

INTEGRASI TRANSFORMASI SPEKTRAL CITRA LANDSAT ETM⁺ DAN SIG UNTUK PEMETAAN POLA ROTASI TANAM LAHAN SAWAH KABUPATEN DAN KOTA SEMARANG SERTA DAERAH SEKITARNYA DI JAWA TENGAH

Sri Retno Murdiyati

menik_bogor@yahoo.com

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian

Projo Danoedoro dan Retnadi Heru Jatmiko

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

INTISARI

Pengurangan daerah beras seiring dengan meningkatnya populasi memberikan dampak pada ketersediaan pangan. Yang sesuai dan optimal manajemen beras yang diperlukan dengan mempertimbangkan sumber daya iklim dan pola tanam yang tepat waktu di lahan pertanian produktif, untuk mendukung kebutuhan dasar makanan untuk masyarakat, serta memberikan dukungan untuk Ketahanan Pangan Nasional. Studi ini dimaksudkan untuk menyelidiki keakuratan penggunaan spektrum nilai proses transformasi dan GIS untuk mengidentifikasi dan inventarisasi rotasi pola tanam di sawah dengan approach. The ekologi metode penelitian terdiri dari interpretasi klasifikasi multi-temporal ETM + Landsat digital dibantu menggunakan algoritma kemungkinan maksimum diawasi, dan dibantu dengan proses transformasi nilai spektral dari Analisis Principal Component (PCA), NDVI dan Tasseled Cap Transformasi (TCT). ETM + Landsat data yang digunakan adalah 5 Desember 2000, 24 April 2001, dan 1 Juli, 2001 di 120/065 path / row. Analisis ini selesai melalui membandingkan hasil dari proses transformasi Principal Component Spectral Analysis (PCA), NDVI dan Tasseled Cap Transformasi (TCT) dan proses transformasi gabungan dari tiga dari mereka, dengan hasil yang diperoleh dari klasifikasi tutupan lahan menggunakan saluran asli. Peran GIS dalam penelitian mengumpulkan data pendukung seperti peta zona agroiklimat, peta tanah, peta bentuk lahan, peta sawah irigasi, dan setelah itu dilapisinya semua dari mereka untuk pola tanam peta, dengan mengikuti tanda-tanda, untuk menghasilkan beras tanam peta rotasi pola. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara terpisah menggunakan proses transformasi nilai-nilai spektral multi-temporal yang disediakan akurasi rendah, tetapi dengan visual yang jelas, yaitu Principal Component Analysis, NDVI dan Tasseled Cap Transformasi 96,13%, 68,17%, dan 92,44% . Hasil akurasi dari proses transformasi spektral gabungan memberikan nilai 92,61%. Penggunaan multi-temporal Landsat band asli memberikan nilai akurasi 98,77%. Pola rotasi padi tanam diidentifikasi di daerah penelitian adalah 1x / tahun, 2x / tahun, bidang 3x / tahun beras, dan pertanian lahan kering. Kesimpulan dari penelitian ini adalah

penggunaan transformasi spektral bersama-sama tidak memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan secara individu spektral transformasi baik penggunaan saluran asli di multi-temporal. Penelitian lebih lanjut dengan menggunakan media-resolusi Remote Sensing Gambar beberapa prosedur yang berbeda dalam konteks pemantauan sawah dianggap perlu.

Kata kunci: spektral Nilai Transformasi, Analisis Principal Component (PCA), NDVI, Tasseled Cap Transformasi (TCT), Pola Tanam Rotasi, Kalender Tanam

ABSTRACT

The reduction of rice area along with the increase of population gives an impact on the food availability. The appropriate and optimal management of rice are required by considering the climate resources and timely cropping pattern at the productive agricultural land, to support the basic needs of food for the communities, as well as providing support for the National Food Security. The study intended to investigate the accuracy of the use of the spectral values transformation process and GIS in order to identify and inventory the rotation of cropping pattern in rice field with an ecological approach. The research methods consist of the interpretation of multi-temporal classification of Landsat ETM⁺ digitally assisted using supervised maximum likelihood algorithm, and assisted with the transformation process of the spectral value of a Principal Component Analysis (PCA), NDVI and Tasseled Cap Transformation (TCT).

Landsat ETM⁺ data used are December 5, 2000, April 24, 2001, and July 1, 2001 at the 120/065 path/row. The analysis was finished through comparing the results from the transformation process of Principal Component Spectral Analysis (PCA), NDVI and Tasseled Cap Transformation (TCT) and the combined transformation process from three of them, with the results obtained from the classification of land cover using the original channel. The role of GIS in the research are collecting supporting data like agro-climate zones maps, soil maps, landform maps, maps of irrigated paddy fields, and afterward overlaid all of them to the cropping patterns map, by following the signs, to produce rice cropping rotation pattern maps. Results showed that the separately use of the transformation process of multi-temporal spectral values provided low accuracy, but with an obvious visuals, namely Principal Component Analysis, NDVI and Tasseled Cap Transformation of 96,13%, 68.17%, and 92,44%. The accuracy results from the combined spectral transformation processes give a value of 92,61%. The use of multi-temporal Landsat original band gives the accuracy value of 98.77%. The rice cropping rotation patterns identified in the study area are 1x /year, 2x /year, 3x /year rice fields, and upland farming. The conclusion from this research is the use of spectral transformation together does not give a higher accuracy than the use of individually spectral transformation either the use of the original channel in a multi-temporal. The further research using medium-resolution Remote Sensing Image for

several different procedures in the context of rice field monitoring is considered necessary.

Keywords: Spectral Value Transformation, Principal Component Analysis (PCA), NDVI, Tasseled Cap Transformation (TCT), Rotation Cropping Pattern, Cropping Calendar

PENDAHULUAN

Ketersediaan produksi pangan dunia pada saat sekarang sedang menurun. Hal ini erat kaitannya dengan adanya beberapa faktor, antara lain: konversi komoditas pangan menjadi bahan bakar nabati atau *agro fuel*, iklim dan penurunan luas areal panen. Badan PBB FAO tahun 2008 memperkirakan 800 juta orang di dunia kelaparan dan kekurangan nutrisi atau gizi, lebih dari 500 juta orang merupakan orang Asia yang merupakan penghasil pangan Fauzi, (2008). Pulau Jawa yang dikenal sebagai lumbung pangan nasional dapat memberikan pasokan 53% dari kebutuhan pangan nasional, namun pada saat ini keberadaannya terancam oleh rencana pembangunan jalan tol trans-Jawa. Lahan sawah yang akan berubah fungsi menjadi jalan tol seluas 4.264 ha (diluar lahan perkebunan dan kehutanan) (*Kompas*, 2008). Makna dari konversi lahan sawah akan mengurangi produksi beras 21.320 ton/tahun, bila asumsi produktivitas padi di lahan sawah irigasi sebesar 5 ton/ha dengan masa tanam dua kali dalam setahun (BPS, 2002). Dalam jangka panjang pengurangan luas lahan sawah ini akan mempengaruhi produksi dan suplai pangan bagi rakyat, karena rakyat Indonesia masih tergantung pada beras sebagai makanan pokoknya. Oleh karena itu bidang pertanian di masa mendatang menghadapi permasalahan dalam penyediaan pangan nasional yang disebabkan, antara lain karena pengurangan luas lahan sawah dan menghadapi bencana alam (banjir, kekeringan) yang menyebabkan gagal panen, serta salah musim dalam awal pengolahan.

