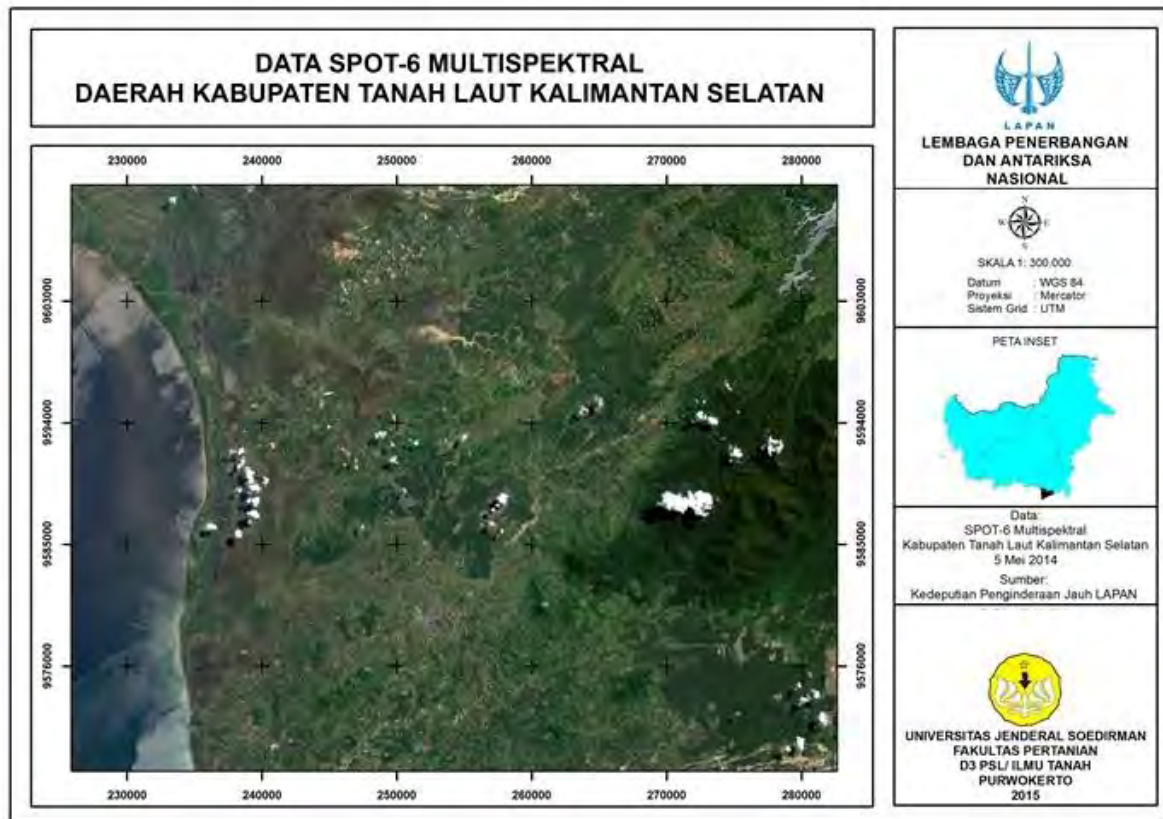
Gambar 2. Peta Orientasi Kabupaten Tanah Laut terhadap Wilayah Provinsi Kalimantan Selatan (Sumber: Rencana TataRuang Wilayah (RTRW) Kab. Tanah Laut Tahun 2013-2017)

Wilayah Kabupaten Tanah Laut mempunyai iklim tropika dan mempunyai dua musim yaitu hujan dan kemarau. Perputaran musim hujan terjadi pada bulan April. Kelembaban Udara rata-rata tiap bulan di wilayah Kabupaten Tanah Laut berkisar antara 79 – 86% dengan kelembaban rata-rata 83%. Temperatur maksimum di daerah Tanah laut pada tahun 2004 berkisar antara  $30,9^{\circ}$  C sampai  $34,6^{\circ}$  C, temperatur minimum berkisar antara  $22, 9^{\circ}$  C sampai  $24,9^{\circ}$  C dan rata-rata temperatur udara tiap bulan berkisar antara  $26,3^{\circ}$  C sampai  $27,6^{\circ}$  C. Kecepatan angin



rata-rata tiap bulan antara 0,3 knot sampai 45,2 knot. Secara umum Kabupaten Tanah Laut mempunyai curah hujan bulanan rerata sebesar 203,8 mm/bulan, dengan jumlah hari hujan rerata sebanyak 9,8 hari hujan/bulan.

Data satelit yang digunakan adalah data SPOT 6. Data lainnya yang digunakan adalah data kalender tanam kelapa sawit di PTP N 13 dan peta rupa bumi. Gambar 3 berikut menunjukkan data yang digunakan.

