

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima : 29-01-2022

Disetujui : 01-08-2022

GEOGRAFI

DETEKSI MANIFESTASI PANAS BUMI MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8 (STUDI KASUS KAWASAN GUNUNG PATUHA)**Jarry Febga¹, Muhammad Zidan², Garnis Pandan Wangi³, Efri Triana Nur Arifin^{4*}**^{1,2,3,4}Sains Informasi Geografi, Universitas Pendidikan Indonesia

(✉) *efritriana27@gmail.com

ABSTRAK

Energi panas bumi merupakan energi alternatif yang diharapkan dapat menjadi pasokan tambahan bagi sumber energi Indonesia. Namun pada kenyataannya Indonesia baru memanfaatkan 5,9% energi panas bumi yang ada. Tujuan dari penelitian ini dilakukan yakni mendeteksi manifestasi lokasi sebaran panas bumi di Kawasan Gunung Patuha dan membandingkan hasil analisis sebaran panas bumi pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode FFD dengan metode LST dengan citra Landsat 8 pada wilayah kajian yang sama yaitu Gunung Patuha. Pemetaan deteksi manifestasi panas bumi diperoleh dari *overlay* parameter kepadatan lurus menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA), suhu permukaan menggunakan metode *Land Surface Temperature* (LST) dan kerapatan vegetasi menggunakan metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) lalu diolah menggunakan skoring dan pembobotan. Berdasarkan Hasil Visualisasi berupa peta potensi sebaran panas bumi terdapat tujuh area yaitu area A, area D, dan area E dengan kelas sedang - tinggi; area B dengan kelas sedang; area C, area G, dan area F dengan kelas sedang-sangat tinggi. Namun pengecualian untuk area F dan area G tidak terkonfirmasi sebagai potensi panas bumi karena terdapat pengaruh manusia, seperti pemukiman padat yang menyebabkan suhu permukaan meningkat. Hasil ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya mengidentifikasi 3 area.

Kata Kunci: *manifestasi panas bumi; Landsat 8; penginderaan jauh.***ABSTRACT**

Geothermal energy is an alternative energy that is expected to be an additional supply for Indonesia's energy sources. However, in reality, Indonesia has only utilized 5.9% of existing geothermal energy. The purpose of this study was to detect the manifestation of the location of geothermal distribution in the Patuha Mountain Area and compare the results of the analysis of geothermal distribution in previous studies using the FFD method with the LST method with Landsat 8 imagery in the same study area, namely Mount Patuha. The mapping of detection of geothermal manifestations is obtained from the overlay of the straight density parameters using the Principal Component Analysis (PCA) method, the surface temperature using the Land Surface Temperature (LST) method and the vegetation density using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method then processed using scoring and weighting. Based on the visualization results in the form of a map of the potential for geothermal distribution, there are seven areas, namely area A, area D, and area E with medium - high class; area B with moderate class; area C, area G, and area F with medium-very high class. However, the exceptions for area F and area G are not confirmed as geothermal potential because there are human influences, such as dense settlements that cause surface temperatures to increase. These results differ from previous studies which only identified 3 areas.

Keywords: *geothermal manifestation; Landsat 8; remote sensing.*

PENDAHULUAN

Energi panas bumi mengacu kepada fenomena alam dari energi yang dihasilkan oleh sumber panas di dalam interior bumi dan merupakan sumber energi terbarukan yang dibentuk dan disimpan di bawah tanah sebagai air panas / uap (DiPippo dalam Darge, Y. M., et al, 2019). Apalagi dengan berkurangnya kemampuan Indonesia dalam memproduksi minyak bumi, sumber daya panas bumi ini diharapkan dapat berperan mengamankan suplai tenaga listrik Indonesia (Umam et al, 2018). Indonesia memiliki potensi panas bumi yang belum dimanfaatkan seluruhnya, padahal Indonesia merupakan salah satu negara yang berada pada cincin api dunia (*ring of fire*). Menurut Umam et al (2018) energi panas bumi di Indonesia yang baru dimanfaatkan baru sebesar 5,9% (1698,5 Megawatt) sedangkan Indonesia menyimpan 40% dari energi panas dunia. Rencana Umum Energi menargetkan pada tahun 2025 energi terbarukan mencapai 23%, dimana 5% dari itu ialah berasal dari energi panas bumi.

Salah satu gunung yang berpotensi menjadi salah satu sumber energi panas bumi ialah Gunung Patuha di Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Penelitian identifikasi panas bumi dengan studi kasus Gunung Patuha sudah pernah dilakukan sebelumnya berdasarkan kajian *Fault and Fracture Density* (FFD) yang dikompilasikan dengan data geomagnet. Kemudian didapatkan tiga kawasan prospek panas bumi di daerah Cibuni, Kawah Putih, dan Kawah Ciwidey (Bujung et al, 2011). Secara topografi, metode FFD dapat menjadi pilihan terbaik dalam melihat kelurusan, namun pada penelitian ini metode yang akan digunakan ialah metode *overlay* dengan mempertimbangkan parameter *Land Surface Temperature* (LST), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan kepadatan kelurusan untuk mengidentifikasi potensi manifestasi panas bumi.

