Jurnal Fisika Unand (JFU)
Vol. 15, No. 1, Januari 2026, hal.110 – 116
ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online)
https://doi.org/10.25077/jfu.15.1.110-116.2026

Open Access

Pemetaan Potensi Panas Bumi Menggunakan Penginderaan Jauh dan Analisis Multikriteria Berbasis AHP di Surian, Kabupaten Solok, Sumatera Barat

Khairunnisa, Elistia Liza Namigo*

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

Info Artikel

Histori Artikel:
Diajukan: 28 Desember 2025
Direvisi: 3 Februari 2026
Diterima: 20 Februari 2026

Kata kunci:
Panas Bumi
NDVI
LST
FFD
AHP
GEE
QGIS
Surian

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di Surian, Kabupaten Solok, Sumatera Barat, yang terletak pada zona magmatik aktif Pegunungan Barisan dan diyakini memiliki potensi panas bumi. Tujuan utama penelitian ini adalah mengidentifikasi area yang berpotensi memiliki sumber daya panas bumi dengan menggunakan data penginderaan jauh dan teknik analisis spasial. Parameter yang digunakan meliputi *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI*) dari citra Sentinel-2, *Land Surface Temperature (LST)* dari citra Landsat-8, serta *Fault Fracture Density (FFD)* dari data SRTM DEM. Data diolah menggunakan *Google Earth Engine (GEE)* dan QGIS 3.34, analisis kombinasi ketiga parameter dilakukan melalui metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai NDVI berkisar antara –0,1907 hingga 0,9117, LST antara 13,4 °C hingga 32,9 °C, dan FFD antara 0,001 hingga 3,474. Nilai-nilai ini umumnya terkonsentrasi di sekitar zona sesar utama, khususnya di bagian tengah hingga barat wilayah penelitian. Peta potensi panas bumi berhasil dibuat daerah dibagi menjadi tiga kategori yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Peta ini juga membantu mengidentifikasi beberapa area yang berpotensi, namun tidak menunjukkan manifestasi jelas di permukaan. Sebagai kesimpulan, penelitian ini menunjukkan bahwa penggabungan parameter NDVI, LST, dan FFD dengan analisis spasial merupakan metode yang dapat mendukung eksplorasi tahap awal potensi panas bumi terutama di wilayah dengan keterbatasan akses lapangan.

Keywords:
Geothermal
NDVI
LST
FFD
AHP
GEE
QGIS
Surian

Penulis Korespondensi:
Elistia Liza Namigo
Email:
elistializanamigo@sci.unand.ac.id

This research was conducted in Surian, Solok Regency, West Sumatra, which is located in the active magmatic zone of the Barisan Mountains and is believed to have geothermal potential. The main objective of this study was to identify areas with potential geothermal resources using remote sensing data and spatial analysis methods. The parameters used included the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Sentinel-2 imagery, Land Surface Temperature (LST) from Landsat-8 imagery, and Fault Fracture Density (FFD) from SRTM DEM data. The data were processed using Google Earth Engine (GEE) and QGIS 3.34, and the combined analysis of the three parameters was carried out using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The results showed that the NDVI values ranged from –0.1907 to 0.9117, the LST between 13.4 °C and 32.9 °C, and the FFD between 0.001 and 3.474. These values were generally concentrated around the main fault zone, particularly in the central to western part of the study area. A geothermal potential map was successfully created, dividing the regions into three categories: low, medium, and high. This map also helped identify several areas with potential, but without clear manifestations on the surface. In conclusion, this study demonstrates that combining NDVI, LST, and FFD parameters with spatial analysis is a method that can support geothermal exploration.

