Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. 6 No. 2 : 55-70 (2000) Artikel (Article)

DETEKSI KONDISI HUTAN PASKA KEBAKARAN MELALUI CITRA MULTISENSOR MOS-MESSR DAN LANDSAT TM : Studi Kasus di areal PT. MHP Sumatera Selatan OF (DETECTION POST-FIRE FOREST CONDITION BY USING MULTISENSOR MOS-MESSR AND LANDSAT TM : A case study in the Area of Musi Hutan Persada Co.Ltd., South Sumatera)

I NENGAH SURATI JAYA[1], ENDANG PUJIASTUTI[2], dan M. BUCE SALEH[3]

ABSTRACT

This paper presents how the multisensor MOS-MESSR and Landsat Thematic Mapper (TM) should be manipulated as tools for detecting land cover changes. Radiometric correction using image regression was recognized as useful approach to adjust pixel brightness value of MOS-MESSR. In this study, the standardized MPC showed comparable accuracy, similar to DMC method. Using this technique forest changes due to fire as well as land clearing were well recognized. Some recommendations and suggestions for improving classification accuracy of change detection using multisensor MOS-MESSR and Landsat TM were drawn up from this study.

PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan data penginderaan jauh bukanlah sesuatu yang sulit. Hampir setiap tempat dipermukaan bumi ini direkam setiap periodik oleh berbagai sensor satelit sumberdaya alam. Pada saat ini beberapa satelit komersial sumberdaya yang cukup potensial untuk digunakan dibidang kehutanan adalah MOS-MESSR, Thematic Mapper (TM), SPOT, JERS-1, IRS-D, ERS-1, Radarsat dan IKONOS. Perbedaan Resolusi spasial, temporal, spektral dan radiometrik dari citra tersebut menyebabkan perlunya pengetahuan tentang teknik pemanfaatan citra secara benar untuk menghasilkan informasi yang optimal. Perkembangan teknologi sensor ini harus pula diimbangi dengan penelitian pada berbagai bidang yang menyangkut pemanfaatan citra yang dihasilkan oleh sensor yang berbeda. Pengetahuan tentang perbedaan sensitivitas sensor, (resolusi radiometrik), resolusi spektral dan resolusi spasial serta teknik koreksinya sangat diperlukan oleh setiap pengguna data satelit.

Berangkat dari asumsi bahwa (1) perbedaan kondisi atmosfer seperti kabut, posisi matahari dari awan menyebabkan perbedaan reflektansi obyek; (2) perbedaan sensitivitas

---

[1] Staf pengajar dan peneliti, Lab. Inventarisasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Darmaga, Po. Box 168 Bogor

[2] Alumni Fakultas Kehutanan IPB

[3] Staf pengajar dan peneliti, Lab. Perencanaan Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Darmaga, Po. Box 168 Bogor

sensor untuk menerima aliran radiasi (flux radiant) menyebabkan adanya perbedaan nilai kecerahan (brightness value) dari obyek, penulis mencoba melakukan penelitian menggunakan sensor MOS-MESSR dan Landsat TM untuk mendeteksi perubahan penutupan hutan, khususnya yang disebabkan oleh kebakaran.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui (1) apakah multisensor MOS-MESSR dan TM mampu memberikan informasi yang cukup teliti untuk mendeteksi kebakaran hutan khususnya dan penutupan lahan pada umumnya, dan (2) apakah teknik transformasi citra dengan analisis komponen utama mampu memberikan informasi yang akurat.

METODE

Lokasi

Studi kasus ini dilakukan di wilayah HPHTI PT. Musi Hutan Persada, yaitu di Unit VII, Unit VIII, dan Unit IX wilayah Kesatuan Hutan Benakat. Secara geografis, lokasi ini terletak antara 103°29’ 46,67” BT dan 103°44’ 54,67” BT; dan antara 03°13’ 10,00” LS dan 03°26’ 18,33” LS; dan secara administrasi pemerintahan, daerah tersebut termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Musi Rawas, Kabupaten Musi Banyu Asin dan Kabupaten Muara Enim.

Kondisi vegetasi

Sebagian besar vegetasi di wilayah studi merupakan Hutan Tanaman Industri (HTI) kelas perusahaan utama Acacia mangium. Sampai dengan akhir tahun 1997 di seluruh wilayah PT. Musi Hutan Persada telah terdapat 190,891 Ha tanaman A. mangium yang terdiri dari beberapa tahun tanam dari tahun 1990/1991 sampai dengan tahun 1996/1997.

