

**INDERAJA
UNTUK MENGAJI KEKERINGAN DI LAHAN
PERTANIAN**

***Remote Sensing for Drought Assessment on Agricultural
Land***

Rizatus Shofiyati dan Dwi Kuncoro G.P.

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

ABSTRACT

Remote sensing provides an efficient technology with capabilities of capturing, generating and analyzing the spatial data. Integrating two analysis of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Wetness of Tasseled cap transformation (TCT) or Brightness Temperature (BT) have been applied for identifying and assessing agricultural drought. Spectral signature derived from Landsat satellite data is also very effective for recognizing condition of vegetation that can be implemented for drought identification. The researches have been conducted in agricultural land located in Citarum Watershed and Northern Coast of West Java Province, and Brantas Watershed, East Java Province, which are known as a central areas of rice production in which some locations are suffered by drought. The results of the analysis showed that remote sensing data could be used to identify, assess, and monitor drought on agricultural land. The information of distribution on condition of that derived from satellite data analysis could give the alternatives to anticipate the efforts in accordance with its condition.

Keywords : remote sensing, agricultural drought, wetness, NDVI, Brightness Temperature, spectral signature

PENDAHULUAN

Kekeringan merupakan fenomena musiman biasa bagi Indonesia yang memiliki dua musim, hujan dan kemarau. Akan tetapi dampak yang ditimbulkannya sangat besar terutama di bidang pertanian, mulai dari penurunan luas tanam, luas panen, produktivitas sampai kualitas hasil. Dengan adanya penyimpangan iklim yang sering terjadi akhir-akhir ini dan cenderung menunjukkan frekuensi yang semakin tinggi (interval semakin pendek), menimbulkan daerah yang terkena dampak kekeringan semakin luas.

Berbagai upaya pengamanan produksi tanaman pangan dari kejadian fenomena iklim tersebut perlu dilakukan. Informasi sebaran daerah yang terkena kekeringan secara spasial menjadi sangat penting untuk mempermudahantisipasi dampak yang ditimbulkan dengan penanganan yang lebih terencana. Data sebaran daerah endemi kekeringan tersebut dapat digunakan sebagai informasi peringatan dini yang memungkinkan pemerintah dan masyarakat dapat menyusun skenario pendayagunaan kondisi tersebut sebagai potensi untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas hasil pertanian.

Pemanfaatan data penginderaan jauh (inderaja) secara *time-series* dapat digunakan untuk mengkaji karakteristik kondisi daerah endemi kekeringan secara geografis. Inderaja menawarkan keunggulan teknologi dengan kemampuan merekam, menghasilkan, mengamati, dan menganalisis data secara spasial, seri waktu, dapat meliputi areal yang luas dan terpencil. Dengan kemampuannya, inderaja dapat digunakan untuk memonitor kondisi lingkungan yang telah lama terjadi, sekarang, maupun di masa yang akan datang.

Hampir semua aplikasi inderaja berdasarkan pada metode membedakan sebuah obyek terhadap obyek sekitarnya dengan menggunakan sifat pancaran gelombang elektromagnetik. Data inderaja ini telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan di bidang pertanian. Inderaja untuk bidang pertanian umumnya dilakukan dengan menggunakan gelombang sinar tampak, *near infra red (NIR)*, dan *thermal infrared*. Umumnya pendekatan yang dilakukan dengan melihat karakter spektral dari tutupan vegetasi yang berbeda yang dapat menunjukkan kondisi lahan dan tanaman.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa informasi yang diperoleh dari data inderaja sangat berguna untuk mengidentifikasi, memantau, dan mengkaji kekeringan. Hasil