Copyright © 2026 Author(s)

I. PENDAHULUAN

Energi panas bumi merupakan sumber daya terbarukan dengan potensi pengembangan yang signifikan. Indonesia memiliki kapasitas panas bumi sekitar 29,5 gigawatt (GW), setara dengan ±40% potensi dunia (Khasmadin dan Harmoko, 2021). Sebagian besar potensi tersebut berada pada jalur vulkanik, termasuk Sumatera Barat dengan kapasitas sekitar 1.196 megawatt ekuivalen (MWe). Di Kabupaten Solok, khususnya daerah Surian, terdapat indikasi sumber daya panas bumi yang menjanjikan dengan kapasitas spekulatif mencapai 75 MWe, didukung oleh kondisi tektonik aktif yang memfasilitasi migrasi fluida panas ke permukaan (EBTKE, 2019). Data eksplorasi awal menunjukkan keberadaan manifestasi mata air panas bersuhu hingga 40,8 °C serta zona anomali panas bumi seluas ±3,25 km² yang teridentifikasi melalui pengukuran gradien suhu dan aliran panas (Purwoto, 2017). Selain itu, berdasarkan data eksplorasi awal, Budiraharja dkk. (2018) memetakan distribusi temperatur bawah permukaan yang menunjukkan zona dengan gradien suhu tinggi yang berasosiasi dengan struktur geologi regional, mengindikasikan keberadaan sistem panas bumi aktif di wilayah Surian. Namun demikian, eksplorasi panas bumi di wilayah ini masih terbatas akibat tingginya biaya, kompleksitas metode konvensional, serta kendala aksesibilitas medan. Survei geologi, geokimia, dan geofisika tradisional membutuhkan investasi besar dari sisi biaya, waktu, dan tenaga, sementara pemetaan rinci anomali panas permukaan belum sepenuhnya dilakukan meskipun manifestasi permukaan telah teridentifikasi (Isa dkk., 2020). Kondisi ini menjadikan pendekatan berbasis penginderaan jauh sangat bernilai untuk eksplorasi panas bumi tahap awal, karena mampu mendukung pemetaan spasial dan prioritisasi zona potensial secara lebih efisien.

Penginderaan jauh memiliki keunggulan dalam menganalisis area luas dalam waktu relatif singkat dibandingkan metode tradisional (Isa dkk., 2020). Pemanfaatan citra satelit Landsat 8 TIRS, Sentinel-2, dan DEM SRTM memungkinkan identifikasi potensi panas bumi melalui deteksi anomali termal, stres vegetasi, serta struktur geologi yang mengontrol sistem hidrotermal. Integrasi parameter suhu permukaan tanah (*Land Surface Temperature*/LST), indeks vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index*/NDVI), dan struktur geologi (*Fault and Fracture Density*/FFD) memberikan pemahaman geospasial awal terhadap potensi panas bumi suatu wilayah.

Analisis LST dari Landsat 8 TIRS digunakan untuk mendeteksi anomali termal yang berpotensi merefleksikan aktivitas panas bumi bawah permukaan, di mana suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan area sekitarnya dapat menjadi indikator sistem panas bumi aktif (Putri dkk., 2021; Chao dkk., 2023; Dong dkk., 2022; Syawalina dkk., 2022). Untuk mengatasi keterbatasan Landsat 8 dalam mendeteksi alterasi di wilayah dengan vegetasi lebat, digunakan NDVI berbasis citra Sentinel-2A multitemporal yang memiliki resolusi spasial lebih tinggi (Hu dkk., 2018; Sentinel-2, 2015). Pendekatan ini efektif dalam mengidentifikasi stres vegetasi akibat proses panas bumi, seperti emisi gas hidrotermal atau alterasi hidrotermal (Haeruddin dkk., 2023). Sementara itu, analisis struktur geologi menggunakan DEM SRTM diterapkan untuk memetakan sesar dan rekahan sebagai jalur migrasi fluida panas melalui teknik *hillshade*, analisis lereng, dan *edge detection* (Mahfud dkk., 2024).

Ketiga parameter utama—LST, NDVI, dan struktur geologi—diintegrasikan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sebagai kerangka analisis multikriteria berbasis spasial (Niken, 2023; Teknik dkk., 2024). Setiap parameter diberi bobot sesuai tingkat pengaruhnya terhadap sistem panas bumi dan diolah dalam lingkungan GIS untuk menghasilkan peta prioritas zona potensi panas bumi (Elbarbary dkk., 2022). Proses ini memungkinkan strategi eksplorasi yang lebih terfokus dan efisien dengan mempersempit area target sebelum menggunakan metode lapangan yang mahal dan intensif sumber daya. Mengingat tingginya biaya, keterbatasan aksesibilitas, dan keterbatasan waktu dari eksplorasi konvensional, penelitian ini menawarkan kerangka kerja geospasial berbasis multikriteria untuk mengoptimalkan eksplorasi panas bumi tahap awal—terutama di wilayah yang minim data atau terpencil seperti Surian.

