

## ALGORITMA ESTIMASI KANDUNGAN KLOROFIL TANAMAN PADI DENGAN DATA AIRBORNE HYPERSPECTRAL

Abdi Sukmono<sup>1</sup>, Hepi Hapsari Handayani<sup>1</sup>, Agus Wibowo<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

<sup>2</sup> Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Jakarta-10120

Email : abdisukmono@yahoo.com

### Abstrak

Klorofil merupakan pigmen yang paling penting dalam proses fotosintesis. Tanaman sehat yang mampu tumbuh maksimum umumnya memiliki jumlah klorofil yang lebih besar daripada tanaman yang tidak sehat. Dalam Estimasi kandungan klorofil tanaman padi dengan *airborne hyperspectral* dibutuhkan algoritma khusus untuk mendapatkan akurasi yang baik. Objek dari penelitian ini mengembangkan reflektan in situ menjadi model algoritma estimasi kandungan klorofil tanaman padi untuk *airborne hyperspectral*. Dalam penelitian ini beberapa indeks vegetasi seperti *normalized difference vegetation index (NDVI)*, *modified simple ratio (MSR)*, *modified/transformed chlorophyll absorption ratio index (MCARI, TCARI)* dan bentuk integrasi (*MCARI/OSAVI* and *TCARI/OSAVI*) digunakan untuk membentuk model estimasi dengan metode regresi linear. Selain itu juga digunakan *Blue/Green/Yellow/Red Edge Absorption Chlorophyll Index*. Dari proses regresi di dapatkan tiga *ground model* yang mempunyai korelasi kuat ( $R^2 \geq 0.5$ ) terhadap klorofil tanaman padi. Ketiga model tersebut yaitu *MSR (705,750)* dengan  $R^2$  sebesar 0.51, *TCARI/OSAVI (705, 750)* dengan  $R^2$  sebesar 0.52 dan *REACL 2* dengan  $R^2$  sebesar 0.57. Dari ketiga tersebut dipilih *ground model* terbaik *REACL 2* untuk di *upscaling* ke model algoritma *airborne hyperspectral*. Pembentukan algoritma dengan data *airborne hyperspectral* sensor *Hymap* dan *REACL 2* menghasilkan model algoritma (Klorofil (SPAD unit) =  $3.031((B22-B18)/(B18-B13)) + 31.596$ ) dengan  $R^2$  sebesar 0.78

Kata Kunci : Klorofil, Tanaman Padi, *Airborne Hyperspectral*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Zat hijau daun (klorofil) merupakan pigmen paling penting untuk fotosintesis (Evans, 1989) dalam (Wu, 2008). Jumlah klorofil per satuan luas daun pada jagung merupakan indikator penting dari keseluruhan kondisi tanaman. Hal ini juga dapat berlaku pada tumbuhan tingkat tinggi lainnya seperti padi, gandum dan tebu, Tanaman sehat yang mampu tumbuh maksimum umumnya memiliki jumlah klorofil yang lebih besar daripada tanaman yang tidak sehat. Jumlah klorofil ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat pertumbuhan dan kesuburan tanaman yang nantinya dapat dikaitkan untuk prediksi produksi dari tanaman tersebut.

Pendeteksian kandungan klorofil ini secara konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama dan tenaga yang memadai. Padahal kebutuhan data klorofil ini diperlukan cepat untuk analisa dari tingkat kesuburan dan hasil produksi tanaman tersebut. Untuk itu diperlukan suatu teknologi yang dapat digunakan untuk

mendeteksi kandungan klorofil daun secara cepat dan efisien.

Penginderaan jauh dapat memberikan solusi untuk pendeteksian kandungan klorofil daun ini secara cepat. Apalagi perkembangan teknologi penginderaan jauh sekarang telah berkembang cukup pesat. Penginderaan jauh umumnya sangat berkaitan erat dengan radiasi matahari yang dipantulkan. Para ilmuwan dan pengguna citra penginderaan jauh (fotografi atau citra satelit) menggunakan informasi panjang gelombang tersebut dalam menganalisis suatu objek yang kemudian disebut sebagai *spectral signatures*.

Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang saat ini sedang berkembang yaitu teknologi *airborne hyperspectral* yang merupakan pengembangan dari teknologi multispektral, yang memiliki ratusan kanal yang sempit sehingga mampu menyajikan spektral yang *continue* pada setiap objek yang diamati. Dengan memiliki ratusan bahkan ribuan kanal yang sempit, data hiperspektral mampu menyajikan informasi jauh lebih detil daripada data kanal lebar dalam

menghitung variabel-variabel biofisik dan kimia dari tanaman termasuk untuk analisa kandungan hijau daun (klorofil) tanaman sehingga data estimasinya lebih mendekati nilai sesungguhnya. Akan tetapi untuk penerapan teknologi *airborne hyperspectral* pada klorofil jenis tanaman yang spesifik masih memerlukan studi terkait *spectral signature*/model yang paling baik untuk menentukan estimasi klorofil yang terbaik.

**Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. “ Bagaimana memilih panjang gelombang optimal untuk perhitungan Klorofil dengan menggunakan data *ground spectrometer/FieldSpec*.”
2. “ Bagaimana mendapatkan model algoritma untuk perhitungan Klorofil pada tanaman padi untuk citra *hyperspectral* sensor Hymap”

**Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data citra yang digunakan adalah citra *Airborne Hyperspectral* dengan Sensor Hymap
2. Wilayah penelitian meliputi daerah sawah irigasi di Kabupaten Indramayu.
3. Informasi yang ditampilkan dalam peta distribusi Klorofil Tanaman padi berupa nilai kandungan klorofil area tanaman.

**Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

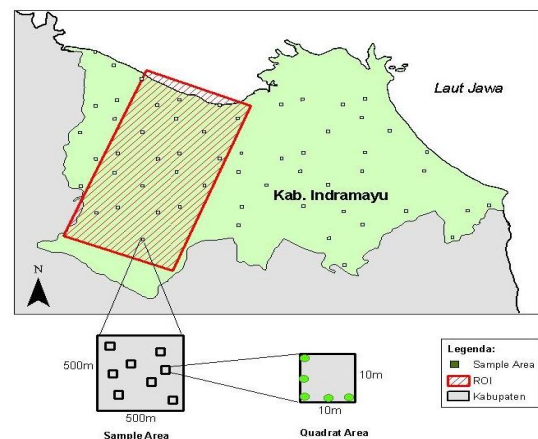
1. Mendapatkan panjang gelombang optimal untuk perhitungan Klorofil dengan menggunakan data *ground spectrometer/FieldSpec*.”
2. Mendapatkan model algoritma untuk perhitungan kandungan klorofil tanaman padi pada citra *hyperspectral* sensor hymap.

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan di sawah beririgasi daerah Indramayu (15 km x 30 km), Jawa Barat (Gambar 1.3) . Pengambilan data dilakukan pada tanggal 25 Juli -13 Agustus 2011. Area ini merupakan daerah lumbung beras dengan

beberapa varietas seperti Ciherang, ketan dan IR-42. Selama survei berlangsung, ada 3 fase pertumbuhan padi yang diukur yaitu, fase vegetatif, reproduktif dan pematangan (*ripening*). Data spektral yang diperoleh dikelompokkan sesuai dengan fase pertumbuhannya. Selanjutnya, secara simultan dilakukan pengukuran beberapa variabel klorofil (SPAD), spectral in situ dan fase tumbuh dengan menggunakan alat FieldSpec 3 untuk spektral in situ dan *chlorophyll* meter (SPAD-502 Minolta) untuk klorofil.



**Gambar 1. Lokasi ROI, sampling area (SA), quadrat area (QA) dan hill**

**Data Dan Peralatan**

**- Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Citra *airborne hyperspectral* sensor HyMap daerah penelitian yang diambil pada tanggal 13 juli 2011
2. Peta vektor RBI skala 1 : 25.000
3. Data lapangan yang diambil secara in-situ (Klorofil SPAD, Spektral tanaman, fase tumbuh) di beberapa titik lokasi penelitian pada 25 Juli – 13 Agustus 2011
4. Data posisi sampel area yang diukur dengan menggunakan GPS *geodetic*

**- Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

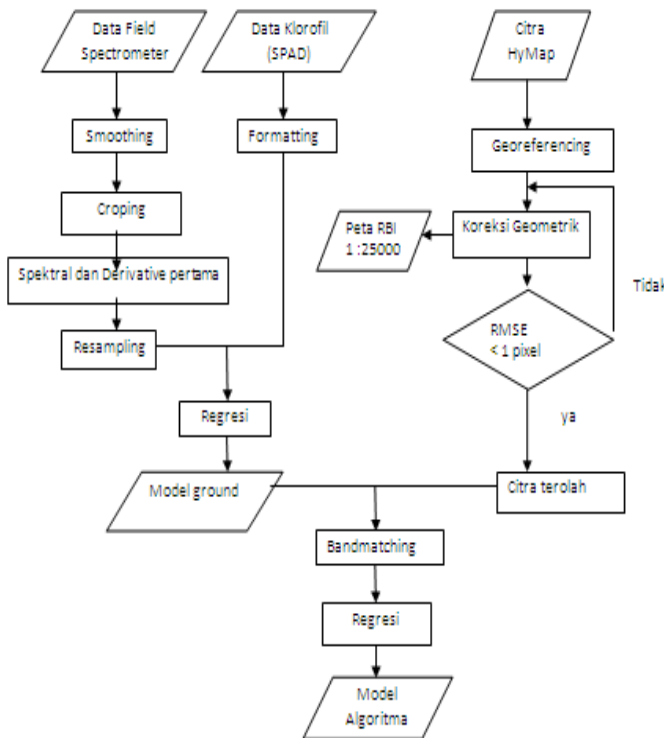
1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - a. Seperangkat komputer
2. Perangkat Lunak (*Software*)

- a. ENVI 4.6.1 untuk pengolahan data citra Airborne
- b. Matlab 7.0 untuk proses perhitungan Regresi
- c. ArcGIS 9.3 untuk pembuatan Peta persebaran konsentrasi klorofil.

$$\text{Log}(clr) = 0,283 - 2,753R + 1,457 R^2 + 0,659 R^3 - 1,403 R^4$$

$$\text{Clor} = 10^{(0,283 - 2,753R + 1,457 R^2 + 0,659 R^3 - 1,403 R^4)} \dots\dots\dots(1)$$

**Diagram Alir Pengolahan Data**



**Gambar 2. Diagram Tahap Pengolahan Data**

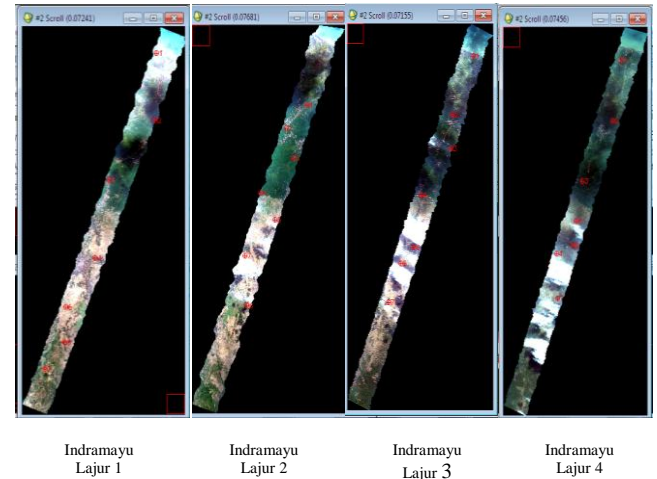
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengolahan Citra**

Dalam pemotretan *airborne hyperspectral* di dapat 4 lajur citra. Setiap lajur citra harus diproses tersendiri dalam proses georeferencing dan koreksi geometrik. Hal ini dilakukan karena setiap lajur mempunyai kesalahan-kesalahan yang berbeda-beda.

