

# PEMETAAN AREA POTENSIAL PANAS BUMI DESA TERAK, KABUPATEN BANGKA BERDASARKAN *LAND SURFACE EMIVISSITY (LSE) CITRA SATELIT LANDSAT 8*

Firza Roehafi, Purmita Sari, Zundia, Ahmad Rizaldi, Tri Kusmita<sup>a</sup>

Jurusan Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung  
Kampus Terpadu UBB, Balunijuk, Bangka, Bangka Belitung, Indonesia 33172

<sup>a)</sup> email korespondensi: trikusmita@ubb.ac.id

## ABSTRAK

Sumber panas bumi di Bangka diduga berasal dari batuan yang mengalami singkapan ataupun lipatan dan patahan. Salah satu daerah Bangka yang memiliki sumber panas bumi adalah Keretak. Manifestasi panas bumi di Keretak berupa mata air panas. Di daerah panas bumi Keretak memiliki struktur batuan berupa air tanah, tanah lempung, tanah lanau, batupasir, kerikil kering dan batu granit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi penyebaran sumber air panas dan bebatuan granit di Desa Keretak yang memiliki potensi panas bumi yang baik serta menganalisis hubungannya dengan temperatur permukaan tanah (LST), emivisitas permukaan (LSE), dan Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI). Data yang digunakan adalah data citra satelit dari citra landsat 8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai LSE pada daerah Terak cukup tinggi yaitu mendekati 1 (~0,98). Nilai LSE yang tinggi berasosiasi dengan nilai LST yang juga tinggi sekitar area sebaran sumur air panas (manifestasi permukaan). Pola LSE dan LST membentuk suatu pola kelurusan aliran panas permukaan di arah timurlaut-baratdaya daerah penelitian.

**Kata kunci:** Panas bumi, Keretak, LST, citra lansat-8

## PENDAHULUAN

Manifestasi panas bumi yang dijumpai di daerah Terak, Kecamatan Simpangkatis, Kabupaten Bangka Tengah berupa air panas dengan temperatur pada sumur pertama 40<sup>o</sup>C - 52<sup>o</sup>C. Air panas di area panas bumi desa Terak memiliki warna air yang sangat jernih dan tidak berbau. Area ini memiliki 7 sumur air panas yang tersebar membentuk suatu kelurusan baratdaya – timurlaut. Sumber air panas tersebut hanya dilapisi beton yang kurang terawat dan cukup jauh dari permukaan tanah (Gambar 1).

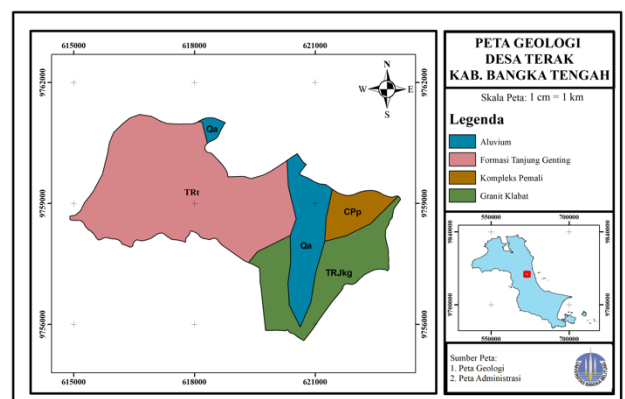


Gambar 1. Sumber air panas Terak

Sumur utama yang cukup besar biasanya digunakan oleh masyarakat sekitar untuk keperluan sehari-hari. Panasbumi Terak berasosiasi dengan peluruhan unsur radioaktif pada batuan granit yang mengalami singkapan ataupun lipatan dan patahan seperti Torium, Kalium, dan Uranium (EBTKE ESDM and Badan Geologi, 2017). Struktur sesar mendatar berarah timurlaut-baratdaya,

sesar normal, dan sesar mendatar berarah baratlaut-tenggara mendominasi daerah geologi Bangka Tengah (Margono, Supandjono, & E, 1995). Daerah terak sebagian besar terdiri dari endapan permukaan, endapan aluvium, batuan metamorf berumur permo-karbon, dan batuan beku plutonik tua seperti granit berumur trias (Gambar 2).