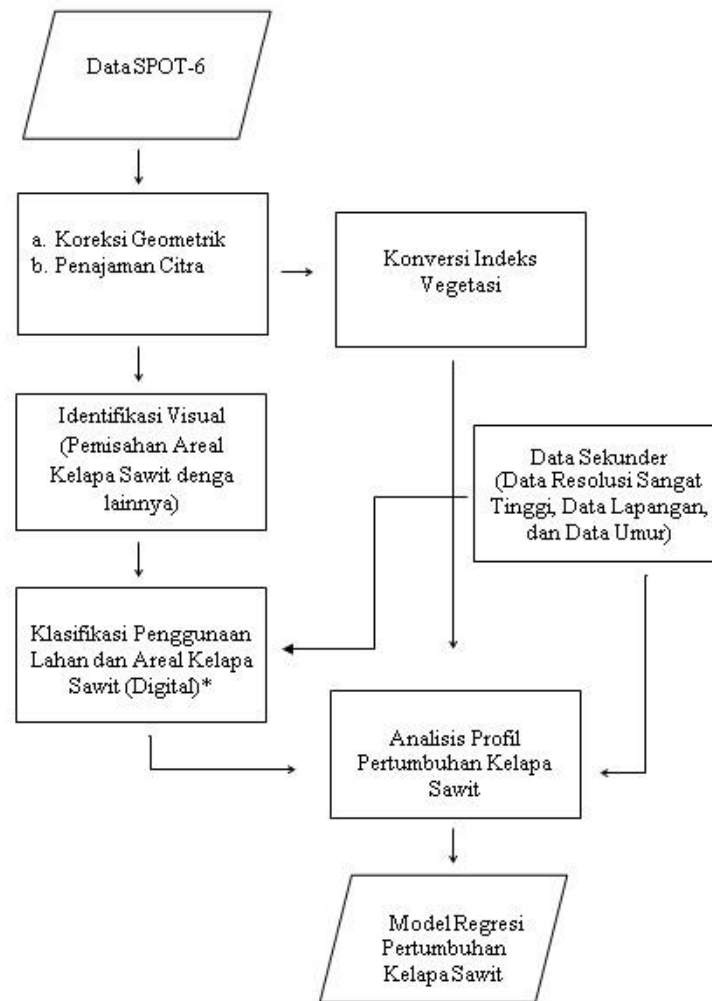


Gambar 3. Data SPOT-6 tanggal 5 Mei 2014

Penelitian ini mengikuti bagan alir seperti pada gambar 4. Setelah dilakukan koreksi terhadap data SPOT-6 kemudian dilakukan klasifikasi untuk memisahkan lahan kelapa sawit dari lahan lainnya. Ekstraksi beberapa parameter vegetasi juga dilakukan, dalam hal ini NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dengan menggunakan formula (Nikolaos G. Silleos, 2006):

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

Selanjutnya analisa dilakukan untuk mendapatkan model estimasi pendugaan umur kelapa sawit. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data lapangan dan peta kalender tanam. Pengumpulan data lapangan dilakukan dengan pengamatan umur kelapa sawit. Selanjutnya dilakukan analisis profil, dimana variable dependen adalah umur, dan variable independen adalah nilai NDVI data SPOT-6.



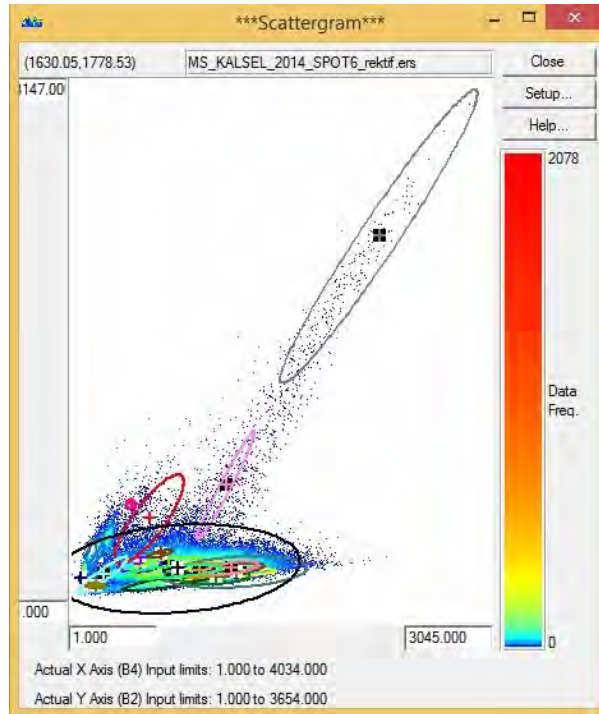
Gambar 4. Bagan Alir Pengolahan Data

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi terbimbing yang dilakukan pada citra SPOT-6 daerah Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan terdiri atas 21 kelas, meliputi lima jenis, yaitu:

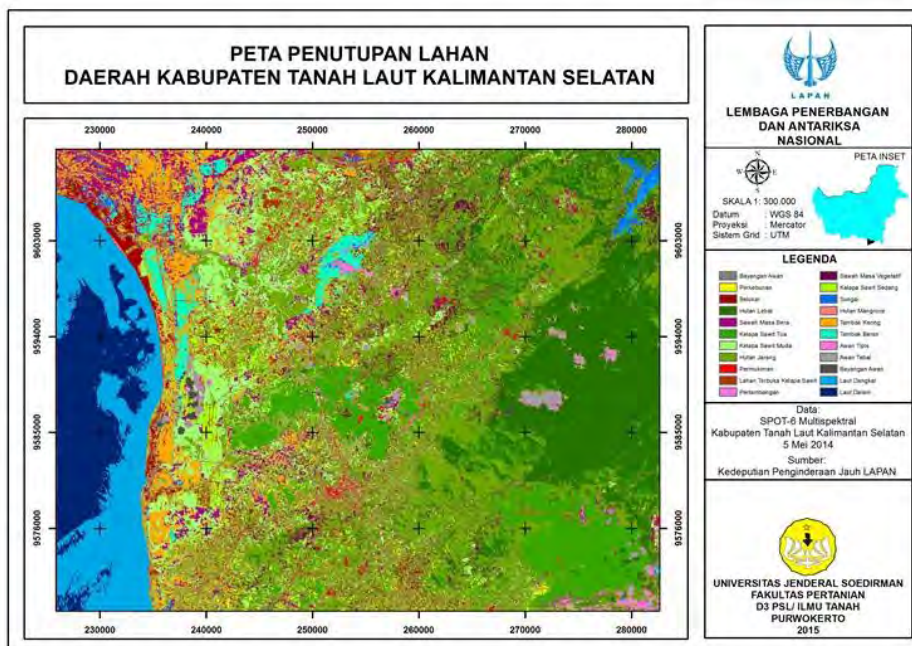
1. Vegetasi, terdiri dari beberapa kelas, yaitu:
  - a) Hutan (hutan lebat, hutan jarang, belukar, dan hutan mangrove).
  - b) Perkebunan (kelapa sawit (muda, sedang, tua), perkebunan lainnya (karet)).
  - c) Sawah (masa vegetatif dan generatif)
2. Lahan terbangun, hanya meliputi permukiman.
3. Tubuh air, yaitu:
  - a) Laut (dangkal dan dalam)
  - b) Sungai
  - c) Tambak (berair dan kering)
4. Lahan terbuka, terdiri atas:
  - a) Kelapa sawit
  - b) Pertambangan
5. Awan, meliputi:
  - a) Awan tebal
  - b) Awan tipis
  - c) Bayangan Awan

Sebelum dilakukan klasifikasi, dilakukan pengujian sample untuk melihat Homogenitas dan Keterpisahan Kelasnya. Pengujian keterpisahan kelas dilakukan dengan menggunakan scattergram. Gambar 5 berikut menunjukkan scatter gram untuk pengujian sample. Setelah dilakukan perbaikan akhirnya diperoleh sampel yang terbaik dengan keterpisahan kelas cukup maksimal.



Gambar 5. Scattergram untuk uji keterpisahan kelas

Sedangkan untuk uji homogenitas dilakukan dengan mengkatagorikan apabila  $(Std/mean) < 10\%$  maka dapat dikatakan sampel adalah homogeny. Gambar 6 berikut menunjukkan hasil klasifikasi penggunaan lahan.