**Algoritma MODIS untuk Klorofil**

Penerapan Algoritma O’Rilley (1998)  
 Algoritma yang digunakan dalam pengolahan nilai konsentrasi klorofil adalah pemikiran Riley. Algoritma ini membandingkan nilai reflektansi pada kanal 9 (438-448 nm) dan kanal 12 (546-556 nm) pada sensor MODIS, dengan persamaan sebagai berikut:

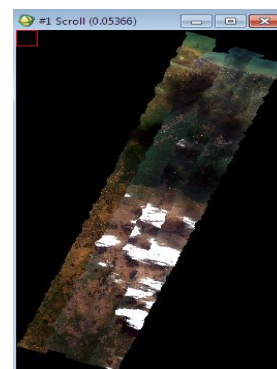


**Gambar 3. Lajur Citra HyMap Indramayu Terkoreksi**

**Tabel 1 Koreksi geometrik dari setiap lajur**

No Lajur	Jumlah GCP	RMSE
1	7	0.686501
2	7	0.753667
3	7	0.513481
4	7	0.706614

Dari keempat lajur pemotretan data yang menggunakan 7 GCP pada setiap lajurnya di dapat RMSE pada setiap lajur kurang dari 1 piksel, dengan demikian nilai ini masuk toleransi atau transformasi koordinat pada setiap lajur citra 7 titik ini dapat diterima dalam koreksi geometrik dan mendekati kebenaran. Selanjutnya keempat lajur dilakukan mosaiking untuk digabungkan menjadi satu citra.



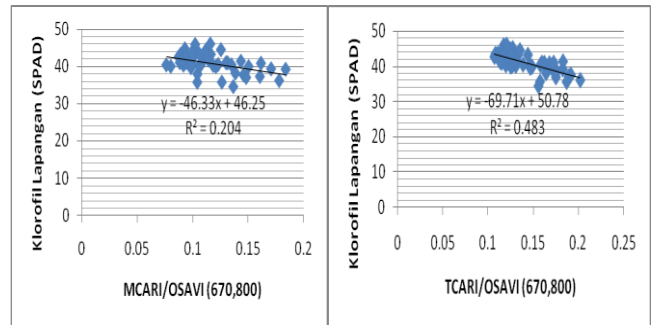
**Gambar 4. Citra mosaiking pada band true color**

**Model Estimasi Klorofil**

Penelitian ini mencoba menggunakan Indeks Vegetasi yang sudah digunakan untuk model estimasi klorofil meliputi NDVI, MSR, MCARI dan TCARI serta juga menggunakan kombinasi TCARI dan MCARI dengan OSAVI seperti yang telah dilakukan oleh Daughtry, 2000 dan Wu, 2008. Selain menggunakan indeks vegetasi, dalam penelitian ini *Blue/Green/Yellow/Red Edge Absorption Chlorophyll*. Data yang didapat dibentuk persamaan hubungan *ground model* dengan menggunakan regresi linear. Dari nilai model yang ada dipilih nilai yang terbaik dilihat dari nilai R<sup>2</sup> terbedar dan Nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) terkecil.

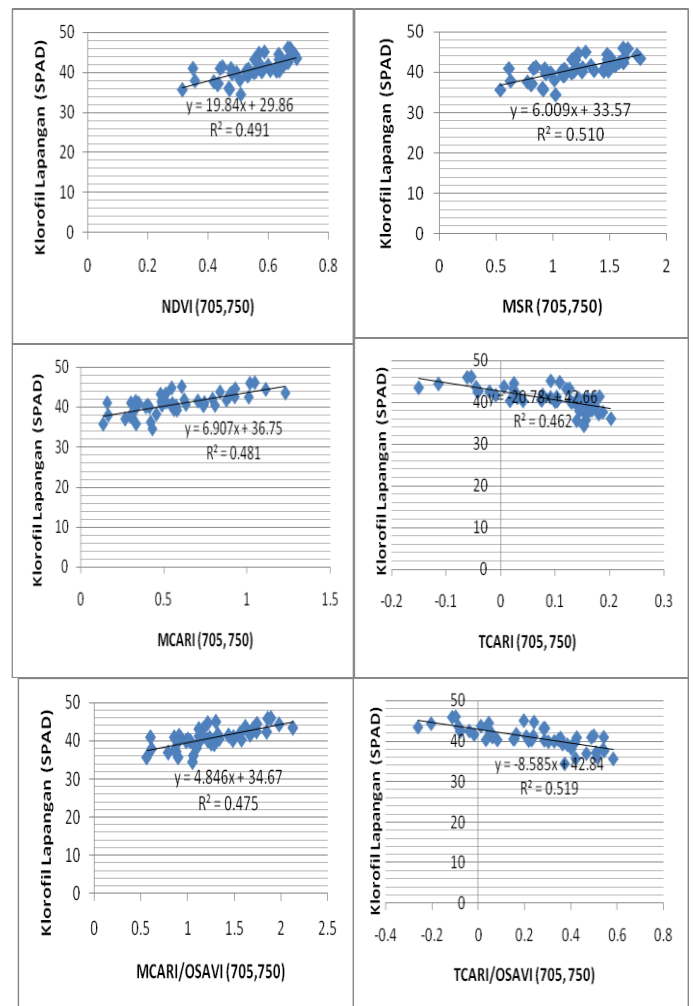
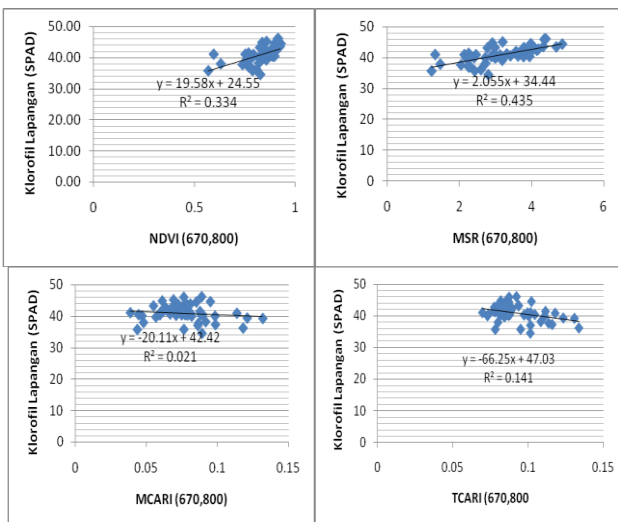
**Model Estimasi Klorofil Dengan Indeks Vegetasi**  
 Dalam menghitung *ground model* estimasi klorofil dilakukan dengan ekstrasi data reflektan pada insitu. Dengan menggunakan data in situ fielspectrometer dicari nilai indeks vegetasi. Adapun rumusan indeks vegetasi yang digunakan secara rinci dapat dilihat pada tabel 2.

