

Pemetaan Endapan Mineral Teralterasi Hidrotermal Menggunakan Analisis Citra Landsat 8 di Sekitar Gunung Api Bur Ni Geureudong, Kabupaten Bener Meriah, Aceh

Nazli Ismail¹, Nela Wirja¹, Deviyani R. Putri², Muhammad Nanda², dan Faisal¹

¹Magister Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Sych Abdur Rauf No. 3, Darussalam, Banda Aceh 23111

²Doktor Matematika dan Aplikasi Sains, Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk Chik Pante Kulu No.5 Komplek Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111
e-mail: nazli.ismail@unsyiah.ac.id

Abstrak—Pemetaan sebaran vegetasi dan mineral teralterasi hidrotermal berdasarkan analisis data satelit Landsat 8 telah dilakukan di Gunung Api Bur Ni Geurudong, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh. Transformasi *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) menggunakan band 5 dan band 4 untuk pemetaan sebaran vegetasi, sedangkan pemetaan *mineral ferric oxide* dan *clay/lempung* menggunakan komposisi *band rasio 6/5* dan *6/7*. Hasil perhitungan menunjukkan sebaran kerapatan vegetasi di sekitar area manifestasi berada pada tingkat klasifikasi sedang (0,2-0,5) di Wih Pesam dan Pante Raya Barat dan kelas kerapatan vegetasi tinggi (0,50-0,88) di Silih Nara dan Pinto Rime Gayo. Nilai sebaran mineral *ferric oxide* maksimal (1,98-2,23) di Bur Ni Telong dan sebagian kecil sebaran mineral ini berada di lokasi manifestasi sulfur Pinto Rime Gayo. Mineral ini juga ditemukan di titik manifestasi Silinara. Sedangkan untuk mineral *clay/lempung* memiliki sebaran maksimal (2,33-8,88) merata di Gunung Api Bur Ni Geureudong dan sangat sedikit di kawasan Bur Ni Telong. Oleh karena itu, citra satelit Landsat 8 dapat dijadikan dalam memetakan *mineral ferric oxide* dan *mineral clay/lempung*. Pemetaan *mineral ferric oxide* dan *mineral clay/lempung* dapat memberikan informasi mengenai jenis mineral yang ada di Gunung Api Bur Ni Geurudong, serta dapat memberikan informasi awal tentang tipe batuan reservoir panas bumi di kawasan tersebut.

Kata kunci: *lapangan panas bumi bur ni geureudong, band rasio, citra landsat, mineral teralterasi hidrotermal*

Abstract—Vegetation area and altered mineral by hydrothermal mapping using Landsat 8 satellite data has been done at Bur Ni Geurudong Volcano, Bener Meriah Regency, Aceh Province. Bands 5 and 4 data were used for Normalized Different Vegetation Index (NDVI) transformation technique. Band composition ratio of 6/5 and 6/7 were used for band ratio technique to interpret ferric oxide and clay minerals. The results show moderate (0.2-0.5) distribution of vegetation density found at Wih Pesam and Pante Raya Barat. The high density (0.50-0.88) vegetation areas are found at Silih Nara and Pinto Rime Gayo. The maximum distribution (1.98-2.23) of ferric oxide minerals found at Bur Ni Telong and few at Pinto Rime Gayo with sulfur content manifestation. This mineral is also founded on Silinara manifestation area. Maximum (2.33-8.88) distribution of clay mineral was found at Bur Ni Geureudong Volcano, few seen at Bur Ni Telong area. Based on the results, the Landsat 8 satellite imagery is effectively used for mapping of ferric oxide and clay minerals. Mapping of ferric oxide and clay minerals provide information about the types of minerals that exist in Bur Ni Geurudong Volcano as a preliminary information about the types of geothermal reservoir rocks in the region.

Keywords: *bur ni geureudong geothermal field, band ratio, kandsat imagery, hydrothermal altered minerals*

Copyright © 2020 Jurnal Rekayasa Elektrika. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Pada wilayah vulkanik aktif, gradien geotermal ekstrem dan suhu tanah yang sangat tinggi pada kedalaman dangkal biasanya berkorelasi dengan sistem hidrotermal entalpi tinggi [1]. Sistem hidrotermal mampu mengubah mineral batuan yang ada di sekelilingnya yang dibawa oleh aliran fluida pada daerah *discharged flow*. Fluida hidrotermal mengubah mineralogi dan sifat kimia batuan sehingga

menghasilkan mineral-mineral yang berbeda berdasarkan lokasi, tingkat dan lamanya proses perubahan tersebut. Ubahan mineral-mineral batuan ini disebut juga mineral teralterasi hidrotermal. Beberapa mineral utama yang terbentuk dari proses alterasi di daerah panas bumi yaitu mineral yang mengandung potasium (*potassic*), *Phyllic*, *argilic*, *propylitic*, dan pembentukan silika. Mineral yang dihasilkan dipengaruhi oleh suhu, permeabilitas, tekanan, komposisi batuan, dan komposisi fluida [2].

Perubahan mineral ini menghasilkan mineral dengan kandungan yang beragam serta memiliki tingkat sebaran yang berbeda pula. Penyebaran mineral teralterasi hidrotermal dapat diidentifikasi dengan menggunakan pendekatan teknik penginderaan jauh, salah satunya dengan menggunakan data citra satelit dan citra *airbone* [2]–[5]. Pada eksplorasi panas bumi, pemetaan hidrotermal diterapkan untuk mendeteksi keberadaan patahan di wilayah vulkanik yang biasanya zona alterasi berkorelasi dengan aliran dischard dari reservoir vulkanik dan dengan struktur utama yang mengontrol permeabilitas reservoir dan batuan penutup. Jadi, pemetaan batuan teralterasi hidrotermal di permukaan dapat membantu untuk menentukan keberadaan aliran dari reservoir vulkanik [2].

Pada paper ini, kami melakukan pemetaan mineral teralterasi hidrotermal di wilayah Gunung api Bur Ni Geureudong, Kabupaten Bener Meriah, Indonesia. Sebagian besar sistem panas bumi di Indonesia merupakan sistem hidrotermal yang berasosiasi dengan keberadaan gunung api. Gunung api Bur Ni Geureudong diduga berpotensi sebagai sumber energi panas bumi yang mencapai 160 Mwe [6]. Namun, penelitian panas bumi di wilayah Gunung Api Bur Ni Geureudong hingga saat ini masih minim dilakukan [7]–[9], sehingga penelitian lanjutan terkait panas bumi di wilayah ini dapat membantu pemerintah dalam melakukan studi eksplorasi.

