Pemetaan Suhu Permukaan Anomali Panas Bumi Daerah Gunung Ciremai Menggunakan Data Inframerah Termal Landsat 8

Syatiya Mirwanda^{1*}, Fatiha Salsabiila¹, Regita Pramesti¹, Annida Rifqoh Zakiyyah¹, Muhamad Rizki Tuelzar²

¹Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro, Bandar Lampung, Lampung 35141

²Program Studi Teknik Sistem Energi, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Jati Agung, Lampung Selatan, Lampung 35365

Dikirim:
14 Oktober 2021

Direvisi:
19 November 2021

Diterima:
26 November 2021

* Email Korespondensi:
syatiya03032000@gmail.com

Abstrak: Prospek geotermal di daerah Timur Ciremai berada pada aktivitas vulkanik aktif namun pencarian prospek panas bumi di area ini mengabur akibat adanya kontras antara batuan vulkanik dengan batuan sedimen. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi area potensial panas bumi berdasarkan suhu permukaan menggunakan metode penginderaan jauh. Data yang digunakan berupa citra satelit Landsat 8 yang sudah mempunyai sensor termal yang disebut Thermal Infrared Sensor (TIRS) pada pita sensor 10 dan 11 yang dikombinasikan dengan NDVI. Hasil analisis NDVI menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki vegetasi dan permukaan berupa air atau awan yang lebih banyak memantulkan gelombang cahaya tampak dibandingkan gelombang infrared dengan nilai NDVI -0,75 - 0,88. Hasil analisis LST dapat diketahui bahwa suhu permukaan pada daerah tersebut memiliki nilai dalam rentang 15 °C – 31 °C. Area yang memiliki tingkat LST tinggi di antara tingkat LST yang rendah dapat diperkirakan sebagai area yang memiliki anomali. Hal ini bersesuaian dengan kerapatan vegetasi pada area tersebut yang tinggi sehingga seharusnya besar suhu permukaannya rendah bukan sebaliknya. Berdasarkan integrasi dengan data manifestasi di lapangan, maka dapat dipastikan bahwasanya terdapat beberapa anomali panas bumi pada arah tenggara dari Gunung Ciremai.

Kata kunci: Citra Satelit, Landsat 8, Panas Bumi, Suhu Permukaan, NDVI

Abstract: The geothermal prospect in the East Ciremai area is in active volcanic activity but the search for geothermal prospects in this area is blurred due to the contrast between volcanic rocks and sedimentary rocks. This study tries to identify potential geothermal areas based on surface temperature using remote sensing methods. The data used is in the form of Landsat 8 satellite imagery which already has a thermal sensor called the Thermal Infrared Sensor (TIRS) on sensor bands 10 and 11 combined with NDVI. The results of the NDVI analysis show that the research area has vegetation and a surface in the form of water or clouds that reflect more visible light waves than infrared waves with an NDVI value of -0.75 - 0.88. The results of the LST analysis can be seen that the surface temperature in the area has a value in the range of 15 °C – 31 °C. Areas with high LST levels among low LST levels can be estimated as areas with anomalies. This is in accordance with the high density of vegetation in the area so that the surface temperature should be low, not the other way around. Based on the integration with the manifestation data in the field, it can be ascertained that there are several geothermal anomalies in the southeast direction of Mount Ciremai.

Keywords: Geothermal, Landsat 8, Land Surface Temperature, NDVI, Satellite Image,

1. PENDAHULUAN

Gunung Ciremai merupakan salah satu gunung api yang terletak di Pulau Jawa. Daerah Gunung Ciremai memiliki potensi panas bumi dengan beberapa prospek seperti prospek Sangkanhurip, prospek Ciniru, dan prospek Pajambon. Prospek Sangkanhurip memiliki luas reservoir sebesar 2 km² dengan kisaran suhu berada pada temperatur 140 °C dan ketebalan reservoir sebesar 1,25 Km. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode volumetrik dapat diperkirakan prospek ini memiliki cadangan sebesar 25 MW. Prospek Ciniru memiliki luas reservoir sebesar 8.5 km² dengan kisaran suhu pada temperatur 140°C dan ketebalan reservoir sebesar 2 Km (hasil *modeling* data MT). Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode volumetrik dapat diperkirakan prospek ini memiliki

cadangan sebesar 75 MW. Prospek Pajambon memiliki luas reservoir sebesar 10 km² dengan kisaran suhu pada temperatur 140 °C. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode volumetrik dapat diperkirakan prospek ini memiliki cadangan sebesar 135 MW (Pratomo, 2008; Samodra, 2008).