Dari nilai indeks vegetasi yang diperoleh kemudian dilakukan proses regresi linier dengan data klorofil lapangan untuk mendapatkan persamaan *ground model*. Adapun hasil regresi dari indeks vegetasi dan Klorofil sebagai berikut :



**Gambar 5. Kurva hasil regresi antara Indeks vegetasi (670 nm, 800 nm) dan Klorofil lapangan**

Selain pada panjang gelombang 670 nm dan 800 nm sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya juga digunakan indeks vegetasi tersebut pada panjang gelombang 705 nm dan 750 nm.



**Gambar 6. Kurva hasil regresi antara Indeks vegetasi (670 nm, 800 nm) dan Klorofil lapangan**

Dari hasil korelasi antara indeks vegetasi dan klorofil tanaman padi, Nilai indeks-indeks vegetasi (NDVI, MSR, MCARI, TCARI, MCARI/OSAVI dan TCARI/OSAVI) pada panjang gelombang 705 nm dan 750 nm mempunyai nilai yang lebih baik daripada yang menggunakan panjang gelombang 670 nm dan 800 nm. Hal ini dapat disebabkan nilai panjang gelombang pada 705 nm dan 750 nm lebih sensitif terhadap obyek klorofil tanaman padi. Jika kita melihat nilai absorbansi maksimum dan reflektan maksimum pada data reflektan spectrometer terletak pada 670 nm dan 800 nm, namun jika kita melihat pada data reflektan derivative pertamanya absorbansi maksimum terletak mendekati 750 dan reflektan maksimum mendekati 705 nm. Berdasar pada penelitian Darmawan (2012) Data reflektan derivatif dapat memberikan nilai reflektan yang lebih representatif pada obyeknya daripada reflektan aslinya, karena reflektan derivatif dapat menghilangkan pengaruh dari faktor-faktor obyek sekitarnya.

Dari hasil regresi antara indeks vegetasi dan klorofil lapangan (SPAD) dipilih model terbaik yang mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ )  $\geq 0.5$ . Model terbaik yang terpilih yaitu dengan menggunakan indeks vegetasi MSR(705, 750) dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,51 dan koefisien korelasi sebesar 0,71. Kemudian juga dengan menggunakan TCARI/OSAVI (705, 750) dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,519 dan koefisien korelasi sebesar -0,72.

Nilai kombinasi TCARI/OSAVI (705, 750) mempunyai korelasi yang tertinggi dengan data klorofil tanaman padi daripada indeks vegetasi lainnya. Dapat kita lihat pada kurva korelasi, nilai TCARI (705, 750) tanpa kombinasi saja mempunyai nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,462 yang dapat dikatakan cukup efektif dalam mendekati klorofil tanaman padi. Kemudian nilai TCARI ini dipadukan dengan kombinasi OSAVI yang berfungsi mereduksi pengaruh faktor reflektan tanah, sehingga hasil korelasi dengan klorofil dapat lebih optimal.

Dari penelitian sebelumnya oleh Wu (2008) model MSR diketahui masih terpengaruh oleh faktor lingkungan seperti tanah dan awan, namun dalam

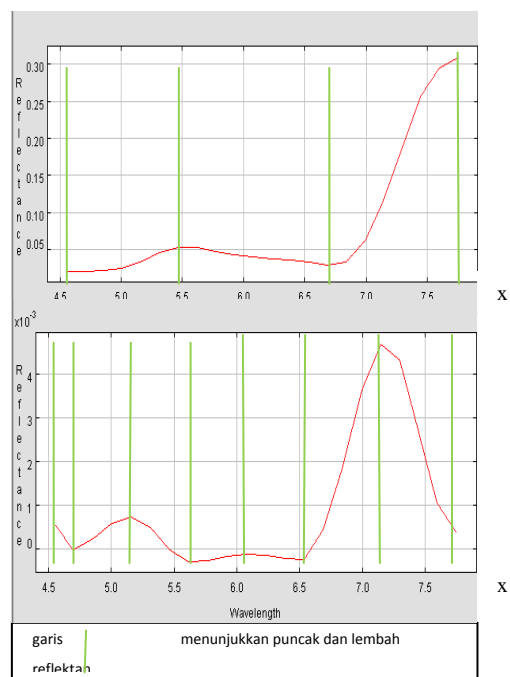
penelitian ini nilai MSR (705, 750) mempunyai korelasi data yang baik dengan klorofil tanaman padi. Hal ini dapat disebabkan nilai MSR ini menggunakan panjang gelombang 705 nm dan 750 nm sehingga mempunyai nilai diferensiasi yang lebih tampak.

**Model Estimasi Klorofil Dengan Edge Reflektan Chlorophyll**

Prinsip dari Edge Reflectant Chlorophyll adalah mencari *Blue/yellow/green/red Edge Reflectant Chlorophyll Index* (BERCI /YERCI/GERCI/RERCI) dengan menentukan tepi kanal , puncak(*peak*) dan lembah(*depth*) untuk setiap spektrum *Blue/yellow/Green/red* yang kemudian di cari dengan rumusan.

Sebelum melakukan pemilihan panjang gelombang terpilih perlu dilakukan *resampling reflektant* dari *field spectrometer* ke *band hmap*. Hal ini dilakukan agar pemilihan panjang gelombang sesuai dengan posisi band pada sensor Hymap.

Panjang gelombang dipilih dengan memilih posisi dari puncak (*peak*) dan lembah (*depth*) dari masing-masing spektrum elektromagnetik baik dari reflektan dan reflektan derivatifnya



**Gambar 7. Puncak gelombang pada (a) spektrum gelombang Indramayu in situ rata-rata , (b) derivative pertama spektrum gelombang Indramayu in situ rata-rata**

Dari gambar 7. menghasilkan panjang gelombang terpilih yang telah di resampling ke band sensor hy map, adapun panjang gelombang terpilih dapat dirangkum dalam tabel 3.

