

Studi Awal Prospek Bahan Tambang Berdasarkan Sebaran Alterasi Hidrotermal Menggunakan Komposit dan *Density Slicing* Citra Landsat 8 di Kabupaten Ulubongka, Sulawesi Tengah

(Preliminary Study of Mining Material Prospects Based on Hydrothermal Alteration Distribution Using Composite and Density Slicing of Landsat 8 Image in Ulubongka Regency, Central Sulawesi)

I Gede Boy Darmawan^{1*}, M. Farhan Yassar², Annisa Yulia Elvarani³, Berlian Anisya Vira⁴, Ledia Damayanti⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

^{1,2}Tim Riset Unila Geoscience, Teknik Geofisika Universitas Lampung

* Korespondensi E-mail: igedeboy@staff.unila.ac.id

Abstrak

Sulitnya akses ke lapangan di Sulawesi Tengah menyebabkan proses identifikasi prospek mineral tambang membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar. Oleh karena itu, pendekatan penginderaan jauh dapat dilakukan sebagai studi awal untuk mengetahui sebaran alterasi hidrotermal penciri kehadiran mineral tambang. Penelitian ini memanfaatkan citra Landsat 8 untuk mendapatkan sebaran mineral alterasi khususnya kelompok mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*), mineral lempung dan karbonat serta mineral *Ferromagnesian*. Metode yang digunakan adalah komposit (RGB) 4/2,6/7,5 dan 4/2,6/7,10 untuk mendeteksi sebaran mineral alterasi. Sedangkan metode *Density Slicing* menggunakan citra rasio 4/2, 5/6 dan 6/7 untuk mendeteksi mineral *Ferrugination*, *Ferromagnesian*, lempung dan karbonat. Hasil analisis menunjukkan sebaran mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*) mendominasi area di batuan aluvium dan ofiolit. Sebaran alterasi ini diinterpretasikan sebagai prospek studi lanjut keberadaan mineral tambang seperti nikel dan besi. Sedangkan mineral ferromagnesian, lempung dan karbonat mendominasi di batuan konglomerat dan batugamping.

Kata kunci: Alterasi hidrotermal, bahan tambang, landsat

Abstract

Difficult access to the field in Central Sulawesi causes the process of identifying prospects for mining minerals requires a relatively large time and cost. Therefore, the remote sensing approach can be carried out as a preliminary study to determine the distribution of hydrothermal alterations that characterize the presence of mine minerals. This study utilizes Landsat 8 imagery to obtain the distribution of alteration minerals, especially the group of ferrous mineral oxide and hydroxide minerals, clay and carbonate minerals and Ferromagnesian minerals. The method used is composite (RGB) 4/2, 6/7, 5 and 4/2, 6/7, 10 to detect the distribution of alteration minerals. Whereas the Density Slicing method uses 4/2, 5/6 and 6/7 ratio images to detect Ferrugination, Ferromagnesian, clay and carbonate minerals. The results of the analysis showed the distribution of iron oxide and hydroxide minerals (Ferrugination) dominated the area in alluvium and ophiolite rocks. This alteration distribution is interpreted as a prospect of further studies of the presence of mining minerals such as nickel and iron. Whereas ferromagnesian minerals, clays and carbonates dominate in conglomerate and limestone rocks.

Keywords: Hydrothermal alteration, mining material, landsat

1. Pendahuluan

Sulawesi terletak di kepulauan Indonesia utara yang dikaitkan dengan kompleks interaksi lempeng Asia Tenggara, Pasifik, dan India-Australia. Banyaknya kejadian beberapa porfiri berharga dan logam dasar dan mineralisasi epitermal di Sulawesi dikaitkan dengan pengaturan tektonik ini. Tepi timur Lempeng Asia Tenggara terlibat dalam setidaknya tiga peristiwa subduksi besar, yang telah berkontribusi pada evolusi Sulawesi. Peristiwa Cretaceous Awal

yang paling awal (110 Ma) diwakili oleh kompleks ruang bawah tanah yang dipelihara di Sulawesi selatan dan tengah (Kavalieris et al., 1992). Gunungapi basaltik dan andesitik Formasi Tinombo di Sulawesi Tengah dan tanggul basaltik terkait dengan setidaknya tiga peristiwa subduksi besar. Peristiwa subduksi ketiga selama Miosen Bawah (16-24 Ma) menghasilkan intrusi magmatik *calc-alkaline* dan mineralisasi

porfiri dan mineralisasi terkait di Sulawesi Utara (Wajidi dkk., 2012).