Prospek geotermal di daerah Timur Ciremai berada pada aktivitas vulkanik aktif dengan *heatsource* berupa intrusi andesit pada batuan sedimen tersier. Namun pencarian prospek panas bumi di area ini mengabur akibat adanya kontras antara batuan vulkanik dengan batuan sedimen. Indikasi sistem Hidrotermal berada pada barat Ciremai didapatkan dari hasil pengolahan data *sounding*. Ditemukan pula anomali yang tinggi di timur hingga timur laut lereng Gunung Ciremai yang didapatkan dari data sebaran merkuri *soil* dan data

sebaran CO₂ soil. Prospek panas bumi di Indonesia tersebar di beberapa daerah terutama daerah dengan adanya aktivitas vulkanisme. Namun, pada daerah Gunung Ciremai ini terjadi pertentangan mengenai rencana eksplorasi panas bumi yang ditolak oleh masyarakat akibat adanya isu-isu yang mengangkat dampak negatif dari eksplorasi panas bumi. Padahal sejatinya, energi panas bumi merupakan energi yang terbilang ramah lingkungan dan juga terbarukan terutama untuk pembangkit listrik dibandingkan dengan sumber lainnya seperti bahan bakar minyak serta didukung dengan keberadaan potensi panas bumi Indonesia yang besar. Selain itu, panas bumi daerah Gunung Ciremai ini juga dapat membuka potensi wisata, peternakan, dan agrobisnis yang mana daerah Gunung Ciremai ini memiliki luas wilayah kerja panas bumi hingga 38.560 Ha.

Untuk mengidentifikasi karakteristik suatu objek di permukaan bumi, dapat digunakan teknologi penginderaan jauh sehingga tidak perlu dilakukan peninjauan langsung ke lapangan. Penginderaan jauh ini memiliki manfaat salah satunya dalam memvisualisasikan persebaran suhu permukaan bumi dengan menggunakan pengolahan berupa *Land Surface Temperature* (LST), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan delineasi kelurusan. Dengan metode *overlay – Analytical Hierarchy Process* (AHP), data lokasi mata air panas dan batuan ubahan, dan perhitungan potensi energi panas bumi, dapat mendukung pemetaan secara spesifik. Artikel ini bertujuan untuk mengetahui sebaran area potensi panas bumi

menggunakan citra Landsat 8 yang telah memiliki sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) pada band 4, 5, 10 dan 11 di kawasan Gunung Ciremai dan mengetahui nilai signifikansi suhu hasil pengolahan LST dan validasi lapangan.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Gunung Ciremai adalah gunung api soliter tertinggi di Jawa Barat dengan puncak tertingginya yaitu 3.078 mdpl. Gunung Ciremai ini termasuk ke dalam Kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai (TNGC) yang terletak di wilayah Kabupaten Kuningan seluas 8.792,21 Ha (59,24%), Kabupaten Majalengka seluas 6.031,26 Ha (40,64%) dan Kabupaten Cirebon seluas 17,83 Ha (0,12%) dengan batas wilayah secara administratif yaitu sebelah utara adalah Kecamatan Dukupuntang Kabupaten Cirebon, sebelah Timur adalah Kabupaten Kuningan, sebelah Selatan adalah kecamatan Darma Kabupaten Kuningan, dan sebelah Barat adalah Kabupaten Majalengka.

Gunung Ciremai (± 3.078 m) yang terletak pada 106059' Bujur Timur dan 6 047' Lintang Selatan adalah sebuah gunungapi strato tipe A (pernah meletus setelah tahun 1600). Secara fisiografi, Gunung Ciremai merupakan yang terpisah dari serangkaian klaster gunung api pulau Jawa karena letaknya berada pada bagian utara pulau Jawa (gunungapi soliter) (Gambar 1). Secara administratif, Gunung Ciremai masuk ke dalam wilayah Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa.

