

KARAKTERISTIK POLA SPEKTRAL PADA LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH BERBASIS CITRA

(Characteristic of Spectral Pattern on Former Tin Mining Land Based on Image)

Nanik Suryo Haryani, Hana Listi Fitriana, dan Iskandar Effendy

Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh

Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Jl. Kalisari Lapan No. 8, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13710, Indonesia

E-mail: naniksuryo@yahoo.com

Diterima : 19 Juli 2018; Direvisi: 09 November 2018; Ditetujui untuk dipublikasikan: 03 Januari 2019

ABSTRAK

Obyek yang berada di permukaan bumi mempunyai nilai spektral yang berbeda, sehingga setiap obyek yang terekam dalam citra satelit pada setiap panjang gelombang elektromagnetik akan mempunyai nilai spektral yang berbeda pula. Permasalahan yang muncul pada lahan bekas tambang ini adanya lahan terbuka yang secara visual terlihat adanya beraneka ragam kenampakan. Kondisi ini menarik untuk dilakukan penelitian masalah karakteristik spektral pada obyek tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik spektral pada lahan bekas tambang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan data citra Landsat tahun 2005, 2010, dan 2015, dengan mengkonversi nilai digital menjadi nilai reflektansi, selanjutnya melakukan konversi ke spektral radiansi *Top of Atmosphere* (ToA), konversi ke reflektansi ToA, dan konversi spektral radiansi ke temperatur kecerahan. Karakteristik pola spektral pada lahan bekas tambang yang dihasilkan berdasarkan reflektansi yang diperoleh dari citra tersebut. Hasil karakteristik pola spektral yang diteliti dari obyek pada lahan bekas tambang yang dikelaskan menjadi 4 kelas yaitu daerah terbuka secara visual berwarna abu-abu, putih terang, coklat dan kolong (bekas lahan tambang berbentuk cekung yang terisi air) yang secara visual berwarna biru. Perbedaan spektral yang terlihat jelas adalah pola spektral pada band 1, band 2, dan band 5, sedangkan band 3 dan band 4 mempunyai pola yang hampir sama. Korelasi antara nilai spektral hasil pengolahan citra terhadap nilai spektral hasil pengukuran di lapangan pada lahan terbuka bekas tambang timah mempunyai nilai korelasi terbesar pada obyek timah coklat dengan nilai korelasi sebesar 83,70%, sedangkan nilai korelasi terkecil pada obyek kolong dengan nilai korelasi sebesar 67,90%.

Kata Kunci: Karakteristik, spektral, penginderaan jauh, lahan tambang

ABSTRACT

The objects over the earth have different spectral values, therefore each object will have a different spectral characteristic at every electromagnetic wave length recorded in remote sensing satellite image. The problem arises at open spaces on the former mining land with various appearance. This condition is an interesting point for the research of spectral characteristic on that object. The goal of this research is analyzing the spectral pattern characteristic on former mining area. This research used method with stage: geometric correction, radiometric correction, convert to spectral radiance Top of Atmosphere (ToA), convert to reflectance ToA, and convert spectral radiance to brightness temperature. Spectral pattern characteristic on former mining is analyzed based on obtained reflectancy from Landsat images. The result of spectral pattern characteristic which has been analyzed from the object on former mining area is classified into 4 classes, those are open space with visually yellow brownish, clear white, brown and under hole with visually blue. The clearly visible difference is the spectral pattern on band 1, band 2 and band 5, meanwhile band 3 and band 4 has an almost similar patten. The correlation between spectral values obtained from the analyzes of images and the site measurement on the former tin mining area has its maximum correlation on brown tin object with correlation value at 83.70%, while the minimum correlation on the under hole with 67.90% value.

Keywords: Characteristic, spectral, remote sensing, mining area

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia memiliki banyak sumberdaya alam terutama pertambangan. Bahan tambang yang terkandung di bumi Indonesia, antara lain: minyak dan gas bumi, batu bara, timah, bijih besi, tembaga, mangan, bauksit, nikel, emas, perak, aspal, belerang, fosfat, batu gamping, batu

pualam, intan, dan bahan galian industri lainnya seperti kaolin dan pasir kuarsa. Indonesia adalah negara penghasil tambang timah terbesar keempat di dunia, setelah Malaysia, Bolivia, dan Thailand. Daerah penambangan timah terbesar di Indonesia terdapat di Provinsi Bangka Belitung.

Area bekas penambangan berupa lahan terbuka disinyalir telah mengakibatkan kerusakan

lingkungan dan melanggar Undang-undang (UU) Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pertambangan Pasal 30. Oleh sebab itu, sesuai UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pemerintah diamanatkan untuk melakukan pengendalian, pencemaran dan kerusakan lingkungan akibat kegiatan penambangan tersebut. Hal ini dilakukan agar dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan tidak bertambah parah dan luas. Adanya kegiatan pertambangan akan berdampak terhadap kondisi lingkungan yang berada di sekitarnya.