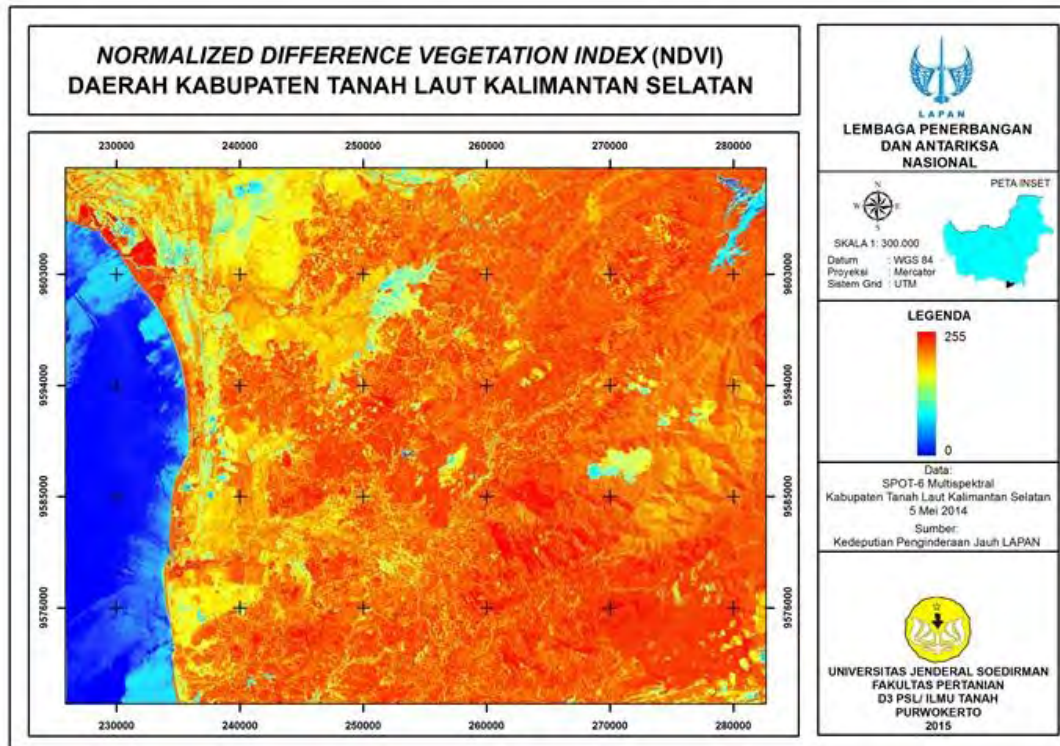


Gambar 6 .Hasil klasifikasi Supervised daerah Kab. Tanah Laut Kalimantan Selatan



Dari hasil klasifikasi (Gambar 6) tampak area kelapa sawit (warna hijau sedang) terpisah dengan jelas dari hutan dan penutup lahan lainnya (sawah dan lainnya).

Selanjutnya dilakukan konversi citra menjadi citra yang menggambarkan tingkat kehijauan, yakni menjadi citra NDVI (gambar 6). Ekstraksi NDVI dilakukan untuk melihat indeks kehijauan setiap tingkat usia kelapa sawit. Dari citra NDVI terlihat adanya perbedaan tingkat nilai NDVI pada area perkebunan kelapa sawit PTP N 13.



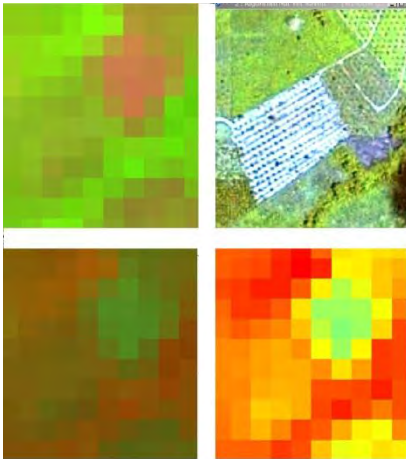
Gambar 7. Citra NDVI area PTP N 13

Dari citra NDVI, dilakukan analisis yang menunjukkan perbedaan nilai NDVI untuk setiap level usia kelapa sawit (Gambar 7).

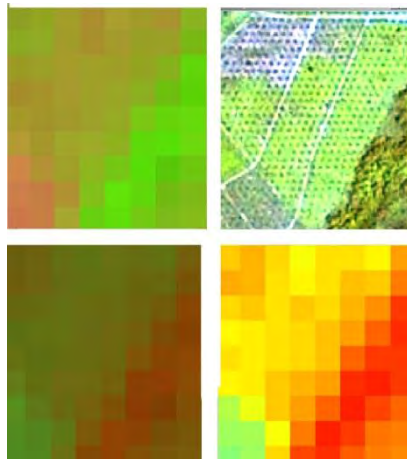
Dari hasil pengamatan dengan menggunakan data NDVI, dapat disimpulkan sementara bahwa nilai NDVI semakin meningkat dengan semakin dewasanya umur kelapa sawit, dimana untuk kelapa sawit secara keseluruhan : 135 – 153, dengan pembagian : Sawit muda : 135 – 140 , sawit remaja : 140 -144 , sawit sedang : 144-148 , dan sawit tua : 148- 153

Pada bulan Agustus tim melakukan survei lapangan ke perkebunan kelapa sawit, Lokasi survey adalah PTPN 13, Perkebunan kelapa sawi di Pelaihari (3 406 ha), dan Pelaihari Plasma (2 102 ha) di Kab.Tanah Laut Kalimantan Selatan. Survei dilaksanakan selama 5 hari pada tanggal 18-22 Agustus 2014. Tujuan Survey lapangan adalah :Mendapatkan kalender tanam perkebunan kelapa sawit dan melakukan pengukuran dan pengamatan kelapa sawit di area perkebunan. Gambar berikut adalah lokasi perkebunan kelapa sawit di Pelaihari Kalimantan Selatan (8). Pada area perkebunan kelapa sawit PTP N 13 ini level usia tanaman kelapa sawit adalah 1 tahun sampai 11 tahun, sehingga model pertumbuhan yang akan dihasilkan adalah dari 1 tahun sampai 11 tahun.