Musim kemarau yang berkepanjangan pada tahun 1997 telah menyebabkan kebakaran hutan besar-besaran dan merupakan kebakaran terbesar yang pernah terjadi di lokasi penelitian. Menurut laporan kepada Kanwil Departemen Kehutanan Sumatera Selatan tahun 1998, kebakaran di wilayah PT. Musi Hutan Persada mulai terjadi pada bulan Juni 1997 sampai Januari 1998. Frekuensi kebakaran pada bulan Juli, Agustus, dan September 1997 masing-masing adalah 5,179 dan 224 kali. Setiap kejadian kebakaran rata-rata terjadi pada siang sampai sore hari.

Waktu penelitian

Pemeriksaan lapangan dilakukan sekitar 4 bulan setelah kebakaran yaitu pada bulan April – Juni 1998 di areal HPHTI PT. Musi Hutan Persada (MHP), Propinsi Sumatera Selatan. Pengolahan data mulai bulan Oktober 1998 di Laboratorium Fisik Penginderaan Jauh, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan alat

Citra multiwaktu yang digunakan adalah citra MOS-MESSR rekaman tanggal 17 Mei 1992 (800 x 1200 piksel) dan citra Landsat TM rekaman tanggal 18 Agustus 1997 (850 x 850 piksel). Peta areal kerja PT. MHP skala 1 : 100.000 peta garis bentuk skala 1 : 50.000 dan peta tematik skala : 20.000 digunakan sebagai rujukan dalam rangka penetapan lokasi training area di lapangan. Data lain berupa laporan kejadian kebakaran hasil wawancara dan data kerusakan akibat kebakaran hutan yang dikumpulkan dari kegiatan lapangan sebagai rujukan dalam proses analisis data.

Pada studi ini, data diolah pada perangkat keras komputer pribadi dengan software ILWIS 2.1 (Integrated Land and Water Information System).

Metode studi

Secara garis besarnya, studi ini meliputi beberapa tahap sebagai berikut :

Kriteria kerusakan tegakan

Kerusakan tegakan pada studi ini dikelompokkan dengan kriteria sebagai berikut : (a) terbakar ringan, jika $I < 20\%$; (b) terbakar sedang, jika $20\% \leq I < 50\%$; (c) terbakar berat, jika $50\% \leq I < 80\%$; dan (d) terbakar sangat berat, jika $I \geq 80\%$. Intensitas kerusakan (I) dihitung dengan rumus (Salim, 1993 dalam Boer, 1984).

Koreksi radiometrik

Secara garis besar kesalahan radiometrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu kesalahan respon detektor dan pengaruh atmosfer (Jaya, 1997). Koreksi radiometrik pada penelitian ini terutama ditujukan untuk memperbaiki kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kondisi atmosfer pada saat perekaman. Sebagaimana yang dicoba oleh Jaya et. al., (1996) koreksi radiometrik ini mampu menjastifikasi nilai kecerahan (brightness value) dari piksel citra landsat TM yang direkam pada waktu yang berbeda.

Justifikasi dilakukan dengan cara meregresikan nilai dijital (digital number/DN) dari areal-areal no change pada setiap band MESSR dan TM yang memiliki daerah panjang gelombang yang sama (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan karakteristik band-band pada citra Landsat TM dan MOS-MESSR.

Daerah Panjang Gelombang	Band Landsat TM (λ)	Band MOS-MESSR (λ)
Biru	1:0,45 – 0,52 μm	
Merah	2:0,52 – 0,60 μm	1:0,51 – 0,59 μm
Hijau	3:0,63 – 0,69 μm	2:0,61 – 0,69 μm
Inframerah dekat	4:0,76 – 0,90 μm	3:0,73 – 0,80 μm
Inframerah sedang	5:1,55 – 1,75 μm	4:0,80 – 1,10 μm
	7:2,08 – 2,35 μm	
Inframerah ternal	6:10,4 – 12,5 μm	

Sumber : Jaya, 1997

Berdasarkan kesamaan daerah panjang gelombang, maka DN MESSR band 1 diregresikan dengan TM band 2, MESSR band 2 dengan TM band 3, MESSR band 3 dan band 4 masing-masing diregresikan dengan TM band 4. Persamaan regresi yang dihasilkan dari proses tersebut sebagai berikut :

- TM2 = 29,5575 + 0,465253 MESSR1
- TM3 = 27,8433 + 0,673306 MESSR2

- TM4 = 28,2615 + 0,739270 MESSR3
- TM4 = 0,837763 + 2,82230 MESSR4

Selanjutnya, dari persamaan regresi yang telah dihasilkan dibuat 4 citra MESSR baru yang terjustifikasi dan memiliki nilai DN areal no change yang seragam.

