

## Pemetaan Indikasi Potensi Panas Bumi Berbasis *Remote Sensing* di Daerah Lubuk Sikaping, Kabupaten Pasaman

Tari Kajufa, Elistia Liza Namigo\*

Laboratorium Fisika Bumi dan Atmosfer, Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas  
Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 13 Februari 2026  
Direvisi: 20 Mei 2026  
Diterima: 30 Juli 2026

#### Kata kunci:

Panas Bumi  
*Normalized Difference Vegetation Index*  
*Land Surface Temperature*  
*Fault and Fracture Density*  
Penginderaan Jauh

#### Keywords:

Geothermal  
*Normalized Difference Vegetation Index*  
*Land Surface Temperature*  
*Fault and Fracture Density*  
Remote Sensing

#### Penulis Korespondensi:

Elistia Liza Namigo  
Email: [elistializanamigo@sci.unand.ac.id](mailto:elistializanamigo@sci.unand.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan pemetaan indikasi potensi panas bumi di wilayah Lubuk Sikaping, Kabupaten Pasaman, dengan pendekatan *remote sensing* berbasis citra satelit untuk mendukung identifikasi awal zona prospek geotermal di wilayah dengan keterbatasan data lapangan. Penelitian ini menggunakan tiga parameter utama: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Land Surface Temperature* (LST), dan *Fault and Fracture Density* (FFD), yang merepresentasikan kondisi vegetasi, suhu permukaan, dan struktur rekahan geologi. Data diperoleh dari citra *Landsat 8 OLI/TIRS* dan DEM SRTM yang diolah menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Integrasi ketiga parameter dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Hasil menunjukkan bahwa nilai NDVI berkisar antara 0,0046–0,5569; LST antara 15,00–44,89 °C; dan FFD mencapai >3,2 km/km<sup>2</sup> pada zona sesar aktif. Zona prospektif panas bumi terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat laut wilayah studi, termasuk area tanpa manifestasi permukaan. Hasil pemodelan menunjukkan kesesuaian spasial dengan kondisi geologi regional dan distribusi manifestasi panas bumi disekitarnya. Temuan ini berbasis penginderaan jauh memiliki potensi untuk digunakan dalam identifikasi awal prospek geotermal.

*A mapping of geothermal potential indications has been conducted in the Lubuk Sikaping area, Pasaman Regency, using a remote sensing approach based on satellite imagery to support the preliminary identification of geothermal prospect zones in areas with limited field data. This study utilizes three main parameters: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), and Fault and Fracture Density (FFD), which represent vegetation conditions, surface temperature, and geological fracture structures, respectively. The data were obtained from Landsat 8 OLI/TIRS imagery and SRTM DEM, processed using Google Earth Engine (GEE) and Geographic Information Systems (GIS). The integration of these parameters was carried out using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The results show that NDVI values range from 0.0046 to 0.5569, LST ranges from 15.00 to 44.89 °C, and FFD reaches >3.2 km/km<sup>2</sup> in active fault zones. Geothermal prospective zones are predominantly concentrated in the central to northwestern parts of the study area, including areas without clear surface manifestations. The modeling results indicate spatial correspondence with regional geological conditions and the distribution of nearby geothermal manifestations. These findings suggest that a remote sensing-based approach has strong potential to be applied as a non-invasive method for the preliminary identification of geothermal prospects and can serve as a supporting reference for further exploration planning in areas with limited field measurement data.*

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Energi panas bumi merupakan salah satu sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) yang berasal dari panas alami di dalam bumi. Indonesia memiliki potensi terbesar kedua di dunia, yaitu 29,5 GW atau 40% potensi global (Pristiandaru, 2024). Menurut (Ditjen EBTKE, 2017) terdapat 331 titik potensi panas bumi di 30 provinsi, termasuk Sumatera Barat dengan 1.196 MWe di 15 lokasi. Tiga wilayah telah ditetapkan sebagai Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP), sementara sisanya masih berstatus terbuka, termasuk Lubuk Sikaping, Kabupaten Pasaman.

