

# PENGEMBANGAN MODEL PENDUGAAN KELENGASAN LAHAN MENGGUNAKAN DATA MODIS

Dede Dirgahayu Domiri  
PenelHi BidangPemantauan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, LAPAN

## ABSTRACT

This research aims to estimate the land moisture condition of the agricultural land, especially for paddy fields based on MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometej*) satellite data with 250 m and 500 m spatial resolution and daily temporal resolution. An index called Land Moisture Index (LMI) is created from 1<sup>st</sup> principle component result of NDSI (Normalize Difference Soil Index), NDVI (Normalize Difference Vegetation Index), and NDWI (Normalize Difference Water Index).

There is a high correlation between the LMI and the soil moisture (LM) for the agricultural land with the soil moisture  $\leq 75\%$ , as the increasing of LM is followed by the increasing of the LMI. Based on the above method, the land moisture can be derived spatially from the agricultural land, and especially on the paddy fields for drought prediction.

## ABSTRAK

Penelitian bertujuan membuat model pendugaan untuk memantau kondisi kelengasan lahan pertanian, terutama padi sawah menggunakan data MODIS yang memiliki resolusi spasial 250 m dan 500 m serta pengamatan harian. Suatu indeks yang disebut Indeks Kelengasan Lahan (IKL) telah dibuat berdasarkan hasil transformasi komponen utama pertama dari NDSI, NDVI, dan NDWI.

Terdapat korelasi yang tinggi antara IKL dengan kelengasan lahan (KL) yang memiliki kadar air  $\leq 75\%$  pada lahan pertanian, yaitu kenaikan KL diikuti dengan kenaikan IKL. Kelengasan lahan dapat dibuat secara spasial berdasarkan model tersebut pada lahan pertanian terutama padi sawah untuk memprediksi kondisi kekeringan.

*Katakunci: Kelengasan lahan, MODIS, Kombinasi linier, Indeks Kelengasan Lahan, Kadar air permukaan*

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketersediaan air tanah merupakan salah satu faktor yang penting bagi pertanian secara umum, baik pertanian tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, dan kehutanan. Informasi tentang lengas tanah (*soil moisture*) sangat diperlukan untuk perencanaan, pengelolaan dan pemantauan budidaya tanaman pertanian. Pengukuran lengas tanah dengan peralatan konvensional seperti teknik gravimetrik, tensiometer, *neutron probe* dapat memberikan informasi yang akurat tetapi memerlukan biaya besar untuk pengukuran wilayah yang sangat luas. Salah satu cara yang dapat

diterapkan adalah dengan memanfaatkan data satelit.

Pemanfaatan data satelit *Landsat TM* multispektral untuk menduga lengas tanah untuk daerah perkebunan tebu di Jautujuh, Jawa Barat telah diteliti oleh Dirgahayu, dkk., 1997. Dengan memodifikasi Indeks Kecerahan Lahan (IKcL), Indeks Kehijauan Lahan (IKhL), dan Indeks Kebasahan Lahan (IkbL) dari 7 kanal *Landsat TM* menjadi 4 kanal saja, yaitu kanal 2, 3, 4, dan 5. Hasil penelitian menunjukkan kondisi lahan dengan kandungan lengas tinggi dicirikan oleh nilai IKhL dan IkbL yang tinggi dan IKcL yang rendah, dan demikian pula sebaliknya. Namun data *Landsat TM*

yang memiliki resolusi spasial 30 m hanya digunakan pada daerah tertentu dan waktu yang tertentu pula. Sekarang kondisinya telah mengalami kerusakan SLC-off sejak Mei 2003. Sementara itu, informasi tentang lengas tanah dibutuhkan untuk pemantauan secara kontinyu, karena informasi dini tentang kekeringan lahan sangat diperlukan untuk mengantisipasi dampak yang ditimbulkan.

Salah satu cara yang dapat diupayakan untuk memantau lengas tanah pada daerah yang luas setiap hari adalah dengan memanfaatkan data satelit yang memiliki resolusi rendah dan observasi harian, seperti satelit cuaca NOAA-AVHRR. Sedangkan untuk deteksi kondisi lahan lebih detil dapat digunakan data satelit resolusi tinggi (30 m) dan observasi 16 hari seperti satelit Landsat *Thematic Mapper* (TM). Perkembangan teknologi satelit sejak tahun 2000 dan 2001 telah diluncurkan satelit Terra/Aqua yang memiliki sensor MODIS yang memiliki resolusi moderat dan observasi harian lebih andal digunakan untuk memantau kondisi lahan dan tanaman semusim/pertanian. Hal ini dimungkinkan karena data MODIS memiliki 2 kanal reflektan dengan resolusi 250 m serta 5 kanal reflektan dengan resolusi spasial 500 m.

Pendugaan lengas tanah menggunakan data satelit NOAA dan MODIS telah dilakukan dengan menggunakan indeks vegetasi dalam bentuk *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) berdasarkan data kanal 1 dan 2 saja, sedangkan indeks-indeks lainnya belum banyak dikembangkan. (Adiningsih, dkk., 2000) telah menggunakan NDVI NOAA-AVHRR untuk menduga kadar air tanah dengan hasil korelasi yang rendah. Selanjutnya (Adiningsih, dkk., 2004) menerapkan analisis komponen utama terhadap ke-5 kanal data NOAA-AVHRR [*digital number*] untuk menghasilkan komponen utama pertama (KUI) sebagai SBI [*Soil Brightness Index*]. SBI menghasilkan korelasi yang lebih tinggi untuk menduga kadar air tanah pada kedalaman 0-20 cm.