Koreksi geometrik

Pada studi ini untuk interpolasi spasial digunakan 10 GCP (Ground Control Point) dengan persamaan transformasi orde 1 (affine). Root Mean Squared Error (RMSE) dari persamaan transformasi yang digunakan pada citra TM dan MOS berturut-turut sebesar 0,474 dan 0,424 piksel. Selanjutnya interpolasi intensitas dilakukan resampling dengan metode nearest neighbour dengan ukuran 30 m x 30 m. Metode ini dipilih karena interpolasi intensitas dilakukan tanpa mengubah nilai piksel asalnya.

Metode deteksi perubahan penutupan lahan

Metode deteksi yang dievaluasi pada studi ini adalah metode sebagaimana diulas oleh Jaya (1996 & 1997) terdiri dari :

Klasifikasi multiwaktu secara langsung/KML (Direct Multidate Classification/DMC)

Metode KML secara langsung mengkombinasikan data asli citra MESSR dan TM dari band-band yang sama. Dalam penelitian ini, digunakan 3 band MESSR dan 3 band TM dengan kombinasi sebagai berikut :

- TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-3, selanjutnya disebut ‘DMC 123’
- TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-4, selanjutnya disebut ‘DMC 124’

Komponen utama multiwaktu 6-dimensi (6-dimensional multitemporal principal component, 6-d MPC)

Dengan metode ini data citra MESSR tahun 1992 dan TM tahun 1998 digabung sebagai satu set data dan selanjutnya ditransformasi dengan Analisis Komponen Utama Multiwaktu (Multitemporal Principal Component Analysis, MPC).

Komponen utama tidak terstandardisasi (Unstandardized MPC)

- unstandardized MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-3, selanjutnya disebut ‘MPC-RP 123’
- unstandardized MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-4, selanjutnya disebut ‘MPC-RP 124’

Komponen utama terstandardisasi (Standardized MPC)

- standardized MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-3, selanjutnya disebut ‘MPC-K 123’
- standardized MPC TM band 2-3-4 + MESSR band 1-2-4, selanjutnya disebut ‘MPC-K 124’

Citra komponen utama (PC) yang merangkum informasi areal yang berubah dan yang tidak berubah, dipilih melalui penerapan konsep Stable Greenness, (SG), Stable brightness

(SB), Delta Greenness (DG), dan Delta Brightness (DB) dengan menganalisa eigenvector dari setiap yang komponen utama dihasilkan (Jaya, 1996).