Menurut (Maskuri, 2010) endapan-endapan suatu mineral dipengaruhi oleh beberapa karakteristik yang dikenali melalui mineral-mineral alterasi yang terekam melalui batuan. Perubahan komposisi mineral terjadi pada zona alterasi. Setiap perubahan tersebut umumnya dipengaruhi oleh proses kimia dan magmatisme. Pada zona alterasi inilah terdapat potensi pembentukan mineral (Zuhannisa, 2019).

Alterasi batuan merupakan proses penambahan atau pertukaran unsur dari suatu mineral menjadi mineral yang baru dan akan menyebabkan perubahan terhadap massa, volume, serta konsentrasinya unsur yang dipengaruhi oleh kondisi, komposisi dan konsentrasi kimiawi dari komponen fluida (Dewi, 2018; Putra dkk., 2017; Verdiansyah, 2016). Karakteristik alterasi berkaitan dengan proses pembentukan mineralisasi (Corbett and Leach, 1998). Salah satu parameter yang dapat dijadikan acuan mengenai ada atau tidaknya proses alterasi hidrotermal yaitu dengan adanya urat yang mengandung mineral logam (Salamah, 2014). Kadar logam tersebut berasal dari endapan-endapan suatu mineral yang dipengaruhi oleh beberapa karakteristik yang dikenali melalui mineral-mineral alterasi yang terekam melalui batuan (Maskuri, 2010).

Reaksi yang kompleks pada saat proses alterasi berlangsung menghasilkan suatu produk yang merupakan kumpulan yang memiliki mutualisme dan terjadi di suatu tempat. Penentuan kedalaman, ganesa serta temperatur pembentukan suatu tipe endapan mineral dapat dilakukan dengan mengacu atau memanfaatkan mineral *assemblage* sebagai petunjuk. Proses alterasi dapat berupa penggantian, pengisian atau pengendapan serta pelarutan pada batuan (Utami dkk., 2015). Penggantian pada proses alterasi merupakan interaksi pada batuan reservoir dengan fluida (Utami, 2011).

Penelitian mineral alterasi telah menjadi bagian penting dalam kegiatan eksplorasi. Melalui studi mengenai alterasi, diperoleh pola-pola mineralisasi yang terjadi pada suatu daerah dengan mempelajari pola-pola ubahannya., selain itu dengan mempelajari pola ubahan yang dihasilkan kita juga dapat mengetahui jenis mineralisasi yang terjadi, temperatur dan kedalaman tempat mineralisasi terbentuk, serta dapat diketahui juga mengenai lingkungan geologi dari mineralisasinya (Corbett and Leach, 1998; Lawless et al, 1997).

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam studi mengenai alterasi hidrotermal pada suatu wilayah yaitu dengan menggunakan

