

Analisis Pemanfaatan Citra Landsat 7 Untuk Pemetaan Kandungan Bahan Organik Tanah Dengan Metode Pca Dan Regresi Linier Berganda Bertahap Di Kabupaten Bangkalan

Mohammad Idris, Sawitri Subiyanto, LM Sabri ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
 Jl. Prof Soedarto, SH, Telp. (024) 76480785, 76480788 Tembalang Semarang

Abstract

Information on soil organic matter (SOM) is required for consideration in planning development of sustainable land as land with high SOM score could be prioritized for field potential. Bangkalan regency encounters increased shift in land use after the operation of Suramadu bridge, causing land conversion does not consider natural value of the soils. In this study, mapping of soil organic matter on July 2013 is implemented by using remote sensing techniques. The remote sensing data is Landsat 7 (bands 1, 2, 3, 4, 5, and 7) with Normalized Difference Soil Index (NDSI) as the land identification. Ground-truth data be obtained by analyzing organic matter using ASTM D 2974 combustion method (American Society for Testing and Materials on Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils). Data analysis uses stepwise multiple linear regression with three types of input (pixel values of 6 bands in grayscale mode, PCA with 6 PCs, and PCA with 3 PCs). The results showed that using principal component analysis (PCA) with 6 PCs can be used to predict soil organic matter. Application of stepwise multiple linear regression (SMLR) equation by using input principal component analysis (PCA) with 6 PCs to estimate soil organic matter showed that the soil in the study area generally contain diverse organic matter (covering 61.7% of the study area). Therefore, information on texture and structure contents of soils, harvest periods, cover crops, guided use of fertilizers, socio-economic incentives are needed to improve the results of BOT in study area

Keywords: *remote sensing, mapping, soil organic matter, SMLR, PCA*

1. Pendahuluan

Bahan organik merupakan komponen tanah yang sangat erat kaitannya dengan kualitas tanah dan komponen penting dalam berhasilnya sistem pertanian. Keberadaan bahan organik tanah seringkali dijadikan sebagai indikator umum kesuburan tanah. Kandungan bahan organik tanah juga dapat dijadikan sebagai indikator tingkat erosi tanah. Ketika terjadi erosi, bagian-bagian horison permukaan hilang terbawa erosi, termasuk bahan organik tanah juga hilang.

^{*)} *Penulis Penanggung Jawab*

Memperhatikan bahwa keberadaan bahan organik dapat menjadi indikator penting bagi kesuburan lahan sekaligus sebagai indikator identifikasi kerusakan lahan karena erosi maka penggunaan teknik penginderaan jauh akan sangat menguntungkan aplikasi budidaya pertanian dalam ruang lingkup skala besar. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dapat membantu dan mempercepat pemetaan bahan organik tanah sehingga dapat dijadikan pertimbangan kepada perencana dan pengambil keputusan untuk mengevaluasi kondisi tanah pertanian di Kabupaten Bangkalan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi bahan organik tanah di area pertanian Kabupaten Bangkalan, kemampuan citra *Landsat 7* dalam memetakan bahan organik tanah serta menganalisis hasil yang diperoleh dari proses regresi linier berganda bertahap dengan tiga jenis data masukan dari citra *Landsat 7*, yakni derajat keabuan 6 *band* citra, *PCA* dengan 6 *PCs*, dan *PCA* dengan 3 *PCs*.

2. Metode Penelitian

Salah satu persoalan yang dihadapi dalam mengamati karakteristik tanah dengan teknik penginderaan jauh adalah ragam spektral tanah lebih kecil dibandingkan dengan ragam spektral tutupan di atasnya. Untuk mensiasati persoalan dalam penelitian ini, pendugaan bahan organik tanah diarahkan pada lahan-lahan pertanian yang cukup terbuka sehingga nilai reflektansinya didominasi oleh nilai spektral tanah. Pemilihan area penelitian dilakukan dengan menggunakan sistem *Normalized Difference Soil Index (NDSI)* dengan nilai $\geq 0,3$.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini dapat dibedakan menjadi peralatan untuk pengolahan citra dan penyusunan peta serta peralatan untuk pengumpulan data lapangan dan analisis laboratorium. Peralatan untuk pengolahan citra dan penyusunan peta terdiri atas:

a. perangkat keras

- 1) 1 set komputer dengan *processor Intel(R) Core(TM) i3-2350M* dan *OS Windows 7 Ultimate*;

b. perangkat lunak

- 1) *Frame and Fill for Windows 32* untuk menghilangkan *SLC-off* pada citra *Landsat 7*;
- 2) *Er Mapper 7.0* untuk pengolahan citra;
- 3) *ArcMap 10* untuk analisa peta dasar dan citra setelah diproses dengan *Er Mapper 7.0*;
- 4) *SPSS 16.0 for Windows* untuk manipulasi data dan operasi statistik; dan
- 5) *Microsoft Office* untuk penyelesaian laporan Tugas Akhir.

