

PEMETAAN MINERAL ALTERASI DENGAN METODE *DIRECT PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* DI LOKASI RIMBAKULIT, KABUPATEN BANGKA SELATAN

Franto¹, Subagyo Pramumijoyo², Lucas Donny Setijadji³

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

^{2,3}Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

e-mail: ¹franto_fr@ymail, ²bagyo@ugm.ac.id, ³lucas.setijadji@gmail.com

ABSTRAK

Pemetaan mineral alterasi hidrotermal dengan metode penginderaan jauh pada daerah bervegetasi rapat sering sekali mengalami gangguan dalam mendeteksi keberadaan endapan mineral, hal ini dikarenakan adanya kemiripan kurva spektral vegetasi dengan beberapa kelompok mineral alterasi pada citra, yang berakibat berkurangnya akurasi hasil pemetaan. Salah satu penajaman citra yang mampu meminimalisir pengaruh vegetasi dalam eksplorasi mineral dengan penginderaan jauh adalah metode analisis *Directed Principal Component Analysis* (DPCA) dari dua saluran ratio. Pada dasarnya, DPCA adalah teknik penajaman citra penginderaan jauh dengan menggabungkan dua *band ratio*, pada *band ratio* vegetasi, harus memiliki nilai yang positif di kedua *input band ratio*. Sedangkan nilai rasio mineral yang dituju harus lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan dengan vegetasi. selanjutnya dengan menggunakan *spectral library* dari USGS, diperoleh nilai spektral mineral goethit dengan *band ratio* 4:3 dan 7:6, mineral ilit 4:3 dan 6:5, mineral klorit 4:2 dan 7:6 dan mineral kuarsa 4:3 dan 2:1. Untuk memperoleh akurasi dari pemetaan mineral maka dilakukan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan pendekatan *maximum likelihood*, selanjutnya dilakukan pembobotan dan dianalisis dengan metode Sistem Informasi Geografis (SIG), sehingga diperoleh peta sebaran endapan mineralisasi di lokasi penelitian.

Kata kunci: mineral, alterasi, penginderaan jauh, DPCA, SIG.

PENDAHULUAN

Kerapatan vegetasi yang tinggi dapat membatasi pemanfaatan data penginderaan jauh ([1] dan [2]) khususnya bagi sebagian besar penelitian kebumih, pengaruh dari vegetasi merupakan sebuah gangguan. Dalam konteks penginderaan jauh, spektral citra merupakan salah satu faktor paling penting untuk mendeteksi dan pemetaan mineral alterasi. Ketersediaan saluran-saluran multispektral sangat membantu dalam pemetaan endapan mineral. Menurut [3] bahwa sensor multispektral, seperti Landsat TM, dapat digunakan untuk menentukan daerah yang mungkin terdapat alterasi hidrotermal, khususnya Landsat TM dapat digunakan untuk membedakan alterasi “besi” (Fe³⁺) dan lempung/karbonat (kaolinit, illit/serisit, monmorillonit, alunit dan kalsit), begitupula menurut [4] nilai spektral saluran VNIR dan SWIR dari citra ASTER dan Landsat ETM+ dapat dimanfaatkan untuk membedakan mineral-mineral alterasi, meliputi muskovit (serisit), kaolinit, montmorillonit, klorit, epidot, karbonat, silika, jarosit dan lain-lain (Gambar-1).

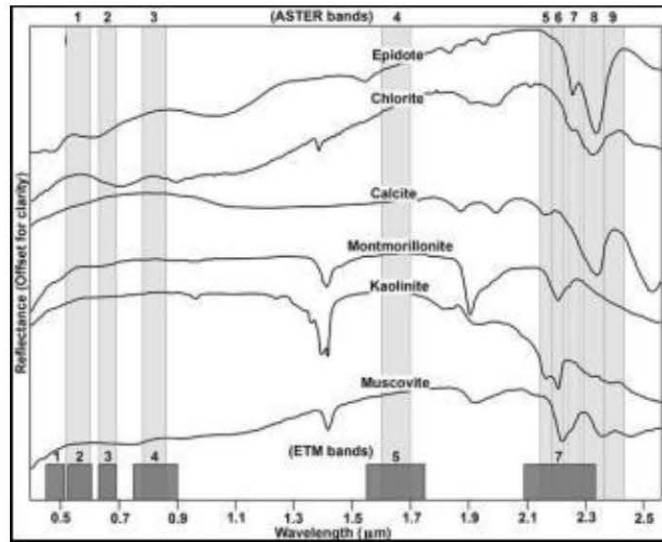
Landsat 8 merupakan program milik Amerika yang dibangun untuk melanjutkan Landsat 7 yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013, karakteristik Landsat 8 tidak jauh berbeda dengan Landsat 7 (Gambar-2), baik resolusinya (spasial, temporal dan spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari Landsat 7 seperti

jumlah saluran, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai *Digital Number*) dari tiap piksel citra. Seperti dipublikasikan oleh USGS, satelit Landsat 8 terbang dengan ketinggian 705 km dari permukaan bumi dan memiliki area *scan* seluas 170 km x 183 km.

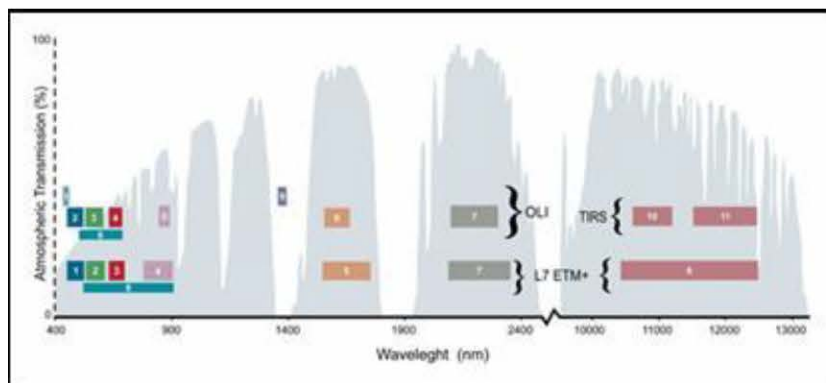
Satelit Landsat 8 membawa dua sensor yaitu Onboard Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS), kedua sensor memiliki 11 buah saluran. Saluran-saluran tersebut meliputi: saluran tampak, infra-merah dekat dan saluran infra-merah gelombang pendek (saluran 1-9) yang berada pada OLI dan 2 lainnya berupa saluran thermal gelombang pendek (saluran 10 dan 11) berada pada TIRS (Iron dkk., 2012 dalam [5]), serta memiliki resolusi spasial 15 – 100 meter. Sebagian besar saluran memiliki spesifikasi mirip dengan citra Landsat 7.