penelitian Prathumchai *et. al.* (2001) menunjukkan keterusan kekeringan dapat dianalisis dari data JERS. Penelitian dengan mengkombinasikan perhitungan NDVI dan *Brightness Temperature* dari band thermal (band 6) Landsat TM yang dilakukan Lertlum (1997) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kekeringan. Dengan mengkombinasikan data Sistem Informasi Geografi, seperti sifat biofisik lingkungan, dan data satelit Landsat TM, tingkat kerawanan kekeringan dapat diklasifikasikan dengan menggunakan sistem *scoring* (Wahyunto *et. al.*, 2003). Demikian juga dengan kondisi kekeringan, penelitian dengan menggunakan NOAA AVHRR, Landsat TM, dan data SIG geofisik lingkungan yang dilakukan Shofiyati (2000) menunjukkan hasil yang cukup signifikan untuk memetakan daerah yang mengalami kekeringan akibat El Nino tahun 1997. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian – BBSDLP (d.h. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat - Puslitbangtanak) telah melakukan penelitian dan kajian penggunaan data inderaja untuk memetakan kekeringan di lahan pertanian sejak tahun 1999. Aplikasi ini sudah diterapkan juga oleh Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) – Departemen Pertanian bekerjasama dengan BBSDLP, BPPT, dan LAPAN untuk memetakan kekeringan di lahan-lahan pertanian tahun 2002 dan 2003, terutama di Pulau Jawa.

Dalam artikel ini dibahas hasil-hasil aplikasi metode pengolahan data satelit dengan menggunakan pola spektral, TCT, NDVI, dan BT untuk mengidentifikasi, mengkaji, memetakan, dan memonitor kekeringan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh BBSDLP disajikan sebagai contoh studi kasus pada artikel ini, yaitu 1) DAS Citarum dan Pantai Utara Provinsi Jawa Barat sebagai lokasi penelitian yang meliputi Kabupaten Bekasi, Karawang, Subang, Indramayu, dan Cianjur (Wahyunto *et. al.*, 2003); dan 2) DAS Brantas bagian hulu, yang meliputi Kabupaten Malang, Blitar, Trenggalek dan Tulungagung (Shofiyati, 2001). Kedua daerah ini merupakan daerah sentra padi, dimana beberapa lokasi hampir setiap tahun mengalami masalah kekeringan.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat dari radiasi saat berinteraksi dengan obyek menimbulkan perbedaan penampakan obyek pada citra. Jika radiasi tidak dihablurkan dan diserap atmosfer dapat mencapai permukaan bumi dan berinteraksi melalui beberapa cara, antara lain : penyerapan (absorpsi), transmisi, pemantulan (refleksi),

dan pemancaran. Besarnya energi pada ketiga interaksi ini tergantung pada panjang gelombang energi dan material serta kondisi materialnya. Panjang gelombang yang digunakan dalam penginderaan jauh yaitu Ultraviolet, merupakan gelombang terpendek; Cahaya tampak, yang berkisar dari 0,4 sampai 0,7 μm berturut-turut ungu, biru, hijau, kuning, jingga dan merah; dan Infra merah, berkisar antara 0,7 – 100 μm (Wilkie and Finn, 1996).

Terdapat beberapa metode sebagai dasar analisis data inderaja untuk identifikasi kekeringan dengan menggunakan pendekatan kombinasi karakter beberapa spektral. Berikut ini disampaikan tinjauan singkat mengenai Transformasi Tasseled Cap (*Tasseled Cap Transformation* - TCT), Indeks Vegetasi, dan *Brightness Temperature* (BT).

Transformasi *Tasseled Cap* (TCT)

Transformasi *Tasseled Cap* (*Tasseled Cap Transformation* - TCT) merupakan formula matematik untuk menghitung tingkat kecerahan (*brightness*), kehijauan (*greenness*), dan kelembaban (*wetness*) dari angka-angka digital di setiap band (band 1 hingga band 5 dan band 7) pada citra Landsat. TCT pertama kali diperkenalkan oleh Kauth dan Thomas (1976) dari Landsat MSS. Selanjutnya TCT disempurnakan oleh Crist dan Cicone (1984) dengan menggunakan data Landsat TM.

Nilai-nilai dalam TCT yaitu *Brightness*, *Greenness*, dan *Wetness* bisa digunakan dalam menganalisis kekeringan. Formulasi matematis ketiga komponen TCT tersebut dinyatakan dalam tiga persamaan berikut :

$$\text{Brightness} = 0,3037B1 + 0,2793B2 + 0,4743B3 + 0,5585B4 + 0,5082B5 + 0,1863B7$$

$$\text{Greenness} = -0,2848B1 - 0,2435B2 - 0,5436B3 + 0,7243B4 + 0,0840B5 - 0,1800B7$$

$$\text{Wetness} = 0,1509B1 + 0,19731B2 + 0,3279B3 + 0,3406B4 - 0,7112B5 - 0,4572B7$$

dimana B1 = Band1, B2= Band2, B3= Band3, B4= Band4, B5= Band5, B7= Band7.