Berdasarkan anomali gaya berat, panas bumi Bangka Tengah terdiri dari batupasir Tanjung Genting, lempung dan batuan granit intrusif dari Formasi Granit Klabat (Gusnia, et al., 2022). Lapisan batuan panas bumi Terak terdiri dari batuan granit di sebelah utara Bukit Mangkol (Gambar 1), batupasir di sebelah barat, dan sekis dan filit didominasi di wilayah timur laut dan barat laut (Alawiyah and Kusmita, 2022). Struktur bawah permukaan sistem panas bumi non-vulkanik Desa Terak terdiri dari batuan penutup, reservoir dan batuan dasar (Firdaus et al., 2021). Menurut anomali gaya berat, batuan granit di wilayah bangka tengah tersebar dari permukaan hingga kedalaman 9000 m (Gusnia and Kusmita, 2023)



Gambar 2. Geologi daerah Terak

Selain metode geofisika saat ini pemanfaatan citra satelit atau penginderaan jauh untuk mengidentifikasi area potensial panas bumi telah mulai banyak digunakan. Dalam bidang panas bumi, penginderaan jauh digunakan dalam sistem aktif dan pasif (Nugraha and Santoso, 2021). Metode ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan suhu permukaan tanah, mendeteksi perubahan mineral hidrotermal, dan menentukan keberadaan prospek panas bumi. Prospek panas bumi ini dianalisis berdasarkan indikasi keberadaan mineral yang berubah (mineral alterasi), perubahan suhu dan aliran panas, serta perubahan penampilan vegetasi dan perubahan muka bumi di suatu area (Yalcin et al., 2020). Beberapa parameter yang banyak digunakan adalah *Fault and Fracture Density (FFD)* dan *Land Surface Temperature (LST)*. LST banyak digunakan karena lebih mudah dihitung dan hasilnya akurat (Nugraha and Santoso, 2021). Menurut Zhang (2012), wilayah yang memiliki potensi panas bumi ditandai dengan anomali suhu permukaan yang signifikan dan/atau perbedaan kerapatan vegetasi yang signifikan dibandingkan dengan wilayah sekitarnya. LST ini dapat membantu mendelineasi adanya indikasi area prospek panas bumi dari sebaran titik atau area yang memiliki anomali suhu (Saragih, et al. 2015). LST dapat ditentukan dengan menentukan emisivitas permukaan.

Emisivitas permukaan dapat didefinisikan sebagai kemampuan objek untuk memancarkan energi yang dimilikinya (Mallick et al., 2012). Energi yang dipancarkan oleh objek di permukaan bumi tergantung kepada parameter permukaan itu sendiri, seperti emisivitas permukaan dan suhu permukaannya (Van de Griend et al., 1991). Berbeda dengan lautan yang memiliki nilai emisivitas seragam, pada permukaan bumi di daratan memiliki variasi emisivitas yang signifikan dengan adanya variasi tutupan vegetasi, komposisinya, kelembaban, dan kekasaran permukaan (Fawzi, 2014).