LOKASI PENELITIAN

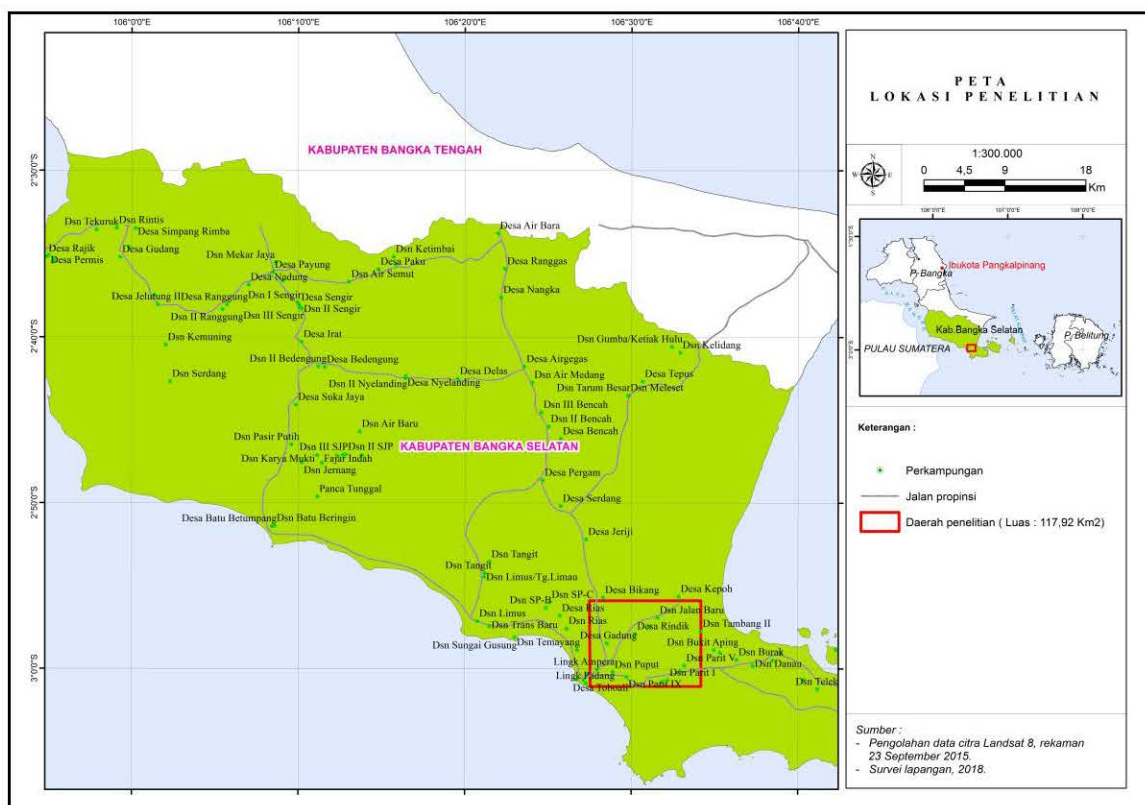
Lokasi penelitian secara administrasi berada di Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dengan luasan lebih kurang 117,92 km². Adapun aksesibilitas lokasi dapat dicapai menggunakan kendaraan bermotor, dengan jarak tempuh 138 km dari Kota Pangkalpinang (ibukota provinsi) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar-3.



Gambar-1. Spektral reflektan dari uji laboratorium terhadap beberapa mineral alterasi hidrotermal pada saluran ASTER dan ETM ([4]).



Gambar-2. Perbandingan panjang gelombang Landsat 8 (sensor OLI dan TIRS) dengan sensor Landsat 7 ETM+ (USGS, 2013 dalam Acharya, 2015 [6]).



Gambar-3. Lokasi daerah penelitian.

METODOLOGI

Alat dan Bahan Penelitian

Keperluan selama penelitian terbagi menjadi alat dan bahan, yang digunakan saat pengambilan data, proses pengolahan data dan analisis data. Alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

Alat-alat yang digunakan, meliputi:

1. Seperangkat komputer dengan *software* ArcGIS 10.2 dan ENVI 4.5
2. Lup dengan pembesaran 10x dan 20x, gunanya untuk mengamati mineral yang berukuran kecil pada pengamatan megaskopis.
3. Mikroskop polarisasi pembesaran 500x, gunanya untuk analisis petrografi.
4. Kompas geologi, gunanya untuk mengukur kedudukan batuan, arah dan pola-pola struktur kekar yang ada di lokasi penelitian.
5. Palu geologi, gunanya untuk pengambilan conto batuan.
6. GPS (*Global Positioning System*) navigasi, gunanya untuk penentuan koordinat absolut di lapangan.
7. Kamera digital, gunanya untuk mendokumentasikan data lapangan yang diperoleh.
8. Kantung sampel, gunanya untuk menyimpan conto batuan yang diambil di lokasi penelitian.
9. Buku catatan lapangan, gunanya untuk mencatat semua data lapangan yang diperoleh.
10. Spidol permanen, gunanya untuk memberi label pada plastik sampel.
11. *Printer* dan *scanner*.

Bahan atau referensi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Peta Geologi Indonesia keluaran Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) tahun 1994, lembar 1112, 1113, 1213 (Bangka Selatan) skala 1 : 250.000.
2. Peta topografi *edition* 1-AMS keluaran *Army map service corps Engineers* tahun 1955, lembar SA 48-11 (Pangkalpinang) dan SA 48-12, skala 1 : 250.000.
3. Citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) 1 arc second 30 m Pulau Bangka di *download* di <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
4. Citra Landsat 8 meliputi Pulau Bangka sejumlah 3 scene di *download* di <http://glovis.usgs.gov/>, atau [https://earthexplorer.usgs.gov/\(path 124, Row 61; path 132, Row 61 dan Path 132 Row 62\), rekaman 23 September 2015](https://earthexplorer.usgs.gov/(path%20124,Row%2061,path%20132,Row%2061 dan Path%20132%20Row%2062),rekaman%2023%20September%202015).

Pengolahan Citra Landsat 8

Pra Pengolahan

Adapun tahapan pengolahan citra satelit yang dilakukan meliputi:

- a. Koreksi geometri citra

Citra Landsat 8 yang digunakan adalah citra Landsat 8 *path/row* 123/62, rekaman 23 September 2015 sudah terkoreksi level 1 atau terkoreksi, maka yang perlu dilakukan hanyalah koreksi radiometrik untuk memperbaiki kualitas visual citra.

- b. Koreksi radiometri citra

Data Landsat 8 dikoreksi menggunakan koreksi metode ToA (*Top of Atmosphere*) yang meliputi ToA reflektan dan koreksi matahari.

Nilai bias masing-masing saluran akan berbeda tergantung data statistik, saluran yang dipilih adalah saluran hasil TOA *reflectance with a correction for the sun angle* untuk masing-masing saluran, nilai yang diambil nilai terendah (kolom DN) sebagai asumsi obyek tergelap yang ada, bukan yang negatif (-) karena nilai negatif menandakan obyek berada di luar area citra, lakukan pada seluruh saluran citra yang akan dikoreksi.

