

PEMETAAN MULTI-TINGKAT POTENSI BIJIH BESI MENGGUNAKAN CITRA HYPERSPEKTRAL EO-1 HYPERION DAN MULTISPEKTRAL LANDSAT 8-OLI DI SEKITAR SUNGAI PROGO, YOGYAKARTA

(Multi-Level Mapping of Iron Ore by using the Combination of Hyperspectral EO-1 Hyperion Imagery and LANDSAT 8-OLI Multispectral in Progo River, Yogyakarta)

Zulfa Andriansyah, M Ihsanur Adib, Iklila Rahmatika, Sanjiwana Arjasakusuma

Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

Jalan Kaliurang, Bulaksumur, Yogyakarta, Indonesia 55281.

E-Mail: zulfaandriansyah@mail.ugm.ac.id

Diterima: 6 Agustus 2020; Direvisi: 24 April 2021; Disetujui untuk Dipublikasikan: 21 Mei 2021

ABSTRAK

Gunung Merapi yang terletak di Provinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan gunung api aktif yang menyediakan sumber daya mineral melalui aktivitas vulkaniknya. Bijih besi dalam magma yang dikeluarkan melalui erupsi gunung api dapat terbawa aliran sungai yang berhulu di Gunung Merapi. Penelitian ini merupakan penelitian permulaan untuk memetakan potensi keberadaan bijih besi yang terendapkan di sekitar aliran Sungai Progo, Yogyakarta, dengan menggunakan kombinasi citra hiperspektral dan multispektral. Data penginderaan jauh yang digunakan berupa Citra LANDSAT 8-Operational Land Imager (OLI) and Citra *Earth Observation 1* (EO-1) Hyperion. Citra Hyperion memberikan informasi mengenai jenis mineral besi secara spesifik namun cakupan areanya lebih kecil, sedangkan kombinasi *Band Ratio 4/2* dan $(4+6)/5$ dari citra LANDSAT 8-OLI memberikan informasi mengenai potensi keberadaan bijih besi. Kombinasi pemetaan multi-tingkat Hyperion dilakukan untuk mendapatkan nilai ambang batas mineral besi pada *Band Ratio 4/2* dan $(4+6)/5$ yang digunakan untuk pemetaan potensi bijih besi pada Sungai Progo. Klasifikasi *Spectral Angle Mapper* menggunakan pustaka spektral bijih besi dilakukan pada citra Hyperion berhasil menemukan potensi konsentrasi mineral besi di kawah Merapi. Poligon klasifikasi hasil pemetaan SAM tersebut digunakan untuk menentukan nilai batas ambang indeks di rasio $4/2$ dan $(4+6)/5$, untuk memetakan kandungan mineral besi di Sungai Progo. Hasil penelitian ini menunjukkan sebaran kandungan mineral besi yang terdeteksi di sepanjang Sungai Progo, namun akurasi dari metode yang dihasilkan masih perlu untuk dikaji pada penelitian berikutnya, dan juga diterapkan pada sensor *hyperspectral* baru seperti PRISMA.

Kata kunci: Ambang pemetaan, bijih besi, pustaka spektral, *spectral angle mapper*

ABSTRACT

Mount Merapi, located in Central Java and Special Region of Yogyakarta (DIY,) is an active volcano that provides mineral resources from the constant eruption. Iron ore in magma that is released through volcanic eruptions is carried by the river flowing upstream at Mount Merapi. This research is a preliminary analysis to map the potential presence of iron ore deposited around the flow of the Progo River, Yogyakarta by using a combination of hyperspectral and multispectral images of LANDSAT 8-Operational Land Imager (OLI) Image and Earth Observation 1 (EO-1) Hyperion Image. Hyperion images can provide information about specific types of iron minerals however, the mapping ability was limited by the small swath, while the combination band $4/2$ and $(4 + 6) / 5$ of the LANDSAT 8-OLI image provides information about the potential presence of iron ore in the form of an index. A multi-level mapping using hyperion was carried out to obtain iron mineral threshold values in the $4/2$ and $(4 + 6) / 5$ Band Ratios, used for mapping the potential of iron ore in the Progo River. Spectral Angle Mapper classification using iron ore spectral library was carried out on Hyperion image which found the potential concentration of iron minerals in the crater of Merapi. The classification polygon resulted from the SAM mapping is used to determine the threshold value for an index in the ratio $4/2$ and $(4 + 6) / 5$, to map the iron mineral content in the Progo River. The results of this study indicate the distribution of iron mineral content detected along the Progo River. However, the accuracy of the resulting method and also the application of the new hyperspectral sensors such as PRISMA still need to be studied in the future.

Keywords: Threshold, iron ore, spectral library, spectral angle mapper

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dibatasi oleh berbagai lempeng aktif. Hal tersebut menyebabkan Indonesia memiliki jalur pegunungan api aktif. Proses magmatik gunungapi menghasilkan berbagai macam material bumi, sehingga Indonesia memiliki sumber daya mineral yang sangat potensial. Seiring meningkatnya kebutuhan perindustrian, eksplorasi sumber daya mineral semakin banyak dilakukan, salah satu sumber daya mineral tersebut adalah bijih besi.

Bijih besi merupakan bahan tambang yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Bijih besi secara umum memiliki komposisi utama besi oksida berupa *Hematite* (Fe_2O_3), *Magnetite* (Fe_3O_4), *Goethite* ($\text{FeO}(\text{OH})$), siderite (Fe_3O_4) atau limonite ($\text{FeO}(\text{OH})_n(\text{H}_2\text{O})$), dengan *Goethite* dan *hematite* yang merupakan material paling umum (Ramanidou & Wells, 2012). Bijih besi juga mengandung unsur-unsur lain seperti Ni, Mg, Ca, Si, Cr, dan Zn dengan kadar rendah (Schwertmann & Cornell, 2008). Potensi bijih besi di wilayah Indonesia belum seluruhnya dikaji. Salah satunya adalah wilayah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, tepatnya di sepanjang aliran Sungai Progo. Sungai Progo merupakan sungai yang terkena dampak dari erupsi Gunung Merapi pada tahun 2010 sehingga memiliki endapan material vulkanik, salah satu di antaranya adalah bijih besi. Tujuan penelitian ini yaitu untuk membuktikan dan memetakan adanya potensi bijih besi khususnya di sekitar Sungai Progo dan sekitar wilayah endapan letusan Gunung Merapi pada umumnya.