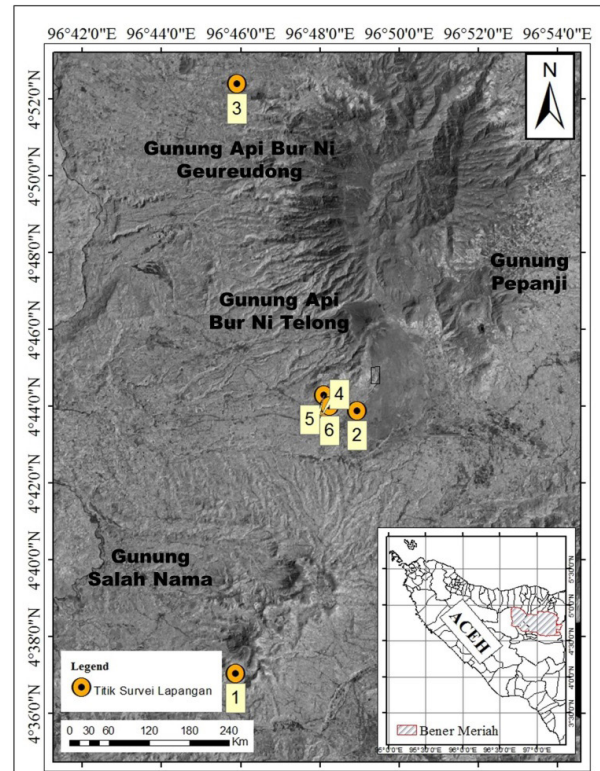
Penelitian ini memanfaatkan teknik penginderaan jauh yaitu menggunakan data citra satelit Landsat 8 untuk mengidentifikasi sebaran vegetasi dan sebaran mineral teralterasi hidrotermal di Gunung Api Bur Ni Geureudong, Provinsi Aceh. Teknik yang digunakan berupa teknik *Transformasi Normalized Different Vegetation Index* (NDVI) untuk mendapatkan nilai sebaran vegetasi dan teknik analisis band rasio untuk mendapatkan nilai sebaran mineral teralterasi hidrotermal. Sebaran mineralogi tersebut juga memberikan informasi mengenai jenis batuan reservoir panas bumi pada lapangan panas bumi sehingga mendukung kajian eksplorasi awal terhadap reservoir panas bumi di wilayah ini.

II. STUDI PUSTAKA

A. Geologi dan Morfologi Gunung Api Bur Ni Geureudong

Gunung Api di Indonesia rata-rata terbentuk akibat zona subduksi. Salah satunya Bukit Barisan yang berada di sepanjang Pulau Sumatera akibat subduksi lempeng Indo-Australia (lempeng samudera) menunjam ke bawah lempeng Eurasia (lempeng benua) di kerak bumi yang bertemperatur tinggi [10]. Hal tersebut menyebabkan lempeng samudra meleleh dengan densitas lelehan lebih rendah dari sumber asalnya sehingga lelehan tersebut cenderung bergerak naik ke atas menjadi magma.

Secara geografi, Gunung Api Bur Ni Geureudong terletak di Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh, Indonesia. Daerah ini ditunjukkan oleh kolom merah pada Peta Provinsi aceh yang ditampilkan dalam Gambar 1. Gunung Api Bur Ni Geureudong merupakan



Gambar 1. Peta lokasi kompleks Gunung Api Bur Ni Geureudong

sebuah kompleks gunung besar berdiameter sekitar 30 km. dan memiliki dua kerucut parasit muda, yaitu Gunung Api Bur Ni Telong dan Gunung Papanji, yang terdapat di lereng bagian selatan (Gambar 1). Gunung Api Bur Ni Geureudong adalah gunung api bertipe strato yang berumur Pleistocene dan terletak sekitar 50 km ke arah Timur Laut dari Patahan Besar Sumatera (*Great Sumatran Fault*) [11]. Adanya beberapa manifestasi panas bumi tersebar di sekitar gunung Bur Ni Geureudong yang sebagian besar berupa sumber mata air panas dan solfatara serta fumarol yang berasap tipis [12].

B. Aplikasi teknik Penginderaan Jauh dalam Pemetaan Mineral Teralterasi Hidrotermal

Penginderaan jauh dapat diartikan sebuah seni dan ilmu pengetahuan dengan tujuan memperoleh informasi tanpa menyentuhnya atau tanpa mengalami kontak langsung dengan objek yang dikaji [5]. Informasi yang diperoleh berupa gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dan dipantulkan kemudian direkam oleh sensor satelit. Hasil rekaman dalam bentuk citra yang kemudian dianalisis serta diinterpretasikan sesuai dengan hal yang akan diaplikasikan. Citra satelit memuat setiap piksel dari informasi tentang warna, ukuran dan lokasi dari sebuah objek di permukaan bumi.

Salah satu aplikasi metode penginderaan jauh yaitu memetakan mineral teralterasi hidrotermal di Gunung Api Bur Ni Geureudong Kabupaten Bener Meriah. Pemetaan tersebut memanfaatkan nilai kanal-kanal spektral dari sensor Landsat 8. Land Satellites (Landsat) merupakan satelit milik *National Aeronautics and*

Tabel 1. Spesifikasi kanal-kanal spektral sensor Citra Landsat 8 [13]

Nomor Kanal	Kanal	Kisaran Spektral (nm)	Penggunaan Data	Resolusi Spasial
1	Biru	433-453	Aerosol/coastal zone	30 m
2	Biru	450-515	Pigments/scatter/coastal	
3	Hijau	525-600	Pigments/coastal	
4	Merah	630-680	Pigments/coastal	30 m (kanal turunan dari TM)
5	Infra merah (NIR)	845-885	Foliage/coastal	
6	SWIR 1	1560-1660	Foliage	
7	SWIR 2	2100-2300	Minerals/litter/no scatter	
8	PAN	500-680	Image sharpening	15 m
9	SWIR	1360-1390	Cirruscloud detection	30 m
10	TIRS 1	10300-13900	Pemetaan panas dan perkiraan kelembaban	100 m
11	TIRS 2	11500-12500	Pemetaan panas dan perkiraan kelembaban	100 m

Space Administration (NASA) yang digunakan untuk mendapatkan citra permukaan bumi. Satelit Landsat 8 diluncurkan 11 Februari 2003. Landsat 8 memiliki sensor yaitu sensor *The Landsat Operational Land Imager (OLI)* dan *The Landsat Thermal Infra-Red Scanner (TIRS)*. Sensor tersebut memiliki klasifikasi yang lebih detail dapat dilihat pada Tabel 1.