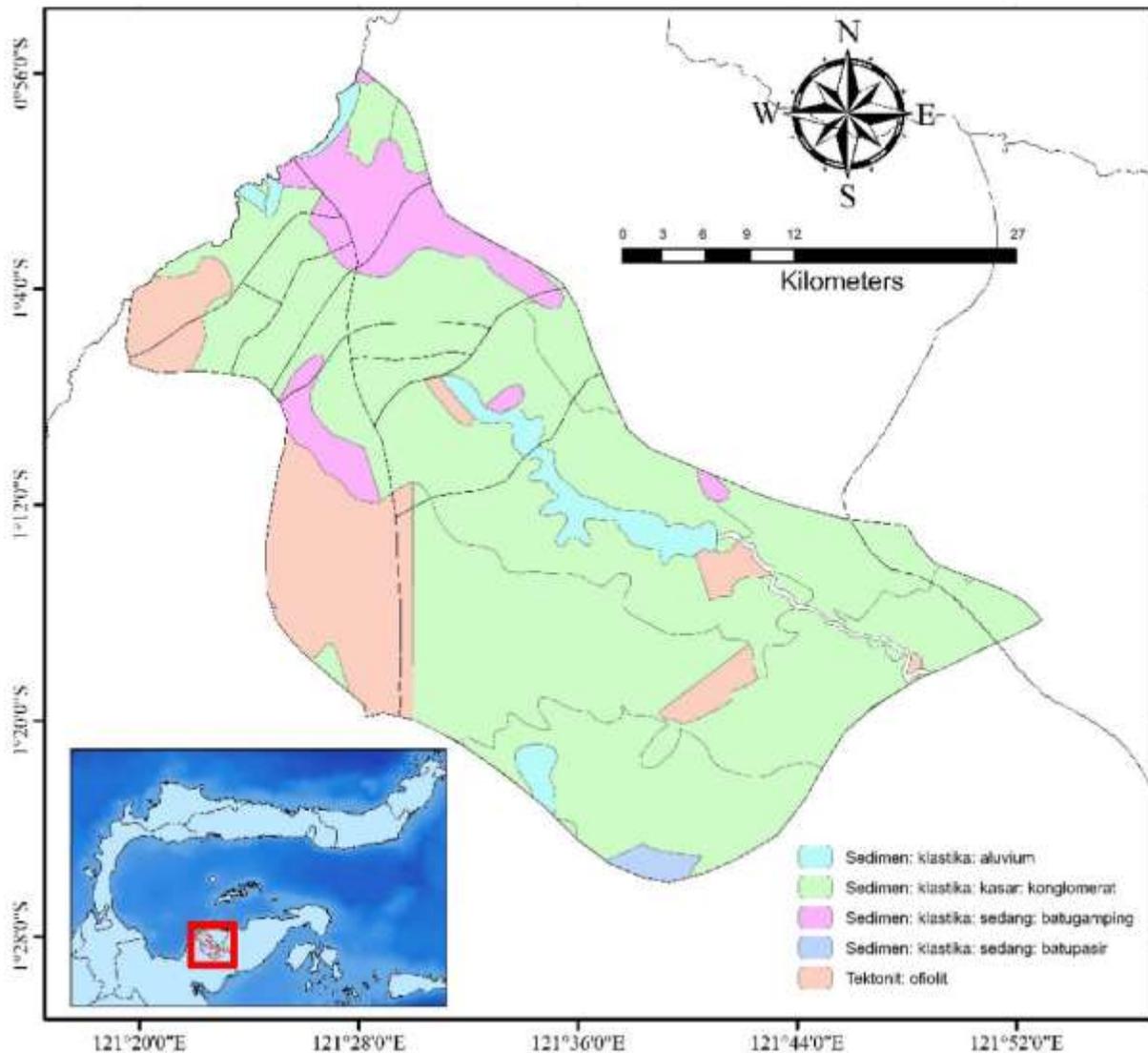
penginderaan jauh, salah satunya adalah Landsat 8 dengan sensor *Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS)*. Citra ini mempunyai sebelas band/saluran yang memiliki resolusi spasial antara 15 meter sampai dengan 100 meter. Dalam proses penggunaannya, data yang didapatkan dari citra Landsat memerlukan koreksi atmosfer yang bertujuan untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh atmosfer. Koreksi *Top of Atmosphere (ToA)* dan juga koreksi *Bottom of Atmosphere (BoA)* dimanfaatkan sebagai proses untuk menghilangkan distorsi radiometrik dengan proses kalibrasi pada nilai DN (*digital number*) ke nilai reflektansi (Rahayu dan Candra, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan melakukan pemetaan awal mengenai sebaran alterasi hidrotermal di lokasi penelitian, sekaligus studi awal mengenai prospek mineral tambang yang diharapkan dapat dijadikan referensi dalam eksplorasi detail. Sulitnya akses ke lapangan di Sulawesi Tengah menyebabkan proses identifikasi prospek mineral tambang membutuhkan waktu dan biaya yang relatif besar. Oleh karena itu, pendekatan penginderaan jauh dapat dilakukan sebagai studi awal untuk mengetahui sebaran alterasi hidrotermal penciri kehadiran mineral tambang. Penelitian ini memanfaatkan citra Landsat 8 untuk mendapatkan sebaran mineral alterasi khususnya kelompok mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*), mineral karbonat, lempung dan juga mineral *Ferromagnesian*.

Studi awal ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan citra satelit (khususnya Landsat 8) dalam kegiatan eksplorasi awal yang umumnya membutuhkan biaya dan waktu yang cukup besar, khususnya untuk *remote area* seperti di lokasi penelitian ini. Diharapkan dalam penelitian ini juga menghasilkan peta sebaran lokasi prospek mineral tambang, sehingga dapat digunakan dalam data potensi mineral tambang di daerah.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh pada citra Landsat 8 pada lokasi penelitian di Kecamatan Ulubongka, Kabupaten Tojo Una-una, Sulawesi Tengah. Secara geologi, lokasi penelitian ini berada pada litologi sedimen klastika dan ofiolit (Gambar 1). Lokasi penelitian ini merupakan bagian dari lengan ofiolit Sulawesi yang kaya akan sumber daya mineral seperti nikel, besi dan asbes serta serpentinit sebagai bahan baku pupuk magnesium (Muksin dkk., 2014).