Peralatan untuk pengumpulan data lapangan dan analisis laboratorium meliputi:

- a. *Global Positioning System (GPS)* tipe *handheld (GARMIN GPSMAP 62)* untuk menentukan koordinat titik-titik pengambilan contoh tanah; dan
- b. peralatan-peralatan untuk pengambilan dan analisa contoh tanah (*polybag*, pisau lapangan, peralatan tulis, dan ayakan 2 mm) dan analisis laboratorium (*LoI set*).

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas:

- a. data citra *Landsat 7* bulan Juli dan Agustus 2012 dengan tutupan awan sebesar 10%;
- b. pengukuran kandungan bahan organik di laboratorium dengan menggunakan metode pembakaran dengan pedoman *ASTM D 2974*; dan
- c. peta RBI Kabupaten Bangkalan skala 1:25.000 (disusun dan diterbitkan oleh Koordinat Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) tahun 2000).

Penentuan lokasi sampel dilakukan dengan *stratified random sampling method* dengan bantuan citra *NDSI*. Pengambilan contoh dilakukan dengan bantuan *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:

$$NDSI = \frac{band\ 5 - band\ 4}{band\ 5 + band\ 4}$$

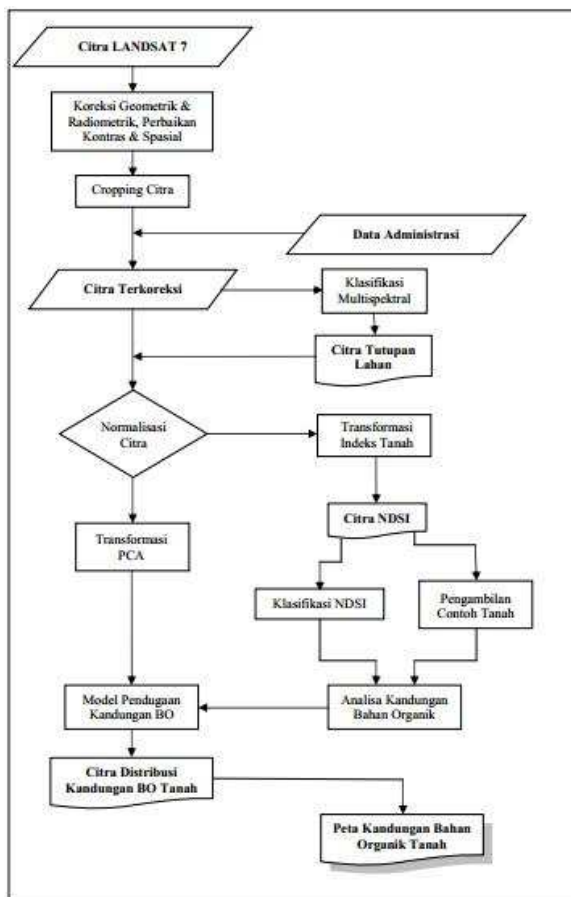
Untuk memudahkan pelaksanaan di lapangan, semua citra dan peta yang digunakan ditransformasikan terlebih dahulu ke sistem koordinat *UTM (Universal Transfer Mercator)* dengan datum *WGS84*. Dengan demikian diperoleh referensi lokasi yang sama antara peta, citra, dan *GPS*. Contoh tanah dengan volume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

Penelitian dilakukan pada semua *band* citra *Landsat 7* kecuali *band 6*. Pemrosesan citra yang dilakukan berturut-turut sebagai berikut:

- a. koreksi geometik, dilakukan dengan menggunakan metode *polynomial* berorde *linier*; dan
- b. koreksi radiometrik, dilakukan dengan menggunakan *pixel enhancement* dengan pendekatan histogram dari citra.

Analisis statistika dilaksanakan untuk memperoleh hubungan antara faktor fisika dan kimia (yang diwakili oleh bahan organik tanah) dengan nilai spektralnya. Karena dalam penelitian ini diharapkan diperoleh nilai spektral tanah dan tutupan lahan oleh vegetasi mempengaruhi nilai reflektansi tanah maka analisis diarahkan hanya pada tanah-tanah yang cukup terbuka, yaitu yang memiliki nilai $NDSI \geq 0,3$.