Kelas-kelas penutupan lahan

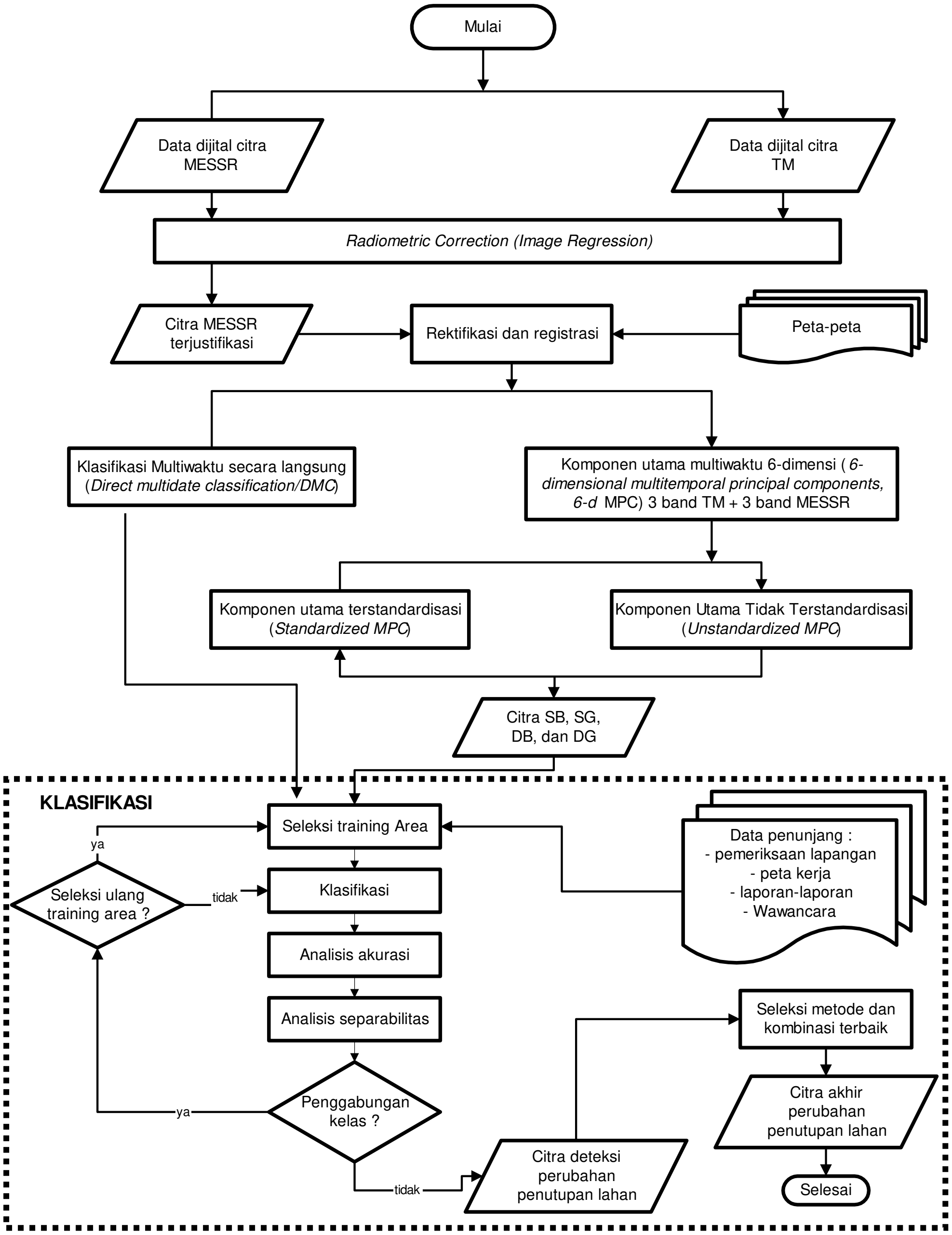
Setiap tipe penutupan lahan yang dapat diidentifikasi diambil contoh pikselnya sebagai dasar pembuatan areal contoh. Kelas-kelas perubahan penutupan lahan yang dibuat pada studi ini adalah sebagai berikut :

No.	Deskripsi perubahan	Kode
	Dari .... → Ke	
1.	Hutan alam → daerah pemukiman	ha-pm
2.	Hutan alam → hutan alam terbakar sedang	ha-tbs
3.	Hutan alam → hutan alam terbakar berat/padang rumput/alang-alang	ha/tbb/pr/al
4.	Hutan alam → hutan tanaman umur muda/semak	ha-tm/s
5.	Hutan alam → hutan tanaman umur sedang	ha-ts
6.	Hutan alam → hutan tanaman umur sedang yang terbakar	ha-tsb
7.	Semak/hutan tanaman umur muda → hutan tanaman umur sedang	s/tm-ts
8.	Semak/hutan tanaman umur muda → hutan tanaman umur tua	s/tm-tt
9.	Hutan tanaman umur sedang → semak terbakar/hutan tanaman umur muda terbakar/lahan terbuka	ts-sb/tmb/lt
10.	Hutan tanaman umur sedang → hutan tanaman tua terbakar	ts-ttb
11.	No change (areal tidak berubah)	

Klasifikasi, evaluasi akurasi dan analisis separabilitas

Metode klasifikasi yang digunakan adalah metode kemungkinan maksimum (maximum likelihood classifier) berdasarkan areal contoh (training area) yang telah ditetapkan sebelumnya.