**Tabel 3. Posisi panjang gelombang terpilih dari gambar 7**

Spectral Region			
Blue edge	Green Edge	Yellow Edge	Red Edge
455.5	515.6	607.6	638.3
486.6	546.6		668.5
	576.8		714.5
			774.8

Dari posisi panjang gelombang terpilih pada tabel 3 dapat dihasilkan persamaan sebagai berikut :

$$BEACI = \frac{R_{515.6} - R_{485.6}}{R_{485.6} - R_{455.5}} \quad (1)$$

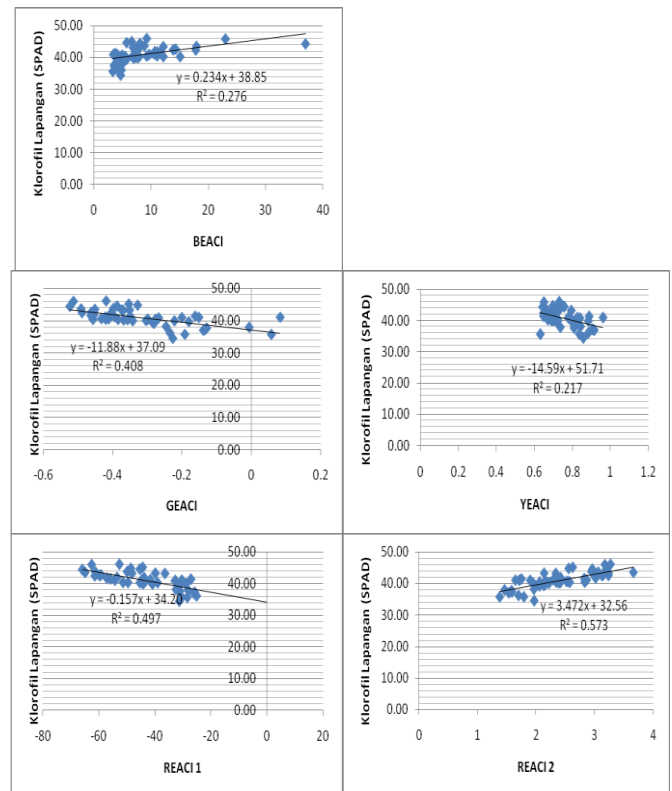
$$GEACI = \frac{R_{576.8} - R_{546.6}}{R_{546.6} - R_{515.6}} \quad (2)$$

$$YEACI = \frac{R_{638.3} - R_{607.6}}{R_{607.6} - R_{576.8}} \quad (3)$$

$$REACI 1 = \frac{R_{774.8} - R_{668.5}}{R_{668.5} - R_{638.3}} \quad (4)$$

$$REACI 2 = \frac{R_{774.8} - R_{714.5}}{R_{714.5} - R_{638.3}} \quad (5)$$

Hasil regresi antara *Blue/Green/Yellow/Red Edge Reflectant Chlorophyll Index* (BEACI /GEACI/YEACI/REACI) dan klorofil lapangan dapat ditunjukkan dalam gambar 8.



**Gambar 8. Kurva hasil regresi antara Blue/Green/Yellow/Red Edge Absorption Chlorophyll Index dan Klorofil lapangan**

**Tabel 4. Hasil Regresi Edge Absorption Chlorophyll dan**

Parameter (x)	Hasil Regresi	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )	Koefisien Korelasi ( R )	RMSE (SPAD unit)
BEACI	Y= 0.234X + 38.85	0.276	0.525	2.21
GEACI	Y= -11.88X + 37.09	0.408	0.639	2.00
YEACI	Y= -14.59X + 51.71	0.217	0.467	2.30
REACI 1	Y = -0.157X + 34.20	0.497	0.705	1.72
REACI 2	Y= 3.472X + 32.56	0.573	0.757	1.70

Hasil pembentukan model dengan regresi linear menunjukkan model dengan parameter REACI 2 mempunyai nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) tertinggi yaitu sebesar 0.573. Kemudian disusul dengan sesama parameter red edge yaitu REACI 1 yang mempunyai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) sebesar 0.497 . Kedua parameter *red edge* dapat mempunyai nilai koefisien determinasi yang baik karena Klorofil sangat peka terhadap spektrum gelombang merah dan biru. Spektrum gelombang



merah dan biru dibutuhkan daun dalam proses fotosintesis sehingga dalam daun spektrum gelombang biru dan merah akan banyak diserap. Dari pola ini dapat digunakan untuk estimasi klorofil, akan tetapi untuk spektrum gelombang biru kurang bagus untuk digunakan sebagai estimasi kandungan klorofil karena akan overlaps dengan penyerapan yang juga dilakukan karotenoid. Terlihat dari hasil regresi, BEACL hanya mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.276.

Pada spektrum gelombang hijau untuk klorofil akan cenderung dipantulkan. Karena dalam proses fotosintesis tidak memerlukan energy pada panjang gelombang hijau. Hubungan ini sebetulnya cukup dapat digunakan untuk parameter estimasi klorofil. Akan tetapi korelasi reflektan dengan kandungan klorofil pada daun tidak sebaik pada spektrum gelombang merah dimana koefisien determinasi( $R^2$ ) GEACI dari hasil regresi hanya sebesar 0.408. Kemudian untuk YEACI mempunyai koefisien determinasi yang tidak begitu baik ( $R^2 \leq 0.25$ ) terhadap kandungan klorofil yaitu sebesar 0.217 sehingga dapat dikatakan mempunyai korelasi yang lemah dengan kandungan klorofil daun tanaman padi Pembentukan Algoritma *Airborne Hymap* dari *Ground Model*.

