

## **RESPONS VARIASI SPASIAL, SPEKTRAL DAN TEMPORAL DARI VEGETASI DAN TANAH TERHADAP NILAI BEBERAPA INDEKS VEGETASI**

Spatial, Spectral, and Temporal Responses from Vegetation and Soil to  
Vegetation Indices Values

**F. Puturu**

Program Studi Ilmu Tanah Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Pattimura

---

### **ABSTRACT**

Puturu, F. 2008. Spatial, Spectral, and Temporal Responses from Vegetation and Soil to Vegetation Indices Values. *Jurnal Budidaya Pertanian* 4: 21-28.

One benefit of the applications of remote sensing image which is very good is for the estimation of crop biomass above the surface of soil and crop from various scales of geography. Gyration of space of area, daily time coverage, and low expense factors enable one to estimate biomass annually and seasonally. The purposes of this article are: firstly, for checking the information contained in the brightness and wetness indices in relevant with characteristic of the soil and various canopy gratuity. Secondly, for evaluating effects of various spectral resolutions from dampness and soil texture to Green Vegetation Index (GVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for target on the amount of special vegetations and various characteristics of soil. Thirdly, for better comprehension of the parameter of the surface of soil influencing Microwave Polarization Difference Index (MPDI), and for determining various spatial, spectral and seasonal (temporal) responses to values of MPDI-NDVI from areas which are cultivated intensively. Wetness and brightness are estimated by using index of brightness of Tasseled Cap (BI) and make an index of wetness (WI). Model with two simple components from the reflectance of green vegetation and soil is applied for simulation effects of three soil texture type (sand, silt and clay) and two classes of dampness of the soil to estimate wetness, greenness and brightness values. Research results indicate that for the same vegetation gratuity (cover vegetations) class, target with wetter soil show higher value of NDVI level than target with drier soil. On the contrary, the GVI is less influenced by various characteristics of soil. MPDI for areas which are cultivated intensively shows dampness and information on vegetation status from surface of soil. Time series analysis indicates that MPDI vary more during the early stage of planting season, on the contrary NDVI vary more during the end phase of planting season.

*Key words:* Spatial, spectral, temporal, vegetation indices

---

### **PENDAHULUAN**

Salah satu aplikasi yang sangat berguna dari citra penginderaan jauh adalah untuk

estimasi biomasa tanaman di atas permukaan tanah dan atau tanaman penutup dari berbagai skala geografi. Untuk skala benua atau global, *Advanced Very High Resolution Radiometer*

(AVHRR) saat ini merupakan satu-satunya pilihan realistik untuk estimasi biomasa. Kisaran ruang yang luas, cakupan waktu harian, dan biaya rendah memungkinkan dilakukannya estimasi produksi biomasa secara tahunan dan musiman. Keterbatasannya meliputi resolusi spasial yang cukup besar (1 km) dan sedikitnya saluran reflektan spektral (satu tampak mata dan satu mendekati inframerah). Biomasa dari berbagai daerah geografi yang luas terutama telah diestimasi dengan menggunakan *Normalized Difference Vegetation Indeks* (NDVI), yaitu didasarkan pada rasio saluran dekat infra merah dan merah (Rouse *et al.*, 1973 dalam Todd & Hoffer, 1998).

Variasi dalam biomassa vegetasi hijau pada beberapa daerah yang kecil dengan karakteristik tanah yang heterogen dengan menggunakan sensor TM dapat ditentukan oleh resolusi spektralnya. Salah satu masalah utama dalam menentukan kuantitas vegetasi hijau dengan menggunakan sensor satelit adalah bahwa resolusi spasial dari sensor tersebut umumnya lebih besar daripada obyek vegetasi. Tanah mempunyai karakteristik pola reflektan yang mudah dibedakan pada panjang gelombang inframerah tengah, infra merah dekat dan tampak mata. Pola reflektan tanah umumnya linear dengan meningkatnya reflektan karena peningkatan panjang gelombang dari tampak mata ke inframerah tengah (Todd & Hoffer, 1998).