Dalam penelitian ini, hasil penelitian (Dirgahayu, 2005) yang telah menganalisis 7 kanal reflektan terkoreksi data MODIS terhadap kadar air tanah permukaan (0 - 20 cm) hasil pengukuran lapangan dikembangkan lebih lanjut. Ketujuh kanal tersebut meliputi kanal merah, infra merah dekat, biru, hijau, serta tiga kanal infra merah menengah (SWIR = *Short Wave Infra Red*). Ketujuh kanal tersebut memberikan perbedaan respon spektral yang kontras terhadap ketiga jenis bahan utama di daratan, yaitu air, tanah, dan vegetasi. Hasil penelitian menunjukkan reflektansi dari 3 kanal MODIS yang terbaik untuk menduga kelengasan lahan adalah kanal 1 (Red), 2 (NIR), dan 6 (SWIR).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pendugaan kelengasan lahan dengan menggunakan tiga indeks lahan dari data satelit Terra/Aqua MODIS, yaitu Indeks Tanah (NDSI = *Normalize Difference Soil Index*), Indeks Vegetasi (NDVI - *Normalize Difference Vegetation Index*), dan Indeks Air (NDWI = *Normalize Difference Water Index*).

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Data

Data yang digunakan untuk pendugaan lengas lahan adalah data MODIS harian untuk Pulau Jawa bersamaan waktunya dengan tanggal pelaksanaan survei pada bulan Juni, Juli, dan September 2004.

Data lengas lahan lapangan diperoleh dari pengukuran kadar air tanah pada kedalaman tanah 0 - 20 cm di beberapa lokasi di Jawa Barat (Subang, Indramayu), Jawa Tengah (Pekalongan, Demak, Pati, Grobogan), dan Jawa Timur (Bojonegoro, Lamongan, Pasuruan, Malang, Jember, Ponorogo).

### 2.2 Metode Penelitian

#### 2.2.1 Pengolahan data lapangan

Analisis kadar lengas tanah di-

lakukan di Laboratorium Tanah dengan metode gravimetri, yaitu dengan pemanasan contoh tanah selama 24 jam pada suhu 100° C dan dilakukan penimbangan sebelum dan sesudah pemanasan. Kadar lengas tanah (dalam % berat) adalah selisih antara berat sebelum dan sesudah dipanasi terhadap total berat, contoh: tanah setelah pemanasan.

### 2.2.2 Pengolahan data MODIS

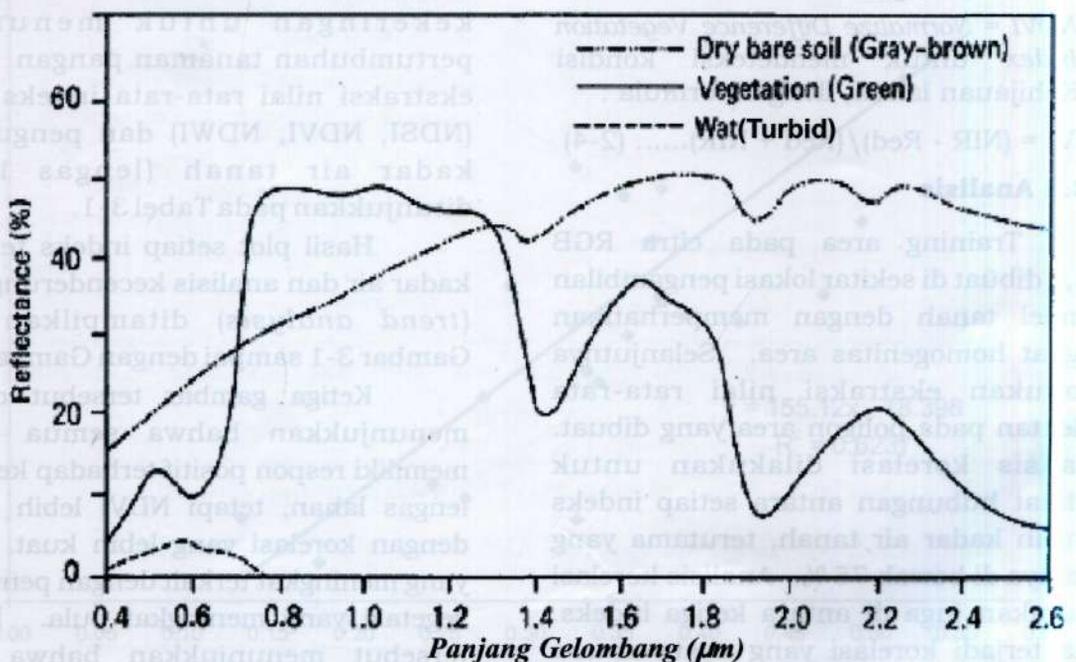
#### 2.2.2.1 Informasi reflektansi terkoreksi

Informasi reflektansi terkoreksi atmosfer setiap kanal dari data MODIS Level IB dihasilkan melalui proses level 2. Selanjutnya dilakukan proses lebih lanjut untuk memperbaiki kualitas data, antara lain: *Bow-tie Correction* dan koreksi Geometrik. Koreksi Duplikasi Baris (*Bow-tie Correction*) dilakukan untuk menghilangkan duplikasi data pada baris-baris tertentu, terutama yang jauh dari nadir. Koreksi dilakukan dengan menggunakan software ENVI 3.5 terhadap data resolusi 250 m, yaitu kanal 1 (merah) dan kanal 2 (NIR) serta resolusi 500 m (kanal 3-7). Titik kontrol GCP diekstrak dari data MODIS LIB menggunakan software ENVI. Transformasi koordinat (*warping*) dilakukan dengan metode Triangulasi. Untuk menghasilkan

data terkoreksi dengan resolusi spasial 250 m (0.002252°), maka dilakukan resampling data hasil koreksi *Bow-tie* dengan metode tetangga terdekat (*Nearest Neighborhood*) terhadap data asli 500 m.