Lubuk Sikaping berada di jalur Sesar Sumatera yang sangat aktif secara tektonik, sehingga berpotensi tinggi menyimpan sistem panas bumi (Febriadin et al., 2020). Aktivitas tektonik ini membentuk rekahan yang menjadi jalur migrasi fluida hidrotermal, diperkuat dengan kondisi geologi kompleks Pegunungan Bukit Barisan. Manifestasi panas bumi telah ditemukan di sekitar kawasan ini, seperti mata air panas Bonjol dan Panti (Sirait, 2021). Bonjol sendiri sedang dieksplorasi PT Medco Geothermal Sumatera dengan estimasi kapasitas 35 MW dan suhu reservoir  $\pm 150^{\circ}\text{C}$  (Doni, 2025). Hal ini mengindikasikan potensi panas bumi di Lubuk Sikaping yang diperkirakan mencapai  $\pm 100$  MWe, meski masih bersifat spekulatif karena umumnya didasarkan pada studi regional (Ditjen EBTKE, 2017).

Hingga kini, informasi detail di Lubuk Sikaping masih terbatas, umumnya berupa data geologi, sesar aktif, dan manifestasi permukaan, sementara kajian lokal masih minim (Arrahman & Putra, 2015; Safitra & Putra, 2018). Mengingat eksplorasi konvensional memerlukan biaya besar, metode penginderaan jauh (*remote sensing*) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi alternatif efisien pada tahap awal. Parameter utama yang dapat digunakan meliputi, yaitu *Land Surface Temperature* (LST) untuk mendeteksi anomali panas, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) untuk melihat perubahan vegetasi akibat *stress* termal, serta *Fault and Fracture Density* (FFD) untuk mengidentifikasi jalur rekahan fluida (Hidayat et al., 2023).

Penelitian ini mengintegrasikan parameter LST, NDVI, dan FFD menggunakan metode *weighted overlay* berbasis bobot yang diadopsi dari berbagai studi sebelumnya dalam kerangka Sistem Informasi Geografis (SIG) (Farras et al., 2017; G. P. Saraswati et al., 2019). Pendekatan ini dilakukan dengan memberikan pembobotan pada masing-masing parameter sesuai tingkat pengaruhnya terhadap sistem panas bumi, kemudian dikombinasikan untuk menghasilkan peta indikatif potensi panas bumi. Metode ini digunakan sebagai alternatif dalam kondisi keterbatasan data dan tanpa melalui proses pembobotan AHP secara langsung. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan awal bagi pemerintah, akademisi, maupun investor dalam perencanaan eksplorasi lanjutan, serta mendukung pengembangan energi terbarukan di Sumatera Barat, khususnya Kabupaten Pasaman (Mahfud et al., 2024).

## II. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras berupa laptop yang berfungsi untuk mengakses perangkat lunak serta *platform* (*cloud computing*) dalam pengumpulan dan pengolahan data. Perangkat lunak yang digunakan meliputi *Google Earth Engine* (GEE) 3.3.4.0 sebagai *platform* (*cloud computing*) untuk pengolahan citra satelit serta QGIS untuk analisis spasial dan pembuatan tata letak peta.

Bahan penelitian yang digunakan meliputi data potensi panas bumi wilayah Lubuk Sikaping yang diperoleh dari (Ditjen EBTKE, 2017) dan data batas administrasi Kecamatan Lubuk Sikaping dari BPS Kabupaten Pasaman (A. R. Saraswati & Husna, 2021). Selain itu, digunakan citra *Landsat 8 Operational Land Imager/ Thermal Infrared Sensor* (OLI/TIRS) dengan resolusi 30 meter yang diakses melalui *Google Earth Engine* dari USGS. Sensor OLI pada citra ini dimanfaatkan untuk perhitungan NDVI, sedangkan sensor TIRS digunakan untuk perhitungan LST. Data lain yang digunakan adalah *Digital Elevation Model* (DEM) *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) dengan resolusi 30 meter yang juga diakses melalui *Google Earth Engine*.