Adapun dibawah ini merupakan rumus yang digunakan untuk melakukan koreksi radiometri pada citra Landsat 8, meliputi:

- *Correction at Sensor Radiance*

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

dimana:

L_{λ} = ToA radian ($Watt/m^2 \times srad \times \mu m$)

M_L = Gain sensor (*radian_multi_band_x*, dimana x adalah nomor *band* (diperoleh dari metadata Landsat 8))

A_L = Offset sensor (*radian_add_band_x*, dimana x adalah nomor *band* (diperoleh dari metadata Landsat 8))

Q_{cal} = Nilai *Digital Number* (DN) pada citra

- *Correction at Sensor Reflectance*

$$\rho_{\lambda'} = M_p * Q_{cal} + A_p \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

$\rho_{\lambda'}$ = ToA reflektansi, tanpa koreksi untuk sudut matahari

M_p = Gain sensor (*reflectance_multi_band_x*, dimana x adalah nomor *band* (diperoleh dari metadata Landsat 8))

A_p = Offset sensor (*reflectance_add_Band_x*, dimana x adalah nomor *Band* (diperoleh dari metadata Landsat 8))

Q_{cal} = Nilai *Digital Number* (DN) pada citra

Selanjutnya citra dikoreksi sudut matahari untuk menghilangkan perbedaan nilai DN yang diakibatkan oleh posisi matahari. Posisi matahari terhadap bumi berubah tergantung pada waktu perekaman dan lokasi obyek yang direkam. Persamaan untuk koreksi dengan sudut matahari, yaitu:

TOA Reflectance with a Correction For The Sun Angle

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta_{SE})} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

ρ_{λ} = ToA reflektansi

θ_{SE} = Sun elevasi (diperoleh dari metadata hasil

Correction at sensor reflectance untuk masing-masing saluran)

θ_{SZ} = Sudut zenith matahari; $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

Koreksi Atmosferik

$$DN_{terkoreksi} = DN_{asli} - bias \dots \dots \dots (4)$$

Pengolahan

Tahapan pengolahan citra Landsat 8 yang dilakukan, meliputi:

- a. Metode *Direct Principal Component Analysis*

Metode DPCA salah satu penajaman citra yang mampu meminimalisir pengaruh vegetasi dalam eksplorasi mineral dengan metode penginderaan jauh. Pada terapan pemetaan mineral alterasi, metode DPCA mampu

menghasilkan informasi spektral yang mencirikan mineral-mineral alterasi tertentu, dalam hal ini mineral yang akan dipetakan meliputi :mineral goethit (kelompok oksidabesi), mineral illit (kelompok lempung), mineral klorit dan mineral kuarsa (silisifikasi). tahap ekstrak informasi dari citra Landsat 8 rekaman 23 September 2015 berdasarkan respon spektral masing-masing saluran yang mencirikan mineral-mineral alterasi tertentu. Sehingga keterdapatan unit-unit batuan dan mineral alterasi di permukaan dapat terdeteksi. Adapun tahapannya meliputi:

- Penentuan *band ratio* ditentukan melalui *spectral library* yang tersedia pada alamat <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib06/>. Input menggunakan dua pasangan saluran ratio, yang pertama menunjukkan nilai tinggi untuk vegetasi dan rendah untuk mineral target, sedangkan yang kedua menunjukkan respon tinggi untuk mineral target maupun vegetasi.
- Penentuan *training area* (daerah sampel), mengacu pada rona yang mengindikasikan mineral dan bukan mineral yang dituju.
- Penentuan *thresholding*, berdasarkan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan pendekatan *maximum likelihood*.

HASIL DAN DISKUSI

Metode DPCA

Teknik *Direct Principal Component Analysis* (DPCA) melibatkan perhitungan secara statistik, berdasarkan pada pengujian *Principal Component eigenvector* (PC) untuk menentukan PC mana yang akan memiliki informasi spesifik mengenai suatu objek, yang ditunjukkan dengan kehadiran piksel terang pada citra akibat pengaruh nilai *magnitude* dan *eigenvector*.

Beberapa mineral alterasi hidrotermal yang teridentifikasi pada lokasi penelitian, umumnya berasosiasi dengan keberadaan mineralisasi timah, sehingga dengan diketahui sebaran mineral alterasi tersebut menjadi pencari keberadaan mineralisasi timah, adapun mineral tersebut meliputi :

• Kelompok Oksida Besi

Mineral yang mewakili dari kelompok oksida besi adalah mineral goethit, selanjutnya dengan menggunakan *spectral library* dari USGS dilakukan *resampling* nilai spektral mineral goethit tersebut ke dalam saluran citra Landsat 8 dan dipilih saluran 3,4,6 dan 7 yang selanjutnya digunakan sebagai *input* dengan *band ratio* 4:3 dan 7:6 (Gambar-4). Berdasarkan analisa PCA pada *band ratio* tersebut, menunjukkan nilai kontradiktif (negatif dan positif) antara PC1 dan PC2, maka dipilih saluran PC2 untuk mewakili mineral goethit, karena mampu membedakan dengan baik antara mineral goethit dan vegetasi, ditunjukkan dengan nilai piksel yang terang (putih) serta *eigenvalue* sebesar 34,61% (Tabel-1), selanjutnya adalah penentuan *training area* yang mengacu pada rona yang mengindikasikan mineral goethit dan bukan mineral goethit. Nilai *thresholding* yang diperoleh dari hasil analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dan sayatan tipis terhadap sampel lapangan, digunakan sebagai masukan pada pembuatan pengklasasan dengan metode

klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) serta pendekatan *maximum likelihood*, nilai *threshold* untuk mineral goethit berkisar antara 1,35-1,47, apabila piksel bernilai diantara interval tersebut, dapat digolongkan sebagai piksel yang terindikasi mengandung mineral goethit, sedangkan yang bernilai lebih kecil atau lebih besar dari nilai *threshold* dapat digolongkan sebagai piksel yang tidak mengandung mineral goethit (Gambar-4). Berdasarkan hasil pemisahan piksel yang mengandung mineral goethit, ditemukan pola mineral goethit tersebar di bagian selatan, bagian barat dan timur, serta terlihat sebaran mengikuti pola-pola lembah, meskipun ada juga sebagian tersebar secara merata.

Tabel-1. Statistik hasil *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mineral goethit.

