

## Identifikasi Potensi Panas Bumi di Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur Menggunakan Citra ASTER dengan Metode *Land Surface Temperature*

Gusti Tegar Samudra<sup>1)</sup>, Muhammad Syarif Hidayat<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
\*gustitegar09@gmail.com

**Abstrak** – Indonesia merupakan salah satu negara dengan cadangan panas bumi terbesar di dunia, namun sampai saat ini pemanfaatannya belum dilakukan secara maksimal dikarenakan biaya yang diperlukan terbilang mahal. Dengan pemanfaatan sumber panas bumi yang diubah menjadi sumber energi baru terbarukan dapat mengurangi polusi di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan titik panas bumi dengan memanfaatkan teknik penginderaan jauh menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan *Land Surface Temperature* (LST). Data yang digunakan berupa citra *Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection* (ASTER) pada daerah penelitian. Keberadaan potensi panas bumi dapat diketahui dengan mendeteksi suhu permukaan bumi menggunakan peta LST. Peta LST diperoleh dari peta NDVI dan perhitungan nilai emissivitas. Suhu Permukaan bumi di daerah penelitian berdasarkan peta LST berkisar antara 21 – 31 °C. Terdapat 5 titik pada daerah penelitian yang diperkirakan merupakan manifestasi panas bumi.

**Kata Kunci:** Panas Bumi, Penginderaan Jauh, *Land Surface Temperature*, *Normalized Difference Vegetation Index*

**Abstract** - Indonesia is one of the countries with the largest geothermal reserves in the world, but until now its utilization has not been maximized due to the high costs required. By utilizing geothermal sources that are converted into new renewable energy sources, it can reduce pollution in the environment. This research aims to identify the presence of geothermal hotspots by utilizing remote sensing techniques using the *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) and *Land Surface Temperature* (LST) methods. The data used are *Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection* (ASTER) images of the research area. The existence of geothermal potential can be known by detecting the earth's surface temperature using the LST map. The LST map is obtained from the NDVI map and the calculation of the emissivity value. Earth Surface Temperature in the research area based on the LST map ranges from 21 - 31 °C. There are 5 points in the study area that are thought to be geothermal manifestations.

**Keywords:** Geothermal, Remote Sensing, *Land Surface Temperature*, *Normalized Difference Vegetation Index*

### PENDAHULUAN

Penginderaan jauh (*Remote Sensing*) kerap kali digunakan oleh para *geologist* untuk melakukan eksplorasi awal sumber daya alam. Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang sudah semakin pesat mendukung efisiensi eksplorasi sumber daya alam. Hal tersebut dikarenakan lokasi survei dan pemetaan geologi dapat dipilih dan direncanakan dengan baik, serta untuk medan yang sulit dan berbahaya dapat diperkirakan (Taye, 2011). Penginderaan jauh adalah teknik untuk mengamati permukaan bumi atau atmosfer dari luar angkasa dengan menggunakan satelit atau dari udara menggunakan pesawat terbang. Teknik ini merekam energi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi (Aggarwal, 2004). Dalam bidang eksplorasi energi panas bumi, teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan distribusi temperatur permukaan tanah yang berasosiasi dengan manifestasi permukaan panas bumi (Faridah & Krisbianto, 2014).