Selanjutnya, evaluasi akurasi dilakukan dengan menguji klasifikasi piksel-piksel areal contoh (training area) menggunakan matriks kesalahan (confusion matrix). Nilai akurasi yang dievaluasi mencakup : (*Producer's Accuracy* (PA), *User's Accuracy* (UA), Overall Accuracy (OA), dan Kappa accuracy (K)). Separabilitas antar kelas diukur dengan metode Transformed Divergence (TD) dengan kriteria : < 1.600 (tidak terpisah), 1.601 – 1699 (jelek), 1.700 – 1.899 (sedang), 1.900 – 1.999 (baik), dan 2000 (sangat baik) (Jaya, 1996). Secara skematis, tahapan penelitian ini dirangkum pada diagram alir sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir langkah kerja penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Penutupan Lahan

Hasil pengamatan lapangan memberikan gambaran bahwa secara umum di lokasi penelitian dijumpai areal-areal hutan tanaman bekas terbakar. Areal ini tersebar merata di semua unit pengelolaan HTI di wilayah penelitian. INTENSITAS KEBAKARAN YANG AGAK TINGGI sebagian besar terletak di dekat jalan utama, jalan cabang dan/atau di daerah-daerah dengan aksesibilitas yang cukup tinggi dan terjadi hampir pada semua tahun tanam. Selain areal hutan tanaman terbakar, ditemukan pula tipe penutupan lahan yang lain, seperti hutan alam, pemukiman, semak, dll. Tipe-tipe penutupan lahan dan kondisinya dapat digambarkan sebagai berikut :

1. Hutan alam

   Hutan alam di wilayah penelitian terdiri dari campuran beberapa jenis tanaman dengan tajuk yang cukup rapat dan sedikit tumbuhan bawah. Dari hasil analisis vegetasi, potensi rata-rata di areal ini sebesar 523,16 m^3/Ha. Areal ini termasuk ke dalam kawasan konservasi.

2. Hutan tanaman umur muda

   Hutan ini terdiri dari tegakan Acacia mangium berumur 0 - < 2 tahun dengan tinggi 1-3 m (tingkat semai dan pancang) dan tumbuhan bawah yang sangat rapat terutama pada petak tanaman umur 1 tahun ke atas.

3. Hutan tanaman umur sedang

   Hutan ini adalah tegakan A. mangium berumur 2 - < 5 tahun, tinggi > 1,3 m dan diameternya < 20 cm (tingkat tiang) dengan kerapatan tumbuhan bawah sedang. Potensi rata-rata areal ini sebesar 257,9559 m^3/Ha

4. Hutan tanaman umur tua

   Hutan ini adalah tegakan A. mangium berumur 5-8 tahun, tinggi > 1,3 m, dan diameter batang > 20 cm dengan tumbuhan bawah yang jarang. Areal ini memiliki potensi sebesar 424,81 m^3/Ha.

5. Semak

   Merupakan tumbuhan kecil sampai sedang, berkayu, tidak mempunyai batang yang jelas dan banyak cabang dengan tinggi 0,5 – 5 m.

6. Rumput/alang-alang

   Merupakan tumbuhan kecil tidak berkayu dan tanpa batang yang jelas di permukaan tanah dengan tinggi 0,5 – 2 m. Penutupan lahan ini banyak dijumpai pada areal hutan alam terbakar berat.

7. Pemukiman

   Merupakan daerah tempat tinggal penduduk dimana terdapat aktivitas manusia. Daerah ini terdapat di sekitar hutan dan biasanya dikelilingi oleh ladang/kebun

8. Hutan alam terbakar sedang

   Hutan alam yang terbakar mempunyai tingkat kerusakan pohon dan tiang akibat kebakaran rata-rata sebesar ± 30%. Pohon terbakar pada bagian pangkal dan sebagian batang, lantai hutan rapat oleh tumbuhan bawah dan semai. Potensinya diperkirakan sebesar 405,08 m^3/Ha.

9. Hutan alam terbakar berat

   Hutan alam yang terbakar berat mempunyai kerusakan cukup tinggi, dimana hampir sebagian besar pohon-pohon yang ada mati. Berdasarkan analisis vegetasi, tingkat kerusakan rata-rata akibat kebakaran pada tingkat pohon dan tiang sebesar ± 52%. Pohon-pohon tersebut masih berdiri tetapi hanya tinggal batang dan ranting yang kering serta beberapa pohon roboh. Hutan ini memiliki potensi rata-rata sebesar 89,38 m^3/Ha.