PCA	<i>Eigenvalue</i> (%)	<i>Eigenvector</i>	
		4/3	7/6
PC1	65,38	0,80	0,59
PC2	34,61	-0,59	0,80

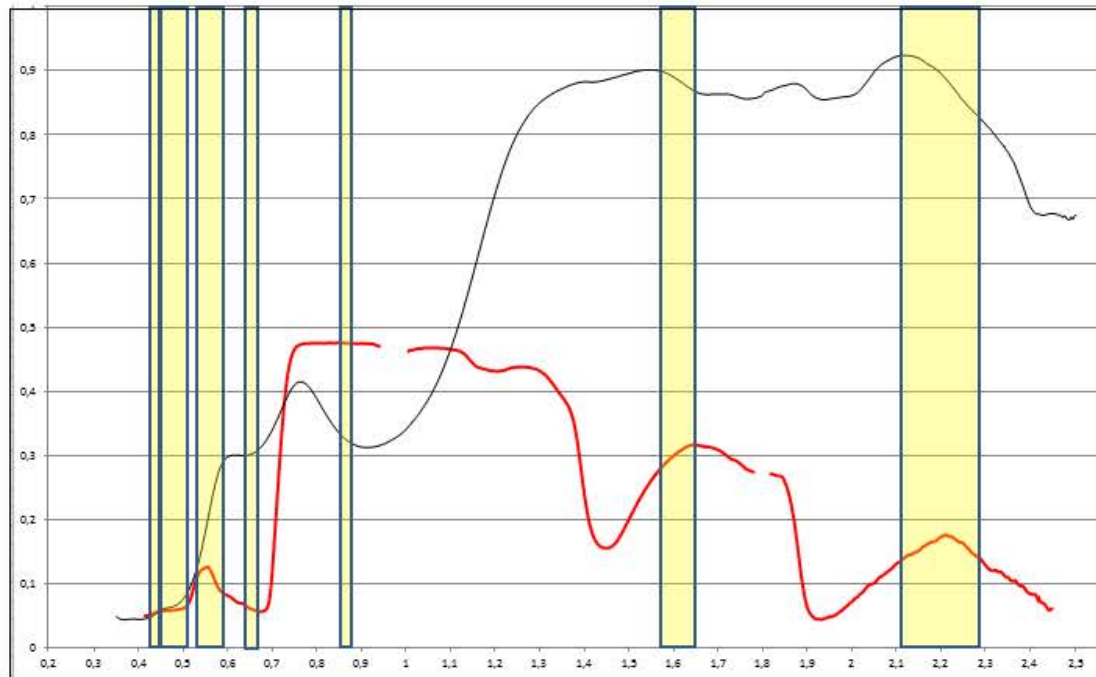
• Kelompok Clay

- Mineral illit

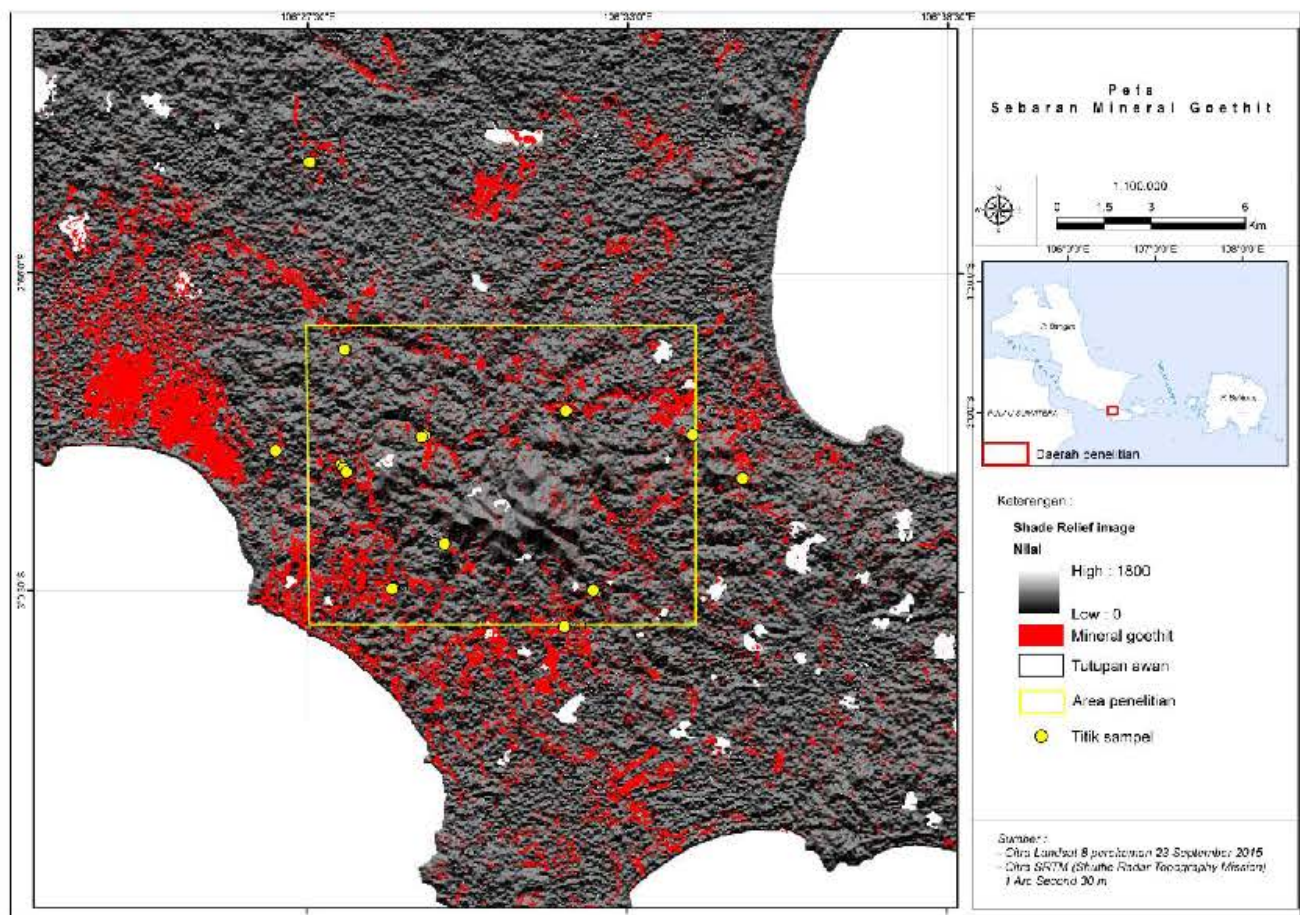
Berdasarkan *spectral library* dari USGS, dilakukan *resampling* nilai spektral mineral illit ke dalam saluran citra Landsat 8 dan dipilih saluran 3,4,5 dan 6 yang selanjutnya digunakan sebagai input pada metode *defoliant* dengan *band ratio* 4:3 dan 6:5 (Gambar-6). Berdasarkan analisa PCA pada *band ratio* tersebut, menunjukkan nilai kontradiktif (negatif dan positif) antara PC1 dan PC2, maka dipilih saluran PC2 karena mampu membedakan dengan baik antara mineral illit dan vegetasi yang ditunjukkan dengan nilai piksel yang terang (putih) serta *eigenvalue* sebesar 35,28% (Tabel-2). selanjutnya adalah penentuan *training area* yang mengacu pada rona yang mengindikasikan mineral illit dan bukan mineral illit. Nilai *thresholding* yang diperoleh dari hasil analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dan sayatan tipis terhadap sampel lapangan, selanjutnya digunakan sebagai masukan pada pembuatan pengklasasan dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) serta pendekatan *maximum likelihood*, sehingga diperoleh nilai *threshold* untuk mineral illit adalah 5,20-5,27. Apabila piksel bernilai diantara interval tersebut dapat digolongkan sebagai piksel yang terindikasi mengandung mineral illit, sedangkan yang bernilai lebih kecil atau lebih besar dari nilai *threshold* dapat digolongkan sebagai piksel yang tidak mengandung mineral illit (Gambar-7). Berdasarkan hasil pemisahan piksel yang mengandung mineral illit terlihat dominan menyebar di bagian selatan serta mengikuti pola-pola lembah serta ada sebagian tersebar di bagian barat.