Dari hasil regresi pembentukan model *ground* di dapatkan 3 *ground* model yang mempunyai  $R^2 \geq 0.5$  atau dapat dikatakan mempunyai korelasi kuat dengan kandungan klorofil, ketiga *ground model* tersebut yaitu :

Parameter	Model	( $R^2$ )
MSR (705,750)	$Y = 6.009 \left[ \frac{(R_{750} - R_{705}) - 1}{\sqrt{(R_{750}/R_{705}) + 1}} \right] + 33.57$	0.51
TCARI/OSAVI (705,750)	$Y = -8.585 \left[ \frac{3 \left[ (R_{750} - R_{705}) - 0.2 \times (R_{750} - R_{550}) \right] (R_{750}/R_{705})}{(1 + 0.16)(R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705} + 0.16)} \right] + 42.84$	0.52
REACI	$Y = 3.472 \left( \frac{R_{774.8} - R_{714.5}}{R_{714.5} - R_{638.3}} \right) + 32.56$	0.57

Gambar 9. Hasil pemilihan *ground model*

Dari ketiga *ground model* tersebut dipilih model terbaik yang mempunyai koefisien determinasi terbaik yaitu dengan parameter REACI yang mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.573. Sehingga persamaan terpilih adalah sebagai berikut

$$Klorofil(SPAD \text{ unit}) = 3.472 \left( \frac{R_{774.8} - R_{714.5}}{R_{714.5} - R_{638.3}} \right) + 32.56 \quad (6)$$

Dari persamaan ini dapat dirubah ke dalam Band atau saluran sensor Hy Map menjadi

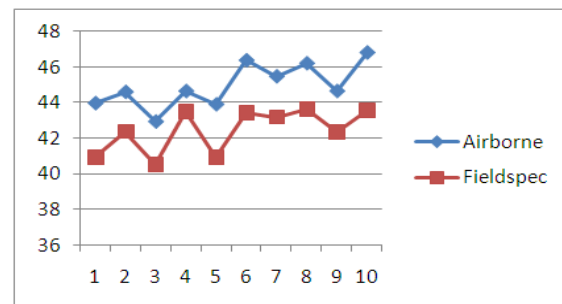
$$Klorofil(SPAD \text{ unit}) = 3.472 \left( \frac{B_{22} - B_{18}}{B_{18} - B_{13}} \right) + 32.56 \quad (7)$$

Keterangan Bx : Band ke x pada sensor Hymap

Hasil dari bandmatching *ground model* tersebut dapat dibandingkan dengan hasil *running ground model* terhadap data field spectrometer dalam 10 titik quadrat area.

Quadrat Area	Bujur	Lintang	Airborne Hymap	Field Spectrometer
IN10Q01	108°0'36"	-6°23'20"	43.98748	40.95758
IN10Q02	108°0'35"	-6°23'24"	44.61900	42.39781
IN10Q03	108°0'34"	-6°23'20"	42.95477	40.53686
IN10Q04	108°0'33"	-6°23'24"	44.66697	43.49344
IN10Q05	108°0'34"	-6°23'21"	43.92428	40.97233
IN10Q06	108°0'34"	-6°23'26"	46.39333	43.43160
IN10Q07	108°0'34"	-6°23'22"	45.49217	43.19690
IN10Q08	108°0'36"	-6°23'26"	46.22628	43.66016
IN10Q09	108°0'33"	-6°23'22"	44.66944	42.36685
IN10Q10	108°0'35"	-6°23'26"	46.83086	43.59093

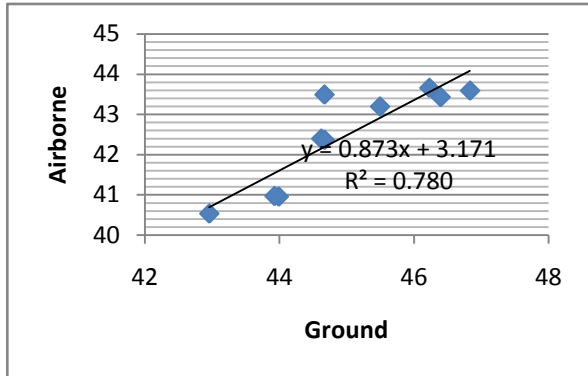
Gambar 10. Perbandingan hasil *running model*



Gambar 11. Perbandingan hasil *running model*

Dari Gambar 11. terlihat hasil *running model* antara data *airborne hyperspectral* dan data *fieldspectrometer* mempunyai pola yang sama tetapi nilainya berselisih intercept. Dari pola yang sama ini berarti data mempunyai hubungan atau dapat dikatakan model dapat diterapkan. Selisih hasil *running model* dari *airborne hyperspectral* terhadap *running fieldspectrometer* ini dapat disebabkan karena pada ketinggian terbang sekitar 3000 m ini mempunyai gangguan ion dan partikel2 yang dapat menyebabkan nilai reflektan yang tertangkap sensor tidak sempurna. Sebagai prinsip, data reflektan pada *ground* merupakan data yang lebih benar sehingga hasil dari *airborne*

dan ground diregresikan untuk mendapatkan model yang lebih representatif terhadap *ground reflectant* pada *airborne hyperspectral* ini.



Gambar 12. Regresi antara hasil ground dan airborne

Dari hasil regresi pada gambar 4.4 dihasilkan  $y = 0.873x + 3.171$  sehingga algoritma yang di dapat menjadi

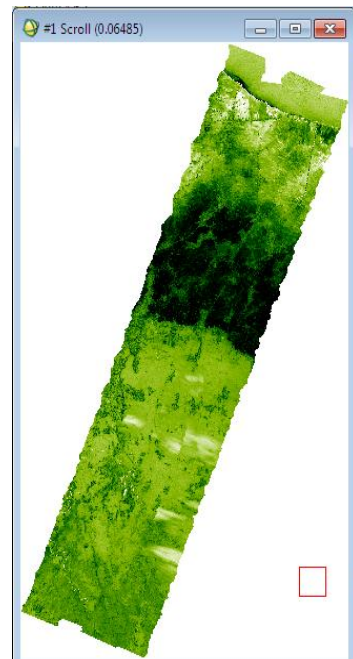
$$Klorofil(SPAD \text{ unit}) = 0.873 \left[ 3.472 \left( \frac{B_{22} - B_{18}}{B_{18} - B_{13}} \right) + 32.56 \right] + 3.171 \quad (8)$$