Karakteristik pola reflektan tanah dapat dengan mudah dibedakan dari vegetasi hijau (Bartolucci *et al.*, 1977). Reflektan vegetasi hijau adalah rendah untuk band tampak mata khususnya merah, dengan peningkatan yang tajam pada reflektan di bagian spektrum inframerah dekat. Reflektan juga rendah pada wilayah inframerah tengah yang berasosiasi dengan absorpsi air. Sifat fisik vegetasi bervariasi berdasarkan pada spesies tanaman, stress lingkungan, dan fenologi. Kandungan uap air dan pigmentasi akan berubah ketika tanaman semakin tua. Kehilangan pigmentasi klorofil akan menghasilkan reflektan tampak mata yang lebih tinggi, khususnya pada wilayah merah dari spektrum (Hoffer, 1978). Tumbuhan yang kering juga akan meningkat-

kan reflektan tampak mata dan inframerah tengah.

Daya reflektan, penghamburan, transmisi dan penyerapan dapat dimodelkan berdasarkan pada sifat fisik dari tanah dan kanopi tanaman (Suits, 1972; dalam Todd & Hoffer, 1998). Model ini dikembangkan untuk kanopi tanaman yang homogen dengan mengasumsikan daun yang naik secara acak atau sembarang atau tetap (Verhoeff dan Bunnik, 1981 dalam Todd & Hoffer, 1998).

Penelitian yang dilakukan oleh Huete *et al.* (1985) memberikan beberapa pandangan terhadap keterbatasan NDVI dan GVI untuk mengestimasi penutup vegetasi, penelitian ini hanya memfokuskan pada variasi kecerahan tanah. Dalam data TM, karakteristik reflektan tanah yang terdistribusi pada suatu bidang ditentukan oleh kebasahan demikian juga kecerahan.

Berdasarkan pada pengukuran lapangan dan pengamatan citra satelit, NDVI sangat berkorelasi dengan jumlah penutup vegetasi (Tucker *et al.*, 1979 dalam Teng *et al.*, 1995) dan variasi musiman dalam penyebaran vegetasi (Goward *et al.*, 1985 dalam Teng *et al.*, 1995). NDVI terbukti berguna dalam mengklasifikasikan tipe penutup tanah (Tucker *et al.*, 1985 dalam Teng *et al.*, 1995) dan dalam memonitor perkembangan tanaman pangan serta lamanya musim pertumbuhan (Gallo & Flesch, 1989). Seri waktu musiman NDVI umumnya mengikuti pertumbuhan dan penuaan tanaman pangan.

*The Microwave Polarization Difference Index* (MPDI) dan Indeks NDVI digunakan sebagai indikator vegetasi pada berbagai penelitian kelembaban tanah (Teng *et al.*, 1995). Secara umum, MPDI adalah lebih sensitif terhadap penutup vegetasi pada daerah dengan vegetasi jarang, sementara NDVI adalah lebih sensitif pada daerah dengan vegetasi padat (Choudhury dan Tucker, 1987 dalam Teng *et al.*, 1995).

Tujuan penelitian ini adalah membahas pertama efek variasi resolusi spektral dari tekstur tanah dan kelembaban terhadap indeks vegetasi hijau (GVI) dan indeks vegetasi perbedaan normal (NDVI) untuk target dengan

jumlah penutup vegetasi khusus dan variasi tanah; *kedua* parameter yang ada di permukaan tanah yang mempengaruhi MPDI dan *ketiga* menentukan variasi spasial, spektral dan musiman (temporal) terhadap nilai MPDI-NDVI dari daerah yang ditanami secara insentif.

**METODE**

1. Reflektan komposit (tanah dan vegetasi hijau) diestimasi dengan menggunakan model dua komponen sederhana (Jasinski dan Eagleson, 1989 dalam Todd & Hoffer, 1998) seperti dirumuskan di bawah ini, dengan mengasumsikan bahwa pengamatan dilakukan dari nadir, matahari dekat dengan zenith, dan komponen tanah dan vegetasi mempunyai kontribusi secara proporsional terhadap reflektan total.

$$R(I) = mR_c(I) + (1-m)R_s(I)$$

dimana *I* adalah panjang gelombang, *m* adalah persentase piksel yang tercakup pada kanopi, *1-m* adalah persentase piksel yang tercakup oleh tanah, *R<sub>c</sub>(I)* adalah reflektan rata-rata dari vegetasi pada suatu piksel, dan *R<sub>s</sub>(I)* adalah reflektan rata-rata dari tanah dari suatu piksel.