Tabel 1 Data yang digunakan beserta sumber

Data	Tahun	Resolusi (m)	Dataset (Sumber)
Data Batas Administrasi	2019	-	https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/
Peta Geologi Surian	2017	-	https://geologi.esdm.go.id/
Landsat 8 TIRS	2024	100	GEE (USGS)
SRTM DEM	2014	30	GEE (USGS)
Sentinel-2	2024	10	GEE (ESA - Sentinel-2)

II. METODE

Pada penelitian ini digunakan data sekunder berupa dataset yang diakses melalui platform *Google Earth Engine*. Pada tautan https://developers.google.com/earth-engine/datasets. Beberapa data dan sumber yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

2.1 Pengolahan Data

Sebelum memetakan zona potensi panas bumi, dilakukan terlebih dahulu pemetaan tiap parameter yaitu NDVI, LST, dan FFD. Pada proses perhitungan LST, pertama-tama nilai *digital number* (DN) pada citra satelit dikonversi menjadi nilai radiansi (*TOA radiance*) menggunakan Persamaan (1):

$$L_\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

dengan L_λ adalah *Top of Atmosphere (TOA) spectral radiance*, M_L adalah *multiplier scale factor*, A_L adalah *adder scale factor*, dan Q_{cal} adalah nilai *digital number*. Nilai radiansi tersebut kemudian dikonversi menjadi *Brightness Temperature (BT)* menggunakan Persamaan (2):

$$BT = \frac{K_2}{ln(\frac{K_1}{L_\lambda}+1)} - 273.15 \quad (2)$$

dengan K_1 dan K_2 merupakan konstanta dari metadata citra. Selanjutnya, nilai BT dikonversi menjadi LST dengan mempertimbangkan emisivitas permukaan menggunakan Persamaan (3):

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

dengan λ adalah panjang gelombang efektif, ρ merupakan konstanta Planck bernilai 1.438×10^{-2} m·K, dan ε adalah emisivitas permukaan tanah (Sanjaya, 2020).
Sementara itu, perhitungan NDVI dilakukan menggunakan Persamaan (4):

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

dengan NDVI dihitung berdasarkan rasio spektrum *near infrared (NIR)* dan *red (RED)*. Selanjutnya, nilai *Proportion of Vegetation (PV)* dihitung dari NDVI dengan rumus berdasarkan Persamaan (5):

$$PV = \left(\frac{NDVI-NDVI_{min}}{NDVI_{max}-NDVI_{min}}\right)^2 \quad (5)$$

dengan $NDVI_{min}$ dan $NDVI_{max}$ diperoleh dari citra satelit yang digunakan. Nilai PV berkisar antara 0 hingga 1, di mana PV = 0 menunjukkan area tanpa vegetasi (tanah terbuka), sedangkan PV = 1 menunjukkan area dengan tutupan vegetasi penuh. Setelah memperoleh nilai PV, emisivitas permukaan (ε) dihitung menggunakan Persamaan (6):

$$\varepsilon = \varepsilon_v \times PV + \varepsilon_g \times (1 - PV) \quad (6)$$

dengan ε_v adalah emisivitas vegetasi penuh (umumnya 0.98), dan ε_g adalah emisivitas tanah (sekitar 0.96). Pendekatan ini meningkatkan akurasi estimasi emisivitas permukaan, khususnya pada area dengan kombinasi vegetasi dan tanah terbuka, sehingga nilai LST yang dihasilkan lebih merepresentasikan kondisi sebenarnya (Fawzi, 2014).

Perhitungan Fault Fracture Density (FFD) dilakukan melalui analisis struktur geologi berbasis data SRTM DEM. Tahapan meliputi ekstraksi sesar dan rekahan berdasarkan elevasi dan slope, visualisasi hillshade dengan azimuth 315° dan ketinggian cahaya 45° untuk menonjolkan struktur geologi, serta analisis pola kelurusan menggunakan teknik *filtering*. Hasil interpretasi kemudian dikorelasikan dengan anomali termal untuk mengidentifikasi keterkaitan antara struktur geologi dan aktivitas panas bumi.