Tabel-2. Statistik hasil *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mineral illit.

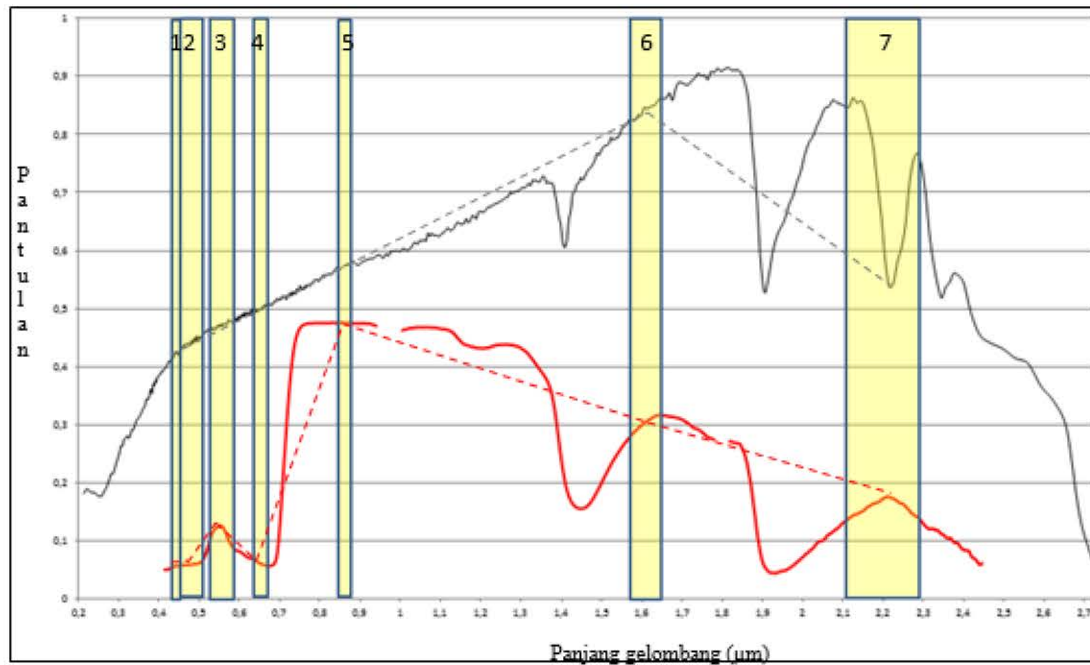
PCA	<i>Eigenvalue</i> (%)	<i>Eigenvector</i>	
		4/3	6/5
PC1	64,71	0,60	0,79
PC2	35,28	0,79	-0,60



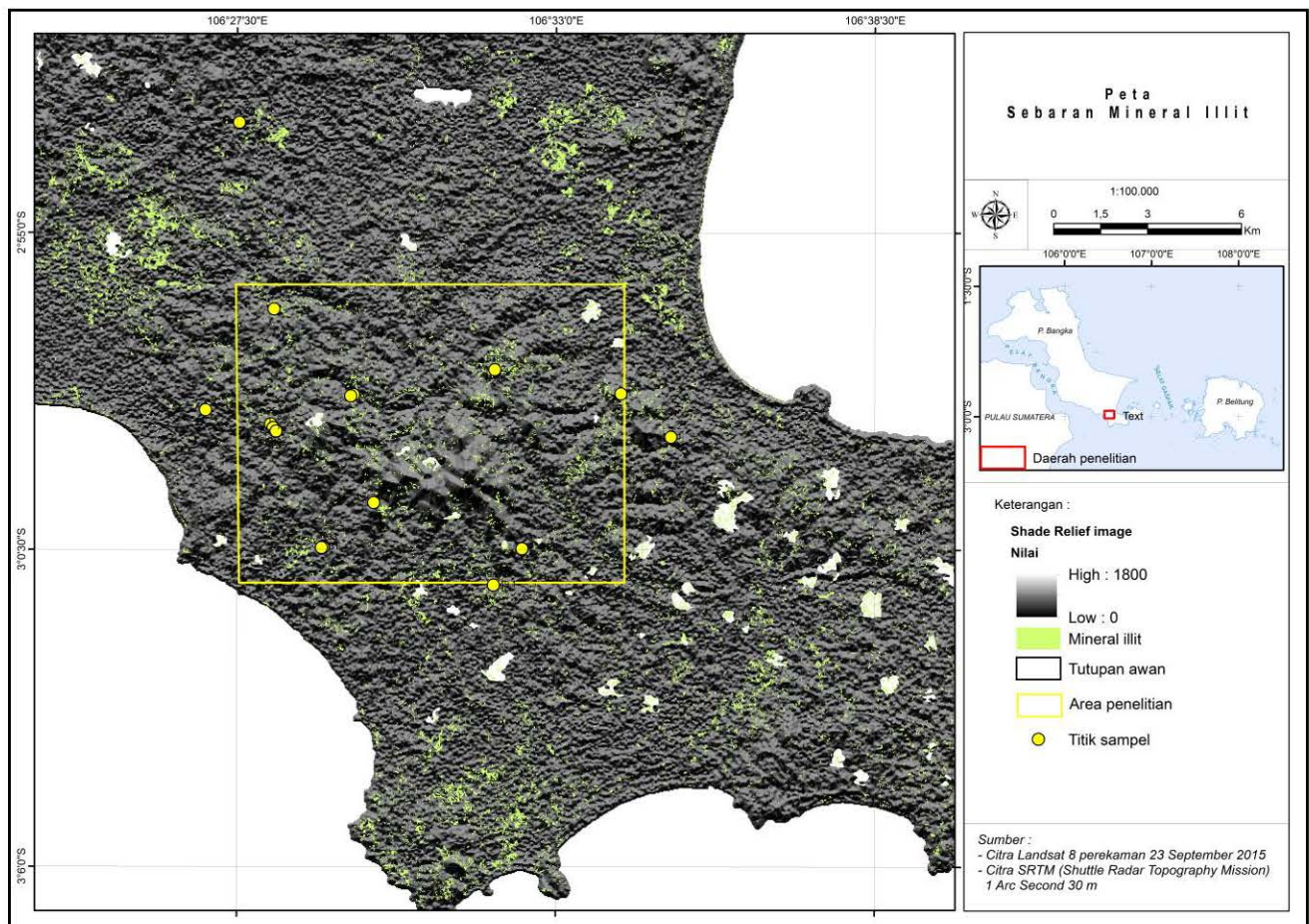
Gambar-4. Spektral mineral goethit (abu-abu) dan vegetasi (merah) dari USGS (garis tegas) dan yang sudah *iresampling* ke saluran Landsat 8 (garis putus-putus).