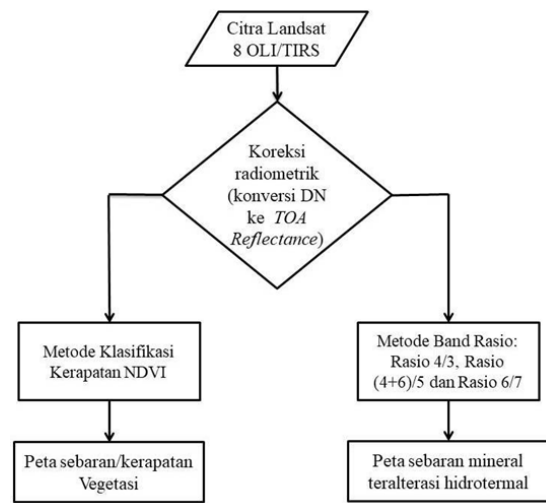
Citra Satelit Landsat 8 diklasifikasi atas 11 band, artinya tiap 1-pixel data citra satelit Landsat menyimpan 11 Digital Number (DN) yang berbeda. Setiap saluran band citra satelit memiliki respon/kepekaan terhadap mineral yang berbeda-beda, hal tersebut disebabkan karakteristik dan komposisi dari masing-masing mineral.

III. METODE

Penelitian dilakukan di daerah Gunung Api Bur Ni Geureudong yang terletak di Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh, Indonesia dan terletak pada koordinat 96040'0"E - 96055'0"E dan 4040'0"N - 4055'0"N. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data Citra Landsat 8 OLI/TIRS yang diunduh dari situs web *USGSEarth Explorer* dengan alamat <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak ArcGis. Pada penelitian ini citra Landsat 8 yang digunakan berupa rekaman tanggal 12 Februari 2015, *path / Row* 130 / 57 yang mana telah dikoreksi geometris. Ada 6 titik manifestasi yang ditinjau di penelitian ini. Lokasi titik-titik manifestasi dan jenis manifestasi di Gunung Api Bur Ni Geureudong terlihat di Tabel 2. Ada beberapa tahapan utama yang dilakukan

Tabel 2. Lokasi titik-titik manifestasi dan jenis manifestasi di Gunung Api Bur Ni Geureudong

Nama titik	Lokasi	Ketinggian dari permukaan laut (mdpl)	Jenis Manifestasi
1	Kecamatan Silinara	1431 m	Mata air panas
2	Desa Uning Bertih Kec. Pante Raya Barat	1318 m	Mata air panas
3	Kec. Pintu Rime Gayo	988 m	Mata air panas
4	Simpang Balek Satu Kec. Wih Pesam	1217 m	Mata air panas
5	Desa Batugantung Kec. Wih Pesam	1268 m	Mata air panas
6	Pintu Rime Gayo	1386 m	Sulfur



Gambar 2. Diagram alir penelitian

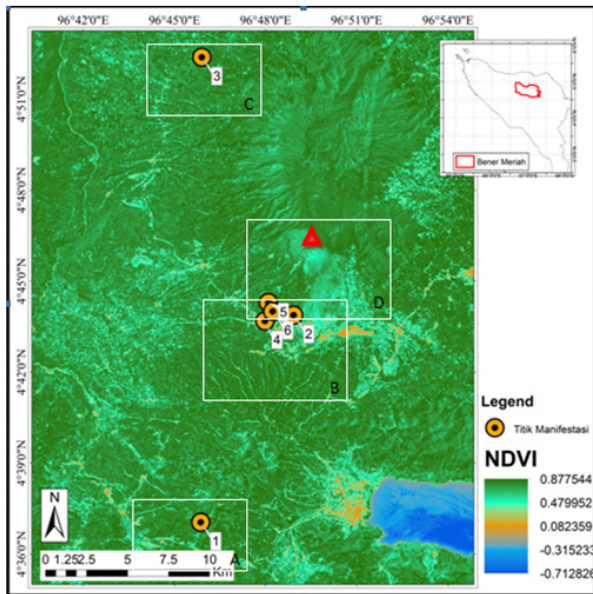
dalam penelitian ini sesuai Gambar 2.

A. Peta sebaran kerapatan vegetasi

Gunung Api Bur Ni Geureudong merupakan kawasan hutan lebat sehingga perlu dilakukan pemetaan penutupan lahan dan kerapatan vegetasi di daerah penelitian dengan transformasi *Normalized Different Vegetation Index (NDVI)*. Pada Landsat 8, gelombang *Near Infrared* terdapat pada band 5 dan gelombang red terdapat pada band 4 digunakan untuk menghitung nilai NDVI. Band 4 dan band 5 masih berupa nilai digital number atau DN, sehingga perlu dikalibrasi ke dalam *top of atmosphere (TOA) reflectance*. Kalibrasi ini disebut koreksi radiometrik yang dihitung dengan menggunakan (1) [13].

$$\rho\lambda' = M_p \times Q_{cal} + A_p, \quad (1)$$

$\rho\lambda'$ merupakan *TOA Reflectance* tanpa dilakukan koreksi terhadap sudut matahari (tidak ada satuan), Q_{cal} merupakan nilai pixel dalam digital number, M_p merupakan faktor skala perkalian reflektan, dan A_p merupakan faktor skala penambah reflektan. Kemudian setiap band dilakukan koreksi sudut elevasi matahari dengan menggunakan (2).



Gambar 3. Peta Normalized Different Vegetation Index (NDVI) pada enam titik manifestasi panas bumi, di Kawasan Gunung Api Bur Ni Geureudong, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh

$$\rho\lambda' = \frac{\rho\lambda}{\sin(\theta)}, \tag{2}$$

$\rho\lambda'$ merupakan *reflectance* hasil koreksi sudut elevasi matahari dan θ merupakan sudut elevasi matahari lokal (nilainya dapat dilihat di metadata).

Setelah band 4 dan band 5 dikoreksi dengan (1) dan (2), selanjutnya dihitung nilai kerapatan vegetasi menggunakan metode analisis NDVI dengan menggunakan (3).