Himayah (2020) mengemukakan bahwa Saluran infra merah termal dari penginderaan jauh dapat digunakan untuk menentukan

distribusi suhu. Juga untuk memantau perubahan suhu secara lokal dan global, digunakan dalam pemodelan perubahan iklim, dan memantau suhu permukaan. LST mendeteksi suhu permukaan menggunakan pertimbangan emisivitas vegetasi serta emisivitas tanah. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra Landsat 8 yang telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi suhu permukaan tanah.

Menurut Himayah (2020) NDVI adalah ukuran keadaan kesehatan tumbuhan berdasarkan bagaimana tumbuhan memantulkan cahaya pada frekuensi tertentu (sebagian gelombang diserap dan sebagian lainnya dipantulkan). NDVI merupakan indeks vegetasi yang sering digunakan untuk memonitor kekeringan, memperkirakan produksi pertanian, serta membantu dalam meramalkan zona kebakaran.

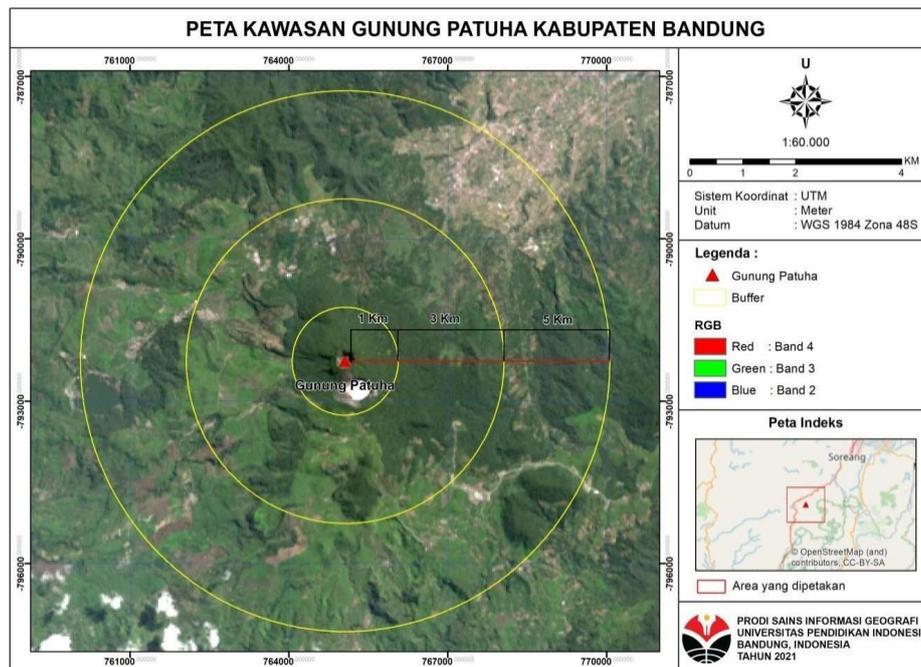
Adapun kelurusan Menurut Clark, C. D., et al. (1994), didefinisikan sebagai elemen linier lurus yang terlihat dipermukaan bumi dan yang merupakan representasi dari beberapa fenomena geologi atau geomorfologi.

Tujuan dari penelitian ini dilakukan yakni mendeteksi manifestasi lokasi sebaran panas bumi di Kawasan Gunung Patuha dan membandingkan hasil analisis sebaran panas bumi pada penelitian sebelumnya yang menggunakan metode FFD dengan metode *overlay* pada wilayah kajian yang sama yaitu Gunung Patuha.

METODE PENELITIAN

a) Lokasi Penelitian

Gunung Patuha merupakan sebuah gunung yang terdapat di Rancabali, Ciwidey, Kabupaten Bandung, Jawa Barat dengan koordinat 7°09'41.8"S dan 107°23'58.1"E. Gunung dengan ketinggian 2.434 meter ini memiliki kawah yang sangat eksotik dan ikonik yang berpotensi menjadi salah satu potensi panas bumi yaitu kawah putih. Dalam Penelitian ini penulis menggunakan metode *buffer* pada kawasan Gunung Patuha dengan jarak 1 km, 3km, dan 5 km dari puncak gunung.



