

IDENTIFIKASI ALTERASI HIDROTHERMAL MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 OLI/TIRS: STUDI KASUS GUNUNG PATUHA, KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT

YUSUF ARICO PRATAMA¹, RIFALDY², ANGGUN MUTIKA³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Eksplorasi dan Produksi, Universitas Pertamina, Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta, Indonesia, Email: yusufarcp@gmail.com

Sari - Lapangan Panas Bumi Patuha berada di kawasan Gunung Api Kuartar Patuha di Provinsi Jawa Barat yang merupakan bagian dari pegunungan selatan Pulau Jawa. Daerah Patuha telah dikembangkan oleh PT. Geo Dipa Energi sebagai pembangkit listrik tenaga panas bumi dan telah banyak ditemukan manifestasi yang terdiri dari fumarol, mata air panas dan kemunculan gas serta kehadiran batuan yang teralterasi hidrotermal akibat adanya reaksi fluida hidrotermal dengan batuan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebaran batuan teralterasi hidrotermal di daerah penelitian. Penelitian dilakukan dengan menganalisis peta geologi, citra Landsat 8 OLI/TIRS, dan data DEM (*Digital Elevation Model*) SRTM menggunakan metode penginderaan jauh, serta dilakukan pula kajian pustaka terkait daerah penelitian. Dalam penelitian ini, data DEM SRTM digunakan untuk mendapatkan informasi terkait kenampakan relief daerah penelitian. Citra Landsat 8 OLI/TIRS yang diolah menggunakan beberapa kombinasi RGB (*red-green-blue*) band memberikan informasi-informasi geologi, seperti *band composite* 4-3-2 *natural color* yang memberikan indikasi awal mengenai kondisi geologi dan geomorfologi, *band composite* 5-6-7 memberikan informasi terkait tekstur batuan, struktur geologi, vegetasi dan kehadiran batuan teralterasi, *band ratio* 4/2, 5/6, 6/7, 5 dan 10 memberikan informasi terkait unit batuan, vegetasi pada drainase dan batuan teralterasi serta *composite band* 10-11-7 yang memberikan informasi terkait kehadiran batuan kaya akan silika. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa metode penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya kehadiran mineral alterasi hidrotermal. Melalui penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa metode penginderaan jauh dapat memberikan informasi terkait penyebaran batuan alterasi hidrotermal pada suatu wilayah secara regional, sehingga data ini dapat digunakan sebagai survey awal atau pendahuluan pada tahapan eksplorasi dalam mendukung data geologi sebelum dilakukannya observasi lapangan.

Kata kunci: alterasi, Gunung Patuha, hidrotermal, penginderaan jauh.

Abstract - The Patuha Geothermal Field is located in the Patuha Quaternary Volcano area in West Java and part of the southern mountains of Java Island. The Patuha area has been developed by PT. Geo Dipa Energi as a geothermal power plant and many manifestations have been found consisting of fumaroles, hot springs, the appearance of gases and the presence of hydrothermal altered rocks due to the reaction of hydrothermal fluids with rocks. This study aims to identify the distribution of hydrothermal altered rocks in the area. The research was carried out by analyzing geological maps, Landsat 8 OLI / TIRS imagery, and SRTM DEM (*Digital Elevation Model*) using remote sensing methods, and literature review related to the area. In this study, the DEM SRTM data provide information related to the relief appearance of the area. Landsat 8 OLI / TIRS imagery processed using several combinations of RGB (*red-green-blue*) bands provide geological information, such as composite bands 4-3-2 *natural color* that provides information related to geological and geomorphological conditions, composite bands 5-6-7 provide information related to rock texture, structural geology, vegetation and the presence of altered rocks, band ratio 4/2, 5/6, 6/7, 5 and 10 provide information related to rock units, vegetation in drainage and altered rocks and composite band 10-11-7 which provides information regarding the presence of rocks rich in silica. The results indicated that the remote sensing method could be used to identify the presence of hydrothermal alteration minerals. Through this research, it can be concluded that the remote sensing method can provide information related to the distribution of hydrothermal alteration rocks in an area, so that this data can be used as a preliminary survey during the exploration stage in supporting geological data before field observations.