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}. \tag{3}$$

Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1 [14]. Wilayah yang memiliki nilai indeks vegetasi 1 merupakan wilayah bervegetasi rapat, sedangkan wilayah berindeks -0,9 adalah wilayah tidak bervegetasi atau kawasan perairan. Nilai NDVI yang dihasilkan dibagi menjadi empat kelas untuk tipe tutupan lahan yang berbeda: tutupan lahan dengan vegetasi yang sepenuhnya sehat ($NDVI > 0,5$), lahan campuran ($NDVI = 0,2-0,5$), lahan kosong ($NDVI = 0-0,2$), dan air atau lahan basah ($NDVI < 0$). Nilai NDVI juga digunakan untuk mengestimasi emisivitas pada wilayah penelitian ini dengan menggunakan metode *NDVI-threshold*.

B. Peta sebaran mineral teralterasi hidrotermal

Data citra yang digunakan dalam analisis mineral teralterasi hidrotermal yaitu data band-band satelit Landsat 8 yang perlu dikalibrasi dengan menggunakan (1). Setelah nilai band-band dikalibrasi, selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode komposisi band rasio. Teknik komposisi band rasio dilakukan dengan pembagian nilai digital number (DN) dari salah satu band terhadap nilai DN band lainnya [8]. Dimana nilai band-bandnya telah dilakukan koreksi terlebih dahulu menggunakan (1).

Tabel 3. Kelas nilai indeks NDVI di Gunung Api Bur Ni Geureudong Kabupaten Bener Meriah

No	Kisaran Nilai NDVI	Warna	Kelas Kerapatan Vegetasi	Jenis Penggunaan
Lahan	(-0.7 - 0)		Tidak Bervegetasi	Daerah air /Danau Laut Tawar atau Lahan Basah
2	0 - 0.2		Tidak Rapat	Lahan kosong, mukim padat, Kawasan Bandara Rembele, daerah mineral teralterasi hidrotermal
3	0.2 - 0.5		Sedang	Lahan Campuran Perkebunan, sawah kering, semak belukar, daerah geothermal
4	0.5 - 0.88		Rapat Vegetasi	Lahan Sehat Vegetasi, Hutan lebat

Pada penelitian ini mineral besi (*ferric oxide*) dan mineral clay diidentifikasi dengan memanfaatkan band pada spektrum cahaya tampak, spektrum *Near-Infrared* (NIR) dan spektrum *Short-Wave-Infrared* (SWIR), yang ada pada citra Landsat 8.

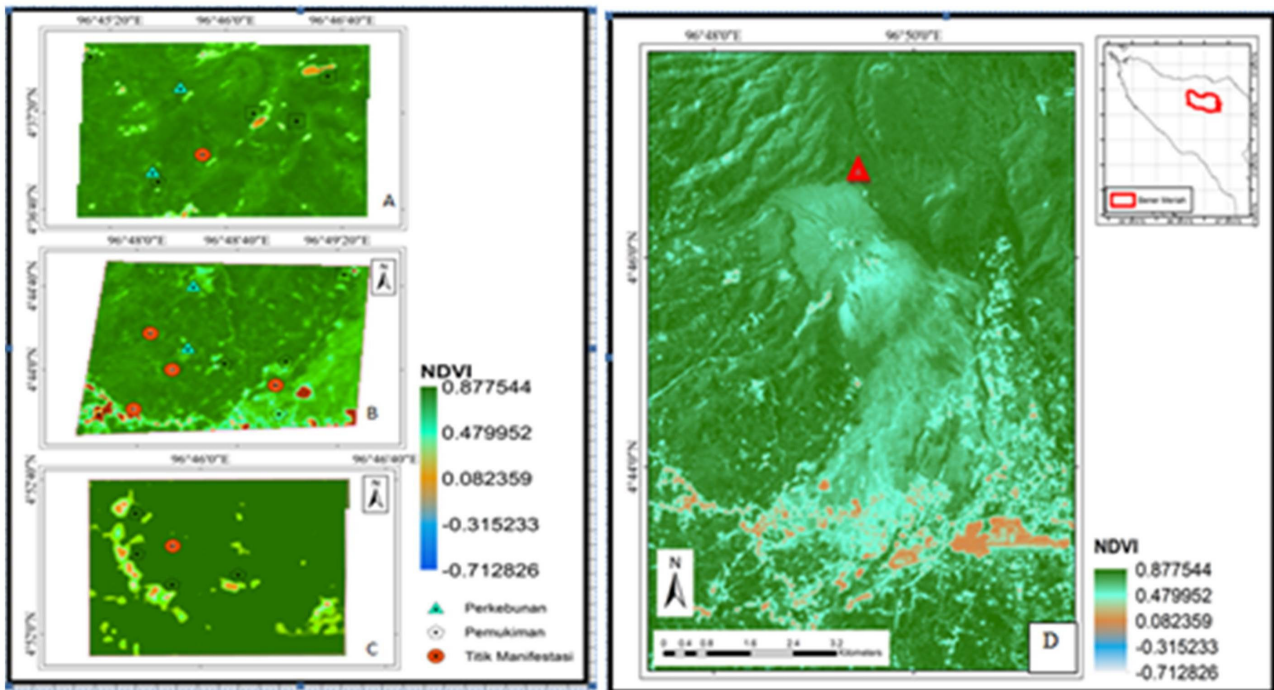
Mineral *ferric oxide* (Fe_2O_3) berupa mineral (*hematite* dan *magnetite*) dapat diidentifikasi dengan menggunakan band rasio 6/5. Band 6 memiliki panjang gelombang (1,57–1,65 μm) merupakan gelombang SWIR 1 dan band 5 memiliki panjang gelombang (0,85–0,88 μm) yang merupakan gelombang NIR. Karakteristik mineral *ferric oxide* (*hematite* dan *magnetite*), memiliki spektral reflektansi elektromagnetik minimum pada 0,48 μm dan 0,85 μm [10]. Hal ini disebabkan oleh proses transisi elektron di kulit terluar dari atom Fe^{3+} . Kemudian terlihat mineral ini memiliki nilai spektral reflektansi maksimum pada panjang gelombang 0,5–0,72 μm [10].

