

Teknik Cepat Identifikasi Lahan Terbuka Melalui Citra Multi Temporal dan Multi Spasial

Quick Techniques in Identifying Open Area by the Use of Multi Spatial and Multidate Imageries

Ahyar Gunawan^{1*}, I Nengah Surati Jaya², dan Muhammad Buce Saleh²

¹Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor

²Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor

Abstract

This study describes the use of multitemporal principal component analysis (MPCA) and vegetation index differencing (VIDN) techniques in identifying open area on post-coal-mining sites using multi spatial and multidate of Landsat TM and SPOT 4 XS imageries. The study revealed that the synthetic images derived from stable brightness, stable greenness, and delta brightness of MPCA summarize information on post-coal-mining opened areas provided overall accuracy of 76.47% for the new ex mining area and 32.69% for old ex mining area. The VIDN method provided relatively lower accuracy than those from MPCA i.e. 58.87% for new ex mining and 13.25% for old ex-mining areas. The study also concluded that identifying open area on post-coal-mining sites using imageries was more efficient than using only ground survey, providing cost efficiency of 29%. This indicates that the cost required using satellite image is only 29% of the cost required for ground survey. The study concluded that MPCA is better than VIDN for identifying open area on post-coal-mining sites.

Keywords: multitemporal principal component analysis, vegetation index differencing, stable brightness, stable greenness, delta brightness

**Penulis untuk korespondensi, email: ahyar_bpkh5@yahoo.co.id*

Pendahuluan

Kerusakan akibat pertambangan dapat terjadi selama kegiatan pertambangan maupun pascapertambangan. Dampak lingkungan sangat terkait dengan teknologi dan teknik pertambangan yang digunakan. Sementara teknologi dan teknik pertambangan tergantung pada jenis mineral yang ditambang dan kedalaman bahan tambang, misalnya pada penambangan batubara yang dilakukan dengan sistem tambang terbuka yakni sistem *dumping* (cara penambangan batubara dengan mengupas permukaan tanah). Meningkatnya kegiatan perusahaan batubara resmi juga berdampak pada meningkatnya kegiatan Pertambangan Tanpa Izin (PETI) batubara di Provinsi Kalimantan Selatan. Kegiatan PETI batubara di Kabupaten Banjar sebagai salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Selatan berkembang cepat seiring dengan perubahan situasi dan kondisi ekonomi politik di tanah air. Pada tahun 1997, terdapat 157 pengusaha/perorangan yang melakukan kegiatan PETI batubara, yang meningkat menjadi 445 pengusaha/perorangan pada tahun 2000 dan tersebar di seluruh kabupaten yang ada di Provinsi Kalimantan Selatan (Qomariah 2003).

Kajian mengenai dampak pertambangan terbuka telah dilakukan oleh Toren dan Unal (2001) dengan menggunakan citra landsat multitemporal untuk identifikasi dan monitoring dampak pertambangan terbuka terhadap lingkungan di Provinsi Manisa, Turki. Kemudian Limpitlaw (2003) dan Lau *et al.* (2005) menggunakan citra landsat multitemporal

untuk membuat indeks Tasseled Cap atau Kauth Thomas untuk memonitor dampak kegiatan pertambangan. Torres dan Vera (2005) menggunakan metode *change detection* menggunakan citra multitemporal dan memakai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sebagai dasar untuk menentukan kerusakan yang terjadi di areal hutan akibat aktivitas pertambangan di daerah San Luisi, Meksiko. Adanya lahan terbuka yang secara visual tampak pada citra akibat aktivitas *open mining* seharusnya bisa dibedakan dan diidentifikasi secara cepat dengan lahan terbuka akibat aktivitas lain seperti misalnya perkebunan, pembukaan lahan, jalan, dan pemukiman. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode cepat identifikasi lahan terbuka di lahan pascatambang batubara serta mengevaluasi efisiensi relatif biaya dan waktu yang diperlukan oleh metode cepat identifikasi lahan terbuka di lahan bekas tambang batubara dibandingkan metode *ground survey*.

Metode

Lokasi penelitian dilaksanakan di wilayah Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. Kegiatan penelitian ini dilakukan pada April–Juni 2009. Persiapan, pengolahan, dan analisis data awal dilaksanakan pada April 2009, sedangkan pengambilan data lapangan dilakukan pada April–Mei 2009. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

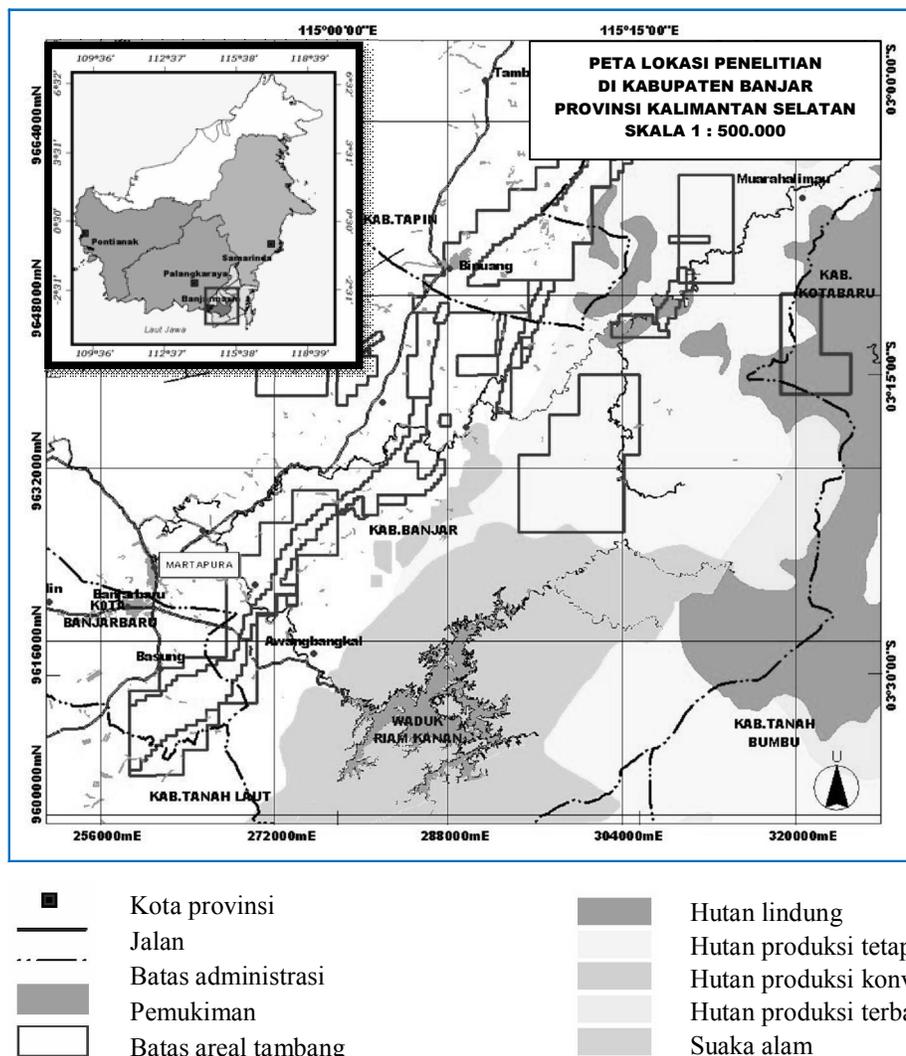
Penelitian dilakukan secara bertahap. Pada tahap persiapan dilakukan kegiatan menyiapkan bahan yang