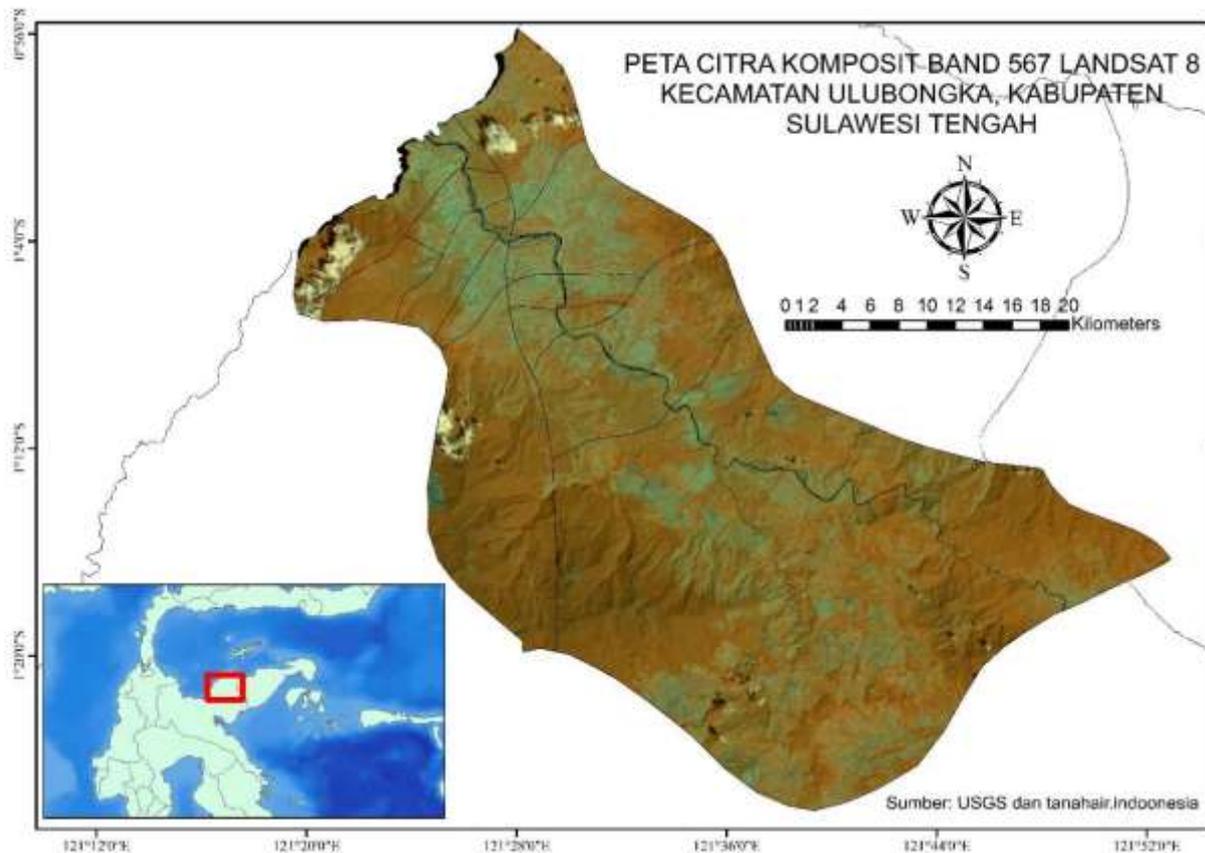


Gambar 1. Peta geologi di lokasi penelitian yang berada di Kecamatan Ulubongka, Sulawesi Tengah (dimodifikasi dari Rusmana dkk., 1993; Suroño dkk., 1993 dan Simandjuntak dkk., 1997)

Data yang digunakan pada penelitian ini utamanya adalah data Citra Landsat 8. Citra ini diakuisisi pada tanggal 2 Desember 2019 dan diperoleh dari <https://earthexplorer.usgs.gov> (Gambar 2). Citra ini memiliki sensor generasi kedelapan yang dikenal sebagai *Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS). Kemudian data dasar yang digunakan merupakan hasil kombinasi data RBI dengan Peta Geologi Regional Lembar Luwuk, Poso dan Batui skala 1:250.000. Software ArcGIS digunakan dalam seluruh proses pengolahan data, baik data Citra Landsat maupun data RBI dan data geologi regional.