2. Komponen tanah dan vegetasi dimodelkan sebagai campuran non interaksi dan linear. Variasi dalam tipe tanah dan kandungan uap air memberikan variasi dalam propertis reflektan tanah. Propertis reflektan vegetasi adalah propertis untuk vegetasi yang sehat dan hijau saja.
3. Nilai reflektan dihasilkan dari kurva reflektan spektral tanah dan vegetasi seperti yang telah dijelaskan oleh Hoffer (1978). Kurva vegetasi dan tanah dasar dari Bartolucci *et al.* (1977) dipakai dalam penelitian ini, selain itu juga kurva reflektan untuk tanah dengan kandungan uap air tinggi dan rendah: pasir Chelsea pada 0 hingga 4 persen dan 22 hingga 32 persen uap air, lempung Pemroke pada 2 hingga 6 persen dan 35 hingga 40 persen uap air (Hoffer & Johannsen, 1969), dan lempung Netonia pada 0,8 persen dan 20,2 persen kandungan air (Bowers & Hanks,

1965). Hubungan aktual dari nilai DN dan reflektan persen akan dipengaruhi oleh propertis atmosfer seperti sudut matahari dan fungsi respon detektor. Nilai DN dihasilkan untuk data 8 bit sehingga indeks spektral akan menghasilkan nilai pada kisaran yang khas dari data TM aktual. Nilai reflektan dikalikan 255 untuk tujuan ini.

4. Setelah nilai DN disimulasikan untuk semua penutup kanopi, nilai NDVI, *Brightness Index* (BI), GVI, dan *Wetness Index* (WI) dihasilkan dari persamaan berikut:

$$NDVI = (TM4-TM3)/TM4+TM3$$

$$Bi \text{ (Landsat 5)} = 0.2909(TM1) + 0.2493(TM2) + 0.4806(TM3) + 0.5568(TM4) + 0.4438(TM5) + 0.1706(TM7)$$

$$GVI*(Landsat 5) = -0.2728(TM1) - 0.2174(TM2) - 0.5508(TM3) + 0.7221(TM4) + 0.0733(TM5) - 0.1648(TM7)$$

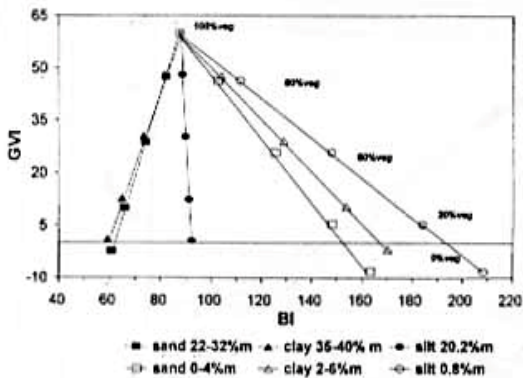
$$WI*(Landsat 5) = 0.1446(TM1) + 0.1761(TM2) + 0.3322(TM3) + 0.3396(TM4) - 0.6210(TM5) - 0.4186(TM7)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

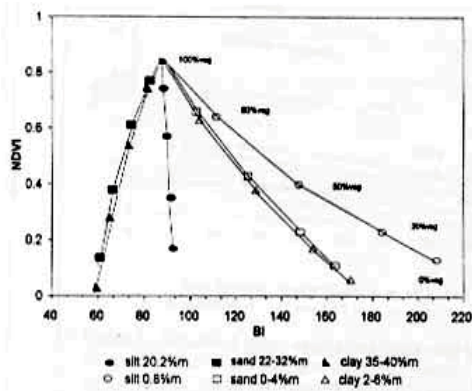
**Respon Brightness Index (BI)**

Tanah liat, lempung dan pasir yang lembab berhubungan dengan nilai BI yang rendah. Lempung dengan kandungan uap air 0,8 persen menunjukkan nilai BI yang paling tinggi untuk semua vegetasi yang menutupi hingga 80 persen. Indeks kebasahan dan kecerahan menunjukkan pola respon yang dapat diidentifikasi relatif terhadap variasi penutupan vegetasi. Nilai kecerahan akan meningkat atau menurun dengan meningkatnya penutup vegetasi tergantung pada nilai kecerahan tanah awal tanpa vegetasi. Sebagai contoh, BI akan menurun ketika presentase penutup naik untuk tanah kering dengan reflektan tinggi (pasir, 0 hingga 4 persen uap

air; lempung 0,8 persen uap air; dan liat, 2 hingga 6 persen uap air), karena nilai kecerahan dari vegetasi adalah jauh lebih kecil daripada tanah yang berada di bawahnya. Untuk lempung dan pasir yang lembab dengan refleksi rendah, BI akan meningkat sedikit ketika penutup vegetasi meningkat, yang mengindikasikan bahwa tanah ini adalah lebih gelap (tidak mengkilap) dibandingkan vegetasi. Lempung lembab menunjukkan nilai BI yang sama dengan vegetasi hijau (Gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Hubungan nilai GVI dan BI dari tanah dan Vegetasi