diperlukan, meliputi *software* Arc View Versi 3.2 dan Erdas Imagine Versi 9.1 untuk memproses dan membuat peta-peta yang diperlukan yaitu citra resolusi sedang (Landsat TM *path row* 117 62, SPOT 4 XS *path row* 300 356, dan SPOT 4 XS *path row* 300 357) dan resolusi tinggi (SPOT 5 XS dan Quickbird) yang mencakup wilayah Kabupaten Banjar. Pada penelitian ini digunakan metode analisis komponen utama multiwaktu atau *Multitemporal Principal Component Analysis* (MPCA) dan pengurangan dua indeks vegetasi NDVI untuk membuat citra sintetis. Lebih lanjut, Jaya (2005) menjelaskan bahwa pada metode MPCA digunakan untuk mengevaluasi wilayah yang berubah (*change*) dengan menggunakan konsep:

- 1 Komponen *stable brightness* (SB) yang didefinisikan apabila besarnya nilai *eigenvector* (*weight*) dari setiap saluran (*band*) hampir sama dengan tanda aljabar yang positif. Indeks ini umumnya terdapat pada komponen utama satu.
- 2 Komponen *stable greenness* (SG) yang didefinisikan

apabila saluran merah dari kedua waktu mempunyai tanda aljabar yang sama tetapi berlawanan dengan tanda aljabar saluran inframerah dari kedua waktu. Sebagai contoh tanda aljabar kedua saluran merah positif pada kedua tahun yang berbeda sedangkan tanda aljabar kedua saluran inframerah negatif, atau sebaliknya.

- 3 Komponen *delta brightness* (DB), ditandai dengan adanya kesamaan tanda aljabar saluran merah dan inframerah dari waktu yang sama tetapi bertentangan tanda aljabar pada saluran merah dan inframerah pada waktu yang berbeda. Sebagai contoh, tanda aljabar pada tahun sebelumnya pada saluran merah dan inframerah positif sedangkan untuk saluran merah dan inframerah pada tahun sesudahnya negatif atau dapat juga sebaliknya.
- 4 Komponen *delta greenness* (DG) yang merupakan kebalikan dari SB. Sebagai contoh tanda aljabar untuk saluran merah positif dan inframerah negatif untuk tahun sebelumnya, maka tanda aljabar untuk tahun sesudahnya



Gambar 1 Lokasi penelitian.

untuk merah negatif dan inframerah positif. Juga bisa sebaliknya, negatif untuk merah, positif untuk inframerah pada tahun sebelumnya, dan untuk tahun sesudahnya positif untuk merah dan negatif untuk inframerah.

Proses pembuatan citra sintetis dengan metode MPCA adalah dengan terlebih dulu membuat satu set citra antara citra Landsat TM tahun 2003 dan SPOT 4 XS tahun 2006. Karena terdapat perbedaan resolusi spasial antara citra Landsat TM tahun 2003 dengan SPOT 4 XS tahun 2006, *resampling* pada citra Landsat TM tahun 2003 dilakukan terlebih dahulu agar resolusi spasialnya menjadi 20 m. Saluran yang digunakan untuk membuat *layer stacking* pada kedua citra adalah saluran inframerah dekat atau *near infra-red* (NIR), merah (*red*), dan hijau (*green*). Pada citra Landsat TM saluran inframerah dekat adalah saluran 4, merah adalah saluran 3, dan hijau adalah saluran 2. Sedangkan pada citra SPOT 4 XS saluran inframerah dekat adalah saluran 3, merah adalah saluran 2, dan hijau adalah saluran 1.

Selain pembuatan citra PCA multiwaktu juga dibuat citra sintetis yang berasal dari nilai disparitas indeks vegetasi NDVI yang selanjutnya disebut *Vegetation Index Differencing* (VIDN). Nilai VIDN dihitung dengan persamaan [1]. Nilai VIDN akan berkisar antara -2 sampai 2. Nilai yang negatif menyatakan adanya pengurangan biomassa atau vegetasi hijau dan merupakan indikasi adanya perubahan tutupan lahan. Dari masing-masing citra sintetis yang terpilih selanjutnya dilakukan *thresholding* untuk menentukan areal lahan terbuka tambang batubara. Nilai ambang batas atas (T_u) dan ambang batas bawah (T_d) dari masing-masing *threshold* ditentukan berdasarkan nilai piksel contoh pada areal-areal lahan bekas tambang batubara.