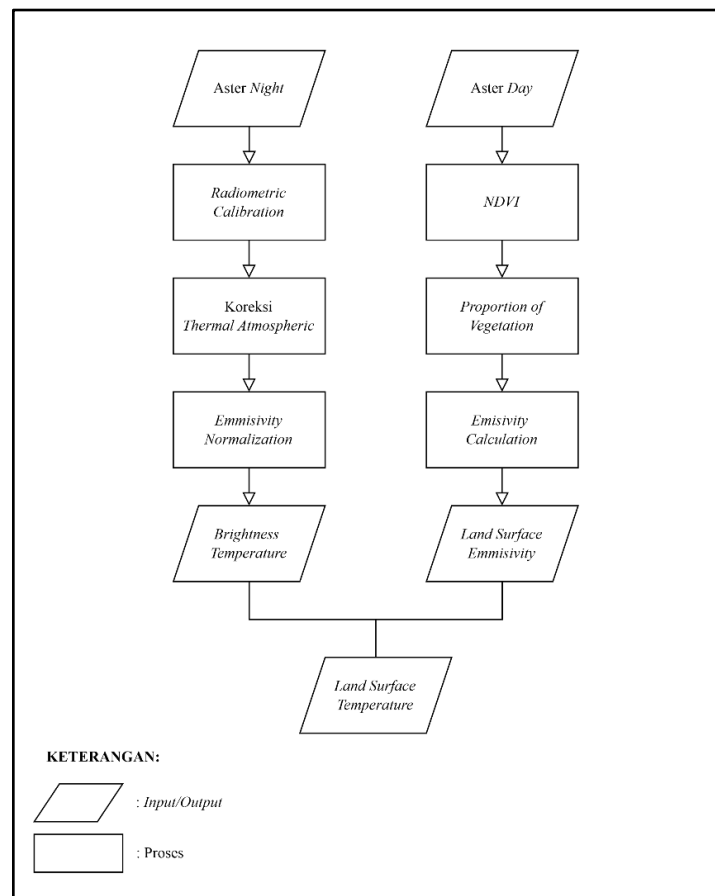
Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak gunung berapi dan aktivitas vulkanik yang menjadi faktor melimpahnya sumber panas bumi di Indonesia. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan potensi panas bumi terbesar di dunia (Saputri, dkk.,2022). Saat ini, potensi panas bumi Indonesia sangatlah besar, yakni 40% dari total potensi di dunia yang telah dieksplorasi (Siahaan, dkk.,2011). Dilansir dari Direktorat Jenderal Energi Terbarukan (EBTKE) bahwa menurut catatan terbaru Badan Geologi, potensi panas bumi di Indonesia sebesar 23,9 Giga Watt (GW) hingga Desember 2019. Berdasarkan data Direktorat Panas Bumi, baru 8,9% atau 2.130,7 MW yang dimanfaatkan, masih banyak yang belum dimanfaatkan. Hal ini dikarenakan biaya produksi yang sangat tinggi dan perizinan yang sulit, sehingga harga jualnya lebih tinggi dari bahan bakar fosil (Ditjen EBTKE, 2020).

*Land Surface Temperature* atau temperatur permukaan tanah merupakan keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan tanah (Becker & Li.,1990). Dalam penginderaan jauh, temperatur permukaan tanah dapat diartikan sebagai suhu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda. (Faridah & Krisbianto, 2014). Untuk mendapatkan nilai akhir *Land Surface Temperature* (LST), perlu dilakukan pengolahan data band *thermal* untuk mendapatkan nilai *Top of Atmosphere* (TOA) *Radiance*, *Brightness Temperature* (BT), dan *Land Surface Emissivity* (LSE) (Anandababu dkk., 2018). Suhu permukaan dan suhu udara dapat dikatakan memiliki keterkaitan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Azevedo dkk. (2016) dinyatakan bahwa area bervegetasi yang biasanya memiliki suhu permukaan lebih dingin, memberi kontribusi untuk suhu udara yang lebih dingin. Sedangkan pada daerah pemukiman, sering kali memberikan kontribusi terhadap suhu udara yang lebih hangat. Karena udara bercampur di atmosfer, meskipun hubungan antara suhu permukaan dan suhu udara tidak konstan, dan suhu udara biasanya bervariasi di bawah suhu permukaan di daerah tersebut. Selisih suhu permukaan dan suhu udara mencapai 5,4°C di siang hari.

Penelitian ini mengkaji tentang identifikasi potensi panas bumi Kabupaten Tuban, Jawa Timur dengan menggunakan metode penginderaan jauh. Penelitian ini didasarkan pada analisis suhu *Land Surface Temperature* (LST) dan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Citra yang digunakan berupa citra ASTER *day* dan *night*.