#### 2.2.2.2 Ekstraksi informasi kondisi lahan

Kondisi lahan yang akan dideteksi menggunakan data MODIS adalah yang terkait dengan status kondisi air, kondisi tanah, dan kondisi tajuk tanaman. Ketiga kondisi tersebut dipengaruhi oleh status kondisi kelembaban atau kelengasan tanah permukaan (0-20 cm) yang secara fisik direpresentasikan oleh besarnya kadar air tanah. Pendekatan yang dapat menggambarkan ketiga kondisi tersebut dengan menggunakan data penginderaan jauh adalah melalui normalisasi rasio antar kanal reflektansi. Kanal-kanal yang dipilih adalah kanal-kanal yang sensitif terhadap kondisi minimum dan maksimum (*peak*) dari reflektansi obyek air, tanah, dan vegetasi sebagaimana yang ditunjukkan oleh kurva respon spektral obyek pada berbagai panjang gelombang pada Gambar2-1.



Gambar 2-1: Reflektansi spektral obyek air, vegetasi, dan tanah terbuka kering pada berbagai spektrum panjang gelombang

Nilai *peak* untuk obyek vegetasi tampak kontras terjadi pada panjang gelombang 0.6 jjm (merah) dan 0.8 ljm (infra merah dekat). Nilai *peak* pada obyek air terdeteksi pada panjang gelombang 0.4 um (biru) atau 0.8 um dan 0.6 um (merah) dan 0.8 urn (NIR),

Hasil penelitian (Dirgahayu, 2005) memperoleh reflektansi dari 3 kanaJ MODIS yang terbaik untuk menduga kelengasan lahan (y) adalah kanal 1 [Red] sebagai X1, 2 {NIR} sebagai X2, dan 6 [SWIR] sebagai X6 dengan R<sup>2</sup> = 0.74, yaitu dengan persamaan :

$$y = 19.8S - 3.4143*X1 + 2.3474**2 - 0A924*X6.....(2-1)$$

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka dicoba untuk membuat indeks lahan dari kombinasi reflektansi kanaJ 1, 2, dan 6 MODIS untuk mendeteksi kondisi lahan, yaitu

(a) *NDWf - Normalize Difference Water Index* Untuk mendeteksi kondisi kebasahan lahan, dengan formula :

$$NDWI=(Red - SWIR)/(Red + SWIR).. (2-2)$$

(b) *NDSI = Normalize Difference Soil Index* untuk mendeteksi kondisi kekeringan lahan; dengan formula :

$$NDSI-(SWIR-NIR)/(SWIR+NIR).....(2-3)$$

(c) *NDVI = Normalize Difference Vegetation Index* untuk mendeteksi kondisi Kehijauan lahan; dengan formula :

$$NDVI - (NIR - Red)/(Red + NIR).....(2-4)$$

### 2.2.3 Analisis

Training area pada citra RGB 6,2,1 dibuat di sekitar lokasi pengambilan sampel tanah dengan memperhatikan tingkat homogenitas area. Selanjutnya dilakukan ekstraksi nilai rata-rata reflektan pada poligon area yang dibuat. Analisis korelasi dilakukan untuk melihat hubungan antara setiap indeks dengan kadar air tanah, terutama yang nilainya di bawah 75 %. Analisis korelasi dilakukan juga di antara ketiga indeks. Jika terjadi korelasi yang nyata antara suatu pasangan indeks, maka dilakukan transformasi komponen utama. Kombi-

nasi linier dari hasil transformasi komponen utama pertama digunakan untuk membuat suatu Indeks Kelengasan Lahan (IKL) dengan persamaan sebagai berikut :

$$IKL = b1*X1 + b2*X2 + b3*X3.....(2-5)$$

dengan

X1, X2, dan X3 : NDSI, NDVI, dan NDWI  
b1,b2,dan b3 : koefisien eigen vektor

Untuk mendapatkan model pendugaan yang terbaik, maka dilakukan simulasi model persamaan non linier (power, ekponensial, atau logaritmik) antara IKL dengan kadar air tanah atau Kelengasan Lahan (KL). Model yang dipilih adalah yang memiliki koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) lebih besar dan standar error (Se) lebih kecil.

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hubungan Indeks Lahan MODIS dengan Kelengasan Lahan

Untuk melihat hubungan antara ketiga indeks dengan lengas lahan, maka dipilih lokasi-lokasi yang memiliki lengas lahan < 75 %. Pemilihan ini dilakukan karena pada kondisi lahan yang memiliki kadar air tanah > 75 % relatif aman dari resiko kekeringan untuk menunjang pertumbuhan tanaman pangan. Hasil ekstraksi nilai rata-rata indeks lahan (NDSI, NDVI, NDWI) dan pengukuran kadar air tanah (lengas lahan) ditunjukkan padaTabel 3-1.

Hasil plot setiap indeks terhadap kadar air dan analisis kecenderungannya (*trend analysis*) ditampilkan pada Gambar3-1 sampai dengan Gambar 3-3.