Tantangan bidang pertanian saat ini hingga kedepan ialah mensejajarkan kepentingan antara produksi pangan dengan pertumbuhan populasi, serta melindungi sumberdaya lahan dan air. Pertanian pada tingkat negara kebijakan utama dikonsentrasikan pada perencanaan perkembangan berkelanjutan dan ketahanan pangan. Informasi yang akurat dari penggunaan lahan pertanian apabila dikombinasikan dengan prediksi lapangan dapat membantu pembuat kebijakan dan perencana di negara berkembang dan negara sedang berkembang, untuk kepentingan penentuan (1) standart hidup layak bagi petani, (2) ketersediaan makanan pada harga yang

terjangkau bagi konsumen, (3) perlindungan lingkungan, sumberdaya lahan dan air, menghindari konversi yang tidak perlu dari ekosistem alam menjadi lahan pertanian (Townshend *et al.*, 2007). Aspek dalam pemantauan pertanian; antara lain yaitu: (1) pengumpulan data statistik pertanian tingkat nasional dan tingkat propinsi; (2) pemantauan tanaman pangan utama dan produksinya; (3) pendugaan untuk peringatan awal dari gagal panen: seperti kekeringan, serangan hama atau hujan yang berlebihan; (4) pemantauan jangka panjang dari perubahan luas, produktifitas lahan pertanian dan keberlanjutannya, masih diperlukan penelitian lebih lanjut (Townshend *et al.*, 2007). Guna menunjang proses pemantauan pertanian diperlukan inventarisasi data penggunaan lahan pertanian dan pola rotasi tanam pada lahan pertanian yang masih produktif, serta memperhatikan awal pengolahan (Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Jawa Tengah, 2007). Adapun pola tanam yang diterapkan selama ini tidak optimal ditinjau dari pemanfaatan sumberdaya iklim antara lain: curah hujan, radiasi surya, dan suhu udara (Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, 2007).

Lahan pertanian yang banyak tersebar di wilayah negara Indonesia masih memerlukan suatu teknologi untuk melakukan identifikasi maupun pemantauan dengan berbasis pada kemajuan teknologi yang ada saat ini, yaitu penginderaan jauh. Perkembangan penginderaan jauh semakin maju dengan adanya resolusi spasial yang semakin tinggi. Dengan semakin banyaknya data digital penginderaan jauh yang tersedia saat ini, diperlukan pengembangan metode pengolahannya untuk dapat memberikan informasi yang diperlukan diberbagai bidang. Citra Satelit dapat dibedakan menjadi 3 resolusi spasial, yaitu resolusi spasial rendah, sedang, dan tinggi.

Pengolahan data digital Citra Satelit saluran asli dengan menggunakan pendekatan spektral secara murni tidak memberikan hasil maksimal, namun untuk mengatasi kelemahan tersebut dapat dibantu dengan penggunaan integrasi pengolahan citra penginderaan jauh dan SIG (Danoedoro, 1996). Dari proses transformasi nilai spektral yang ada dipilih beberapa untuk dilakukan uji akurasi dalam rangka menambah akurasi proses identifikasi pola tanam lahan sawah, yaitu antara lain *Principal Component Analysis* (PCA), NDVI, dan *Tasseled Cap Transformation* (TCT). Informasi kondisi tumbuhan dilahan sawah yang diperoleh dengan akurat dan tepat saat ini diperlukan untuk inventarisasi lahan pertanian. Transformasi nilai spektral merupakan suatu usaha untuk melakukan penajaman obyek dalam data digital citra satelit yang akan menghasilkan informasi baru. Transformasi nilai spektral dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (1)

mempertajam informasi, (2) meringkas informasi dari jumlah saluran yang ada (Danoedoro, 1996). Data digital citra Landsat ETM⁺ yang digunakan dalam penelitian bukan merupakan data baru (th 2000 – 2001), karena ada kaitannya dengan perolehan data citra landsat multi-temporal dalam satu musim tanam lahan sawah dengan tutupan awan yang relatif kecil (<10%) agak sulit, serta penelitian yang dilakukan untuk membuktikan bahwa penggunaan proses transformasi nilai spektral dapat menambah akurasi dalam proses identifikasi pola tanam lahan sawah.

Peranan SIG dalam penelitian digunakan untuk membantu proses analisis spasial antara data raster dan data vektor, serta membantu dalam proses pengambilan keputusannya. Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan suatu sistem yang meliputi kegiatan pengumpulan, penyimpanan, pengolahan dan analisis data spasial maupun non spasial yang dapat dimunculkan kembali (Kraak, dan Ormeling, 2003), serta berbasis komputer dengan menggunakan format digital berbentuk numerik maupun alfa-numerik (Dimiyati, 1998). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah melakukan proses identifikasi dan inventarisasi pola rotasi tanam di lahan sawah berdasarkan integrasi transformasi nilai spektral dan Sistem Informasi Geografi (SIG) beserta kajian akurasi yang bisa disumbangkan citra Landsat digital sebagai produk penginderaan jauh. Proses identifikasi lahan pertanian (lahan sawah) dilakukan secara spasial dengan pendekatan ekologis zona agroklimat.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu interpretasi digital citra Landsat ETM⁺ secara multi-temporal menggunakan klasifikasi terselia (*supervised*) algoritma *maximum likelihood* dengan pendekatan ekologis zona agroklimat. Penentuan tanggal perekaman data Citra Landsat yang digunakan dalam penelitian dilakukan dengan cara melihat kalender tanam pada daerah penelitian.