Eksplorasi bijih besi umumnya dilakukan dengan metode geologi berupa survei terestris, namun survei terestris membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang relatif tinggi. Hal tersebut menyebabkan semakin dikembangkannya teknologi untuk memudahkan eksplorasi sumber daya mineral dan energi termasuk di antaranya adalah teknologi penginderaan jauh. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dalam eksplorasi sumber daya mineral memiliki beberapa kelebihan, yaitu lebih efisien secara waktu, biaya, dan tenaga, citra yang dihasilkan mampu meliputi wilayah yang luas berdasarkan resolusi spasial, membedakan objek dengan baik berdasarkan resolusi spektral, melakukan perekaman ulang di wilayah yang sama berdasarkan resolusi temporal, dan melakukan pencatatan respons spektral objek berdasarkan resolusi radiometrik. Respons spektral ini berasal dari pantulan cahaya yang diterima oleh sensor sebagai hasil interaksi elektromagnetik terhadap objek itu sendiri. Apabila gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan suatu objek di permukaan bumi maka akan menghasilkan nilai yang dikenal dengan spektral (Danoedoro, 2012). Nilai spektral untuk setiap objek memiliki kekhasan

tersendiri walaupun secara visual terlihat sama. Hal ini terjadi karena masing-masing objek memiliki karakteristik yang berbeda dengan objek yang lain, baik dari warna, keras atau tidaknya objek, maupun intensitas gelombang elektromagnetik pada saat mengenai objek tersebut (Kusumowidagdo et al., 2008).

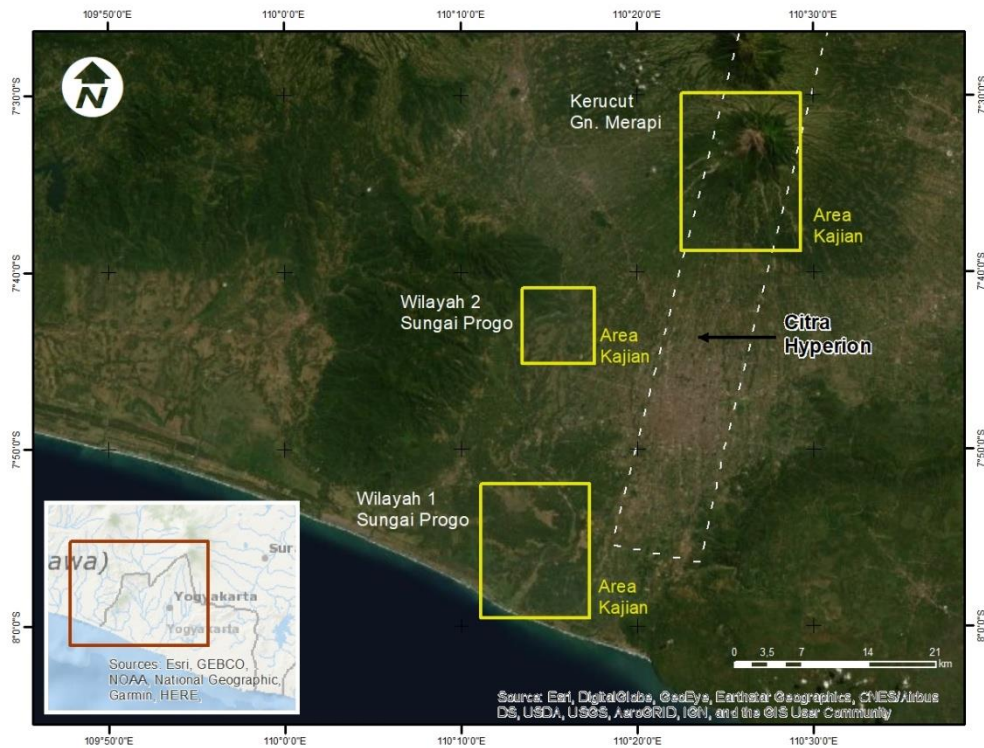
Teknologi dan metode penginderaan jauh telah digunakan untuk memetakan potensi oksida besi menggunakan citra *hyperspectral* dan multispektral. Pemetaan potensi oksida besi dilakukan menggunakan indeks saluran inframerah dekat dan tengah pada citra multispektral di citra ASTER (Rajendran et al., 2011; Soe et al., 2005), Landsat TM (Ciampalini et al., 2013), dan Landsat 8 OLI (Salem & El Gammal, 2015). Penggunaan indeks dengan saluran inframerah dekat dan tengah ini didasari dengan oleh serapan energi elektromagnetik yang tinggi pada saluran ini apabila terdapat indeks bijih besi (Bersi et al., 2016).

Citra *hyperspectral* mampu digunakan untuk pemetaan mineral dengan menggunakan informasi pola spektral yang detail dan menggunakan pustaka spektralnya (*spectral library*). Sebagai contoh Kamal and Arjasakusuma (2010) menggunakan *spectral library* lapangan untuk pemetaan penutup lahan dengan citra Hyperion. Meskipun begitu, citra satelit *hyperspectral* yang tersedia secara gratis hanya memiliki *swath* yang kecil sehingga integrasinya dengan data multispektral perlu dikaji.

Studi ini bertujuan untuk menggunakan citra hiperspektral EO1-Hyperion sebagai dasar untuk pemetaan potensi bijih besi menggunakan citra Landsat 8 OLI. Integrasi melalui pemetaan multi-tingkat akan dilakukan dengan menggunakan dasar pemetaan dari klasifikasi *Spectral Angle Mapper* menggunakan pustaka spektral mineral oksida besi untuk mengidentifikasi *threshold* pada indeks oksida besi di citra Landsat 8 OLI.

METODE

Area kajian pada penelitian ini meliputi kerucut Gunung Merapi dan dua wilayah sampel Sungai Progo (**Gambar 1**). Area kerucut Gunung Merapi dipilih sebagai sumber bijih besi yang mengalir menuju Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ada di sekitarnya. Salah satu DAS yang dialiri material vulkanik Gunung Merapi yaitu Sungai Progo, sungai ini memiliki panjang 140 km membentang dari utara (Kab. Temanggung dan Kab. Magelang) hingga bermuara ke Samudera Hindia. Dua wilayah sungai yang dipakai sebagai area kajian keberadaan bijih besi mempertimbangkan pertemuan DAS dengan sub-DAS yang menjadi jalur aliran material vulkanik Gunung Merapi. Material vulkanik dari sub-DAS akan terakumulasi di Sungai Progo membentuk endapan yang diduga memiliki kandungan bijih besi.



Gambar 1. Area kajian.

Landsat 8-OLI

Landsat 8 merupakan seri landsat generasi terbaru yang diluncurkan pada tanggal 11 Februari 2013 menggantikan Landsat 7. Landsat 8 memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 dimana kanal 1-9 berada pada OLI dan kanal 10 dan 11 pada TIRS. Data citra satelit Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30 m untuk kanal 1, 2, 3, 4, 5, 6,7, dan kanal 9 sedangkan kanal *panchromatic* memiliki resolusi spasial 15 m. Selain beresolusi spasial 30 m dan 15 m, pada kanal 10 dan 11 yang merupakan kanal TIR-1 dan TIR-2 memiliki resolusi spasial 100 m. Landsat 8 pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui karakteristik fisik wilayah kajian.