Indeks Vegetasi (IV)

Perhitungan tingkat kehijauan dengan metode TCT hanya bisa diaplikasikan dengan data satelit Landsat saja. Metode lain untuk menentukan tingkat kehijauan adalah Indeks Vegetasi.

Indeks vegetasi merupakan perhitungan secara kuantitatif yang digunakan untuk menghitung biomasa atau kondisi vegetasi. Umumnya dibuat dengan menggunakan kombinasi dari beberapa band spektral. Indeks vegetasi yang paling sederhana adalah rasio antara pantulan *near infrared* (NIR) dan sinar merah. Terdapat banyak metode untuk menghitung indeks vegetasi. Indeks vegetasi yang umum dan banyak digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Ray, 1995). Indeks ini sederhana dan mempunyai nilai range yang dinamis dan sensitif yang paling bagus terhadap perubahan tutupan vegetasi, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{red}) / (\text{NIR} + \text{red})$$

Perhitungan perbandingan sifat respon obyek terhadap pantulan sinar merah dan NIR dapat menghasilkan nilai dengan karakteristik khas yang dapat digunakan untuk memperkirakan kerapatan atau kondisi kanopi/kehijauan tanaman. Tanaman yang sehat berwarna hijau mempunyai nilai indeks vegetasi tinggi. Hal ini disebabkan oleh hubungan terbalik antara intensitas sinar yang dipantulkan vegetasi pada spektral sinar merah dan NIR.

Brightness Temperature (BT)

Suhu merupakan faktor pengontrol yang penting pada proses fisika, kimia, dan biologi di permukaan bumi. Suhu sebagai variabel iklim utama dan parameter kunci yang dapat digunakan untuk mengontrol perubahan energi panjang gelombang melalui atmosfer yang dipengaruhi kondisi permukaan obyek lain, seperti kelembaban permukaan, kondisi dan tutupan vegetasi. Spektral yang dapat digunakan untuk mengkaji kondisi suhu pada obyek di permukaan bumi adalah spektral thermal. Penggunaan *spektral thermal* ini dapat dilakukan dengan analisis brightness temperature. *Brightness temperature* (BT) adalah perhitungan dari intensitas radiasi thermal yang diemisikan oleh obyek. Satuan yang digunakan adalah satuan suhu, sebab terdapat korelasi antara intensitas radiasi yang diemisikan dan suhu fisik dari badan radiasi, dimana diasumsikan bahwa emisi radiasi pada permukaan obyek berwarna hitam adalah 1,0.

Hubungan antara radiasi dan suhu dibuat oleh Planck's Law (Monteith and Unsworth, in Cresswell *et al.*, 1999). Untuk interpretasi data inderaja, transformasi persamaan Planck's Law yang digunakan sebagai berikut :

$$T = C_2 / (\log (1 + \lambda^5 B / C_1))$$

dimana B = radiasi spectral (Wm^{-2}) pada panjang gelombang λ ; C_1 dan C_2 = konstanta ($C_1 = 3.74^8 \cdot 10$, $C_2 = 1.439 \times 10^4$);
T = suhu fisik dari obyek (K).

Perhitungan radiasi pada panjang gelombang ini dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi suhu permukaan tanaman. Tanaman mengambil air dari tanah dan dilepaskan melalui daun kembali ke udara pada proses evapotranspirasi. Saat proses transpirasi, daun akan menjadi dingin. Jika tanaman tidak mendapat cukup air, suhu permukaan daun akan meningkat dan dapat menggambarkan kondisi tanaman terhadap kebutuhan air.

BAHAN DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Landsat TM dan NOAA AVHRR dengan tanggal rekaman diseleksi berdasarkan waktu yang mewakili musim hujan dan kemarau, dan data curah hujan dari stasiun curah hujan yang terdapat di lokasi penelitian.

