

PEMANFAATAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMETAAN KANDUNGAN BAHAN ORGANIK TANAH

Bangun Muljo Sukojo dan Wahono

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia

E-mail: bangunms@rad.net.id

Abstrak

Informasi tentang kandungan bahan organik (BO) diperlukan untuk pemantauan dan pengelolaan lingkungan serta digunakan dalam praktek budidaya tanaman. Dalam penelitian ini dicobakan untuk memetakan kandungan bahan organik tanah di daerah Malang Selatan dengan menggunakan teknik penginderaan jauh (inderaja). Data inderaja yang digunakan adalah citra *Landsat TM (Thematic Mapper)* (band 1, 2, 3, 4, 5, 7). dan dipilih area yang memiliki nilai *Normalized Difference Soil Index (NDSI)* lebih dari 0,3. Data *ground-truth* diperoleh dengan menganalisis kandungan BO dan contoh-contoh tanah dengan menggunakan metode *Black-Walkey*. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan nilai derajat keabuan dan citra asli dapat digunakan untuk menduga kandungan bahan organik tanah. Penerapan persamaan regresi dengan menggunakan nilai derajat keabuan citra asli untuk menduga kandungan bahan organik tanah memperlihatkan bahwa tanah di daerah penelitian umumnya memiliki kandungan bahan organik sedang (meliputi 63,18% dari luas area penelitian).

Abstract

Application of Remote Sensing for Mapping Soil Organic Matter Content. Information organic content is important in monitoring and managing the environment as well as doing agricultural production activities. This research tried to map soil organic content in Malang using remote sensing technology. The research uses 6 bands of data captured by *Landsat TM (Thematic Mapper)* satellite (band 1, 2, 3, 4, 5, 7). The research focuses on pixels having *Normalized Difference Soil Index (NDSI)* more than 0.3. *Ground-truth* data were collected by analysing organic content of soil samples using *Black-Walkey* method. The result of analysis shows that digital number of original satellite image can be used to predict soil organic matter content. The implementation of regression equation in predicting soil organic content shows that 63.18% of research area contains of organic in a moderate category.

Keywords: remote sensing, mapping, soil organic matter content

1. Pendahuluan

Bahan organik merupakan komponen tanah yang sangat erat berkaitan dengan kualitas tanah, dan karena itu merupakan komponen penting dalam sistem pertanian. Bahan organik tanah sangat berperan sebagai faktor pengendali (*regulating factor*) dalam proses-proses penyediaan hara bagi tanaman [1] dan mempertahankan struktur tanah melalui pembentukan agregat tanah yang stabil, penyediaan jalan bagi pergerakan air dan udara tanah, penentu kapasitas serapan air, pengurangan bahaya erosi, penyangga (*buffering*) pengaruh pestisida, dan pencegahan pencucian hara (*nutrient leaching*). Karena itu, keberadaan bahan organik dalam tanah

seringkali dijadikan sebagai indikator umum kesuburan tanah.

Kandungan bahan organik tanah juga dapat dijadikan sebagai indikator tingkat erosi tanah. Ketika terjadi erosi yang meningkat, bagian-bagian horison permukaan hilang terbawa erosi, termasuk bahan organik tanah juga hilang. Masalah ini biasanya terjadi dalam kisaran area yang luas sehingga sesuai untuk diamati dengan teknik penginderaan jauh (inderaja) dengan menggunakan satelit.

Memperhatikan bahwa keberadaan bahan organik dapat menjadi indikator penting bagi identifikasi kerusakan

lahan karena erosi sekaligus sebagai indikator kesuburan lahan maka penggunaan teknik indera akan sangat menguntungkan aplikasi budidaya pertanian (*site-specific farming*) dan konservasi lahan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji teknik penginderaan jauh dengan menggunakan citra *Landsat Thematic Mapper (TM)* untuk memetakan sebaran bahan organik tanah.

2. Metode Penelitian

Salah satu persoalan yang dihadapi dalam mempelajari karakteristik tanah dengan teknik penginderaan jauh adalah kenyataan bahwa ragam ciri spektral tanah lebih kecil dibandingkan dengan ragam ciri spektral tutupan di atasnya. Untuk mensiasati kelemahan dalam penelitian ini, pendugaan kandungan bahan organik diarahkan pada lahan-lahan yang cukup terbuka sehingga nilai reflektannya didominasi oleh pengaruh tanah. Pemilahan area penelitian dilakukan dengan menggunakan indeks tanah (*Normalized Difference Soil Index, NDSI*) yakni pendugaan hanya dilakukan pada lahan dengan nilai $NDSI \geq 0,3$.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dapat dibedakan menjadi peralatan untuk penanganan citra dan penyusunan peta serta peralatan untuk pengumpulan data lapang dan analisisnya di laboratorium. Peralatan untuk penanganan citra dan penyusunan peta terdiri atas:

A. Perangkat Keras

- 1 set komputer dengan prosesor *Intel Pentium* dan *OS Windows 98*
- 1 set meja digitasi *CalcComp Drawing Board III™*

B. Perangkat Lunak

- *Dimple™ Ver. 3.0.8.* untuk pengolahan citra
- *ArcINFO™ Ver 3.5.1 for Windows 95™* untuk melakukan konversi data peta ke dalam bentuk digital.
- *ArcVIEW™ Ver. 3.1.* Untuk mengolah tampilan peta hasil digitasi dan/atau citra hasil pemrosesan dengan *Dimple*.
- *SPSS R 7.0* untuk manipulasi data dan operasi statistik.