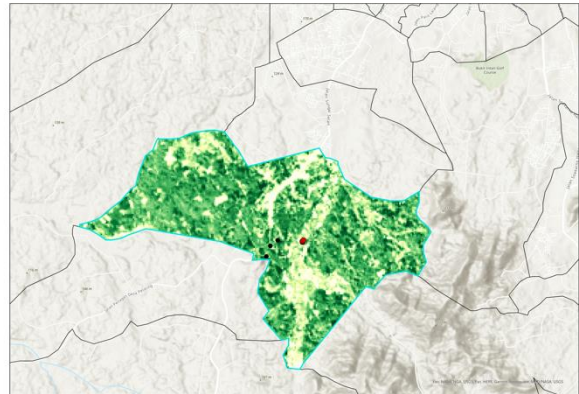
Penelitian ini dilakukan untuk memetakan area potensial panas bumi desa Terak menggunakan citra Landsat 8 yang memiliki band *Thermal Infrared Sensor (TIRS)* untuk mendeteksi suhu permukaan bumi. Citra Landsat 8 memberikan data multispektral resolusi tinggi permukaan bumi untuk analisis saluran termal dan permukaan bumi secara keseluruhan. Data ini mencakup berbagai informasi seperti litologi, vegetasi, anomali termal, kelurusan, perubahan hidrotermal, dan lain-lain berdasarkan komposisi permukaan bumi dan penyerapan energi oleh batuan (Fruutoso, 2015).

Dua sumber utama anomali LST tinggi adalah aktivitas di atas permukaan dan aktivitas termal di bawah permukaan. Dalam eksplorasi panas bumi, area anomali tinggi LST yang disebabkan oleh aktivitas di atas permukaan, seperti aktivitas manusia atau bentuk morfologi yang memungkinkan permukaan menerima sinar matahari lebih lama, dikeluarkan sebelum menentukan anomali tinggi LST sebagai indikasi aktivitas termal di bawah permukaan (Fathya, et al. 2023).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada 14 november 2022 di air panas desa terak, kecamatan simpangkatis, kabupaten bangka tengah. Koordinat lokasi 2°11'18" LS 106°055'01" BT dengan luasan area ± 4,27 km<sup>2</sup> (gambar 3). Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data

citra landsat 8 band 4, band 5, band 10 dan banda 11. Data pendukung berupa data temperatur air panas diukur insitu menggunakan termometer. Lokasi air panas diidentifikasi menggunakan gps garmin-64s. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif.



Gambar 3. Lokasi Penelitian

Citra Landsat 8 TIRS memiliki dua band inframerah termal band 10 dan 11. Akan tetapi, Band 10 lebih efisien dalam menemukan anomali suhu yang disebabkan oleh manifestasi panas bumi. Oleh karena itu, penelitian ini hanya menggunakan band 10. Nilai NDVI diperoleh dengan menggunakan band 4 dan 5.

## Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalkan kesalahan radiometrik yang berasal dari faktor eksternal seperti gangguan atmosfer selama proses perekaman dan untuk memperbaiki nilai piksel agar sesuai dengan yang seharusnya (Soenarmo, 2009). Gangguan atmosfer ini biasanya terdiri dari serapan, hamburan, dan pantulan. Akibatnya, jumlah piksel pada gambar yang dihasilkan dari perekaman tidak sebanding dengan jumlah piksel objek sebenarnya di lapangan. Kesalahan interpretasi dapat disebabkan oleh kesalahan radiometrik pada gambar, terutama dalam kasus interpretasi digital yang bergantung pada nilai piksel. Agar hasil yang diinginkan dapat dicapai, koreksi radiometrik ini sangat penting (Chander et al., 2007).

Pada koreksi ini nilai digital (DN) diubah menjadi nilai *Top of Atmosphere (TOA) Radiance*. Setelah itu, dilanjutkan dengan konversi radian menjadi *satellite temperature (TOA Brightness Temperature)* sebagai awal proses ekstraksi temperatur. Proses konversi ini menggunakan persamaan (1) berikut.

$$T_s = \frac{K_2}{\left(\frac{K_1}{L} + 1\right)} - 273 \quad (1)$$

dengan :

$T_s$  = temperatur satelit (°C)

$K_2$  = konstanta kalibrasi 2 band 10

$K_1$  = konstanta kalibrasi 1 band 10

$L$  = spektral radian

## Perhitungan nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)

Perhitungan nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) umumnya digunakan untuk mengetahui untuk mengetahui indeks kerapatan suatu vegetasi/tajuk. NDVI merupakan metode standar yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan

vegetasi pada tumbuhan ukuran kepadatan vegetasi pada suatu area dengan persamaan (2) berikut. Nilai NDVI berkisar antara -1 dan 1.

