

## MODEL ESTIMASI KERAPATAN DAUN TANAMAN PADI DENGAN CITRA *HYPERSPETRAL* BERBASIS SPECTRAL IN SITU UNTUK PEMANTAUAN FASE TUMBUH PADI

Abdi Sukmono<sup>1</sup>, Arief Darmawan<sup>2</sup>, Bangun Muljo Sukojo<sup>1</sup>, Hepi Hapsari Handayani<sup>1</sup>, Dyah Widayasi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

<sup>2</sup>Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta

<sup>3</sup>Prodi Geoinformatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

Email : [abdisukmono@gmail.com](mailto:abdisukmono@gmail.com) ; [arief.darmawan@bppt.go.id](mailto:arief.darmawan@bppt.go.id)

### ABSTRAK

Kerapatan daun tanaman padi sangat erat kaitannya dengan fase pertumbuhan tanaman padi. Semakin rapat tanaman padi akan menunjukkan peningkatan fase pertumbuhan (*vegetatif, reproduktif dan ripening*). Pemantauan fase pertumbuhan ini sangat penting untuk mengetahui luas lahan siap panen pada N bulan ke depan. Teknologi penginderaan jauh dengan sensor *hyperspectral* dapat membantu untuk melakukan pemetaan distribusi kerapatan daun tanaman padi dalam wilayah yang luas secara efektif dan efisien. Dalam estimasi indeks kerapatan daun tanaman padi dengan citra *hyperspectral* diperlukan algoritma khusus untuk mendapatkan akurasi yang baik. Dalam penelitian ini digunakan beberapa indeks vegetasi seperti *Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)*, *Multiple Simple Ratio (MSR)*, *Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI)* dan bentuk modifikasi dari *Triangle Vegetation Index (MTVI 1 dan MTVI 2)* untuk estimasi kerapatan daun tanaman padi. Pemodelan dilakukan menggunakan metode regresi dari data pengukuran *spectral in situ* dan kerapatan *in situ*. Selain itu dalam penelitian ini juga digunakan metode model estimasi dengan *Partial Least Square Regression*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *RDVI*, *MTVI 1* dan *PLSR 44 Band* pada PC no 07 cukup efektif untuk estimasi kerapatan daun tanaman padi. Model hubungan korelasi *RDVI* dengan kerapatan daun mempunyai Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.903 dan *RMSE* 0.62 LAI unit. Untuk *MTVI 1* mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.886 dan *RMSE* 0.68 SPAD unit. Kemudian untuk *PLSR 44 band* mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0.938 dan *RMSE* sebesar 0.29 LAI unit. Hasil Validasi model dengan citra *Airborne HyMap* menghasilkan  $R^2$  sebesar 0.905 untuk *RDVI*, 0.89 untuk *MTVI 1* dan 0.97 untuk *PLSR 44 band*.

### PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman yang strategis bagi ketahanan pangan Indonesia. Berdasarkan data BPS tahun 2006 dalam Kardhinata (2009), 95% dari 236 juta jiwa penduduk Indonesia mengkonsumsi beras sebagai makanan pokoknya. Pertumbuhan penduduk Indonesia yang cukup tinggi mengakibatkan tingkat konsumsi beras Indonesia mengalami kenaikan 3 % pertahun hingga mencapai 34 juta ton pada tahun 2012. Untuk memenuhi kebutuhan beras nasional ini diperlukan usaha peningkatan produksi dan manajemen pengelolaan beras secara baik. Semakin terdesaknya lahan pertanian oleh pembangunan hunian di perkotaan dan daerah menyebabkan usaha peningkatan produksi dengan cara diversifikasi lahan sawah menjadi semakin sulit. Oleh karena itu, intensifikasi pertanian menjadi cara yang efektif untuk meningkatkan produksi beras nasional. Dalam melaksanakan program intensifikasi pertanian, selain pengembangan teknik budidaya juga diperlukan manajemen pengelolaan tanaman. Salah satu hal yang terpenting adalah manajemen kesehatan tanaman yang erat kaitannya dengan efektifitas pemberian nutrisi pada tanaman dan manajemen produktivitas pangan. Untuk mendapatkan manajemen pengelolaan kesehatan dan produktivitas tanaman ini diperlukan data kesehatan tanaman dan fase pertumbuhan secara spasial yang terupdate dengan memanfaatkan parameter biofisik tumbuhan. Menurut Haboudane (2004) kerapatan daun (*Leaf Area Index*) sangat erat hubungannya dengan fase pertumbuhan tanaman padi. Semakin rapat tanaman padi akan menunjukkan peningkatan fase pertumbuhan (*vegetatif, reproduktif dan ripening*). Pemantauan fase pertumbuhan ini sangat penting untuk mengetahui luas lahan siap panen pada N bulan ke depan.