Pengolahan data Citra Landsat 8 dilakukan menggunakan dua teknik yaitu Komposit dan *Dense Slicing*. Metode Komposit yang digunakan adalah komposit (RGB) 4/2, 6/7, 5 dan 4/2, 6/7, 10 untuk mendeteksi sebaran mineral alterasi. Metode komposit ini digunakan untuk menampilkan kenampakan fitur permukaan

dengan target alterasi. Pemanfaatan komposit tunggal dengan saluran 567 dapat menajamkan gambar geomorfologi permukaan daerah penelitian seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Komposit ini memberikan gambaran lebih jelas mengenai kemungkinan persebaran batuan dan bentuk relief pada wilayah penelitian termasuk daerah pegunungan ataupun perbukitan. Citra komposit 567 memperjelas gambaran geologi dan morfologi daerah penelitian. Berdasarkan peta tersebut maka dapat diketahui bahwa wilayah perbukitan atau pegunungan terdapat pada bagian selatan dan utara wilayah penelitian. Selain itu kontras warna yang dihasilkan pada komposit 567, wilayah vegetasi digambarkan dengan warna cokelat sedangkan wilayah padat penduduk atau yang memiliki vegetasi yang kurang rapat hingga tidak terdapat vegetasi digambarkan dengan warna hijau kebiruan dan sungai digambarkan dengan warna hitam.



Gambar 2. Peta hasil komposit RGB 567 yang menunjukkan fitur kondisi geologi di lokasi penelitian

Sedangkan metode *Density Slicing* (Pemilihan Tingkat Kecerahan) menggunakan pengolahan komputer data digital serta di peroleh dari perentangan kontras setiap informasi sebuah band. Syarat utama dalam pengoperasian teknik pemilahan tingkat kecerahan adalah adanya informasi tentang rentang nilai tiap obyek. Adapun pemilihan nilai kecerahan yaitu dapat dilakukan dengan mengiris kurva besar tersebut, menjadi kurva kecil-kecil. Pada pemotongan ini juga berarti bahwa seluruh nilai kecerahan dipilih menjadi beberapa interval, yang masing-masing mewakili obyek tertentu. Adapun persamaan pada *density slicing* ini yaitu sebagai berikut.

$$\text{Threshold Values} = \text{Mean} + n. \text{Std. Deviasi} \quad (1)$$

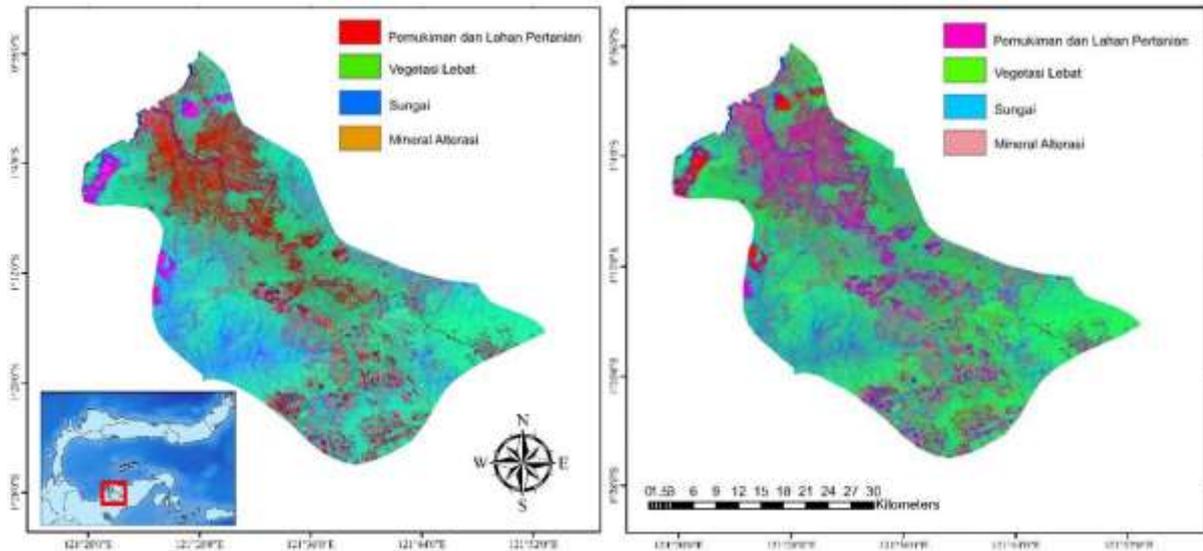
dengan:

- $n = 1$ (tingkat kepercayaan 92%)
- $n = 2$ (tingkat kepercayaan 95%)
- $n = 3$ (tingkat kepercayaan 98%)

Pada penelitian ini, *Density Slicing* menggunakan citra rasio 4/2, 5/6 dan 6/7 untuk mendeteksi mineral *Ferrugitation*, *Ferromagnesian*, lempung dan karbonat.