Peralatan dan bahan untuk pengumpulan data lapangan meliputi:

- *Global Positioning System (GPS): Magellan FieldPro V™*, digunakan untuk: (i) penentuan koordinat tanah titik-titik kontrol untuk perbaikan geometri citra dan (ii) penentuan koordinat tanah dari titik-titik pengambilan contoh tanah.
- Peralatan-peralatan untuk pengambilan contoh tanah (*polybag*) dan analisis laboratorium (tetrimetri set).

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu: data primer dan data sekunder. Data primer terdiri dari:

- Satu set citra *Landsat TM (band 1, 2, 3, 4, 5, 7)* pengambilan September 1997.
- Pengukuran kandungan bahan organik di laboratorium. Analisis kadar bahan organik contoh tanah dilakukan di laboratorium dengan menggunakan metode *Walkey-Black*.

Data sekunder terdiri atas peta topografi dan tematik wilayah Kabupaten Malang dengan skala 1:50.000 (disusun dan diterbitkan oleh Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah DAS Brantas tahun 1998).

Penentuan lokasi pengambilan contoh dilakukan secara acak dengan bantuan citra *NDSI*. Pengacakan hanya dilakukan pada posisi piksel yang memiliki nilai $NDSI \geq 0,3$, yaitu piksel dari lahan yang tanahnya cukup terbuka hingga terbuka penuh. Pengambilan contoh di lapangan dilakukan dengan bantuan peralatan GPS dan citra $NDSI \geq 0,3$ yang telah di-*overlay*-kan dengan peta administratif sehingga memudahkan pencarian. Citra *NDSI* dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:[2]

$$NDSI = \frac{(band\ 5 - band\ 4)}{(band\ 5 + band\ 4)} \quad (1)$$

Untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan, semua citra dan peta yang digunakan ditransformasikan terlebih dahulu pada sistem koordinat *UTM (Universal Transfer Mercator)* dengan *datum WGS84*. Dengan demikian diperoleh referensi lokasi yang sama antara peta, citra, dan peralatan *GPS*. Contoh tanah, dengan volume kurang lebih 0,5 liter diambil 3 cm dari lapisan bagian atas tanah.

Penelitian dilakukan dengan melibatkan semua *band* pada citra tersebut kecuali *band 6* (khas untuk *thermal*). Citra yang digunakan telah mengalami koreksi radiometrik (level 1) sehingga tidak diperlukan lagi untuk melakukan koreksi tersebut. Pemrosesan citra yang dilakukan berturut-turut adalah sebagai berikut:

1. Perbaikan kontras.

Perbaikan dilakukan terhadap masing-masing *band* yang dilibatkan dalam penelitian. Pemilihan metode perbaikan kontras dilakukan secara coba-coba dari berbagai metode yang tersedia pada perangkat lunak *Dimple 3.0 (Linier, Piecewise Linear, Shift, Equalize, Gaussian, dan Exponential)*. Perlakuan coba-coba juga dilaksanakan dalam penentuan berbagai parameter dari masing-masing metoda tersebut. Selanjutnya dipilih metode dan parameter yang memberikan hasil visual terbaik. Dalam perangkat lunak *Dimple 3.0* penetapan metode perbaikan kontras (*contrast stretching*) tidak mempengaruhi nilai asli dari citra, sehingga

- citra asli tetap dapat digunakan untuk analisis/perhitungan lebih lanjut.
2. Penyusunan komposit *RGB* (*Red-Green-Blue*). Setelah citra diperbaiki kekontrasannya maka dapat dilakukan penyusunan berbagai komposit yang diperlukan. Pada umumnya komposit yang disusun dari *band-band* dengan tampilan visual kekontrasan terbaik juga memberikan tampilan visual yang terbaik. Namun demikian dimungkinkan untuk memperbaiki kekontrasan komposit *RGB* baik secara keseluruhan maupun dengan mengubah kekontrasan masing-masing *band* tunggal penyusunnya. Perbaikan tampilan visual juga dilakukan terhadap citra komposit dengan melakukan manipulasi histogram mode *CMY* (*Cyan-Magenta-Yellow*) atau *HIS* (*Hue-Saturation-Intensity*).
 3. Koreksi geometrik. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan metode titik kontrol (*Ground Control Point Model*). Berdasarkan metode ini, harus dicari sejumlah titik yang dapat dikenali dengan baik pada citra maupun peta yang digunakan sebagai dasar penentuan koordinat.

Tujuan dari analisis statistik adalah untuk mencari hubungan antara ciri-ciri fisika dan kimia tanah (yang diwakili oleh kandungan bahan organik) dengan ciri-ciri spektralnya. Karena dalam penelitian ini diharapkan diperoleh sebaran kandungan bahan organik tanah, maka hal itu berarti menguji kemampuan *Landsat TM* untuk membedakan tanah dengan ciri kimia dan fisika yang mirip. Karena diduga tutupan lahan oleh vegetasi sangat mempengaruhi reflektan tanah maka analisis diarahkan hanya pada tanah-tanah yang cukup terbuka, yaitu yang memiliki nilai *NDSI* lebih besar atau sama dengan 0,3.

Analisis statistik dibagi menjadi dua bagian. Pertama, dilakukan prosedur-prosedur untuk mengeliminasi otokorelasi antar variabel, menggunakan Analisis Komponen Utama (*Principal Component Analysis/PCA*). *PCA* dapat mentransformasikan variabel-variabel menjadi suatu set variabel baru yang dapat menjelaskan keragaman data dengan jumlah yang lebih sedikit. Bagian kedua, adalah analisis statistik untuk menyusun model. Karena penelitian ini dimaksudkan agar bermanfaat bagi aplikasi-aplikasi pertanian, maka dalam pemilihan area contoh diusahakan berupa kawasan pertanian.