$$NDVI = \frac{Band\ 5\ (NIR) - Band\ 4\ (Red)}{Band\ 5\ (NIR) + Band\ 4\ (Red)} \quad (2)$$

### Perhitungan Fraksi Vegetasi (Pv)

Nilai PV bertujuan untuk mengestimasi besaran fraksi pada suatu area yang tertutup vegetasi. Estimasi nilai PV didapat dari nilai NDVI yang didapat sebelumnya serta nilai NDVI (Soil atau minimum) dan NDVI (Vegetation atau maximum) yang diklasifikasikan dari nilai NDVI dengan ERDAS IMAGINE (Latif, 2014). Nilai Pv dihitung menggunakan persamaan 3 berikut:

$$P_v = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{mak} - NDVI_{min}} \quad (3)$$

dengan:

PV: Proportion of Vegetation

NDVI = Nilai NDVI yang sebelumnya diperoleh

NDVI<sub>min</sub> = NDVI untuk tanah (0,2)

NDVI<sub>mak</sub> = Nilai NDVI untuk vegetasi (nilai terbesar NDVI)

### Perhitungan nilai Emisivitas (e)

Nilai LSE menjadi faktor proporsional dari nilai radiance untuk memperkirakan nilai radiance dan untuk menentukan efisiensi nilai energi panas yang ditransmisikan ke atmosfer (Avdan & Jovanovska, 2016). Perhitungan E menggunakan nilai PV dalam persamaan Sobrino et al. (2008).

$$e = 0,04 P_v + 0,986 \quad (4)$$

dengan :

e = emisivitas

### Penentuan nilai Land Surface Temperature (LST)

LST dapat didefinisikan juga sebagai suhu permukaan rata-rata yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda. Besarnya nilai LST dipengaruhi oleh panjang gelombang. Panjang gelombang yang paling sensitif terhadap suhu permukaan adalah inframerah thermal. Namun, pada dasarnya setiap panjang gelombang akan sensitif terhadap respon perubahan suhu yang mempengaruhi nilai pantul objek. Nilai LST dikonversi dari nilai temperatur satelit menggunakan persamaan (5) berikut:

$$LST = \frac{T_s}{[1 + (\lambda C_2) \ln e]} \quad (5)$$

dengan:

LST = land surface temperature

T<sub>s</sub> = temperatur satelit

λ = Panjang gelombang satelit citra lansat 8

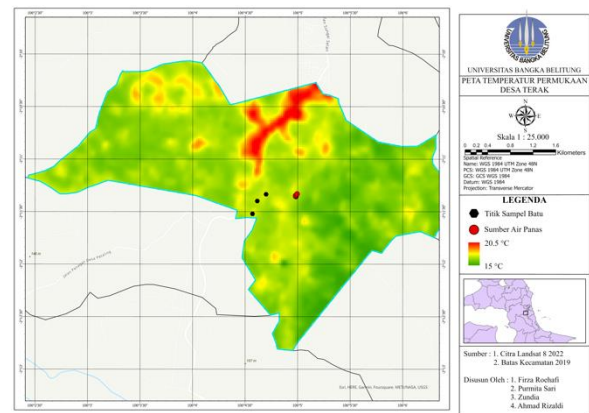
C<sub>2</sub> = 14388

E = emisivitas

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu Permukaan Tanah (LST) merupakan suhu permukaan tanah yang berasal dari radiasi inframerah. LST menunjukkan nilai suhu permukaan tanah secara keseluruhan. Gambar 3 menggambarkan distribusi nilai LST desa Terak. LST pada daerah ini berada pada rentang 15°C – 20°C yang direpresentasikan oleh warna

hijau hingga merah. Berdasarkan gambar 4 aliran panas permukaan yang tinggi (warna merah) membentuk suatu kelurusan dari arah timurlaut-baratdaya. Hal ini juga selaras dengan keberadaan manifestasi permukaan di daerah tersebut yang berupa 7 sumur air panas yang membentuk suatu kelurusan timurlaut-baratdaya (titik hitam).