## 2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan citra Landsat 8 OLI/TIRS dan data DEM SRTM melalui platform *Google Earth Engine* (GEE) dan QGIS. Peta anomali suhu permukaan (LST) diperoleh dari kanal termal (*Band* 10) citra *Landsat* 8 yang diakses melalui GEE dari USGS, menggunakan koleksi *Level-2* (C2 T1) periode 2023–2024 pada daerah Lubuk Sikaping dengan ambang tutupan awan 20% dan berdasarkan kanal QA\_PIXEL. Data yang telah dibersihkan kemudian disusun menjadi komposit median tahunan, dikoreksi secara radiometrik, menggunakan Persamaan (1) berikut :

$$L\lambda = ML \times Ocal + AL \quad (1)$$

dengan  $L\lambda$  adalah *Top of Atmosphere* (TOA) radianasi spektral, ML adalah faktor skala pengali , AL (faktor skala penambah), Qcal dan adalah nilai *Digital Number* yang didapatkan dari metada citra. Setelah memperoleh nilai  $L\lambda$ , langkah berikutnya adalah mengubahnya menjadi suhu kecerahan (BT) dengan menggunakan *tools band math* sesuai Persamaan (2) berikut (Ngene et al., 2022):

$$BT(^{\circ}C) = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda}\right) + 1} - 273,15 \quad (2)$$

dimana  $K_2$  dan  $K_1$  sebagai konstanta dari metadata citra. Selanjutnya, suhu kecerahan dikonversi menjadi LST dengan memperhitungkan emisivitas permukaan untuk mendapatkan peta LST. Dimana  $\lambda$  sebagai panjang gelombang efektif dan  $\varepsilon$  sebagai emisivitas permukaan tanah menggunakan Persamaan (3) berikut (Saraswati et al., 2019) :

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\lambda \frac{BT}{C_2}\right) \ln(\varepsilon)} \quad (3)$$

Sementara itu, indeks vegetasi (NDVI) dihitung dari reflektansi *band* 4 (RED) dan *band* 5 (NIR) *Landsat* 8, yang juga telah melalui penyaringan awan dan penyusunan komposit median, berdasarkan Persamaan (4) berikut:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} \quad (4)$$

Nilai NDVI berkisar antara –1 hingga +1. Nilai positif menunjukkan vegetasi sehat dan rapat, sedangkan nilai negatif mengindikasikan area nonvegetasi seperti air atau bebatuan. Indeks ini digunakan untuk memetakan distribusi vegetasi berdasarkan kandungan klorofil dan aktivitas fotosintesisnya. Nilai NDVI digunakan untuk mengidentifikasi kondisi vegetasi serta menghitung proyeksi vegetasi (PV) dan emisivitas permukaan sebagai parameter tambahan dalam perhitungan LST (Hidayat et al., 2023).

Pengolahan data DEM SRTM dilakukan untuk menghasilkan peta *Fault and Fracture Density* (FFD). Tahapannya meliputi visualisasi *hillshade* dengan berbagai *azimuth* (45°, 90°, 135°, dan 180°), penarikan pola kelurusan (*lineament*) secara manual, serta analisis kerapatan struktur menggunakan *line density tools* pada QGIS. Peta FFD yang diperoleh digunakan untuk memetakan jalur rekahan yang berpotensi sebagai jalur migrasi fluida panas bumi.

Ketiga parameter utama, yaitu LST, NDVI, dan FFD kemudian diintegrasikan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam QGIS. Pembobotan AHP sesuai dengan yang digunakan oleh (Farras et al., 2017; dan Saraswati et al., 2019) ditampilkan pada Tabel 1. Hasil integrasi ini menghasilkan peta indikatif potensi panas bumi di wilayah penelitian yang dapat digunakan sebagai dasar eksplorasi lebih lanjut.