Perhitungan efisiensi relatif dilakukan dengan membandingkan biaya per hektar dan waktu antara kegiatan identifikasi lahan tambang batubara dengan metode *ground survey* atau survei lapangan langsung dengan metode penafsiran citra. Komponen biaya yang dianalisis adalah biaya pemeriksaan lapangan, biaya pengadaan citra, biaya pengolahan data, biaya analisis, dan pembuatan hasil. Persamaan [2] dan [3] digunakan dalam perhitungan efisiensi relatif tersebut (Jaya 2005).

$$VIDN = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}(\text{Citra SPOT 2006}) - \frac{NIR - RED}{NIR + RED}(\text{Citra Landsat 2003}) \quad [1]$$

$$ER = \frac{\text{Total biaya tanpa menggunakan citra (ground survey) (Rp ha}^{-1}\text{)}}{\text{Total biaya menggunakan citra (Rp ha}^{-1}\text{)}} \quad [2]$$

$$ER \text{ Waktu} = \frac{\text{Total waktu tanpa menggunakan citra (hari)}}{\text{Total waktu menggunakan citra (hari)}} \quad [3]$$

$$I(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{jika } I(x,y) \geq T_d \text{ dan jika } I(x,y) \leq T_u \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases} \quad [4]$$

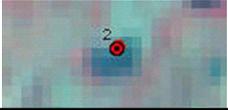
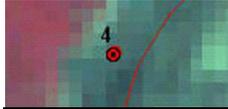
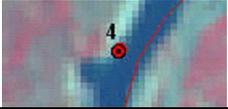
Pengertian lahan terbuka biasa pada penelitian mengacu pada pengertian yang digunakan Departemen Kehutanan Republik Indonesia bahwa seluruh kenampakan lahan terbuka tanpa vegetasi (singkapan batuan puncak gunung, puncak bersalju, kawah vulkan, gosong pasir, pasir pantai, endapan sungai), dan lahan terbuka bekas kebakaran. Adapun lahan terbuka bekas pembersihan lahan (*land clearing*) dimasukkan dalam kelas lahan terbuka. Identifikasi lahan terbuka yang digunakan untuk aktivitas pertambangan diidentifikasi dari citra berdasarkan asosiasi kenampakan objeknya, termasuk *tailing ground* (penimbunan limbah penambangan). Lahan terbuka tambang batubara dalam penelitian ini terbagi dalam kategori lama dan baru. Termasuk lahan terbuka tambang batubara lama adalah areal bekas PETI dan areal tambang yang telah selesai dilaksanakan penambangan lebih dari 3 tahun dan belum dilakukan kegiatan reklamasi. Sedangkan lahan terbuka tambang batubara baru adalah lahan tambang batubara yang termasuk dalam areal perusahaan tambang batubara yang masih aktif.

Penentuan contoh pada tahap pemeriksaan lapangan dilakukan dengan *purposive sampling* yang didasarkan pada hasil *training area* lahan terbuka pada citra VIDN dan komponen utama. Penentuan contoh tersebut juga perlu dibantu dengan menggunakan citra Quickbird, SPOT 5, peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), dan peta topografi agar posisi sampel tepat pada posisi yang diinginkan. Faktor biaya, waktu, dan tenaga menjadi bahan pertimbangan dalam penentuan jumlah contoh yang diambil.

Dari masing-masing citra sintetis yang terpilih selanjutnya dilakukan *thresholding* untuk menentukan areal lahan terbuka tambang batubara. Nilai T_u dan T_d dari masing-masing *threshold* ditentukan berdasarkan nilai piksel contoh pada areal-areal lahan pascatambang batubara. Proses *thresholding* dilakukan dengan kaidah pengambilan keputusan seperti pada persamaan [4]. Dalam kaidah tersebut, $I(x,y)$ adalah nilai piksel yang dibuat dari indeks terpilih. Pembuatan *threshold* dilakukan dengan membuat *training area* pada citra sintetis yang telah dihasilkan.

Jaya (2005) menyebutkan bahwa hasil *thresholding* pada umumnya masih mengandung *noise* yang tampak seperti

Tabel 1 Kenampakan visual lahan terbuka tambang batubara

Karakteristik lahan terbuka tambang batubara pada citra			Keterangan
Landsat TM Komposit 432 Liputan tahun 2003 (Resolusi 30 m)	SPOT 4 XS Komposit 321 Liputan tahun 2006 (Resolusi 20 m)	SPOT V XS Komposit 421 Liputan tahun 2007 (Resolusi 2,5 m)	
			Tambang baru berjalan pada areal Perusahaan Daerah Baramarta, baru selesai ditambang, dan baru direklamasi
Warna biru muda agak kehijauan	Warna biru muda	Warna ungu	
			Bekas tambang ilegal yang sudah ditinggalkan sehingga terbentuk danau kecil, tidak direklamasi
Warna biru tua agak gelap	Warna biru tua agak gelap	Warna biru	
			Bekas areal tambang, kurang lebih 2 tahun, belum direklamasi
Warna biru muda agak kehijauan	Warna biru muda	Warna ungu	
			Tambang baru namun belum dilakukan reklamasi sehingga terbentuk danau kecil, lokasi di areal Perusahaan Daerah Baramarta
Warna biru tua agak gelap	Warna biru tua agak gelap	Warna biru	

noktah-noktah atau sering disebut *salt and pepper*. Untuk menghilangkan kesalahan ini dilakukan *filtering* menggunakan *lowpass filter* yaitu filter median. Selanjutnya dilakukan *masking* untuk melokalisasi lahan terbuka dan mengeluarkan areal yang dapat meningkatkan hasil analisis. Dalam proses *masking* juga dilakukan tumpang susun antara peta-peta dasar dan tematik seperti peta pemukiman dan peta perkebunan untuk menghasilkan peta lahan terbuka tambang batubara yang logis.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik spektral lahan terbuka pada citra optik

Pada citra Landsat TM saluran merah dan inframerah berada pada saluran 3 dan 4, sedangkan pada citra SPOT berada

pada saluran 2 dan 3. Berdasarkan data citra yang ada, teridentifikasi beberapa karakteristik lahan terbuka tambang batubara (Tabel 1).

Berdasarkan kenampakan visual pada ketiga citra pada Tabel 1 diketahui bahwa kenampakan lahan terbuka tambang batubara mempunyai warna yang sama, baik pada areal tambang yang sedang berjalan, areal reklamasi maupun yang bekas tambang ilegal yang sudah lama, areal yang tidak direklamasi, dan areal tambang yang tergenang air.