Penyusunan model penduga kandungan bahan organik tanah dilakukan dengan menggunakan teknik regresi linier berganda bertahap (*stepwise multilinear regression, SMLR*). Dalam penyusunan model tersebut, variabel tergantung adalah nilai hasil pengukuran kandungan bahan organik tanah. Sebagai variabel bebas

digunakan seluruh *band* citra asli. Sementara itu untuk variabel hasil transformasi *PCA* digunakan variabel baru ke 1 sampai ke 6 (*PC-1, PC-2, ..., PC-6*). Nilai-nilai yang digunakan untuk analisis adalah nilai derajat keabuan dari masing-masing citra pada titik lokasi pengambilan contoh tanah. Analisis regresi untuk menyusun model penduga ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *SPSS 7*.

Diagram alir penyusunan peta yang dilaksanakan dalam penelitian ini digambarkan pada Gambar 1.

3. Hasil Dan Pembahasan

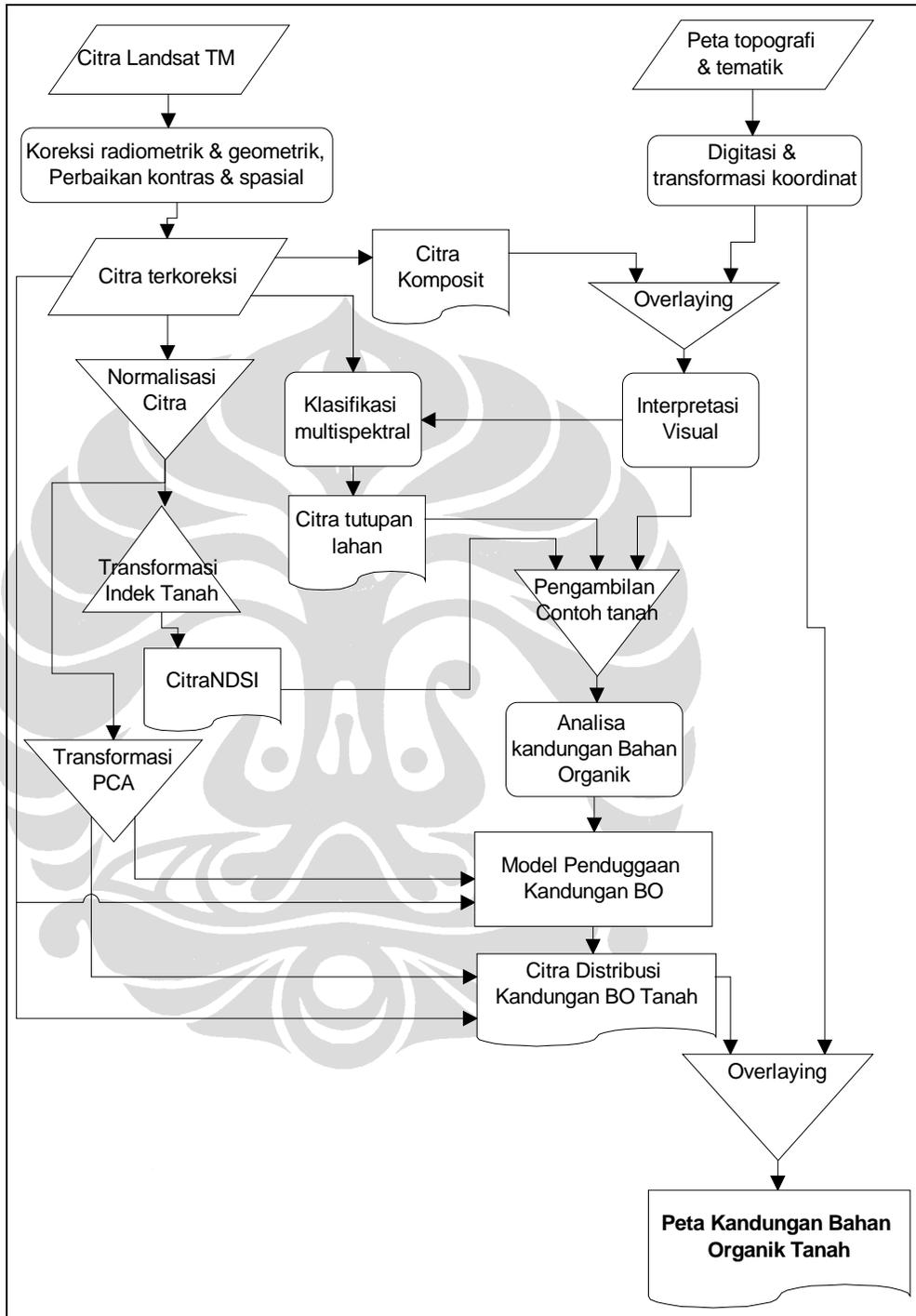
Dengan menggunakan fasilitas *band-rationing* yang tersedia pada perangkat lunak *Dimple 3.0* diperoleh citra *NDSI* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2. Citra *NDSI* memiliki nilai berkisar antara -1 dan 1. Nilai *NDSI* yang mendekati -1 mengindikasikan tutupan permukaan tanah oleh air; semakin mendekati -1 berarti tutupan oleh air semakin tebal (kedalaman air semakin dalam). Nilai *NDSI* yang mendekati 0 mengindikasikan tutupan muka tanah oleh tumbuhan. Nilai *NDSI* yang semakin besar hingga mendekati angka 1 menunjukkan tingkat keterbukaan tanah yang semakin tinggi: semakin besar nilai *NDSI* berarti tutupan tanah semakin rendah.