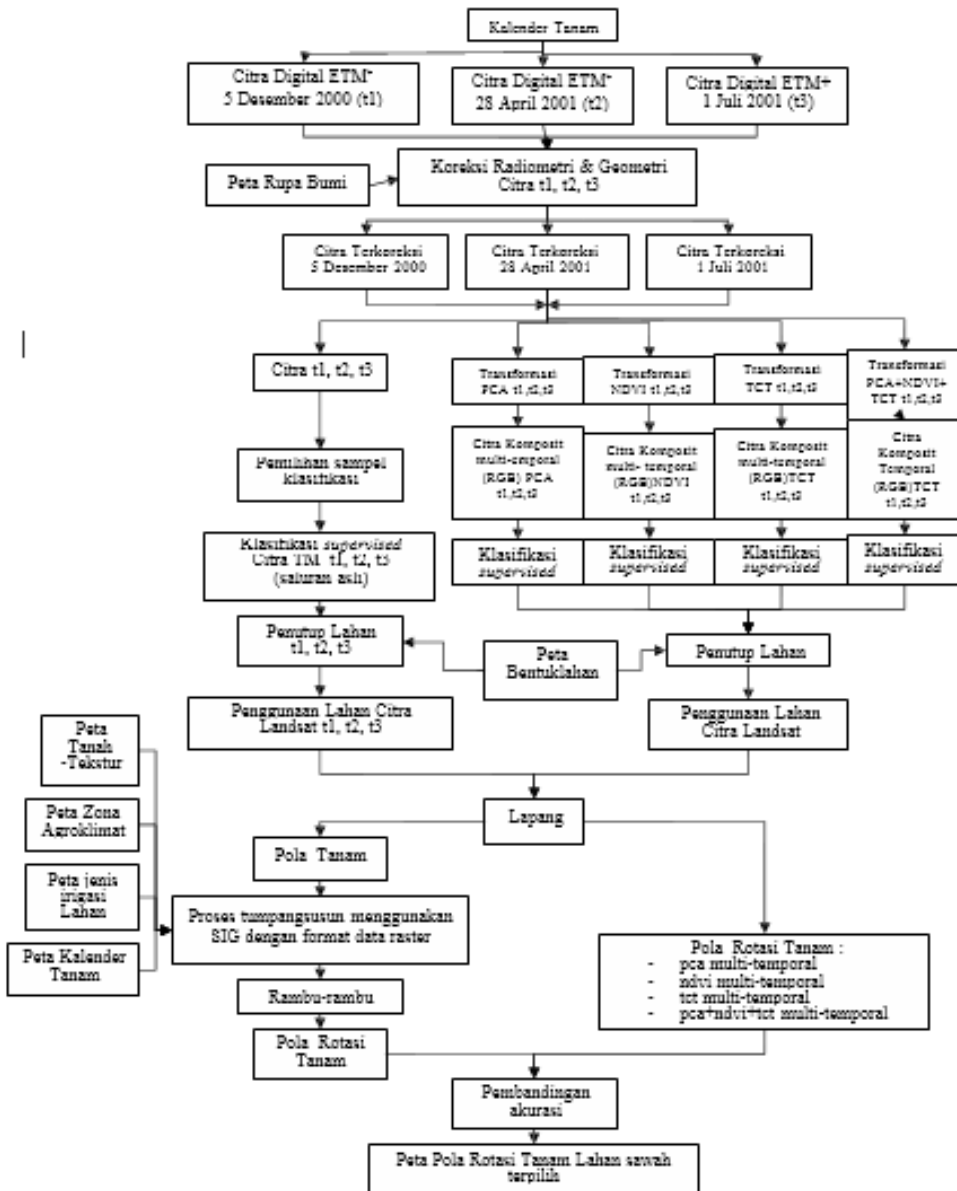
Transformasi nilai spektral yang akan diuji akurasinya dalam penelitian adalah (1) *Principal Component Analysis*, (2) NDVI, (3) *Tasseled Cap Transformation*, serta (3) gabungan ketiga transformasi nilai spektral (PCA+NDVI+TCT). Selain itu, juga diuji data digital citra Landsat ETM⁺ saluran asli menggunakan klasifikasi terselia (*supervised classification*) multi-temporal dan algoritma *maximum likelihood* serta bantuan

Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk proses tumpang-susun dengan peta-peta data sekunder.

Citra Landsat ETM⁺ yang digunakan dalam penelitian dilakukan proses koreksi radiometri dan koreksi geometri. Proses koreksi radiometri menggunakan metode penyesuaian regresi, yaitu dengan mengplot titik pengamatan ke dalam diagram pencar dan dibandingkan dengan saluran 4 dari citra Landsat ETM⁺. Selanjutnya dilakukan proses koreksi geometri dengan maksud agar citra Landsat ETM⁺ yang digunakan dalam penelitian memiliki sistem koordinat. Sistem koordinat yang digunakan untuk citra Landsat ETM⁺ adalah sistem proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*), datum WGS 1984 dan zona 49S. Proses koreksi geometri dilakukan dengan bantuan peta dasar yang berisi jaringan jalan, jaringan sungai yang didigitasi dari peta rupa bumi Indonesia.

Pengolahan citra Landsat ETM⁺ dalam rangka memperoleh informasi pola rotasi tanam lahan sawah dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) citra Landsat ETM⁺ sebagai saluran asli (multispektral), dan (2) citra Landsat ETM⁺ sebagai indeks transformasi. Kedua proses tersebut dikerjakan dan hasil dari proses saling dibandingkan akurasi. Penelitian yang dilakukan mengikuti prosedur seperti ditunjukkan pada diagram alir gambar 1.

Masing-masing citra Landsat ETM⁺ saluran asli dilakukan proses klasifikasi penutup lahan menggunakan metode klasifikasi terselia (*supervised classification*) serta algoritma *maximum likelihood*. Peta penutup lahan hasil klasifikasi terselia (*supervised classification*) selanjutnya ditumpang-susunkan dengan peta bentuklahan hingga menjadi peta penggunaan lahan, prosedur tersebut dilakukan untuk ketiga citra Landsat ETM⁺ yang digunakan dalam penelitian. Citra Landsat ETM⁺ sebagai indeks transformasi dilakukan proses klasifikasi penutup lahan dengan metode klasifikasi terselia (*supervised classification*) menggunakan algoritma *maximum likelihood* setelah dilakukan komposit warna (RGB) multi-temporal. Proses tersebut dilakukan pula untuk masing-masing transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* (PCA), NDVI, serta *Tasseled Cap Transformation* (TCT).



Gambar1. Diagram Penelitian

Pola tanam di lahan sawah dapat diidentifikasi dengan cara mengenali fase pertumbuhan tanaman padi di lahan sawah. Fase pengolahan di lahan sawah merupakan fase awal dari perkembangan tanaman padi, sehingga air merupakan kenampakan yang lebih dominan. Selanjutnya pada fase vegetatif, tanaman padi sudah tumbuh dan agak rapat daunnya. Dapat terlihat pada Citra Landsat ETM⁺ dengan nilai spektral (*digital number*) yang tinggi pada saluran inframerah. Fase generatif merupakan fase padi mulai terisi bulir padinya, keberadaan air sudah mulai berkurang dan yang memberikan respon dominan adalah bulir tanaman padi. Fase bera di lahan sawah ditandai dengan kondisi lahan sawah yang kosong tanpa tanaman padi, sehingga lahan lebih dominan.

Integrasi transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* (PCA), NDVI, dan *Tasseled Cap Transformation* (TCT) dalam rangka pemetaan pola rotasi tanam lahan sawah dilakukan dengan cara membuat komposit warna (RGB) multi-temporal dari citra Landsat ETM⁺ yang digunakan dalam penelitian. Citra Landsat ETM⁺ saluran asli dilakukan prosedur yang sama, yaitu dengan membuat komposit warna (RGB) multi-temporal. Dalam rangka mendukung pengambilan keputusan dalam proses integrasi transformasi nilai spektral dalam rangka pemetaan pola rotasi tanam lahan sawah, maka digunakan dukungan peta-peta data sekunder dengan bantuan SIG.