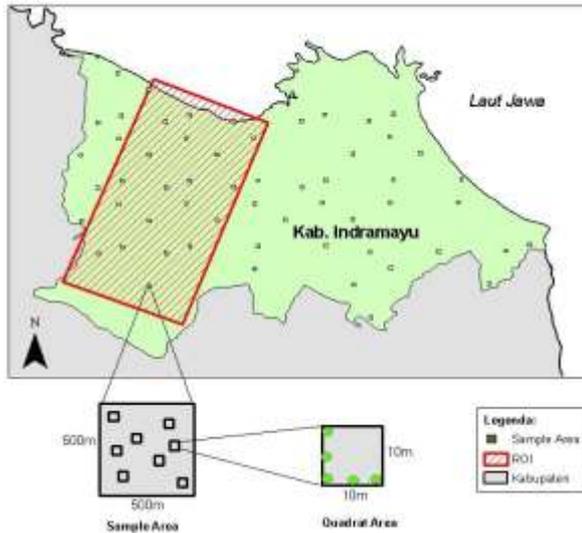
Pendeteksian kandungan kerapatan daun secara konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama dan tenaga yang memadai. Padahal kebutuhan data kerapatan daun ini diperlukan cepat untuk analisa dari tingkat fase tumbuh dan hasil produksi tanaman tersebut. Untuk itu diperlukan suatu teknologi yang dapat digunakan untuk mendeteksi kandungan klorofil daun secara cepat dan efisien. Penginderaan jauh dapat memberikan solusi untuk pendeteksian kerapatan 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 detail daripada data kanal lebar dalam menghitung variabel-variabel biofisik tanaman sehingga data estimasinya lebih mendekati nilai sesungguhnya. Akan tetapi untuk penerapan teknologi *airborne hyperspectral* pada kerapatan daun jenis tanaman yang spesifik masih memerlukan studi terkait *spectral signature*/model yang paling baik untuk menentukan estimasi yang terbaik. Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

### METODE PENELITIAN

#### Lokasi Penelitian

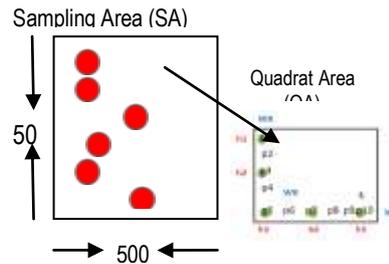
Lokasi penelitian dilakukan di sawah beririgasi daerah Indramayu (15 km x 30 km), Jawa Barat (Gambar 3). Pengambilan data dilakukan pada tanggal 25 Juli -13 Agustus 2011. Area ini merupakan daerah lumbung beras dengan beberapa varietas seperti Cihayang, ketan dan IR-42. Selama survei berlangsung, ada 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 yang meliputi kerapatan daun (LAI *in situ*), *spectral in situ* dan fase tumbuh.



Gambar 3. Lokasi ROI, *sampling area* (SA), *kuadrat area* (QA) dan *hil*

#### Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam pekerjaan penelitian ini terdiri dari data Kerapatan daun *in situ*, Data kondisi tanaman padi (*varietas*, foto, ketinggian), Data *Field Spectrometer*, dan data citra airborne hyperspectral. Dimana dalam penelitian ini menggunakan *sampling area* (SA) berukuran 500 m x 500 m sebanyak 10 buah, dimana pada setiap *sampling area* terdapat *kuadrat area* (QA) yang tersebar acak dengan ukuran 10 m x 10 m sebanyak 10 buah/*sampling area*. Pada setiap *sampling area* disetiap pinggir penyikunya terdapat *hill-hill* pengukuran seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Denah pengambilan data