EO1-Hyperion

Citra satelit EO-1 Hyperion merupakan citra hiperspektral yang dilengkapi sensor pengindera dengan resolusi spasial 30 x 30 meter, resolusi spektral setiap 10 nm secara kontinu dengan jangkauan antara 0,4–2,5 μ m yang terdiri dari 220 band, resolusi radiometrik 12 bit (Griffin et al., 2005), dan resolusi temporal 200 hari (Beck, 2003). Adanya jumlah band yang banyak menyebabkan penggunaan informasi untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan secara digital menjadi lebih luas daripada penggunaan data multispektral seperti Landsat. Selain itu, data hiperspektral dapat memberikan tingkat akurasi dan tingkat kedetailan objek yang tinggi. Citra satelit EO-1 Hyperion memiliki beberapa saluran yang sudah tidak aktif

dan tidak bisa digunakan untuk merekam objek. Dari Citra satelit EO-1 Hyperion yang digunakan dalam merekam wilayah kajian, terdapat 198 band yang masih berfungsi dari total 242 band secara keseluruhan, artinya ada 44 band yang rusak atau sudah tidak berfungsi lagi pada Citra satelit EO-1 Hyperion.

Pemrosesan Citra

Tahap pra-processing citra penginderaan jauh dilakukan dengan koreksi radiometrik Citra Landsat 8-OLI pada perekaman 30 Agustus 2014 serta koreksi geometrik pada Citra EO1-Hyperion pada perekaman 30 Juli 2014 yang diunduh melalui laman Ilmu Pengetahuan dan Observasi Sumber Daya Bumi di bawah koordinasi United States Geological Survey (USGS). Koreksi radiometrik citra digunakan untuk memperbaiki kualitas visual citra sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral (Danoedoro, 2012). Koreksi radiometrik pada Citra Landsat 8 dilakukan secara otomatis menggunakan metode FLAASH melalui perangkat lunak pengolah citra, sedangkan citra EO1-Hyperion menggunakan level L1-T yang telah terkoreksi radiometrik.

Koreksi geometrik pada citra EO1-Hyperion dilakukan untuk mengurangi distorsi posisi pada citra sehingga posisi absolut citra lebih akurat. Metode koreksi geometrik ini menggunakan metode registrasi GCP *image-to-image* dengan menampilkan dua citra yakni EO1-Hyperion versi L1 (sebagai dasar citra yang memiliki geometri lebih baik) dan EO-Hyperion versi 1R (sebagai citra yang akan dikoreksi). Terdapat 10 GCP (*Ground Control*

Point) yang disebarakan secara merata di citra. Nilai RMS error dari tahap koreksi geometrik yang diperoleh adalah 0,57.

Pengolahan Citra Penginderaan Jauh

Pengolahan citra dimulai dengan tahap *masking* awan dan vegetasi pada kedua citra. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan objek yang diperlukan dalam kajian dengan objek yang tidak diperlukan. Citra Landsat-8 menunjukkan beberapa tutupan awan di wilayah kerucut Gunung Merapi, oleh sebab itu diperlukan *masking* awan. *Masking* awan sangat penting karena tutupan awan dapat mempengaruhi klasifikasi mineral di mana awan akan teridentifikasi sebagai objek di permukaan bumi.

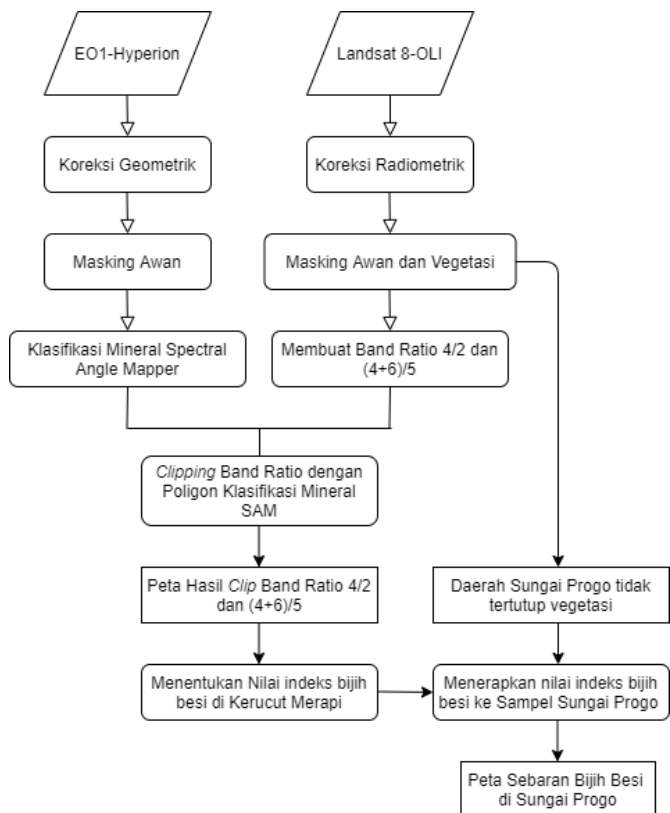
Masking vegetasi pada area kerucut Gunung Merapi dan Sungai Progo juga diperlukan agar identifikasi kandungan oksida besi pada permukaan bumi dapat terlihat lebih jelas. Hal tersebut dikarenakan eksplorasi mineral bijih besi menggunakan penginderaan jauh hanya bisa dilakukan pada wilayah lahan terbuka yang tidak tertutupi oleh tutupan lahan. Pendeteksian mineral besi dengan Landsat 8-OLI menggunakan *Band Ratio* untuk mendeteksi kelompok mineral dengan pita serapan yang kuat pada panjang gelombang yang sama. Kelompok mineral pertama yaitu *Hematite* dan *Goethite* yang memiliki serapan di band 2 dan 5 dan memiliki pantulan di band 4 dan 6. Oleh sebab itu terdapat dua *Band Ratio* yang dipakai untuk mendeteksi area mineral bijih besi yaitu $4/2$ dan $(4+6)/5$. *Band Ratio* $4/2$ berguna untuk mendeteksi penyerapan transfer muatan oksida besi di wilayah spektral biru (band 2), sedangkan *Band Ratio* $(4+6)/5$ berguna untuk mendeteksi penyerapan medan kristal oksida besi di band 5 (Ducart, Silva, Toledo, & Assis, 2016).