Dari peta-peta bantu seperti peta bentuklahan, peta zona agroklimat, peta tanah selanjutnya dilakukan pembuatan model binary (model yang sederhana), proses pemberian harkat untuk masing-masing tema sesuai dengan harkat yang digunakan yaitu nilai 1 dan 0. Nilai 1 untuk harkat yang memenuhi standar dan diberikan nilai 0 untuk kategori yang tidak memenuhi standar. Model binary dipilih dalam penelitian ini, karena fokus penelitian pada akurasi dari proses perolehan data dari citra Landsat ETM⁺ yang digunakan. Selanjutnya dari hasil pembuatan model binary diperoleh zona agroklimat, tekstur tanah, jenis irigasi lahan yang memenuhi standar menjadi sebuah peta baru. Peta hasil pengharkatan dengan model binary selanjutnya ditumpang susun dengan peta pola tanam yang dihasilkan dari pengolahan citra Landsat yang memiliki akurasi yang tinggi (akurat).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah pola rotasi tanam lahan sawah dengan kondisi berkecukupan air (lahan sawah terpilih) dan akurasi proses perolehannya. Penelitian yang telah dikerjakan dengan menggunakan data digital citra Landsat ETM⁺ tiga (3) tanggal perekaman mewakili satu tahun masa tanam di lahan sawah, yaitu tanggal 5 Desember 2000 digunakan untuk mewakili MH I, tanggal 24 April 2001 digunakan untuk mewakili MH II, dan tanggal 1 Juli 2001 digunakan untuk mewakili MK I.

Proses koreksi radiometri dilakukan pada tiap Citra Landsat ETM⁺ dengan mengurangi *digital number* tiap saluran (*band*) dengan nilai *offset* hasil penghitungan penyesuaian regresi seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

Proses koreksi geometri dilakukan dengan menggunakan referensi sungai dan jalan, serta persimpangan jalan maupun sungai (obyek yang jelas). Proses koreksi geometri citra Landsat ETM⁺ dilakukan dengan secara *image to vektor* serta memberikan proyeksi UTM WGS 84 dan zona 49S. Proses koreksi geometri dilakukan menggunakan 30 titik GCP (*Ground Control Point*) dengan RMS *error* 0,02 pada citra landsat ETM⁺ tanggal 1 Juli 2001, sedangkan untuk citra Landsat ETM⁺ 5 Desember 2000 dengan 23 titik GCP serta RMS *error* 0 dan citra Landsat ETM⁺ 28 April 2001 dengan 21 titik GCP serta RMS *error* 0.

Proses interpretasi citra Landsat ETM⁺ menggunakan saluran asli memberikan hasil peta penutup lahan wilayah Kabupaten dan Kota Semarang serta daerah disekitarnya selanjutnya ditumpangsusunkan dengan peta bentuklahan diperoleh penggunaan lahan, berupa kebun campuran, *mangrove*, perkebunan, hutan, kota, permukiman, sawah bera, sawah generatif, sawah olah, sawah vegetatif, semak, tambak, tegal.

Tabel 1. Nilai *Offset* untuk Koreksi Radiometri Citra Landsat ETM⁺

Koreksi radiometrik					
5 Desember 2000	offset	28 April 2001	Offset	1 Juli 2001	offset
B1	74,47	B1	59,125	B1	53,68
B2	56,55	B2	44,65	B2	41,91
b3	41,36	b3	36,87	b3	37,8
b5	6,05	b5	-1,39	b5	2,64
b7	8,95	b7	5,79	b7	-12,66

Tabel 2. GCP untuk koreksi geometri Citra Landsat ETM⁺

Koreksi geometri							
1 Juli 2001		5 Desember 2000		28 April 2001			
No. GPS	RMS	No. GPS	RMS	No. GPS	RMS		
1	0.02	1	0	1	0		
2	0.02	2	0	2	0		
3	0.03	3	0	3	0		
4	0.02	4	0	4	0		
5	0	5	0	5	0		
6	0.04	6	0	6	0		
7	0.01	7	0	7	0		
8	0.03	8	0	8	0		
9	0.02	9	0	9	0		
10	0.01	10	0	10	0		
11	0.02	11	0	11	0		
12	0.04	12	0	12	0		
13	0.02	13	0	13	0		
14	0.02	14	0	14	0		
15	0.03	15	0	15	0		
16	0.02	16	0	16	0		
17	0.02	17	0	17	0		
18	0.03	18	0	18	0		
19	0.02	19	0	19	0		
20	0.01	20	0	20	0		
21	0.01	21	0	21	0		
22	0.01	22	0				
23	0.01	23	0				0.00
24	0.04						
25	0.03		0.00				
26	0.03						
27	0.03						
28	0.02						
29	0.01						
30	0.01						
	0.02						

Sumber: Pengolahan data primer Citra Landsat ETM⁺, 2009.

Hasil dari proses identifikasi lahan sawah menggunakan data digital citra Landsat ETM⁺ sebagai indeks transformasi dapat memberikan informasi pola rotasi tanam lahan sawah, yang ditunjukkan dari perbedaan warna-warna yang ditimbulkan sudah memberikan makna tersendiri. Perbedaan proses yang dihasilkan antara keduanya adalah pada interpretasi saluran asli data digital citra Landsat ETM⁺ memerlukan beberapa tahapan proses untuk memperoleh informasi pola tanam lahan sawah, sedangkan pada

penggunaan proses indeks transformasi nilai spektral pola tanam lahan sawah dapat secara langsung dianalisis dari penggunaan lahan sawahnya.

Hasil proses interpretasi citra landsat *band* asli diperoleh tiga penutup lahan dan setelah ditumpang susun dengan peta bentuk lahan hingga diperoleh tiga penggunaan lahan. Ketiga penggunaan lahan ditumpang susun dengan bantuan SIG dengan format raster hingga diperoleh pola tanam lahan sawah yang dari citra Landsat saluran asli. Pola rotasi tanam diperoleh setelah dilakukan proses tumpang susun penggunaan lahan dengan peta-peta data sekunder.

Bentuk lahan yang terdapat di daerah penelitian terdiri 3 bahan induk yaitu asal volkan, marine, dan alluvium, dan sedimen. Bila dilihat dari peta bentuk lahan dapat memberikan gambaran kondisi daerah penelitian, dan menjadi satuan pemetaan (*land unit*). Satuan pemetaan menggunakan *land unit*, karena manajemen tanaman berbeda untuk *land unit* yang berbeda.