Keterangan gambar:

- p1 s/d p10 adalah lokasi pengukuran spectrometer.
- h1 s/d h5 adalah lokasi *hill*
- WR adalah lokasi pengukuran white reference

Adapun teknik pengambilan data dijelaskan sebagai berikut :

#### Pengambilan Data kerapatan daun

Pengambilan data kerapatan daun dilakuakn mulai tanggal 3 juli 2011- 5 juli 2011 menggunakan alat Li-COR 2000. Teknik pengukuran kerapatan daun pada waktu survei lapangan dilakukan sebagai berikut:

- Dalam satu rumpun pengukuran dilakukan tiga kali dan dalam satu kuadrat ada 5 rumpun yang diukur.
- Hitung nilai kerapatan daun rata-rata untuk setiap kuadrat.

#### Pengambilan Data kondisi tanaman

Pengambilan data kondisi tanaman dilakukan mulai tanggal 30 juni – 5 juli 2011 yang meliputi penentuan growt stage, tinggi tanaman, foto *kuadrat area*.

#### Pengambilan Data field spectrometer

Pengambilan data *fieldspectrometer* dilakukan tanggal 27 juni 2011-30 juni 2011 menggunakan alat *fieldspectrometer*. Reflekan kanopi daun diukur pada titik pengukuran yaitu rumpun padi dengan *field spectrometer* pada jam 10.00 – 14.00 dari atas permukaan kanopi daun dengan ketinggian 1, 5 meter dengan sudut kemiringan 23,5 °. Setiap pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak minimal lima kali. Reflektan permukaan tanah atau air di sawah pada setiap QA juga diukur reflektannya.

#### Ekstraksi Data Reflektan dan data airborne Hymap dengan ENVI 4.6

Mengolah dan membaca data *hymap*

- Georeferencing
- Koreksi Geometrik (RMSE < 1 pixel)
- Koreksi Radiometrik

#### Peralatan

Perangkat Lunak (Software)

- ENVI 4.6.1 untuk pengolahan data citra Airborne
- Matlab 7.0 untuk proses perhitungan Regresi
- ArcGIS 9.3 untuk pembuatan Peta distribusi kerapatan

daun .

#### Bahan

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

**Display data hymap dengan berbagai kombinasi warna**

**Resample data field spectrometer ke hymap**

Hal ini harus dilakukan agar kedua data mempunyai pola yang sama, hal ini terkait data field spectrometer yang mempunyai 2500 band sedangkan Hymap mempunyai 126 band. untuk itu data Field spectrometer harus diresamplingkan ke data Hymap

**Ekstraksi data reflektan**

**Pengembangan Model**

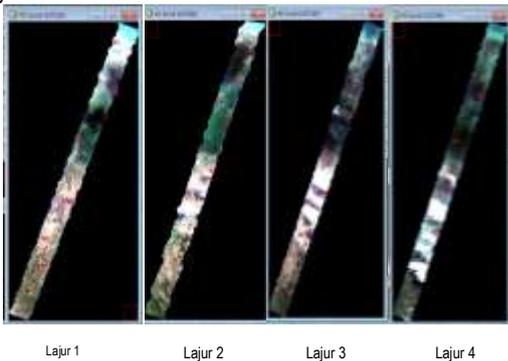
Dalam pengembangan model ini dilakukan proses bandselection dan regresi dengan partial least square (PLSR) regression untuk mendapatkan algoritma dari kandungan klorofil pada padi. Dalam proses pembuatan algoritma ini dibandingkan dua data :

- Model estimasi klorofil padi dengan indeks vegetasi
- Model estimasi klorofil padi dengan edge reflektan klorofil

**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 geometric. Hal ini dilakukan karena setiap lajur mempunyai kesalahan-kesalahan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 8. Lajur Citra Hymap Indramayu Terkoreksi