## METODE

Penelitian terletak di daerah Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur dan sekitarnya dengan koordinat 111°30'0"-112°0'0" Bujur Timur dan 6°40'0"-7°10'0" Lintang Selatan. Pada penelitian ini menggunakan dua data citra satelit ASTER yang didapat dari USGS berupa ASTER Level 1T V3 *Night* yang diambil pada 15 Desember 2020 dan ASTER Level 1T V3 *Day* yang diambil pada 21 Juli 2022. Selain itu digunakan juga Peta Geologi Regional Lembar Bojonegoro, Jawa Timur (Pringgoprawiro, 2011) dan juga Peta Geologi Regional Lembar Jatirogo (Situmorang, 1992) yang digunakan untuk melihat data geologi, dan struktur geologi regional. Metodologi penelitian dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### KOREKSI RADIOMETRIK

Koreksi radiometrik adalah proses pra-pengolahan data citra satelit yang bertujuan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya. Proses ini mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama dan berfungsi untuk menghilangkan atau meminimalisasi kesalahan radiometrik yang diakibatkan oleh gangguan atmosfer pada saat perekaman (Ambarwati, 2023). Persamaan yang digunakan merupakan persamaan (1) sebagai berikut:

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

dengan:

- $T_s$  = temperatur satelit (°C)
- $K_2$  = konstanta kalibrasi 2 band 10
- $K_1$  = konstanta kalibrasi 1 band 10
- $L$  = spektral radian

### NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI)

Nilai NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) digunakan untuk mengetahui nilai kerapatan tanaman dari suatu area dengan menggabungkan band merah dan band inframerah dekat (NIR). Untuk nilainya berkisar dari 1 hingga -1, semakin tinggi nilainya menunjukkan kerapatan tanaman yang lebih tinggi (Ambarwati, 2023). Persamaan yang digunakan yaitu persamaan (2) sebagai berikut:

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

### PROPORSI VEGETASI (Pv)

Proporsi Vegetasi (PV) adalah suatu parameter yang digunakan dalam analisis suhu permukaan (LST) dan emisivitas permukaan (LSE). PV dihitung menggunakan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan digunakan untuk mengestimasi fraksi suatu area yang tertutup vegetasi (Ambarwati, 2023). Penghitungan (Pv) menggunakan persamaan (3) sebagai berikut:

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

dengan:

- $P_v$  = proporsi vegetasi
- NDVI = nilai NDVI yang sebelumnya diperoleh
- $NDVI_{min}$  = nilai NDVI terkecil (tanah)
- $NDVI_{mak}$  = nilai NDVI terbesar

### EMISIVITAS (e)

Emisivitas memiliki tujuan untuk mengukur sifat-sifat yang terkait dengan permukaan bumi dan mengukur kemampuan permukaan untuk mengubah energi termal atau panas menjadi energi radiasi. Perhitungan emisivitas menggunakan nilai Proporsi Vegetasi (PV) dalam persamaan yang dikembangkan oleh Sobrino *et al.* (2008) dalam Ambarwati (2023). Untuk menghitungnya menggunakan persamaan (4) sebagai berikut:

$$e = 0,004 P_v + 0,986 \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

- $e$  = emisivitas
- $P_v$  = proporsi vegetasi

### LAND SURFACE TEMPERATURE (LST)

*Land Surface Temperature* (LST) atau suhu permukaan tanah ialah keadaan yang dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, atmosfer, dan sifat termal dari permukaan (Becker & Li, 1990) Nilai LST dapat dicari menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$$LST = \frac{BT}{\left(1 + \left(\frac{W(BT)}{14380}\right)\right)} + \ln(e) \dots\dots\dots (5)$$