Key words: alteration, Patuha Volcano, hydrothermal, remote sensing.

1. PENDAHULUAN

Batuan alterasi merupakan salah satu bentuk manifestasi dari panas bumi. Terdapat tiga macam alterasi yaitu pergantian mineral, pengisian ruang dan pelarutan batuan. (Browne, 1998; Utami 2015). Kehadiran batuan teralterasi ini disebabkan oleh adanya reaksi antara fluida panas bumi dengan batuan yang dilewatinya. Keberadaan batuan teralterasi dapat menjadi salah satu petunjuk dalam melakukan suatu pemetaan potensi panas bumi, terutama pada lokasi yang berada disekitar manifestasi yang dapat menandakan adanya sistem panas bumi yang aktif. (Browne, 1970).

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam melakukan pemetaan untuk berbagai keperluan terutama dalam eksplorasi adalah dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Penginderaan jauh dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang suatu kondisi geologi, geomorfologi dan kondisi lain yang ingin diketahui. Salah satu metode penginderaan jauh yang sering digunakan dalam eksplorasi awal adalah dengan menggunakan citra Landsat. Analisis citra landsat biasanya digunakan untuk mengetahui kondisi di permukaan bumi melalui karakter reflektansi yang dilihat dan adsorpsi gelombang elektromagnetik dari objek yang berada dipermukaan bumi (Sabins, 1999). Salah satu citra landsat yang sering digunakan adalah Landsat 8 Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor (OLI/ TIRS). Dalam penelitian ini, aplikasi dari Landsat 8 OLI/TIRS digunakan untuk mengetahui keberadaan alterasi hidrotermal dalam skala regional.

Setiap objek di permukaan bumi memiliki karakter reflektansi yang berbeda-beda yang akan ditangkap oleh citra satelit dan akan menunjukkan warna tertentu melalui citra komposit warna konstruktif RGB. Sama halnya dengan mineral-mineral hasil produk alterasi hidrotermal di permukaan bumi yang memiliki karakter reflektansi yang berbeda-beda. Sehingga adanya penyebaran mineral hasil alterasi di suatu wilayah dapat dideteksi dengan

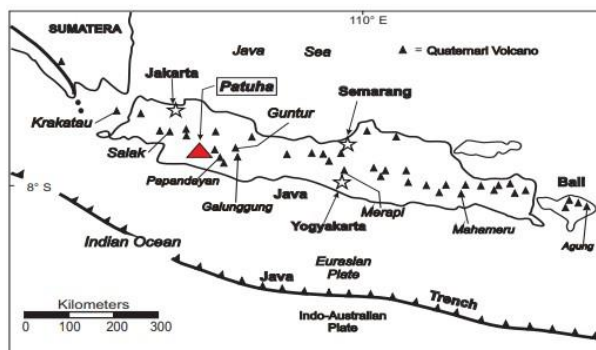
citra Landsat 8. Hal tersebut dapat membantu dalam menentukan daerah yang berpotensi tinggi memiliki aktivitas panas bumi. Melalui survey awal dengan aplikasi dari penginderaan jauh ini dapat membantu untuk melihat sebaran mineral alterasi hidrotermal yang tidak jarang berhubungan dengan keberadaan manifestasi panas bumi.

Lokasi penelitian terletak di Gunung Patuha yang merupakan sebuah gunung di Rancabali, Ciwidey Kabupaten Bandung, Jawa Barat (**Gambar 1**). Salah satu potensi dan keunikan yang terdapat di daerah ini adalah keberadaan potensi panas bumi. Gunung Patuha termasuk ke dalam zona Bandung dan merupakan salah satu gunung yang masuk ke dalam barisan gunung api Tersier Akhir dan Kuartar dengan ketinggian 2434 mdpl, dan membentuk batas morfologi diantara daerah cekungan antar pegunungan Bandung (~ 700 mdpl) yang sebagian besar berkembang selama Epoch Kuartar (Van Bemmelen, 1949; Dam et al., 1996).