Gambar 9. Citra mozaiking

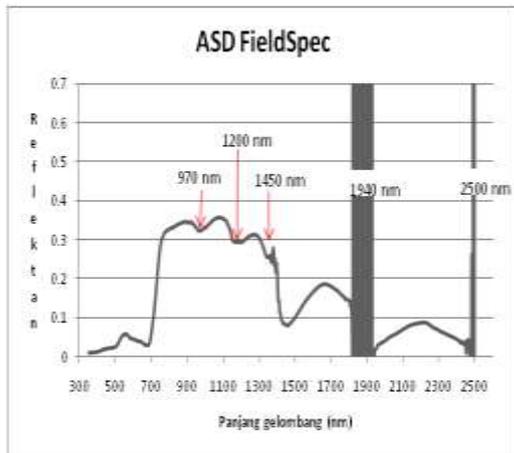
Tabel 1 Koreksi geometrik dari setiap lajur

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

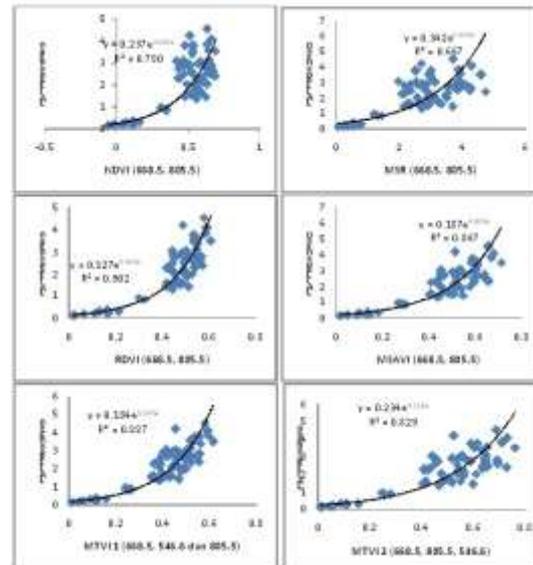
Dari keempat lajur pemotretan data yang menggunakan 7 GCP pada setiap lajunya di dapat RMSE pada setiap lajur kurang dari 1 piksel seperti yang ditunjukkan oleh tabel 1, dengan demikian nilai ini masuk toleransi atau transformasi koordinat pada setiap lajur citra 7 titik ini dapat diterima dalam koreksi geometrik dan mendekati kebenaran. Selanjutnya keempat lajur dilakukan mosaiking untuk digabungkan menjadi satu citra seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.

**Model Estimasi Kerapatan Daun Dengan Indeks Vegetasi**

Dalam estimasi kerapatan daun (Leaf Area Index) digunakan beberapa set indeks vegetasi seperti Normalized Diference Vegetation Index (NDVI), Multiple Simple Ratio (MSR), Renormalized Diference Vegetation Index (RDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) dan Bentuk Modified Triangle Vegetation Index (MTVI 1 dan MTVI 2). Sama halnya dengan pemodelan klorofil daun, nilai ground spectral dihitung dengan indeks vegetasi tersebut dan kemudian dilakukan pemodelan dengan metode regresi dengan data LAI in situ. Adapun hasil regresi antara indeks vegetasi dan LAI in situ disajikan pada Gambar 11.



Gambar 10. Kurva hasil regresi antara Indeks vegetasi dan LAI lapangan



Gambar 11. Pemilihan band optimal

Tabel 2. Hasil regresi Indeks Vegetasi dan LAI lapangan

Parameter (X)	Koefisien Determinasi (R <sup>2</sup> )	RMSE (LAI Unit)
NDVI (668.5, 805.5)	0.78	0.91
MSR (668.5, 805.5)	0.667	1.07
RDVI (668.5, 805.5)	0.902	0.63
MSAVI (668.5, 805.5)	0.867	0.75
MTVI 1 (668.5, 805.5 dan 546.6)	0.887	0.68
MTVI 2 (668.5, 805.5 dan 546.6)	0.829	0.81

Posisi band optimal untuk estimasi kerapatan daun menggunakan indeks vegetasi pada Tabel 4.7 terletak pada posisi panjang gelombang 668.5 nm, 805.5 nm dan 546.6 nm. Posisi band 668.5 nm merupakan absorptansi maksimum pada panjang gelombang merah yang sangat erat dengan pigmen vegetasi. Panjang gelombang 546.6 nm juga terpilih yang merupakan reflektansi maksimum pada panjang gelombang hijau. Kemudian panjang gelombang 805.5 nm yang merupakan posisi reflektansi maksimum pada *Near Infra Red* (NIR) yang sangat erat hubungannya dengan struktur kanopi daun vegetasi.