Gambar-5. Peta sebaran mineral goethit di lokasi penelitian setelah dilakukan *threshold*.



Gambar-6. Spektral mineral illit (abu-abu) dan vegetasi (merah) dari USGS (garis tegas) dan yang sudah diresampling ke saluran Landsat 8 (garis putus-putus).



Gambar 7. Peta sebaran mineral illit di lokasi penelitian setelah dilakukan *threshold*.

- Kelompok Klorit

Berdasarkan *spectral library* dari USGS dilakukan *resampling* nilai spektral mineral klorit tersebut ke dalam saluran citra Landsat 8 dan dipilih saluran 2,4,6 dan 7 yang selanjutnya digunakan sebagai *input* pada metode *defoliant* dengan *band ratio* 4:2 dan 7:6 (Gambar-8). Berdasarkan analisa PCA pada *band ratio* tersebut, menunjukkan nilai kontradiktif (negatif dan positif) antara PC1 dan PC2, sehingga dipilih saluran PC2 karena mampu membedakan dengan baik antara mineral klorit dan vegetasi yang ditunjukkan dengan nilai piksel yang terang (putih) serta *eigenvalue* sebesar 15,13% (Tabel-3), selanjutnya adalah penentuan *training area* yang mengacu pada rona yang mengindikasikan mineral klorit dan bukan mineral klorit. Nilai *thresholding* yang diperoleh dari hasil analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dan sayatan tipis terhadap sampel lapangan, selanjutnya digunakan sebagai masukan pada pembuatan pengklasikan dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) serta pendekatan *maximum likelihood*, sehingga diperoleh nilai *threshold* untuk mineral klorit adalah 5,19-5,27. Apabila piksel bernilai diantara nilai tersebut dapat digolongkan sebagai piksel yang terindikasi mengandung mineral klorit, sedangkan yang bernilai lebih kecil atau lebih besar dari nilai *threshold* dapat digolongkan sebagai piksel yang tidak mengandung mineral klorit (Gambar-9). Berdasarkan hasil pemisahan tersebut, terlihat mineral alterasi klorit tersebar di bagian selatan dari lokasi penelitian dengan mengikuti pola-pola lembah.

Tabel-3. Statistik hasil *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mineral klorit.

PCA	<i>Eigenvalue</i> (%)	<i>Eigenvector</i>	
		4/2	7/6
PC1	84,86	0,96	0,24
PC2	15,13	-0,24	0,96

- Kelompok Silisifikasi

Berdasarkan *spectral library* dari USGS dilakukan *resampling* nilai spektral mineral kuarsa tersebut ke dalam saluran citra Landsat 8 dan dipilih saluran 1,2,3 dan 4 yang selanjutnya digunakan sebagai *input* pada metode *defoliant* dengan *band ratio* 4:3 dan 2:1 (Gambar-10). Berdasarkan analisa PCA pada *band ratio* tersebut, menunjukkan nilai kontradiktif (negatif dan positif) antara PC1 dan PC2, sehingga dipilih saluran PC2 karena mampu membedakan dengan baik antara mineral kuarsa dan vegetasi yang ditunjukkan dengan nilai piksel yang terang (putih) serta *eigenvalue* sebesar 18,70% (Tabel-4), selanjutnya adalah penentuan *training area* yang mengacu pada rona yang mengindikasikan mineral kuarsa dan bukan mineral kuarsa. Nilai *thresholding* yang diperoleh dari hasil analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dan sayatan tipis terhadap sampel lapangan, selanjutnya digunakan sebagai masukan pada pembuatan pengklasikan dengan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) serta pendekatan *maximum likelihood*, sehingga diperoleh nilai *threshold* untuk mineral kuarsa adalah 1,40-1,44, apabila piksel bernilai diantara interval tersebut, dapat digolongkan sebagai piksel yang terindikasi mengandung mineral kuarsa, sedangkan yang bernilai lebih kecil atau lebih besar dari nilai *threshold* dapat digolongkan sebagai piksel yang tidak mengandung

mineral kuarsa (Gambar-11). Berdasarkan hasil pemisahan tersebut, terlihat mineral kuarsa tersebar dominan di bagian utara dengan mengikuti pola-pola lembah.

Tabel-4. Statistik hasil *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mineral kuarsa.

PCA	<i>Eigenvalue</i> (%)	<i>Eigenvector</i>	
		4/3	2/1
PC1	81,29	0,99	0,11
PC2	18,70	-0,11	0,99

KESIMPULAN

Teknik *Direct Principal Component Analysis* (DPCA) yang melibatkan perhitungan secara statistik adalah sebuah cara cepat untuk mengurangi pengaruh vegetasi terhadap pemetaan mineral alterasi serta sangat sesuai diterapkan untuk wilayah yang tinggi tutupan vegetasi, indikator tersebut dapat dilihat dari nilai *eigenvalue* masing-masing mineral alterasi yang telah diterapkan metode DPCA, misalnya pemilihan saluran 4/3 dan 7/6 untuk identifikasi mineral goethit, mampu mengurangi pengaruh vegetasi sebesar 34,61%, pemilihan saluran 4/3 dan 6/5 untuk identifikasi mineral illit mampu mengurangi pengaruh vegetasi sebesar 35,28%, pemilihan saluran 4/2 dan 7/6 untuk identifikasi mineral klorit mampu mengurangi pengaruh vegetasi sebesar 15,13% dan pemilihan saluran 4/3 dan 2/1 untuk identifikasi mineral kuarsa mampu mengurangi pengaruh vegetasi sebesar 18,70 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian RISTEKDIKTI yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial dan legalitas terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