10. Hutan tanaman umur muda terbakar

    Meruapakan tegakan A. mangium muda yang terbakar dengan tingkat kerusakan sangat berat (> 80%) dan hampir seluruh tanaman yang ada terbakar habis.

11. Hutan tanaman umur sedang yang terbakar

    Hutan ini adalah bekas areal tegakan A. mangium berumur sedang yang terbakar dengan tingkat kerusakan ± 64% dan potensi rata-rata 127,0075 m^3/Ha.

12. Hutan tanaman umur tua terbakar

    Tegakan ini adalah tegakan A. mangium berumur tua bekas terbakar dengan tingkat kerusakan akibat kebakaran sebesar ± 32% dan potensi rata-rata sebesar 332,5875 m^3/Ha.

Dari hasil pengamatan terhadap kondisi pohon-pohon di atas, dapat diketahui bahwa kebakaran hutan yang terjadi adalah kebakaran permukaan (surface fire) yang diikuti oleh kebakaran tajuk (crown fire).

Klasifikasi multiwaktu secara langsung (direct multidate classification, DMC)

Pada studi ini diketahui bahwa penggunaan citra MESSR baik band 3 maupun band 4 memberikan ketelitian klasifikasi yang sama. Kappa accuracy dari kedua kombinasi, DMC 123 dan DMC 124 persis sama, yaitu 99,76%. Dari 11 kelas yang ada, semuanya dapat diklasifikasi dengan sangat baik dengan prosedurs dan user accuracy berkisar antara 98% s/d 100%. Baik pada DMC 123 maupun DMC 124 sedikit konfusi terjadi pada kelas ha-pm dan ha-tsb, dimana piksel kelas ha-pm masuk ke dalam kelas ha-tm/s dan piksel kelas ha-tsb diklasifikasikan ke kelas ha-tbs. Matriks kesalahan dari DMC 123 atau DMC 124 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matrik kesalahan akurasi kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-3 dengan metode DMC (DMC 123) atau kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-4 dengan metode DMC (DMC 124)

Kelas	Diklasifikasi ke kelas											Total Baris	PA (%)
	ha-pm	ha-tbs	ha-tbb/pr/al	ha-tm/s	ha-ts	ha-tsb	s/tm-ts	tm/s-tt	ts-sb/tmb/lt	ts-ttb	no-change		
ha-pm	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	98,4
ha-tbs	0	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	131	100,0
ha-tbb/pr/al	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	0	116	100,0
ha-tm/s	0	0	0	134	0	0	0	0	0	0	0	134	100,0
ha-ts	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	132	100,0
ha-tsb	0	0	0	0	0	126	0	0	0	0	0	127	99,2
s/tm-ts	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	120	100,0
tm/s-tt	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	132	100,0
ts-sb/tmb/lt	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	128	100,0
ts-ttb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	0	113	100,0
no-change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	130	100,0
Total kolom	120	131	116	134	132	126	120	132	128	113	130	1382	
UA (%)	100,0	99,2	100	98,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	
Overall Accuracy						*99,78%*							
Kappa Accuracy						99,76%							

Separabilitas, juga menunjukkan bahwa penggunaan MESSR band 3 atau band 4 dalam kombinasinya dengan TM dan MESSR tidak menunjukkan perbedaan. Hampir semua kelas yang didefinisikan dapat dipisahkan dengan sangat baik, dengan nilai TD lebih besar dari 1999.

Komponen utama multiwaktu (multitemporal principal component, MPC)

Enam principal component (PC) yang diturunkan dari matriks ragam-peragam (unstandardized MPC), baik kombinasi TM band 2-3-4 dengan MESSR 1-2-3 (MPC-RP 123) maupun dengan MESSR band 1-2-4 (MPC-RP 124) menghasilkan sumbu-sumbu baru yang memenuhi kriteria, yaitu PC1 (SB), PC3 (SG), dan PC4 (DB) Tabel 3.