Setiap parameter diklasifikasikan berdasarkan skor sesuai kriteria penelitian terdahulu (Farras dkk., 2017), kemudian bobot diberikan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang disesuaikan dengan pengaruh masing-masing parameter terhadap potensi panas bumi.

Pengolahan data dilakukan menggunakan *code Javascript* pada platform *Google Earth Engine* (https://code.earthengine.google.com/) serta perangkat lunak QGIS 3.34 untuk analisis spasial.

Setelah parameter diberi skor dan bobot, dilakukan penjumlahan antara skor tiap klasifikasi dengan bobotnya sesuai dengan Persamaan (7).

$$S = \sum_{i=1}^{n} W_i . X_i \quad (7)$$

dengan S adalah skor total, W_i adalah bobot parameter ke-i, dan X_i adalah skor parameter ke-i. Hasil skor total kemudian digunakan untuk membagi zona potensi panas bumi ke dalam tiga kategori, yaitu Rendah, Sedang, dan Tinggi.

Hasil akhir berupa peta prioritas potensi panas bumi, dengan zona berpotensi tinggi ditandai warna merah, zona sedang berwarna kuning–hijau, dan zona rendah berwarna hijau–biru. Integrasi NDVI, LST, dan FFD ini memberikan gambaran awal lokasi potensi panas bumi di Surian sebelum dilakukan eksplorasi lebih lanjut.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Interpretasi Pola Sebaran Spasial NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index)*

Peta sebaran NDVI hasil perhitungan Persamaan (4) dari komposit median citra Sentinel-2 (Gambar a) menunjukkan nilai berkisar antara −0,1907 hingga 0,9117. Berdasarkan klasifikasi Syawalina dkk. (2022), NDVI dikelompokkan menjadi lima kelas: sangat jarang (< −0,03), jarang (−0,03–0,15), sedang (0,15–0,25), rapat (0,25–0,35), dan sangat rapat (0,35–1). Wilayah Surian didominasi NDVI tinggi (>0,35) yang mencerminkan vegetasi rapat dan sehat, sementara NDVI rendah (<0,25) muncul secara sporadis dan terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat laut dengan pola linier berarah tenggara serta percabangan ke barat daya dan timur laut. Nilai *Proportion of Vegetation* (PV) yang dihitung dari NDVI menggunakan Persamaan (5) berada pada rentang 0–1 dengan nilai rata-rata 0,7165, menunjukkan dominasi vegetasi sedang hingga rapat. Zona NDVI tinggi memiliki PV mendekati 1, sedangkan NDVI rendah menghasilkan PV mendekati 0. Estimasi emisivitas permukaan (ε) berdasarkan Persamaan (6) dengan asumsi $\varepsilon v = 0{,}98$ dan $\varepsilon g = 0{,}96$ menghasilkan nilai rata-rata 0,9743, dengan nilai ε rendah terkonsentrasi pada area terbuka atau vegetasi jarang di bagian tengah hingga barat laut dengan pola linier serupa.

Pola linier NDVI, PV, dan ε rendah mengindikasikan keterkaitan dengan struktur geologi seperti sesar dan rekahan yang berpotensi menjadi jalur migrasi fluida panas bumi. Di bagian selatan, pola tersebut lebih acak dan diduga dipengaruhi aktivitas antropogenik. Distribusi ini konsisten dengan pola LST, di mana vegetasi rendah berasosiasi dengan suhu permukaan yang lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan Syawalina dkk. (2022) dan Haeruddin dkk. (2023), yang melaporkan bahwa NDVI rendah pada wilayah vulkanik aktif berkaitan dengan pengaruh fluida hidrotermal dan peningkatan suhu bawah permukaan. Oleh karena itu, NDVI merupakan indikator awal yang efektif untuk identifikasi anomali geotermal di Surian, terutama ketika diintegrasikan dengan PV, emisivitas (ε), LST, dan *Fault and Fracture Density* (FFD).