Pemerintah telah berupaya untuk melakukan kegiatan guna merehabilitasi area bekas penambangan tersebut antara lain melalui inventarisasi area bekas penambangan, identifikasi dampak kerusakan lingkungan, serta rehabilitasi lahan bekas penambangan. Namun upaya-upaya yang telah dilakukan tersebut belum cukup efektif untuk menanggulangnya. Data satelit penginderaan jauh telah banyak digunakan dalam penelitian masalah pertambangan (Suresh & Jain, 2013). Petropoulos et al. (2013) telah melakukan penelitian identifikasi lahan area penambangan dengan menggunakan citra TM di mana wilayah eksplorasi penambangan yang intensif selama 23 tahun di Pulau Milos, Yunani. Penggunaan data citra Landsat-5 multi-temporal dan Landsat-7, SPOT Panchromatic, dan data ASTER telah digunakan untuk menilai dampak kegiatan penambangan dengan menunjukkan perubahan sumber daya tanah dan air di Yunani (Charou et al., 2010).

Penelitian di daerah penambangan dilakukan juga untuk pemetaan dan reklamasi area tambang daerah aliran sungai di kawasan Central Appalachian dari Virginia Barat, Maryland. Deteksi perubahan area penambangan dapat diketahui melalui citra dari tahun 1976 hingga 2006. Kariyawasam, Raval, & Shamsoddini (2014) melakukan penelitian pemantauan rehabilitasi lahan bekas penambangan di Australia Selatan. Data yang digunakan citra, hasil perhitungan NDVI bekas area penambangan, adalah tahun 1997-1998 NDVI >0,2; tahun 2001-2002 NDVI 0,35 – 0,4; tahun 2003-2005 NDVI 0,25-0,33. Santos Silva, Camara, Escada, & Souza (2008) mengadakan penelitian perubahan lahan dengan studi kasus deteksi perubahan lahan di Amazonia, dengan metode yang diusulkan untuk penelitian pertambangan menggunakan data penginderaan jauh dengan mengekstrak pola dari citra penginderaan jauh, dengan menggunakan algoritma segmentasi. Schroeter & GläAer (2011) melakukan penelitian bahwa penggunaan cahaya tampak pada TM dan ETM *scenes* dengan menggunakan kanal visible dapat digunakan untuk evaluasi perairan danau wilayah penambangan. Fernández-Manso, Quintano, & Roberts (2012) mengadakan penelitian perubahan *landuse landcover* pada permukaan tambang dapat diestimasi dengan *Multiple End Member Spectral*

Mixture Analysis (MESMA) yang diterapkan pada data TM.

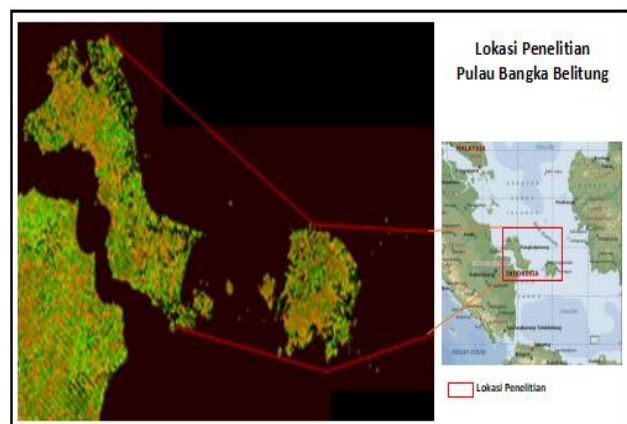
De Filho & Metzger (2006) membandingkan tiga pola deforestasi yang berbeda menggunakan data penginderaan jauh di Brasil Amazon. Hasil yang diperoleh peta penutup lahan pertambangan, dan klasifikasi penutup lahan serta analisis tren pola perubahan lahan secara spasial. Sedangkan Novera (2008) mengadakan penelitian Analisis vegetasi, karakteristik tanah dan kolonisasi fungi *mikoriza arbuskula* (FMA) pada lahan bekas tambang timah. Lahan bekas tambang yang sudah direvegetasi selama 3, 16 dan 28 tahun masih merupakan lahan marginal. Karakteristik lahan bekas tambang tidak mendukung untuk pertumbuhan tanaman. Analisis sifat tanah menunjukkan bahwa tanah pada lahan bekas tambang didominasi oleh fraksi pasir dengan fraksi liat yang sangat rendah.

Data penginderaan jauh mempunyai peranan yang sangat penting untuk inventarisasi potensi pertambangan, pemetaan kondisi penutup lahan pada lahan terbuka bekas pertambangan, perencanaan *site plan* pertambangan, inventarisasi lokasi pertambangan ilegal, pemantauan perubahan lahan akibat kegiatan pertambangan, dan pemantauan kegiatan rehabilitasi lahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik spektral di lokasi lahan bekas penambangan dari data satelit penginderaan jauh.

METODE

Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat yang meliputi citra perekaman tahun 2005, 2010, dan 2015, dengan *path row* 122/62, 123/062, 124/061. Lokasi penelitian karakteristik pola spektral pada lahan terbuka bekas lahan penambangan di Provinsi Bangka Belitung, ditunjukkan seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Provinsi Bangka Belitung.