Gambar 1. Posisi Gunung Ciremai terhadap rentetan gunungapi aktif di pulau Jawa, berdasarkan Citra Digital Elevation Model dan Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) Pulau Jawa (Pratomo, 2008).

2.2. Geologi daerah penelitian

Gunungapi Ciremai berada di atas formasi batuan sedimen berumur MioPliosen (Hanang S., 2008). Pada wilayah tersebut terdapat sesar dengan arah barat laut-tenggara (Gambar 2). Erupsi terakhir Gunung Ciremai terjadi pada 24 Juni 1937 hingga 7 Januari 1938 (Kusumadinata, 1971). Akibat aktifnya gunungapi ini, wilayah sekitar Gunung Ciremai relatif subur sehingga dipadati oleh pemukiman penduduk.

Pada peta persebaran gunungapi Kuartir di Pulau Jawa, Gunung Ciremai terletak di luar dari jalur gunungapi aktif lainnya pada deretan tengah Pulau Jawa. Gunung api Ciremai tergolong gunung api terisolir yang dapat dilihat dari posisi gunung itu sendiri yang masih aktif dan jauh dari kelompok gunung lainnya. Jalur gunungapi aktif tipe strato di pulau Jawa kebanyakan menghasilkan batu andesit piroksen serta basal dengan kandungan alumina

geometrik yang diperlukan dalam analisis citra satelit Landsat 8. Setiap data digital dari *remote sensing* satelit selalu mempunyai kesalahan geometrik (*systematic and unsystematic error*). Kesalahan geometrik tersebut dapat dilakukan koreksi yaitu dengan menggunakan variabel yang terdapat dalam data sensor serta pita sensornya. Dalam koreksi geometrik dikenal dua jenis metode yaitu rektifikasi dan orthorektifikasi. Rektifikasi adalah sebuah proses koreksi dengan menyesuaikan dengan koordinat pada GPS, kemudian peta atau citra lainnya yang sebelumnya sudah dikoreksi. Sedangkan orthorektifikasi merupakan sebuah proses koreksi geometrik dengan menggunakan data elevasi serta informasi posisi dari satelit (Candra & Santi, 2011). Sebelum dilakukan koreksi geometrik, dilakukan terlebih dahulu melalui proyeksi peta. dibutuhkan penyamaan posisi antara satu citra dengan citra lainnya dengan sistem koordinat DMS (*Degree Minute Second*) dalam WGS84 (Supriatna & Sukartono, 2002).

Normalized Difference Vegetation Index atau disingkat NDVI merupakan nilai kerapatan dari vegetasi yang didapatkan dari data pantulan radiasi serta kecerahan (*brightness*) yang ditangkap oleh sensor satelit. Dengan mengetahui indeks vegetasi suatu wilayah banyak hal yang dapat dilakukan, proses ini dilakukan dengan membandingkan antara tingkat kecerahan band cahaya merah (*red*) dengan band inframerah dekat (*near infrared*).

2.4. Tahapan pengolahan data

Pengolahan yang dilakukan dapat dijabarkan seperti pada Gambar 3 di bawah ini.

Gambar 3. Diagram alir penelitian potensi panas bumi daerah Gunung Cermarai menggunakan data Landsat 8

Landsat LST tidak keluar sebagai produk yang langsung siap digunakan, dan dapat dihitung pada resolusi spasial 30 m berdasarkan data dari band termal yaitu band 10 (Avdan & Jovanovska, 2016; Sukendar dkk., 2016).