3.2 Interpretasi Pola Sebaran LST *(Land Surface Temperature)*

Sebaran suhu permukaan (LST) diperoleh dari citra Landsat 8 Band 10 melalui konversi Digital Number (DN) menjadi radiansi spektral (Lλ) menggunakan parameter gain (ML) dan bias (AL) sesuai Persamaan (1), menghasilkan nilai Lλ sebesar 8,8672 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$. Nilai ini selanjutnya dikonversi menjadi *Brightness Temperature* (BT) menggunakan fungsi *Planck* (Persamaan (2)) dengan konstanta K1 = 774,89 dan K2 = 1321,08, sehingga diperoleh BT sebesar 21,5613 °C.

Brightness Temperature kemudian dikoreksi terhadap emisivitas permukaan (ε) yang dihitung berdasarkan nilai PV, dengan asumsi emisivitas vegetasi penuh 0,98 dan tanah terbuka 0,96, menggunakan Persamaan (2.3) dengan panjang gelombang tengah Band 10 (λ = 10,895 μm) dan konstanta fisik $\rho = 1{,}438 \times 10^{-2}$ m·K. Hasil koreksi menunjukkan nilai LST berkisar antara 13,40 °C hingga 32,97 °C (Gambar b). Zona suhu tinggi (merah–oranye) terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat laut wilayah studi, sedangkan suhu rendah (13–20 °C) dominan di bagian barat daya dan tepi wilayah. Korelasi negatif antara LST dan NDVI terlihat jelas, di mana LST tinggi berasosiasi dengan NDVI rendah (<0,25), menunjukkan vegetasi jarang, sejalan dengan temuan Mahfud dkk. (2024). Anomali suhu tinggi ini berpotensi berkaitan dengan proses geotermal bawah permukaan seperti migrasi fluida panas, emisi gas hidrotermal, atau keberadaan mata air panas, meskipun faktor non-geotermal seperti singkapan batuan, kelembaban tanah rendah, dan aktivitas antropogenik juga perlu dipertimbangkan. Oleh karena itu, interpretasi LST harus dikombinasikan dengan NDVI dan FFD untuk delineasi zona anomali geotermal yang lebih akurat di wilayah Surian.

3.3 Interpretasi Pola Sebaran FFD *(Fault and Fracture Density)*

Peta *Fault and Fracture Density* (FFD) dihasilkan dari digitasi manual seluruh kelurusan hasil interpretasi *hillshade*, yang kemudian dianalisis menggunakan *Line Density Tool* pada QGIS. Analisis ini menghitung total panjang *lineament* per satuan luas, sehingga memvisualisasikan jalur potensial migrasi fluida panas bumi. Peta FFD wilayah Surian (Gambar c) menunjukkan distribusi kerapatan sesar dan rekahan berdasarkan data DEMNAS dan interpretasi geologi regional, dengan lima kelas kerapatan: sangat rendah (0,001–0,6947), rendah (0,6947–1,3895), sedang (1,3895–2,0842), tinggi (2,0842–2,7790), dan sangat tinggi (2,7790–3,4740) km/km².

Zona FFD tinggi hingga sangat tinggi didominasi struktur berorientasi barat laut–tenggara dan timur laut–barat daya, sejalan dengan tren Sesar Sumatra dan Sesar Solok. Peran struktur ini sebagai jalur utama migrasi fluida panas konsisten dengan temuan Mahfud dkk. (2024) dan Elbarbary dkk. (2022), yang menunjukkan korelasi kuat antara kerapatan struktur, manifestasi panas bumi, dan anomali termal permukaan. Kesamaan orientasi struktur regional mengindikasikan bahwa sistem geotermal Surian dikontrol oleh struktur geologi regional. Perbandingan peta FFD dengan peta LST dan NDVI menunjukkan korelasi spasial yang kuat, di mana zona FFD tinggi berasosiasi dengan suhu permukaan tinggi dan vegetasi jarang, mendukung interpretasi keberadaan sistem geotermal aktif di wilayah studi. Perbandingan peta FFD dengan peta LST (Gambar b) dan NDVI (Gambar a) menunjukkan korelasi spasial yang kuat, di mana zona FFD tinggi cenderung berasosiasi dengan suhu permukaan tinggi dan tutupan vegetasi rendah. Pola ini mendukung keberadaan sistem geotermal aktif di wilayah Surian serta menegaskan bahwa integrasi FFD, LST, dan NDVI merupakan pendekatan non-invasif yang efektif dalam mengidentifikasi zona potensi geotermal sebelum tahap eksplorasi lanjutan.