Dari hasil regresi indeks vegetasi dengan kerapatan daun lapangan didapat hampir semua indeks mempunyai nilai cukup baik jika dilihat dari koefisien determinasinya. Akan tetapi untuk nilai NDVI (668.5 nm, 805.5 nm) dan MSR (668.5 nm, 805.5 nm) mempunyai nilai yang tidak sebaik ke empat indeks vegetasi lainnya. Keempat indeks lainnya (RDVI, MSAVI, MTVI 1 dan MTVI 2) mempunyai nilai  $R^2 > 0.80$ , sedangkan nilai  $R^2$  pada MSR hanya sebesar 0.667 dan pada NDVI sebesar 0.78. Hal ini sejalan dengan Haboundane (2004) bahwa NDVI dan MSR lebih sensitif terhadap klorofil, sehingga klorofil dapat memburkan nilai hubungan NDVI dan MSR terhadap green LAI. Karena pada prinsipnya nilai NDVI berdasar pada kontras antara absorpsi maksimum klorofil pada panjang gelombang merah dan reflektansi maksimum pada *Infrared* yang disebabkan oleh struktur sel daun. Kemudian untuk MSR mempunyai nilai  $R^2$  terkecil dalam hubungannya dengan LAI atau kerapatan daun karena menurut Slater and Jackson (1982) dalam Wu (2008) nilai MSR lebih sensitif terhadap klorofil dan jika dibandingkan dengan NDVI nilai MSR ini lebih terpengaruh oleh faktor lingkungan seperti awan dan tanah.

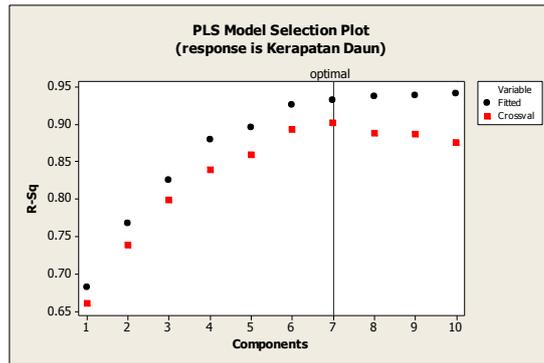
Nilai terbaik pada hubungan antara indeks vegetasi dan kerapatan daun adalah pada RDVI (668.5 nm, 805.5 nm) yang mempunyai koefisien determinasi sebesar 0.902 dengan RMSE sebesar 0.63 LAI unit. RDVI merupakan modifikasi dari NDVI, dimana proses *renormalized* digunakan untuk menghilangkan efek pigmen klorofil sehingga nilai reflektan terhadap struktur sel daun lebih terbebas dari bauran pigmen klorofil. Untuk MSAVI (668.5 nm, 805.5 nm) mempunyai nilai  $R^2$  sebesar 0.867 dan RMSE sebesar 0.75 LAI unit. Nilai ini sudah cukup baik untuk estimasi kerapatan daun. Hal ini karena pada indeks MSAVI nilai efek background dari tanah sudah diminimalisir sehingga reflektansi struktur sel kanopi daun akan lebih baik, akan tetapi menurut Haboundane (2004) nilai MSAVI ini masih sensitif terhadap pigmen klorofil walaupun hanya pada klorofil rendah, sehingga nilainya tidak sebaik RDVI dan MTVI. Sedangkan untuk hasil modifikasi bentuk TVI yaitu MTVI 1 dan MTVI 2 juga cukup baik untuk estimasi kerapatan daun padi, dimana nilai  $R^2$  MTVI 1 sebesar 0.887 dengan RMSE sebesar 0.68 LAI unit dan nilai  $R^2$  MTVI 2 sebesar 0.829 dengan RMSE sebesar 0.81 LAI unit. Karena dalam MTVI nilai kontaminasi dari efek tanah dapat dihilangkan. Disisi lain nilai MTVI ini masih terpengaruh efek pigmen klorofil pada rentang kerapatan yang tinggi ( $LAI > 4$ ). Akan tetapi hal ini pada tanaman padi tidak akan berpengaruh besar, karena rentang rata-rata kerapatan daun tanaman padi pada rentang 0.01 – 4.5 LAI unit.