3. Hasil dan Pembahasan

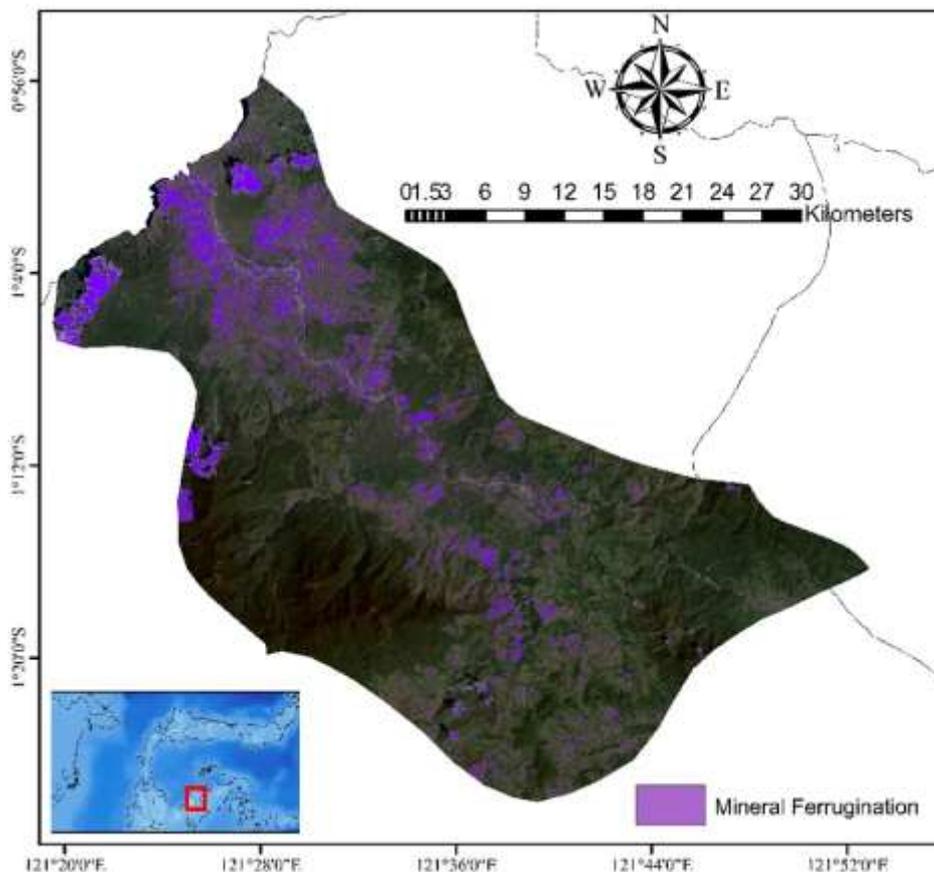
Hasil pengolahan data citra komposit 4/2, 6/7, 5, dan 4/2, 6/7, 10 menunjukkan perbedaan penyebaran mineral alterasi. Warna kuning-oranye serta merah muda mengindikasikan kehadiran mineral alterasi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Mineral alterasi hidrotermal di permukaan akan nampak lebih jelas pada reflektansi rasio saluran 6/7 pada komposit warna. Mineral ini terdeteksi sebagai warna oranye (komposit 4/2, 6/7, 5) sampai merah muda kecoklatan (komposit 4/2, 6/7, 10). Sementara itu warna merah menandakan lokasi permukiman dan lahan pertanian, sedangkan warna hijau sebagai vegetasi dan warna biru pekat terdeteksi di sepanjang aliran sungai di lokasi penelitian.



Gambar 3. Hasil citra komposit RGB yang menunjukkan mineral alterasi terdeteksi sebagai warna oranye (komposit 4/2, 6/7, 5) (kiri) sampai merah muda kecoklatan (komposit 4/2, 6/7, 10) (kanan)

Hasil *Density Slicing* secara regional mampu menunjukkan sebaran mineral alterasi hidrotermal yang terkonsentrasi di beberapa area. Mineral alterasi oksida besi dan hidroksida besi (limonit) atau kelompok ferrugination ditunjukkan pada rasio 4/2 pada Gambar 4. Sebaran ini cukup menarik jika diasosiasikan dengan litologi batuan pada peta geologi. Sebaran mineral