Mineral *Clay/Lempung* diidentifikasi dengan menggunakan band rasio 6/7. Pada umumnya, untuk pemetaan mineral lempung dan penambang karbonat lebih sensitif menggunakan band rasio 6/7 Landsat 8 OLI yaitu band 6 memiliki panjang gelombang 1,56–1,66 μm dan band 7 memiliki panjang gelombang 2,1–2,3 μm . Karakteristik mineral lempung sangat terlihat pada spektral reflektansi panjang gelombang elektromagnetik 2.1–2.3 μm , karena untuk objek (*green vegetation, goethite, dry vegetation* dan air) mengalami absorbs [15]. Sedangkan mineral lempung memiliki spektral reflektansi maksimal, sehingga mineral lempung terlihat berwarna cerah dan jelas.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Peta sebaran kerapatan indeks vegetasi

Interpretasi citra satelit berdasarkan sebaran kerapatan vegetasi perlu dilakukan karena mengingat kawasan



Gambar 4. Peta NDVI di titik manifestasi 1 (A) Titik manifestasi 2,4,5 dan 6 (B) di titik manifestasi 3 (C) di titik kawasan Bur Ni Telong (D)

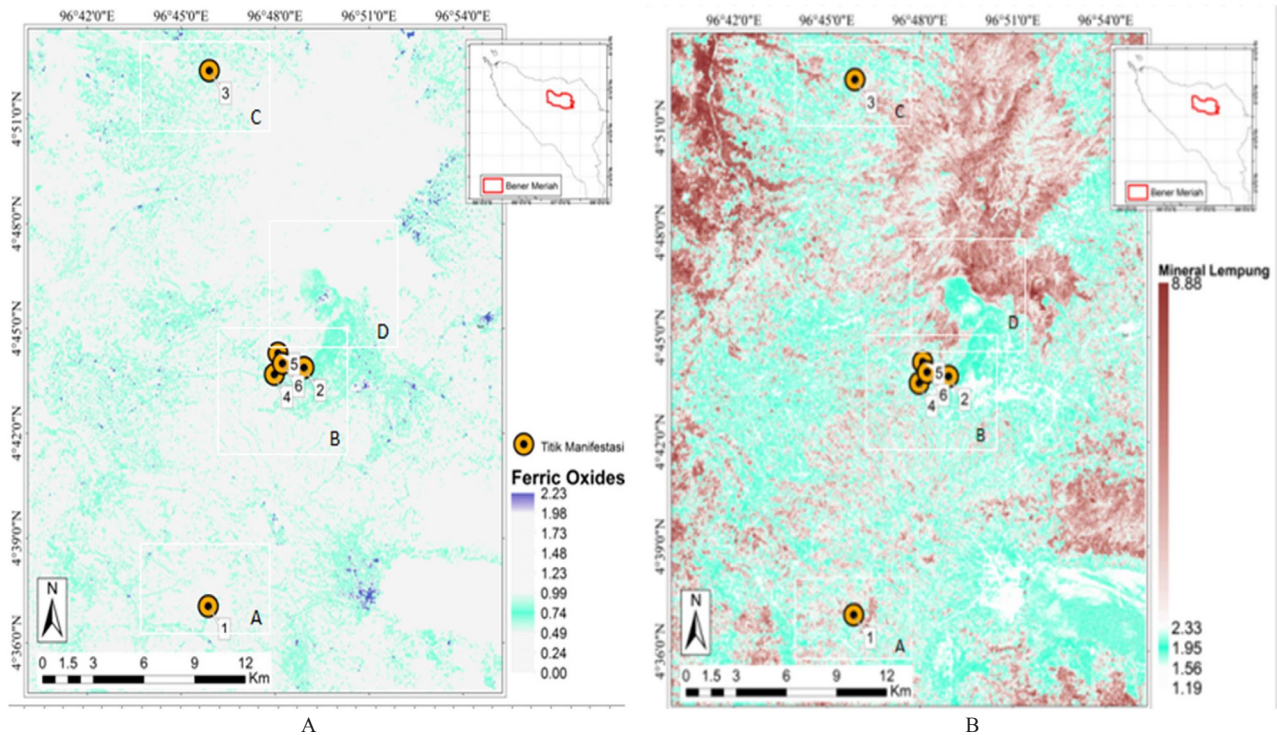
Gunung Api ini memiliki hutan lebat yang dapat menjadi tantangan tersendiri dalam melihat kerapatan vegetasi dan mineral teralterasi hidrotermal.

Dalam penelitian ini tinjauan sebaran vegetasi difokuskan kepada lokasi yang terdapat manifestasi panas bumi dan mineral teralterasi hidrotermal yang terlihat pada Gambar 3. Titik-titik manifestasi yang ditampilkan pada Gambar 3 merupakan lokasi manifestasi yang diketahui melalui tinjauan langsung ke lapangan (*site visit*) dan ditemukan 6 titik manifestasi panas bumi yang berupa *hotsprings* dan solfata.

Gambar 3 menunjukkan nilai indeks sebaran vegetasi yang memiliki nilai -0,71 sampai 0,88. Nilai indeks tersebut dibagi dalam empat kelas sesuai jenis penggunaan lahan yaitu air, lahan kosong, lahan campuran dan lahan bervegetasi sehat, dapat dilihat dalam Tabel 3 nilai indeks NDVI tersebut menunjukkan jenis penggunaan lahan berdasarkan tingkat kerapatan vegetasi yaitu lahan basah atau daerah air yang tidak bervegetasi seperti daerah Danau Laut Tawar di Kabupaten Aceh Tengah dengan rentang nilai -0,7 sampai 0 dan ditandai oleh warna biru tua. Lahan kosong dengan tingkat kerapatan vegetasinya yang tidak rapat terdapat di daerah Bandara Rembele, pemukiman padat penduduk, dan area yang memiliki mineral teralterasi hidrotermal dengan rentang nilai 0 sampai 0,2 yang ditandai oleh warna coklat muda. Lahan campuran yang memiliki tingkat vegetasinya sedang terdapat di daerah perkebunan, sawah kering, semak belukar dan daerah geothermal dengan rentang nilai 0,2 sampai 0,5 yang ditandai oleh warna biru muda. Sedangkan lahan sehat vegetasi dengan tingkat kerapatan vegetasi yang rapat di tandai oleh daerah hutan yang lebat dengan rentang nilai 0,5 sampai 0,88 yang ditandai oleh warna hijau tua.