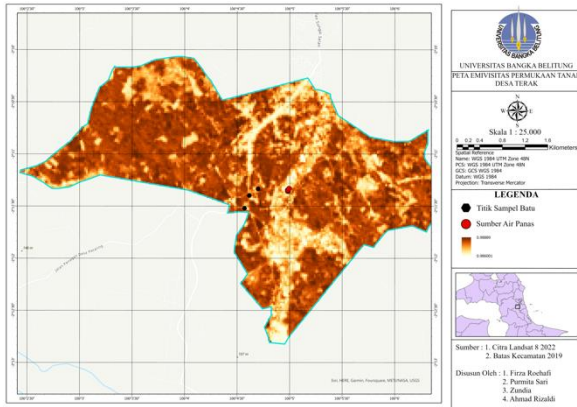
**Gambar 4.** Peta sebaran nilai Land Surface temperature (LST) desa Terak.

Berdasarkan hal tersebut maka, dapat diasumsikan bahwa aliran panas permukaan pada daerah ini berasosiasi langsung dengan keberadaan sistem panas bumi desa Terak. Berdasarkan hasil uji temperatur permukaan air panas di dua sumur utama pada manifestasi permukaan yang ada, suhu air panas Terak berkisar antara 40°C – 52°C. Suhu ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan suhu LST yang diperoleh. Hal ini terjadi dikarekakan sumur sumber air panas desa terak masih berupa sumur dan cukup jauh di bawah permukaan dan bersumber dari bawah permukaan. Nilai LST rendah biasanya disebabkan oleh adanya tutupan awan dan berasosiasi dengan keberadaan bukit mangkol di sebelah timur daerah penelitian. Daerah dengan temperatur sedang kemungkinan diakibatkan oleh pengaruh *urban heat island* karena berada di dekat daerah pemukiman. Tinggi rendahnya nilai LST juga dipengaruhi oleh nilai emisivitas permukaan.

Emisivitas permukaan tanah (LSE) adalah parameter permukaan yang penting dan dapat diturunkan dari pancaran radiasi yang diukur dari atmosfer. Nilai emisivitas permukaan (LSE) daerah terak ditunjukkan oleh gambar 4. Nilai LSE desa Terak berada di rentang nilai 0,980001 untuk LSE rendah hingga 0,988889 untuk LSE tinggi. Emisivitas (ε) adalah rasio energi yang dipancarkan oleh material tertentu oleh benda hitam (*black body*) yang ideal pada suhu yang sama (Jin dan Liang, 2005). Emisivitas (0 ≤ ε ≤ 1) berbanding lurus dengan laju kalor sehingga semakin tinggi emisivitas, maka laju kalor juga akan semakin tinggi. Emisivitas rata-rata Desa Terak berkisar sangat tinggi (Gambar 5). Oleh karena itu, Desa Terak memiliki potensial panas bumi yang sangat baik dibandingkan daerah lainnya. Emisivitas permukaan tanah (LSE) dipengaruhi oleh tutupan lahan, yang dihitung melalui metode indeks vegetasi.

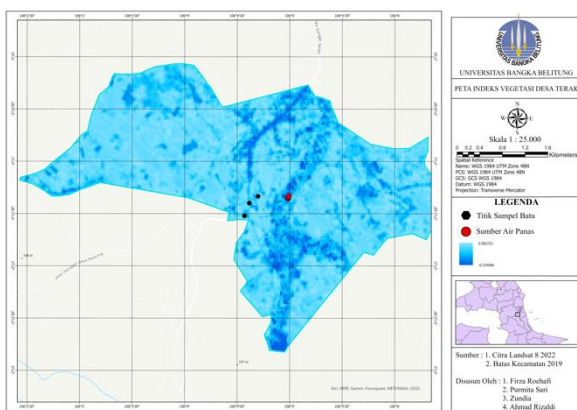
Wilayah dengan nilai NDVI tinggi biasanya memiliki nilai emisivitas permukaan yang relatif tinggi. Nilai emisivitas tinggi (atau semakin mendekati 1) biasanya ditemukan di lahan hutan, sedangkan nilai emisivitas rendah ditemukan di permukiman.