Secara umum proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil berupa peta persebaran suhu permukaan bumi di daerah penelitian adalah pengolahan kerapatan vegetasi menggunakan metode NDVI dan pengolahan suhu permukaan bumi metode LST (*Land Surface Temperature*). Tahap awal dari pengolahan ini adalah melakukan koreksi radiometrik dan pemotongan citra. Koreksi radiometrik digunakan untuk memperbaiki kesalahan yang terjadi pada data citra yang disebabkan oleh efek atmosfer bumi. Koreksi ini bisa dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\rho\lambda = \frac{M_p Q_{cal} + A_p}{\sin \theta} \quad (1)$$

$\rho\lambda$ = Reflektansi *Planetary Spectral*
 M_p = Nilai Reflektan MULT_BAND_X dimana X adalah nomor band
 Q_{cal} = Band yang akan dikoreksi
 A_p = Nilai reflektan ADD_BAND_X dimana X adalah nomor band
 θ = sudut elevasi matahari

Pemotongan citra (*cropping*) dilakukan untuk menyesuaikan citra dengan area yang menjadi objek penelitian. Pada bagian ini kita dapat menghilangkan hambatan seperti keberadaan awan di daerah penelitian. Pengolahan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan metode NDVI yang dihitung dari Landsat 8 Band 4 (RED) dan Band 5 (NIR) dengan rumus.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

Setelah itu, pancaran dari band 10 yang telah dikonversi kemudian dikonversi lagi ke *Brightness Temperature* (BT). Untuk memperoleh perkiraan LST, emissivitas tanah atau *Land Surface Emissivity* (LSE) harus diketahui. Estimasi LSE membutuhkan proporsi vegetasi (P_v) untuk mengetahuinya, dapat dihitung dari persamaan berikut:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2 \quad (3)$$

Dimana $NDVI_{max}$, mengacu pada permukaan vegetasi sepenuhnya dan $NDVI_{min}$ sesuai dengan tanah kosong. Selanjutnya, LSE ($\epsilon\lambda$) yang dihitung secara kondisional menggunakan rumus berikut (Skoković dkk., 2014).

$$LSE = \epsilon\lambda = 0.004 P_v + 0.986 \quad (4)$$

Akhirnya, LST dihitung sebagai emisivitas suhu permukaan tanah yang dikoreksi T_s menggunakan rumus berikut (Avdan & Jovanovska, 2016).

$$T_s = \frac{BT}{1 + \left[\left(\frac{\lambda BT}{\rho} \right) \ln \epsilon \lambda \right]} \quad (5)$$

T_s adalah singkatan dari LST dalam derajat Celsius, BT adalah Suhu Kecerahan dari Persamaan (2). Kemudian $\epsilon \lambda$ merupakan emisivitas suhu permukaan vegetasi pada persamaan (4). ρ pada persamaan (5) didapat dari:

$$\rho = h \frac{c}{\sigma} = 1.438 \times 10^{-2} mK \quad (6)$$

di mana $\sigma = 1,38 \times 10^{-23} J/K$, adalah konstanta Boltzmann, $h = 6,626 \times 10^{-34} Js$, adalah konstanta Planck dan $c = 2,998 \times 10^8 m/s$, adalah kecepatan cahaya.

2.3. Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Data band 4, 5, 10, dan 11 citra Landsat 8 akuisisi pada tanggal 9 September 2020
2. Perangkat keras berupa laptop dengan spesifikasi:
 - a. Merek dan tipe : Acer Aspire V5-471
 - b. Tipe prosesor :Prosesor Intel(R) Core(TM) i3-2365M CPU @1.40GHz
 - c. Spesifikasi RAM : 4 GB
 - d. Sistem Operasi : Windows 7 Ultimate Pro 32-bit.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengolahan citra yaitu ArcGIS 10.3.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra satelit pada dasarnya menggunakan pantulan gelombang elektromagnetik yang diarahkan ke suatu objek. Sumber gelombang elektromagnetik ini berasal dari sinar matahari sehingga kondisi atmosfer sangat mempengaruhi hasil dari rekaman data citra. Untuk mendapatkan data citra yang baik, maka harus menggunakan citra dengan tutupan awan yang sangat sedikit (0-5 %). Citra satelit yang sering digunakan untuk ilmu kebumihian salah satunya adalah Landsat. Citra Landsat mampu membaca suhu permukaan dengan akurasi tinggi. Suhu permukaan yang terekam oleh citra dipengaruhi oleh karakteristik objek di muka bumi dimana memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik yang bervariasi. Suhu permukaan berbanding terbalik dengan elevasi dimana semakin tinggi elevasinya maka suhu permukaan akan semakin rendah. Bila terjadi sebaliknya, maka dapat diperkirakan lokasi tersebut memiliki anomali dengan adanya potensi panas bumi.