Karena dalam penelitian ini pendugaan kandungan bahan organik tanah diarahkan terhadap tanah-tanah yang terbuka, maka perhatian selanjutnya diarahkan pada piksel dengan nilai *NDSI* > 0.3. Untuk mendapatkan gambaran daerah penelitian yang memiliki nilai *NDSI* lebih besar dari 0,3 dilakukan seleksi terhadap piksel (*density slicing*) dengan menggunakan *IOL Script* yang ditampilkan pada Gambar 3. Dengan menggunakan *script* tersebut diperoleh citra biner dengan karakteristik sebagai berikut :

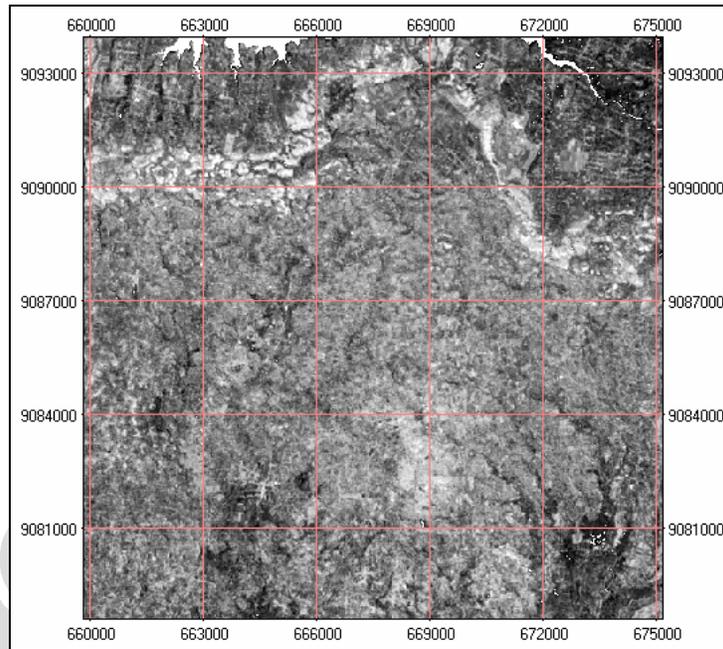
- Nilai 0 menunjukkan piksel-piksel yang memiliki nilai *NDSI* lebih kecil dari 0,3. Hal ini dapat diinterpretasikan sebagai daerah yang memiliki tutupan vegetasi maupun perairan yang signifikan.
- Nilai 1 menunjukkan piksel-piksel yang memiliki nilai *NDSI* lebih besar atau sama dengan 0,3. Hal ini dapat diinterpretasikan sebagai daerah yang tanahnya cukup terbuka hingga terbuka penuh

Citra yang dihasilkan dengan menjalankan *script NDSI03.IOL* ditampilkan pada Gambar 3, sedangkan statistiknya ditampilkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa area yang dijadikan dasar model pendugaan bahan organik mencapai 39,49% dari daerah penelitian, yaitu sejumlah 102,589 piksel atau $9,23301 \cdot 10^7 \text{ m}^2$.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Citra NDSI (setelah mengalami perbaikan kontras menggunakan manipulasi histogram dengan metode Gaussian dengan 3 standar deviasi).

```

! NDSI03.IOL
!IOL Script untuk menentukan piksel area penelitian

images
NDSI "Citra NDSI" input ;
NDSI03 "NDSI > 0.3" output ;
operations
NDSI03 =
  if ( NDSI < 0.3 ) then
    0 ;
  else
    1 ;
  endif ;
    
```

Gambar 3. IOL Script untuk membuat citra biner area penelitian yang memiliki nilai NDSI > 0,3.

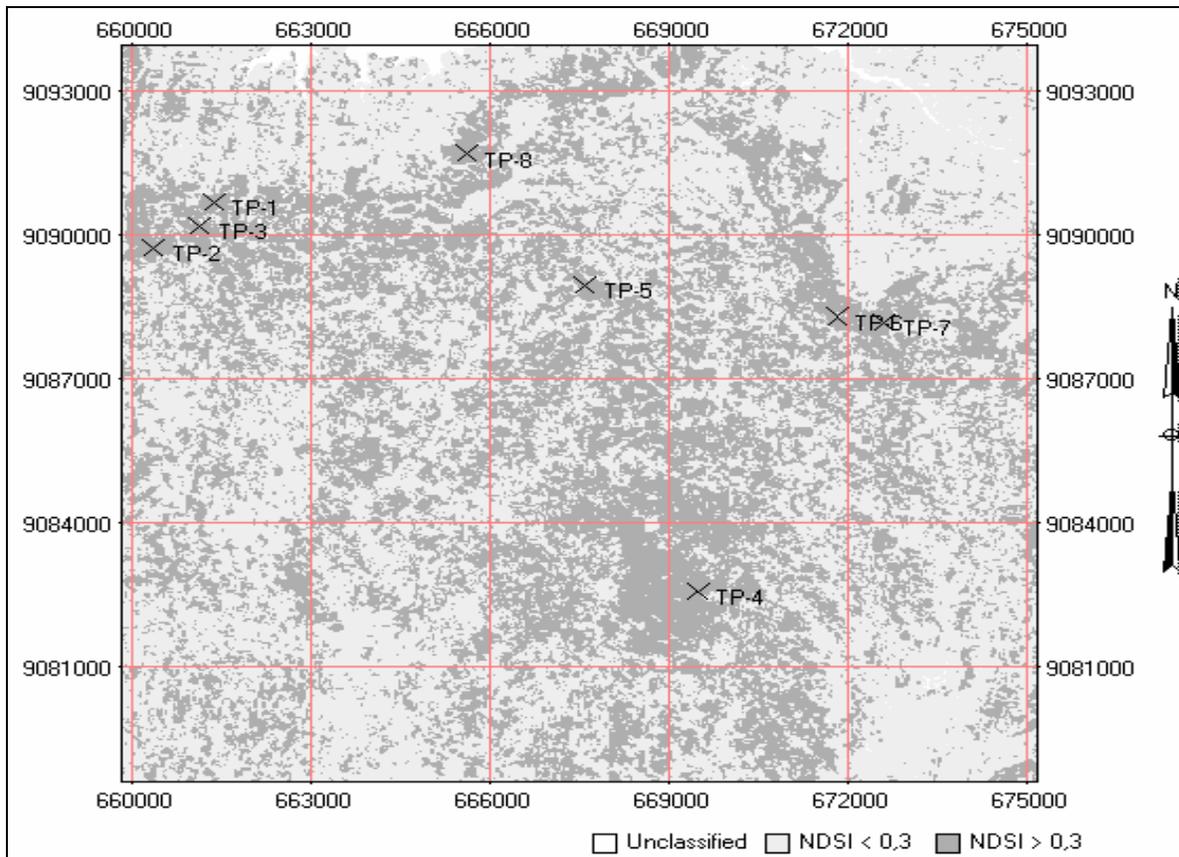
Tabel 1. Statistik Citra Area Penelitian