Metode Penelitian

Pada pengolahan data awal meliputi koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi geometrik merupakan koreksi yang berhubungan dengan distribusi keruangan. Geometrik meliputi informasi data *geo-referenced* yang berupa sistem koordinat lintang dan bujur, serta informasi yang ada di dalamnya. Koreksi geometrik yang dilakukan dalam citra satelit penginderaan jauh meliputi koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi. Koreksi geometrik sistematis adalah koreksi geometrik dengan menggunakan informasi karakteristik sensor yang meliputi orientasi internal yang meliputi informasi panjang fokus sistem optik, koordinat titik utama, distorsi sistem lensa dan difraksi atmosfer. Sedangkan orientasi eksternal berisi koordinat titik utama pada *ground space* dan tiga sudut relatif antara bidang citra dan bidang bumi. Koreksi presisi untuk meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kontrol tanah atau *ground control point* (GCP).

Koreksi radiometrik dilakukan dengan mengkonversi nilai digital menjadi nilai reflektansi yang bertujuan untuk mengurangi kesalahan nilai piksel akibat sudut matahari dan jarak matahari bumi pada data yang berlainan waktu (Green et al., 2000). Hasil pengolahan data awal ini telah tersedia dalam produk standar 8 dengan format 16-bit integer, dimana konversi menjadi nilai radiansi dan reflektansi *Top of Atmosphere* (ToA) menggunakan koefisien *re-scaling* radiometrik yang tersedia dalam file metadata (file MTL) dengan tahapan seperti di bawah ini.

Konversi nilai digital ke spektral radiansi ToA

Nilai digital band OLI dan TIRS dikonversi menjadi spektral radiansi ToA dengan **Persamaan 1** sebagai berikut:

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

- L_{λ} = Spektral radiansi ToA (W/(m².sr.μm))
- M_L = Faktor rescaling perkalian setiap band (RADIANCE_MULT_BAND_x)
- A_L = Faktor rescaling aditif setiap band (RADIANCE_ADD_BAND_x)
- Q_{cal} = Nilai digital.

Konversi nilai digital ke reflektansi ToA

Nilai digital band OLI juga dapat langsung dikonversi menjadi nilai reflektansi ToA dengan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3** sebagai berikut:

$$\rho_{\lambda} = (M_{\rho} \cdot Q_{cal} + A_{\rho}) / (\cos(\theta_{SZ})) \dots\dots\dots(2)$$

$$= (M_{\rho} \cdot Q_{cal} + A_{\rho}) / (\sin(\theta_{SE})) \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

- ρ_{λ} = Reflektansi ToA
- M_{ρ} = Faktor rescaling perkalian setiap band (REFLECTANCE_MULT_BAND_x)

- A_{ρ} = Faktor rescaling aditif setiap band (REFLECTANCE_ADD_BAND_x)
- Q_{cal} = Nilai digital
- θ_{SE} = Sudut elevasi matahari
- θ_{SZ} = Sudut zenith matahari;
- SZ = 90° - θ_{SE}

Konversi spektral radiansi ke *brightness temperature*

Konversi spektral radiansi ke suhu kecerahan (*brightness temperature*) band TIRS menggunakan **Persamaan 4** berikut:

$$T = K_2 / (\ln (K_1 / L_{\lambda}) + 1) \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

- T = Brightness temperature (K)
- L_{λ} = Spektral radiansi ToA (W/ (m².sr.μm))
- K_1 = Konstanta konversi termal setiap band (K1_CONSTANT_BAND_x)
- K_2 = Konstanta konversi termal setiap band (K2_CONSTANT_BAND_x)

Berdasarkan produk data standar yang telah dikoreksi, kemudian dilakukan konversi nilai reflektansi dari tipe data 16 bit integer menjadi tipe 4 *byte real* untuk mengembalikan nilai asli reflektansi dengan satuan mikrometer. Selanjutnya pemisahan awan dilakukan dengan meng-*overlay band* hasil klasifikasi awan yang telah tersedia dalam produk standar dengan semua *band* pada data OLI dan TIRS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis spektral pada lahan bekas tambang dari citra satelit

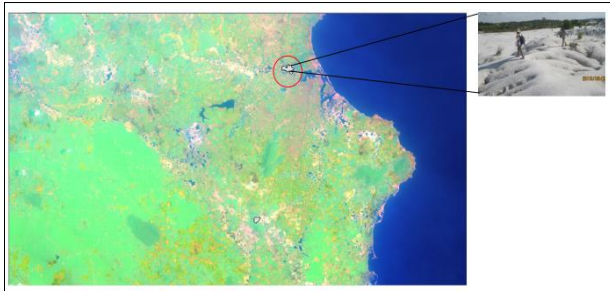
Berdasarkan hasil pengolahan data citra penginderaan jauh diperoleh hasil atau nilai reflektan dari masing-masing kelas obyek lahan bekas penambangan, dimana pengkelasan daerah bekas lahan pertambangan tersebut didasarkan pengamatan secara visual dapat disampaikan sebagai berikut bahwa timah, dikelaskan untuk daerah/lahan terbuka yang secara visual berwarna putih, abu-abu, kecoklatan, dan biru, dimana masing-masing dapat diuraikan seperti berikut ini.