Dari perhitungan ketelitian klasifikasi (Tabel 7 dan 8), terlihat bahwa nilai Kappa dari kombinasi yang menggunakan citra MESSR band 4 (MPC-RP 124) lebih tinggi daripada kombinasi yang menggunakan MESRR band 3 (MPC-RP 124), yaitu 98,69% dan 97,53%. Sementara overall accuracy dari MPC-RP 123 dan MPC-RP 124 secara berturut-turut adalah 97,76% dan 97,90%. Pada kedua kombinasi tersebut terdapat sedikit kesalahan klasifikasi antara kelas ha-pm dengan ha-tm/s dan antara kelas ha-tsb dengan ha-tbs. Dalam kombinasi MPC-RP 123 dari 123 piksel, ha-pm 13 piksel diklasifikasikan ke kelas ha-tm/s dan 14 piksel dari 134 piksel ha-tm/s dipetakan ke kelas ha-pm dan 1 piksel dari 127 pikxel ha-tsb dipetakan ke kelas ha-tbs. Pada kombinasi ini 1 piksel dari 120 piksel s/tm-ts diklasifikasi ke kelas ha-pm.

Tabel 3. Eigenvector dari UMPC PC kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR 1-2-3 (MPC-RP-123) dan kombinasi TM band 2-3-4 dan MOS 1-2-4 (MPC-RP-124)

Band	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
MPC RP-123						
MESSR1	0.648	-0.301	0.176	0.119	-0.383	-0.551
MESSR2	0.367	0.620	-0.220	0.068	0.552	-0.365
MESSR3	0.098	0.169	0.839	0.434	0.190	0.223
TM2	0.441	-0.558	-0.067	-0.215	0.572	0.366
TM3	0.500	0.386	-0.185	-0.041	-0.443	0.620
TM4	0.033	0.200	0.443	-0.872	-0.035	0.101
Kriteria	SB	-	SG	DB	-	-
MESSR1	0.650	-0.344	0.244	0.237	-0.357	-0.492
MESSR2	0.368	0.580	-0.241	0.012	0.554	-0.437
MESSR3	-0.051	0.204	0.691	0.601	0.282	0.214
TM2	0.445	-0.515	0.006	-0.211	0.581	0.428
TM3	0.516	0.476	-0.097	-0.032	-0.414	0.580
TM4	0.029	0.197	0.645	-0.746	-0.028	-0.125
Kriteria	SB	-	SG	DB	-	-

Tabel 4. Matriks kesalahan kombinasi TM band 2-3-4 dan MESSR band 1-2-4 dengan metode MPC ragam-peragam (MPC-RP 124)

Kelas	Diklasifikasi ke kelas											Total Baris	PA (%)
	ha-pm	ha-tbs	ha-tbb/pr/al	ha-tm/s	ha-ts	ha-tsb	s/tm-ts	tm/s-tt	ts-sb/tmb/lt	ts-ttb	no-change		
ha-pm	108	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	122	88,5
ha-tbs	0	129	0	0	0	1	0	0	0	0	0	130	99,2
ha-tbb/pr/al	0	0	116	0	0	0	0	0	0	0	0	116	100,0
ha-tm/s	10	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	134	92,4
ha-ts	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	132	100,0
ha-tsb	0	4	0	0	0	123	0	0	0	0	0	127	96,9
s/tm-ts	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	120	100,0
tm/s-tt	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0	0	132	100,0
ts-sb/tmb/lt	0	0	0	0	0	0	0	0	128	0	0	128	100,0
ts-ttb	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	0	113	100,0
no-change	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	130	100,0
Total kolom	118	133	116	136	132	124	120	130	128	113	130	1382	
UA (%)	100,0	99,2	100	98,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	
Overall Accuracy	97,90%												
Kappa Accuracy	98,69%												

Pada kombinasi MPC-RP 124 (Tabel 4), 14 piksel dari 122 piksel ha-pm diklasifikasikan ke kelas ha-tm/s, sebaliknya 10 piksel dari 134 piksel ha-tm/s diklasifikasikan ke kelas ha-pm. Untuk kelas ha-tsb, 4 piksel dari 127 piksel ha-tsb diklasifikasikan ke kelas ha-tbs. Separabilitas antara kelas kombinasi MPC-RP 123 dan MPC-RP 124 adalah relatif sama, dengan nilai TD > 1996. Pada MPC-RP 123 separabilitas antar kelas 1 dan 4 sangat jelek yaitu 1475. Pada MPC-RP 124, separabilitas antar kelas 1 dan 4 juga sangat rendah yaitu 1267, sementara yang lainnya lebih besar dari 1981. Berdasarkan hasil perhitungan