3.4 Pemetaan dan Klasifikasi Zona Potensi Geotermal

Pemetaan zona potensi geotermal dilakukan dengan mengintegrasikan NDVI, LST, dan FFD yang merepresentasikan komponen biofisik, termal, dan struktural sistem panas bumi. Penentuan bobot relatif setiap parameter menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), di mana FFD diberikan bobot tertinggi karena perannya sebagai jalur migrasi fluida panas, sementara NDVI dan LST diberi bobot yang sama sebagai indikator stres vegetasi dan anomali suhu permukaan. Skema pembobotan ini konsisten dengan pendekatan multikriteria yang diterapkan oleh Niken (2023) dan Elbarbary dkk. (2022), yang menekankan dominasi struktur geologi dalam mengontrol sistem panas bumi.

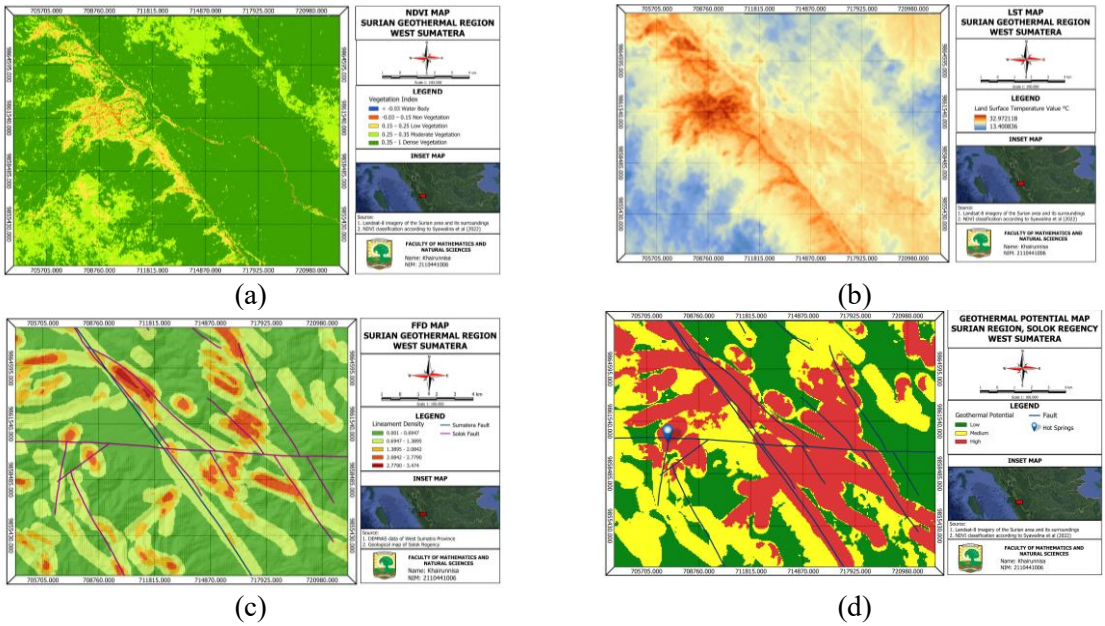
Integrasi parameter dilakukan melalui teknik *pixel-based spatial overlay* dalam lingkungan GIS sesuai Persamaan (7), menghasilkan peta potensi geotermal dengan tiga kelas: rendah, sedang, dan tinggi (Gambar d). Zona potensi tinggi terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat laut wilayah studi, dicirikan oleh LST tinggi (>30 °C), NDVI rendah (<0,25), kerapatan struktur tinggi, kedekatan dengan Sesar Sumatra dan Sesar Solok, serta keberadaan mata air panas. Selain itu, beberapa zona potensi tinggi juga teridentifikasi di bagian tenggara wilayah studi meskipun tidak berasosiasi langsung dengan manifestasi permukaan, mengindikasikan kemungkinan sistem geotermal laten yang belum teridentifikasi dan layak menjadi prioritas investigasi lanjutan.