Klasifikasi citra menggunakan *Supervised* algoritma *Spectral Angle Mapper* (SAM) digunakan untuk menentukan kesamaan spektral antara dua spektrum dengan menghitung sudut antara kedua spektrum (Aziizah et al., 2017). Algoritma tersebut menyebabkan sudut spektral antara objek satu dengan objek lainnya yang sejenis berhimpitan sehingga analisis objek menjadi lebih akurat. *Spectral Angle Mapper* memungkinkan klasifikasi mineral dari data *spectral library*. *Spectral library* merupakan kumpulan informasi pantulan spektral dari berbagai material yang telah diteliti di laboratorium dimana digunakan untuk mengidentifikasi dan memetakan mineral, vegetasi, serta objek buatan manusia. Oleh sebab itu, pada penelitian ini *spectral library* berguna dalam pemilihan jenis mineral bijih besi yang akan dideteksi. Dalam penelitian ini mineral yang akan dipetakan yaitu *Hematite*, *Magnetite*, dan *Goethite* sebagai kombinasi penyusun mineral bijih besi. Pustaka spektral atau *spectral library* telah banyak

digunakan untuk pemetaan, contohnya ada studi pemetaan penutup lahan dengan menggunakan input spektral pengukuran spectrometer lapangan sebagai input data (Dudley et al., 2015; Kamal & Arjasakusuma, 2010).

Tahap selanjutnya yaitu melakukan *clipping* hasil klasifikasi mineral bijih besi dengan *Band Ratio* $4/2$ dan $(4+6)/5$ dari Landsat 8 yang sudah bebas awan dan vegetasi menggunakan *software* ArcGIS 10.5. Hasil klasifikasi mineral bijih besi dikonversi menjadi *shapefile* (.shp) agar bisa dilakukan *clip* dengan data raster berupa dua *Band Ratio* Landsat 8. Histogram hasil *clip* digunakan sebagai dasar pembuatan nilai indeks bijih besi area kerucut Gunung Merapi. Penentuan nilai indeks bijih besi di area kerucut Merapi menggunakan *threshold* nilai Quantile 1 (Q1) sampai Quantile (Q3), nilai indeks yang berada pada rentang Q1 sampai Q3 maka diidentifikasi sebagai bijih besi/oksida besi.

Tahap terakhir yaitu melakukan korelasi nilai indeks bijih besi di area kerucut Merapi yang telah didapatkan ke sampel wilayah satu dan wilayah dua Sungai Progo. Hal ini dilakukan sebagai bentuk pengaplikasian nilai indeks kandungan bijih besi yang telah terdeteksi citra pada kerucut Merapi terhadap nilai indeks lahan terbuka pada area Sungai Progo. Nilai indeks di Sungai Progo yang termasuk ke dalam nilai indeks bijih besi area kerucut Merapi akan diidentifikasi sebagai bijih besi. Langkah pemrosesan pada studi ini tersedia pada diagram alir pada **Gambar 2**.

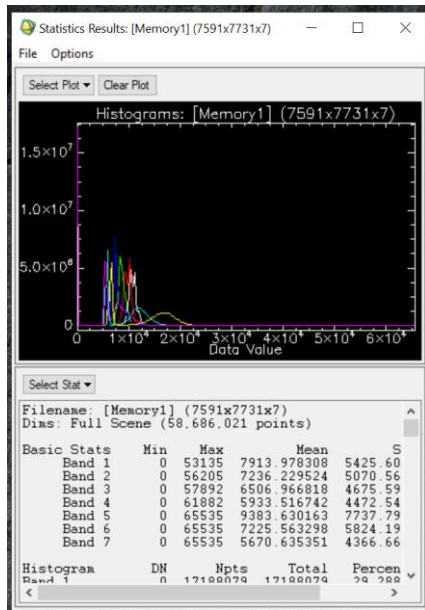


Gambar 2. Diagram alir penelitian.

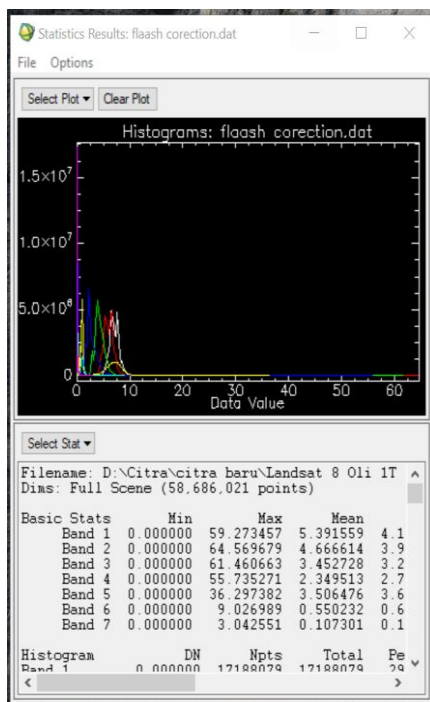
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pra-pemrosesan citra

Koreksi radiometrik citra yang dilakukan pada Citra Landsat 8-OLI digunakan untuk memperbaiki adanya penambahan nilai piksel objek akibat gangguan atmosfer yang terjadi pada saat perekaman permukaan bumi. Koreksi radiometrik dapat dilakukan secara otomatis menggunakan metode FLAASH dan ada yang dilakukan dengan mengubah format citra secara bertahap menggunakan formula tertentu.



(a)



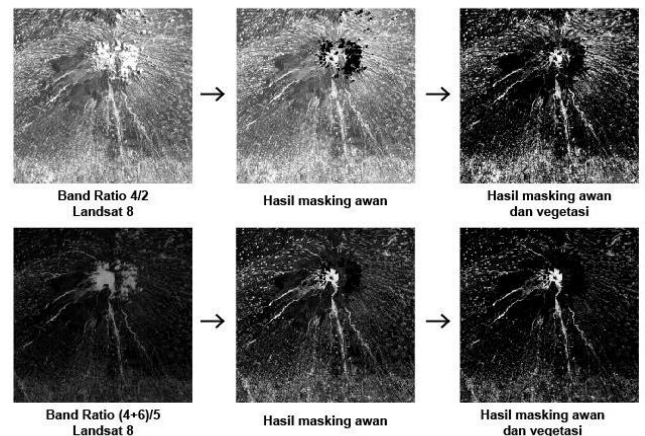
(b)

Gambar 3. (a) Histogram sebelum dikoreksi, dan (b) Histogram setelah dikoreksi.