Analisis statistik dibagi menjadi dua bagian. Pertama, dilakukan proses eliminasi korelasi antar variabel menggunakan prosedur 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. Kedua, analisis statistik untuk menyusun model dengan regresi linier berganda bertahap (*Stepwise Multiple Linier Regression/SMLR*). Dalam model ini, variabel terikat adalah nilai bahan organik tanah dari hasil pengukuran laboratorium. Sedangkan variabel bebas digunakan derajat keabuan yang dibagi menjadi tiga jenis, yakni 1) seluruh *band* citra asli (kecuali *band* 6), 2) hasil transformasi *PCA* dari seluruh *band*, kecuali *band* 6, dan 3) hasil transformasi *PCA* dari *band* 457. Kombinasi *band* 457 didasarkan pada fungsi kombinasi yang dapat digunakan untuk menentukan tekstur dan kelembaban tanah, karena bahan organik sangat erat hubungannya dengan kelembaban tanah. Analisis regresi untuk penyusunan model ini dilakukan dengan *SPSS 16.0*.



Gambar 1. Diagram alir penelitian (2013).

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

3. Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan *formula editor* pada *Er Mapper 7.0* diperoleh citra *NDSI* yang ditampilkan pada Gambar 2. Citra *NDSI* memiliki nilai antara -1 sampai 1. Nilai *NDSI* yang mendekati -1 mengindikasikan tutupan permukaan oleh air. Nilai *NDSI* yang mendekati 0 mengindikasikan tutupan tanah oleh tumbuhan. Nilai *NDSI* yang semakin besar hingga mendekati 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 diarahkan pada tanah-tanah yang terbuka, maka perhatian selanjutnya diarahkan pada piksel dengan nilai $NDSI \geq 0,3$. Dengan menggunakan *formula editor* pada *Er Mapper 7.0*, diperoleh citra dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. nilai 0 menunjukkan piksel-piksel yang memiliki nilai $< 0,3$. Hal ini diinterpretasikan sebagai daerah yang memiliki tutupan vegetasi maupun perairan yang signifikan; dan
- b. nilai asli menunjukkan piksel-piksel yang memiliki nilai $NDSI \geq 0,3$. Hal ini diinterpretasikan sebagai daerah yang tanahnya cukup terbuka hingga terbuka penuh.

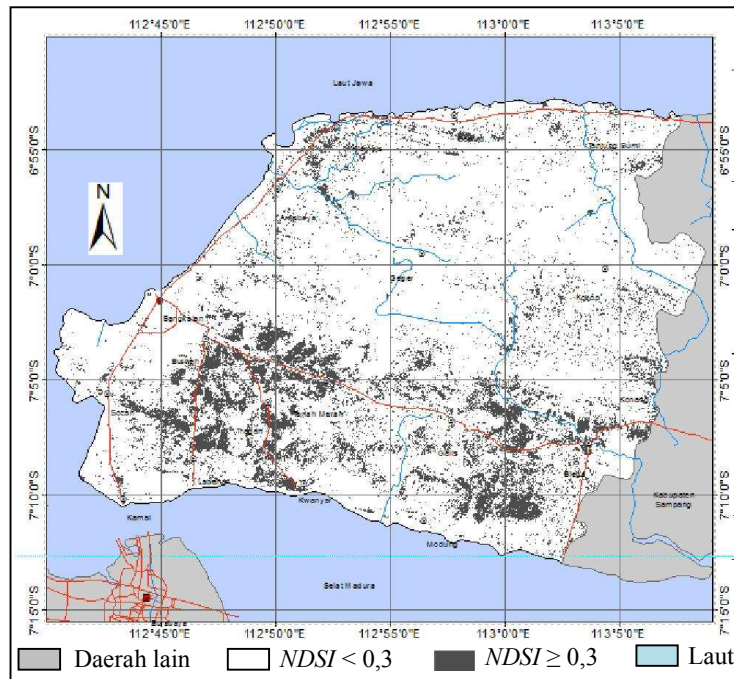
Setelah sampel tanah dianalisis kandungan bahan organiknya, diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Terlihat dari Tabel 1 bahwa bahan organik tanah dengan tingkat tinggi dan sangat tinggi lebih dominan dibandingkan kelas yang lain. Kuantitas penggunaan pupuk kandang oleh petani diduga menyebabkan tingginya bahan organik tanah di titik-titik sampel. Hal ini diperkuat dengan hasil wawancara yang telah dilakukan di titik-titik sampel pada Tabel 2.

Berdasarkan posisi titik-titik pengamatan sampel yang disajikan oleh Gambar 3 selanjutnya dicari nilai-nilai derajat keabuan (*digital number*) dari piksel-piksel yang bersesuaian koordinatnya pada tiga jenis data masukan.