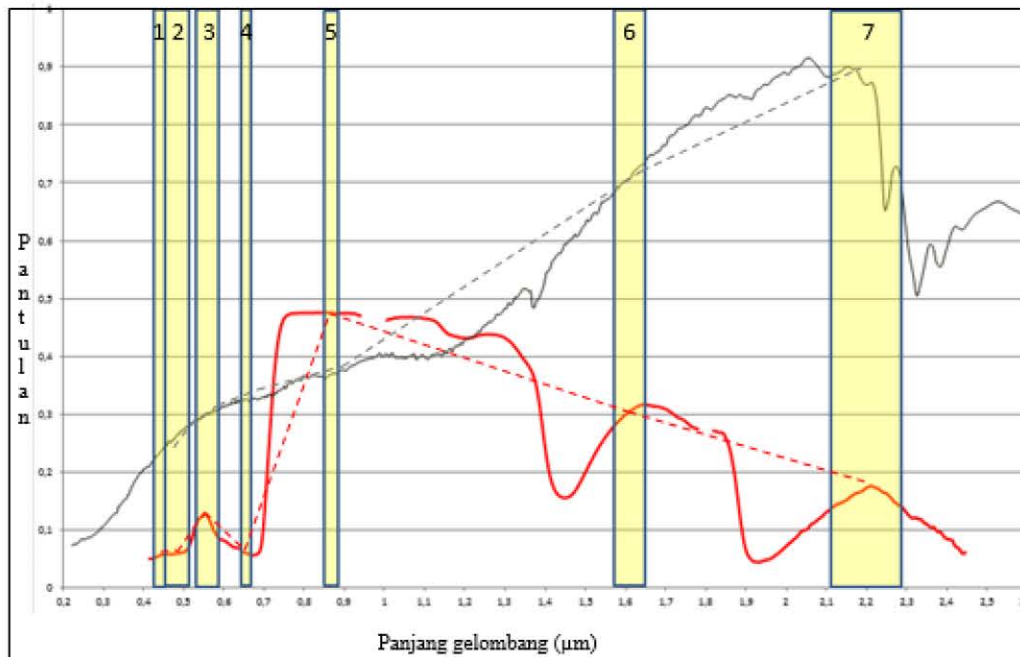
- [1] Siegal, B. S. dan Goetz, A. F. H., 1977. The Effects of Vegetation on Rock and Soil Type Discrimination. *Photogramm. Engng remote Sensing*. Vol.43, hal 191.
- [2] Podwysocki, M. H., Power, M. S., Salisbury, J. W. dan Jones, O. D., 1984. Evaluation of Low-Sun Illuminated Landsat-4 Thematic Mapper Data for Mapping Hydrothermally Altered Rocks in Southern Nevada. *Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Environment* (Third Thematic Conference, *Remote Sensing for Exploration Geology*), Colorado Springs, Colorado (Ann Arbor: Environmental Research Institute of Michigan), hal 541.
- [3] Carranza, E.J.M. dan Hale, M., 2002. Mineral Imaging with Landsat Thematic Mapper Data for Hydrothermal Alteration Mapping in Heavily Vegetated Terrane. *International Journal of Remote Sensing*, No.22. Vol.23. hal 4827-4852.
- [4] Honarmand, M., Ranjbar, H. dan Shahabpour, J., 2011. Application of Spectral Analysis in Mapping Hydrothermal Alteration of the Northwestern Part of

the Kerman Cenozoic Magmatic Arc, Iran. *Journal of Sciences. Islamic Republic of Iran*. No.22. Vol.3. hal. 221-238.

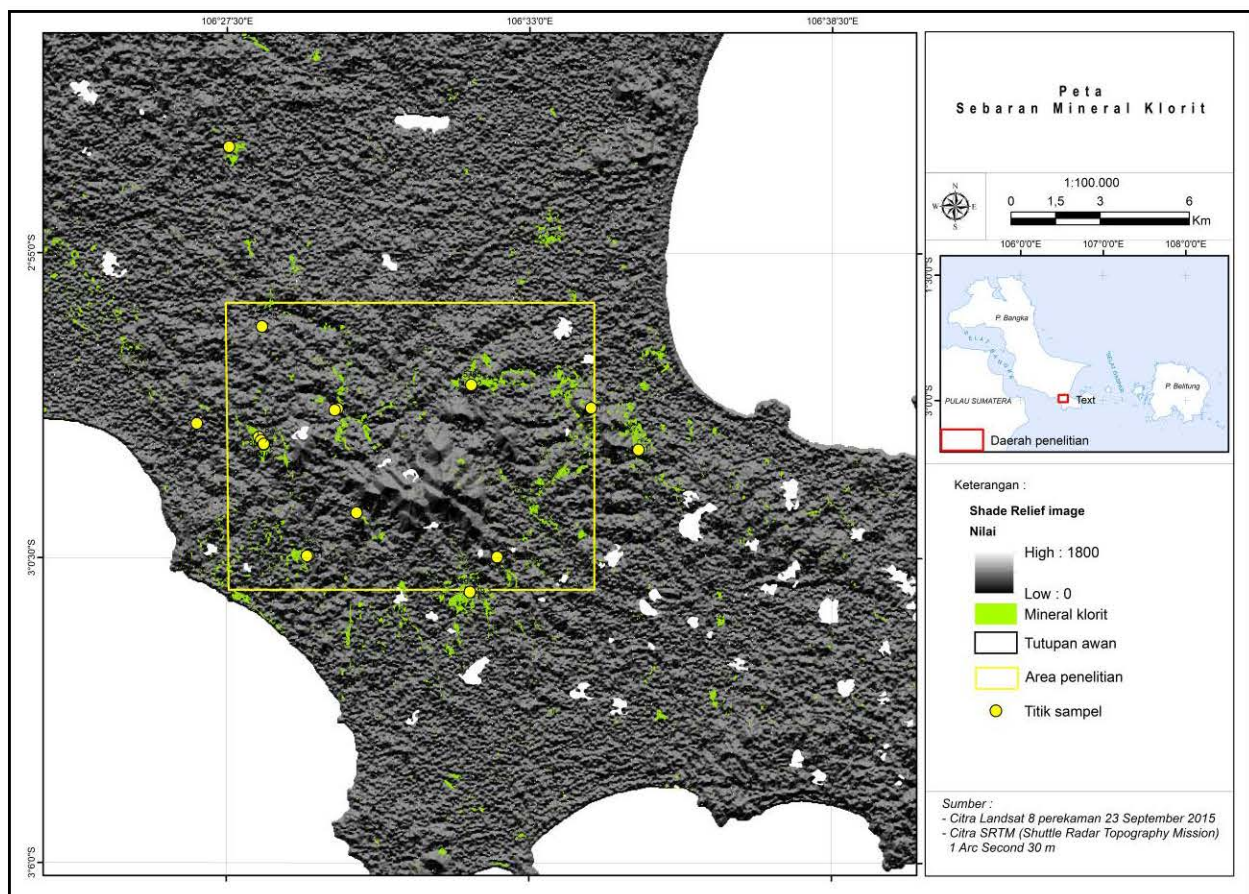
Landslide Hazard Mapping in Kelantan, Malaysia. *Journal Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* hal 1285-1303.