**Tabel 1** Skoring dan Pembobotan AHP (Sumber: Farras et al., 2017 dan Saraswati et al., 2019)

| Kriteria                   | Sub kriteria          | Bobot kriteria | Bobot sub kriteria | Bobot |
|----------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|-------|
| Kerapatan vegetasi (NDVI)  | Badan air             | 0,250          | 0,238              | 0,060 |
|                            | Vegetasi jarang       |                | 0,406              | 0,101 |
|                            | Vegetasi cukup rapat  |                | 0,229              | 0,057 |
|                            | Vegetasi rapat        |                | 0,077              | 0,019 |
|                            | Vegetasi sangat rapat |                | 0,465              | 0,012 |
| Suhu permukaan tanah (LST) | 10 °C- 22 °C          | 0,250          | 0,036              | 0,009 |
|                            | 22 °C- 27 °C          |                | 0,062              | 0,016 |
|                            | 27 °C- 32 °C          |                | 0,134              | 0,033 |
|                            | 32 °C- 37 °C          |                | 0,264              | 0,066 |
|                            | 37° C- 43 °C          |                | 0,504              | 0,126 |
| Kerapatan kelurusan (FFD)  | Sangat rendah         | 0,500          | 0,088              | 0,044 |
|                            | Rendah                |                | 0,157              | 0,078 |
|                            | Sedang                |                | 0,272              | 0,136 |
|                            | Tinggi                |                | 0,483              | 0,241 |

Setelah diperoleh peta indikasi potensi panas bumi di wilayah penelitian, hasil pemodelan kemudian dibandingkan secara kualitatif dengan informasi geologi regional serta hasil studi terdahulu di sekitar daerah Lubuk Sikaping (Bonjol, Panti, dan Cubadak). Perbandingan ini menunjukkan bahwa sebagian besar zona prospektif memiliki keterkaitan spasial dengan jalur sesar utama dan keberadaan manifestasi hidrotermal di sekitarnya. Meskipun belum didukung oleh data geofisika *in situ*, hasil penelitian ini tetap dapat memberikan gambaran awal serta menjadi dasar dalam identifikasi awal potensi panas bumi di wilayah Lubuk Sikaping.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Analisis Pola Sebaran NDVI

Peta sebaran NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) wilayah panas bumi Lubuk Sikaping pada Gambar 1 (a) menunjukkan variasi nilai 0,0046–0,5569, yang menurut klasifikasi (Farras et al., 2017 dan Saraswati et al., 2019) terbagi menjadi vegetasi sangat rendah hingga sangat rapat. Secara spasial, bagian utara dan barat didominasi NDVI tinggi (>0,463) yang merepresentasikan kawasan berhutan, sedangkan bagian tengah dan timur menunjukkan NDVI sangat rendah (<0,241) yang ditampilkan merah, merepresentasikan lahan terbuka, batuan tersingkap, atau area terpengaruh aktivitas geotermal. Pola linier NDVI rendah di tengah dan tenggara diduga mengikuti struktur geologi yang menjadi jalur migrasi fluida panas bumi.

Hasil ini sejalan dengan estimasi *Proportion of Vegetation* (PV), di mana PV mendekati 1 pada area berhutan lebat dan mendekati 0 pada lahan terbuka. Nilai PV kemudian digunakan untuk estimasi emisivitas rata-rata 0,9874, yang tinggi pada vegetasi rapat dan rendah pada area terbuka (A. R. Saraswati & Husna, 2021). Integrasi NDVI, PV, dan emisivitas ini menjadi dasar estimasi *Land Surface Temperature* (LST), yang memperlihatkan korelasi negatif antara NDVI dan LST (Gambar 1). Dengan demikian, sebaran NDVI rendah yang berimpit dengan LST tinggi dapat dijadikan indikator penting dalam delineasi zona prospek geotermal di Lubuk Sikaping.