Atau juga dapat dituliskan sebagai :

$$Klorofil(SPAD \text{ unit}) = 3.031 \left( \frac{B_{22} - B_{18}}{B_{18} - B_{13}} \right) + 31.596 \quad (9)$$

### Validasi Algoritma

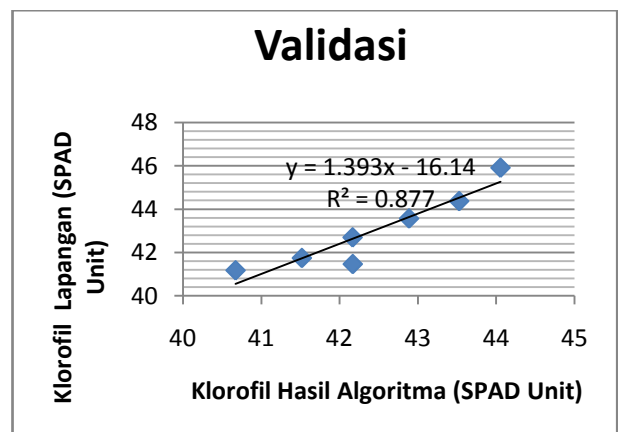
Sepuluh kuadrat area dipilih untuk validasi dari algoritma yang terbentuk. Sebetulnya titik yang disiapkan lebih dari sepuluh titik, akan tetapi pada saat pemotretan dengan *airborne hyperspectral* pada tanggal 13 juli 2011 pada daerah penelitian cuaca dalam keadaan berawan sehingga hanya 4 lajur yang dapat diambil dan hanya sepuluh titik kuadrat area yang berada pada empat lajur tersebut.



Gambar 13. Hasil *bandmatch* algoritma

Sample	Bujur	Lintang	Hasil Prediksi (SPAD Unit)	Klorofil lapangan (SPAD Unit)	Simpangan (SPAD Unit)
IN10Q03	108°0'34"	-6°23'20"	40.67	41.18	-0.51
IN10Q04	108°0'33"	-6°23'24"	42.165	42.7	-0.535
IN10Q05	108°0'34"	-6°23'21"	41.517	41.75	-0.233
IN10Q07	108°0'34"	-6°23'22"	42.886	43.57	-0.684
IN10Q08	108°0'36"	-6°23'26"	43.526	44.37	-0.844
IN10Q09	108°0'33"	-6°23'22"	42.167	41.47	0.697
IN10Q10	108°0'35"	-6°23'26"	44.054	45.91	-1.856
RMSE					0.903

Gambar 14. Hasil validasi algoritma



Gambar 15. Hasil regresi validasi



Nilai RMSE klorofil dari hasil prediksi dengan algoritma terhadap data pengukuran lapangan sebesar 0.903 Spad Unit. Kemudian nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.877 atau koefisien korelasinya (R) sebesar 0.936. Sehingga dapat dikatakan antara nilai hasil prediksi dan hasil pengukuran lapangan berkorelasi sebesar 93.6 % dan Nilai Algoritma dapat menjelaskan nilai klorofil sebesar 87.7 %. Nilai ini masih dapat tertoleransi karena untuk SPAD Minolta yang digunakan dalam pengukuran klorofil lapangan mempunyai ketelitian atau akurasi  $\pm 1$  SPAD unit. Jadi jika RMSE hasil prediksi sebesar 0.903 dan  $R^2$  sebesar 0.877 masih dapat diterima. Hal ini dapat dimaklumi karena pengukuran dengan penginderaan jauh sudah tentu tidak akan seteliti dengan pengukuran langsung dilapangan. Selain itu dalam penelitian ini terjadi perbedaan waktu pengukuran antara pengukuran lapangan dan pemotretan dengan *airborne hyperspectral* yang tidak sesuai rencana karena ada kendala teknis. Dimana pengukuran lapangan dilaksanakan pada tanggal 25-06 juli sedangkan pemotretan *airborne* yang dilaksanakan pada 13 juli 2011 . Perbedaan waktu pengukuran yang mencapai satu minggu dapat memberikan data yang nilai klorofil yang berbeda pada tanaman padi, sehingga hal ini sangat berpengaruh terhadap nilai validasinya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam pemilihan band optimal untuk estimasi klorofil tanaman padi, diperoleh tiga *ground model* yang mempunyai korelasi data kuat ( $R^2 \geq 0.5$ ). ketiga *ground model* tersebut menggunakan parameter MSR (705 nm, 750 nm) dengan  $R^2= 0.51$  , TCARI/OSAVI (705 nm, 750 nm) dengan  $R^2 = 0.52$  dan *Red Edge Absorption Chlorophyll Index* (774.8 nm, 714.5 nm dan 638. 3 nm) dengan  $R^2= 0.57$ .
2. Persamaan algoritma paling optimal yang didapat dalam peneltian ini untuk wilayah indramayu dengan korelasi 0,788 dengan *ground model* adalah sebagai berikut :

$$Klorofil(SPAD\ unit) = 3.031 \left( \frac{B_{22} - B_{18}}{B_{18} - B_{13}} \right) + 31.596$$