Timah abu-abu untuk lahan terbuka bekas tambang timah yang secara visual berwarna abu-abu (**Tabel 1, Gambar 2, dan Gambar 3**, dan timah putih untuk lahan terbuka bekas tambang timah yang secara visual berwarna putih terang (**Tabel 2, Gambar 4 dan Gambar 5**), timah coklat untuk lahan terbuka bekas tambang timah secara visual berwarna coklat (**Tabel 3, Gambar 6, dan Gambar 7**), dan kolong untuk lahan terbuka bekas tambang timah yang berbentuk cekungan yang terisi air yang secara visual berwarna biru (**Tabel 4, Gambar 8 dan Gambar 9**). **Gambar 2, Gambar 4, Gambar 8, dan Gambar 8** adalah hasil citra *composite*, dimana daerah yang dilingkari merah adalah salah satu daerah lahan bekas tambang timah dilakukan pengukuran reflektan di

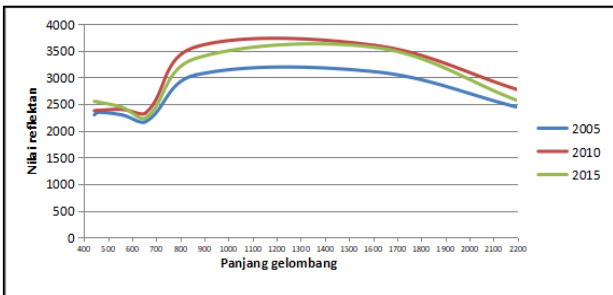
lapangan. Secara visual terlihat lahan bekas tambang timah warna abu-abu (**Gambar 2**), lahan bekas tambang timah warna putih (**Gambar 4**), lahan bekas tambang timah warna coklat (**Gambar 6**), dan lahan bekas tambang timah yang berbentuk cekungan terisi air biasa disebut kolong (**Gambar 8**).

Tabel 1. Nilai reflektan dan panjang gelombang pada obyek lahan tambang timah abu-abu dari citra tahun 2005, 2010, dan 2015.

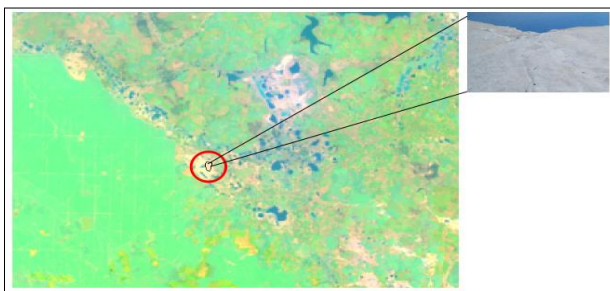
Panjang Gelombang	Tahun		
	2005 (nm)	2010 (nm)	2015 (nm)
443	2.298,884	2.375,764	2.550,233
458	2.345,054	2.380,345	2.539,167
558	2.295,852	2.399,752	2.438,967
655	2.167,726	2.330,491	2.237,167
865	3.047,527	3.574,188	3.358,400
1.610	3.105,519	3.599,697	3.562,100
2.200	2.440,422	2.770,618	2.565,800



Gambar 2. Citra pada obyek lahan tambang timah abu-abu.



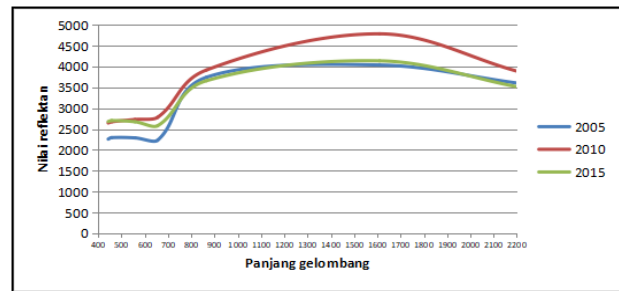
Gambar 3. Grafik Nilai reflektan pada obyek lahan tambang timah abu-abu.



Gambar 4. Citra pada obyek lahan tambang timah putih.

Tabel 2. Nilai reflektan dan panjang gelombang pada obyek lahan tambang timah putih dari citra tahun 2005, 2010, dan 2015.