### 3.2 Analisis Pola Sebaran LST

Peta sebaran *Land Surface Temperature* (LST) pada Gambar 1 (b) menunjukkan variasi suhu permukaan di Lubuk Sikaping dengan rentang 15,00 °C hingga 44,89 °C. Zona suhu tinggi tampak terpusat di bagian wilayah yang berwarna merah dengan pola linier barat laut–tenggara, sejajar dengan arah struktur geologi regional yang diduga sebagai jalur migrasi fluida panas. Area ini ditampilkan dengan warna merah–oranye yang mengindikasikan adanya anomali termal permukaan.

Perbandingan dengan peta NDVI memperlihatkan korelasi negatif, di mana suhu tinggi umumnya berada pada area dengan NDVI rendah ( $<0,25$ ) yang minim vegetasi. Kondisi ini sejalan dengan temuan sebelumnya bahwa degradasi vegetasi meningkatkan suhu permukaan. Pola spasial LST yang berimpit dengan zona NDVI rendah dan arah struktur geologi menjadi indikasi awal potensi sistem panas bumi, meskipun masih perlu validasi dengan data *Fault Fracture Density* (FFD), manifestasi lapangan, maupun data geofisika lainnya.

### 3.3 Analisis Pola Sebaran FFD

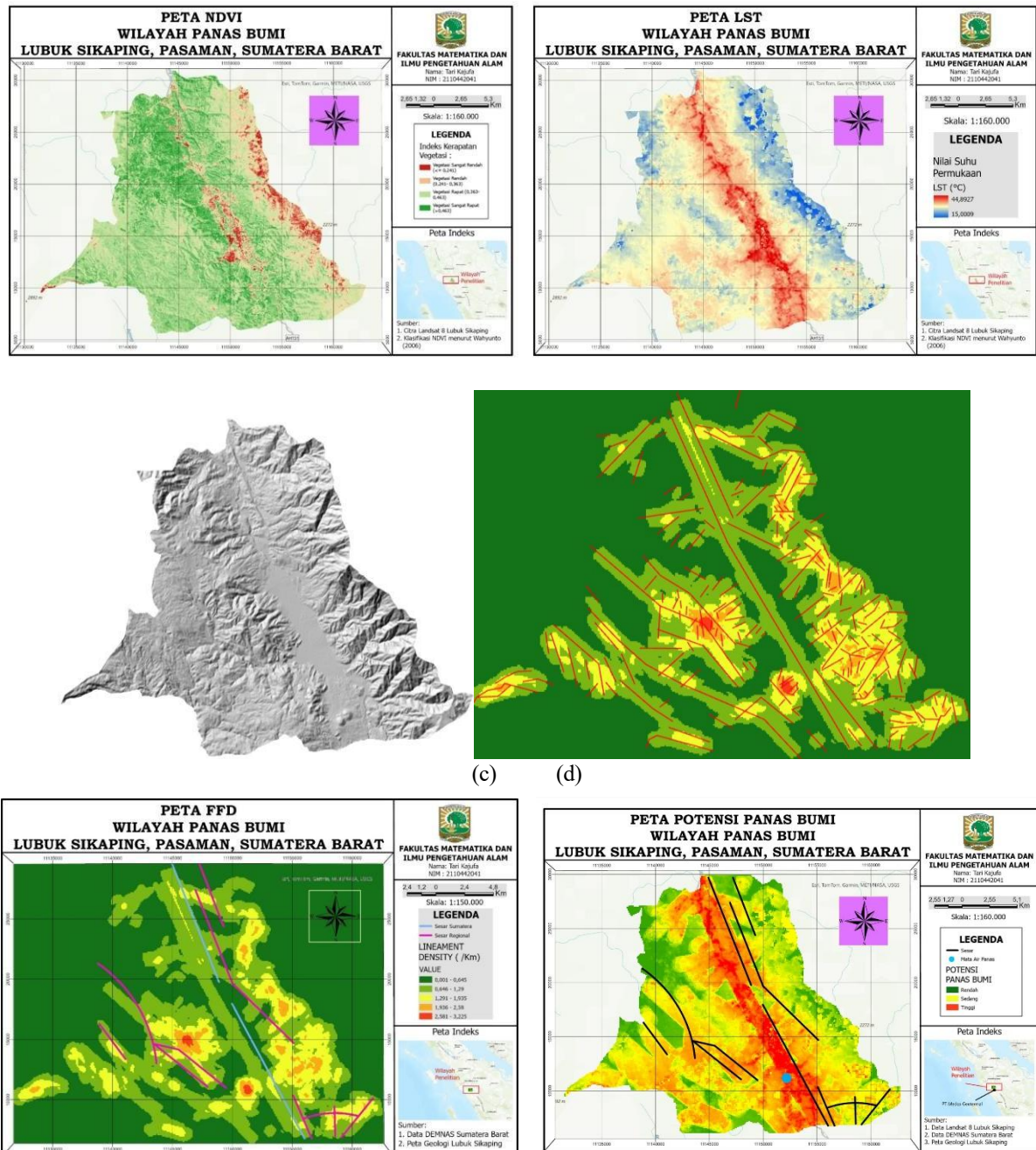
Analisis *Fault and Fracture Density* (FFD) bertujuan memetakan kepadatan sesar dan rekahan sebagai jalur potensial migrasi fluida panas bumi. Citra *hillshade* pada Gambar 1(c) digunakan untuk interpretasi visual dan digitasi lineament, terutama pada zona transisi morfologi seperti lembah, punggung, dan perubahan ketinggian curam. *Lineament* kemudian dianalisis berdasarkan orientasi dan panjangnya untuk menghasilkan peta kepadatan lineament sesuai dengan Gambar 1(d).