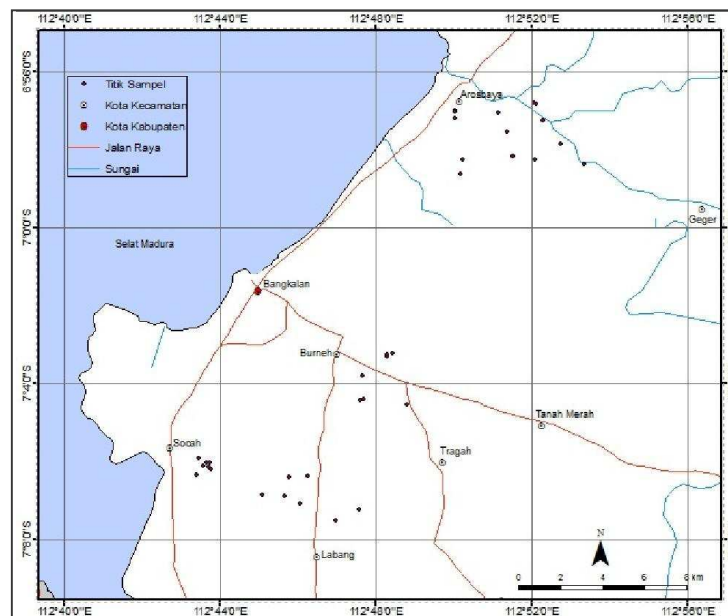
Berdasarkan hasil pengamatan *digital number* piksel-piksel titik sampel disusun model pendugaan kandungan bahan organik tanah dengan menggunakan metode *SMLR*. Hasil analisis *SMLR* dengan menggunakan nilai derajat keabuan citra asli (model 1) sebagai variabel bebas disajikan pada Tabel 3 a-d. Tingkat signifikansi yang diperoleh model 1 sebesar 0,000138 menunjukkan bahwa model yang disusun dengan menggunakan nilai derajat keabuan dari citra asli masih signifikan pada $\alpha 0,05$. Berdasarkan nilai signifikansi t pada Tabel 3d juga dapat diketahui bahwa *band 2* memiliki peluang kesalahan pendugaan terkecil (0,001) sementara konstanta memiliki peluang kesalahan pendugaan terbesar (0,855). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa peluang kesalahan pendugaan dari variabel-variabel variabel bebas tunggal secara umum lebih kecil daripada 5%.

Berdasarkan informasi tersebut, model pendugaan kandungan bahan organik tanah yang disusun dengan menggunakan nilai derajat keabuan citra asli memberikan hasil yang cukup dapat diterima, namun signifikansi t pada konstanta yang mencapai $> 80\%$ harus dijadikan sebagai pertimbangan. Dari statistik yang ditampilkan pada Tabel 3b dapat diketahui bahwa model pendugaan yang dihasilkan tersebut dapat menjelaskan ragam hingga 58,84%. Nilai R^2

ini termasuk dalam kategori yang memiliki nilai kepercayaan yang meragukan. Dari nilai VIF terlihat bahwa semua variabel bebas memiliki nilai $VIF < 10$, kondisi ini menjelaskan tidak adanya gejala multikolinieritas pada model.



Gambar 2. Citra NDSI (2013).



Gambar 3. Peta lokasi titik-titik sampel tanah di Kabupaten Bangkalan (2013).

Tabel 1. Nilai kandungan bahan organik tanah di area *training* (2013).

Bahan Organik Tanah (%)									
Site 1		Site 2		Site 3		Site 4		Site 5	
Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai	Kelas	Nilai
1	27,19	1	17,50	1	18,01	1	25,43	1	8,50
2	26,75	2	17,22	2	16,13	2	19,13	2	10,20
3	24,36	3	16,54	3	16,39	3	16,97	3	8,67
4	21,09	4	15,56	4	16,11	4	15,83	4	6,21
5	20,06	5	15,27	5	15,48	5	14,53	5	6,30
6	25,34	6	11,74	6	15,99	6	15,02	6	4,99
7	25,01	7	9,42	7	15,88	7	12,67	7	2,31

Tabel 2. Jenis manajemen pupuk kandang pada titik-titik sampel (2013).

No.	Manajemen Pupuk Kandang	Jumlah	Keterangan
1	Penggunaan pupuk kandang berkadar tinggi*	10	Jumlah mengacu pada titik sampel
2	Penggunaan pupuk kandang berkadar sedang**	17	
3	Penggunaan pupuk kandang berkadar rendah***	18	

* Penggunaan pupuk kandang dilakukan sebelum pra tanam dan pasca tanam

** Penggunaan pupuk kandang dilakukan sebelum pra tanam

*** Penggunaan pupuk kandang berkuantitas jarang

Tabel 3. Analisis regresi model pendugaan bahan organik menggunakan variabel penduga citra asli (2013)

a. Variabel yang dipakai

Alur	Variabel yang Dimasukkan	Variabel yang Dihilangkan
1	<i>Band 7, Band 4, Band 1, Band 3, Band 5, Band 2</i>	-
2	-	<i>Band 5</i>
3	-	<i>Band 3</i>