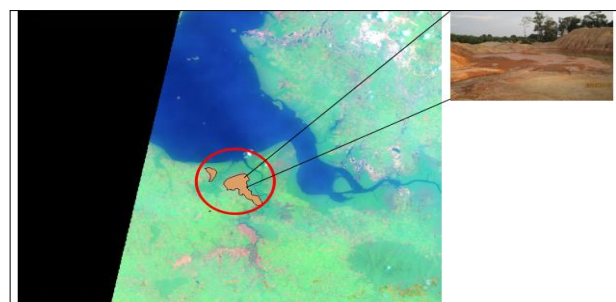
Panjang Gelombang	Tahun		
	2005 (nm)	2010 (nm)	2015 (nm)
443	2.260,268	2.646,389	2.680,846
458	2.295,659	2.675,444	2.704,308
558	2.289,171	2.729,722	2.675,692
655	2.231,61	2.780,722	2.579,538
865	3.740,902	3.915,000	3.658,769
1.610	4.035,976	4.783,389	4.136,231
2.200	3.604,610	3.889,944	3.515,769



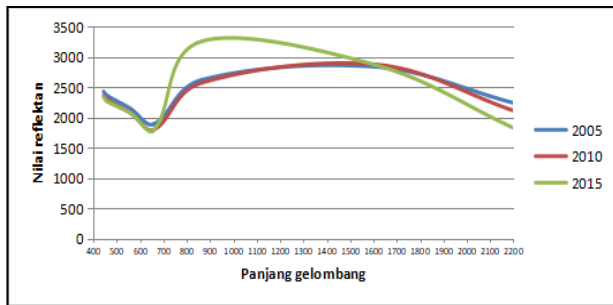
Gambar 5. Grafik Nilai reflektan pada obyek lahan tambang timah putih.

Tabel 3. Nilai reflektan dan panjang gelombang pada obyek lahan tambang timah coklat dari citra tahun 2005, 2010, dan 2015.

Panjang Gelombang	Tahun		
	2005 (nm)	2010 (nm)	2015 (nm)
443	2.427,636	2.356,833	2.341,167
458	2.363,098	2.294,393	2.266,00
558	2.147,163	2.075,95	2.071,083
655	1.886,298	1.792,196	1.778,583
865	2.622,139	2.573,147	3.257,75
1.610	2.834,873	2.874,495	2.864,25
2.200	2.240,504	2.113,394	1.828,083



Gambar 6. Citra pada obyek lahan tambang timah coklat.



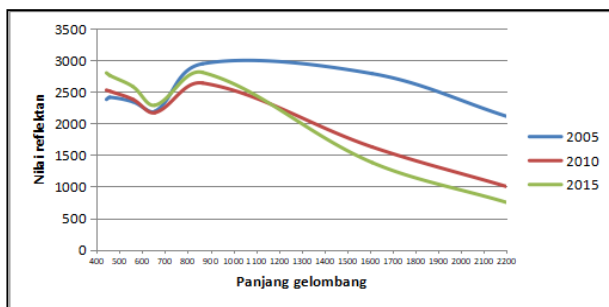
Gambar 7. Grafik Nilai reflektan pada obyek lahan tambang timah coklat.

Tabel 4. Nilai reflektan dan panjang gelombang pada obyek kolong dari citra tahun 2005, 2010, dan 2015.

Panjang Gelombang	Tahun		
	2005 (nm)	2010 (nm)	2005 (nm)
443	2.380,816	2.527,646	2.799,669
458	2.414,434	2.509,722	2.759,674
558	2.343,408	2.382,873	2.585,846
655	2.189,697	2.170,329	2.288,274
865	2.945,303	2.639,924	2.807,989
1.610	2.789,000	1.627,101	1.380,469
2.200	2.113,461	1.001,468	7.49,840



Gambar 8. Citra pada obyek kolong.



Gambar 9. Grafik Nilai reflektan pada obyek kolong.

Visualisasi **Gambar 3**, **Gambar 5**, **Gambar 7** dan **Gambar 9** memperlihatkan pola spektral untuk masing-masing *band* yaitu pada *band 1 – band 7* dari data tahun 2005, tahun 2010, dan tahun 2015. Analisis pola spektral yang dilakukan melalui citra pada setiap obyek bekas lahan tambang timah antara lain pada obyek timah abu-abu, timah putih, timah coklat, dan obyek kolong. Berdasarkan pola spektral dari hasil pengolahan data pada obyek lahan bekas tambang timah abu-abu pada