Lokasi ke enam titik manifestasi merupakan kawasan hutan sedang dan hutan rapat, ditandai oleh warna hijau tua dan terlihat pada Gambar 4. Di sekitar area dari kelima titik manifestasi (titik 1, titik 2, titik 3, titik 4 dan titik 5), jikadiperbesar terlihat bewarna birumuda. Hal ini disebabkan oleh adanya sumber air panas dikawasan tersebut. Sedangkan untuk titik 6 terlihat sedikit coklat karena memiliki sumber manifestasi berupa sulfur. Namun jika diamati dengan menggunakan google map, untuk kawasan yang berada jauh dari titik manifestasi 1 dan 2 terdapat manifestasi yang diduga sulfur. Pada peta manifestasi tersebut ditandai oleh simbol persegi serta berwarna coklat muda. Di titik manifestasi 2, 3, 4, 5 dan 6 merupakan kawasan perumahan penduduk yang ditandai oleh warna coklat. Adanya kesamaan warna antara kawasan penduduk dengan manifestasi sulfur, diduga karena pantulan dari material rumah. Kawasan yang terdapat perkebunan ada di titik 1, 2, 4, 5, dan 6 yang ditandai oleh segitiga serta bewarna hijau muda, sedangkan di titik 3 tidak terdeteksi adanya perkebunan meskipun titik tersebut berada dalam kawasan pemukiman penduduk. Hal ini disebabkan kawasan tersebut tepat berada di kaki gunung yang di penuh rawa-rawa. Berdasarkan penjelasan mengenai lokasi titik manifestasi, maka wilayah yang memiliki kelas kerapatan vegetasi sedang berada di sekitar lokasi titik manifestasi 2, 4 dan 5 (Kecamatan Pante Raya Barat dan Kecamatan Wih Pesam) sedangkan kelas kerapatan vegetasi rapat/tinggi berada di lokasi titik manifestasi 1, 3 dan 6 (Kecamatan Silih Nara dan Kecamatan Pinto Rime Gayo).

Sisi sebelah Barat dan Selatan Bur Ni Geureudong memiliki kelas kerapatan vegetasi sedang (Gunung Api Bur Ni Telong, disekitar daerah Simpang Tiga Redelong dan di sekitar Takengon) yang merupakan kawasan perkebunan



Gambar 5. Peta sebaran mineral ferric oxide menggunakan band rasio 6/5 ditandai oleh warna biru tua (A), dan peta sebaran mineral clay/lempung menggunakan band rasio 6/7 yang ditandai oleh warna coklat tua (B)

dan semak belukar. Untuk kawasan di arah Selatan dari Gunung Api Bur Ni Telong, juga terlihat adanya kawasan urban atau perkotaan, lahan pacuan kuda, lahan kosong, perkebunan, Yonif 114/SM dan Bandara Rembele yang memiliki tingkat kerapatan vegetasi jarang/tidak rapat. Kawasan ini ditandai oleh warna coklat. Untuk yang arah Timur dan Utara dari Gunung Api Bur Ni Geureudong masih memiliki hutan yang cukup lebat.

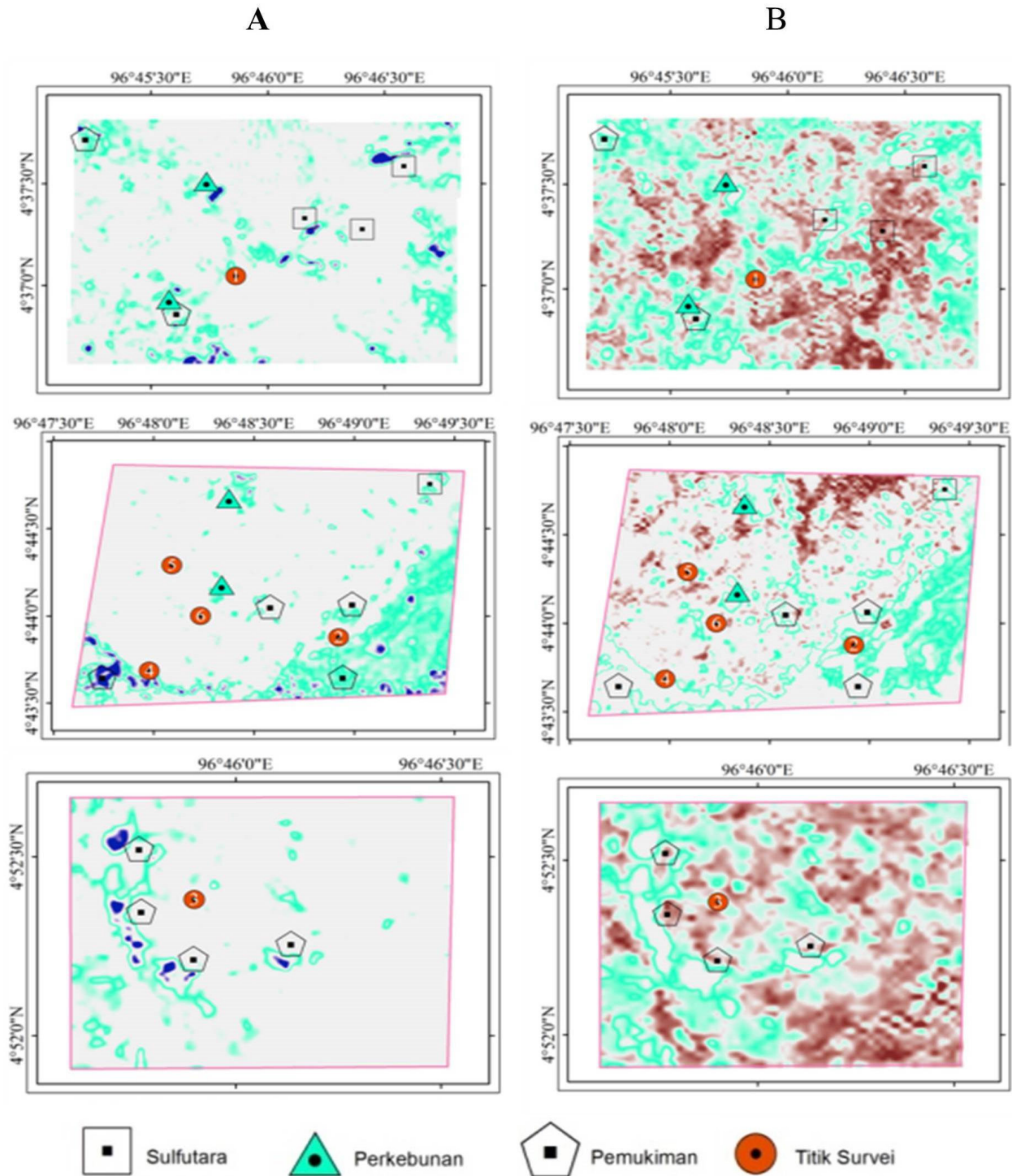
B. Peta sebaran mineral teralterasi hidrotermal