3.5 Validasi Spasial

Integrasi NDVI, LST, dan FFD menggunakan metode AHP menghasilkan tiga kelas zona potensi panas bumi, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Wilayah studi terletak di Kecamatan Surian, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat, yang secara geografis berada di sekitar koordinat 100,7° Bujur Timur dan 0,6° Lintang Selatan. Zona berpotensi tinggi (merah) terkonsentrasi di bagian tengah hingga barat laut wilayah studi dan dicirikan oleh suhu permukaan tinggi (>30 °C), nilai NDVI rendah (<0,25), serta kerapatan rekahan tinggi yang berasosiasi dengan struktur sesar utama. Manifestasi panas bumi berupa mata air panas teridentifikasi pada sekitar koordinat 100,6° Bujur Timur dan 0,6° Lintang Selatan, yang berada dalam atau berdekatan dengan zona potensi tinggi hasil analisis.

Sebagai validasi, hasil pemetaan dibandingkan dengan peta temperatur bawah permukaan berdasarkan data pengeboran Budiraharja dkk. (2018). Teridentifikasi kesesuaian spasial antara zona potensi tinggi dan area anomali temperatur tinggi (>30 °C), menunjukkan bahwa indikasi panas permukaan dari citra satelit berkorespondensi dengan peningkatan suhu bawah permukaan hasil pengukuran lapangan. Selain itu, keberadaan zona potensi tinggi di bagian tenggara yang tidak berdekatan langsung dengan manifestasi panas bumi juga sejalan dengan temuan Budiraharja dkk.

(2018), yang melaporkan anomali suhu pada area tanpa manifestasi permukaan. Kesesuaian ini menunjukkan bahwa pendekatan penginderaan jauh mampu merepresentasikan kondisi bawah permukaan secara memadai dan konsisten dengan penelitian terdahulu.



Gambar 1 (a) Peta NDVI Geotermal Wilayah Surian (b) Peta LST Geotermal Wilayah Surian (c) Peta FFD Geotermal Wilayah Surian (d) Peta Potensi Geotermal Wilayah Surian

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis spasial dan integrasi parameter LST, NDVI, dan FFD, zona potensi geotermal di wilayah studi dicirikan oleh kombinasi NDVI rendah, LST tinggi, dan FFD tinggi yang secara spasial berasosiasi dengan jalur sesar dan manifestasi permukaan aktif, dengan konsentrasi utama di bagian tengah hingga barat laut wilayah studi. Selain itu, teridentifikasi zona potensi tinggi di bagian tenggara yang tidak berasosiasi langsung dengan manifestasi permukaan maupun sesar utama, mengindikasikan keberadaan sistem geotermal laten atau tersembunyi. Pola ini konsisten dengan temuan Budiraharja dkk. (2018), sehingga menegaskan bahwa pendekatan penginderaan jauh berbasis AHP efektif digunakan untuk identifikasi awal zona potensi panas bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak ada.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan.

PERNYATAAN PENDANAAN

Penelitian ini tidak memperoleh pendanaan khusus.

PERNYATAAN PENGGUNAAN AI GENERATIF DAN TEKNOLOGI BERBASIS AI

GPT hanya digunakan untuk mengoreksi kesalahan tata bahasa dan tipografi. Penulis bertanggung jawab penuh atas isi dan integritas publikasi.

DAFTAR PUSTAKA

Budiraharja, M., Purwoto, E., & Nirmala, W. (2018). *Hasil Kegiatan Pusat Sumber Daya MIneral, Batubara dan Panas Bumi Tahun Anggaran 2017*. 1–298.