Gambar 3, pada panjang gelombang antara 440–655 nm atau *band 1 – band 4* kurva pola spektral berbentuk mendatar dan sedikit menurun pada *band 4*, dimana nilai spektral pada citra tahun 2015 berkisar 2.237,167 – 2.550, 233 nm, dan pada *band 5* kurva pola spektral mengalami peningkatan yang cukup tajam nilai spektral di tahun 2015 mencapai 3.358.400 nm. Sedangkan pada *band 6* dan *band 7* mengalami penurunan lagi yakni nilai spektral berkisar 2.565,800 – 3.562,100 nm. Hal ini terjadi pada semua citra yaitu citra tahun 2005, 2010 dan 2015. Lebih lengkapnya nilai spektral untuk obyek timah abu-abu pada citra tahun 2005, tahun 2010 dan tahun 2015 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Pola spektral dari hasil pengolahan data Landsat pada obyek lahan bekas tambang timah putih dapat dilihat pada **Gambar 5**, dimana pada *band 1*, *band 2* dan *band 3* nilai reflektan relatif masih datar atau hampir sama, dari *band 3* ke *band 4* nilai reflektan sedikit menurun, selanjutnya dari *band 4* ke *band 5* nilai reflektan meningkat dan dari *band 5* ke *band 6* meningkat lagi, sedangkan dari *band 6* ke *band 7* nilai reflektan mengalami penurunan. Nilai spektral dari citra Landsat tahun 2005, tahun 2010 dan tahun 2015 dapat dilihat pada **Tabel 2**. **Gambar 7** menunjukkan pola spektral dari data Landsat pada obyek lahan bekas tambang timah coklat, dimana pada *band 1*, dan *band 2* nilai reflektan relatif masih datar, dan *band 2* menuju *band 3* dan *band 4* mengalami penurunan, sedangkan *band 4* ke *band 5* dan *band 6* terus mengalami peningkatan, dan *band 6* menuju *band 7* mengalami penurunan, dimana untuk lebih jelasnya nilai spektral pada citra tahun 2005, tahun 2010 dan tahun 2015 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Pada obyek lahan bekas tambang timah berupa cekungan yang berisi air atau disebut kolong dimana pola spektral dari data seperti terlihat pada **Gambar 9**, dimana pada *band 1*, *band 2* dan *band 3* nilai reflektan relatif masih datar, dan *band 3* menuju *band 4* sedikit mengalami penurunan, sedangkan *band 4* ke *band 5* mengalami peningkatan, dan *band 5* ke *band 6* mengalami penurunan, selanjutnya *band 6* ke *band 7* mengalami penurunan yang tajam. Nilai spektral pada citra tahun 2005, 2010 dan 2015 untuk obyek kolong dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Berdasarkan hasil pengolahan data untuk nilai spektral baik pada obyek lahan tambang timah abu-abu, obyek lahan tambang timah putih, obyek lahan tambang timah coklat dan obyek kolong, pada grafik dapat dilihat bahwa semua sampel akan naik pada *band 4* sedangkan nilai reflektan tertinggi pada *band 6* dan akan mengalami penurunan pada *band 7*.

Analisis Kondisi Fisik

Analisis kondisi fisik dilakukan terhadap 4 obyek yang diteliti yakni obyek lahan bekas tambang timah abu-abu, putih, coklat dan kolong.

Pada analisis ini akan diuraikan mengenai kondisi fisik dan lingkungan sekitar pada lahan bekas tambang tersebut. Pada obyek abu-abu ini dapat dilihat pada citra tahun 2016 dan Citra Google Map tahun 2018 (**Gambar 10**) berikut, dimana obyek abu-abu pada area lahan bekas tambang dikelaskan sebagai warna abu-abu. Adapun jenis tanah pada area ini adalah golongan oksisol dengan jenis *hapludox*. Area yang ditunjukkan oleh gambar berikut juga berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Gumda dengan luas DAS tersebut adalah 38308 Ha. Dapat diketahui bahwa area yang dilakukan analisis berada pada daerah aliran sungai, hal ini untuk memudahkan pembuangan *tailing* dalam proses pengeboran, penambangan maupun pemisahan tanah dengan timah. Selain itu penggunaan lahan di sekitar area bekas tambang ini adalah berupa perkebunan, kebun campuran dan semak belukar.

Pada objek putih area lahan bekas tambang dikelaskan sebagai warna putih (**Gambar 11**), perbedaan dari setiap lahan bekas tambang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan usia karena terjadi proses pelapukan dari tanah itu sendiri. Pada obyek ini masih sama dengan obyek abu dimana jenis tanahnya yaitu *hapludox*. Area yang ditunjukkan oleh gambar diatas berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kurau, dimana luas DAS tersebut adalah 71.354 Ha. Penggunaan

lahan di sekitar area ini adalah permukiman, perkebunan, kebun campuran dan semak belukar pada gambar obyek lahan bekas tambang yang dikelaskan sebagai coklat (**Gambar 12**).

Hapludox, adalah jenis tanah pada daerah ini, dalam klasifikasi sistem taksonomi tanah 1975 termasuk golongan Oksisol. Oksisol mempunyai warna horison B coklat tua sampai merah (bila tanah dicampur mempunyai "hue" 7,5 YR dan "chroma" lebih dari 4, atau "hue" lebih merah dari 7,5 YR) (Subardja, et al., 2014). Tanah ini memiliki cakrawala di bagian atas 75 cm yang memiliki kroma terlalu tinggi untuk *Typic Endoaquepts*. *Chroma* yang lebih tinggi diduga mengindikasikan periode saturasi yang lebih singkat dari seluruh tanah dengan air atau air tanah yang agak lebih dalam dari tanah. Menurut penelitian Subowo (2011) menunjukkan bahwa penambangan sistem terbuka akan menyebabkan perubahan bentang lahan secara fisik dan keseimbangan ekosistem permukaan lahan serta menurunkan kualitas produktivitas tanah juga menurunkan mutu lingkungan sehingga menjadi rawan erosi. Sehingga vegetasi yang ada di sekitar lingkungan bekas tambang adalah lahan budidaya seperti kebun campuran dan beberapa perkebunan seperti kebun sawit.