Berdasarkan **Gambar 3** sebagai hasil koreksi radiometrik menggunakan FLAASH, histogram yang ditampilkan mengalami perubahan nilai minimum pantulan tiap band di mana ketika sebelum dilakukan koreksi, kurva belum menunjukkan nilai nol. Setelah dilakukan koreksi, terjadi pergeseran histogram ke kiri mendekati nilai nol, artinya penyimpangan nilai *Digital Number* (piksel) telah diperbaiki melalui koreksi FLAASH. Koreksi FLAASH merupakan salah satu metode koreksi radiometrik.

Masking Awan dan Vegetasi pada Citra

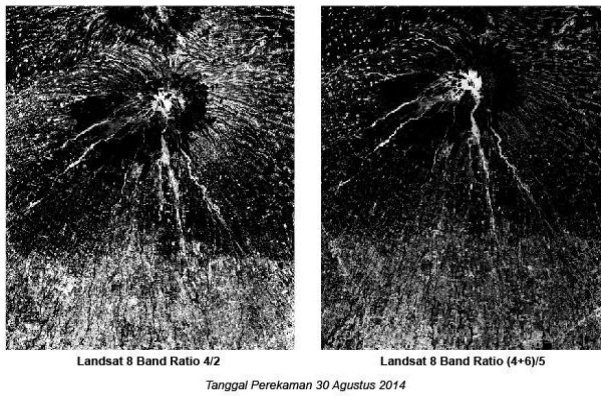
Masking awan dilakukan untuk menghapus objek awan yang menutupi permukaan bumi. Hal tersebut menyebabkan citra kehilangan objek awan ditandai dengan area awan terisi oleh piksel hitam yang bernilai nol (0). *Masking* vegetasi dilakukan untuk menghilangkan objek vegetasi karena tidak diperlukan dalam analisis pemetaan bijih besi. Proses *masking* ini menyebabkan adanya lubang piksel hitam (bernilai 0) pada citra hasil *masking* vegetasi. Hasil *masking* awan dan vegetasi ditampilkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Hasil masking awan dan vegetasi.

Penggunaan *Band Ratio* pada Citra Landsat 8-OLI

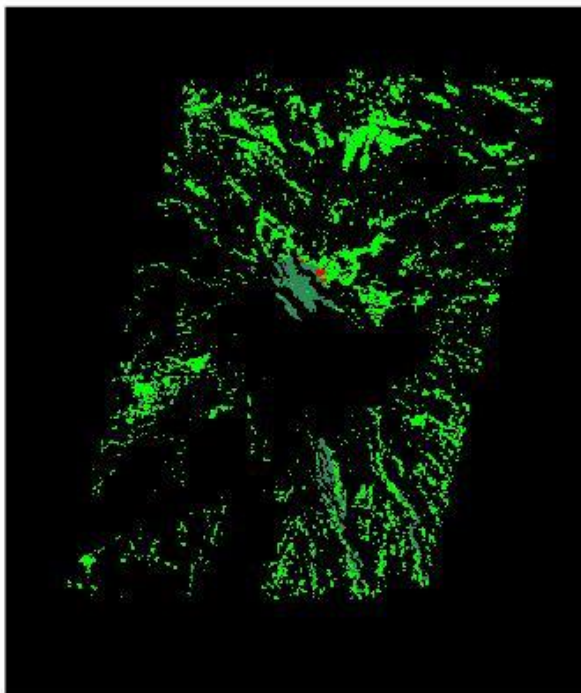
Band Ratio merupakan perbandingan antara band satu dengan band lainnya. *Band Ratio* digunakan untuk mengetahui kemampuan band pada Citra Landsat 8-OLI dalam menghasilkan kenampakan fisik permukaan bumi, terutama dalam menonjolkan objek tertentu, salah satunya adalah oksida besi. *Band Ratio* yang digunakan untuk mengetahui keberadaan oksida besi yaitu *Band Ratio* 4/2 dan *Band Ratio* (4+6)/5 (**Gambar 5**).



Gambar 5. Dua citra hasil *Band Ratio* Citra Landsat 8.

Citra Landsat 8 yang diberi *Band Ratio* 4/2 menunjukkan hasil dari pembagian antara pantulan band 4 dengan penyerapan yang terjadi pada band 2 sehingga memberikan kenampakan yang menonjol pada band 4 dimana kandungan besi dapat terdeteksi. Menurut Ducart et al. (2016) *Band Ratio* 4/2 memiliki kemampuan untuk mendeteksi bijih besi bahkan dalam konsentrasi rendah, sedangkan *Band Ratio* (4+6)/5 menonjolkan kandungan besi bermutu tinggi pada citra yang ditampilkan.

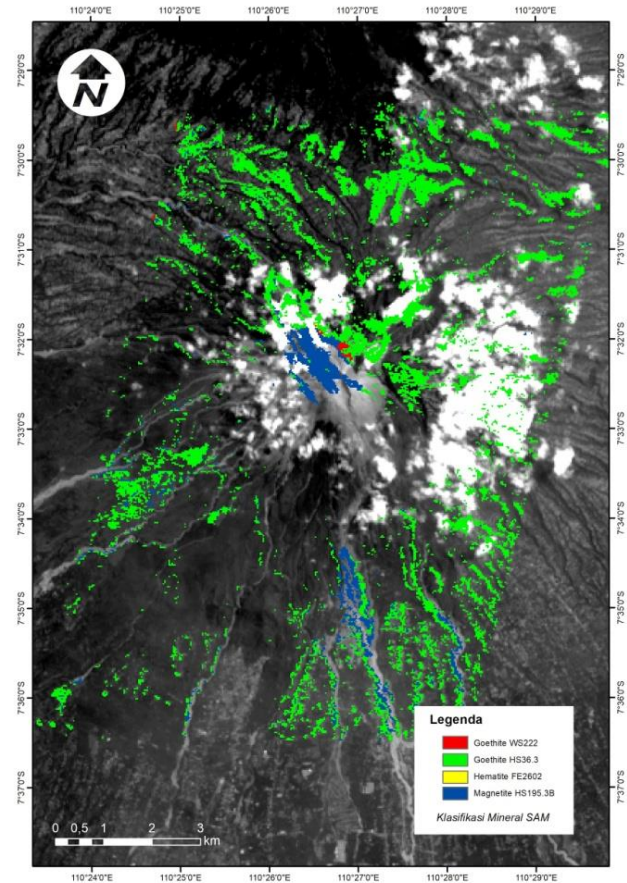
Klasifikasi *Spectral Angle Mapper*



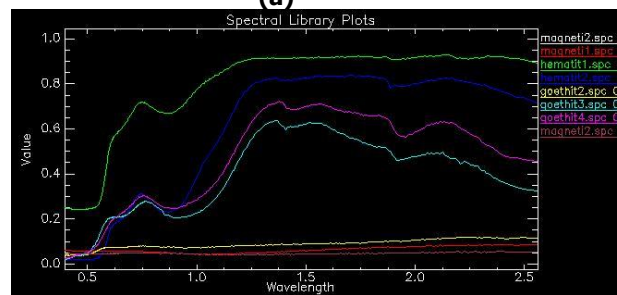
Gambar 6. Poligon hasil klasifikasi mineral berdasarkan *spectral angle mapper* citra hyperion.