Ketiga gambar tersebut di atas menunjukkan bahwa semua indeks memiliki respon positif terhadap kenaikan lengas lahan, tetapi NDVI lebih sensitif dengan korelasi yang lebih kuat. NDVI yang meningkat terkait dengan penutupan vegetasi yang meningkat pula. kondisi tersebut menunjukkan bahwa lahan yang bervegetasi rapat relatif kondisinya lebih lembab dari lahan yang bervegetasi

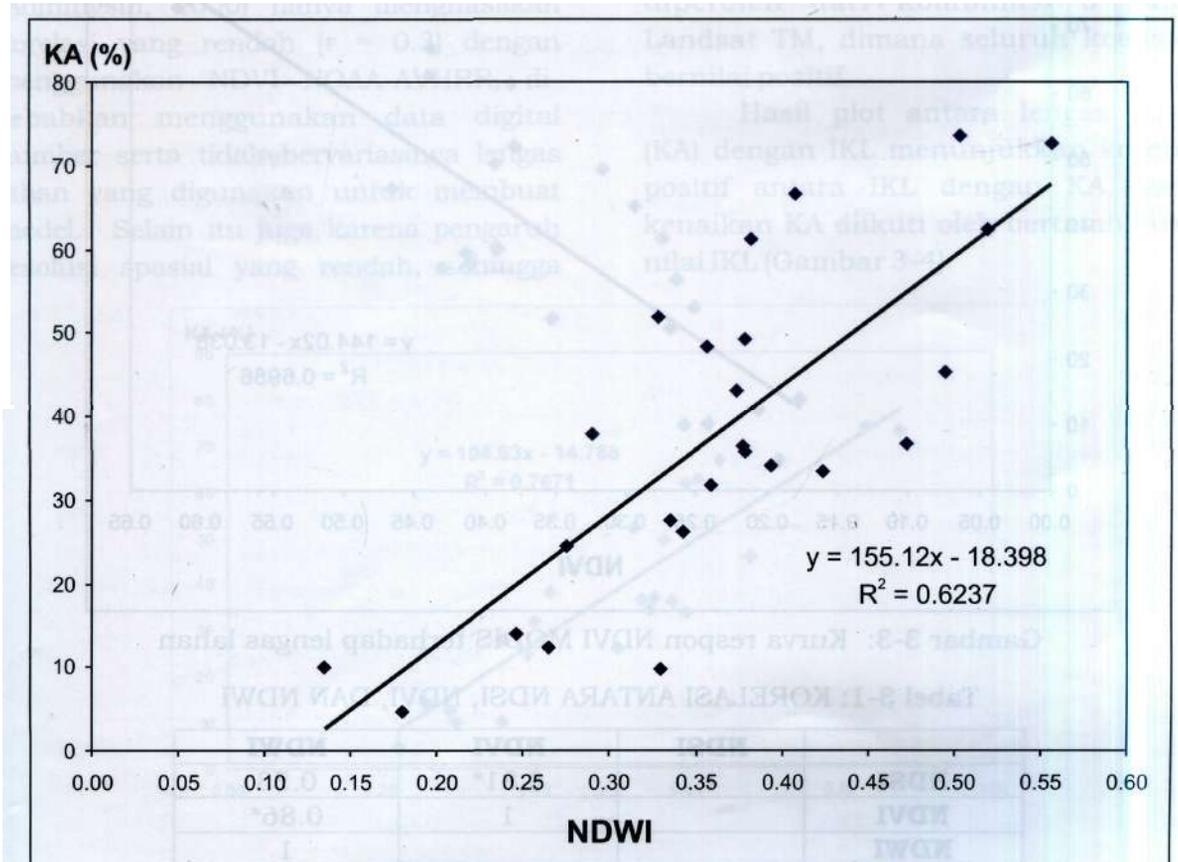
jarang. Jika hanya menggunakan 1 indeks, maka NDVI dapat digunakan untuk menduga kondisi lengas lahan, tetapi dibatasi hingga kondisi bera yang kering, karena akan menunjukkan nilai NDVI dan lengas lahan yang rendah. Kondisi lahan yang didominasi oleh air atau lahan bera yang lembab akan menunjukkan keadaan yang sebaliknya, yaitu menunjukkan nilai NDVI lebih

rendah bahkan bernilai negatif, sedangkan kelengasan lahannya tinggi. Oleh karena itu untuk menduga kondisi lengas lahan ketiga indeks tersebut di atas digunakan. Untuk memperoleh hasil yang lebih optimal, maka analisis komponen utama perlu dilakukan terhadap ketiga indeks, karena adanya korelasi yang nyata antara ketiga indeks. Korelasi antara ketiga indeks ditampilkan pada Tabel 3-1.