b. Statistika regresi

R	0,7651
R ²	0,5854
Standar Deviasi	0,472661
Pengamatan	30

c. Analisis ragam

	Jumlah Kuadrat	Df	Mean Square	F	Signifikansi F
Regresi	0,0789	4	0,0197	8,8252	0,000138
Sisa	0,0559	25	0,0022		
Total	0,1347	29			

d. Koefisien regresi

	Koefisien	Standar Deviasi	<i>t</i> Statistik	Signifikansi <i>t</i>	<i>VIF</i>
Konstanta	0,0497	0,2693	0,1847	0,855	
Band1	-0,0098	0,0056	-1,7434	0,0935	8,951
Band2	0,0149	0,004	3,7133	0,001	8,796
Band4	0,0026	0,0015	1,7109	0,0995	1,469
Band7	-0,003	0,0012	-2,5106	0,0189	5,046

Untuk memperkecil efek dan gejala multikolinearitas 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 terdapat 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 4 a-d menampilkan hasil analisis regresi menggunakan 6 variabel berasal dari citra hasil transformasi terhadap keseluruhan *band*. Tabel 5 a-d menampilkan hasil analisis regresi menggunakan 3 variabel berasal dari citra hasil transformasi terhadap *band* 4, 5, dan 7.

Tabel 4. Analisis regresi model pendugaan bahan organik menggunakan variabel *PCA* dengan 6 *PCs* (2013)

a. Variabel yang dipakai

Alur	Variabel yang Dimasukkan	Variabel yang Dihilangkan
1	PC6, PC3, PC4, PC1, PC5, PC2	-
2	-	PC1
3	-	PC4

b. Statistika regresi

R	0,7855
R ²	0,617
Standar Deviasi	0,0454313
Pengamatan	30

c. Analisis ragam

	Jumlah Kuadrat	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	Signifikansi <i>F</i>
Regresi	0,0831	4	0,0208	10,0675	0,000054
Sisa	0,0516	25	0,0021		
Total	0,1347	29			

d. Koefisien regresi

	Koefisien	Standar Deviasi	<i>t</i> Statistik	Signifikansi <i>t</i>	<i>VIF</i>
Konstanta	-0,3373	0,0987	-3,4189	0,0022	
PC2	0,0024	0,0004	5,6983	0,00001	3,412
PC3	0,0021	0,0004	4,7192	0,0001	3,491
PC5	0,0006	0,0003	2,1951	0,0377	2,477
PC6	0,0005	0,0003	-2,0621	0,0497	1,710

Tabel 5 Analisis regresi model pendugaan bahan organik menggunakan variabel PCA dengan 3 PCs dari band 4, 5, dan 7 (2013)

a. Variabel yang dipakai

Alur	Variabel yang Dimasukkan	Variabel yang Dihilangkan
1	PC3, PC2, PC1	-
2	-	PC3

b. Statistika regresi

R	0,5933
R ²	0,352
Standar Deviasi	0,056861
Pengamatan	30

c. Analisis ragam

	Jumlah Kuadrat	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	Signifikansi <i>F</i>
Regresi	0,0474	2	0,0237	7,3336	0,002859
Sisa	0,0873	27	0,0032		
Total	0,1347	29			

d. Koefisien regresi

	Koefisien	Standar Deviasi	<i>t</i> Statistik	Signifikansi <i>t</i>	<i>VIF</i>
Konstanta	0,1476	0,0714	2,0668	0,0485	
PC1	0,0015	0,0005	3,0032	0,0057	2,138
PC2	-0,0014	0,0004	-3,8164	0,0007	2,138

Dari tabel 4c dan 5c dapat dilihat bahwa penggunaan variabel penduga hasil transformasi komponen utama, baik transformasi pada seluruh *band* (model 2) maupun terbatas pada *band* 4, 5, dan 7 (model 3), memberikan signifikansi yang memadai. Namun demikian, kemampuan menjelaskan variansi data yang ditunjukkan dengan nilai R^2 menunjukkan bahwa model 2 memiliki nilai variansi yang tertinggi (sebesar 61,7%). Model 2 juga memberikan signifikansi yang tertinggi (1-0,000054). Model 2 dan 3 menghasilkan nilai *VIF* yang lebih rendah daripada model 1, hal ini menunjukkan bahwa penggunaan teknik komponen utama terbukti dapat mengurangi efek multikolinearitas pada variabel bebas.

Dari pertimbangan di atas, penyusunan model pendugaan kandungan bahan organik tanah dilakukan dengan menggunakan nilai *PCA* dengan 6 *PCs*. Hal ini dipilih dengan mempertimbangkan:

- a. tujuan penyusunan model adalah untuk melakukan pendugaan bahan organik, karena itu model yang memberikan nilai signifikansi *F* tertinggi adalah model yang terbaik. Signifikansi *F* yang tertinggi (1-0,000054) menjelaskan bahwa kesalahan pendugaannya kecil serta signifikan pada α 0,05 (0,000054); dan
- b. transformasi data citra asli dengan menggunakan analisis komponen utama terhadap keseluruhan *band* terbukti dapat menghilangkan efek multikolinearitas sehingga dapat memberikan variansi yang cukup reliable ($R^2 = 61,7\%$) untuk dijadikan sebagai model penduga.