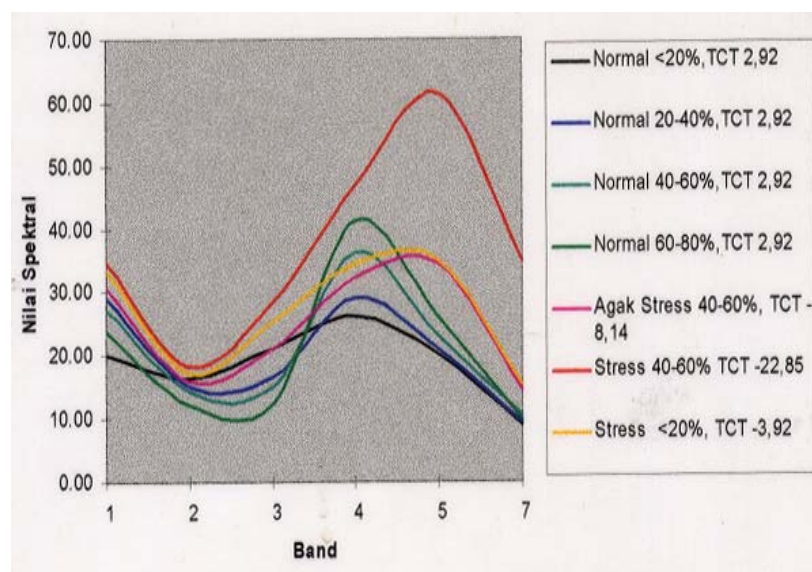
Analisis citra untuk perhitungan Tasselcap Transformation (TCT), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Brightness Temperature (BT) dilakukan dengan *software* ErMapper 6.4 dan ENVI 4.2. Untuk keperluan pemetaan dan analisis spasial digunakan *software* Arcview 3.2, dan ArcGIS 9.1. Validasi dilakukan dengan melakukan pengecekan di lapangan menggunakan GPS, untuk mendapatkan koordinat dari pengambilan data. Selama pengambilan data lapang dilakukan wawancara untuk mendapatkan data tentang kondisi secara detail saat terjadi kekeringan, dan kalender tanam.

Penilaian tingkat kekeringan dilakukan dengan mengkombinasikan indeks kehijauan dan kelembaban permukaan. NDVI digunakan untuk menghitung indeks kehijauan dan TCT untuk menghitung nilai kelembaban permukaan (Wetness). Sedangkan BT untuk menghitung kondisi suhu permukaan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola Spektral untuk Identifikasi Kekeringan

Identifikasi pola spektral untuk mengkaji kekeringan akibat El Nino telah dilakukan di DAS Brantas oleh Tim Peneliti Inderaja Puslitbangtanak (2001) dengan membandingkan nilai spektral, kelembaban tanaman dan permukaan tanah, serta kondisi tanaman (tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi). Perbandingan pola spektral tanaman padi pada berbagai band dari data Landsat TM, nilai TCT dan kondisi tutupan vegetasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Nilai Spektral Tanaman Padi dan Water Stress pada Berbagai Fase Pertumbuhan (% Kanopi), Kelembaban Tanaman dan Tanah

Klorofil akan lebih banyak menyerap cahaya pada spektrum visibel terutama spektrum merah (band 3) yakni pada range panjang gelombang 0,63 to 0,690 mikron. Oleh karena itu lahan dengan tanaman yang sehat akan mempunyai nilai spektral pada band 3 yang lebih rendah dibanding pada lahan yang mengalami kekeringan. Dengan demikian pola grafik nilai spektral lahan sawah yang mengalami kekeringan dapat dibedakan dengan pola pada lahan sawah yang normal. Perbedaan lain yang dapat dilihat pada puncak grafik yang mencirikan reflaktansi maksimum klorofil sehat. Pada lahan yang tidak mengalami kekeringan (normal), puncak nilai spektral