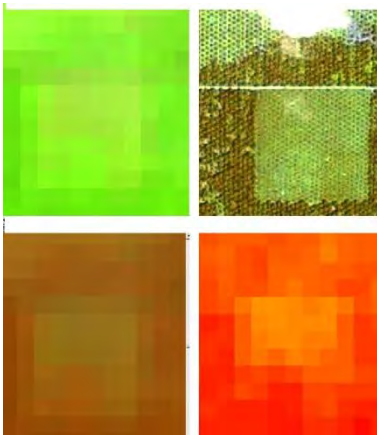
a.Sawit muda : NDVI : 138 - 140



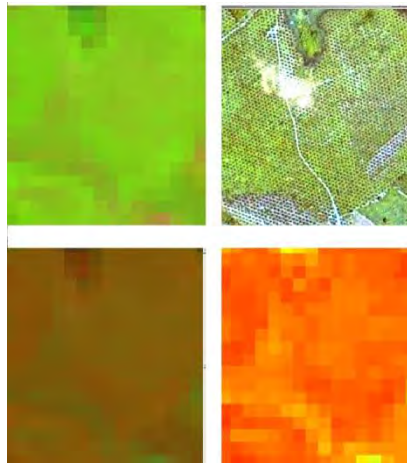
b.Sawit muda b: NDVI : 135 -138



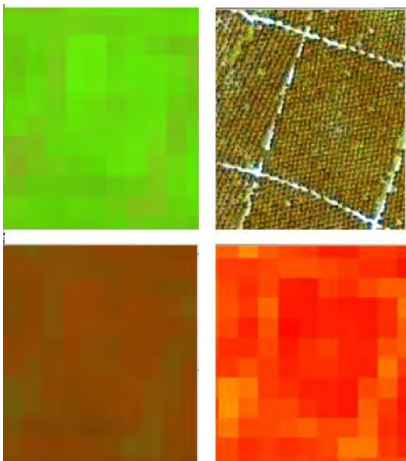
c.Sawit sedang remaja: NDVI : 143-144



d.Sawit sedang (remaja2): NDVI : 144-148

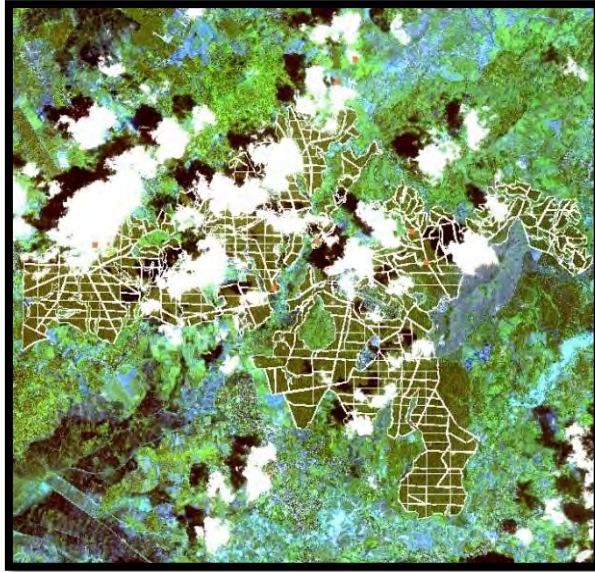


e.Sawit tua : NDVI : 148-153



Gambar 7. Perbandingan Nilai NDVI dan spectral setiap jenjang usia kelapa sawit





Gambar 8. Area perkebunan kelapa sawit di Pelaihari Kalimantan Selatan

Sedangkan Gambar 9 adalah gambar perbandingan kenampakan kelapa sawit pada setiap umur dengan keadaan tumbuhan sebenarnya.



Kelapa sawit umur 1 tahun



Kelapa sawit umur 3 tahun

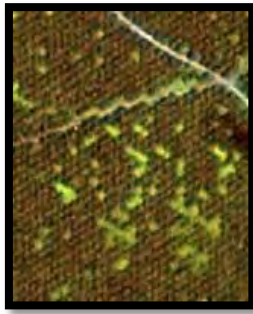
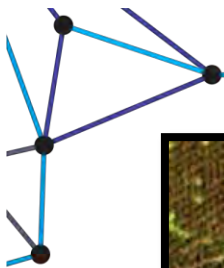