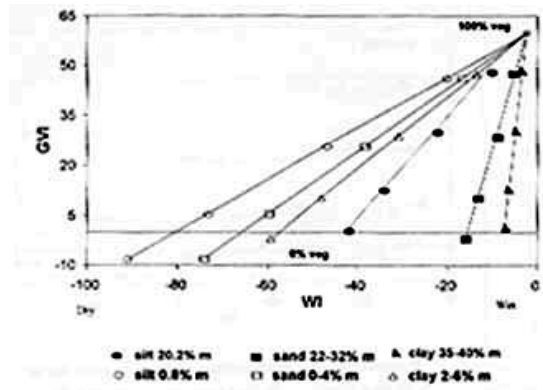


Gambar 2. Hubungan nilai NDVI dan BI dari Tanah dan Vegetasi

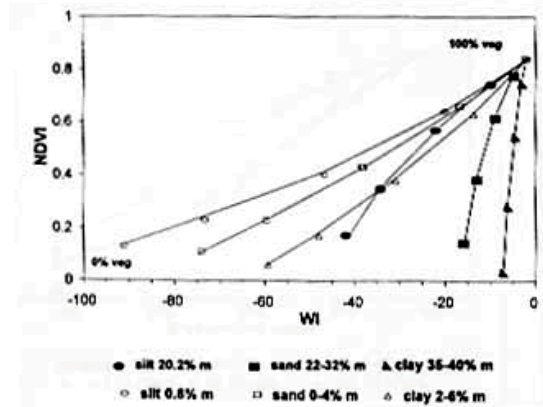
### Respon Wetness Index (WI)

Tanah liat, lempung dan pasir lembab berkaitan dengan nilai WI yang tinggi (kurang negatif). Nilai indeks kebasahan secara konsisten meningkat ketika penutup vegetasi

meningkat terhadap semua enam kombinasi tanah: tiga tekstur tanah, pada dua kandungan kelembaban masing-masing. Tanah kering merespon secara paling tajam. Tanah lembab menunjukkan nilai kebasahan yang rendah daripada pasir atau liat untuk penutup vegetasi hingga 80 persen. Perbedaan dalam tipe tanah umumnya kurang penting dibandingkan dengan perbedaan dalam kandungan uap dari tanah, dalam pengaruhnya pada WI (Gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Hubungan nilai GVI dan WI dari



Gambar 4. Hubungan nilai NDVI dan WI dari Tanah dan Vegetasi

### Variasi Spektral Terhadap GVI

Nilai GVI meningkat dengan meningkatnya penutup vegetasi (Gambar 5). Nilai GVI menjadi kurang variasi ketika persen penutup vegetasi meningkat. Pada penutup

vegetasi 0 persen, pasir kering dan tanah menghasilkan nilai GVI paling rendah. Nilai GVI awal paling tinggi adalah pasir lembab dan tanah. Variasi dalam nilai GVI meningkat ketika penutup vegetasi meningkat. Pada penutup 80 persen, nilai GVI untuk enam kombinasi tiga tanah pada dua kandungan uap adalah hampir sama. Variasi tanah hanya mempunyai dampak minor terhadap nilai GVI, yang umumnya terdistribusi paralel terhadap sumbu kebasahan dan kecerahan untuk semua nilai penutup vegetasi. Untuk penutup vegetasi rendah, latar belakang tanah kering atau cerah menurunkan nilai GVI untuk penutup vegetasi yang sama. Penurunan ini terlihat paling jelas untuk pasir lanau dan paling tidak jelas untuk tanah lempung.