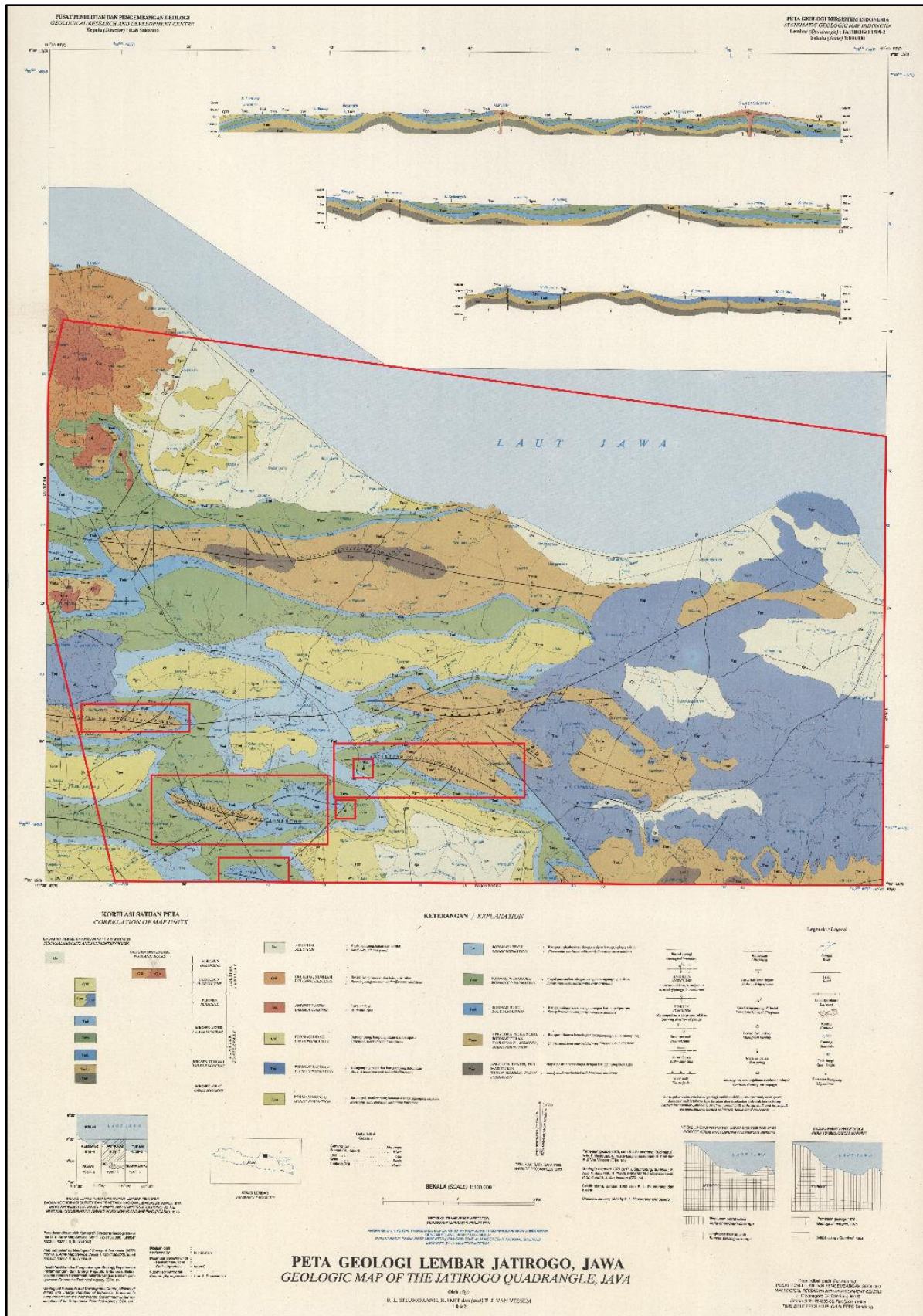
dengan:

- LST = *land surface temperature*
- BT = *top of atmosphere brightness temperature* (°C)
- W = panjang gelombang pancaran sinar (11.3)