Hasil pemetaan sebaran mineral teralterasi hidrotermal menggunakan metode band rasio di wilayah panas bumi Kabupaten Bener Meriah terlihat pada Gambar 5. Pemetaan mineral *ferric oxide* dan mineral lempung terlihat lebih jelas jika menggunakan metode band rasio. Karena komposisi band rasio mampu menginterpretasikan sebaran mineral lebih jelas dibandingkan dengan menggunakan satu band saja. Hal ini disebabkan nilai range panjang gelombang dari hasil teknik band rasio lebih pendek dibandingkan nilai panjang gelombang menggunakan satu band saja. Sehingga informasi mineral yang diperoleh lebih padat, jelas, dan baik. Mineral *ferric oxide* tersebar di Gunung Api Bur Ni Geureudong, dengan nilai sebaran yaitu 0,00–2,23 ditandai oleh warna biru tua. Sebaran mineral tersebut ada di kawasan urban/kota Takengon, Bandara Rembele dan sekitarnya yang berlokasi di Simpang Tiga Redelong, kawasan sebelah Timur dan Barat dari Gunung Api Bur Ni Geureudong dan kawasan Gunung Api Bur Ni Telong, sebaran mineral tersebut terlihat hampir merata di kawasan Gunung Api Bur Ni Geureudong, namun dalam jumlah sebaran berbeda-beda. Mineral ini

tersebar maksimal di Kota Takengon, Bandara Rembele dan sekitarnya yang berlokasi di Simpang Tiga Redelong. Karena material-material besi seperti pesawat yang ada di Bandara Rembele serta material-material perumahan penduduk yang ada di Kota Takengon. Hal tersebut justru membantu peneliti untuk melihat adanya kesamaan warna mineral *ferric oxide* dengan kawasan material yang ada di Bandara Rembele yaitu sama-sama memiliki sebaran mineral besi atau *ferric oxide*.

Mineral *clay* atau mineral lempung memiliki tingkat sebaran yang cukup tinggi yaitu kurang lebih 80% di dominasi oleh mineral ini. Mineral ini memiliki nilai sebaran 1,19–8,88, dimana nilai sebaran maksimal 2,33–8,88 yang ditandai oleh warna coklat pekat. Untuk warna biru muda yang ada di semua peta merupakan kawasan bervegetasi sedang. Untuk melihat sebaran mineral teralterasi hidrotermal di titik manifestasi dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

Sebaran mineral *ferric oxide* di sekitar titik manifestasi 2, 4, 5 dan 6, hanya terlihat di sebelah Timur menuju arah Selatan dari titik manifestasi 2 dan di sebelah Barat menuju arah Selatan dari titik manifestasi 4. Kedua area tersebut berada di kawasan pemukiman penduduk yang ditandai oleh simbol pentagonal (segilima). Sebaran minimum juga terlihat di titik manifestasi 6 yang berada di bukit dan merupakan kawasan manifestasi sulfur. Sedangkan pada kawasan ke-empat titik manifestasi ini juga di dominasi oleh mineral *clay* terlihat pada Gambar 6. Sebaran mineral *ferric oxide* di titik manifestasi 3 terlihat di sekitar kawasan pemukiman penduduk dan di kelilingi oleh sebaran mineral *clay/lempung* yang sangat dominan di kawasan tersebut. kawasan tersebut merupakan rawa-

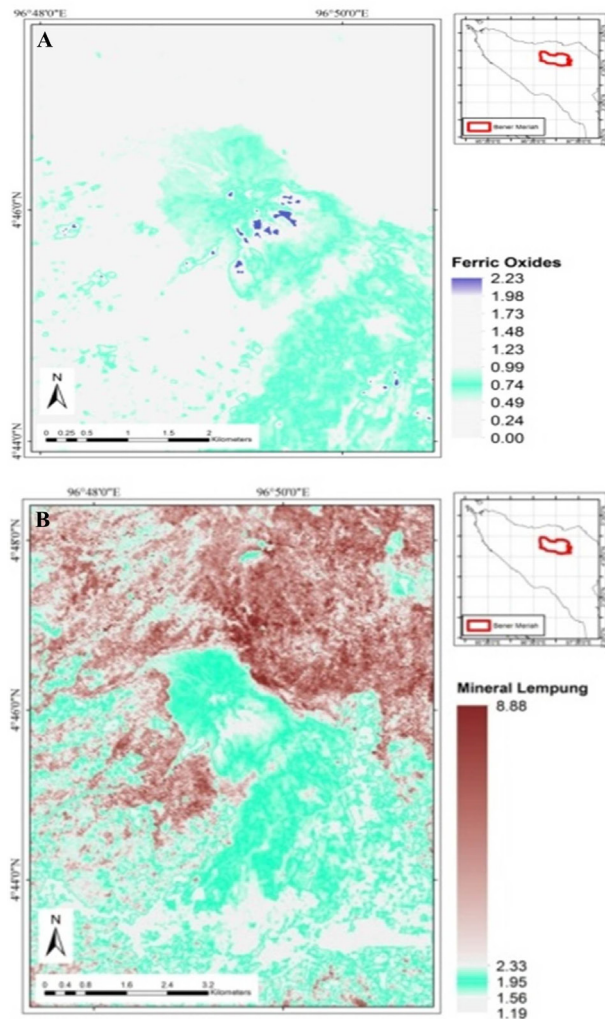


Gambar 6. Peta sebaran mineral ferric oxide menggunakan band rasio 6/5 (A), dan peta sebaran mineral clay (mineral lempung) menggunakan band rasio 6/7 (B) di titik manifestasi Gunung Api Bur Ni Geureudong

rawa atau semak belukar yang ada di kaki gunung. Sebaran maksimal mineral *ferric oxide* berada di Gunung Api Bur Ni Telong yang ditandai oleh warna biru tua. Kawasan Gunung Api Bur Ni Telong memiliki kelas kerapatan vegetasi sedang. Namun di kawasan yang memiliki mineral ini tidak terlihat adanya sebaran mineral *clay*/lempung. Sedangkan sebaran maksimal mineral *clay*/lempung berada selain di kawasan sebaran mineral *ferric oxide* terlihat pada Gambar 7.