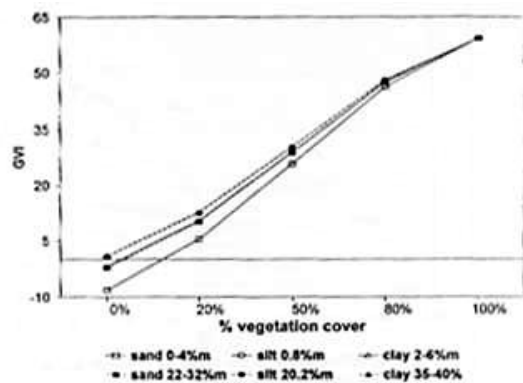
GVI, sejalan dengan BI dan WI, memberikan karakteristik yang penting tentang: kehijauan, kecerahan dan kebasahan. Penggunaan tiga indeks *Tasseled Cap* memberikan kesempatan untuk memahami secara lebih baik dinamika variasi spektral pada *landscape* dalam kaitannya dengan komponen vegetasi dan tanah heterogen daripada indeks tunggal kehijauan.

Dengan menggunakan pengukuran reflektan di lapangan (Huete *et al.*, 1985 dalam Todd & Hoffer, 1998) mendapatkan nilai GVI band enam lebih tinggi untuk target vegetasi yang mempunyai latar belakang tanah dengan refleksi tinggi. Efek pengaruh tanah meningkat hingga 60 persen dari penutup vegetasi. Hal ini menunjukkan bahwa respon spektral tanah mungkin tergantung pada sifat penghamburan atau daya transmisi dari radiasi inframerah dekat oleh kanopi yang berada di atas. Peningkatan reflektan inframerah dekat total tanpa dibarengi penurunan dalam reflektan merah, seharusnya secara teori meningkatkan nilai GVI berdasarkan pada nilai koefisien untuk panjang gelombang inframerah dan merah.

### Variasi Spasial dan Temporal Terhadap MPDI

Teng *et al.* (1995) penelitiannya terfokus pada kecendrungan musiman, rata-rata bulanan digunakan untuk meminimalkan

hadirnya noise dalam kurva time series. Nilai bulan Mei sesuai dengan kondisi kelembaban lapangan, meningkat dari tahun kekeringan 1988 ke tahun normal 1989, ke tahun basah 1990. Pada tahun 1990, presipitasi yang kuat selama bulan Mei dan Juni mengarahkan pada penundaan penanaman demikian juga banjir. Nilai minimum dari kurva MPDI pada bulan Juli – Agustus cukup konstan dari tahun ke tahun. Namun demikian, nilai minimum pada tahun 1990 dicapai sekitar sebulan kemudian (lebih lambat) daripada tahun yang lain.

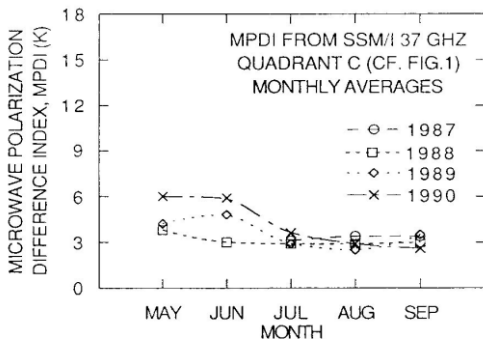


Gambar 5. Nilai GVI - TM simulasi untuk lempung, lanau, pasir pada dua kandungan kelembaban, untuk penutupan vegetasi.

Secara umum, kurva MPDI mempunyai maksimum pada awal bulan penanaman (Mei), penurunan secara tajam ke arah minimum pada penutup kanopi puncak (Juli-Agustus), dan peningkatan yang pelan-pelan selama pematangan, penuaan dan panen (Agustus-September). Kecenderungan ini sesuai dengan harapan, misalnya perbedaan polarisasi meningkat dengan peningkatan kelembaban tanah dan menurun dengan peningkatan vegetasi penutup. Pada bulan Mei, sebagian besar lahan tanpa tanaman, efek kelembaban akan mendominasi, dan MPDI haruslah tinggi. Selama periode penutup kanopi puncak, efek vegetasi mendominasi dan MPDI haruslah rendah. Antara bulan Mei dan periode penutup kanopi puncak dan setelah itu, ada lahan yang kosong dan bervegetasi serta terjadi campuran antara efek kelembaban dan vegetasi. Akhir-

nya, pengurangan kanopi saat vegetasi tua adalah lebih gradual daripada peningkatan kanopi selama tahap awal penanaman; jadi, kurva MPDI harus lebih tajam dibandingkan setelah penutup kanopi puncak. Ada faktor-faktor lain yang mungkin berkontribusi terhadap MPDI, seperti efek atmosfer, awan, dan kekasaran permukaan (Tucker, 1989).