Kompleks Patuha terbentuk pada vulkanik kuartar tua yang kemungkinan menutupi suatu batuan dasar susunan batuan vulkanik Tersier atas. Gunung Patuha membentuk tiga unit paling muda, yang lainnya termasuk ke dalam Gunung Patuhawati dan Gunung Walang (Akbar, 1989). Terdapat dua kawah vulkanik seluas 600 m². Kawah pertama berada di dekat puncak gunung yang terletak di bagian barat laut, dan kawah kedua terletak di bagian tenggara yang terisi oleh air yang dikenal dengan Kawah Putih.

Daerah penelitian tersusun atas formasi vulkanik berupa (West JEC, 2007):

- Piroklastik tak teruraikan (Pliosen-Pleistosen) berkomporsi breksi andesitik, breksi tuf, dan tuf lapilli.
- Gunung Kendang (Kuartar) yang memiliki komposisi lava dan lahar
- Gunung Patuha (Kuartar) dengan komposisi lava dan lahar.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian dan tatanan tektonik regional Pulau Jawa (Layman, et al., 2003).

2. DATA DAN METODOLOGI

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS dan data sekunder berupa publikasi terkait kondisi geologi dari daerah penelitian. Piranti lunak yang digunakan dalam pengolahan data citra adalah aplikasi QGIS.

Setiap objek di muka bumi akan memantulkan warna yang khas yang akan ditangkap oleh satelit, dan kemudian terbaca dalam suatu grafik angka atau nilai reflektansi warna dominan yang dipantulkan. Setiap band pada data citra satelit Landsat 8 memiliki karakteristik seperti interval spektral maupun channel yang berbeda. Perbedaan reflektansi spektral yang dimiliki oleh setiap objek memungkinkan untuk memetakan suatu jenis lahan yang dipengaruhi oleh struktur dan komposisinya (Xie et al., 2008). Reflektansi direpresentasikan oleh warna atau nilai-nilai piksel pada data citra. Masing-masing band memiliki kegunaan tersendiri yang dapat digunakan dalam melakukan analisis dari citra Landsat tersebut melalui kombinasi band untuk mendapatkan tampilan citra yang sesuai dengan tema dan tujuan analisis.

Dengan menggunakan aplikasi QGIS, dibuat berbagai saluran RGB yang meliputi citra komposit 4-3-2, citra komposit 5-6-7, citra komposit 10-11-7, citra komposit 4/2, 6/7 dan 5 serta citra komposit 4/2, 6/7 dan 10. Masing-masing dari kombinasi band atau komposit citra tersebut akan merepresentasikan objek yang

ditampilkan dalam bentuk warna sesuai dengan reflektansi yang dimilikinya.

Pada citra komposit RGB 4-3-2, *band* 4 (0.636–0.673 μm) diposisikan pada saluran merah, *band* 3 (0.533 – 0.590 μm) diposisikan pada saluran hijau dan *band* 2 (0.452 – 0.512 μm) diposisikan pada saluran biru. Kombinasi dari *band* ini dapat menampilkan kondisi geologi dan geomorfologi secara regional dari daerah penelitian.

Pada citra komposit 5-6-7, *band* 5 (0.851 – 0.879 μm) diposisikan pada saluran merah, *band* 6 (1.566 – 1.651 μm) diposisikan pada saluran hijau dan *band* 7 (2.107 – 2.294 μm) diposisikan pada saluran biru. Kombinasi dari *band* ini mampu memberikan informasi geologi yang lebih baik terkait tekstur batuan, struktur geologi dan vegetasi dari daerah penelitian.