terjadi pada band 4 yang memiliki range panjang gelombang 0,75 to 0,90 (*near infrared*). Pada lahan yang mengalami kekeringan yang dicirikan oleh jaringan daun mengering dan berklorofil rusak/mati, puncaknya terjadi pada band 5 (*mid infra red*). Hal ini dapat dijelaskan bahwa band 5 sensitif terhadap kandungan air dalam tanaman. Band 5 yang mempunyai range panjang gelombang 1,55 – 1,75 mikron ini akan memantulkan spektral lebih tinggi pada tanaman yang kering. Oleh karena itu band ini bisa membedakan tanaman yang mengalami kekeringan. Band 4 (*near infra red*) mempunyai kepekaan tinggi terhadap kanopi tanaman, akan tetapi tidak terlalu peka terhadap air. Oleh karena itu band ini lebih sesuai digunakan untuk mengidentifikasi lahan bervegetasi dan tanah terbuka dan kurang dapat mencerminkan kondisi vegetasi yang mengalami kekeringan.

Karakteristik spektral yang demikian dapat dipergunakan sebagai dasar pengkelasan tingkat kekeringan pada proses klasifikasi secara otomatis dengan menggunakan persamaan BOOLEAN sederhana pada band 3, 4, dan 5, sebagai berikut :

```
IF Band 3 < Band 4 AND
  Band 4 > Band 5
  THEN "TIDAK KEKERINGAN"
ELSE IF Band 3 < Band 4 AND
  Band 4 < B5
  THEN "KEKERINGAN".
```

Integrasi NDVI dan TCT untuk Identifikasi Kekeringan

Penggunaan TCT dan NDVI telah dilakukan pada penelitian selanjutnya yang diaplikasikan untuk memetakan kekeringan di DAS Citarum dan pantai Utara Provinsi Jawa Barat oleh Wahyunto *et. al.* (2003). Dalam mengkaji tingkat kekeringan, analisis TCT dibagi menjadi 5 kelas kelembaban lahan seperti disajikan pada Tabel 1 dan analisis NDVI yang menghasilkan 5 kelas tingkat kehijauan tanaman pada Tabel 2.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kelembaban Permukaan Lahan

| Kelas | Nilai indeks kelembaban (Nilai TCT) | Kandungan air (%) | Tingkat kelembaban |
|-------|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1 | -30 s/d -295 | < 5 | Sangat rendah (sangat kering) |
| 2 | -30 s/d - 13 | 5 – 20 | Rendah (kering) |
| 3 | -13 s/d 10 | 20 – 70 | Sedang (lembab) |
| 4 | 10 s/d 35 | 70 – 100 | Tinggi (sangat lembab) |
| 5 | 35 s/d 168 | > 100 | Sangat tinggi (tergenang) |

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Kehijauan Tanaman

| Kelas | Nilai NDVI | Tingkat kehijauan / kondisi tutupan lahan |
|-------|----------------|---|
| 1 | < - 0,03 | Lahan tidak bervegetasi |
| 2 | -0,03 s/d 0,15 | Kehijauan sangat rendah |
| 3 | 0,15 s/d 0,25 | Kehijauan rendah |
| 4 | 0,26 s/d 0,35 | Kehijauan sedang |
| 5 | 0,36 s/d 0,61 | Kehijauan tinggi |

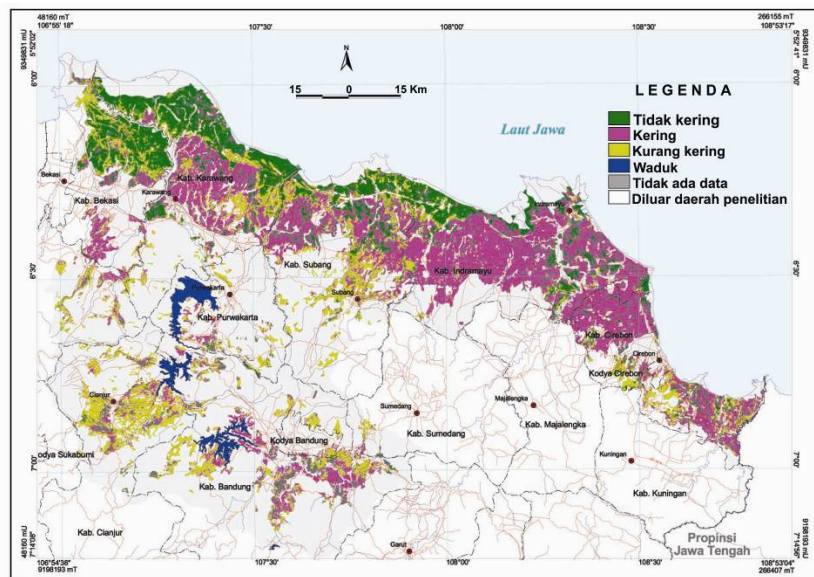
Analisis nilai NDVI untuk mengidentifikasi kondisi tanaman yang mengalami kekeringan merupakan cara yang paling sederhana, selain analisis secara visual menggunakan kombinasi band-band yang sensitif terhadap vegetasi dan air. NDVI memiliki nilai dari -1 sampai 1, dimana nilai negatif menggambarkan kondisi tanah terbuka, kehijauan rendah, dan selanjutnya nilai 1 pada lahan dengan kehijauan yang tinggi. Sedangkan indeks kelembaban (TCT), nilai negatif menunjukkan kelembaban semakin rendah dan semakin tinggi nilai positifnya semakin lembab (memiliki kandungan air yang tinggi).