Chao, J., Zhao, Z., Lai, Z., Xu, S., Liu, J., Li, Z., Zhang, X., Chen, Q., Yang, H., & Zhao, X. (2023). Detecting geothermal anomalies using Landsat 8 thermal infrared remote sensing data in the Ruili Basin, Southwest China. *Environmental Science and Pollution Research*, *30*(11), 32065–32082. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24417-3

Dong, B., Dong, S., Wang, Y., Wen, F., Yu, C., Zhou, J., & Song, R. (2022). Detecting Geothermal Resources in a Plateau Area: Constraints From Land Surface Temperature Characteristics Using

Landsat 8 Data. *Frontiers in Earth Science*, *10*(April), 1–13. https://doi.org/10.3389/feart.2022.785900

EBTKE. (2019). Potensi Panas Bumi Indonesia. In *Direktorat Panas Bumi* (Vol. 11, Issue 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI

Elbarbary, S., Abdel Zaher, M., Saibi, H., Fowler, A. R., & Saibi, K. (2022). Geothermal renewable energy prospects of the African continent using GIS. *Geothermal Energy*, *10*(1), 1–19. https://doi.org/10.1186/s40517-022-00219-1

Farras, N., Sukmono, A., & Bashit, N. (2017). Analisis Estimasi Energi Panas Bumi Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal Geodesi Undip*, *6*, 517–525.

Fawzi, N. I. (2014). Pemetaan Emisivitas Menggunakan Indeks Vegetasi (Surface Emissivity Mapping Using Vegetation Indices). *Majalah Ilmiah Globë*, *16*(2), 133–140.

Haeruddin, Aminah, S., Suparno, F. A. D., & Irawan, J. F. (2023). Identifikasi Perubahan Indeks Vegetasi dan Kaitannya Dengan Mineral Alterasi Menggunakan Citra Sentinel-2A Multi Temporal. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, *4*(2), 103–110. https://doi.org/10.23960/jgrs.ft.unila.133

Hu, B., Xu, Y., Wan, B., Wu, X., & Yi, G. (2018). Hydrothermally altered mineral mapping using synthetic application of Sentinel-2A MSI, ASTER and Hyperion data in the Duolong area, Tibetan Plateau, China. *Ore Geology Reviews*, *101*, 384–397. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.07.017

Isa, M., Cesarian, D. P., Abir, I. A., Yusibani, E., Surbakti, M. S., & Umar, M. (2020). Remote sensing satellite imagery and in-situ data for identifying geothermal potential sites: Jaboi, indonesia. *International Journal of Renewable Energy Development*, *9*(2), 237–245. https://doi.org/10.14710/ijred.9.2.237-245

Khasmadin, M. F., & Harmoko, U. (2021). Kajian Potensi dan Pemanfaatan Energi Panas Bumi di Wilayah Kerja Panas Bumi Patuha Ciwidey. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, *2*(2), 101–113. https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11187

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 Sumatra Barat. *Journal of Geology Sriwijaya*, *3*(1), 1–12. https://doi.org/10.62932/jgs.v3i1.2044

Niken, S. A. (2023). *Analisis Potensi Panas Bumi Suoh Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)*. http://digilib.unila.ac.id/76100/

Purwoto, E. (2017). *Survey Aliran Panas Bumi Daerah Panas Bumi Daerah Surian, Kab. Solok, Prov. Sumatera Barat*. Pusat Sumber Daya Mineral BatuBara dan Panas Bumi.

Putri, D. R., Ismail, N., Idroes, R., Rizal, S., Nur, S., & Nanda, M. (2021). Analysis of Land Surface Temperature (LST) in Bur Ni Geureudong Geothermal Field, Aceh, Indonesia Using Landsat 8 OLI / TIRS Images. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, *20*(4), 1–13. https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2021.084

Sanjaya, R. S. (2020). *Tutorial Land Surface Temperature (Lst) Menggunakan Citra Landsat 8*. *May*, 1–23.

Sentinel-2. (2015). *Earth Engine Data Catalog*. https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel-2

Syawalina, R. K., Ratihmanjari, F., & Saputra, R. A. (2022). Identification of The Relationship Between LST And NDVI On Geothermal Manifestations In A Preliminary Study Of Geothermal Exploration Using Landsat 8 OLI/TIRS Imagery Data Capabilities: Case Study Of Toro, Central Sulawesi. *PROCEEDINGS, 47th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, 1–8.

Teknik, J., Jurnal, G., Pengetahuan, I., & Kartanegara, K. K. (2024). *Pemetaan panas bumi dan potensi implementasi teknologi binary cycle untuk mendukung transisi energi bersih di kabupaten kutai kartanegara*. *7*(2). https://doi.org/10.30872/jtgeo.v7i1.18721