Permukaan objek dapat menyerap radiasi secara penuh dan memancarkan emisi yang tinggi (Sabin, 2007 dalam Fawzi, 2014). Pengaruh temperatur permukaan berdampak pada persebaran vegetasi di Desa Terak. Bagian utara Desa Terak yang terindikasi memiliki temperatur tertinggi memiliki indeks kerapatan vegetasi yang kecil seperti yang tertera pada peta NDVI (Gambar 5).



**Gambar 5.** Peta sebaran nilai emisivitas permukaan tanah atau *Land Surface Emissivity* (LSE) desa Terak

Hal yang sama terjadi pada daerah titik sumber air panas dan titik sampel batuan granit. Artinya, hijau tumbuhan di daerah-daerah tersebut memiliki jarak dan persebaran tumbuhan yang jarang. Hal ini akibat pengaruh dari panas permukaan yang menyebabkan daerah tersebut memiliki struktur tanah bebatuan dan suhu permukaan yang tinggi. Lingkungan ini kurang mendukung untuk kehidupan tumbuhan dibandingkan daerah yang memiliki suhu permukaan normal. Gambar 6 berikut merupakan Peta sebaran *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) desa Terak.



**Gambar 6.** Peta sebaran *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) desa Terak

NDVI di daerah panas bumi Terak direpresentasikan oleh warna biru tua (0,582729) hingga biru muda (0,235006). Nilai NDVI rendah biasanya berada di daerah non vegetasi seperti tanah terbangun, tanah kosong, perairan, dan daerah dengan kondisi vegetasi rusak. Untuk daerah panas bumi Terak, kemungkinan besar daerah dengan vegetasi rendah berasosiasi dengan daerah bekas penambangan timah yang berada di lausa are yang cukup besar di sekitar sumber air panas. Selain itu, di daerah ini juga terdapat singkapan batuan granit yang tersebar tidak merata yang membentuk singkapan

yang cukup massif. Apabila dihubungkan dengan nilai LST, nilai LST pada daerah ini cukup tinggi. Dengan kata lain, tingginya suhu permukaan menyebabkan kerapatan vegetasi menjadi rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya pengaruh sumber panas permukaan di daerah tersebut. Suhu permukaan yang relatif tinggi menyebabkan rendahnya pertumbuhan vegetasi. Hal ini selaras dengan hasil penelitian salim dkk. (2019) bahwa penurunan tutupan lahan berdampak pada peningkatan aliran permukaan.

Nilai rasio akan paling tinggi di daerah dengan vegetasi yang rapat dan sangat rapat (suidiana & diasmara, 2008). Daerah dengan vegetasi rapat berasosiasi dengan keberadaan bukit di sebelah timur daerah penelitian (bukit mangkol) dan hutan alam di sebelah barat daerah penelitian.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai LSE pada daerah Terak cukup tinggi yaitu mendekati 1 (~0,98). Nilai LSE yang tinggi berasosiasi dengan nilai LST yang juga tinggi sekitar area sebaran sumur air panas (manifestasi permukaan). Pola LSE dan LST membentuk suatu pola kelurusan aliran panas permukaan di arah timurlaut-baratdaya daerah penelitian. Akan tetapi dikarenakan data yang digunakan pada penelitian ini memiliki rentang yang cukup singkat, maka masih diperlukan penelitian lanjutan seperti perlunya analisis pola FFD dengan rentang pengamatan beberapa tahun. Hal ini dilakukan untuk mengamati perubahan pola aliran panas yang berasosiasi dengan manifestasi panasbumi di sekitar daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Bangka Belitung atas pendanaan dari Lembaga Pengembangan Pendidikan Dan Penjaminan Mutu (LP3M) melalui Program Team Based Project 2022.