Citra komponen utama Citra komponen utama pada penelitian ini menggunakan citra Landsat 7 TM tahun 2003 dan citra SPOT 4 XS tahun 2006. Kedua citra ini mempunyai karakteristik yang berbeda yaitu resolusi spasial yang

Tabel 2 *Eigenvector* dari komponen utama multiwaktu Landsat TM tahun 2003 dan SPOT XS tahun 2006

Saluran	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Landsat TM 2003 hijau	0,3023	0,5577	-0,0021	-0,1064	-0,0902	-0,7604
Landsat TM 2003 merah	0,2799	0,6453	-0,0541	-0,3246	0,0014	0,6300
Landsat TM 2003 inframerah dekat	0,3166	0,1958	0,2305	0,8584	0,2385	0,1204
SPOT XS 2006 hijau	0,4827	-0,2334	-0,4627	0,1772	-0,6789	0,0777
SPOT XS 2006 merah	0,3417	-0,1869	-0,6040	-0,1021	0,6846	-0,0664
SPOT XS 2006 inframerah dekat	0,6167	-0,3806	0,6042	-0,3233	0,0732	0,0009
<i>Eigen value</i>	13.384,64	2.163,21	1.052,25	221,98	60,82	7,28
Variasi (%)	79,25	12,81	6,23	1,31	0,36	0,04
Indeks	SB	DB	SG			

PC = *principal component*, SB = *stable brightness*, DB = *delta brightness*, SG = *stable greenness*, DG = *delta greenness*.

berbeda dan waktu liputan yang berbeda. Untuk membuat citra komponen utama terlebih dulu citra Landsat 7 TM di *resampling* sehingga resolusi spasialnya berubah dari 30 m menjadi 20 m, yang kemudian dibuat satu set data citra gabungan antara Landsat 7 TM dan SPOT4 XS. Saluran yang digunakan untuk analisis komponen utama adalah saluran hijau, merah, dan inframerah dekat. Pada gabungan lansat ini, citra Landsat 7 TM terdapat pada saluran 2, 3, dan 4, sedangkan pada SPOT4 XS terdapat pada saluran 1, 2, dan 3. Hasil analisis citra komponen utama dengan menggunakan metode MPCA disajikan pada Tabel 2.

Jaya (2005) menyebutkan bahwa berdasarkan konsep *eigenvector* yang membentuk sumbu baru yang saling ortogonal dan sekaligus mencari korelasi yang tinggi pada komponen-komponen di kelompok awal, sesungguhnya sumbu-sumbu komponen yang merekam adanya perubahan adalah pada komponen-komponen pada kelompok akhir. Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa SB ditemukan pada komponen pertama atau PC1, DB ditemukan pada komponen kedua atau PC2, dan SG ditemukan pada komponen ketiga atau PC3. Sedangkan komponen DG yang menunjukkan perubahan kehijauan pada tutupan vegetasi tidak teridentifikasi. Komponen-komponen yang ditemukan hanya SB, DB, dan SG. Indeks SB mencakup variasi 79,25%, DB 12,81%, dan SG 6,23%.

Suatu perubahan tutupan lahan yang terjadi pada suatu areal dapat merupakan penambahan atau pengurangan kehijauan dan kecerahan atau kontras. Perubahan yang terjadi seperti tergambar pada Tabel 2 merupakan perubahan penambahan kehijauan atau pengurangan kecerahan. Hal ini ditunjukkan oleh tanda aljabar masing-masing bobot pada saluran merah dan inframerah pada kedua waktu. Pada citra sintetik PC2 atau DB terjadi pengurangan kecerahan atau kontras, terlihat bahwa pada tahun 2003 nilai bobot pada saluran merah dan inframerah positif adalah 0,6453 dan 0,1958 sedangkan pada tahun 2006 mempunyai nilai negatif yaitu -0,1869 dan -0,3806. Pada citra PC3 atau SG tidak terjadi perubahan kehijauan dan kecerahan yang ditunjukkan tanda aljabar yang tetap pada saluran merah dan inframerah pada kedua tahun.

Indeks DB menunjukkan terjadinya perubahan kelembapan tanah yang penyebabnya erat berhubungan dengan adanya perubahan atau penambahan lahan terbuka seperti aktivitas penambangan batubara. Studi yang dilakukan Hayes dan Sader (2001) menggunakan metode MPCA juga hanya mendapatkan komponen SB, SG, dan DB sehingga hanya menggunakan komponen SG dan DB untuk menganalisis perubahan.

Disparitas indeks vegetasi (VIDN) Metode ini umum digunakan untuk tujuan analisis perubahan atau *change detection*. Deteksi perubahan merupakan suatu proses mengidentifikasi perubahan-perubahan suatu objek atau fenomena melalui pengamatan pada berbagai waktu yang berbeda. Lu *et al.* (2004), Sitorus (2006), dan Jensen (2005) menyebutkan salah satu metode yang digunakan untuk

analisis perubahan di antaranya adalah metode *Image Differencing* atau metode pengurangan citra. Jaya (2005) menjelaskan bahwa nilai VIDN berkisar -2–2 dengan nilai negatif menyatakan adanya pengurangan biomassa atau vegetasi hijau. Terjadinya pengurangan biomassa merupakan salah satu indikasi terjadinya suatu perubahan tutupan lahan yang pada penelitian ini perubahan lahan yang dimaksud adalah terjadinya lahan terbuka pada areal pascatambang batubara. Pembuatan citra sintetik VIDN berasal dari nilai VIDN antara 2 waktu yang berbeda. Pembuatan citra VIDN pada penelitian ini menggunakan citra VIDN SPOT 4 XS tahun 2006 dan citra Landsat 7 TM tahun 2003. Pada citra Landsat saluran inframerah dekat terdapat pada saluran 4 sedangkan saluran merah terdapat pada saluran 3. Pada citra SPOT 4 XS saluran inframerah dekat terdapat pada saluran 3 sedangkan saluran merah terdapat pada saluran 2.

Dari keempat citra sintetik yang dihasilkan kemudian ditentukan nilai ambang untuk areal yang menunjukkan lahan pascatambang batubara. Nilai *threshold* pada citra SB, DB, SG, dan VIDN masing-masing disajikan di Tabel 3 dan Tabel 4.

Berdasarkan nilai ambang pada Tabel 3 kemudian dibuat citra tunggal yang menunjukkan lokasi-lokasi areal pascatambang batubara. Pembuatan citra ini menggunakan algoritma sederhana menggunakan *software* Erdas Imagine. Hasil analisis disajikan pada Gambar 1. Gambar 1 memperlihatkan bahwa areal-areal yang terpilih berdasarkan nilai ambang berwarna hitam bernilai 1 sedangkan areal-areal yang berada di luar nilai ambang berwarna putih bernilai 0. Agar penetapan nilai ambang atau *thresholding* menjadi logis maka dilakukan *masking* dan mengeluarkan areal-areal yang tidak perlu pada citra hasil *thresholding*. Hasil analisis disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3.