Gambar 6 menunjukkan penurunan efek kelembaban tanah dengan meningkatnya penutup vegetasi. Pada daerah campuran tanaman musim panas dan dingin (misalnya kuadran C), umumnya tanah ditanami sepanjang musim. Pada semua kasus, posisi relatif dari kurva tahun 1988 hingga 1990 umumnya berlaku untuk setengah pertama dari musim ini. yaitu, tahun basah 1990 mempunyai nilai tertinggi, dan tahun kering 1988 mempunyai nilai terendah.

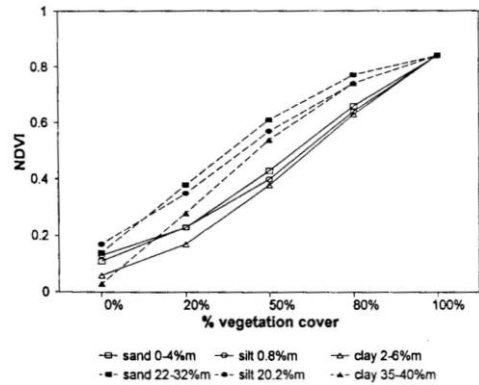


Gambar 6. Time seri MPDI (37 GHz) pada kuadran C

**Variasi Spektral dan Temporal Terhadap NDVI**

Seperti diharapkan, NDVI meningkat dengan meningkatnya persen penutup vegetasi (Gambar 7). Variasi dalam nilai NDVI meningkat ketika persen penutup vegetasi meningkat dari 0 persen menjadi 20 persen. Untuk penutup vegetasi antara 20 persen dan 80 persen, nilai NDVI adalah lebih tinggi untuk tanah yang lebih lembab daripada tanah yang lebih kering pada persentase vegetasi yang sama. Variasi dalam NDVI adalah paling rendah untuk penutup kanopi tinggi atau

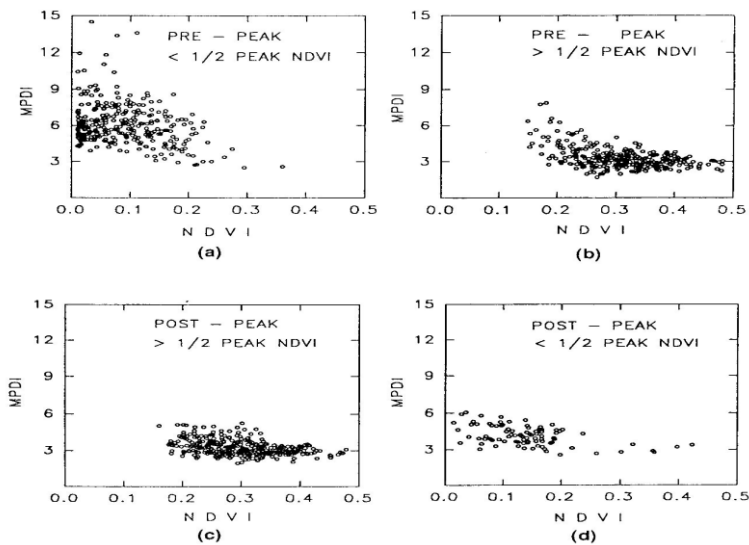
rendah. Perbedaan dalam tipe tanah adalah kurang penting dibandingkan dengan perbedaan dalam kelembaban tanah, jika dikaitkan dampaknya terhadap NDVI.



Gambar 7. NDVI - TM Simulasi untuk pasir, lanau, lempung pada dua kandungan uap air dan penutup vegetasi.

Terlihat tidak ada efek tanah pada penutup vegetasi 100 persen pada model komponen campuran sederhana karena tanah bukanlah komponen tanda pada penutup vegetasi 100 persen. Karakteristik g tanah sangat mempengaruhi nilai NDVI.