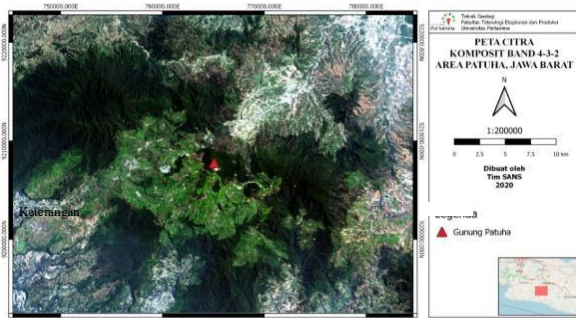
Pada citra komposit 10-11-7. Saluran 10 (10.60 – 11.19 μm) diposisikan dalam saluran merah, saluran 11 (11.50 – 12.51 μm) diposisikan dalam saluran biru dan saluran 7 (2.107 – 2.294 μm) diposisikan dalam saluran biru. Melalui komposisi *band* ini, dapat memberikan informasi mengenai adanya kandungan silika, hal ini dikarenakan karakter reflektansinya yang kuat pada panjang gelombang 8.50 – 9.30 dan 10.30 – 11.70 (Pour dan Hashim, 2014).

Sedangkan komposit 4/2, 5/6, 6/7, 5 dan 10 digunakan untuk memberikan informasi terkait unit batuan, vegetasi pada drainase dan batuan teralterasi. Pada beberapa saluran dilakukan dengan menggunakan metode rasio yaitu pada saluran 4 yang dirasiokan dengan saluran 2 dan saluran 6 yang dirasiokan dengan saluran 7. Hal ini dilakukan untuk mendapat nilai pantulan yang lebih baik dari suatu mineral alterasi dipermukaan bumi. metode rasio merupakan metode yang digunakan dengan membagi nilai panjang gelombang suatu saluran dengan saluran lain untuk memperjelas kenampakan dari suatu objek yang berada di permukaan bumi yang sulit atau tidak dapat dilihat oleh saluran tunggal (Pour dan Hashim, 2014).

3. HASIL DAN ANALISIS

• Citra Komposit 4-3-2

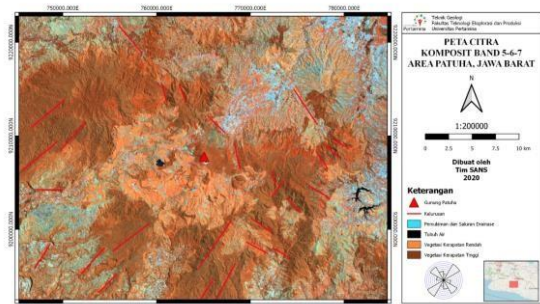
Berdasarkan hasil dari komposit RGB 432 (Gambar 2), dapat menunjukkan gambaran dari kondisi geologi dan geomorfologi secara regional dari daerah penelitian yang terletak pada bentang alam vulkanik. Melalui komposit 432 juga dapat diamati terdapatnya beberapa macam batuan yang ditunjukkan dengan teksturnya yang berbeda, dimana batuan kristalin ditandai dengan teksturnya yang kasar, sedangkan batuan non kristalin/sedimen ditandai dengan tekstur yang lebih halus.



Gambar 2. Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan Komposit RGB 4-3-2.