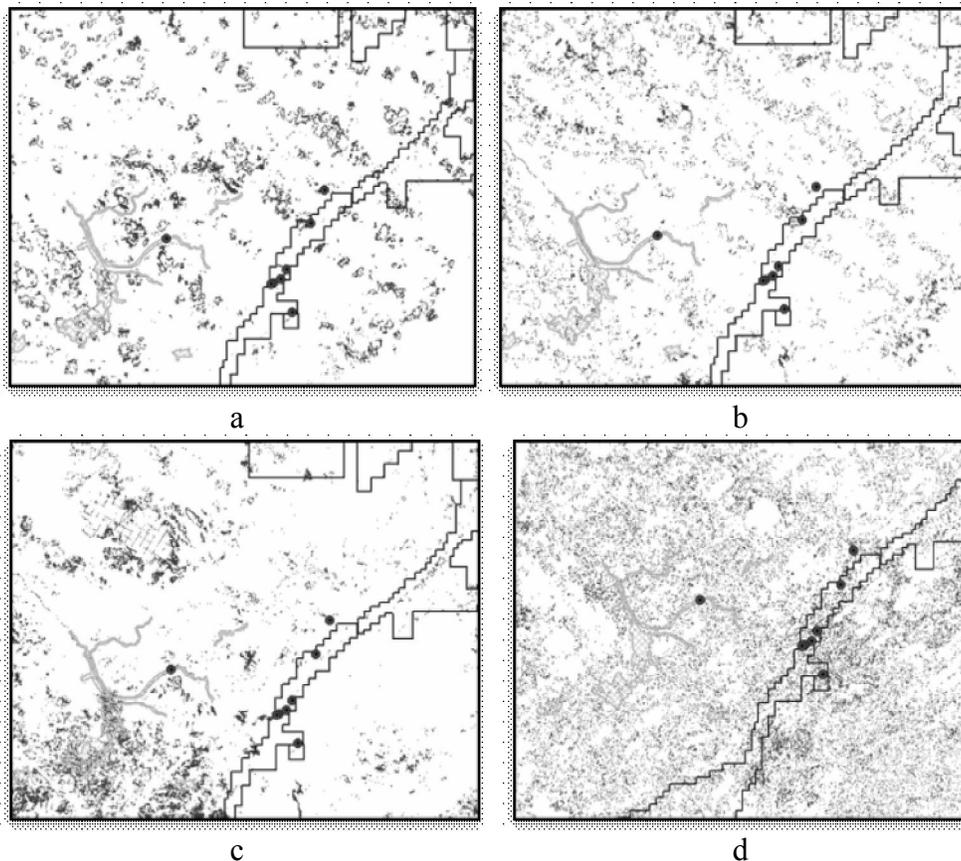
Berdasarkan hasil identifikasi lahan tambang batubara lama menggunakan ambang batas (Tabel 3) terlihat bahwa citra sintesis yang dihasilkan masih mengalami kemiripan satu

Tabel 3 Nilai *threshold* citra SB, DB, SG, dan VIDN pada lahan terbuka tambang batubara lama

Indeks	Ambang bawah (Td)	Ambang atas (Tu)
<i>Stable brightness</i>	307,55	328,60
<i>Delta brightness</i>	10,84	36,94
<i>Stable greenness</i>	-45,71	-31,93
VIDN	0,08	0,19

Tabel 4 Nilai *threshold* citra SB, DB, SG, dan VIDN pada lahan terbuka tambang batubara baru

Indeks	Ambang bawah (Td)	Ambang atas (Tu)
<i>Stable brightness</i>	263,70	280,33
<i>Delta brightness</i>	-43,03	-27,96
<i>Stable greenness</i>	-83,03	-52,77
VIDN	-0,19	0,03



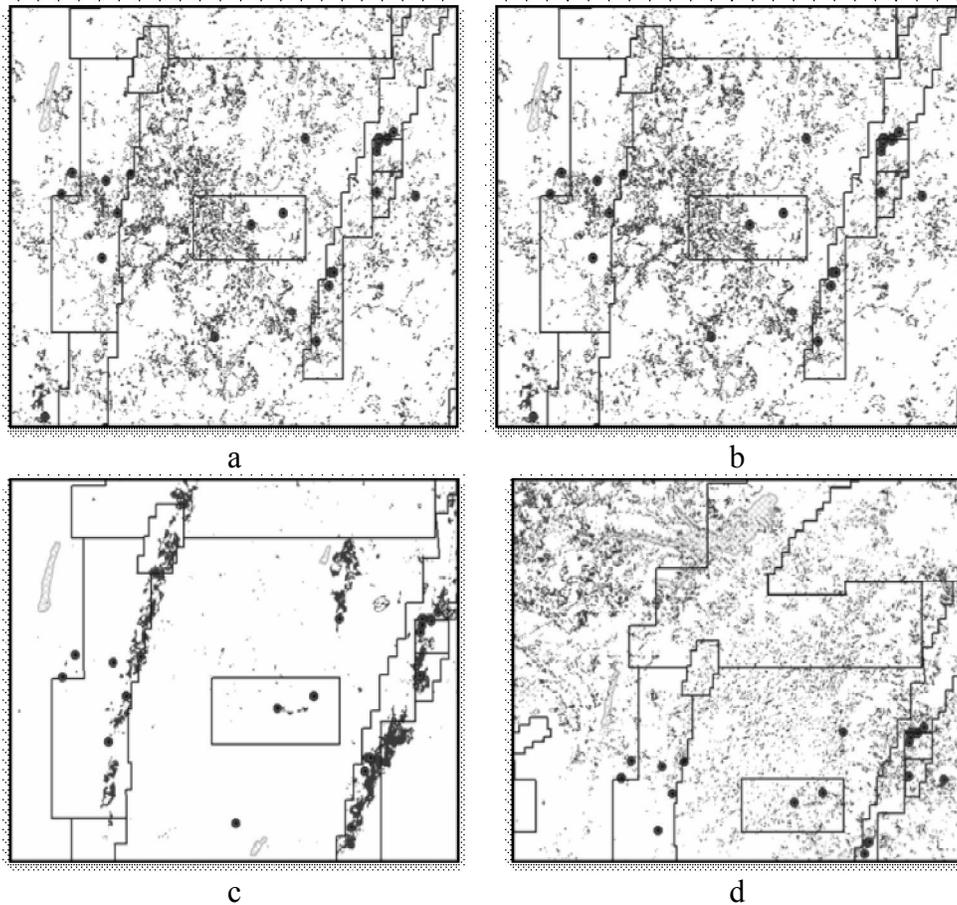
Gambar 2 Lahan terbuka tambang batubara lama hasil *thresholding* untuk citra SB (a), DB (b), SG (c), dan VIDN (d).

dengan areal lain seperti pemukiman, areal sawah, dan awan.