Bentuk lahan volkan lereng bawah, volkan lereng tengah, perbukitan paralel lipatan, lungur volkanik dataran alluvial, perbukitan lipatan, perbukitan paralel lipatan, basin tertutup, merupakan wilayah memiliki lahan sawah di daerah penelitian. Lahan sawah di daerah lereng volkan bawah terdapat dengan luasan yang sempit (kecil-kecil petakannya), namun memiliki pola tanam hingga padi 3x dalam satu tahun. Hal tersebut dapat terlaksana karena ketersediaan air irigasi dari sungai yang tersedia, serta sumber mata air tetap tercukupi di musim kemarau.

Data Citra Landsat ETM⁺ perekaman tanggal 5 Desember 2000, 28 April 2001, dan 1 Juli 2001 yang mewakili 1 tahun musim tanam lahan sawah, yaitu musim hujan (MH), musim kemarau I (MK I) dan musim kemarau II (MK II). Hasil dari proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis*, NDVI, dan *Tasseled Cap Transformation* yang dapat memberikan informasi kondisi lahan sawah, muncul kenampakan dari tiga tanggal perekaman yang mengindikasikan kondisi lahan sawah pada tanggal perekaman Citra Landsat yang digunakan. Proses transformasi nilai spektral untuk NDVI dilakukan terhadap semua Citra Landsat ETM⁺ yang digunakan, hingga diperoleh informasi biomass dari obyek yang memiliki tanaman. Transformasi nilai spektral NDVI dapat membedakan lahan sawah dengan lahan non sawah pada saat digunakan secara bersama ketiga tanggal perekaman Citra Landsat melalui proses pembuatan komposit warna

(RGB). Warna putih muncul untuk kenampakan/obyek pada ketiga tanggal perekaman Citra Landsat ETM⁺ memiliki nilai reflektansi sama tinggi, hal ini mengindikasikan obyek yang terekam pada sensor Citra Landsat ETM⁺ memiliki obyek bervegetasi sangat rapat yang tidak mengalami perubahan, dari hasil identifikasi ditunjukkan obyek hutan. Warna gelap mengindikasikan adanya nilai kerapatan biomass yang sama rendah (obyek tidak bervegetasi) untuk ketiga tanggal perekaman pada Citra Landsat, pada penelitian ditunjukkan obyek kota, air laut.

Terdapat gradasi warna dari hasil proses transformasi nilai spektral NDVI, yaitu dari gelap hingga putih. Hal ini mengindikasikan tidak adanya perubahan dari obyek yang terekam oleh sensor Citra Landsat ketiga tanggal, namun memiliki nilai NDVI yang berbeda untuk tiap kelompok jenis kandungan hijau daun dari vegetasinya. Perbedaan warna yang ditunjukkan dari pembuatan Komposit (RGB) hasil proses transformasi nilai spektral NDVI mengindikasikan adanya perubahan nilai pantulan hijau daun yang diterima sensor pada ketiga tanggal perekaman Citra Landsat.

Proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* memberikan kenampakan obyek lebih tajam dari nilai pada citra aslinya yang ditunjukkan dengan gradasi keabuan. Penggunaan lahan sawah dengan beberapa fase-fase padi, terutama pada kondisi bera memberikan tampilan warna yang berbeda dengan obyek lainnya.

Sistem Informasi Geografi membantu dalam proses penggabungan dari beberapa data sekunder yang ditumpangsusun dengan data raster (citra Landsat ETM⁺), manajemen data, pengolahan data hingga menampilkan data yang baru. Peta sekunder yang meliputi peta bentuklahan, peta tanah, peta zona agroklimat, serta peta jenis irigasi lahan sawah digunakan untuk menentukan parameter-parameter yang mendukung dalam penentuan lahan sawah. Peta jenis irigasi terdiri dari 4 jenis yaitu irigasi teknis, semi teknis, sederhana, dan tadah hujan. zona agroklimat di wilayah penelitian terdiri dari zona B, C, D. Parameter tanah yang digunakan adalah data tekstur tanah.

Proses identifikasi lahan sawah dilakukan dengan mengenali berupa fase-fase pertumbuhan tanaman padi di lahan sawah seperti fase olah, fase vegetatif, fase generatif, dan fase bera hingga dihasilkan peta pola tanam lahan sawah. Hasil dari proses tumpangsusun peta pola tanam hasil dari interpretasi multi-temporal pada peta sekunder yang sudah diproses untuk dikondisikan.

Hasil tumpang susun antara hasil interpretasi Citra Landsat ETM⁺ ditumpang susunkan dengan peta zona agroklimat akan diperoleh peta pola rotasi tanam yang didukung kecukupan air. Lahan persawahan apabila tercukupi kebutuhan air (dari zona agroklimat) dan tidak menjadikan banjir akan bermanfaat untuk kebutuhan tumbuh kembang tanaman di lahan sawah.

Daerah penelitian memiliki zona Agroklimat B dengan curah hujan >2500 mm/th, bulan basah 6-9 bulan; serta zona C dengan curah hujan sebesar 1500 – 2500 mm/th, bulan basah lebih dari 6 bulan, serta zona D dengan curah hujan 1500-2500 mm/th dan bulan basah 3-6 bulan. Dari hasil proses identifikasi pola rotasi tanam di lahan sawah di daerah penelitian menggunakan Citra Landsat ETM⁺, diperoleh informasi terutama di dataran rendah berupa padi-padi-palawija, dan padi-padi-padi pada saat tersedia cukup air guna pertumbuhan tanaman. Pola tanam lahan sawah di dataran tinggi lebih bervariasi, yaitu padi-padi-sayuran, tanaman bunga-bunga. Penggunaan lahan sawah sebagian besar di lereng bawah volkan dan memiliki pola rotasi tanam padi 3x dengan dan bila dikaitkan dengan bentuklahan yang demikian memiliki sumber mata air yang banyak. Pada hasil verifikasi lapang diperoleh data, bahwa banyak mata air yang muncul lereng kaki volkan dan oleh penduduk setempat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, juga untuk mengairi lahan sawahnya.

Penghitungan akurasi penggunaan proses transformasi nilai spektral NDVI dalam identifikasi pola rotasi tanam lahan sawah dengan akurasi keseluruhan 68,17%. Akurasi yang diperoleh dengan menggunakan proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* 96,13%. Akurasi yang diberikan proses transformasi nilai spektral *Tasseled Cap Transformation* sebesar 92,44%. Pengujian akurasi penutup lahan hasil proses transformasi NDVI, *Principal Component Analysis*, maupun *Tasseled Cap Transformation* dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari penggunaan transformasi nilai spektral dengan verifikasi lapang (*ground truth*). Penggunaan masing-masing transformasi nilai spektral digabungkan dengan ketiga Citra Landsat ETM⁺ dan selanjutnya dilakukan proses klasifikasi terselia (*supervised classification*). Hasil uji akurasi untuk penggabungan ketiga proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis*, NDVI, dan *Tasseled Cap Transformation* (PCA+NDVI+TCT) sebesar 92,61%.