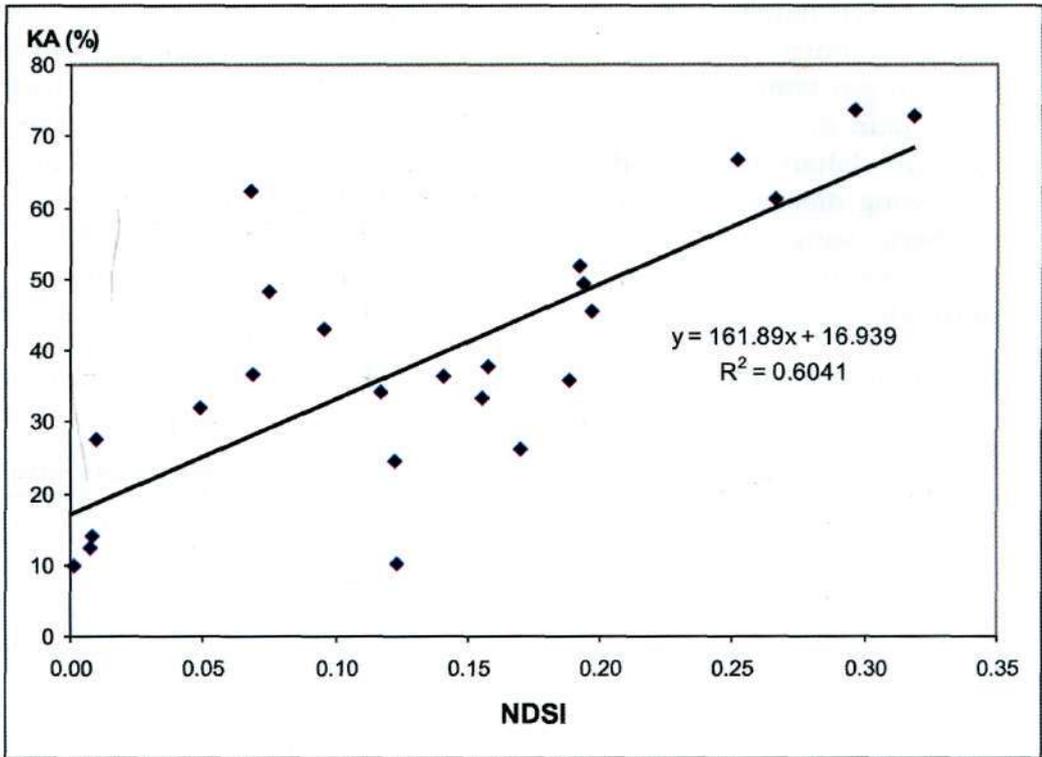
Tabel3-1: CONTOH HASIL EKSTRAKSI INDEKS LAHAN PADA LOKASI PENGAMBILAN CONTOH TANAH

No.	NDSI	NDVI	NDWI	KL	Kondisi Lahan/ Tanaman
1	-0.016	0.193	0.180	4.6	Bera Sangat Kering
3	0.008	0.177	0.246	14.1	Bera Kering
5	0.002	0.260	0.329	9.9	Bera Kering
7	0.122	0.270	0.275	24.7	Agak Lembab, Generatif
9	0.075	0.318	0.357	48.4	Lembab, Vegetatif
12	0.170	0.352	0.342	26.1	Agak Lembab, Vegetatif
13	0.117	0.411	0.394	34.2	Agak Lembab, Vegetatif
17	0.069	0.392	0.472	36.6	Lembab, Vegetatif
20	0.194	0.394	0.378	33.5	Agak Lembab, Vegetatif
22	0.069	0.440	0.519	61.4	Lembab, Vegetatif
23	0.267	0.383	0.381	66.7	Lembab, Vegetatif
26	0.319	0.617	0.555	72.8	Basah, Vegetatif

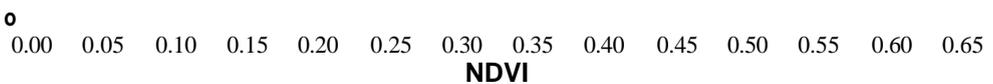
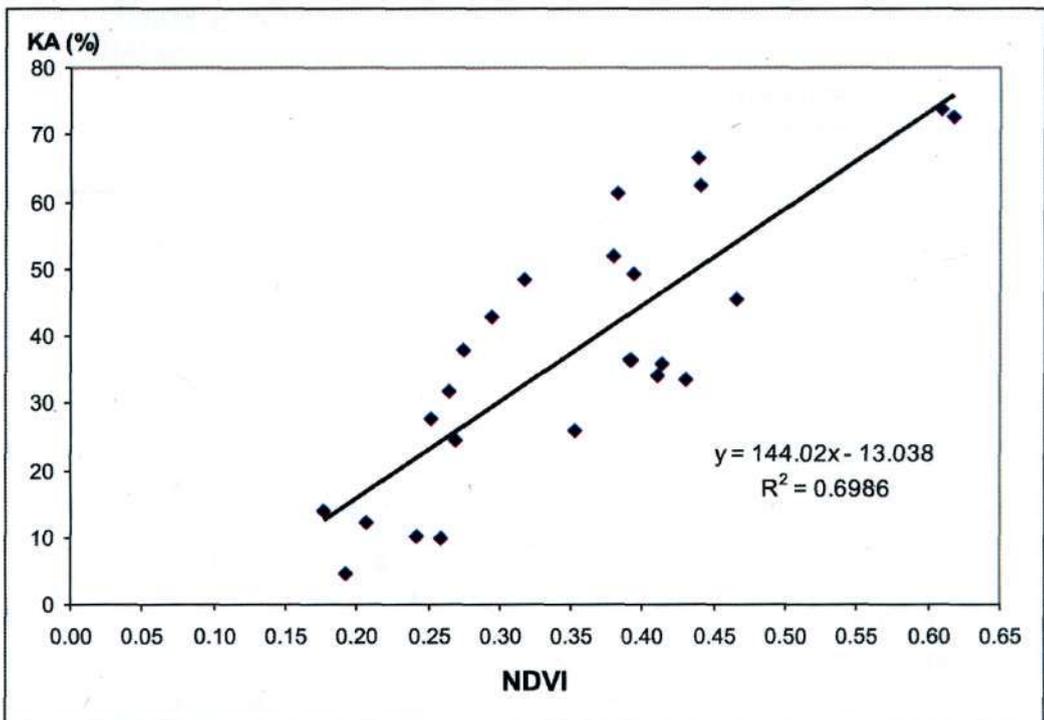
KL : Kcidar Air Tanah (%)kedalam0 - 20 cm