Kelapa sawit umur 4 tahun



Kelapa sawit umur 5 tahun





Kelapa sawit umur 6 tahun



Gambar 4-42. Kelapa sawit umur 9 tahun



Kelapa sawit umur 11 tahun



Gambar 9. Kondisi kelapa sawit dan umur serta penampakan pada citra SPOT6

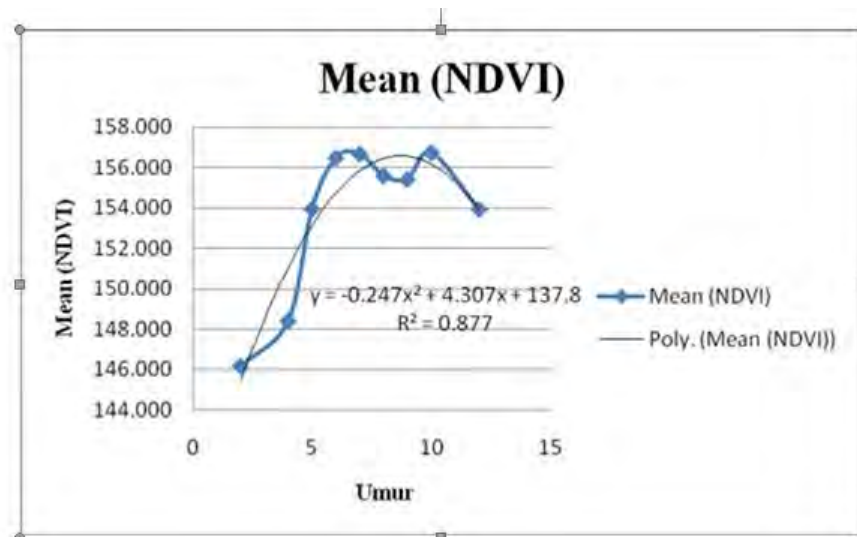
Dari gambar di atas terlihat bahwa pertumbuhan kelapa sawit dapat dibedakan berdasarkan umurnya dengan menggunakan data SPOT6. Pada saat masih berusia muda kondisi daun yang belum lebat menyebabkan citra SPOT merepresentasikan lebih banyak objek rumput dan lahan terbuka yang berada di bawah (sela-sela) antara pohon. Semakin lama setelah semakin lebat dan panjang daun-daunnya, rumput dan tanah terbuka semakin tertutup dan citra terlihat semakin berwarna hijau, Mahkota kelapa sawit terlihat lebih jelas dengan pola seperti bintang pada citra SPOT. Semakin berumur canopy semakin rapat menutupi rumput/daun di bawahnya.

Dengan kondisi demikian, dicoba untuk menghubungkan antara kenampakan dari citra SPOT untuk setiap kanal dengan usianya. Tabel berikut menunjukkan hasil dari pengumpulan data sekunder dan NDVI setiap tingkat umur.

Tabel 2. Tabel Umur dan NDVI data SPOT6 Multispektral

Umur	Mean (NDVI)
2	146.177
4	148.408
5	153.949
6	156.486
7	156.670
8	155.597
9	155.420
10	156.738
12	153.944

Dengan menggunakan analisa regresi diperoleh persamaan (formula) untuk profil pertumbuhan kelapa sawit seperti berikut (gambar 10), dimana R<sup>2</sup> mencapai 0.87.



Gambar 10. Profil Pertumbuhan Kelapa Sawit dengan SPOT6 Pelaihari Kalimantan Selatan

Pada citra SPOT-6 tanaman kelapa sawit terlihat secara individu, dan jarak antara *canopy* tanaman terlihat masih jauh. Pada usia 3 tahun dan 4 tahun kelapa sawit sudah tinggi sekitar 3-4 meter, dan jumlah daun semakin banyak. Sehingga jarak antara *canopy* tanaman terlihat lebih dekat. Pada citra SPOT-6 pohon kelapa sawit usia 3-4 tahun masih terlihat secara individu, namun dengan jarak antara *canopy* yang lebih dekat. Selanjutnya pada usia 7 dan 8 tahun, pohon kelapa sawit semakin tinggi, dapat mencapai 5-6 meter, dan jumlah daun semakin banyak. Hal ini menyebabkan daun menjadi lebih rimbun dan semakin menutupi vegetasi di bawahnya, serta jarak antara *canopy* semakin dekat. Pada usia ini kenampakan pada citra SPOT-6 pohon kelapa sawit masih terlihat secara individu namun lebih rapat dibandingkan usia 3-4 tahun. Pada usia 8 dan 9 tahun, tanaman kelapa sawit semakin tinggi dengan ketinggian dapat mencapai lebih dari 10 meter. Jumlah daun semakin banyak sehingga terlihat lebih rimbun dan bagian bawah dari pohon semakin tidak terkena sinar matahari, warna daun menjadi hijau tua. Hal ini menyebabkan kenampakan pada citra memberikan warna hijau tua atau cenderung lebih gelap, untuk usia 9 tahun. Pada citra SPOT-6 tanaman kelapa sawit sudah sulit dipisah secara individu, karena sudah sangat dekat antar satu *canopy* pohon dengan *canopy* lainnya. Terakhir, untuk level usia 11 tahun, kelapa sawit semakin tinggi, melebihi 10 m. Sebagian daun-daun mulai tua dan ada yang kering dan rontok, tetapi secara umum masih rimbun. Ini menyebabkan kenampakan pada citra SPOT-6 ada warna kehitam-hitaman di antara *canopy* yang disebabkan karena efek bayangan pohon yang semakin tinggi dan daun berwarna hijau tua.

Dari hasil perhitungan statistic, persamaan yang diperoleh adalah :

$$y = -0.247x^2 + 4.307x + 137.8, \text{ dimana } x \text{ adalah umur dan } Y \text{ adalah NDVI SPOT}$$

dengan  $R^2 = 0.877$  yang menunjukkan bahwa usia tanaman kelapa sawit memberikan sumbangan 87% terhadap keragaman nilai NDVI, sehingga secara umum pola pertumbuhan yang ditinjau dari NDVI dengan persamaan tersebut dapat digunakan di PTP N 13.