Alasan utama digunakannya metode integrasi di atas adalah penggunaan analisis tunggal dengan hanya menggunakan NDVI atau TCT saja tidak dapat digunakan untuk menentukan kondisi kekeringan tanaman. Beberapa nilai hasil analisis NDVI atau TCT memiliki kenampakan yang sama pada kondisi kekeringan tanaman yang berbeda, sehingga bisa terjadi salah interpretasi, sehingga perlu dilakukan integrasi dengan menggabungkan nilai kehijauan (NDVI) dan kelembaban permukaan (TCT). Integrasi tingkat kehijauan dan kelembaban permukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan matriks yang disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan matriks pada Tabel 3, lahan yang tidak bervegetasi dan memiliki kehijauan yang sangat rendah yang mempunyai kelembaban permukaan sangat rendah dikategorikan sebagai lahan yang mengalami tingkat kekeringan berat (sangat kering). Sebaliknya, lahan tidak bervegetasi tetapi memiliki kelembaban tinggi sampai sangat tinggi dikelompokkan sebagai lahan tidak kering atau bahkan air. Gambar 2 merupakan peta tingkat kekeringan yang dihasilkan dari analisis dengan menggunakan matriks penentuan tingkat kekeringan aktual.

Tabel 3. Matrik Penentuan Tingkat Kekeringan Aktual

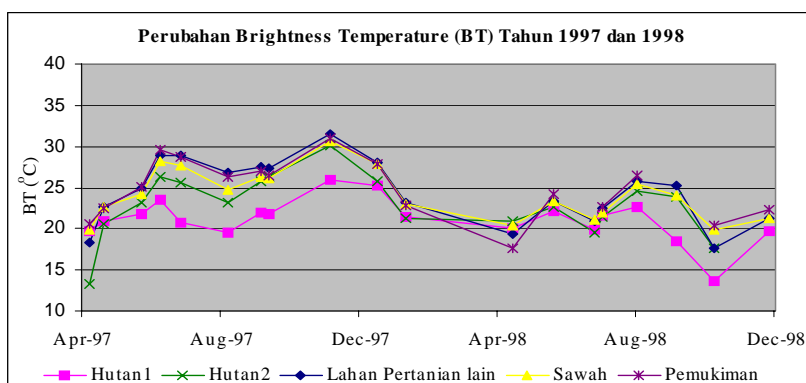
| Tingkat Kekeringan | Tingkat Kelembaban permukaan lahan | | | | | Tingkat kehijauan / kondisi tutupan lahan |
|------------------------|------------------------------------|------------|------------|------------|-------------------|---|
| | Sangat rendah (1) | Rendah (2) | Sedang (3) | Tinggi (4) | Sangat Tinggi (5) | |
| Sangat kering (Berat) | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | Tidak bervegetasi (1) |
| | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | Kehijauan sangat rendah (2) |
| Kering | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | Kehijauan rendah (3) |
| Kurang kering (Sedang) | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | Kehijauan sedang (4) |
| Tidak Kering | 5,1 | 5,2 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | Kehijauan tinggi (5) |