Jaya (2005) menyebutkan bahwa hasil *thresholding* pada umumnya masih mengandung *noise* yang tampak seperti noktah-noktah atau sering disebut *salt and pepper*. Sehingga untuk menghilangkan kesalahan ini dilakukan *filtering* menggunakan *lowpass filter* yaitu *filter* median. Selanjutnya dilakukan *masking* untuk melokalisasi lahan terbuka dan mengeluarkan areal yang dapat meningkatkan hasil analisis. Hal ini dilakukan dengan menggunakan data peta rupa bumi Indonesia dan peta penutupan lahan hasil penafsiran secara konvensional, dengan mengeluarkan areal-areal yang ada penutupan awan dari analisis. Hasil dari model merupakan citra tunggal dari metode MPCA yang menggambarkan lahan terbuka tambang batubara lama dan baru. Untuk menghilangkan kesalahan *salt and pepper* dilakukan *filtering* menggunakan *lowpass filter*. Untuk mendapatkan hasil akhir maka citra tunggal hasil *thresholding* pada metode MPCA perlu dibuat komposit dan kemudian dilakukan pengambilan keputusan untuk menghasilkan satu citra tunggal lahan terbuka tambang batubara. Hal ini dilakukan dengan menerapkan algoritma pengambilan keputusan menggunakan penghubung logika *AND* atau *OR*, kemudian diambil hasil yang terbaik. Hasil dari model merupakan citra tunggal dari metode MPCA yang menggambarkan lahan terbuka tambang batubara yang disajikan pada Gambar 4.

Akurasi metode MPCA dan VIDN Untuk mengetahui tingkat keberhasilan deteksi dari metode komponen utama dan VIDN maka dilakukan kegiatan uji lapangan berdasarkan kenampakan hasil deteksi pada citra. Pemeriksaan titik-titik lahan terbuka pada areal bekas tambang menggunakan data sekunder hasil *ground checking* tahun 2005 dan hasil *ground checking* tahun 2009. Selain itu juga digunakan citra SPOT 5 XS tahun 2007 dan Quickbird tahun 2006. Kegiatan *ground check* dilakukan pada lokasi-lokasi kegiatan penambangan batubara areal PT Baramulti Sukses Sarana (Kecamatan Aranio), PT Rahmat Bara Utama, PT Gunung Sambung, dan CV Baratama (Kecamatan Sambung Makmur), PT Tanjung Alam Jaya dan PT Mitra Bara Sejati (Kecamatan Pengaron), dan PD Baramarta (Kecamatan Sungai Pinang).

Berdasarkan hasil pemeriksaan lapangan dari titik ikat yang diperiksa terdapat penutupan lahan berupa pemukiman, jalan, jembatan, tanaman karet muda, lahan terbuka atau tanah kosong, alang-alang, dan lahan terbuka tambang batubara. Pada penelitian ini dilakukan uji akurasi terhadap citra yang dihasilkan baik dengan metode MPCA maupun VIDN untuk lahan terbuka tambang batubara lama dan baru. Pemeriksaan lapangan dilakukan dengan mengambil titik-titik contoh yang merupakan lahan bekas tambang batubara dan lahan tambang batubara yang sedang berjalan. Untuk melengkapi data pada penelitian ini digunakan data sekunder



Gambar 3 Lahan terbuka tambang batubara baru hasil tresholding untuk citra SB (a), DB (b), SG (c), dan VIDN (d).

hasil pemeriksaan lapangan terhadap kegiatan bekas PETI di Kabupaten Banjar. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menggunakan metode standar dengan membandingkan total area yang masuk dan keluar dengan menggunakan data areal tambang batubara hasil pemodelan dengan peta acuan (*reference map*). Congalton dan Green (1999) menyatakan bahwa perhitungan akurasi menggunakan kategori tunggal (*single classification*) hanya menghasilkan akurasi umum (*overall accuracy*). Perhitungan akurasi umum disajikan pada Tabel 5 dan 6.

Kesalahan yang terjadi adalah adanya areal yang diduga lahan terbuka tambang batubara namun di lapangan teridentifikasi sebagai pemukiman, jalan, jembatan, tanaman karet muda, lahan terbuka atau tanah kosong, dan alang-

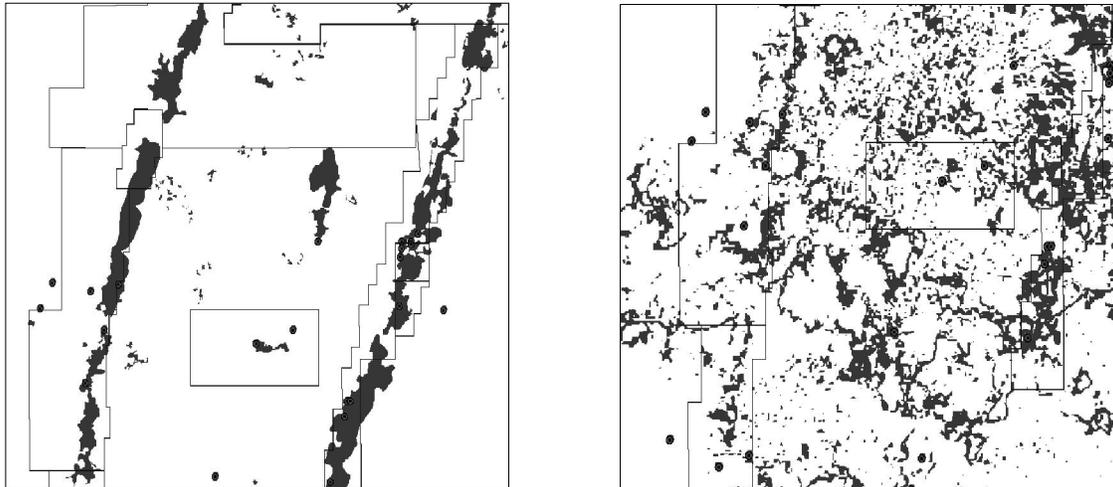
alang. Pada deteksi lahan terbuka tambang batubara dengan metode VIDN tingkat akurasinya lebih rendah dibandingkan dengan metode MPCA. Hal ini disebabkan metode VIDN yang didapat dari hasil pengurangan indeks VIDN hanya menerangkan informasi kehijauan saja. Seperti disebutkan Jaya (2007) bahwa secara teoritis metode VIDN hanya merangkum perubahan kehijauan saja, sedangkan perubahan kecerahan tanah tidak dapat dirangkum. Secara umum kedua metode belum dapat membedakan antara lahan terbuka tambang batubara yang telah selesai dikerjakan dengan areal tambang batubara yang baru. Citra lahan terbuka tambang batubara hasil deteksi menggunakan metode MPCA dan VIDN disajikan pada Gambar 5.