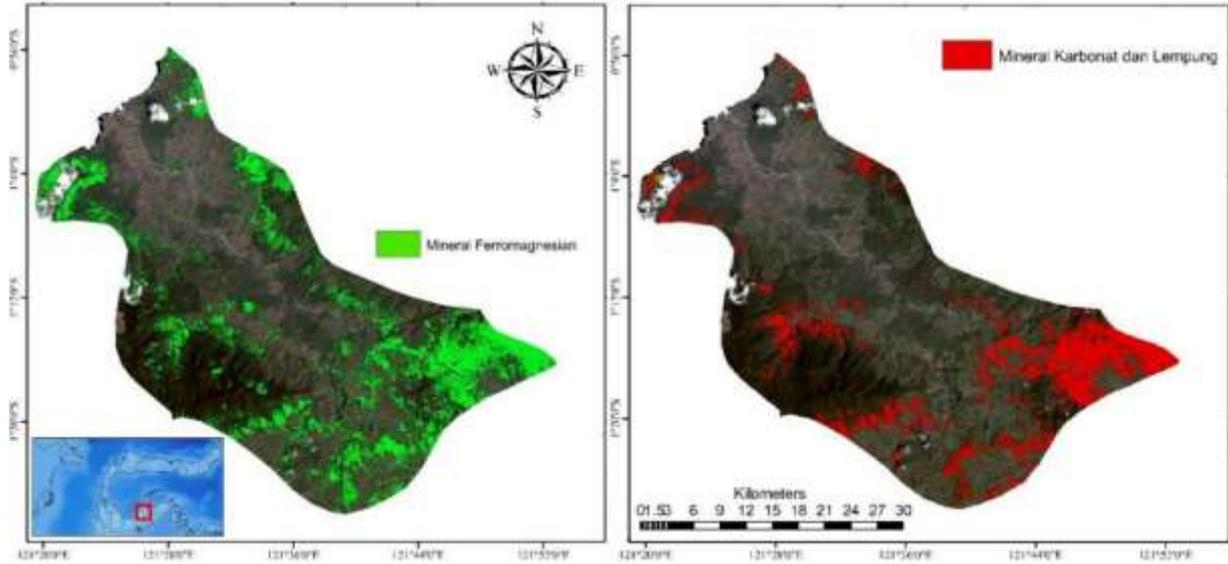
oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*) mendominasi area di batuan aluvium dan ofiolit. Persebaran mineral ini mendominasi di bagian tengah ke utara daerah penelitian di kawasan sungai dataran rendah. Sebaran alterasi ini diinterpretasikan sebagai prospek studi lanjut keberadaan mineral tambang seperti nikel dan besi.



Gambar 4. Sebaran mineral alterasi oksida besi dan hidroksida besi (limonit) atau kelompok ferrugination menggunakan rasio 4/2 Citra Landsat 8 di daerah penelitian.

Pada kelompok ferromagnetisme dan mineral karbonat hasil Dense Slicing rasio 5/6 dan 6/7 memiliki pola yang hampir sama. Mineral ini mendominasi di wilayah perbukitan yang tersebar di bagian Selatan daerah penelitian. Sebaran alterasi ini mendominasi di batuan konglomerat dan batugamping. Khusus sebaran mineral karbonat yang terdeteksi pada rasio 6/7 selaras

dengan potensi mineral tambang batugamping di Kecamatan Ulubongka yang mengandung CaO dan MgO yaitu di Desa Marowo hasil penelitian Muksin dkk., tahun 2014. Selain itu, kehadiran mineral serpentinin juga terindikasi oleh sebaran alterasi ferromagnesian di wilayah Ulubongka seperti di Desa Marowo dan Desa Tampanombo dengan luas area diperkirakan sekitar 4.147 ha.



Gambar 5. Sebaran mineral alterasi kelompok ferromagnesian (kiri) dan kelompok lempung dan karbonat (kanan) menggunakan rasio 5/6 dan 6/7 Citra Landsat 8 di daerah penelitian

Kombinasi dari kedua hasil pengolahan data Citra Landsat yang telah dilakukan menunjukkan hubungan yang cukup baik antara sebaran mineral alterasi hidrotermal terhadap potensi bahan mineral tambang di daerah penelitian. Korelasi positif antara keterdapatannya bahan tambang dengan sebaran alterasi menjadi salah satu temuan bahwa pemanfaatan citra satelit dalam studi awal identifikasi potensi bahan tambang. Dengan memanfaatkan teknik ini, sebaran alterasi dapat mendelineasi area potensi bahan tambang yang secara langsung mempersempit area prospek menjadi semakin fokus. Meskipun demikian, penelitian ini masih membutuhkan uji validasi lapangan guna menghitung tingkat akurasi secara kuantitatif. Hal ini diperlukan karena berbagai efek distorsi permukaan dan atmosferik seperti vegetasi dan awan masih belum diketahui seberapa besar dampaknya pada penelitian ini. Oleh karena itu, sangat diperlukan beberapa titik uji untuk melakukan proses validasi tersebut pada penelitian berikutnya.