Gambar 3-1: Kurva respon NDWI MODIS terhadap lengas lahan



Gambar 3-2: Kurva respon NDSI MODIS terhadap lengas lahan



Gambar 3-3: Kurva respon NDVI MODIS terhadap lengas lahan

NDSI	1	0.81*	0.53
NDVI		1	0.80
NDWI			1

Nyata pada taraf 5 %

NDVI berkorelasi nyata dengan NDSI dan NDWI, karena adanya interaksi antara reflektansi yang membentuk ketiga indeks. Hasil analisis regresi linier berganda antara ketiga indeks dengan *lengas lahan (KL)* sebelum dilakukan analisis komponen utama adalah sebagai berikut:

$$KL = -11.5481 + 137.4587 * NDSI - 55.8609 * NDVI + 141.4911 * NDWI \dots \dots \dots (3-1)$$

n = 26 ; R2 = 0.81 ; Se = 9.1 ; t1 = 3.23\* , t2 = -0.94, t3 = 3.07\*

Hasil tersebut menunjukkan justru variabel NDVI tidak signifikan (t-hitung tidak nyata), jika digunakan bersama-sama dalam menduga *lengas lahan (KA)*, karena adanya korelasi yang kuat dengan NDWI dan NDSI. Kombinasi kanal NIR dan red dalam bentuk NDVI tidak sensitif terhadap lahan yang vegetasinya jarang, tetapi memiliki kelengasan yang tinggi akibat tertimpa hujan sehari sebelumnya. Hasil penelitian (Wang, 2005) hanya menunjukkan korelasi sebesar 0.65 antara NDVI dengan kadar air tanah. Demikian pula hasil penelitian sebelumnya (Adiningsih, 2000) hanya menghasilkan korelasi yang rendah (r = 0.3) dengan menggunakan NDVI NOAA-AVHRR, disebabkan menggunakan data digital number serta tidak bervariasinya *lengas lahan* yang digunakan untuk membuat model. Selain itu juga karena pengaruh resolusi spasial yang rendah, sehingga

hasil ekstraksinya agak bias.

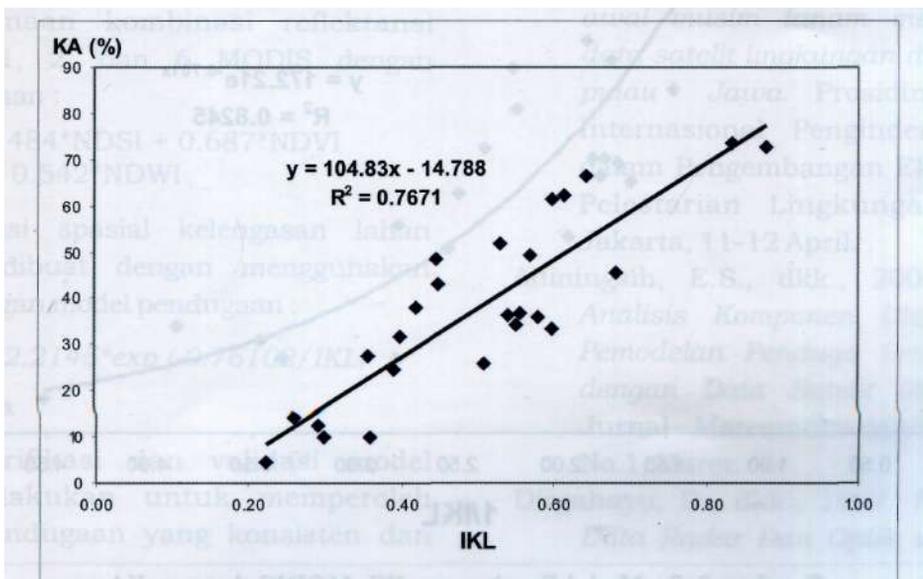
### 3.2 Analisis Komponen Utama terhadap NDSI, NDVI, dan NDWI

Hasil transformasi komponen utama yang pertama biasanya digunakan sebagai variabel baru untuk menjelaskan variabel tidak bebas. Apalagi dalam pembentukannya secara khusus digunakan kondisi tertentu (*lengas lahan*) sebagai variabel tidak bebas. Setelah dilakukan transformasi komponen utama pertama (KU1) hasilnya adalah sebagai berikut:

$$KU1 = 0.484 * NDSI + 0.687 * NDVI + 0.542 * NDWI \dots \dots \dots (3-2)$$

Seluruh koefisien indeks pada KU1 bernilai positif dan merepresentasikan sebagian besar informasi ketiga indeks terhadap variasi *lengas lahan*. KU1 dapat dianggap sebagai suatu indeks baru yang terkait dengan kondisi kelengasan lahan yang selanjutnya disebut sebagai Indeks Kelengasan Lahan (IKL). Fungsinya mirip sebagai *Soil Brightness Indeks (SBI)* yang diperoleh dari kombinasi 6 kanal Landsat TM, dimana seluruh koefisien bernilai positif.

Hasil plot antara *lengas lahan (KA)* dengan IKL menunjukkan korelasi positif antara IKL dengan KA, yaitu kenaikan KA diikuti oleh bertambahnya nilai IKL (Gambar 3-4).