Perhitungan FFD dilakukan dengan *line density tools* pada GIS, yang mengukur total panjang *lineament* per satuan luas. Hasilnya sesuai dengan Gambar 1 (e), diklasifikasikan ke dalam lima kelas, yaitu dengan warna merah (0,001–0,645 km/km<sup>2</sup>), oranye (0,646–1,292 km/km<sup>2</sup>), kuning (1,293–1,935 km/km<sup>2</sup>), hijau muda (1,936–2,581 km/km<sup>2</sup>), dan hijau tua (2,581–3,225 km/km<sup>2</sup>). Zona FFD tinggi terletak di barat daya dan timur laut, umumnya pada perpotongan sesar regional dan lokal, dengan pola dominan barat laut–tenggara serta timur laut–barat daya yang searah dengan Sesar Sumatera. Secara geotermal, FFD tinggi menunjukkan permeabilitas batuan besar sehingga berpotensi menjadi jalur fluida hidrotermal. Integrasi dengan peta LST dan NDVI memperlihatkan bahwa zona FFD tinggi sering berasosiasi dengan suhu permukaan tinggi dan vegetasi rendah, memperkuat indikasi adanya sistem panas bumi aktif di Lubuk Sikaping.

### 3.4 Pemetaan dan Klasifikasi Zona Potensi Panas Bumi

Identifikasi zona prospektif panas bumi di Lubuk Sikaping dilakukan dengan mengintegrasikan tiga indikator, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Land Surface Temperature* (LST), dan *Fault and Fracture Density* (FFD). NDVI menunjukkan stres vegetatif akibat panas bawah tanah, LST merepresentasikan temperatur permukaan tanah, sedangkan FFD menggambarkan jalur potensial aliran fluida panas. Pembobotan dilakukan dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), di mana FFD diberi bobot terbesar karena perannya langsung dalam mengalirkan fluida panas. Integrasi spasial melalui *weighted overlay* menghasilkan peta klasifikasi potensi geotermal rendah, sedang, dan tinggi seperti pada Gambar 1(f). Zona potensi tinggi terkonsentrasi di bagian tengah serta memanjang barat laut–tenggara, searah struktur tektonik regional, dengan ciri LST tinggi, NDVI rendah, dan FFD rapat. Hasil ini mengindikasikan adanya sistem hidrotermal aktif maupun laten, termasuk di luar jalur sesar besar. Peta potensi yang dihasilkan dapat dijadikan acuan untuk survei geofisika dan prioritas survei lanjutan, sekaligus menunjukkan efektivitas pendekatan non-invasif berbasis citra dan analisis spasial dalam mengurangi risiko eksplorasi awal.