4. Kesimpulan

Citra Landsat 8 mampu mengidentifikasi sebaran mineral alterasi hidrotermal baik dengan metode komposit maupun *Density Slicing* dengan cukup baik. Sebaran mineral oksida dan hidroksida besi (*Ferrugination*) mendominasi

area di batuan aluvium dan ofiolit serta diinterpretasikan sebagai prospek studi lanjut keberadaan mineral tambang seperti nikel dan besi. Sedangkan kelompok ferromagnetisme dan mineral karbonat mendominasi di batuan konglomerat dan batugamping dengan potensi mineral tambang batugamping dan serpentinin dengan perkiraan sumberdaya seluas 4.147 ha.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu selama proses penelitian ini serta tim riset di Laboratorium Geofisika.

Daftar Pustaka

- Corbett, G.J., and Leach, T.M., 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization. Southwest Pacific: SEG Social Publication.
- Dewi, E. K. S., 2018. Integrasi Data Citra Landsat-8, Dem Alos Palsar, Isotop Radon dan Geokimia untuk Penentuan Distribusi Batuan Alterasi dan Struktur Permeabel Gunung Way Ratai, Lampung. Skripsi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung.
- Kavalieris I, van Leeuwen, TM., Wilson, M., 1992. Geological setting and styles of mineralization,

- north arm of Sulawesi, Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 7, 113-130.
- Lawless J.V., White P.J., Bogie I., 1997. *Important Hydrothermal Minerals and Their Significance*. Geothermal and Mineral Services Division, Kingston-Morrison Ltd., 7th edition.
- Maskuri, F., 2010. Eksplorasi Mineral Emas. *JIK Tekmin*, 23(2).
- Muksin, I., Kusdarto, Setiyawan, W., 2014. Inventarisasi Mineral Bukan Logam di Kabupaten Tojo Una-Una dan Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah. *Proceeding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan Tahun 2014 Pusat Sumber Daya Geologi*. Bandung, Indonesia.
- Putra, I.D., Nasution, R.A.F., Harijoko, A., 2017. Aplikasi Landsat 8 OLI/TIRS dalam Mengidentifikasi Alterasi Hidrotermal Skala Regional: Studi Kasus Daerah Rejang Lebong dan Sekitarnya, Provinsi Bengkulu. *Proceeding Seminar Nasional Kebumihan*.
- Rahayu, R., dan Candra, D.S., 2014. Koreksi Radiometrik Citra Landsat-8 Kanal Multispektral Menggunakan Top of Atmosphere (ToA) Untuk Mendukung Klasifikasi Penutup Lahan. *Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN 762–767*.
- Rusmana, E., Koswara, A., Simandjuntak, T. O., 1993. *Peta Geologi Lembar Luwuk, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Salamah, A. F., 2014. Penentuan Tipe Alterasi Berdasarkan Analisis Petrografi, Mineragrafi, Dan Geokimia Pada Daerah Kasimbar, Kabupaten Mautong, Provinsi Sulawesi Tengah. *Geological Engineering e-journal*, 6(1), 255-270.
- Simandjuntak, T. O., Surono, Supandjono, 1997. *Peta Geologi Lembar Poso, Sulawesi; Edisi ke-2*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Surono, Simandjuntak, T. O., Situmorang, R. L., Sukido, 1993. *Peta Geologi Lembar Batui, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Utami, P., 2011. *Hydrothermal Alteration and the Evolution of the Lahendong Geothermal System, North Sulawesi, Indonesia*. Thesis, The University of Auckland.
- Utami, P., Widarto, D. S., Atmojo, J. P., Kamah, Y., Browne, P. R. L., Warmada, I. W., Bignall, G., Chambefort, I., 2015. *Hydrothermal Alteration and Evolution of the Lahendong Geothermal System, North Sulawesi*. *Proceedings, World Geothermal Congress 2015*.
- Verdiansya, O., 2016. Perubahan Unsur Geokimia Batuan Hasil Alterasi Hidrotermal di Gunung Wungkal, Godean, Yogyakarta. *Kurvatek*, 1(1), 59-67.
- Wajidi, M. F, Santoso, B., Kusumanto, D., Digidowirogo, S., 2012. Sistem Emas Epitermal Sulfidasi Rendah Dalam Batuan Metamorf Di Poboya, Sulawesi Tengah: Tinjauan Deskriptif Utama. *Majalah Geologi Indonesia*, 27(2), 131-141.
- Zuhannisa, S., 2019. Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 9(1), 1-8.