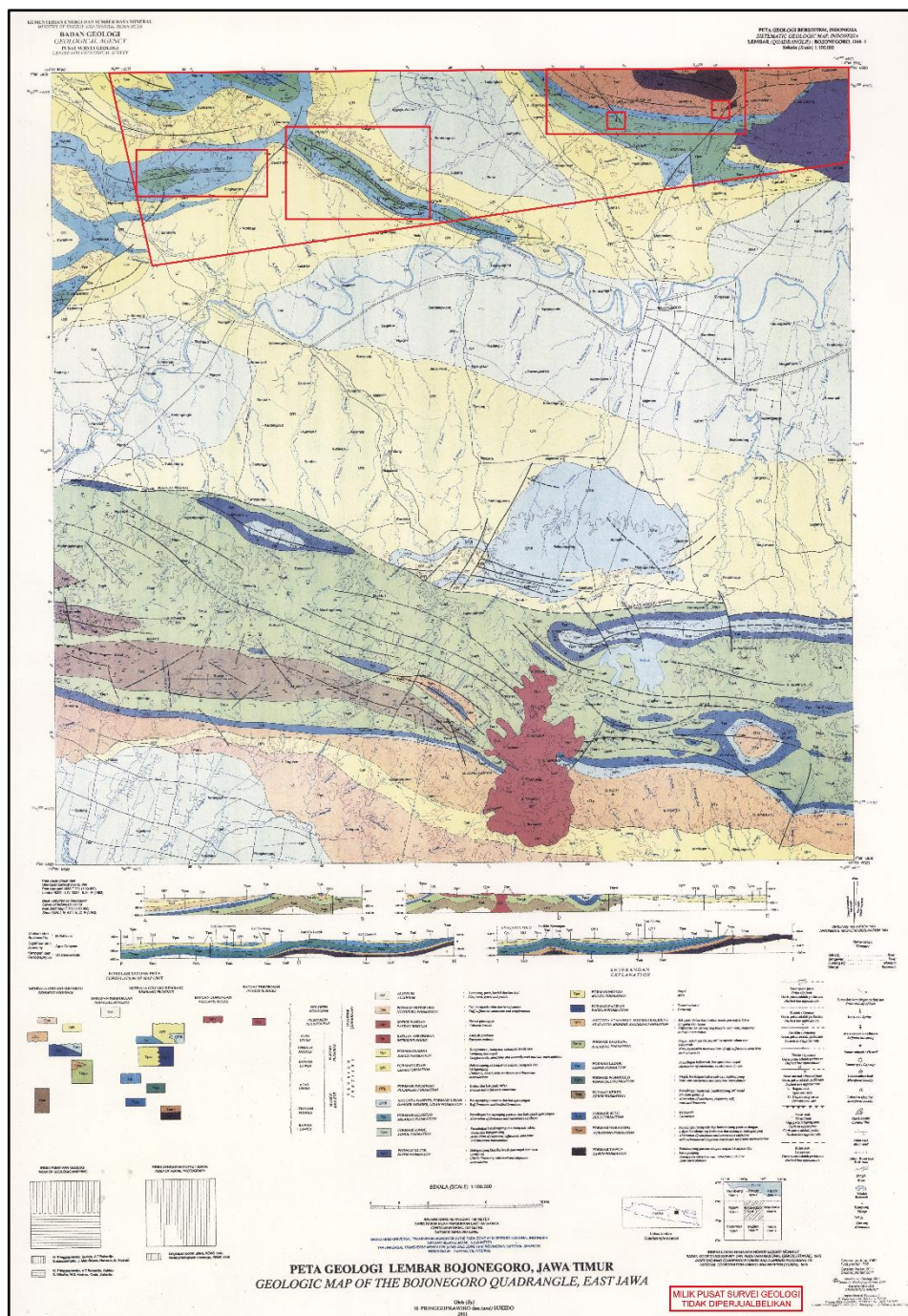
e = emisivitas

## GEOLOGI REGIONAL



Gambar 2. Peta Geologi lembar Jatirogo (Situmorang, 1992)