### 3.5 Validasi Spasial



**Gambar 1** (a) Peta Sebaran NDVI Daerah Lubuk Sikaping (b) Peta LST Daerah Lubuk Sikaping (c) *Hillshade* Daerah Lubuk Sikaping (d) Hasil Penarikan *Lineament* Pada Daerah Lubuk Sikaping (e) Peta FFD Daerah Lubuk Sikaping (f) Peta Potensi Panas Bumi Daerah Lubuk Sikaping.

Integrasi NDVI, LST, dan FFD dengan metode AHP menghasilkan tiga zona potensi panas bumi di Lubuk Sikaping: rendah, sedang, dan tinggi. Zona berpotensi tinggi (merah) terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat daya, ditandai suhu permukaan tinggi ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), vegetasi rendah (NDVI  $< 0,25$ ), serta kepadatan rekahan tinggi ( $>2,581/\text{Km}$ ) yang berasosiasi dengan Sesar Sumatera dan sesar lokal. Hasil penelitian ini dikaitkan dengan kondisi geologi regional yang telah dilaporkan pada studi-studi sebelumnya. Penelitian di daerah Cubadak, Bonjol, dan Panti menunjukkan adanya manifestasi panas bumi serta anomali termal yang berasosiasi dengan struktur sesar. Keberadaan fenomena tersebut menjadi indikasi awal dalam konteks regional yang mendukung potensi panas bumi di Lubuk Sikaping. Data eksplorasi BIG (2009) juga mengindikasikan adanya sistem panas bumi laten di sekitar Lubuk

Sikaping, sementara proyek PT Medco *Geothermal* Sumatera (2025) di Bonjol mengonfirmasi sistem hidrotermal aktif yang letaknya berdekatan dengan zona potensi tinggi. Dengan demikian, hasil pemetaan tidak hanya merepresentasikan kondisi aktual berbasis citra satelit, tetapi juga memperkuat temuan sebelumnya, sekaligus menegaskan urgensi eksplorasi geofisika dan pengeboran pada zona prioritas yang teridentifikasi.