	Minimum	Rerata	Maksimum	Simpangan Baku
NDSI < 0,3 (157172 piksel; 1,414548E+008m ²) (60,51% dari citra)				
Band 4	17	58,28796	93	9,137464
Band 5	8	63,15806	118	10,17541
NDSI > 0,3 (102589 piksel; 9,23301E+007m ²) (39,49% dari citra)				
Band 4	17	51,39263	86	7,218948
Band 5	24	80,21671	131	13,96714

Setelah contoh tanah dianalisis kandungan bahan organiknya diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan posisi titik-titik pengamatan yang ditampilkan pada Tabel 2 selanjutnya dicari nilai-nilai

derajat keabuan (*digital number*) dari piksel-piksel yang bersesuaian koordinatnya. Hasil pengamatan terhadap nilai derajat keabuan dari citra asli dan hasil transformasi PCA (*Principal Component Analysis*) disajikan pada Tabel 3.



Gambar 4. Citra yang menggambarkan area penelitian (warna gelap, $NDSI \geq 0,3$). TP-1 sampai TP-8 adalah titik pengamatan lapangan 1 sampai 8.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kandungan Bahan Organik Pada Titik-Titik Pengamatan di Lapangan

Titik Pengamatan	POSISI (Geografis)			POSISI (UTM)		BO (%)
	LINTANG	BUJUR		X (meter)	Y (meter)	
1	-8° 13' 28,86"	112° 27'	31,6980"	9.090.769	661.292	5,45
2	-8° 14' 50,86"	112° 25'	45,1140"	9.089.779	660.302	4,4
3	-8° 13' 39,93"	112° 27'	44,6589"	9.090.229	661.082	3,2
4	-8° 17' 47,03"	112° 31'	59,5034"	9.082.609	669.442	2,9
5	-8° 18' 44,72"	112° 31'	40,1180"	9.088.999	667.532	3,35
6	-8° 14' 40,14"	112° 33'	33,8695"	9.088.339	671.762	4,2
7	-8° 14' 43,95"	112° 33'	59,3719"	9.088.219	672.542	5
8	-8° 12' 50,56"	112° 30'	10,5345"	9.091.729	665.552	7,8

Keterangan : Posisi pada sistem koordinat UTM adalah koordinat titik pusat piksel dimana titik pengamatan yang sebenarnya terletak.

Berdasarkan hasil pengamatan sebagaimana disajikan pada Tabel 3 disusun model pendugaan kandungan bahan organik tanah dengan menggunakan metode regresi linier berganda. Hasil analisa regresi linier berganda dengan menggunakan nilai derajat keabuan citra asli sebagai variabel bebas disajikan pada Tabel 4 a – c.

Dari Tabel 4 dapat dirumuskan bahwa model pendugaan kandungan bahan organik adalah:

$$y = -39.474 + 0.547441 X_1 + 0,969264 X_2 - 1.26127 X_3 + 0.62799 X_4 - 0.66328 X_5 + 1.100529 X_6 \quad (1)$$

dimana,

- X₁ = Derajat Keabuan pada band 1
- X₂ = Derajat Keabuan pada band 2
- X₃ = Derajat Keabuan pada band 3
- X₄ = Derajat Keabuan pada band 4
- X₅ = Derajat Keabuan pada band 5
- X₆ = Derajat Keabuan pada band 7.

Tingkat signifikansi model yang diperoleh sebesar 0,19 menunjukkan bahwa model yang disusun dengan menggunakan nilai derajat keabuan dari citra asli memiliki kepercayaan hingga 80%. Hal ini berarti tingkat kesalahan pendugaan dengan menggunakan

Tabel 3. Hasil Pengamatan Nilai Derajat Keabuan Pikel Citra Asli Pada Posisi Titik Pengamatan

TP	Citra Asli						Hasil PCA terhadap seluruh band						Nilai Derajat keabuan pada band		
	1	2	3	4	5	7	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC1	PC2	PC3
1	83	83	57	35	50	65	126	27	71	233	20	254	172	130	131
2	74	74	55	32	39	55	136	19	46	227	25	254	177	112	110
3	78	78	59	33	42	54	155	23	54	227	24	0	223	109	114
4	76	76	41	31	45	45	132	33	64	227	22	0	185	141	118
5	78	78	52	32	44	49	134	19	61	229	22	254	187	105	121
6	77	77	55	32	38	48	144	19	52	226	25	1	207	99	112
7	75	75	52	28	36	48	133	20	52	229	26	254	191	103	117
8	81	81	60	34	42	55	156	23	56	226	26	1	224	111	116