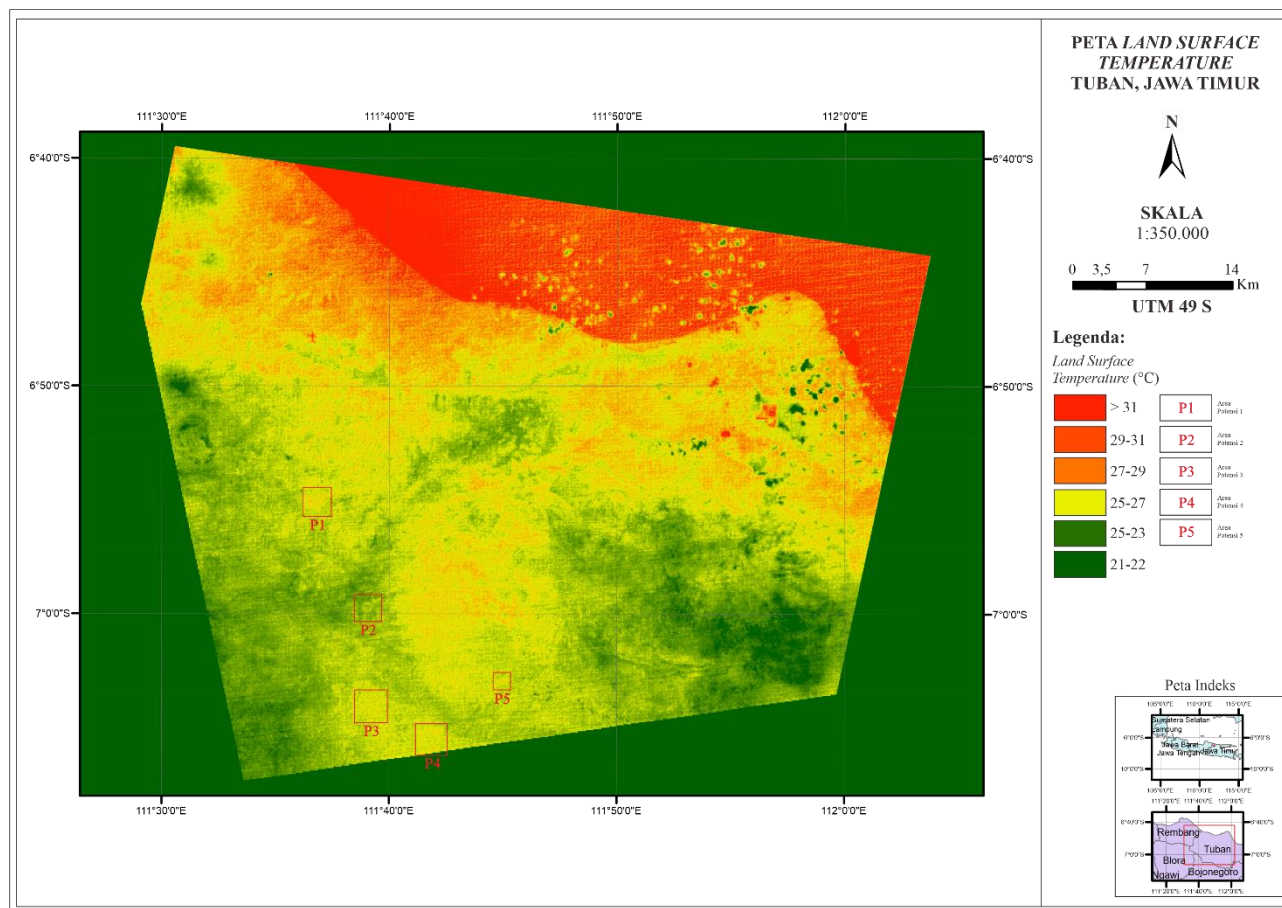




**Gambar 3.** Peta Geologi lembar Bojonegoro (Pringgoprawiro, 2011)

Wilayah Jawa Timur bagian utara memiliki arah tektonik yang khusus, membujur dari timur laut ke barat daya, dan cekungan-cekungan sempit yang berupa *graben* atau *half graben* sering dalam bentuk patahan tumbuh (Koesoemadinata, 1980). Secara tektonofisiografi, cekungan-cekungan sedimen Tersier dapat dibagi menjadi empat satuan yaitu Satuan Jalur Kendeng, Satuan Depresi Randublatung, Satuan Jalur Rembang, dan Satuan Paparan Laut Jawa. Daerah penelitian terletak di Satuan Jalur Rembang, yang dicirikan oleh pegunungan yang mengalami pelipatan dan membentuk struktur geologi antiklinorium dengan arah sumbu memanjang dari timur ke barat. Sumbu antiklin dapat diikuti dari Kota Purwodadi yang terletak di sebelah barat hingga Pulau Madura. Struktur patahan juga berkembang di daerah ini, membentuk sesar naik dan sesar normal, yang melengkapi proses tektonik yang pernah terjadi di Zaman Kuartar (Astjario, 2007).

## HASIL DAN PEMBAHASAN



**Gambar 4.** Peta Land Surface Temperature Daerah Tuban

Dari hasil pengolahan didapatkan peta seperti pada gambar 3 Peta LST didapat dari hasil pengolahan NDVI yang nilainya berkisar dari -0,359 hingga 0,636 dan rata-ratanya 0,263 yang artinya bahwa daerah penelitian memiliki kerapatan tanaman yang sedang (Marwoto & Ginting, 2009). Dari nilai tersebut diolah lebih lanjut untuk mendapatkan peta LST.