### Saran

1. Dalam melakukan kegiatan penelitian klorofil tanaman padi sebaiknya waktu pengambilan data spektrometer dan data *airborne hyperspectral* dilakukan dengan selang waktu minimal kurang dari satu minggu. Hal ini dikarenakan pertumbuhan tanaman padi yang juga cukup cepat.
2. Dalam pengambilan/pengukuran data lapangan klorofil sebaiknya menggunakan pengolahan data laboratorium karena jika menggunakan SPAD Minolta mempunyai faktor *arbitrary*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfassi, Z.B., Boger, Z., dan Ronen,R . 2005. *Statistical Treatment of Analytical Data*. Victoria : A Blackwell Publishing Company
- Borengasser, M., Hungate, W.S., dan Watkins. R., (2007), "Hyperspectral Remote Sensing: Principles and Applications". Florida USA: CRC Press Taylor and Francis Group.
- Cocks, T., Jensen, A., Stewart, A., Wilson, I dan Shields, T., 1998. 1st EARSEL Workshop on Imaging Spectroscopy, Zurich, October 1998
- Chen, J. M., 1995. Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 22:229-242.
- Danoedoro, Projo. 1996. *Pengolahan Citra Digital (Teori dan Aplikasi Dalam Penginderaan Jauh)*. Fakultas Geografi UGM: Yogyakarta
- Darmawan, Arief. 2012. *Pembangunan Model Hyperspectral Untuk Estimasi Produktivitas Vegetasi Padi Berdasarkan Metode Derivatif Regresi Linear*. Disertasi ITS : Surabaya
- Daughtry, C.S.T., Walthall, C.L., Kim, M.S., Brown de Colstoun, E., McMurtrey III, J.E., 2000. Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance. *Remote Sensing. Environment*. 74, 229–239.
- Furqon. 1999. *Statistika Terapan Untuk Penelitian*. Bandung : Penerbit CV Alfabeta
- Gitelson, A.A., Merzlyak, M.N., 1996. Signature analysis of leaf reflectance spectra: algorithm development for remote sensing. *Journal Plant Physiol*. 148, 493–500.
- Hanum. Chairul. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman Jilid 2* . Jakarta : Depdiknas

- Lillesand T. M. & Kiefer R. W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, 4th ed. New York : Wiley & Sons.
- Kruse, F. A, et all. 2000. HyMap: An Australian Hyperspectral Sensor Solving Global Problems – Results from USA HyMap Data Acquisitions: in Proceedings of the 10th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conference, Adelaide, Australia, 21-25 August 200
- Liu, Meiling, et all. 2010. Neural-network model for estimating leaf chlorophyll concentration in rice under stress from heavy metals using four spectral indices. *Jurnal Biosystem Engineering* 106 (2010) 223-233)
- Mather, Paul M. 2004. Computer Processing of Remotely-Sensed( Third Edition). John Wiley & Sons Ltd : Chichester
- Oktavia, Swastika. 2008. Pengukuran Kandungan Klorofil Dengan Teknik Spektrometri . Unsoed : Purwokerto
- Purwadhi, F. dan Sri Hardiyati. 2001. Interpretasi Citra Digital . PT. Gramedia Widiasarana Indonesia: Jakarta.
- Rondeaux, Genieve,. Steven, Michael,. Baret, Frederic. 1996. Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices. *Journal Remote Sensing Environment* 55 : 95-107.
- Rouse, Jhon W. 1973. Monitoring the vernal advancement and Retrogradation (green wave effect of Natural Vegetation). Texas : Texas A&M University Remote Sensing Center
- Sun,Y,. Liu, X,. dan Liao, C,. 2008. Identifying Hyperspectral Characters Of Wetland Species Using In-Situ Data. *Proceeding ISPRS volume XXXVII* 460-467.
- Wang, FuMi, et all..2008. “Optimal wavekanal identification for estimation of leaf area index of paddy rice” *Journal of Zhejiang University Science B*, 9(12) 953-963.
- Wibowo, Agus. 2010. Pengembangan Metode Estimasi Kandungan Air Kanopi Daun (Canopy Water Content) Tanaman Padi Dengan Data Hyperspectral. Disertasi ITS : Surabaya.
- Wu, Chaoyang,. Niu, Zheng,. Tang, Quan,. dan Huang, Wenjiang,. 2008. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. *Jurnal agricultural and forest Meteorology* 148 (2008) 1230-1241
- Zhang, Jincheng. 2009. Absorption spectrum estimating rice chlorophyll concentration: Preliminary investigations. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* Vol. 1(5). pp. 223-229, July, 2009

**Tabel 2. Indeks vegetasi yang digunakan dalam penelitian**

Indeks	Formula	Referensi
NDVI [670,800]	$NDVI = \frac{R_{800} - R_{670}}{R_{800} + R_{670}}$	Rouse et al., 1974
NDVI [705,750]	$NDVI = \frac{R_{750} - R_{705}}{R_{750} + R_{705}}$	Gitelson and Merzlyak, 1994
MSR [670,800]	$MSR = \frac{(R_{800} - R_{670}) - 1}{\sqrt{(R_{800}/R_{670}) + 1}}$	Chen, 1996
MCARI [670,700]	$MCARI = [(R_{700} - R_{670}) - 0.2 \times (R_{700} - R_{550})] \left( \frac{R_{700}}{R_{670}} \right)$	Daughtry et al., 2000
TCARI/OSAVI [670,800]	$\frac{TCARI}{OSAVI} = \frac{3[(R_{700} - R_{670}) - 0.2 \times (R_{700} - R_{550})] (R_{700}/R_{670})}{(1+0.16)(R_{600} - R_{670})/(R_{700}+R_{670}+0.16)}$	Daughtry et al., 2000; Rondeaux et al., 1996
MCARI/OSAVI VI [670,800]	$\frac{MCARI}{OSAVI} = \frac{[(R_{700} - R_{670}) - 0.2 \times (R_{700} - R_{550})] (R_{700}/R_{670})}{(1+0.16)(R_{800} - R_{670})/(R_{800}+R_{670}+0.16)}$	Daughtry et al., 2000; Rondeaux et al., 1996
MSR [705,750]	$MSR = \frac{(R_{750} - R_{705}) - 1}{\sqrt{(R_{750}/R_{705}) + 1}}$	Wu et al., 2008
MCARI [705,750]	$MCARI = [(R_{750} - R_{705}) - 0.2 \times (R_{750} - R_{550})] \left( \frac{R_{750}}{R_{705}} \right)$	Wu et al., 2008
TCARI/OSAVI [705,750]	$\frac{TCARI}{OSAVI} = \frac{3[(R_{750} - R_{705}) - 0.2 \times (R_{750} - R_{550})] (R_{750}/R_{705})}{(1+0.16)(R_{750} - R_{705})/(R_{750}+R_{705}+0.16)}$	Wu et al., 2008
MCARI/OSAVI VI [705,750]	$\frac{MCARI}{OSAVI} = \frac{[(R_{750} - R_{705}) - 0.2 \times (R_{750} - R_{550})] (R_{750}/R_{705})}{(1+0.16)(R_{750} - R_{705})/(R_{750}+R_{705}+0.16)}$	Wu et al., 2008