Algoritma *Spectral Angle Mapper* (SAM) dilakukan pada Citra EO1-Hyperion untuk mengklasifikasikan objek citra berdasarkan sudut spektrum yang dihasilkan (**Gambar 6**). Pada SAM ini, persebaran berbagai jenis mineral besi didasarkan terhadap sudut pantulan spektral objek. Semakin kecil sudut nya maka semakin detail

kemiripan objek dengan mineral yang dipetakan, memperbesar sudut dari *Spectral Angle Mapper* dapat membantu mengetahui persebaran jenis suatu mineral secara spesifik **Gambar 7a**. Hal tersebut dikarenakan memperbesar sudut *Spectral Angle Mapper* akan membuat banyak objek di permukaan bumi memiliki rentang klasifikasi mendekati objek.



(a)



(b)

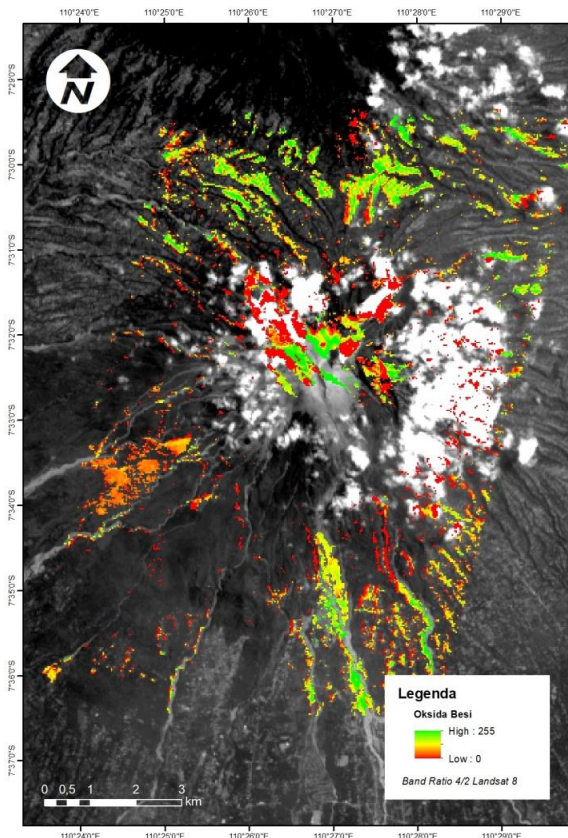
Gambar 7. (a) Hasil klasifikasi mineral berdasarkan *spectral angle mapper* pada citra EO1-hyperion. (b) Plot *Spectral Library* mineral.

Penentuan nilai *threshold* mineral bijih besi

Pemotongan (*Clipping*) citra dilakukan pada Citra Landsat 8 dengan *Band Ratio* 4/2 dan *Band Ratio* (4+6)/5. Masing-masing *Band Ratio* di-clip dengan poligon hasil klasifikasi mineral dari citra Hyperion. Proses pemotongan dilakukan untuk memisahkan bijih besi yang sudah teridentifikasi di

Band Ratio 4/2 (**Gambar 8**) dan *Band Ratio* (4+6)/5 Landsat 8 (**Gambar 9**). Pemotongan hasil klasifikasi mineral yang dipotong dengan Landsat 8 memberikan informasi mengenai tingkat kandungan besi di kerucut Gunung Merapi. Hasil *clipping* citra tersebut kemudian digunakan untuk menampilkan histogram dalam menentukan nilai indeks sebagai *mapping threshold* untuk menganalisis potensi kandungan mineral bijih besi di Sungai Progo.

Penentuan nilai indeks pada poligon mineral besi dilakukan dengan menghitung rentang nilai kuartil atas (Q1) dan kuartil bawah (Q3) pada kedua *Band Ratio* hasil tampilan Citra Landsat dan batas poligon mineral. Hasil perhitungan Q1 dan Q3 pada *Band Ratio* 1 memberikan rentang nilai pantulan antara 64 sampai 192. Hal itu dapat diartikan bahwa lokasi kandungan oksida besi pada *Band Ratio* 1 terletak pada rentang nilai tersebut. Sementara itu, citra pada *Band Ratio* 2 memberikan rentang nilai pantulan antara 26 sampai 128. Hasil penentuan indeks yang dilakukan pada kerucut Merapi tersebut kemudian diaplikasikan pada wilayah kajian Sungai Progo untuk menemukan korelasi kandungan mineral besi antara keduanya.

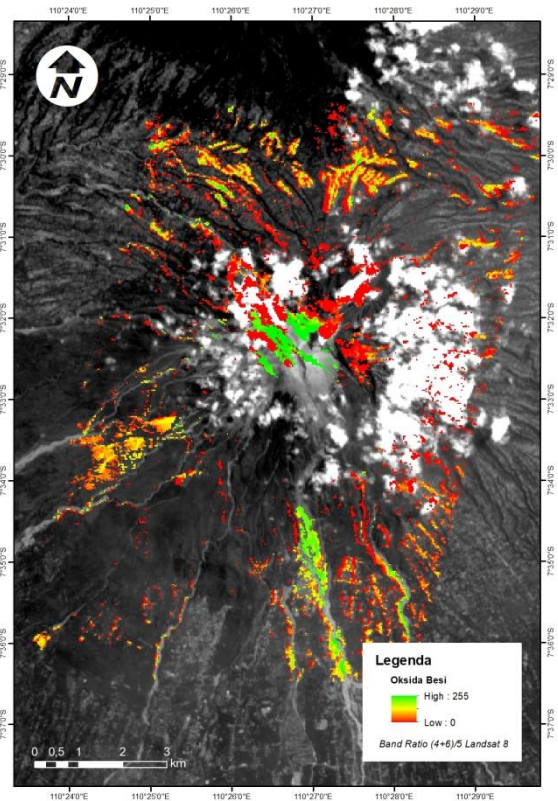


Gambar 8. Hasil Clipping Klasifikasi Mineral Bijih Besi dengan *Band Ratio* 4/2 Landsat 8.