#### IV. KESIMPULAN

Integrasi NDVI, LST, dan FFD dengan metode AHP menghasilkan tiga zona potensi panas bumi di Lubuk Sikaping, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Zona berpotensi tinggi (merah) terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat daya wilayah, ditandai suhu permukaan tinggi ( $>30^{\circ}\text{C}$ ), vegetasi rendah ( $\text{NDVI} < 0,25$ ), serta kepadatan rekahan tinggi yang berasosiasi dengan Sesar Sumatera dan sesar lokal. Hasil ini sejalan dengan beberapa studi terdahulu. Penelitian di Cubadak, Bonjol, dan Panti mengungkapkan adanya manifestasi panas bumi serta anomali termal yang berkaitan dengan struktur sesar, yang sejalan dengan zona merah pada peta. Data eksplorasi BIG (2009) juga menunjukkan indikasi keberadaan sistem panas bumi laten di sekitar Lubuk Sikaping. Selain itu, proyek PT Medco *Geothermal* Sumatera (2025) di Bonjol mengonfirmasi adanya sistem hidrotermal aktif yang lokasinya berdekatan dengan zona berpotensi tinggi. Oleh karena itu, hasil pemetaan ini tidak hanya menggambarkan kondisi aktual berdasarkan citra satelit, tetapi juga mendukung temuan sebelumnya, sekaligus menegaskan pentingnya eksplorasi lanjutan melalui metode geofisika dan pengeboran pada zona prioritas yang telah diidentifikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arrahman, R., & Putra, A. (2015). Perkiraan Suhu Reservoir Panas Bumi Dari Sumber Mata Air Panas Di Nagari Panti, Kabupaten Pasaman Menggunakan Persamaan Geotermometer. *Jurnal Fisika UNAND*, 4(4), 391–396. <https://www.semanticscholar.org/paper/PERKIRAAN-SUHU-RESERVOIR-PANAS-BUMI-DARI-SUMBER-AIR-Arrahman-Putra/33733b78f437c18718d0f6977e0f2eac5e371bc2>
- Ditjen EBTKE, P. S. B. D. P. D. M. B. D. P. B. B. G. (2017). *Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1* (B. G. Direktorat Panas Bumi, Ditjen EBTKE Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi (ed.); 1st ed.). Direktorat Panas Bumi Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Agustus 2017 Jl.
- Doni, J. (2025). *Progres investasi geothermal di Pasaman masuk tahap persiapan pengeboran*. ANTARA 2025. <https://sumbar.antaranews.com/berita/687277/progres-investasi-geothermal-di-pasaman-masuk-tahap-persiapan-engeboran>
- 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, 517–525.
- Febriadin, F. D., Hariyanto, A. D., Hutabarat, J., & Hendri, R. (2020). Potensi permeabilitas daerah prospek panas bumi sorik marapi, mandailing natal, sumatera utara. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 4(4), 292–306.
- Hidayat, M. R., Marin, J., Rais, B. A., Syafa, N. D., & Nur, F. I. (2023). Land Surface Temperature (LST) and Fault Fracture Density (FFD) Analysis in Bukit Kili-Gunung Talang Geothermal Area, West Sumatra. *Journal of Aceh Physics Society*, 12(2), 25–31. <https://doi.org/10.24815/jacps.v12i2.31160>
- Mahfud, A. N., Ubaidillah, M. N., & Nurfaizi, N. (2024). Kajian Awal Penentuan Area Prospek Panas Bumi Menggunakan Integrasi Citra Landsat 8 Oli/Tirs Dan DEM SRTM Pada Daerah Sumani, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. *Journal of Geology Sriwijaya*, 03. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JGS>
- Ngene, T., Mukhopadhyay, M., & Ampana, S. (2022). Reconnaissance investigation of geothermal resources in parts of the Middle Benue Trough, Nigeria using remote sensing and geophysical methods. *Energy Geoscience*, 3(4), 360–371. <https://doi.org/10.1016/j.engeos.2022.06.002>

- Pristiandaru, D. L. P. (2024). *Potensi Panas Bumi Melimpah, Pemanfaatan Baru 12,5 Persen*. Kompas.Com. <https://lestari.kompas.com/read/2024/01/16/120000386/potensi-panas-bumi-melimpah-pemanfaatan-baru-12-5-persen>
- Safitra, A., & Putra, A. (2018). Karakterisasi Fluida Panas Bumi di Mata Air Panas Panti , Kabupaten Pasaman. *Jurnal Fisika UNAND*, 7(2), 179–185.
- Saraswati, A. R., & Husna, M. (2021). *Kecamatan Lubuk Sikaping Dalam Angka (Lubuk Sikaping Subdistrict in Figures) 2023* (Welda Roza (ed.)). BPS Kabupaten Pasaman.
- Saraswati, G. P., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2019). Analisis Estimasi Energi Panas Bumi Dan Rekomendasi Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Menggunakan Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kawasan Gunung Ungaran, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 170–179.
- Sirait, R. (2021). Analisis Anomali Magnetik dalam Penentuan Struktur Geologi dan Litologi Bawah Permukaan sebagai Manifestasi Panas Bumi Di Panyabungan Selatan Sumatera Utara. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(2), 83. <https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.7402>