Gambar 2. Peta Tingkat Kekeringan pada Lahan Sawah DAS Citarum, Jawa Barat, Hasil Analisis Data Inderaja

Integrasi NDVI dan BT untuk Identifikasi Kekeringan

Analisis BT dapat digunakan untuk memonitor kekeringan dengan menggunakan band thermal infrared, yaitu band 6 pada Landsat TM dan band 4 pada NOAA AVHRR. Hasil analisis yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan perbedaan grafik pada nilai BT saat terjadi El Nino Tahun 1997 dan kemarau saat iklim normal Tahun 1998 di DAS Brantas hulu, Jawa Timur yang dilakukan pada penelitian Shofiyati (2001).



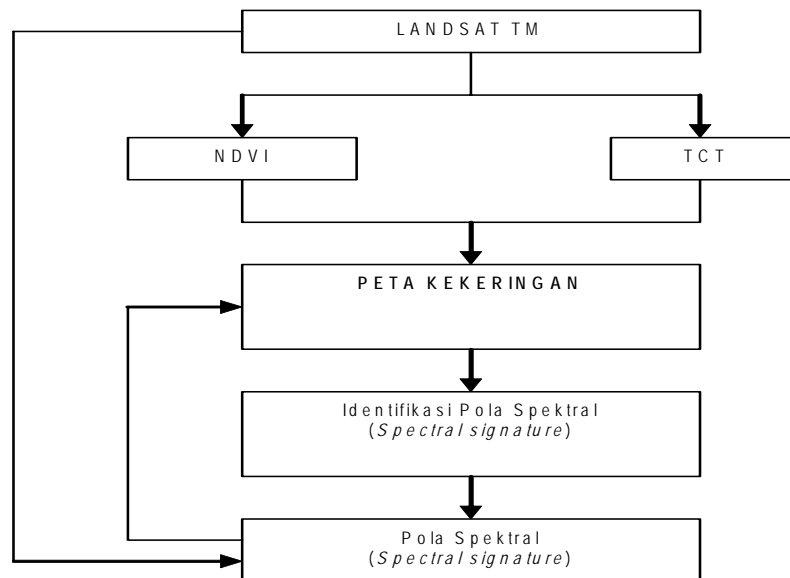
Gambar 3. Analisis Multi Temporal BT Tahun 1997 dan 1998

Nilai BT juga bisa digunakan untuk membantu menghindari kesalahan interpretasi dan identifikasi kekeringan dengan menggunakan NDVI. Kesalahan yang terjadi biasanya pada data inderaja yang terdapat awan atau kabut pada perekamannya, sehingga menurunkan nilai NDVI dan menyebabkan lahan teridentifikasi sebagai lahan yang mengalami kekeringan. Integrasi dilakukan pada NDVI bernilai rendah, jika memiliki nilai BT tinggi, maka lahan tersebut dapat dikategorikan sebagai lahan yang mengalami kekeringan. Akan tetapi jika memiliki nilai BT rendah (negatif), maka rendahnya nilai NDVI bukan karena kondisi kehijauan vegetasi, akan tetapi disebabkan karena pengaruh awan atau kabut.

Analisis Spektral Kondisi Tanaman

Analisis pola spektral kondisi tanaman dapat dijelaskan secara singkat pada Gambar 4. Analisis data satelit Landsat dengan NDVI dan TCT dipergunakan untuk identifikasi tanaman yang mengalami kekeringan. Hasil identifikasi tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola spektral (*spectral signature*) pada masing-masing kondisi tanaman. Pola spektral yang diperoleh dapat digunakan untuk menginterpretasi secara

langsung dengan persamaan Boolean sederhana pada band 3, 4, dan 5.



Gambar 4. Diagram Alir Analisis Data Satelit Landsat untuk Memetakan Kekeringan

Dari beberapa metode yang digunakan, klasifikasi dengan menggunakan pola spektral kondisi tanaman lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan NDVI, TCT, atau BT, karena tidak perlu memperhatikan perubahan nilai spektral yang disebabkan oleh kondisi atmosfer. Sedangkan nilai NDVI, TCT, dan BT yang dihasilkan setiap data inderaja dipengaruhi kondisi atmosfer, sehingga dalam setiap identifikasi harus mencari nilai baru untuk mengelaskan tingkat kekeringan.