Hasil Pengolahan Citra

Citra Landsat 8-OLI dapat memberikan informasi mengenai distribusi kandungan oksida besi di kerucut merapi. Penggunaan *Band Ratio* 1 dan *Band Ratio* 2 memberikan hasil yang berbeda,

karena fungsi kedua *Band Ratio* berbeda pula. Citra Landsat 8 hanya dapat memberikan informasi fisik permukaan bumi secara umum, dimana melalui gambar tersebut dapat terlihat bahwa Citra Landsat hanya dapat mengidentifikasi kandungan mineral besi dan membedakannya berdasarkan tingkat pantulan. Oleh sebab itu, untuk mengetahui jenis mineral besi yang terdapat di suatu wilayah perlu digunakan Citra Hyperion. Klasifikasi mineral pada Citra Hyperion dilakukan sesuai dengan data *spectral library*. Klasifikasi tersebut menyebabkan informasi pada citra menjadi lebih spesifik, seperti terlihat pada **Gambar 7b**.

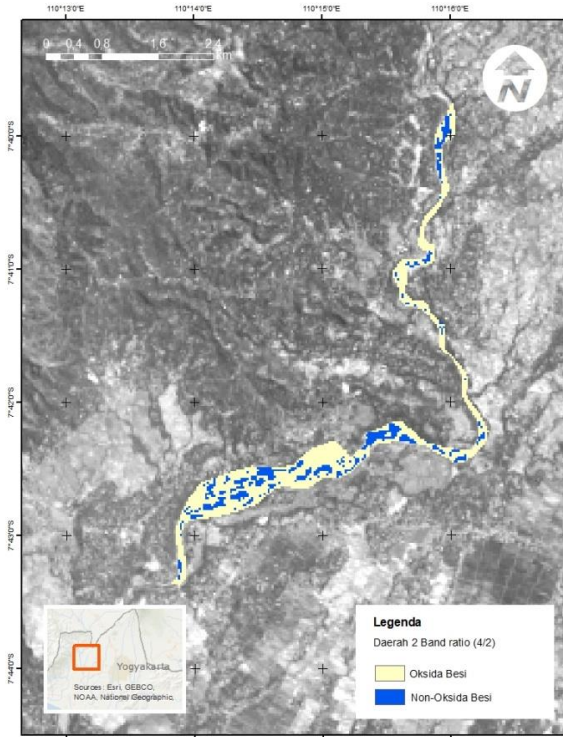


Gambar 9. Hasil Clipping Klasifikasi Mineral Bijih Besi dengan *Band Ratio* (4+6)/5 Landsat 8.

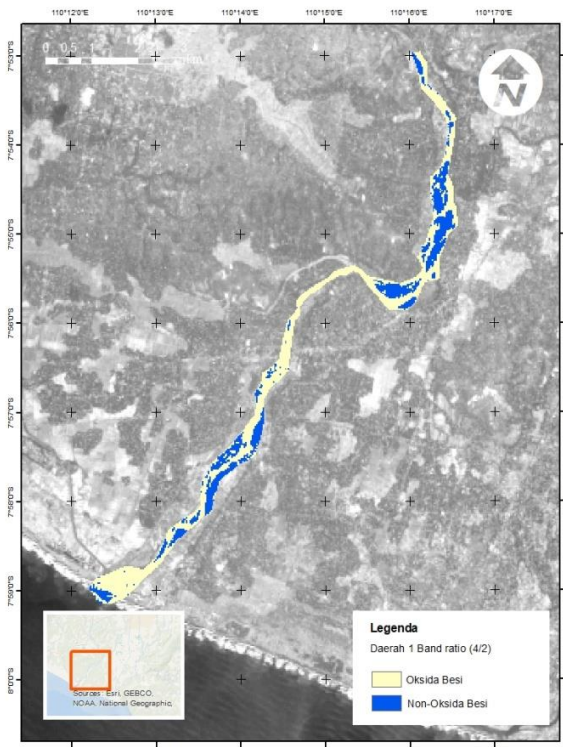
Berdasarkan kenampakan Citra Landsat 8-OLI, kerucut merapi memiliki banyak kandungan oksida besi yang potensial. Jenis mineral yang terkandung di dalamnya, yaitu *Goethite*, *Magnetite*, dan *Hematite*. Mineral *Goethite* paling banyak ditemukan pada kerucut merapi, tepatnya di sekitar lereng merapi. Mineral *Magnetite* paling banyak ditemukan di kawah merapi dan di lereng merapi. Sementara itu, mineral *Hematite* merupakan mineral yang paling sulit ditemukan karena hanya teridentifikasi pada beberapa piksel saja, salah satunya di dekat kawah merapi.

Keberadaan kandungan oksida besi yang melimpah pada gunungapi mengindikasikan bahwa area sungai juga memiliki kandungan oksida besi yang melimpah. Hal tersebut dikarenakan erupsi gunungapi mengeluarkan berbagai macam material

vulkanik yang kemudian dibawa oleh aliran sungai dan terendapkan di sekitarnya.

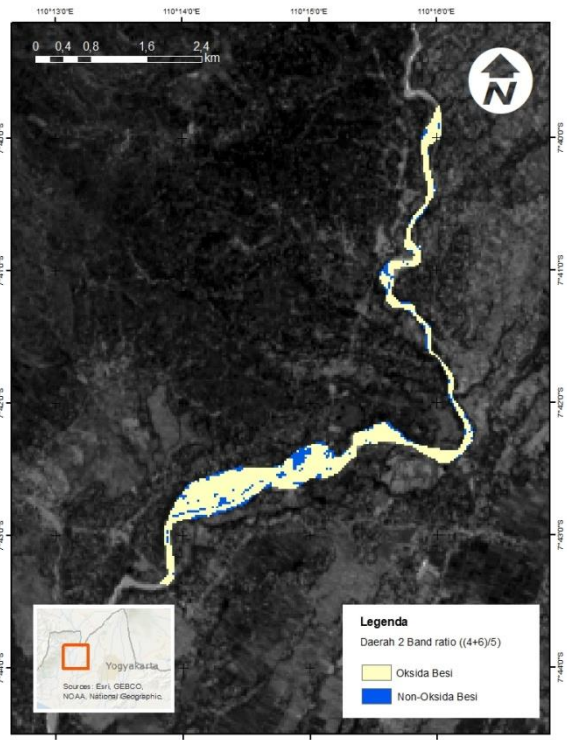


(a)



(b)

Gambar 10. (a) Hasil pemetaan oksida besi pada wilayah 2 Sungai Progo menggunakan *Band Ratio* 4/2 Landsat 8 (b) Hasil pemetaan kandungan oksida besi pada area kajian wilayah 1 Sungai Progo menggunakan *Band Ratio* 4/2 Landsat 8.



(a)



(b)

Gambar 11. (a) Hasil pemetaan oksida besi pada wilayah 2 Sungai Progo menggunakan *Band Ratio* (4+6)/5 Landsat 8. (b) Hasil pemetaan oksida besi pada area kajian Wilayah 1 Sungai Progo menggunakan *Band Ratio* (4+6)/5 Landsat 8.

Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa *Band Ratio* 1 (4/2) dan *Band Ratio* 2 ((4+6)/5) menghasilkan sebaran oksida besi yang

sedikit berbeda. *Band Ratio 2* lebih banyak mengidentifikasi gosong sungai sebagai objek yang mengandung oksida besi dan beberapa aliran air sebagai non-oksida besi, sedangkan *Band Ratio 1* mendeteksi beberapa bagian di gosong sungai sebagai non-oksida besi dan aliran sungai sebagai oksida besi. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Band Ratio 2* memberikan hasil yang lebih sesuai untuk mendeteksi mineral besi dibandingkan *Band Ratio 1*, namun keduanya memiliki kesalahan yaitu dalam mendeteksi badan air sebagai oksida besi. Kesalahan ini berkaitan dengan sensitivitas *spectral* yang rendah akibat wilayah kajian yang terlalu kecil.

Metode ini belum sesuai untuk wilayah kajian Sungai Progo yang merupakan sistem yang dinamis dibandingkan penelitian mengenai pemetaan oksida besi menggunakan metode serupa di wilayah Serra Norte di Carajás, Brazil yang merupakan wilayah pegunungan yang luas (Ducart et al., 2016). Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian lebih lanjut dan validasi lapangan karena hasil yang dihasilkan masih berupa peta tentatif.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan pendekatan metode pemetaan potensi bijih besi dengan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan kombinasi Citra Landsat 8/OLI dan Citra EO-1/Hyperion sebagai alternatif dalam eksplorasi sumber daya mineral di permukaan bumi. Metode *Band Ratio 4/2* dan $(4+6)/5$ yang diterapkan pada Landsat-8/OLI memberikan informasi mengenai kandungan bijih besi secara umum. Sementara itu, penggunaan Citra EO1-Hyperion dapat memberikan informasi mengenai jenis mineral besi secara spesifik melalui klasifikasi terbimbing (*supervised Spectral Angle Mapper* (SAM)). Berdasarkan hasil SAM, kerucut merapi memiliki potensi mineral yang tinggi dimana terdapat kandungan mineral besi seperti *Goethite*, *Hematite*, dan *Magnetite* dalam komposisi yang berbeda-beda walaupun sebagian besar didominasi oleh mineral *Magnetite*.

Pada penelitian ini, hasil klasifikasi mineral besi pada kerucut merapi digunakan sebagai pedoman dalam menentukan korelasi adanya potensi mineral besi di area sungai, yaitu Sungai Progo. Berdasarkan hasil pengolahan citra penginderaan jauh, Sungai Progo bagian tengah (wilayah 2) dan Sungai Progo bagian hilir (wilayah 1) memiliki potensi bijih besi baik di endapan sekitar teras sungai, gosong sungai, maupun endapan di bawah aliran sungai. Namun hal ini perlu dilakukan validasi menggunakan data lapangan mengingat banyaknya tubuh air yang ikut terdeteksi memiliki kandungan bijih besi yang tinggi.

Potensi pemetaan menggunakan data *hyperspectral* juga akan semakin meningkat dengan tersedianya data PRISMA *hyperspectral* (<http://prisma.asi.it/missionselect/>), sehingga ke

depan metode ini juga akan dapat diterapkan pada data tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada penyedia data citra Hyperion dan Landsat yang kami unduh dari website Earth Explorer, beserta reviewer yang telah memberikan masukan yang membangun dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziizah, N. N., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2017). Penerapan algoritma *Spectral Angle Mapper* (sam) untuk klasifikasi lamun menggunakan citra satelit Worldview-2. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 13(2).
- Beck, R. (2003). EO-1 User Guide-Version 2.3. *Satellite Systems Branch, USGS Earth Resources Observation Systems Data Center (EDC)*.
- Bersi, M., Saibi, H., & Chabou, M. C. (2016). Aerogravity and remote sensing observations of an iron deposit in Gara Djebilet, southwestern Algeria. *Journal of African Earth Sciences*, 116, 134-150.
- Ciampalini, A., Garfagnoli, F., Antonielli, B., Moretti, S., & Righini, G. (2013). Remote sensing techniques using Landsat ETM+ applied to the detection of iron ore deposits in Western Africa. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(11), 4529-4546.
- Danoedoro, P. (2012). Pengantar penginderaan jauh digital. *Yogyakarta: Andi*.
- Ducart, D. F., Silva, A. M., Toledo, C. L. B., & Assis, L. M. d. (2016). Mapping iron oxides with Landsat-8/OLI and EO-1/Hyperion imagery from the Serra Norte iron deposits in the Carajás Mineral Province, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 46(3), 331-349.
- Dudley, K. L., Dennison, P. E., Roth, K. L., Roberts, D. A., & Coates, A. R. (2015). A multi-temporal spectral library approach for mapping vegetation species across spatial and temporal phenological gradients. *Remote Sensing of Environment*, 167, 121-134.
- Griffin, M. K., Hsu, S. M., Burke, H.-h. K., Orloff, S. M., & Upham, C. A. (2005). *Examples of EO-1 Hyperion data analysis*. Retrieved from
- Kamal, M., & Arjasakusuma, S. (2010). Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Menggunakan Spektrometer Lapangan Sebagai Masukan Endmember pada Data Hiperspektral Resolusi Sedang. *GEOMATIKA*, 16(2).
- Kusumowidagdo, M., Sanjoto, B., Banowati, E., Setyowati, L., & Semedi, B. (2008). Penginderaan jauh dan interpretasi citra: buku pengantar penginderaan jauh (bagi kalangan pendidik, praktisi, dan ilmuwan berbagai bidang). In: Jakarta: LAPAN.
- Rajendran, S., Thirunavukkarasu, A., Balamurugan, G., & Shankar, K. (2011). Discrimination of iron ore deposits of granulite terrain of Southern Peninsular India using ASTER data. *Journal of Asian Earth Sciences*, 41(1), 99-106.
- Ramanaidou, E. R., & Wells, M. A. (2012). *Hyperspectral imaging of iron ores*. Paper presented at the

- Proceedings of the 10th International Congress for Applied Mineralogy (ICAM).
- Salem, S., & El Gammal, E. (2015). Iron ore prospection East Aswan, Egypt, using remote sensing techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(2), 195-206.
- Schwertmann, U., & Cornell, R. M. (2008). *Iron oxides in the laboratory: preparation and characterization*: John Wiley & Sons.
- Soe, M., Kyaw, T. A., & Takashima, I. (2005). Application of remote sensing techniques on iron oxide detection from ASTER and Landsat images of Tanintharyi coastal area, Myanmar.