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

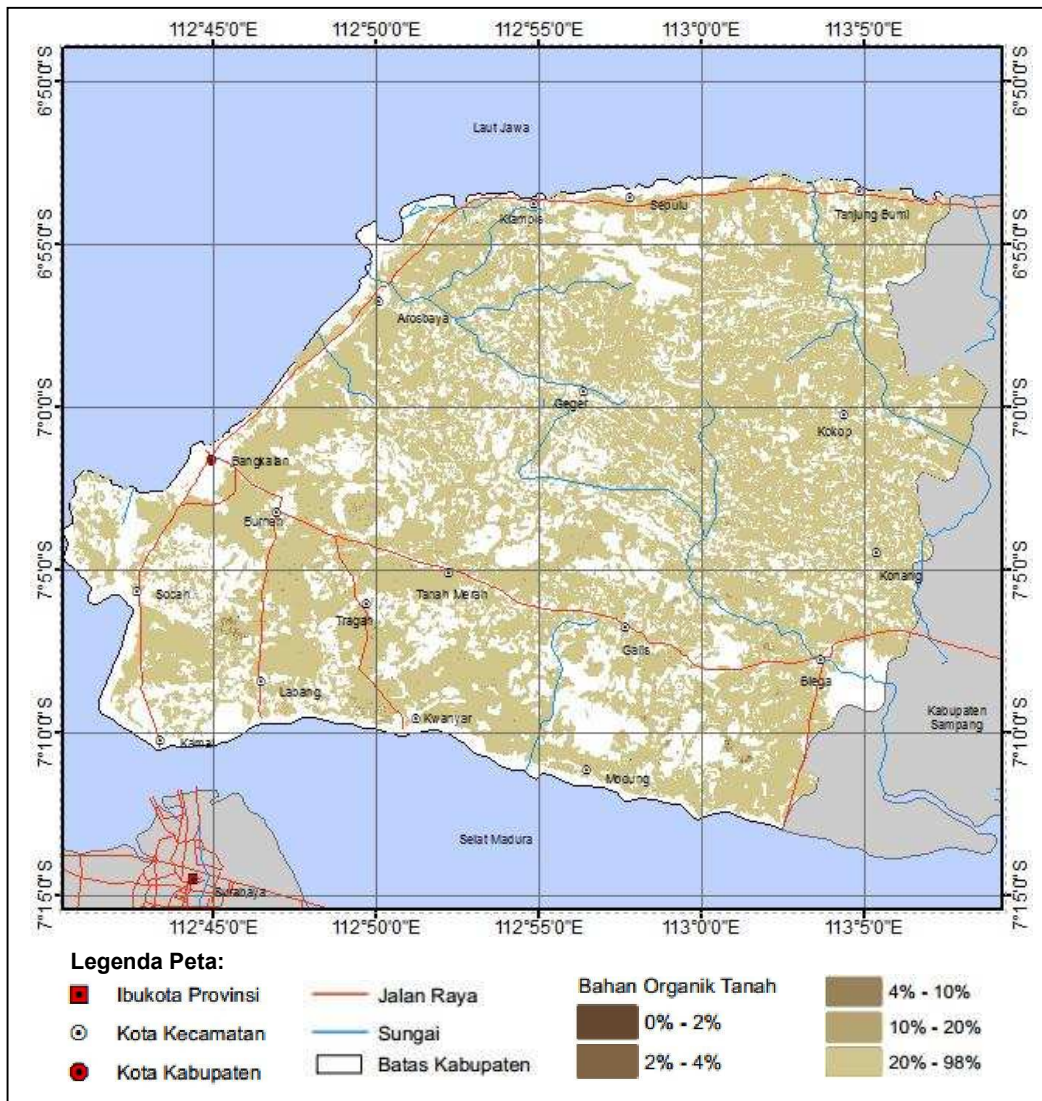
$$y = -0,3373 + 0,0024 (PC2) + 0,0021 (PC3) + 0,0006 (PC5) + 0,0005 (PC6)$$

dimana:

- | | | | |
|-----|----------------------------------|-----|-------------------------|
| y | = nilai bahan organik tanah (%); | PC5 | = variabel utama 5; dan |
| PC2 | = variabel utama 2; | PC6 | = variabel utama 6. |
| PC3 | = variabel utama 3; | | |

Dengan menggunakan model 2 yang dinyatakan dalam persamaan di atas, maka dapat diperoleh citra yang menggambarkan sebaran kandungan bahan organik tanah. Citra sebaran bahan organik ini telah di-*overlay* dengan data vektor daerah pertanian di Kabupaten Bangkalan sehingga diperoleh peta sebaran bahan organik sebagaimana yang disajikan pada Gambar 4.