Hasil uji akurasi dari hasil interpretasi penutup lahan untuk citra Landsat ETM⁺ saluran asli tanggal 5 Desember 2000 yang sebesar 88,26%, sedangkan untuk citra Landsat ETM⁺ tanggal 1 Juli 2001 memberikan akurasi sebesar 92,49%. Hasil uji akurasi interpretasi penutup lahan menggunakan citra Landsat ETM⁺ saluran asli tanggal 28 April 2001 sebesar 99,56%. Identifikasi lahan sawah menggunakan citra Landsat ETM⁺ saluran asli tanggal 28 April 2001 memberikan akurasi yang tertinggi dibanding kedua citra Landsat lainnya, karena kondisi lahan sawah pada bulan April sangat bervariasi.

Hasil proses menggunakan transformasi nilai spektral NDVI pada citra Landsat ETM⁺ komposit warna (RGB) multi-temporal memberikan gambaran secara visual yang tajam dan jelas dapat membedakan antara penggunaan lahan yang selalu berubah (lahan sawah dengan tanaman padi atau palawija) dengan penggunaan lahan yang selalu tetap (kota, permukiman, kebun campuran, hutan, perkebunan, lahan terbuka permanen).

Hasil proses transformasi nilai spektral dari NDVI memberikan nilai yang tinggi untuk biomass yang rapat, sedangkan di lahan sawah dapat mendeteksi pola rotasi tanamnya. Namun kalau dilihat dari nilai akurasi yang ditunjukkan tidak memberikan gambaran seperti apa yang tampak pada tampilannya. Analisis dari hasil proses transformasi nilai spektral NDVI menggunakan ketiga tanggal perekaman Citra Landsat ETM⁺ secara langsung dapat memberikan gambaran berapa kali dalam satu tahun musim tanam lahan sawah ditanami. Penggunaan proses transformasi nilai spektral NDVI dapat memisahkan antara lahan sawah dengan kebun campuran secara tegas dan jelas batasnya.

Penelitian yang telah dilakukan memberikan hasil, yaitu proses identifikasi pola rotasi tanam di lahan sawah dengan menggunakan bantuan proses transformasi nilai spektral tidak memberikan hasil seperti yang diharapkan. Ketelitian yang ditunjukkan dari proses identifikasi pola rotasi tanam di lahan sawah menggunakan data citra Landsat saluran asli secara multi-temporal masih memberikan nilai yang paling tinggi. Walaupun prosedur yang harus dilewati lebih rumit dibandingkan dengan menggunakan proses transformasi nilai spektral.

Dari proses tumpang susun peta pola tanam lahan sawah dengan peta jenis irigasi sawah diperoleh hasil berupa lahan sawah. Selanjutnya dilakukan tumpang susun peta hasil dengan parameter untuk mengidentifikasi lahan sawah agar bebas dari bencana atau memiliki resiko bencana yang rendah, parameter yang digunakan pada tabel 1. Proses berikutnya peta ditumpang susun dengan peta bantu yang digunakan. Analisis data hasil interpretasi dan validasi lapang dibuat dalam format raster, karena hasil interpretasi citra Landsat ETM⁺ dalam format raster.

Peta bantu yang sudah dalam format raster ditumpang susun dengan hasil proses transformasi nilai spektral NDVI yang ditambah dengan informasi nilai spektral PCA dan TCT kelembaban, akan memberikan informasi pola rotasi tanam lahan sawah yang berkecukupan air. Seperti yang dijabarkan dalam tabel 3 mengenai parameter yang digunakan dalam tumpang susun peta sekunder. Hasil dari interpretasi klasifikasi tutupan lahan multi-temporal saluran asli digabungkan dengan peta bentuk lahan menghasilkan peta penutup lahan. Pada citra landsat asli multi-temporal dilakukan proses penentuan pola tanam lahan sawah seperti pada transformasi nilai spektral. Hasil uji akurasi penentuan pola tanam lahan sawah menggunakan saluran asli sebesar 98,77% seperti yang ditunjukkan pada tabel 6.

Hasil proses transformasi nilai spektral NDVI citra Landsat ETM⁺ komposit warna (RGB) multi-temporal dapat membedakan penutup lahan sawah dengan penutup lahan lainnya. Proses transformasi nilai spektral *Tasseled Cap Transformation* lebih untuk membedakan kelembaban lahannya, sehingga memberikan analisis yang lebih tepat. Analisis pola rotasi tanam lahan sawah menggunakan proses transformasi nilai spektral dan saluran asli. Penggabungan proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis*, NDVI, dan *Tasseled Cap Transformation* yang diharapkan memberikan keuntungan dalam melakukan klasifikasi terselia, karena masing-masing proses transformasi mempunyai keunggulan yang muncul saat digabungkan. Hasil penelitian yang telah dilaksanakan tidak terbukti, bahwa penggunaan transformasi nilai spektral dalam rangka identifikasi pola rotasi tanam di lahan sawah dapat menambah akurasi proses identifikasi. Demikian juga penggabungan ketiga transformasi nilai spektral dalam rangka proses identifikasi pola rotasi tanam lahan sawah lebih rendah daripada penggunaan proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* yang berdiri sendiri.

Penentuan kelas dalam interpretasi penutup lahan yang digunakan dalam proses klasifikasi dibuat bervariasi, karena permulaan awal tanam dalam satu periode tidak bersamaan. Sehingga dalam satu tanggal perekaman citra Landsat ETM⁺ yang digunakan terdapat bermacam-macam fase pertumbuhan tanaman padi. Tiap *scene* citra Landsat ETM⁺ yang digunakan memiliki keempat fase pertumbuhan tanaman padi.

Kondisi sosial budaya daerah penelitian tidak diperhitungkan dalam penentuan pola rotasi tanam lahan sawah. Kondisi lahan sawah dilapangan yang relatif sempit petak-petak sawah yang diolah, serta budaya petani yang lebih senang menyimpan beras daripada menjual ke pasar. Tanaman padi masih menjadi tanaman utama bagi petani. Banyak faktor yang berpengaruh dalam bidang budaya yang memerlukan untuk dikaji dilain waktu, seperti berapa dari pengolah lahan sawah yang merupakan pemilik, berapa banyak petani sebagai buruh.