Hubungan MPDI-NDVI adalah tidak simetris sekitar tanggal puncak NDVI; yaitu, MPDI lebih bervariasi selama tahap awal musim pertumbuhan (Gambar 8a dan b) dibandingkan pada saat pematangan dan penuaan (Gambar 8c dan d). Variasi musiman ini nampaknya dikarenakan kelembaban tanah yang lebih besar dan perubahan vegetasi selama periode pertumbuhan tanaman dibandingkan selama periode penuaan tanaman. Hasil dari penelitian ini yang menunjukkan bahwa MPDI tidak memberikan informasi yang banyak untuk daerah dengan tanaman padat adalah pada dasarnya konsisten dengan kesimpulan Tucker (Teng *et al.*, 1995).



Gambar 8. Pemisahan empat tahapan musim pertumbuhan tanaman, efek musim pada MPDI – NDVI: a) penanaman, b) Pertumbuhan, c) Dewasa, dan d) Pemungutan hasil

### KESIMPULAN

1. Bahwa nilai kecerahan (BI) akan menurun ketika presentase penutup naik untuk tanah kering dengan reflektansi tinggi (pasir: 0-4 persen uap air; lempung: 0,8 persen uap air; liat: 2-6 persen uap air). Untuk liat dan pasir yang lembab dengan refleksi rendah, BI akan meningkat sedikit ketika penutupan vegetasi meningkat, indikasinya bahwa tanah ini adalah lebih gelap dibandingkan vegetasi.
2. Nilai GVI meningkat dengan meningkatnya penutup vegetasi. Untuk penutup vegetasi rendah, tanah kering atau cerah menurunkan nilai GVI untuk penutup vegetasi yang sama. Penurunan ini terlihat paling jelas untuk pasir lempung dan paling tidak jelas untuk tanah liat.
3. NDVI berkaitan dengan perbedaan iklim dan geografi, sementara itu MPDI berkaitan dengan perubahan fenologi tanaman dan meteorologi lokal. Pada semua kasus, MPDI lebih bervariasi pada daerah dengan vegetasi jarang atau selama tahap awal dari musim pertumbuhan tanaman, dan NDVI lebih bervariasi pada daerah dengan vegetasi padat

atau selama tahap akhir dari musim tersebut.

4. Variasi musiman dari MPDI dan NDVI menunjukkan bahwa penggunaan yang sinergistik dari kedua indeks adalah sangat menguntungkan, apakah untuk penelitian efek vegetasi terhadap kelembaban tanah, untuk memonitor kondisi vegetasi dan dinamika model global atau aplikasi pertanian, atau untuk menilai kejadian cuaca episodik seperti kekeringan dan banjir. Jadi, MPDI harus lebih berguna selama tahap awal dan pada akhir musim pertumbuhan, dan NDVI harus lebih berguna untuk periode di antaranya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bowers, S.A. & R.J. Hanks. 1965. Reflection of radiant energy from soil. *Soil Science* 100:130-138.
- Bartolucci, L.A., B.F. Robinson & L.F. Silva. 1977. Field measurement of the spectral response of natural waters, *Photogrametric Engineering & Remote Sensing*. *Photogrametric Engineering & Remote Sensing* 43(5): 595-598.

- Gallo, K.P. & T.K. Flesch. 1989. Large-area crop monitoring with the NOAA AVHRR: Estimating the Silking stage of corn development. *Remote Sensing of Environ.* 27(1): 73-80.
- Hoffer, R.M. & C.J. Johannsen. 1969. Ecological potentials in spectral signature analysis, *Remote Sensing in Ecology*, P.C. Johnson, editor, University of Georgia Press, Athens.
- Hoffer, R.M. 1978. Biological and Physical consideration in applying computer-aided analysis techniques to Remote Sensor data, *Remote Sensing: The Quantitative Approach*. New York
- Huete, A.R., R.D. Jackson & D.F. Post. 1985. Spectral response of a plant canopy with different soil Backgrounds. *Remote Sensing of Environ.* 25: 295-305.
- Todd, S.W. & R.M. Hoffer. 1998. Responses of Spectral Indices to Variations in Vegetation Cover and Soil Background. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 64(9):915-921.
- Teng, W.L, P.C. Doraiswamy & J.R. Wang, 1995. Temporal Variations of the Microwave Polarization Difference Index and its Relationship to Normalized Difference Vegetation Index in a Densely Cropped Area. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 61(8):1033-1040.
- Tucker, C.J. 1989. Comparing SMMR and AVHRR data for drought monitoring. *International Journal of Remote Sensing* 227(4685): 369-375.