Tabel 4. Analisis Regresi Model Pendugaan Kandungan Bahan Organik Menggunakan Variabel Penduga Citra Asli

a. Statistik Regresi

R Berganda	0,994707
R ²	0,989442
Galat Baku	0,432346
Pengamatan	8

b. Analisa Ragam (*Analysis of Variance*)

	db	JK	KT	F	Signifikansi F
Regresi	6	17,51683	2,919471	15,61853	0,191312
Sisa	1	0,18692	0,186923		
Total	7	17,70375			

Keterangan : db : derajat bebas, JK : Jumlah kuadrat, KT : Kuadrat Tengah (*Mean of Square*)

c. Koefisien Regresi

	Koefisien	Galat Baku	t Statistik	P
Konstanta	-39,474	6,045707	-6,52926	0,096751
X ₁	0,547441	0,149996	3,649701	0,170252
X ₂	0,969264	0,238663	4,061231	0,153698
X ₃	-1,26127	0,179366	-7,03183	0,089931
X ₄	0,62799	0,1026	6,120754	0,103099
X ₅	-0,66328	0,144666	-4,58492	0,13671
X ₆	1,100529	0,324771	3,388629	0,182684

model tersebut lebih kecil dari 20%. Berdasarkan nilai *P* (probabilitas) pada Tabel 4 juga dapat diketahui bahwa *band* 3 memiliki peluang kesalahan pendugaan terkecil (8,9931%) sementara *band* 7 memiliki peluang kesalahan pendugaan terbesar (18,2684%). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peluang kesalahan pendugaan dari variabel-variabel tunggal secara umum lebih kecil dari 20%. Berdasarkan informasi tersebut, model pendugaan kandungan bahan organik tanah yang disusun dengan menggunakan nilai derajat keabuan citra asli memberikan hasil yang cukup dapat diterima berdasarkan pertimbangan bahwa: nilai reflektan yang dicatat oleh piranti satelit sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikontrol (misalnya cuaca).

Dari statistik yang ditampilkan pada Tabel 4a dapat diketahui bahwa model pendugaan yang dihasilkan tersebut dapat menjelaskan ragam hingga 98,9442 % (R^2). Meskipun nilai R^2 tersebut dapat dikategorikan tinggi (lebih dari 95%), namun pada pemodelan regresi dengan banyak variabel penduga justru dapat dilihat sebagai indikator adanya kondisi multi-kolinearitas antar variabel penduga [3]. Fenomena multi-kolinearitas ini sebenarnya merupakan gejala yang umum pada data citra multispektral seperti *Landsat TM* [4].

Untuk mengurangi efek dari gejala multi-kolinearitas pada penelitian ini dilakukan transformasi data citra asli

dengan menggunakan analisis komponen utama. Dalam hal ini analisis dan transformasi dilakukan 2 (dua) kali, yaitu: analisis dan transformasi yang melibatkan seluruh *band* yang diteliti (*band* 1, 2, 3, 4, 5, dan 7) dan terhadap sebagian dari *band* yang diteliti (*band* 4, 5, dan 7). Analisis dan transformasi yang dilakukan terhadap keseluruhan *band* dimaksudkan untuk mengetahui efek terhadap keseluruhan *band*.

Berikut ini diperlihatkan hasil analisis regresi untuk penyusunan model pendugaan kandungan bahan organik dengan menggunakan variabel penduga dari nilai derajat keabuan citra hasil transformasi. Pada Tabel 5 menampilkan hasil analisis regresi menggunakan 6 variabel berasal dari citra hasil transformasi terhadap keseluruhan *band*. Tabel 6 menampilkan hasil analisis regresi menggunakan 3 variabel berasal dari citra hasil transformasi terhadap *band* 4, 5, dan 7.

Dari Tabel 5b dan 6b dapat dilihat bahwa penggunaan variabel penduga hasil transformasi komponen utama, baik transformasi pada seluruh *band* maupun terbatas pada *band* 4, 5, dan 7, tidak memberikan signifikansi yang memadai (masing-masing 85,343% dan 88,1067%). Namun demikian, kemampuan menjelaskan ragam data yang ditunjukkan oleh nilai R^2 mengindikasikan bahwa penggunaan seluruh variabel hasil transformasi terhadap keseluruhan *band* memberikan

Tabel 5. Analisis Regresi Model Pendugaan Kandungan Bahan Organik Menggunakan Variabel Penduga Hasil Transformasi PCA Terhadap Band 1, 2, 3, 4, 5, dan 7.

a. Statistik Regresi

R Berganda	0,826721
R^2	0,683467
Galat Baku	2,367238
Pengamatan	8

b. Sidik Ragam Regresi

	<i>db</i>	<i>JK</i>	<i>KT</i>	<i>F</i>	<i>Signifikansi F</i>
Regresi	6	12,09994	2,016656	0,359872	0,85343
Sisa	1	5,603814	5,603814		
Total	7	17,70375			

c. Koefisien Regresi

	<i>Koefisien</i>	<i>Galat Baku</i>	<i>t Stat</i>	<i>P</i>
Konstanta	-66,7364	238,3441	-0,28	0,826197
PC-1	0,078095	0,17307	0,451236	0,730149
PC-2	0,036785	0,351322	0,104705	0,933585
PC-3	0,270151	0,349055	0,773949	0,580688
PC-4	0,074701	1,11149	0,067208	0,957278
PC-5	1,101499	0,941861	1,169492	0,450365
PC-6	0,007443	0,019852	0,37494	0,771633