Tabel 5 Hasil perhitungan akurasi deteksi bekas lahan terbuka tambang batubara

Citra sintetik	Akurasi umum (%)
<i>Stable brightness</i>	42,01
<i>Delta brightness</i>	34,97
<i>Stable greenness</i>	46,99
Citra komposit SB, DB, dan SG	32,69
VIDN	13,25

Tabel 6 Hasil perhitungan akurasi deteksi lahan terbuka tambang batubara baru

Citra sintetik	Akurasi umum (%)
<i>Stable brightness</i>	30,79
<i>Delta brightness</i>	25,27
<i>Stable greenness</i>	56,22
Citra komposit SB, DB, dan SG	76,47
VIDN	58,87



Gambar 4 Lahan terbuka tambang batubara lama dan baru hasil penggabungan.

Efisiensi relatif biaya pengecekan lokasi areal tambang
Berdasarkan hasil analisis komponen-komponen biaya yang ada maka dapat dibuat kajian efisiensi sebagaimana disajikan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Berdasarkan komponen biaya pada Tabel 7 dan Tabel 8 maka efisiensi relatif (ER) biaya pengecekan lokasi tambang dengan penggunaan citra dibandingkan dengan tanpa menggunakan citra sebesar persamaan [5].

$$ER = \frac{\text{Rp } 1343,16 \text{ ha}^{-1}}{\text{Rp } 388,51 \text{ ha}^{-1}} = 3,46 \quad [5]$$

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa biaya pengamatan atau inventarisasi lahan pascatambang dengan hanya melakukan survei lapangan langsung memerlukan biaya 3,46 kali lebih besar dibandingkan dengan memanfaatkan citra. Apabila dipersentasekan maka biaya survei inventarisasi lahan tambang batubara dengan memanfaatkan citra hanya $1/3,46 \times 100\%$ atau 29% dari biaya survei dengan pengamatan lapangan langsung.

Efisiensi relatif waktu kegiatan identifikasi areal tambang Berdasarkan data dari Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Banjar, waktu yang dibutuhkan untuk pemeriksaan lapangan secara langsung untuk satu lokasi

Tabel 7 Komponen biaya pengecekan lokasi tambang menggunakan citra

Komponen biaya	Biaya/satuan (Rp ha ⁻¹)
Pengadaan citra SPOT 4 XS 2 scene	164,09
Pengolahan citra selama 7 hari	18,47
Pengecekan lapangan sebanyak 30 lokasi	179,55
Sewa hardware/software pengolah citra	26,40
Total	388,51

tambang adalah 2 hari (maksimal). Di Kabupaten Banjar terdapat 24 perusahaan tambang sehingga total untuk pemeriksaan seluruh areal tambang di Kabupaten Banjar adalah 48 hari. Sementara untuk pemeriksaan areal tambang menggunakan citra dibutuhkan waktu 14 hari. Efisiensi relatif waktu didapatkan dengan menggunakan persamaan [6].

$$ER = \frac{48 \text{ hari}}{14 \text{ hari}} = 3,43 \quad [6]$$

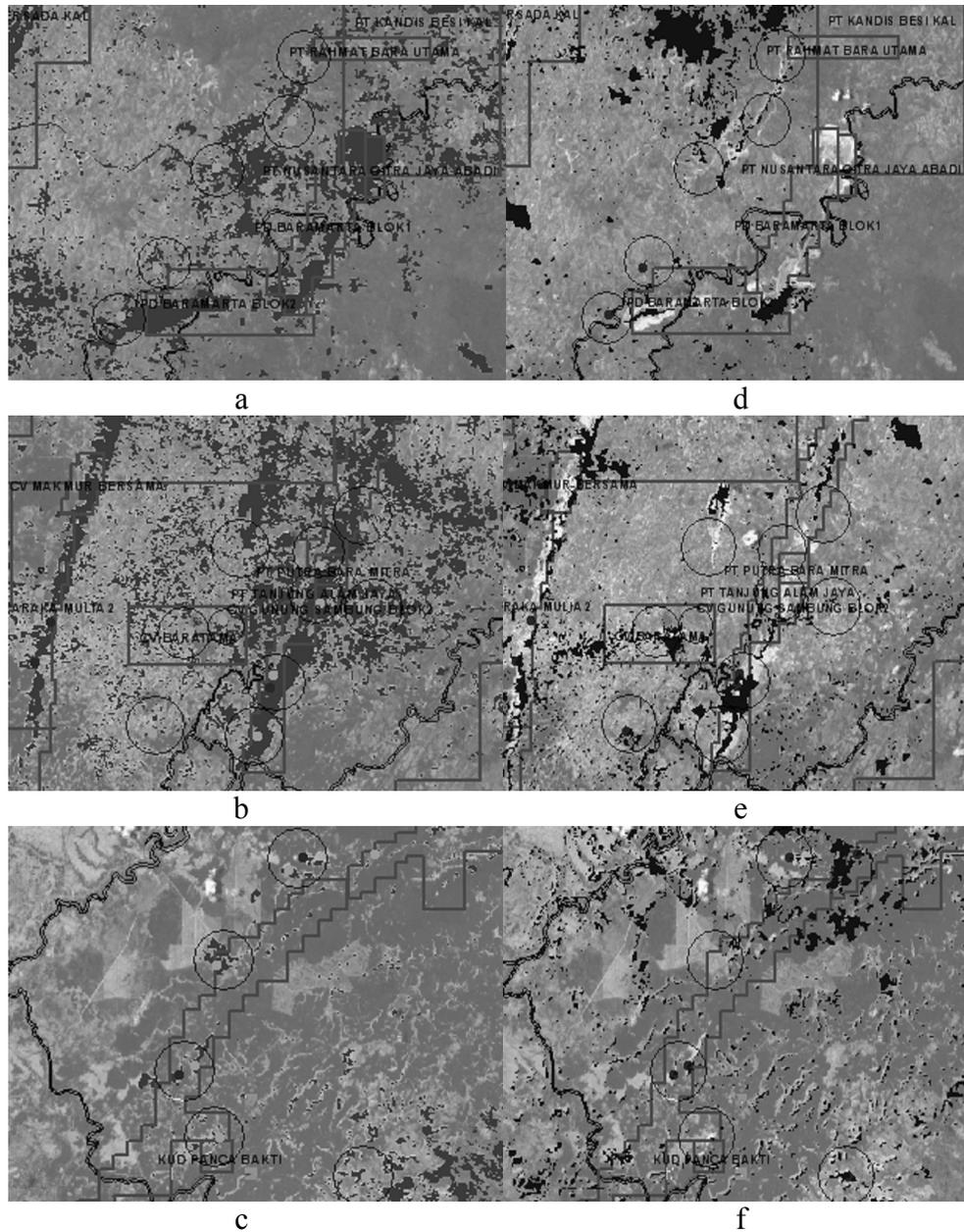
Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk inventarisasi lahan bekas tambang dengan hanya melakukan survei lapangan langsung memerlukan waktu 3,43 kali lebih lama dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk inventarisasi lahan pascatambang dengan memanfaatkan citra. Apabila dipersentasekan maka waktu untuk survei inventarisasi lahan tambang batubara dengan memanfaatkan citra hanya $1/3,43 \times 100\%$ atau 29,10% lebih efisien dibandingkan dengan waktu yang diperlukan untuk pengamatan lapangan langsung.