**Model Estimasi Kerapatan Daun Dengan Partial Least Square Regression (PLSR)**

Penggunaan seluruh band untuk estimasi kerapatan daun pada citra HyMap akan memberikan prosesing yang cukup berat pada komputer. Untuk efektivitas estimasi, maka diseleksi band-band yang mempunyai korelasi terhadap kandungan klorofil dan proses fotosintesis. Gambar 11 menunjukkan pola reflektan vegetasi.

Seleksi band yang dipilih sebanyak 44 band yang meliputi band 1-24 yang merupakan band visible blue (absorpsi klorofil b), hijau (reflektansi klorofil), merah (absorpsi klorofil a), dan Near Infrared (reflektansi vegetasi), kemudian band 34-36 (water absorpsi vegetasi), band 54-58 (water absorpsi vegetasi), band 66-70 (water absorpsi vegetasi) serta band 99-105 (reflektansi vegetasi).

Dari ke 44 band tersebut dilakukan pemodelan dengan menggunakan Partial least square regression (PLSR) dan validasi silang diperoleh hasil yang ditunjukkan gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 12. seleksi model

Dari Gambar 12 terlihat PC no 7 mempunyai nilai terbaik. Hasil dari PC 7 ini dipilih berdasarkan nilai  $R^2$  dan  $R^2$  prediksi tertinggi yang mencerminkan kekuatan model seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil regresi PLSR

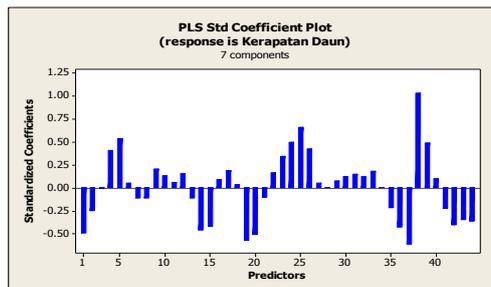
Component	R-Sq	PRESS	R-Sq (pred)
1	0.682101	26.0742	0.661241
2	0.767472	20.1194	0.738607
3	0.825412	15.4806	0.798875
4	0.879404	12.3743	0.839232
5	0.895532	10.8761	0.858696
6	0.925737	8.3008	0.892156
7	0.931327	7.5454	0.901969
8	0.936211	8.6465	0.887664
9	0.937804	8.7136	0.886792
10	0.939972	9.6384	0.874777

Selain itu PC no 7 mempunyai nilai PRESS terendah yang menunjukkan kestabilan model jika dimasuki data baru. Hasil model dari PLSR PC no 7 ini mempunyai  $R^2$  sebesar 0.93 dan RMSE sebesar 0.29 LAI unit seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil PC no 11

No PC	R2	RMSE
7	0.931	0.287

Untuk response estimasi kerapatan daun (LAI) berdasarkan nilai koefisien plot pada Gambar, nilai band yang cukup optimal meliputi band pada panjang gelombang 515.6 nm, 729.7 nm, 9500 nm, 1542,8 nm dan 2071.3 nm.