Berdasarkan peta NDVI Daerah Gunung Ciremai (Gambar 4), didapatkan nilai NDVI maksimum yaitu 0,87758 yang menunjukkan bahwa daerah ini memiliki vegetasi karena permukaan vegetasi akan lebih banyak memantulkan radiasi pada gelombang *infrared* dibanding dengan gelombang cahaya tampak. Nilai NDVI minimum yaitu -0,747315 yang menunjukkan bahwa daerah dengan nilai ini memiliki permukaan berupa air atau awan yang lebih banyak memantulkan gelombang cahaya tampak dibandingkan gelombang *infrared*.

Gambar 4. Peta NDVI daerah Gunung Cermmai

Gambar 5. Peta Kerapatan Vegetasi daerah Gunung Ciremai

Dari pengolahan NDVI ini maka didapatkan informasi mengenai persebaran vegetasi daerah Gunung Ciremai berdasarkan kerapatannya. Berdasarkan peta kerapatan vegetasi daerah Gunung Ciremai (Gambar 5), dapat diketahui bahwa daerah Gunung Ciremai dan sekitarnya didominasi oleh adanya vegetasi yang tinggi. Daerah dengan kerapatan vegetasi tinggi ditunjukkan dengan warna merah, daerah dengan kerapatan vegetasi sedang ditunjukkan dengan warna oranye, daerah dengan kerapatan vegetasi rendah ditunjukkan dengan warna kuning dan

kerapatan vegetasi sangat rendah ditunjukkan dengan warna hijau muda. Dan daerah yang tidak memiliki vegetasi berupa air seperti waduk, danau, sungai, maupun laut ditunjukkan dengan warna hijau tua. Daerah dengan kerapatan vegetasi yang tinggi biasanya memiliki suhu permukaan yang rendah sehingga bila pada daerah tersebut terdeteksi adanya suhu permukaan yang tinggi maka dapat diindikasikan sebagai anomali akibat manifestasi panas bumi yang berada di bawah permukaan.

Gambar 6. Peta *Land Surface Temperature* (LST) daerah Gunung Ciremai dari data citra Landsat 8

Gambar 7. Peta *Land Surface Temperature* (LST) beserta kontur daerah Gunung Ciremai

Berdasarkan pengolahan citra Landsat 8 tahun 2020 (Gambar 6 dan Gambar 7) di daerah Gunung Ciremai dan sekitarnya, dapat dianalisis bahwa suhu permukaan pada daerah tersebut memiliki nilai dalam rentang 15 – 31°C. Persebaran tingkat LST rendah yaitu memiliki suhu sekitar 15°C yang ditunjukkan dengan warna biru tua hingga muda pada peta berada di lereng gunung Ciremai dekat dengan puncak Gunung. Hal ini merupakan pengaruh dari vegetasi dengan kepadatan tinggi berupa hutan. Untuk persebaran tingkat LST tinggi yaitu memiliki suhu sekitar 31°C yang ditunjukkan dengan warna merah pada peta berada di puncak Gunung Ciremai di ketinggian 3000 meter yang menunjukkan lokasi kawah dan timur laut hingga tenggara dari puncak Gunung Ciremai pada ketinggian 500 hingga 800 meter di atas permukaan laut. Area yang memiliki tingkat LST tinggi di antara tingkat LST yang rendah dapat diperkirakan sebagai area yang memiliki anomali. Hal ini bersesuaian dengan kepadatan vegetasi pada area tersebut yang tinggi sehingga seharusnya besar suhu permukaannya rendah bukan sebaliknya. Area anomali ini muncul akibat adanya manifestasi panas bumi di bawah permukaan yang mempengaruhi besar suhu di permukaannya. Manifestasi panas bumi inilah yang nantinya dapat digunakan sebagai tinjauan penentuan potensi panas bumi.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa area yang terindikasi memiliki manifestasi panas bumi di daerah Gunung Ciremai tersebar pada timur laut hingga tenggara dari puncak Gunung Ciremai yaitu pada Desa Sangkanurip dan Desa Pajambon, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Nilai NDVI menunjukkan nilai sebesar 0,87758 hingga -0,747315 dimana nilai NDVI positif (+)