Pola grafik ini dapat digunakan oleh manajemen PTP N 13 dalam menduga usia tanaman kelapa sawit, dengan mengetahui nilai NDVI yang diperoleh dari citra Landsat-8 (yang direpresentasi oleh nilai sumbu Y), maka akan diketahui usianya (yang direpresentasi oleh nilai pada sumbu X nya). Persamaan akan menjadi lebih baik jika sampel yang diukur serta penggunaan citra satelit lebih banyak digunakan.

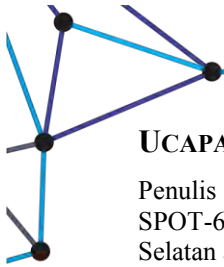
## SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Area kelapa sawit dapat dipisahkan dengan baik dengan data SPOT6 dengan menggunakan metode klasifikasi Supervised Maximum Likelihood. Persyaratan utama adalah training sample harus memenuhi syarat keterpisahan kelas dan homogenitas.
2. Hubungan antara NDVI SPOT dengan umur kelapa sawit cukup erat ( $R^2 = 87.7\%$ )
3. Model Pendugaan umur kelapa sawit adalah :  
 $y = -0.247x^2 + 4.307x + 137.8$

dengan  $R^2 = 0.877$ , dimana x adalah umur dan Y adalah NDVI SPOT





## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PUFATJA dan PUSTEKDATA LAPAN atas data Landsat-8 dan SPOT-6 yang diperoleh untuk penelitian ini, serta kepada PTP N 13 Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut Sulawesi Selatan atas bantuan selama tim melakukan pengukuran dan pengamatan di perkebunan kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. 2008. *Koreksi Geometri Data Citra Raster*. Retrieved Maret 23, 2015, from <http://digilib.its.ac.id>.
- Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi, P. 2008. *Teknologi Budidaya Kelapa Sawit*.
- Barbosa, P., et al. 1996. Performance of Several Landsat 5 Thematic Mapper Image Classification Methods for Crop Extent Estimates in an Irrigation District. *Remote Sensing*, Vol. 18: 336-3674.
- Castleman, K. 1996. *Digital Image Processing*. Prentice Hall, Englewood, New Jersey.
- Danoedoro, P. 1990. *Beberapa Teknik Operasi dalam Sistem Informasi Geografis*. Yogyakarta: Puspics UGM-Bakosurtanal.
- Danoedoro, P. 1996. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Davis. 1974. *Information Technology*. New York: John Wiley and Sons.
- Dirgahayu, D., dan Carolita, I. 1997. Aplikasi Inderaja untuk Medeteksi Sebaran Kelengasan Lahan secara Kuantitatif. *Majalah LAPAN*, Vol. 80, Tahun ke XX, hal. 8-18.
- Diyono, dan Bambang, S. 2000. Analisis Perubahan Penggunaan Lahan di Sebagian Wilayah Teluk Jakarta Berdasarkan Citra SPOT XS 1986 dan 1990. . *Prosiding Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia di Bandung 15 Desember 2000* (pp. 21-29). Jalan Raya Cibinong, Bogor: ISI, Bakosurtanal.
- ESRI. 2013<sup>a</sup>. *Agricultural Monitoring*. Retrieved February 27, 2015, from <http://www.esri.com>
- . 2013<sup>b</sup>. *Precision Farming*. Retrieved February 27, 2015, from <http://www.esri.com>
- Fadli. 1995. *Pengaruh Umur Tegakan Kelapa Sawit terhadap Nilai Kecerahan pada Data Digital SPOT Multispektral di Kebun Sawit Serbrang, Sumatera Utara*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Fauzi, Y., et al. 2004. *Kelapa Sawit: Budi Daya, Pemanfaatan, Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran*. Jakarta: Penerbit Swadaya.
- Fu, P., dan Sun. 2010. *Web GIS: Principles and Applications*. Redlands: ESRI Press.
- Gallego, J. 1995. *Sampling Frames of Square Segment, Institute for Remote Sensing Application, MARS*. Italy: Joint Research Centre.
- Giannakopoulos, T. 2008. *Matlab Color Detection Software*. Greece: Department of Informatics and Telecommunications, University of Athens.
- Goodchild, dan Michael, F. 2010. Twenty Years of Progress: GIS Science in 2010. *Journal of Spatial Information Science*, 3-20.
- Hartono. 2002. *Budidaya Pemanfaatan Hasil dan Limbah Analisa Usaha dan Pemasaran*. Retrieved Maret 10, 2015, from <http://ditjenbpun.deptan.go.id>.
- Helmi, M. 2007. *Koreksi Geometri*. Retrieved Maret 25, 2015, from <http://digilib.its.ac.id>.
- Horning, N. 2004. *Global Land Vegetation; An Electronic Textbook*. Retrieved February 15, 2015, from NASA Goddard Space Flight Center Earth Sciences Directorate Scientific and Educational Endeavors (SEE). Versi on line.: [http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/vg\\_class.htm](http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/vg_class.htm).
- Inggit, et al. 2012. *Kajian Penutup Lahan Provinsi Lampung Bagian Selatan Menggunakan CitraSpot-4*. Jakarta: Peneliti Pustekdata: LAPAN.
- Lillesand, T., dan R. W., Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation. Third Edition*. . New York: ohn Wiley and Sons.
- Lubis, A. 1992. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) di Indonesia*. Sumatera Utara: Pusat Penelitian Perkebunan Marihat, Pemantang Siantar.
- Lukman, F., dan Poeloengan, Z. 1996. Application of Remote Sensing Technique for Oil Palm Plantation, Management. *Proceeding of the 1997 PORIM International Palm Oil Congress-Competitiveness for the 21st Century*, 460-467.
- Mangoensoekarjo dan Semangun. 2003. *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- . 2005. *90 Tahun Penelitian Kelapa Sawit Indonesia*. Medan: Penelitian Kelapa Sawit dan Parisindo Jaya.
- Mapper, ER. 1998. *Earth Resources Mapper User Manual Ver.6.0*. 87. Collin Street, West Perth: Western Australia 6005.
- . 2006. *ER Mapper Professional Tutorial Version 7.1*. Earth Resource Mapping Ltd.
- Mas, J., dan Ramirez. 1996. Comparison of Landuse Classification Obtain by Visual Interpretation and Digital Image Processing. *ITC Journal 1996: ¾* : 278-283. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information*, 278-283.