Gambar 3-4: Hubungan IKL MODIS dengan KA

### 3.3 Pembentukan Model Pendugaan Terbaik

Model pendugaan yang terbaik untuk menduga lengas lahan (KA) dengan menggunakan parameter IKL dapat diperoleh melalui simulasi model regresi non linier. Secara statistik dianjurkan untuk melakukan transformasi linier atau non linier terhadap variabel tidak bebas maupun variabel bebas (prediktor) untuk memperoleh hasil yang optimal dalam menduga variabel tidak bebas. Akhirnya diperoleh model yang terbaik dalam bentuk eksponensial untuk menduga Kelengasan Lahan (KL) dengan menggunakan IKL. Hasil plotnya dapat dilihat pada Gambar 3-5 dengan persamaan regresinya adalah sebagai berikut:

$$KL = 172.2145 * \exp(-0.76102 / IKL) \dots (3-3)$$

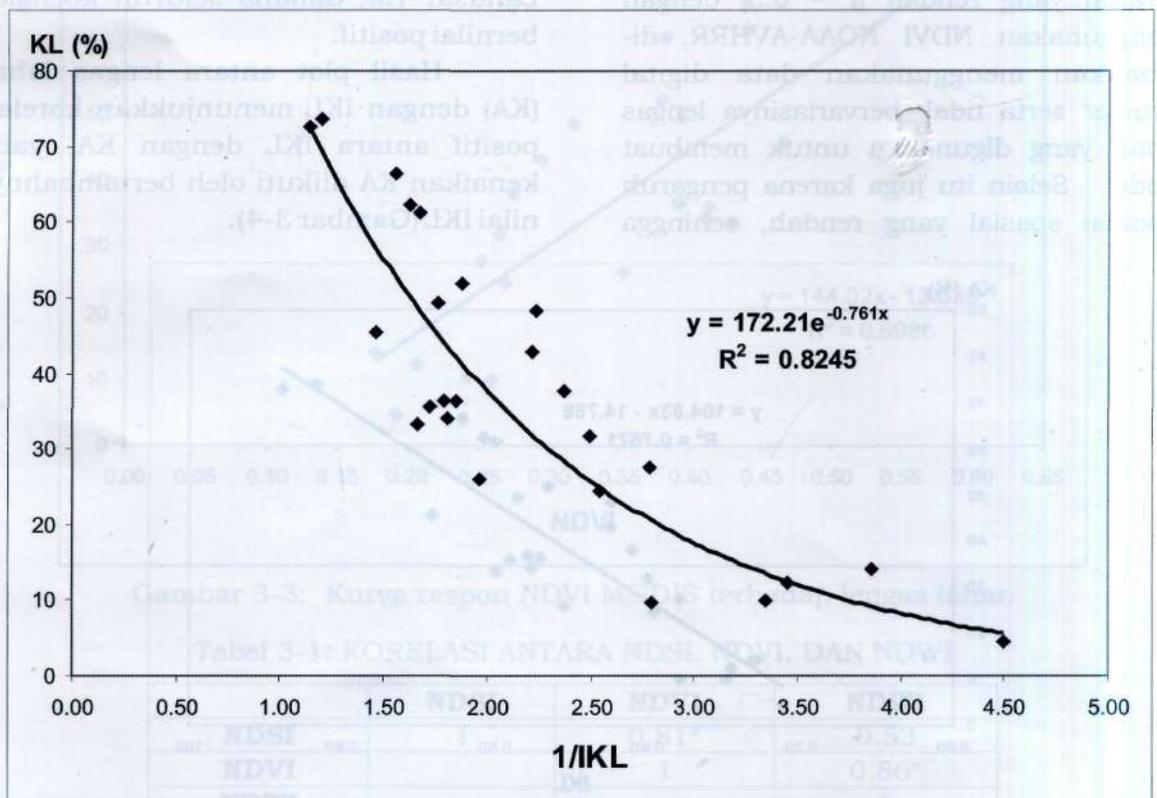
$n = 26$  ;  $R^2 = 0.825$  ;  $Se = 0.30$  ;  
t-hitung = 10.4\*\*

Hasil ini lebih baik dari persamaan (3-2), karena memiliki  $R^2$  yang lebih besar serta  $Se$  yang lebih kecil. Demikian juga dibandingkan dengan persamaan yang diperoleh oleh (Dirgahayu, 2005) yang menggunakan kombinasi reflektansi

kanal 1,2, dan 6 dengan  $R^2 = 0.81$ . Sementara ketiga indeks tersebut (NDSI, NDVI, NDWI) dibentuk dari kombinasi kanal 1,2, dan 6 juga.