Hasil pengolahan citra Landsat ETM⁺ saluran asli multi-temporal dalam rangka pemetaan pola rotasi tanam diperoleh informasi (1) lahan sawah dengan padi 1x, (2) lahan sawah dengan padi 2x, (3) lahan sawah dengan padi 3x, (4) lahan sawah dengan padi 2x-palawija, dan (4) pertanian lahan kering seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 serta pada tabel 4 beserta luasannya. Hasil penghitungan akurasi klasifikasi penutup lahan menggunakan proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* (PCA) ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 3. Rambu-Rambu Identifikasi Pola Rotasi Tanam Lahan Sawah Menggunakan citra Landsat ETM⁺ multi-temporal

Citra 5 Desember 2000	Citra 28 April 2001	Citra 1 Juli 2001	Peta Jenis Irigasi Lahan Sawah	Peta Zona Agroklimat	Peta Kalender Tanam (onzet)	Kesimpulan
1.Sawah veg	1.Sawah veg	1.Sawah veg	Teknis,	B	Sept 3 – Okt 1	Padi 3x
2. Sawah bera	2. Sawah bera	2. Sawah bera	Sederhana	C	Okt 2 – 3	Padi
3. Sawah bera	3. Sawah bera	3. Tegal.	Tadah	D	Nov 1 – 2	2x Padi
4.Sawah veg	4. Sawah gen	4. Tegal	hujan		Nov 3 – Des 1	1x

Sumber: Interpretasi citra Landsat ETM⁺ dan data sekunder, 2009.

Tabel 4. Pola Rotasi Tanam Lahan Sawah dan luasannya.

Penggunaan lahan sawah	Luas (ha)
pertanian lahan kering	1805.22
sawah dengan padi 1x	291.6
sawah dengan padi 2x	7809.66
sawah dengan padi 2x-palawija	18809.1
sawah dengan padi 3x	20787.48
Jumlah	49503.06

Sumber: Pengolahan data primer citra Landsat ETM⁺ multi-temporal 2009 dan cek lapang 20-23 Juli 2009

Tabel 5. Matrik uji akurasi hasil klasifikasi penutup lahan menggunakan transformasi nilai spektral PCA multi-temporal

Klasifikasi	L a p a n g										Ketelitian Pemetaan	Ketelitian Interpretasi
	Lahan terbuka	sw3	tegal	kebun campuran	tambak/air	sw2	tubuh air	kota	jumlah	Omisi		
lahan terbuka	62	0	0	0	0	0	0	0	62	0	33,33	100,00
sw3	0	426	0	0	0	0	0	0	426	0	33,33	100,00
tegal kebun campuran	0	0	103	0	0	0	0	0	103	0	33,33	100,00
tambak/air	0	0	0	42	0	0	0	0	42	0	33,33	100,00
sw2 tubuh air	0	0	0	0	206	0	0	0	206	0	30,25	100,00
kota	0	0	0	0	0	280	63	0	269	63	30,25	100,00
	0	0	0	0	0	0	280	0	280	0	33,33	100,00
	0	0	0	0	0	0	335	0	335	0	31,37	84,17
	0	0	0	0	0	0	0	112	112	0	33,33	100,00
jumlah	62	426	103	42	206	280	398	112	1629			
Komisi	0	0	0	0	0	0	63	0				

Ketelitian Keseluruhan **96.13**

Sumber: Pengolahan citra Landsat ETM⁺ multi-temporal 2009. cek lapang 20-23 Juli 2009.

Tabel 6. Matrik uji akurasi Matrik uji akurasi hasil identifikasi lahan sawah menggunakan citra Landsat ETM⁺ saluran asli multi-temporal

Klasifikasi	L a p a n g a n				Ketelitian Pemetaan	Ketelitian Interpretasi
	sawah 2	sawah 3x	Jumlah	Omisi		
sawah	180	2	182	2	33.15	99.45
2x sawah	1	60	61	1	95.24	96.77
Jumlah	181	62	243			
Komisi	2	2				

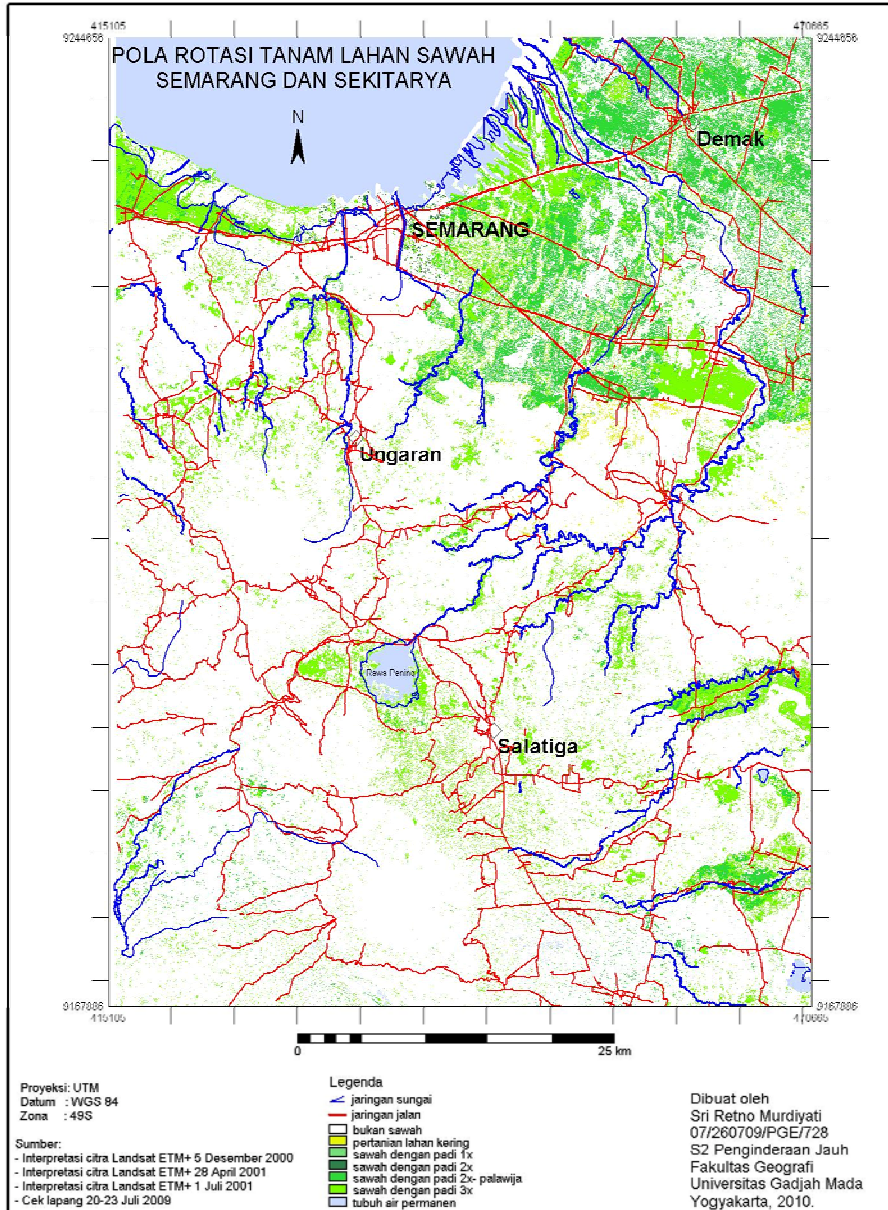
Ketelitian keseluruhan **98.77**

Sumber: Pengolahan data primer, 2009

Cek lapang 20-23 Juli 2009

Pola rotasi tanam lahan sawah dengan tanaman padi 2x dan palawija merupakan pola rotasi tanam yang dominan di wilayah yang datar dan jenis irigasi teknis terdapat seluas 18.809 ha. Pola rotasi tanam padi 2x-palawija dapat terwujud, karena terjaminnya pasokan air sebagai syarat tumbuh tanaman yaitu dari irigasi. Pola rotasi tanam lahan sawah dengan padi 3x terletak di wilayah yang sempit, dan terletak di wilayah dengan bentuklahan lungur volkan (dominan di daerah volkan). Pola rotasi tanam dengan padi 3x memiliki luasan 20.787 ha.