- Morrow, J. 2001. Linear Regression Modelling for the Estimation of Oil Palm Age from Landsat-TM. *Journal of Remote Sensing*, 2243-3364.
- Murthy, C., et al. 1995. Paddy Yield Prediction in Bharada Project Command Area Using Remote Sensing Data. . . *Asia Pacific Remote Sensing Journal*, Vol. 8. No. 1, p: 79-83.
- Nordin, Shahrudin, A., dan Mariamni, H.(2002. *Application of AIRSAR Data to Oil Palm Tree Characterization*. Kuala Lumpur, Kuala Lumpur: MACRES Bulletin.
- Pahan. 2008. *Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit*. Jakarta: PT. Indopalma Wahana.
- Pradan, S. 1999. *Integration of Remote Sensing and GIS for Remote Sensing and GIS for Crop Acreage Estimation: An Information System Development Approach*. Kathmandu, Nepal: International Centre for Integrated Mountain Development.
- Prahasta, E. 2004. *Sistem Informasi Geografis: Tutorial Arc View*. Bandung: Informatika.
- Purwadhi, S. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Rahmi, J. 2009. *Hubungan Kerapatan Tajuk dan Penggunaan Lahan Berdasarkan Analisis Citra Satelit dan Sistem Informasi Geografis di Taman Nasional Gunung Leuser*. Medan: Departemen Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Ryan, L. 1997. *Creating a Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) image Using MultiSpec*. University of New Hampshire.
- Sabins, F. 1996. *Principles and Interpretation*. New York: WH Freeman and Company.
- Schowengerdt, R. 2007. *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing 3<sup>rd</sup> ed*. Massachusetts: Academic Press.
- Sitorus, J. 2004. Pengembangan Model Estimasi Umur Tanaman Sawit dengan Menggunakan Data Landsat-TM. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Digital Vol. 1, No. 1*, 14-19.
- Siwi, S. 2012. *Kemampuan Ruang Hijau dalam Menyerap CO<sub>2</sub> di Kota Depok*. Tesis. Jakarta: FMIPA Universitas Indonesia.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Sunarko. 2007. *Petunjuk Praktis Budidaya dan Pengolahan Kelapa Sawit*. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Supriyatna, W. 200). Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi dan Penajaman) Citra Satelit Vol. 7. *Buletin Teknik Pertanian*.
- . 1994. *Penginderaan Jauh Jilid II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Thoha, A. S. 2006. *Penggunaan Penginderaan Jarak Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Deteksi dan Prediksi Kebakaran Gambut di Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau*. Tesis. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- . 2008. *Karakteristik Citra Satelit*. Sumatera Utara: Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Tim Penulis PS. 2000. *Kelapa Sawit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Williams, F. 1987. *Blood Compositibility*. Florida: CRC Press Inc Boca Raton.
- Wolf, P. 1983. *Elements of Photogrammetry, 2nd edition*. USA: McGraw Company.
- Yahya, Z., et al. 2010. Oil Palm (*Elaeis guineensis*) Roots Response to Mechanization in Bernam Series Soil. *American Journal of Applied Science* 7 (3), 343-348.
- Yale, University. 2013. *An Introduction to Remote Sensing and GIS*. Connecticut: Yale University, Remote Sensing and GIS Research Department.