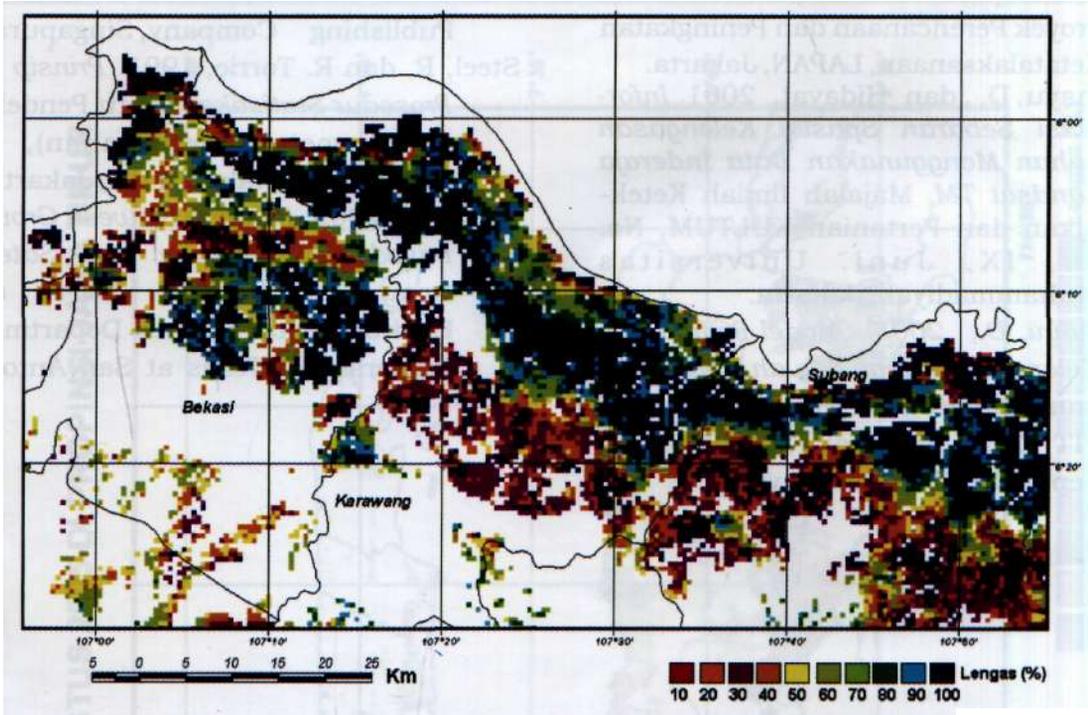
### 3.3 Implementasi Model

Sebaran spasial kelengasan lahan terutama pada lahan sawah di pulau Jawa dapat dibuat berdasarkan model pendugaan yang dihasilkan. Lahan sawah yang memiliki lengas lahan < 20 % berpotensi menunjukkan kondisi kekeringan. Kondisi kekeringan aktual dapat terdeteksi jika citra lengas lahan digabung dengan citra Tingkat Kehijauan Vegetasi (TKV) dan curah hujan dengan kondisi rendah. Sedangkan untuk penentuan awal tanam dapat dilakukan pada area yang lengas lahannya lebih besar dari 30 %. Penerapan model terhadap data MODIS untuk menghasilkan sebaran spasial kelengasan lahan sawah pada dasarian kedua Agustus tahun 2005 untuk skala kabupaten ditampilkan pada Gambar 3-6. Sedangkan untuk skala propinsi disajikan pada Gambar Lampiran 1.



Gambar 3-5: Model Pendugaan IKL MODIS dengan KA

LEN6AS LAHAN SAWAH DASARIAN 2 AGUSTUS 2005 DI BEKASI, KARAWANG, & SUBANG



Gambar3-6: Sebaran spasial kelengasan lahan pada dasarian kedua Agustus 2005 di kabupaten Karawang dan sekitarnya.

## 4 KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

- Indeks Kelenghasan Lahan (IKL) yang diperoleh dari hasil Transformasi Komponen Utama pertama terhadap indeks NDSI, NDVI, dan NDWI MODIS merupakan parameter terbaik dari data MODIS untuk menduga Kelenghasan Lahan (KL) dibandingkan dengan penggunaan kombinasi reflektansi kanal 1, 2, dan 6 MODIS dengan persamaan:

$$IKL = 0.484 * NDSI + 0.687 * NDVI + 0.542 * NDWI$$

- Distribusi spasial kelenghasan lahan dapat dibuat dengan menggunakan IKL dengan model pendugaan :

$$KL = 172.2145 * \exp(-0.76102 / IKL)$$

### 4.2 Saran

Verifikasi dan validasi model perlu dilakukan untuk memperoleh model pendugaan yang konsisten dan

tingkat keakuratan yang lebih tinggi. Kelenghasan lahan dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk menentukan kondisi kekeringan dan penentuan awal musim tanam tanaman pertanian, terutama tanaman padi.

## DAFTAR RUJUKAN

- Adiningsih, E.S., dkk., 2000. *Penentuan awal musim tanam menggunakan data satelit lingkungan dan cuaca di pulau Jawa*. Prosiding Seminar Internasional Penginderaan Jauh dalam Pengembangan Ekonomi dan Pelestarian Lingkungan Hidup", Jakarta, 11-12 April.
- Adiningsih, E.S., dkk., 2004. *Aplikasi Analisis Komponen Utama dalam Pemodelan Penduga Lengas Tanah dengan Data Satelit Multispektral*. Jurnal Matematika dan Sains. Vol 9, No.1, Maret.
- Dirgahayu, D., dkk., 1997. *Penggunaan Data Radar Dan Optik untuk Mem-*

- prediksi Kelengasan Lahan (Studi /Casus pada Areal Tanaman Tebu),* Proyek Perencanaan dan Peningkatan Kelatalaksanaan, LAPAN, Jakarta.
- Dirgahayu, D., dan Hidayat, 2001. *Informasi Sebaran Spasial Kelengasan Lahan Menggunakan Data Inderaja Landsat TM.* Majalah Ilmiah Keteknikan dan Pertanian KULTUM, No. 25, IX<sub>f</sub> Juni. Universitas Muhammadiyah, Jakarta.
- Dirgahayu, D., 2005. *Model Pendugaan Kelengasan Lahan Sawah Menggunakan Data AfOD/S.* Prosiding (Buku II) PIT XIV Surabaya, Tgl 14-15 September. ITS, Surabaya.
- Morisson, D.F., 1990. *Multivariate Statistical Method*, 3ed. McGrawHill Publishing Company, Singapura.
- Steel, R, dan R. Tome, 1991. *Prinsip dan Prosedur Statistika*, Suatu Pendekatan Biometrik (terjemahan). PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wang, X., 2005. *Relation between Ground-based Soil Moisture and Satellite Image-based NDVI.* Earth and Environmental Science Department. University of Texas at San Antonio.

Lampiran 1

**LENGAS LAHAN SAWAH PADA DASARIAN 2 AGUSTUS 2005 DI PROPINSI JAWA TIMUR**