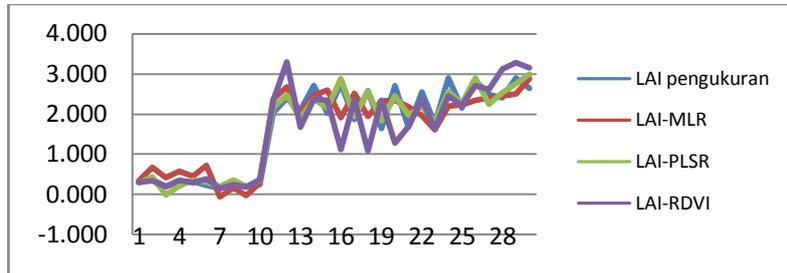
Gambar 15. Perbandingan koefisien plot

Berdasarkan Gambar 15 terlihat pada parameter 23-26 membentuk pola kenaikan nilai koefisien plot yang berpuncak pada parameter ke 25 pada panjang gelombang 9500 nm. Hal ini cukup sesuai dengan sensitifitas reflektan, dimana reflektan pada panjang gelombang Near Infra Red (NIR) sangat sensitif terhadap struktur kanopi daun terutama yang mendekati puncak reflektansi pada 800 nm. Kemudian Band optimal lainnya 515.6 nm dan 729.7 nm, 1542.8 nm dan 2071.3 nm. Panjang gelombang 515.6 mendekati nilai 550 nm yang merupakan puncak reflektansi gelombang hijau. Panjang gelombang 729.7 nm terletak pada daerah *red edge* yang sensitif terhadap pigmen vegetasi. Untuk panjang gelombang 1542.8 nm dekat pada penyerapan gelombang SWIR terhadap vegetasi yaitu pada panjang gelombang 1500 nm. Sedangkan band pada 2071.3 nm sebetulnya cukup riskan karena dekat dengan panjang water absorption atmosfer (sekitar 1900 nm) tetapi pada panjang gelombang 2071.3 nm tepat di batas zona bebas dari water absorption atmosfer sehingga cukup aman dari gangguan atmosfer.

#### Validasi pada citra airborne Hyperspectral

Validasi model dilakukan menggunakan citra airborne hyperspectral pada 30 sampel titik. Pada aplikasi metode optimal model pada skala airborne hyperspectral terhadap nilai kerapatan daun, dapat dihasilkan semua model optimal mempunyai koefisien determinasi ( $R^2$ ) lebih besar dari 0.8. Selain itu nilai RMSE antara model ground dan pada citra hyperspectral hampir sama. Untuk pendekatan dengan indeks vegetasi memberikan perbaikan nilai RMSE daripada model diground, dimana rentang RMSE pada skala airborne menjadi berkisar 0.58-

0.66 LAI unit. Untuk pendekatan dengan PCR mempunyai RMSE yang lebih besar daripada model pada ground dimana pada skala airborne hyperspectral RMSE nya mencapai 0.53 SPAD unit. Demikian pula untuk MLR 5 band mengalami penurunan, akan tetapi RMSE nya masih dibawah 0.5 LAI unit yaitu sebesar 0.45 LAI unit. Sedangkan untuk metode PLSR mempunyai nilai yang sangat optimal dengan  $R^2$  sebesar 0.97 dan diikuti dengan RMSEnya yang sangat kecil yaitu sebesar 0.18 LAI unit. Perbandingan Grafik nilai prediksi dan nilai pengukuran terlihat pada Gambar 17.

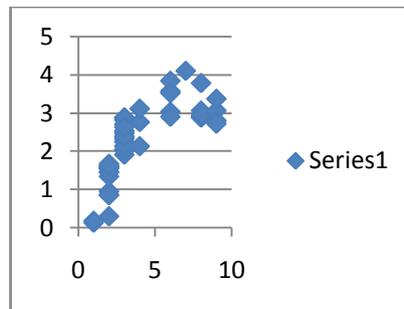


Gambar 17. Grafik perbandingan klorofil lapangan dan klorofil prediksi

Grafik pada Gambar 4.20 menunjukkan perbandingan pendekatan nilai sebenarnya antara RDVI, MLR 5 band, dan PLSR 44 band. Terlihat bahwa nilai pendekatan PLSR lebih mempunyai pola yang mendekati nilai LAI sebenarnya bila dibandingkan dengan model dari RDVI dan MLR.

#### Korelasi Leaf Area Index dan Fase Tumbuh Padi

Untuk mendapatkan hubungan antara Leaf Area Index (LAI) dan fase tumbuh dilakukan regresi. Adapun hasil regresi ditunjukkan gambar 16.