Tabel 6. Analisis Regresi Model Pendugaan Kandungan Bahan Organik Menggunakan Variabel Penduga Hasil Transformasi PCA Terhadap Band 4, 5, dan 7

a. Statistik Regresi

R Berganda	0,373028
R ²	0,13915
Galat Baku	1,951939
Pengamatan	8

b. Sidik Ragam Regresi

	db	JK	KT	F	Signifikansi F
Regresi	3	2,463481	0,82116	0,215524	0,881067
Sisa	4	15,24027	3,810067		
Total	7	17,70375			

c. Koefisien Regresi

	Koefisien	Galat Baku	t Stat	P
Konstanta	-4,84939	14,26647	-0,33992	0,75102
PC-1	0,054097	0,075241	0,718984	0,511914
PC-2	-0,08879	0,204666	-0,43382	0,686794
PC-3	0,067918	0,13937	0,487324	0,65153

kemampuan yang cukup baik, yaitu 0,683467. Nilai ini cukup baik bila diperhatikan bahwa model menggunakan variabel penduga yang banyak (6 variabel)

Berdasarkan pembahasan tersebut maka penyusunan model pendugaan kandungan bahan organik tanah dilakukan dengan menggunakan nilai derajat keabuan citra asli. Hal ini dipilih dengan mempertimbangkan:

- Tujuan penyusunan model adalah untuk melakukan pendugaan kandungan bahan organik, karena itu model yang memberikan nilai signifikansi F terkecil adalah model yang terbaik. Signifikansi F yang kecil menjelaskan bahwa kesalahan pendugaannya juga kecil.
- Meskipun penggunaan nilai-nilai hasil transformasi PCA memberikan garis regresi yang mampu menjelaskan ragam data yang dianalisis dengan cukup baik (terutama pada transformasi PCA terhadap seluruh band) dan menghilangkan efek multi-kolinearitas, namun nilai signifikansi F-nya terlalu tinggi sehingga tidak cukup *reliabel* untuk dijadikan sebagai model penduga.

Dengan menggunakan model yang dinyatakan dalam persamaan 1 maka dilakukan pendugaan kandungan bahan organik berdasarkan nilai derajat keabuan piksel-piksel yang mempunyai nilai *NDSI* lebih besar atau sama dengan 0,3. Proses pendugaan ditempuh dengan menggunakan program yang ditulis dalam bahasa *IOL Script* dalam Gambar 5.

```

!BO.IOL
!!IOL Script untuk mentransformasikan peta sebaran
BO
images
  NDSI "Citra NDSI" input ;
  Band1 "Citra Band1" input ;
  Band2 "Citra Band2" input ;
  Band3 "Citra Band3" input ;
  Band4 "Citra Band4" input ;
  Band5 "Citra Band5" input ;
  Band7 "Citra Band7" input ;
BO "Citra Sebaran BO" output ;
operations
BO =
  if ( NDSI < 0.3 ) then
    -1 ;
  else
    (
      -39.474
      + ( 0.547441 * Band1 )
      + ( 0.969264 * Band2 )
      - ( 1.26127 * Band3 )
      + ( 0.62799 * Band4 )
      - ( 1.66328 * Band5 )
      + ( 1.100529 * Band7 ) ) ;
    endif ;

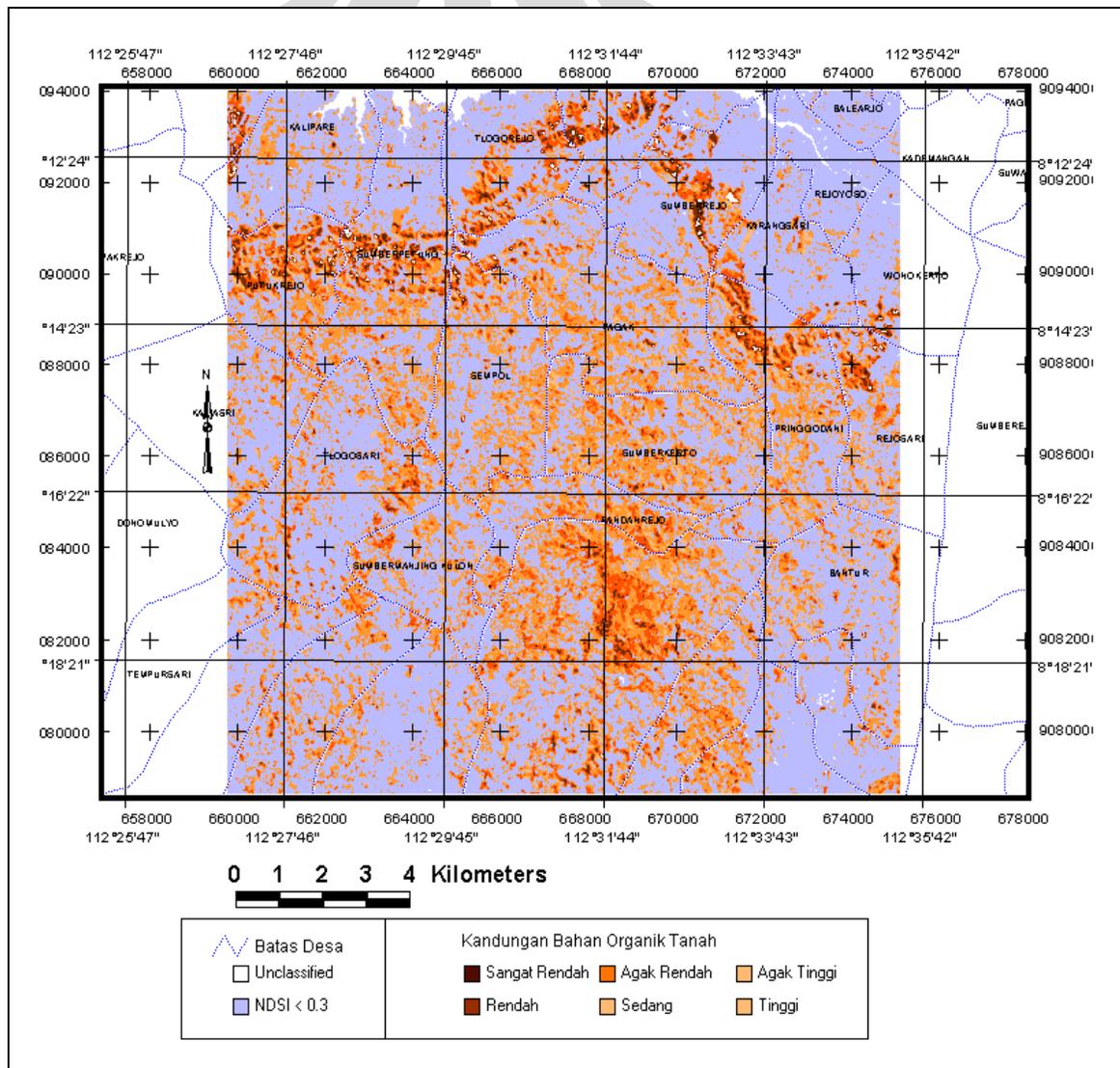
```