[5] Pour, A. B. dan Hashim, M., 2017. Application of Landsat-8 and ALOS-2 Data for Structural and

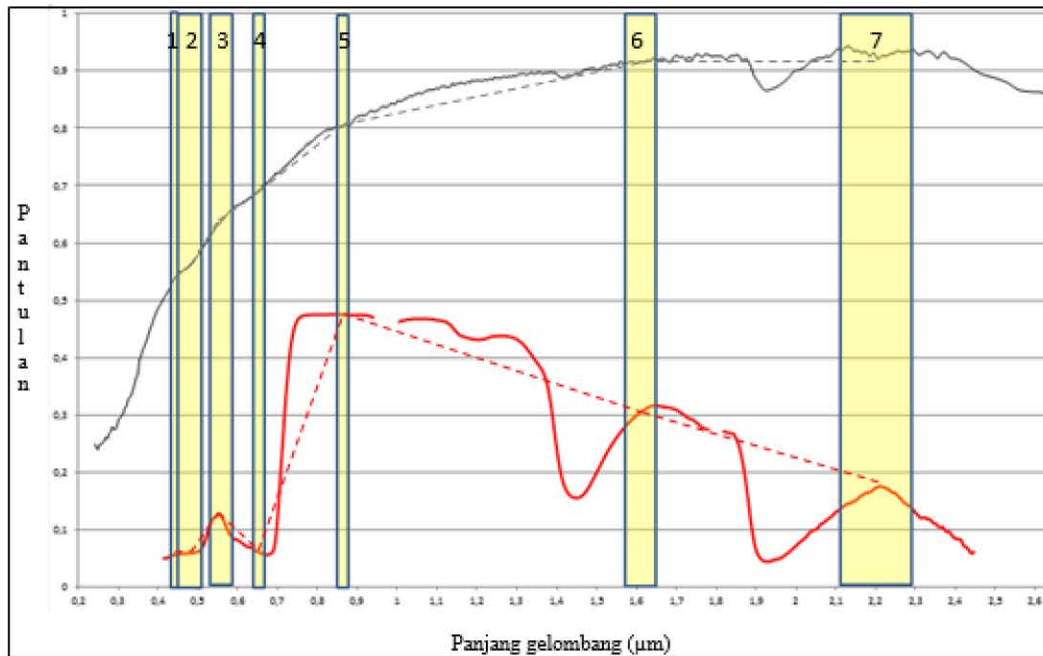
[6] Acharya, T.D. dan Yang, I., 2015. Exploring Landsat 8. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJEASR)*. No.4.Vol.4. hal 4-10.



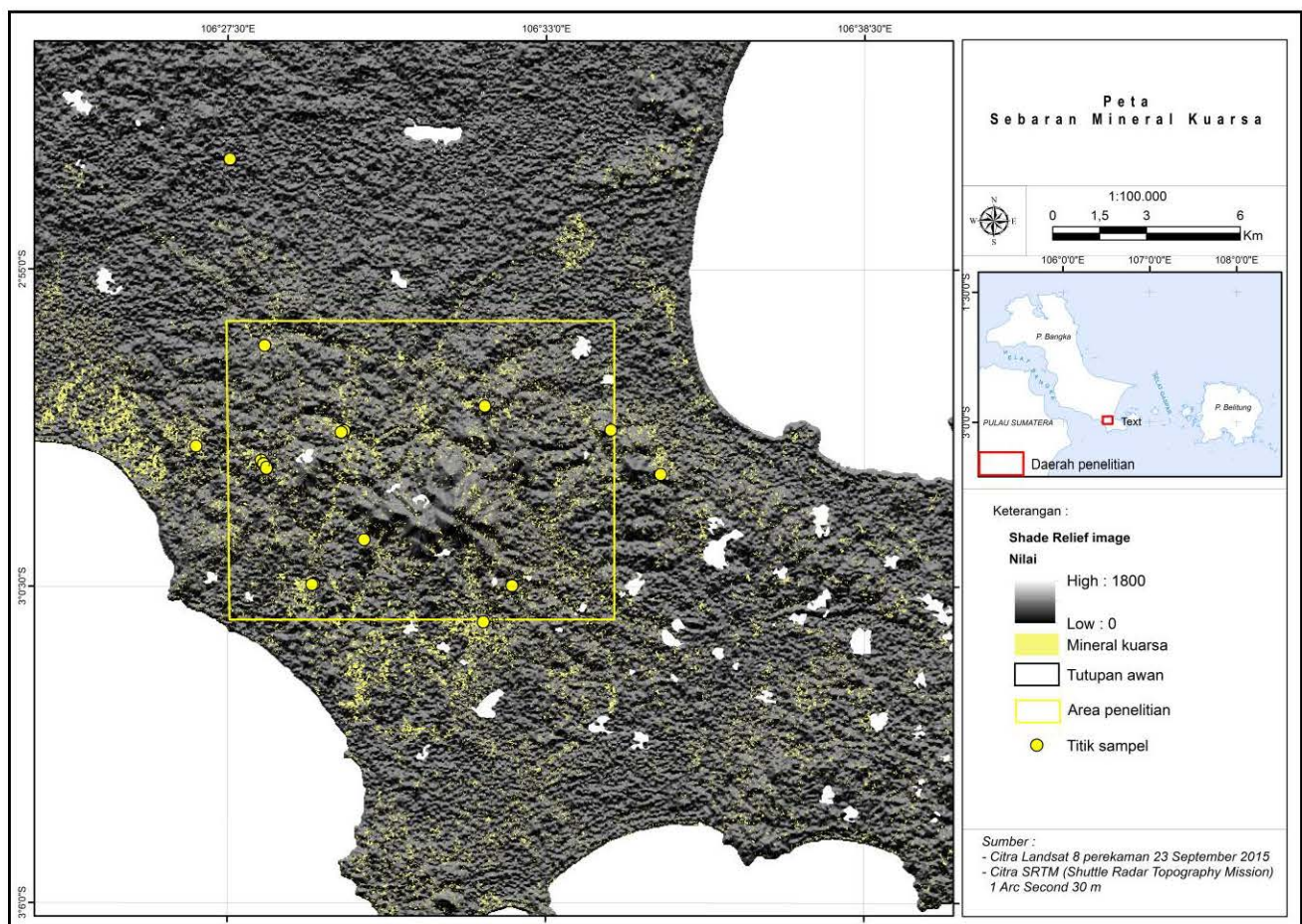
Gambar-8. Spektral mineral klorit (abu-abu) dan vegetasi (merah) dari USGS (garis tegas) dan yang sudah di *resampling* ke saluran Landsat 8 (garis putus-putus).



Gambar-9. Peta sebaran mineral klorit di lokasi penelitian setelah dilakukan *threshold*.



Gambar-10. Spektral mineral kuarsa (abu-abu) dan vegetasi (merah) dari USGS (garis tegas) dan yang sudah diresampling ke saluran Landsat 8 (garis putus-putus).



Gambar-11. Peta sebaran mineral kuarsa di lokasi penelitian setelah dilakukan *threshold*.