menunjukkan adanya vegetasi dan nilai NDVI negatif (-) menunjukkan tidak adanya vegetasi. Berdasarkan *Land Surface Temperature* (LST), anomali panas bumi ini memiliki suhu sebesar 31°C di area dengan kepadatan vegetasi yang tinggi. Hal ini didukung dengan adanya sumber mata air panas yang telah dikelola pada kedua area tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dan mendukung dalam pembuatan artikel ini. Terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah mengajarkan, mengarahkan, serta membimbing dalam penyelesaian penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Faridah, S. A., & Krisbiantoro, A. (2014). Analisis Distribusi Temperatur Permukaan Tanah Wilayah Potensi Panas Bumi Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh di Gunung Lamongan, Tiris-Probolinggo, Jawa Timur. *Berkala Fisika*, 17(2), 67–72.
- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using Landsat 8 Satellite Data. *Journal of Sensors*, 2016, <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Candra, R., & Santi, N. (2011). Teknik Perbaikan Kualitas Citra Satelit Cuaca dengan Sataid. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, 16(2), 101–109.
- 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.

- Dianovita, & Mahendra, R. (2014). Kajian Ketelitian Geometri Citra Landsat 8 Level 1T. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 254–260.
- Farras, N., Sukmono, A., & Bashit, N. (2017). Analisis Estimasi Energi Panas Bumi Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus: Kawasan Gunung Telomoyo). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 371–380.
- Gemitzi, A., Dalampakis, P., & Falalakis, G. (2021). Detecting geothermal anomalies using Landsat 8 thermal infrared remotely sensed data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96, 02283. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102283>
- Agung, B. H., Faizal, A., Anggi, A., Bahri, A. S., & Utama, W. (2013). Aplikasi Citra Satelit Landsat 8 Untuk Identifikasi Daerah Prospek Panas Bumi Daerah Songgoriti Batu dan Sekitarnya. *Jurnal Geosaintek*, 3(3), 149–154.
- Kusumadinata, K. (1971). Gunung Tjiremai, kumpulan data mentah hingga bulan April 1971. Direktorat Geologi, ESDM.
- Pratomo, I. (2008). Kegiatan Gunungapi Ciremai Jawa Barat dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan di Sekitarnya. *Jurnal Biologi Indonesia*, 4(5), 261–278.
- Samodra, H. (2008). Geologi Batuan Dasar Gunung Ciremai Jawa barat. *Jurnal Biologi Indonesia*, 4(5), 279–287.
- Sitanggang, G. (2013). Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). *Berita Dirgantara LAPAN*, 11(2), 47–58.
- Situmorang, T., Hadisantono, R. D., & Asmoro, P. (1995). *Peta Geologi Gunningapi Cereme, Jawa Barat*. Direktorat Vulkanologi, ESDM.
- Skoković, D., Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Soria, G., Julien, Y., Mattar, C., & Cristóbal, J. (2014). Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8- TIRS sensor. In *LPVE (Land Product Validation and Evolution, ESA/ESRIN Frascati*, 87(8), 4487–4497), <https://doi.org/10.1063/1.452862>.
- Sukendar, P. M., Sasmito, B., & Wijaya, A. P. (2016). Analisis Sebaran Kawasan Potensial Panas Bumi Gunung Salak Dengan Suhu Permukaan, Indeks Vegetasi Dan Geomorfologi. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 66–75.
- Supriatna, W., & Sukartono. (2002). Teknik Perbaikan Data Digital (Koreksi Dan Penajaman) Citra Satelit. *Buletin Teknik Pertanian*, 7(1), 4–6.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2014 Tentang Panas Bumi. (2014). <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/38684> (diakses 1 Agustus 2021 pukul 19.17 WIB).