KESIMPULAN

Data inderaja pada spektrum gelombang sinar tampak, *near infra red*, dan *thermal* dapat digunakan untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan memonitor kekeringan pada lahan pertanian.

Analisis kelembaban permukaan lahan (*wetness*) dengan menggunakan TCT dan analisis tingkat kehijauan tanaman menggunakan NDVI dapat digunakan untuk memetakan tingkat kekeringan. BT juga efektif digunakan untuk memonitor kekeringan. Untuk menyempurnakan hasil interpretasi, identifikasi, dan klasifikasi tingkat kekeringan, dapat dilakukan integrasi dua atau lebih metode analisis tersebut, karena dapat saling mengisi kekurangan dan kelebihan masing-masing.

Kekeringan juga dapat dianalisis dengan persamaan Boolean sederhana menggunakan 3 band visual (band 3, 4, dan 5). Analisis spektral kondisi tanaman dapat digunakan untuk pemetaan kekeringan secara lebih efektif. Metode berdasarkan analisis pola spektral ini akan memberikan pola yang sama dibandingkan dengan pengklasifikasian dengan nilai NDVI, TCT, maupun BT yang nilainya selalu berubah pada setiap data oleh pengaruh kondisi atmosfer.

Identifikasi dan kajian kekeringan dengan menggunakan teknologi inderaja dapat membantu memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi dan sebaran spasial lahan pertanian yang mengalami kerusakan akibat kekeringan di suatu wilayah, sehingga informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan langkah penanganan kekeringan dan antisipasinya secara lebih terarah dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Cresswell, M.P., A.P. Morse, M.C. Thomson and S.J. Connor. 1999. Estimating Surface Air Temperatures: From Meteosat Land Surface Temperatures, Using an Empirical Solar Zenith Angle Model. *Int. J. Remote Sensing*, 20 (12): 1125-1132.
- Crist, E.P, and R.C. Cicone. 1984. A-Physically-Based Transformation of Thematic Mapper Data – The TM Tasseled Cap. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, GE-22 (3): 256-263
- Kauth, R.J. and G.S. Thomas. 1976. "The tasseled Cap -- A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by LANDSAT." *Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*. Purdue University of West Lafayette, Indiana. pp. 4B-41 to 4B-51.
- Lertlum, S.. 1997. *Vegetation Classification Methodology From Multi-resolution Satellite Data Using a Combination of Optical and Thermal Bands*. Dissertation of Doctor of Technical Science (Unpublished), AIT, Bangkok.
- Prathumchai, K., Honda, K., and Nualchawee, K.. 2001. Drought Risk Evaluation Using Remote Sensing and GIS A Case Study in Lop Buri Province, Thailand. *Proceedings of The 22nd Asian Conference on Remote Sensing*. 5-9 November 2001, Singapore. Center for Remote Imaging, Sensing and Processing (CRISP), National University of Singapore.

- Singapore Institute of Surveyors and Valuers (SISV). Asian Association on Remote Sensing (AARS): Volume 1. pp 348-353.
- Ray, T.W. 1995. Vegetation in Remote Sensing FAQs. Er Mapping Applications. Earth Resources Mapping Pty. Ltd. Perth, West Australia.
- Shofiyati, R. 2000. Agricultural Drought Monitoring and Assessment Using Remote Sensing and GIS: An Application for Upper Brantas Watershed, Indonesia. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (Unpublished), Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Tim Peneliti Inderaja Puslitbangtanak. 2001. Laporan Akhir Pemanfaatan Teknologi Inderaja dan SIG untuk Monitoring dan Deteksi Dini Kekeringan Lahan Pertanian di Daerah Sentra Produksi Padi. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Wahyunto, S. Ritung, dan Widagdo. 2003. Laporan Akhir Teknologi Penginderaan Jauh untuk Efisiensi Inventarisasi dan Monitoring Sumberdaya Lahan. Balai Penelitian Tanah. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Wilkie, D.S, and J.T. Finn. 1996. Remote Sensing Imagery for Natural Resources Monitoring: A Guide for First-Time Users. Columbia University Press. New York.