## REFERENSI

- Avdan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016, 1-8.
- Alawiyah, U. and Kusmita, T., 2022. Sebaran Batuan Daerah Panas bumi Terak Bangka Tengah berdasarkan Anomali Magnetik. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, [online] 3(1), pp.12–18.
- EBTKE ESDM and Badan Geologi, 2017. *Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1 Penyusun*.
- Firdaus, R., Oktaviyani, S., Hardianti, P., Kusmita, T. and Indriawati, A., 2021. Identification of Subsurface Rock Structure of Non-Volcanic Geothermal Systems Based on Gravity Anomalies (Terak Village, Central Bangka Regency). *Journal Of Applied Geospatial Information*, [online] 5(2), pp.539–543.
- Frutoso, R. M. D. C. (2015). Mapping hydrothermal gold mineralization using Landsat 8 data. A case of study in Chaves license, Portugal: *Dissertação deMestrado*.
- Gusnia, E. and Kusmita, T., 2023. Identifikasi Batuan Penyusun Sistem Panas Bumi Non-Vulkanik Bangka Tengah Berdasarkan Penampang 2d

- Anomali Gaya Berat. *Journal Online Of Physics*, [online] 8(3), pp.8–13.
- Gusnia, E., Kusmita, T. and Indriawati, A., 2022. Analisis Anomali Gravity Daerah Panas Bumi Non-Vulkanik Di Bangka Tengah (Studi Kasus Panas Bumi Terak dan Keretak). *JRFI*, [online] 2(2), pp.1–7.
- Latif, MS. 2014. Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm- A Case Study of Ranchi District. *International Journal of Engineering Development and Research (IJEDR)* Vol 2 (4): 3840-3848
- Mallick, J., Singh, C.K., Shashtri, S., Rahman, A. and Mukherjee, S. (2012) Land Surface Emissivity Retrieval Based on Moisture Index from LANDSAT TM Satellite Data over Heterogeneous Surfaces of Delhi City. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 348-358
- Margono, U., Supandjono, R. & E, P., 1995. *Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatera*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Nugraha, P. and Santoso, N.A., 2021. Penerapan Persamaan Trend Surface Analysis untuk Pemisahan Anomali Residual dan Regional pada Data Gayaberat. *Jurnal Geocelbes*, pp.102–115.
- Salim, AG, IWS Dharmawan, dan BH Narendra. 2019. Pengaruh perubahan luas tutupan lahan hutan terhadap karakteristik hidrologi Das Citarum Hulu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 17(2): 333-340,
- Saragih, B. F., Prasetyo, Y., & Sasmito, B. (2015). Identifikasi Manifestasi Panas Bumi dengan Memanfaatkan Kanal Thermal pada Citra Landsat (Studi Kasus: Kawasan Dieng). *Jurnal Geodesi Undip*, 4(4), 25-33
- Sobrino, JA, JC Jiménez-Muñoz, and L Paolini. 2008. Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 46(2): 316-325.
- Sudiana, D dan E Diasmara. 2008. Analisis indeks vegetasi menggunakan data satelit NOAA/AVHRR dan TERRA/AQUA- MODIS. *Prosiding Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*. Hlm. 423- 428.
- Van de Griend, A. A., dan Owe M., 1993, on the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 1119-1131.
- Yalcin, M., Kilic Gul, F., Yildiz, A., Polat, N., & Basaran, C. (2020). The Mapping of Hydrothermal Alteration Related to the Geothermal Activities with Remote Sensing at Akarcay Basin (Afyonkarahisar), using Aster Data. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(21), 1-17.
- Zhang, G., Dong, J., Xiao, X., Hu, Z., & Sheldon, S. (2012). Effectiveness of Ecological Restoration Projects in Horqin Sandy Land, China based on SPOT-VGT NDVI Data. *Ecological Engineering*, 38(1), 20-29.