Tabel 8 Komponen biaya pengecekan lokasi tambang tanpa menggunakan citra

Komponen biaya	Biaya/satuan (Rp ha ⁻¹)
Total biaya pemeriksaan lapangan semua perusahaan tambang batubara	1 312,59
Pembuatan peta kerja dan peta hasil identifikasi perusahaan tambang dan pencetakan peta (2 lembar)	4,17
Sewa hardware/software komputer	26,40
Total	1 343,16

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis maka pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:



Gambar 5 Peta lahan terbuka tambang batubara hasil deteksi menggunakan metode komponen utama (a, b, dan c) dan metode VIDN (d, e, dan f).

- 1 Deteksi lahan pascatambang dengan metode analisis komponen utama multiwaktu atau MPCA menghasilkan tingkat ketelitian *overall accuracy* sebesar 76,47% untuk tambang baru dan 35,29% untuk tambang lama. Sedangkan dengan menggunakan metode disparitas indeks vegetasi atau VIDN menghasilkan tingkat ketelitian *overall accuracy* sebesar 58,87% untuk tambang baru dan 13,25% untuk tambang lama yang relatif kurang akurat dibandingkan dengan metode MPCA.
- 2 Pada penggunaan citra tunggal MPCA, citra SB memberikan hasil yang lebih baik dalam mendeteksi lahan tambang batubara baru sebesar 56,22%. Citra SB secara visual memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan yang lainnya. dibandingkan dengan yang lainnya.
- 3 Pada penelitian ini pemanfaatan citra multispasial dan multitemporal cukup efektif digunakan dalam mendeteksi lahan bekas tambang batubara antara areal tambang batubara lama dan baru. Namun tingkat akurasi yang dihasilkan berbeda, akurasi untuk tambang baru lebih baik.
- 4 Biaya pengamatan atau inventarisasi lahan pascatambang dengan hanya melakukan survei lapangan langsung memerlukan biaya 3,46 kali lebih besar dibandingkan dengan memanfaatkan citra. Apabila dipersentasekan

maka biaya survei inventarisasi lahan tambang batubara dengan memanfaatkan citra hanya 29% dari biaya survei dengan pengamatan lapangan langsung. Sedangkan waktu yang diperlukan untuk inventarisasi lahan pascatambang dengan dengan memanfaatkan citra lebih efisien 29,01% dibandingkan dengan waktu untuk melakukan survei lapangan langsung.

Daftar Pustaka

- Limpitlaw D. 2003. Mapping mining waste and environmental impacts in Zambia with landsat. Di dalam: *Proceedings of the 4th European Congress on Regional Scientific Cartography and Information Systems*; Bolgna, 17–20 June 2003. 2:699–671. <http://www.regione.emilia-romagna> [27 Februari 2009].
- Jaya INS. 2005. Teknik mendeteksi lahan longsor menggunakan citra SPOT multi waktu, studi kasus di Teradomari, Tochio dan Shidata Mura, Niigata, Jepang. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 10:31–48.
- Jaya INS. 2007. *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam. Teori dan Praktek Menggunakan Erdas Imagine*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Jensen JR. 2005. *Introductory to Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspectiv*. New Jersey: Prentice Hall. Inc.
- Sitorus J, Purwandari, Luwin ED, Widyastuti R, Suharno. 2006. Kajian model deteksi perubahan penutup lahan menggunakan data inderaja untuk aplikasi perubahan lahan sawah. <http://www.lapanrs.or.id> [6 Maret 2009].
- Toren T, Unal E. 2001. Assessment of open pit coal mining impacts using remote sensing: a case study from Turkey. Di dalam: *17th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*. http://eski.maden.org.tr/resimler/ekler/0b8fe090143d577_ek.pdf [6 Maret 2009].
- Torres MA, Vera. 2005. Detecting areas disturbed by mining activities through landsat images San Luis Potosi City. *Mexico Geophysical Research Abstracts* 7:54-57. [terhubung berkala]. <http://www.sciencedirect.com> [22 Februari 2009].
- Lau WY, Linlin Ge, Jia X. 2005. The possibility of using multitemporal landsat images for mining monitoring: a preliminary study. Di dalam: *The 3rd International Symposium on Future Intelligent Earth Observation Satellites 2006*. <http://www.crcsi.com.au/> [3 Maret 2009].
- Qomariah R. 2003. Dampak kegiatan pertambangan tanpa izin (PETI) batubara terhadap kualitas sumberdaya lahan dan sosial ekonomi masyarakat di Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.