Gambar 5. IOL Script untuk membuat citra sebaran bahan organik

Dengan menggunakan program sebagaimana disajikan pada Gambar 5 diperoleh citra yang menggambarkan sebaran kandungan bahan organik tanah. Citra sebaran bahan organik tersebut selanjutnya ditumpang-susunkan dengan data vektor peta administratif sehingga diperoleh peta sebaran bahan organik sebagaimana yang disajikan pada Gambar 6.

Dari peta hasil pemrosesan sebagaimana digambarkan pada Gambar 6, secara umum dapat diketahui bahwa pada daerah penelitian (yaitu daerah yang memiliki nilai $NDSI < 0,3$) pada umumnya memiliki kandungan bahan organik dalam kategori sedang, yaitu mencapai 63,18% dari seluruh daerah kajian. Hanya sedikit saja tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi (0,15%) atau sangat rendah (0,33%). Pada Tabel 5 disajikan secara lengkap ringkasan sebaran kandungan bahan organik tanah.

Dari peta yang ditampilkan pada Gambar 6, juga dapat diketahui bahwa daerah perbukitan yang menjadi pembatas antara kawasan kurang subur di Malang selatan dengan daerah subur di sebelah utara memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Daerah perbukitan kurang subur ini membentang dari desa Putukrejo, Sumberpetung, Tlogorejo, Sumberrejo, Karang Sari dan Pringgodani. Daerah luas lain yang memiliki tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah adalah desa Pandanrejo. Daerah-daerah lainnya secara umum kandungan bahan organik tanahnya berada pada kisaran agak rendah dan agak tinggi.



Gambar 6. Peta Hasil Pendugaan Sebaran Kandungan Bahan Organik

Tabel 7. Luas Daerah Penelitian (Berdasarkan Nilai NDSI)

Uraian	Jumlah Piksel	Luas (x 100 Ha)	% Luas
$NDSI < 0,3$	157172	141,4548	60,51%
$NDSI \geq 0,3$	102589	92,3301	39,49%

Tabel 8. Luas daerah penelitian berdasarkan kelas kandungan BO

Kelas	Kandungan BO (%)	Jumlah Piksel	Luas (x 100 Ha)	% Luas
Sangat Rendah	< 3	340	0,306	0,33%
Rendah	3 - 6	3878	3,4902	3,78%
Agak Rendah	6 - 9	18381	16,5429	17,92%
Sedang	9 - 12	64815	58,3335	63,18%
Agak Tinggi	12 - 15	15025	13,5225	14,65%
Tinggi	> 15	150	0,135	0,15%

4. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Untuk melakukan pendugaan kandungan bahan organik tanah dengan menggunakan citra satelit *Landsat TM* di daerah Malang Selatan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis regresi terhadap nilai derajat keabuan dari *band* 1, 2, 3, 4, 5, dan 7. Variabel hasil transformasi komponen utama justru tidak dapat digunakan untuk keperluan tersebut karena tidak memberikan nilai signifikansi *F* yang memadai.
- Model penduga kandungan bahan organik yang disusun dengan cara tersebut memiliki tingkat kesalahan pendugaan yang lebih kecil dari 20%. Dengan memperhatikan cakupan area yang luas dan pengaruh eksternal (misalnya cuaca) yang besar dan biaya yang relatif rendah bila dibandingkan dengan pengukuran secara konvensional, tingkat kesalahan tersebut cukup memadai untuk digunakan.

Daftar Acuan

- [1] G. Soepardi, *Sifat dan Ciri Tanah*, Gadjahmada University Press, Yogyakarta, 1983.
- [2] W. Ray, Ph.D Thesis, California Institute of Technology, USA, 1995.
- [3] W.R. Dillon, M. Goldsten, *Multivariate Analysis, Methods and Applications*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1984
- [4] N.M. Short Sr., J. Robinson, B. Dickinson Jr., *The Remote Sensing Tutorial: An Online Handbook*. Applied Information Sciences Branch (Code 935), NASA's Goddard Space Flight Center. Public WWW Domain at: http://crunchy.gsfc.nasa.gov/isto_jones.html
- [5] T.M. Lillesand, R.W. Kiefer, *Penginderaan Jarak Jauh dan Interpretasi Citra*, Gajahmada University Press, Yogyakarta, 1990.