(a)

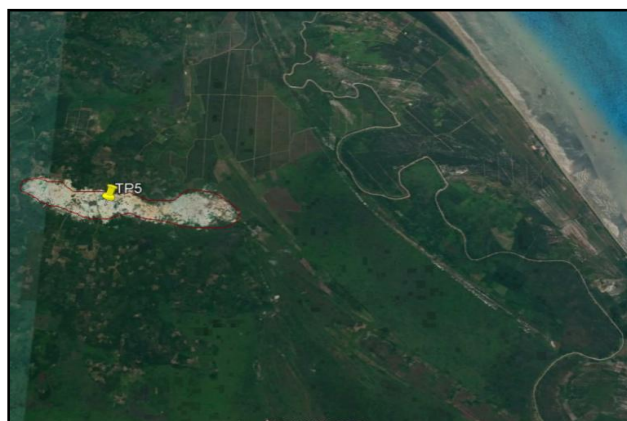


(b)

Gambar 10. (a) Obyek abu dari citra tahun 2016 dan (b) Obyek abu dari citra Google tahun 2018.

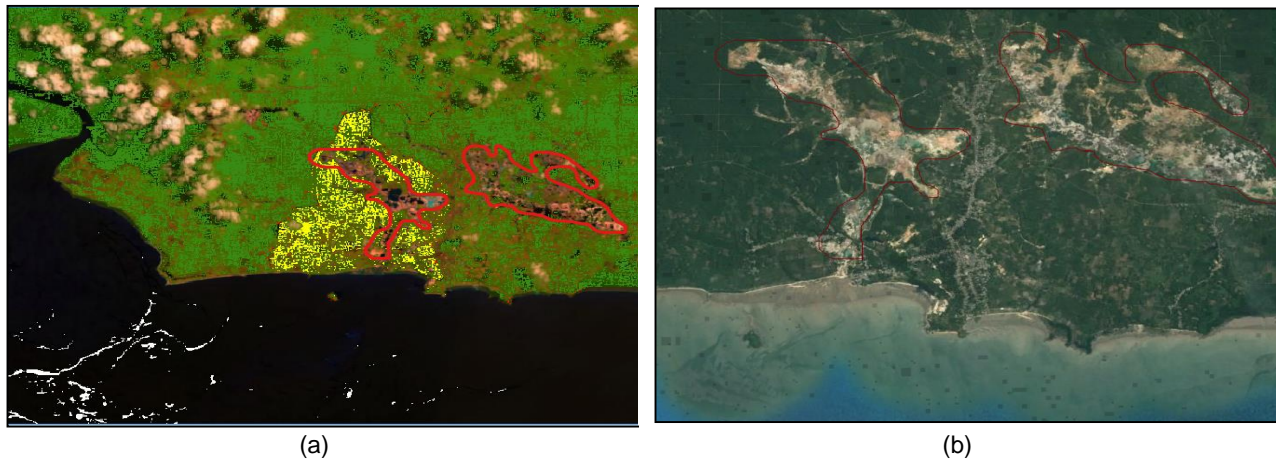


(a)



(b)

Gambar 11. (a) Obyek putih dari citra tahun 2016 dan (b) Obyek putih dari citra Google tahun 2018.



Gambar 12. (a) Obyek coklat dari citra tahun 2016 dan (b) Obyek coklat dari citra Google tahun 2018.

Area ini termasuk dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di Pulau Bangka. Aliran sungai yang menuju laut diduga mengandung sedimen yang berasal dari proses pengolahan tambang dimasa lampau yang sampai saat ini lahan bekas tambang tersebut menghasilkan sedimen yang terbawa oleh air hujan. Jika dilihat dari letak geografis area bekas tambang yang ada di bangka tedapat didekat dengan perairan laut hal ini kemungkinan disebabkan oleh mudahnya mobilisasi hasil produksi dan akses transportasi perdagangan melalui perairan.

Pada obyek ini area lahan bekas tambang yang dikelaskan sebagai kolong (**Gambar 13**). Adapun jenis tanah pada area ini adalah golongan oksisol dengan jenis *hapludox*. Area yang ditunjukkan oleh gambar dibawah ini juga berada pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Kurau dengan luas 71.354 Ha. Lahan terdegradasi umumnya memiliki biota berbeda dengan komunitas ekosistem aslinya, terjadi kecenderungan penurunan keanekaragaman jenis flora, fauna dan mikroba. Munculnya kolong-kolong bekas galian juga akan menjadikan terganggunya sistem drainase pada DAS tersebut.



Gambar 13. Area lahan bekas tambang dengan objek kolong di Bangka (a) Landsat 8 Tahun 2016 dan (b) Google Map tahun 2018.