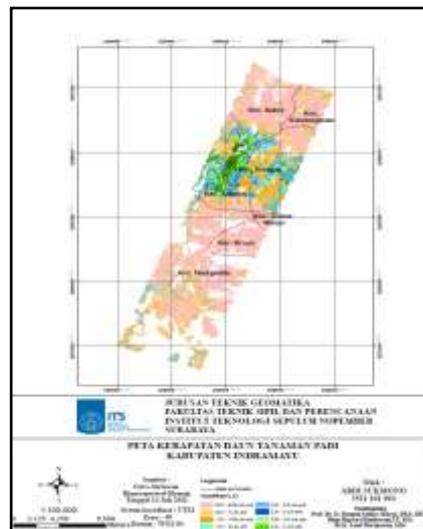


Gambar 16. Hubungan LAI dan Fase Tumbuh

Hubungan antara LAI dan fase tumbuh cukup berkorelasi kuat dengan  $R^2$  sebesar 0.835. ini berarti LAI berhubungan dengan fase tumbuh sebesar 83.5 %

#### Peta Distribusi Kerapatan Daun

Sasaran akhir dari penyusunan model ini adalah pembuatan peta distribusi (distribution map) kerapatan daun pada tanaman padi dari model terpilih. Peta distribusi pada Gambar .18 ini merupakan gambaran secara spasial pada daerah studi. Dalam peta distribusi klorofil ini wilayah terpetakan adalah lahan sawah pada daerah studi. Pembuatan peta distribusi ini sebagai alat untuk pengambilan keputusan terkait kerapatan daun tanaman padi yang dapat digunakan untuk pemantauan fase tumbuh.



Gambar. 18 Peta distribusi kerapatan daun

## KESIMPULAN

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

1. Dalam pemilihan band optimal untuk estimasi kerapatan daun padi, diperoleh tujuh model yang mempunyai hubungan sangat kuat ( $R^2 \geq 0.75$ ). Ketujuh model tersebut yaitu RDVI (668.5 nm dan 805.5 nm) dengan  $R^2$  sebesar 0.903 dan RMSE sebesar 0.62 LAI unit, MSAVI (668.5 nm dan 805.5 nm) dengan  $R^2$  sebesar 0.867 dan RMSE sebesar 0.75 LAI unit, MTVI 1 (668.5 nm, 805.5 nm dan 546.6 nm) dengan  $R^2$  sebesar 0.886 dan RMSE sebesar 0.68 LAI unit, MTVI 2 (668.5 nm, 805.5 nm dan 546.6 nm) dengan  $R^2$  sebesar 0.829 dengan RMSE 0.81 LAI unit, MLR (934.3 nm, 1758.7 nm, 729.7 nm, 531,2 nm dan 455.5 nm) dengan  $R^2$  sebesar 0.905 dan RMSE sebesar 0.35 LAI unit, PCR 44 Band (PC no 3) dengan  $R^2$  sebesar 0.82 dan RMSE sebesar 0.47 LAI unit. Dan Model paling optimal PLSR 44 band (PC no 7) dengan  $R^2$  sebesar 0.93 dan RMSE sebesar 0.29 LAI unit.
2. Metode Partial Least Square Regression (PLSR) sangat efektif dalam pemodelan data Hyperspectral karena dapat memanfaatkan banyak band dengan menghilangkan efek multikolinearitas, Selain itu dengan Jumlah sampel yang kurang dari jumlah variabel terbukti metode ini dapat mencapai nilai yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borengasser, M., dkk. (2007), *Hyperspectral Remote Sensing: Principles and Applications*, CRC Press Taylor and Francis Group, Florida.
- Chen, J. M. (1995), *Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications*, *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol.22, Hal. 229-242.
- Darmawan, Arief.(2012), *Pembangunan Model Hyperspectral Untuk Estimasi Produktivitas Vegetasi Padi Berdasarkan Metode Derivatif Regresi Linear*, Disertasi Dr., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Daughtry, C.S.T., dkk. (2000). *Estimating corn leaf chlorophyll concentration from leaf and canopy reflectance*, *Remote Sensing Environment* Vol. 74, Hal. 229–239.
- Lillesand T. M. dan Kiefer R. W. (2000), *Remote Sensing and Image Interpretation*, 4th ed, Jhon Wiley & Sons., New York.
- Purwadhi, F.(2001). *Interpretasi Citra Digital*, Gramedia Widiasarana Indonesia., Jakarta.