Dari peta hasil pemrosesan sebagaimana digambarkan pada Gambar 4, secara umum dapat diketahui bahwa pada daerah penelitian memiliki kandungan bahan organik sangat tinggi, yaitu mencapai 99% dari seluruh daerah penelitian. Tabel 6 menyajikan secara lengkap ringkasan sebaran kandungan bahan organik tanah di area pertanian Kabupaten Bangkalan yang diadopsi dari klasifikasi J.R. Landon dalam *Booker Tropical Soil Manual: A handbook for Soil survey and Agricultural Land Evaluation in the Tropics and Subtropics*.



Gambar 4. Peta sebaran bahan organik tanah Kabupaten Bangkalan (2013).

Tabel 6. Luas daerah penelitian berdasarkan kandungan BO (2013).

Kelas	Kandungan BO (%)	Piksel	Luas (x 900 m ²)	% (Persentase)
Sangat Tinggi	> 20	942752	848476800	99.068
Tinggi	10-20	8208	7387200	0.863
Sedang	4-10	571	513900	0.060
Rendah	2-4	51	45900	0.005
Sangat Rendah	< 2	39	35100	0.004

4. Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi tanah pertanian di Kabupaten Bangkalan memiliki kandungan bahan organik yang beragam, mulai dari tingkat sangat rendah ($< 2\%$) sampai tingkat sangat tinggi ($> 20\%$). Hal ini didasarkan pada beragamnya pola pengolahan lahan yang dilakukan oleh petani, khususnya pada frekuensi penggunaan pupuk pada lahan pertanian.
2. Citra Landsat 7 dengan menggunakan PCA dengan 6 PCs dapat memetakan kandungan bahan organik tanah di Kabupaten Bangkalan. Hal ini didasarkan pada pengurangan efek multikolinearitas pada variabel bebas.
3. Berdasarkan analisis regresi linier berganda bertahap, data masukan PCA dengan 6 PCs memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan derajat keabuan 6 band citra dan PCA dengan 3 PCs. Hasil ini digunakan dengan pertimbangan kombinasi nilai yang didapatkan, yakni nilai koefisien determinansi yang tertinggi (61,7%) dan nilai signifikansi F yang signifikan pada α 0,05 (0,000054). Data masukan derajat keabuan 6 band citra sebenarnya dapat dijadikan sebagai data pendukung dalam pendugaan bahan organik tanah di Kabupaten Bangkalan karena nilai kesalahan model masih masuk toleransi, namun nilai VIF yang didapatkan mendekati gejala multikolinearitas.

5. Saran

Dari penelitian yang telah berlangsung, terdapat hal-hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, yakni:

1. penggunaan citra Landsat yang sesuai dengan waktu pengambilan sampel lapangan;
2. penggunaan software yang dapat melakukan proses *PCA* tak hanya untuk citra *Landsat* saja, misalkan *ENVI* dan *ERDAS*.
3. penentuan lokasi titik pengambilan sampel sebaiknya diperkirakan keefisiennya dari segi transportasi dan lokasi;
4. pengambilan sampel tanah dilakukan sampai kedalaman 10 cm, karena pada kedalaman 0-5 cm, kondisi bahan organik tanah masih tidak stabil, sehingga bisa didapatkan hasil bahan organik tanah yang stabil;
5. mempertimbangkan kekayaan tanah yang digunakan sebagai faktor dalam persamaan, karena kekayaan reflektansi tanah tergantung juga pada karakteristik tanah seperti komposisi mineral, tekstur, kandungan struktur dan kelembaban untuk mencapai keakurasian yang tinggi dalam penelitian; dan
6. penggunaan GPS dengan akurasi yang lebih tinggi untuk mendapatkan posisi titik yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agdoadoh, D.M.Y. 2011. *Estimation And Mapping Soil Organic Carbon Stocks In Croplands of the Bechem Forest District, Ghana*. Fakultas Ilmu Pengetahuan Geo-Informasi dan Pengamatan Bumi. Universitas of Twente. Enschede.
- Ayoubi, S., Shahri, A.P., Karchegani, P.M., dan Sahrawat, K.L. *Application of Artificial Neural Network (ANN) to Predict Soil Organic Matter Using Remote Sensing Data in Two Ecosystems*. Dalam *Biomass and Remote Sensing of Biomass*. New York: InTech. 2011. h. 181-196.
- Breaux, H.J. 1967. *Report No. 1369 On Stepwise Multiple Linear Regression*. Maryland: Ballistic Research Laboratories.
- Davis, J.C. 2002. *Geological Survey Statistics and Data Analysis in Geology (Third Edition)*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J.R.G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P.J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P.E., Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A.K., Zurell, D., dan Lautenbach, S. *Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance*. Dalam *Ecography*. Jilid 36. New York: John Wiley & Sons Ltd. 2013. h. 027–046.
- Härdle, W.K. dan Simar, L. 2003. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Heidelberg: Springer.
- Hermantoro. *Prediksi Kadar Bahan Organik Tanah dengan Pengolahan Citra dan Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Telepon Genggam*. Dalam *Seminar Nasional Informatika Pertanian*. Bandung: Himpunan Informatika Pertanian Indonesia. 2011. h. 318-325.
- Izaurrealde, R.C., Williams, J.R., McGill, W.B., Rosenberg, N.J dan Jakas, M.C.Q.. *Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data*. Dalam *Ecological Modelling*. Jilid 192. Netherlands: Elsevier. 2006. h. 362-384.
- Jaber, S.M. dan Al-Qinna, M.I. *Soil Organic Carbon Modeling and Mapping in a Semi-Arid Environment Using Thematic Mapper Data*. Dalam *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Jilid 77. Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 2011. h. 709-719.
- Kononova, M.M. 1961. *Soil Organic Matter. Its nature, Its Role in Soil Formation and in Soil Fertility* (diterjemahkan oleh: T.Z. Nowakowski dan G.A. Greenwood). New York: Pergamon Press.
- Ladoni, M., Bahrami, H.A., Alavipanah, S.K., Norouzi, A.A. 2010. *Estimating Soil Organic Carbon from Soil Reflectance: A review*. Dalam *Precision Agriculture*. Jilid 11. New York: Springer. 2010. h. 82-99.
- Landon, J.R. 1984. *Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics*. Northamptonshire: Booker Agriculture International Ltd.
- Larsen, P.V. 2008. *Module 8: Selecting regression models* <http://statmaster.sdu.dk/courses/st111/module08/module.pdf> in Master of Applied Statistics: Regression and analysis of variance, diakses 4 Juli 2013.
- Martinez-Rios, J.J. dan Monger, H.C.. *Soil classification of arid lands using Thematic mapper data*. Dalam *Revista Terra*. Jilid 20. Chapingo: Terra Latinoamericana. 2002. h. 89-100.
- National Aeronautics and Space Administration*. 2013. *Landsat 7*. <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/landsat7.html>, diakses 4 Juli 2013.

- Neter, J., Wasserman, W., dan Kutner, M.H. 1989. *Applied Linear Regression Models*. Illinois: Irwin.
- Potitthep, S., Ishii, R., dan Suzuki, R. *The Potential of Normalized Difference Soil Index (NDSI) for Soil Water Content Estimation in Mongolia*. Dalam *30th Asian Conference on Remote Sensing Volume 1 of 3*. Beijing: 30ACRS2009. 2009. h. 356-359.
- Reddy, K.R. 2002. *Engineering Properties of Soils Based on Laboratory Testing*. Chicago: Department of Civil and Materials Engineering University of Illinois.
- Rencher, A.C. 2002. *Method of Multivariate Analysis: Second Edition*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Roy, S.K., Shibusawa, S., dan Okayama, T. 2006. *Textural analysis of soil images to quantify and characterize the spatial variation of soil properties using a real-time soil sensor*. Dalam *Precision Agriculture*. Jilid 7. New York: Springer. h. 419-436.
- Schumacher, B.A. 2002. *Methods for the Determination of Total Organic Carbon (TOC) in Soils and Sediments*. Las Vegas: United States Environmental Protection Agency Environmental Sciences Division National Exposure Research Laboratory.
- Sukojo, B.M. dan Wahono. *Pemanfaatan Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Kandungan Bahan Organik Tanah*. Dalam *Makara Seri Teknologi*. Jilid 6. Jakarta: Direktorat Penelitian dan Pelayanan Komunitas Universitas Indonesia. 2002. h. 102-112.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry, genesis, composition reactions, 2nd edition*. New York: Wiley Interscience.
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah: Konsep dan Kenyataan*. Yogyakarta: Kanisius.
- USGS. 2010. *SLC-off Gap-Filled Products Gap-Fill Algorithm Methodology*. landsat.usgs.gov/documents/L7SLCGapFilledMethod.pdf, diakses 4 Juli 2013.
- . 2013. *Landsat 7 History*. http://landsat.usgs.gov/about_landsat7.php, diakses 4 Juli 2013.
- Wolf, A. *Using WorldView-2 Vis-NIR MSI Imagery to Support Land Mapping and Feature Extraction Using Normalized Difference Index Ratios*. Dalam *Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XVIII*. Maryland: SPIE. 2012. Editor: Sylvia S. Shen dan Paul E. Lewis.