V. KESIMPULAN

Penelitian menggunakan data citra satelit Landsat 8 menunjukkan hasil yang optimal dalam memetakan kerapatan vegetasi dan mineral teralterasi hidrotermal. Hasil dari penelitian di Gunung Api Bur Ni Geureudong, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh, didapatkan nilai indeks vegetasinya berkisar dari -0,71 sampai 0,87. Tingkat kerapatan vegetasinya termasuk dalam klasifikasi tidak bervegetasi (-0,7-0), tidak rapat (0-0,02), sedang (0,2-



Gambar 7. (A) Peta sebaran mineral ferric oxide menggunakan band rasio 6/5 ditandai oleh warna biru tua dan (B) mineral clay (mineral lempung) menggunakan band rasio 6/7 ditandai oleh warna coklat pekat di kawasan Gunung Api Bur Ni Telong

0,5), dan rapat (0,50–0,88). Namun khusus untuk daerah penelitian yang memiliki manifestasi berada pada klasifikasi kelas sedang hingga rapat/tinggi. Kelas kerapatan vegetasi sedang berada di sebelah Barat dan Selatan Bur Ni Geureudong (Gunung Api Bur Ni Telong, daerah Simpang Tiga Redelong dan Takengon). Kelas kerapatan vegetasi tinggi/rapat berada di arah Timur dan Utara dari Gunung Api Bur Ni Geureudong. Lokasi manifestasi panas bumi berada pada kelas kerapatan vegetasi sedang (Kecamatan Wih Pesam dan Kecamatan Pante Raya Barat) sedangkan kelas kerapatan vegetasi rapat/tinggi (Kecamatan Silih Nara dan Kecamatan Pinto Rime Gayo).

Sebaran mineral teralterasi hidrotermal seperti *ferric oxide* dan mineral *clay* / lempung terlihat jelas dengan menggunakan komposisi band rasio 6/5 dan 6/7. Nilai sebaran mineral *ferric oxide* yaitu 0,00–2,23 ditandai oleh warna biru tua. Sebaran maksimal mineral ini berada di Gunung Api Bur Ni Telong yaitu 1,98–2,23 dan sebagian kecil sebaran mineral ini berada di Desa Uning Bertih yaitu kawasan Pinto Rime Gayo yang memiliki titik manifestasi berupa kandungan sulfur. Mineral ini juga ditemukan di lereng Gunung Api Bur Ni Telong, yang berdekatan

dengan titik manifestasi yang berada di wilayah Silinara. Sedangkan untuk mineral *clay*/lempung memiliki sebaran hampir seluruh Gunung Api Bur Ni Geureudong dengan nilai sebaran 1,19–8,88 ditandai oleh warna coklat tua. Sebaran maksimal adalah 2,33–8,88. Namun sebaran mineral *clay* tidak terlihat atau sangat sedikit di kawasan Gunung Api Bur Ni Telong.

REFERENSI

- [1] I. Stobe and K. Bucher, *Geothermal Energy*. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [2] B. Mia and Y. Fujimitsu, "Mapping hydrothermal altered mineral deposits using Landsat 7 ETM+ image in and around Kuju volcano, Kyushu, Japan," *J. Earth Syst. Sci.*, vol. 121, no. 4, pp. 1049–1057, 2012.
- [3] T. Han and J. Nelson, "Mapping hydrothermally altered rocks with Landsat 8 imagery: A case study in the KSM and Snowfield zones, northwestern British Columbia," *Br. Columbia Geol. Surv. Pap.*, vol. 2005–1, pp. 103–112, 2015.
- [4] B. Hu, Y. Xu, B. Wan, X. Wu, and G. Yi, "Hydrothermally altered mineral mapping using synthetic application of Sentinel-2A MSI, ASTER and Hyperion data in the Duolong area, Tibetan Plateau, China," *Ore Geol. Rev.*, vol. 101, no. July, pp. 384–397, 2018.
- [5] A. B. Pour and M. Hashim, "Hydrothermal alteration mapping from Landsat-8 data, Sar Cheshmeh copper mining district, south-eastern Islamic Republic of Iran," *J. Taibah Univ. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 155–166, 2015.
- [6] Ministry of Energy and Mineral Resources, *Geothermal Potensial of Indonesia Chapter 1*. Jakarta, 2017.
- [7] N. Ismail, D. R. Putri, T. Arifan, and A. B. C. Hutapea, "Interpretation Of Gravity And Magnetic Data To Delineate Local Fault Structures In Bur Ni Geureudong Geothermal Field, Aceh Province, Indonesia," in *The 11th Asian Geothermal Symposium*, 2016.
- [8] G. S. Nugraha, Marwan, O. Ikhrumullah, S. Alawiyah, and Sutopo, "Analysis Of The Geothermal Potential Based Fault Zone In Burni Telong Bener Meriah, Aceh, Indonesia," in *The 1st IBSC: Towards the Extended Use Of Basic Science For Enhancing Health, Environment, Energy And Biotechnology*, 2017, pp. 239–242.
- [9] L. Hakim, N. Ismail, and F. Abdullah, "Kajian Awal Penentuan Daerah Prospek Panas Bumi di Gunung Bur Ni Telong Berdasarkan Analisis Data DEM SRTM dan Citra Landsat 8," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. February 2018, pp. 125–132, 2017.
- [10] B. G. N. Page *et al.*, "A review of the main structural and magmatic features of northern Sumatra," *Geol. Soc.*, vol. 136, pp. 569–579, 1979.
- [11] R. Van Bemmelen, *Geology of Indonesia Vol-1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago*. The Hague: Government Printing Office, 1949.
- [12] N. R. Cameron *et al.*, "Geologic map of the Takengon quadrangle, Sumatra." Geological Research and Development Center, 1983.
- [13] D. of the I. U. S. G. Survey, *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook*, vol. 8. Department of the Interior U.S. Geological Survey, 2016.
- [14] B. Mia, J. Nishijima, and Y. Fujimitsu, "Exploration and monitoring geothermal activity using Landsat ETM+ images. A case study at Aso volcanic area in Japan," *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol. 275, no. August 2007, pp. 14–21, 2014.
- [15] A. B. Pour and M. Hashim, "Regional hydrothermal alteration mapping using Landsat-8 data," *Int. Conf. Sp. Sci. Commun. Iconsp.*, vol. 2015–Sept, no. September, pp. 199–202, 2015.