• Citra Komposit 5-6-7

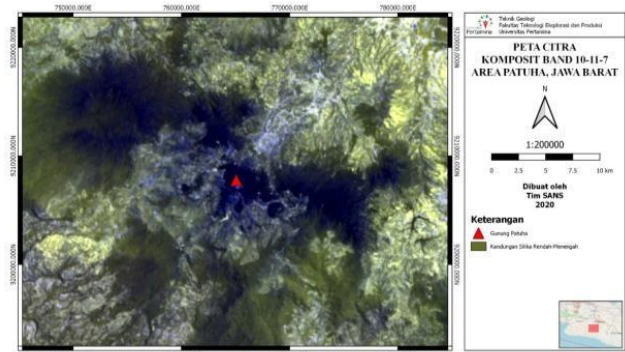
Pada pengolahan citra Satelit yang telah dilakukan dengan komposit RGB 5-6-7 (Gambar 3) dapat dilihat kenampakan yang berbeda dari sebelumnya serta dapat menunjukkan mengenai informasi geologi yang lebih detail dibandingkan citra satelit dengan komposit warna natural (4-3-2). Melalui kombinasi *band* ini dapat diamati bahwa terdapat macam batuan dengan tekstur yang lebih kasar dan lebih halus, dimana batuan dengan tekstur yang lebih kasar ditemukan disekitar tubuh gunung api, sedangkan tekstur yang lebih halus dijumpai pada area yang memiliki elevasi lebih rendah. Selain itu, dapat diamati pula bahwa terdapat beberapa kelurusan utama yang mempengaruhi area tersebut dengan orientasi utama yaitu NE-SW dan NW-SE. Terlihat juga adanya tubuh air, pola aliran sungai dan area pemukiman yang cukup jelas perbedaannya. Perbedaan kerapatan tumbuhan juga dapat dilihat dari perubahan warna coklat muda sampai coklat tua.



Gambar 3. Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan komposit RGB 5-6-7.

• Citra Komposit 10-11-7

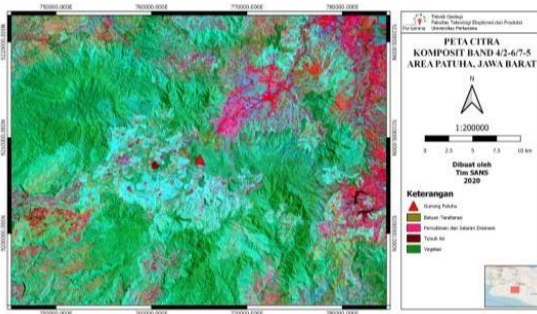
Pada pengolahan citra Satelit dengan menggunakan komposit RGB 10-11-7 (Gambar 4) juga dapat dilihat adanya kenampakan yang berbeda dibanding komposit sebelumnya. Melalui komposit ini dapat memberikan informasi mengenai kondisi batuan yang memiliki kandungan silika di area penelitian secara regional. Citra Satelit dengan komposit ini menunjukkan adanya warna hijau muda-kuning yang mencirikan persebaran silika pada area penelitian. Warna biru menunjukkan area di sekitar puncak Gunung Patuha.



Gambar 4. Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan Komposit RGB 10-11-7.

• Citra Komposit 4/2, 6/7, dan 5

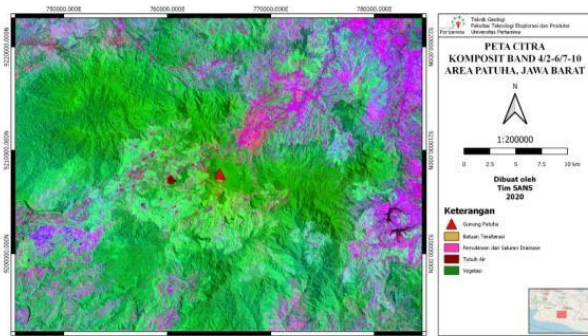
Pada komposit RGB 4/2, 6/7, dan 5 (Gambar 5) ini dapat dilihat adanya informasi mengenai keberadaan mineral alterasi hidrotermal yang terdeteksi oleh bagian yang berwarna kuning. Persebaran mineral ini terdapat di beberapa tempat dalam area penelitian, yaitu pada sekitar kawasan Gunung Patuha dan dibagian barat daya area penelitian.



Gambar 5. Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan Komposit RGB 4/2, 6/7, dan 5.