Hasil pengolahan menunjukkan suhu permukaan tanah rata rata daerah penelitian yaitu 23,9°C, dengan suhu terendahnya 21°C dan suhu tertingginya 31,2°C. Terdapat 5 area yang berpotensi menjadi sumber panas bumi. Area potensi tersebut ditunjukkan oleh huruf P1-P5 yang letaknya relatif berada di barat daya area penelitian. Area tersebut dikatakan berpotensi karena menunjukkan adanya anomali suhu permukaan yang ditunjukkan oleh perbedaan warna pada peta. Hasil ini didukung dengan data peta geologi regional, dimana pada peta geologi regional terdapat potensi mata air panas yang dikontrol oleh keberadaan struktur geologi yaitu Antiklin Pakel, Antiklin Sentul, Antiklin Jamprono, Antiklin Ledok, Antiklin Kawengan dan juga sesar sesar yang memotong antiklin tersebut. Adanya struktur geologi berupa rekahan dapat menjadi tempat keluarnya fluida panas yang berada dibawah permukaan.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dapat disimpulkan bahwa terdapat 5 area yang menjadi potensi panas bumi di daerah penelitian yang dikontrol oleh struktur geologi. Penggunaan metode Land Surface Temperature (LST) cukup efektif untuk mengidentifikasi potensi panas bumi di daerah penelitian, namun masih perlu data pendukung karena metode NDVI dan LST sangat terbatas sehingga dapat ditambah data analisis Fault Fracture Density (FFD) untuk memberikan tambahan data terkait pelamparan struktur geologi, dan peninjauan langsung ke lokasi penelitian untuk interpretasi lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, S. (2004). Principles of remote sensing. *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology*, 23(2), 23-28.
- Ambarwati, J., Novita, N., Junaidi, J., Hanafi, I., & Kusmita, T. (2023, December). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Mengidentifikasi Land Surface Temperature (Lst) Prospek Panas Bumi Desa Keretak. In *PROCEEDINGS OF NATIONAL COLLOQUIUM RESEARCH AND COMMUNITY SERVICE* (Vol. 7, pp. 158-162).
- Anandababu, D., Purushothaman, B. M., & Suresh Babu, S. (2018). Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT 8 Data. *International Journal of Advance Research*, 4(2), 177–186
- Astjario, P. (2007). Indikasi Struktur Sesar Dan Lipatan Bawah Permukaan Dasar Laut Perairan Tuban, Jawa Timur. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 17(2), 105-115.
- Azevedo, J., Chapman, L., Muller, C., Azevedo, J. A., Chapman, L., & Muller, C. L. (2016). Quantifying the Daytime and Night-Time Urban Heat Island in Birmingham, UK: *A Comparison of Satellite Derived Land Surface Temperature and High Resolution Air Temperature Observations*. *Remote Sensing*, 8(2), 153.
- Becker, F., & Li, Z.-L. 1990. Toward a Local Split Window Method Over Land Surface. *International Journal of Remote Sensing*, 11(3), 369- 393
- Direktorat Jenderal EBTKE. (2020). *Potensi Besar Belum Termanfaatkan, 46 Proyek Panas Bumi Siap Dijalankan*. Diakses pada 15 Juni, 2024, dari <https://ebtke.esdm.go.id>
- Faridah, S. A. N., & 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.
- Marwoto Ginting, R. (2009). Penyusunan Data dan Karakteristik Daerah Tangkapan Air Danau Sentani, Kabupaten Jayapura serta perubahan Penutupan Lahannya Menggunakan Data Penginderaan Jauh. *Dalam Berita Inderaja*, 8.
- Saputri, A. N., Rahmawati, L., & Aziza, A. N. (2022). Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Mengidentifikasi Keberadaan Heat Flow di Daerah Prospek Panas Bumi Suoh, Lampung Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(1), 36-42.
- Siahaan, M. N., Soebandrio, A., & Wikantika, K. (2011). Geothermal potential exploration using remote sensing technique (Case study: Patuha area, West Java). In *10th Asian Conf. Exhib. Geospatial Information, Technol. Appl., Asia Geospatial Forum, Jakarta, Indonesia*.
- Taye, W., 2011, *Lithological Boundary Detection Using Multi-Sensor Remote Sensing Imagery for Geological Interpretation*, Thesis, Enschede: University of Twente.