Faktor kemiringan lereng tidak menjadi halangan bagi petani, sehingga pada kemiringan lereng yang sudah tidak diperbolehkan untuk diolah masih diusahakan untuk lahan pertanian. Pola rotasi tanam dengan padi 2x terdapat seluas 7.809 ha dan terletak pada dataran aluvial dengan curah hujan 1500-2500 mm/th serta bulan basah selama 3 – 6 bulan, sehingga dapat ditanami 2x padi dan bera. Pola rotasi tanam lahan sawah dengan padi 1x terdapat di wilayah yang berlereng dan memiliki luasan yang sempit-sempit terdapat seluas 291 ha, ditunjukkan pada table 4. Pola rotasi tanam lahan sawah dengan tanaman padi 1x terdapat di lereng-lereng volkan dan dengan menggunakan tanaman padi varietas lokal. Pola rotasi tanam pertanian lahan kering, biasanya digunakan untuk tanaman sayuran dan terletak di wilayah yang berombak dan dekat dengan sumber air seperti sungai, terdapat seluas 1.805 ha. Bentuk wilayah yang berombak dan curah hujan yang cukup yaitu 1500-2500 mm/th serta bulan basah >6 bulan yang memungkinkan pertanian lahan kering dapat tercukupi air.



Gambar 1. Peta Pola Rotasi Tanam Lahan Sawah Wilayah Semarang dan sekitarnya

KESIMPULAN

Penelitian di wilayah Semarang dengan bervariasi relief, bentuklahan, dan lereng memberikan variasi nilai harkat yang dihitung dari peta-peta bantu yang digunakan dalam penelitian. Fenomena alam yang memberikan ketersediaan air sebagai kebutuhan hidup tanaman padi di lahan sawah dapat dilihat dari banyaknya muncul mata air di beberapa lokasi penelitian. Jenis irigasi lahan sawah belum dapat menjamin adanya lahan sawah dapat ditanami dengan teratur, karena ditemukan adanya lahan sawah dengan jenis irigasi sederhana dapat dilakukan pengolahan untuk tanaman padi 3x dalam satu tahun. Penelitian yang telah dilakukan di wilayah Semarang dengan menggunakan citra Landsat ETM⁺ dalam rangka pemetaan pola rotasi tanam di lahan sawah dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

Dari uji lapang terhadap hasil proses transformasi nilai spektral NDVI memberikan hasil sebesar 68,17%; proses transformasi nilai spektral *Principal Component Analysis* (PCA) sebesar 96,13%; dan *Tasseled Cap Transformation* (TCT) memberikan akurasi sebesar 92,44%. Hasil akurasi dengan cara menggabungkan proses transformasi *Principal Component Analysis*, NDVI, dan *Tasseled Cap Transformation* dalam satu file yang selanjutnya dilakukan proses klasifikasi terselia (*supervised classification*) memberikan nilai akurasi 92,61%. Prosedur ini memberikan gambaran bahwa proses penggabungan transformasi nilai spektral (*Principal Component Analysis* + NDVI + *Tasseled Cap Transformation*) tidak terbukti memberikan penambahan akurasi yang lebih baik. Proses klasifikasi digital secara multi-temporal dengan menggunakan citra Landsat ETM⁺ saluran asli memberikan akurasi sebesar 98,77%. Penggunaan saluran asli citra Landsat ETM⁺ tanggal 5 Desember 2000 dalam klasifikasi penutup lahan memberikan akurasi sebesar 88,26%; sedangkan untuk citra Landsat ETM⁺ tanggal 28 April 2001 memberikan akurasi 98,53%; untuk tanggal 1 Juli 2001 memberikan akurasi sebesar 92,49%. Hasil proses transformasi nilai spektral NDVI komposit warna (RGB) multi-temporal dapat memisahkan kenampakan lahan sawah dengan lahan non sawah secara tegas dan jelas. Pada saat warna yang muncul dalam lahan tersebut ialah dua warna utama, maknanya adalah lahan sawah digunakan dua kali tanaman padi dalam satu tahun. Demikian juga saat kombinasi ketiga warna itu muncul berarti lahan digunakan tiga kali tanam padi dalam satu tahun.

Hasil analisis data citra Landsat ETM⁺ berbasis transformasi nilai spektral tidak dapat memberikan sumbangan yang penting dalam pemetaan pola rotasi pola tanam di lahan sawah secara akurat.

Penggunaan data citra Landsat ETM⁺ untuk tujuan memperoleh informasi pola rotasi tanam lahan pertanian maupun lahan sawah sebaiknya menggunakan data Citra Landsat multi-temporal dari *band* asli. Hal tersebut terkait dengan kesimpulan yang diperoleh dari hasil perbandingan uji akurasi penggunaan proses transformasi nilai spektral dengan penggunaan saluran asli dalam rangka pemetaan pola rotasi tanam lahan sawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2007. Pedoman Kalender Tanam (Lampiran Atlas Kalender Tanam) Volume I: Pulau Jawa (Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta). Edisi 1. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- BPS. 2002. Semarang Dalam Angka. Semarang, Jawa Tengah.
- Danoedoro, P. 1996. Pengolahan Data Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Dimiyati, R.D, dan M. Dimiyati. 1998. Remote Sensing Dan Sistem Informasi Geografis Untuk Perencanaan. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah. Jakarta.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Jawa Tengah. 2007. Laporan Tahunan Tahun 2006.
- Fauzi, M. 2008. Seminar Nasional Kebangkitan Nasional. IPB. Bogor.
- Kraak, M.J, dan F. Ormeling. 2007. Kartografi: Visualisasi Data Geospasial. Edisi kedua. Gadjah Mada University Press.
- Kompas. 2008. Tol Picu Konversi Lahan Sawah.
- Townshend, J.R., J. Latham, O. Arino, R. Balstad, A. Belward, R. Conant, C. Elvidge, J. Feuquay, D. El Hadani, M. Herold, A. Janetos, C.O. Justice, Liu Jiyuan, T. Loveland, F. Nachtergaele, D. Ojima, M. Maiden, F. Palazzo, C. Schmullius, R. Sessa, A. Singh, J. Tschirley, and H. Yamamoto. 2007. *Integrated Global Observation of the Land: an IGOS-P Theme*, IGOL Report No. 8.