• **Citra Komposit 4/2, 6/7, dan 10**

Pada citra Satelit dengan komposit 4/2, 6/7, dan 10 (**Gambar 6**) hampir mirip dengan citra satelit pada komposit 4/2, 6/7, dan 5. Hanya saja ini dilakukan untuk memastikan area persebaran alterasi hidrotermal dengan lebih tepat. Keberadaan mineral alterasi hidrotermal terdeteksi pada bagian yang berwarna kuning kecoklatan. Persebaran mineral ini sama seperti sebelumnya yaitu terdapat pada sekitar Kawasan gunung patuha dan dibagian barat daya area penelitian.



Gambar 6. Citra Landsat 8 OLI/TIRS dengan Komposit RGB 4/2, 6/7, dan 10.

4. DISKUSI

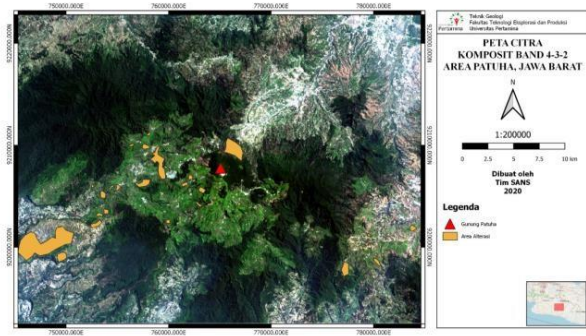
• **Interpretasi kondisi geologi, geomorfologi serta tutupan lahan.** Kondisi geologi dan geomorfologi daerah penelitian dapat diketahui berdasarkan hasil analisis dari beberapa komposit RGB, dimana daerah penelitian terletak pada bentang alam vulkanik, yang memiliki beberapa macam batuan yang ditandai dengan perbedaan tekstur yang lebih kasar dan lebih halus. Tekstur batuan yang lebih kasar ditemui pada sekitar tubuh gunung api,

sedangkan tekstur yang lebih halus ditemui pada elevasi yang lebih rendah.

Adanya orientasi kelurusan yang terdeteksi yaitu dengan arah utama NE-SW dan NW- SE dan diinterpretasikan berperan dalam memberikan permeabilitas pada fluida hidrotermal. Adanya vegetasi juga dapat dilihat, dimana vegetasi keberadaan vegtasi semakin berkurang ke arah distal tubuh gunung, yang mengindikasikan telah banyak ditemui aktivitas manusia.

• **Persebaran Mineral Alterasi**

Melalui Citra komposit 4/2, 6/7, 5, dan 10 dapat diketahui penyebaran mineral alterasi hidrotermal (**Gambar 7**). Mineral alterasi hidrotermal dikenali dari kenampakan warna oranye pada citra komposit RGB 4/2, 6/7 dan 5, serta berwarna merah muda pada citra komposit RGB 4/2, 6/7, dan 10 (Pour dan Hashim, 2014). Persebaran mineral alterasi hidrotermal dideteksi penyebarannya banyak di area proksimal dan hanya ada beberapa titik di area distal namun memiliki luasan area yang besar.



Gambar 7. Sebaran Mineral Alterasi.

5. KESIMPULAN

Dalam memetakan kondisi alterasi hidrotermal secara regional dapat dilakukan dengan pengolahan data citra Landsat 8 OLI/TIRS yang dilakukan melalui pemrosesan beberapa *band* atau saluran yang memiliki rentang nilai piksel yang sesuai dengan karakteristik pantulan mineral hasil alterasi hidrotermal, yang ditandai dengan warna kuning di area penelitian pada citra komposit 4/2, 6/7, 5 dan 10. Namun, dalam melakukan pemetaan daerah alterasi ini, Citra

Landsat 8 OLI/TIRS masih cukup terbatas. Tidak semua daerah yang memiliki alterasi batuan dapat terbaca, hal ini disebabkan oleh adanya faktor tutupan lahan berupa vegetasi yang menutupi daerah penelitian, sehingga hanya sebagian yang dapat terbaca oleh data citra.