Korelasi antara nilai spektral hasil pengolahan citra terhadap nilai spektral hasil pengukuran di lapangan menggunakan alat spektrometer pada lahan bekas tambang timah. obyek timah putih dan timah abu-abu mempunyai nilai korelasi yang sama yakni sebesar 68,80%, sedangkan korelasi

nilai spektral pada obyek timah coklat sebesar 83,70%. Korelasi nilai spektral obyek kolong sebesar 67,90 %.

KESIMPULAN

Penelitian pemanfaatan data penginderaan jauh untuk area bekas lahan tambang ditekankan pada karakteristik spektral, dimana karakteristik spektral pada area bekas lahan tambang timah dibedakan menjadi 4 klas yaitu area bekas tambang timah abu-abu, timah putih, timah coklat dan kolong. Korelasi antara nilai spektral hasil pengolahan citra terhadap nilai spektral dari hasil pengukuran lapangan pada lahan terbuka bekas tambang timah, nilai korelasi terbesar pada timah coklat sebesar 83,70 %. Hasil pengolahan nilai reflektan dari 4 kelas lahan bekas tambang timah adalah sebagai berikut: Timah putih mempunyai nilai reflektan berkisar antara 2.245-3.422 nm. Timah abu-abu mempunyai nilai reflektan berkisar antara 1.800-2.860 nm. Timah coklat mempunyai nilai reflektan berkisar antara 1.819-2.858 nm. Kolong mempunyai nilai reflektan berkisar antara 1.288-2.798 nm. Berdasarkan hasil pengolahan data dari citra dan hasil pengukuran lapangan dapat disimpulkan bahwa bentuk grafik dari pola nilai reflektan hasil pengolahan citra sesuai dengan pola nilai reflektan kondisi di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kapusfatja-LAPAN dan Kapokfat Lingkungan dan Mitigasi Bencana (LMB) yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian hingga selesai. Penelitian ini merupakan salah satu hasil penelitian di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. Ucapan terima kasih juga kami tujukan kepada para *reviewer* yang telah memberikan masukan untuk perbaikan tulisan ini

DAFTAR PUSTAKA

BPLHD. (2016). *Jenis Tanah dan Batuan*. Provinsi Bangka Belitung.
Charou, E., Stefouli, M., Dimitrakopoulos, D. Vasileiou,

- E. & Mavarantza, O.D (2010). Using Remote Sensing to Assess Impact of Mining Activities on Land and Using Remote Sensing to Assess Impact of Mining Activities on Land and Water Resources. *Mine Water and Environment*, 29(1), 45-52 <https://doi.org/10.1007/s10230-010-0098-0>
- De Filho, F. J. B.O., & Metzger, J. P. (2006). Thresholds in landscape structure for three common deforestation patterns in the Brazilian Amazon. *Landscape Ecology*, 21(7), 1061–1073. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-6913-0>
- Fernández-Manso, A., Quintano, C., & Roberts, D. (2012). Evaluation of potential of multiple endmember spectral mixture analysis (MESMA) for surface coal mining affected area mapping in different world forest ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 127, 181–193. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.028>
- Green, E. P. (2000). Note on this pdf version. In Alasdair J. Edward (Ed.), *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management* (3rd ed., pp. 109–120).
- Kariyawasam, N., Raval, S., & Shamsoddini, A. (2014). Incorporating Remote Sensing as a Tool to Assist Rehabilitation Monitoring in a Dolomite Mining Operation in South Australia Incorporating Remote Sensing as a Tool to Assist Rehabilitation Monitoring in a Dolomite *Mining Operation in South Australia*, (June 2014), 1–13.
- Novera, Y. (2008). Analisis Vegetasi, Karakteristik Tanah dan Kolonisasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Lahan Bekas Tambang Timah. *Mathematics and Natural Science*.
- Petropoulos, G. P., Partsinevelos, P., & Mitraka, Z. (2013). Change detection of surface mining activity and reclamation based on a machine learning approach of multi-temporal Landsat TM imagery. *Geocarto International*, 28(4), 323–342. <https://doi.org/10.1080/10106049.2012.706648>
- Santos, S. D, M. P., Camara, G., Escada, M. I. S., & Modesto de Souza, R. C. (2008). Remote-sensing image mining: Detecting agents of land-use change in tropical forest areas. *International Journal of Remote Sensing*, 29(16), 4803–4822. <https://doi.org/10.1080/01431160801950634>
- Schroeter, L., & GläÄer, C. (2011). *Analyses and monitoring of lignite mining lakes in Eastern Germany with spectral signatures of Landsat TM satellite data. International Journal of Coal Geology*, 86(1), 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2011.01.005>
- Subardja, D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman., Suryani, E., & Subandiono, R. E. (2014). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan pengembangan penelitian, Bogor.
- Subowo, G. (2011). Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan Dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan Dan Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 5(2), 83–94.
- Suresh, M., & Jain, K. (2013). Change Detection and Estimation of Illegal Mining using Satellite Images. In *Proceedings of 2nd International conference of Innovation in Electronics and communication Engineering (ICIECE-2013)*, 246–251.