Saran

Untuk kedepannya, dalam mengetahui persebaran mineral alterasi hidrotermal untuk keperluan eksplorasi potensi panas bumi maupun eksplorasi mineral dapat dilakukan dengan menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS. Akan tetapi perlu adanya pertimbangan terhadap faktor tutupan lahan seperti vegetasi maupun awan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan data citra yang hendak digunakan, selain itu diperlukan tambahan metode lain untuk menentukan tipe alterasi agar detail eksplorasi dapat lebih akurat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam pembuatan paper ini penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen Teknik Geologi Universitas Pertamina yang telah memberikan ilmu dan memotivasi penulis dalam penyelesaian dan pembuatan paper.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, A. J., Hashim M., Pour, A. B., 2014, Using Landsat 8 (OLI) Remote Sensing Data To Map Lithology and Mineralogy For Geothermal Resource Exploration, Malaysia, Research Institute for Sustainability and Environment (RISE), Universiti Teknologi Malaysia.
- Akbar, N., 1989. The relationship between hydrothermal alterations, mineralizations and structural geology in the Kawah Ciwidey Geothermal Field, Bandung District, West Java, Indonesia. Unpublished MSc thesis, Lulea University of Technology, 46 pp.
- Bemmelen Van, R.W. 1949. The Geology of Indonesia. Martinus Nyhoff, Netherland: The Haque.
- Buttler, K., 2013, Band Combinations for Landsat 8, <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8> (accessed October 2020).
- Browne, P. R. L., 1970, Hydrothermal Minerals as an Aid in Investigating Geothermal Field. *Journal of Geothermics*, 2 (1), pp 564 – 570.
- Browne, P. R. L., 1998, Hydrothermal Alteration, Geothermal Institute, The University of Auckland.
- Cahyati, F., Syafri, I., Patonah, A., Fajri, R.J., 2018. Alterasi hidrotermal dan temperatur bawah permukaan sumur X lapangan panas bumi Patuha. *Geosci. J.* 2, 514–518.
- Darmawan, I. G. B., Yassar, M. F., Elvarani, A. Y., Vira, B. A., & Damayanti, L, 2020. 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. *PROMINE*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.33019/promine.v8i1.1799> (accessed October 2020)
- Layman, E.B. and Soemarinda S., 2003, The Patuha Vapour-Dominated Resource West Java, Indonesia. *PROCEEDINGS, Twenty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 27-29, 2003. SGP-TR-173.*
- Putra, I. D., R. A. F. Nasution, dan A. Harijoko. 2017. Aplikasi Landsat 8 OLI/TIRS dalam Mengidentifikasi Alterasi Hidrotermal skala Regional: Studi Kasus Daerah Rejang Lebong dan sekitarnya, Provinsi Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-10. Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.* <https://www.researchgate.net/publication/321906104> (accessed October 2020)
- Pour, A. B., Hashim M., 2014, Hydrothermal alteration mapping from Landsat-8 data, Sar Cheshmeh copper mining district, south-eastern Islamic Republic of Iran, *Journal*

- Taibah University of Science, 9, pp 155 – 166. doi:
10.1016/j.jtusci.2014.11.008
- Sabins, F.F. (1999) Remote Sensing for Mineral Exploration. *Ore Geology Reviews*, 14, 157-183. doi:
10.1016/S0169-1368(99)00007-4
- Utami, P., Widarto, D. S., Atmojo, J. P., Kamah, Y., Browne P. R. L., Warmada, I. W., 2015, Hydrothermal Alteration and Evolution of Lahendong Geothermal System, North Sulawesi, Proceeding of World Geothermal Congress. West Japan Engineering Consultants (West JEC), Inc. (2007). Feasibility study for Patuha geothermal power development: Final feasibility report. Internal report: Japan Bank International Cooperation (JBIC).
- Xie, Y., Zongyao, S. Mei, Y. 2008. Remote Sensing Imagery In Vegetation Mapping : a review. *J Plant Ecology* 1 :9-23