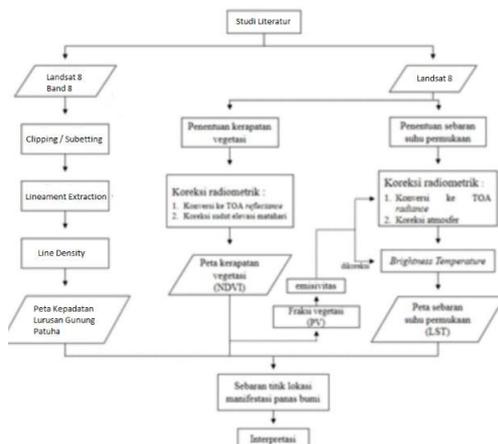
Gambar 1. Peta Kawasan Gunung Patuha.

b) Alat dan Bahan

Pada penelitian ini digunakan alat dan bahan sebagai berikut:

- Laptop
- Software ArcMap 10.4.1
- Software PCI Geomatica 2016
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Data Citra Landsat 8 (27 Juli 2020), USGS
- Data Citra Digital Elevation Model, BIG
- Data Kontur, BIG

c) Alat dan Bahan



Gambar 2. Diagram Alir

d) Tahap Pengkoreksian

Langkah awal yang perlu dilakukan pada citra Landsat 8 ialah koreksi. Koreksi yang dilakukan dalam penelitian ini ialah koreksi radiometrik yang berperan untuk menyapkan atau meminimalisir kendala atmosfer pada saat proses perekaman citra. Dalam aplikasinya, koreksi radiometrik dibedakan menjadi 2 metode berdasarkan pada tipe bandnya (USGS, 2019), ialah TOA reflektan untuk band reflektan (lihat persamaan (2)) serta TOA radian untuk band termal yang berturut-turut disajikan dalam persamaan (1) di bawah ini:

$$\rho\lambda = \frac{M\rho Q_{cal} + A\rho}{\cos(\theta Z)} \tag{1}$$

Dimana :

$\rho\lambda$ = TOA Reflektan

$M\rho$ = Faktor skala perkalian reflektan pada band (REFLECTANCE_MULT_BAND_n dari metadata).

$A\rho$ = Faktor skala aditif reflektansi pada band (REFLECTANCE_ADD_BAND_Ndari metadata).

Q_{cal} = Nilai piksel level 1 di DN

θZ = Sudut puncak matahari lokal
 θSZ = $90^\circ - \theta SE$ (diperoleh dari metadata citra)

$$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \tag{2}$$

Dimana :

L_λ = Cahaya spektral ($W / (m^2 * sr * \mu m)$)
 M_L = Faktor skala perkalian radian pada band (RADIANCE_MULT_BAND_n dari metadata)
 A_L = Faktor skala aditif radian pada band (RADIANCE_ADD_BAND_n dari metadata)
 Q_{cal} = Nilai piksel level 1 di DN

Nilai pada band yang telah terkoreksi TOA *reflectance* berarti sudah terkoreksi sudut elevasi matahari sehingga dapat dilanjutkan ke tahap NDVI. Sedangkan, nilai band yang telah terkoreksi TOA radian dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu *Brightness Temperature* hingga tahap terakhir yaitu pembuatan peta sebaran suhu permukaan menggunakan metode LST.

e) Tahap Pengolahan

Tahap awal pengolahan yaitu membuat kelurusan dengan menggunakan aplikasi PCI Geomatika 2016, Kelurusan diekstraksi secara otomatis menggunakan berbagai parameter untuk penarikan tepi dan teknik penarikan tepi yang memberikan hasil terbaik dari penyelarasan yang tidak dikenali oleh mata manusia (Sukumar, M. et al, 2014). kelurusan sebagai salah satu parameter penentu manifestasi panas bumi dapat diperoleh dengan melakukan *Principal Component Analysis* (PCA) pada band 8 Landsat 8 yang telah terkoreksi radiometrik dengan TOA reflektan. PCA merupakan salah satu teknik untuk meningkatkan kualitas citra secara visual sehingga fitur kelurusan dapat dengan mudah diamati.

Selanjutnya citra yang sudah melalui proses PCA diekstraksi secara otomatis dengan menggunakan algoritma *Line*. Data

hasil *Linement Extraction* kemudian di *export* menjadi data vektor. Selanjutnya data vektor kelurusan diolah menggunakan pendekatan *Line Density* untuk didapatkan nilai kerapatan lurusannya menggunakan aplikasi ArcGIS 10.4.1.

Langkah Berikutnya citra diolah untuk memperoleh distribusi nilai LST, nilai LST sendiri dapat diperoleh dengan memperhitungkan nilai emisivitas yang didapatkan dari perhitungan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI adalah rasio yang digunakan untuk menyatakan seberapa rapat vegetasi di suatu daerah. Nilai NDVI dihitung berdasarkan nilai reflektan band inframerah dekat dan band merah dengan persamaan (3) berikut:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \tag{3}$$

Pemilihan kedua band tersebut didasarkan pada karakter vegetasi yang lebih banyak merefleksikan gelombang inframerah dekat dibandingkan gelombang merah. Selanjutnya, untuk melihat presentasi proyeksi vertikal dari tutupan lahan bervegetasi di suatu daerah dapat dilakukan dengan menghitung fraksi vegetasi menggunakan persamaan (4) berikut:

$$PV = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \tag{4}$$

Selanjutnya nilai fraksi vegetasi yang diperoleh melalui persamaan (4) digunakan untuk menentukan nilai emisivitas (ϵ) yang berfungsi untuk mengurangi kesalahan dalam mengestimasi suhu permukaan tanah (LST) menggunakan citra satelit. Nilai emisivitas dapat diperoleh dengan menerapkan algoritma dari persamaan (5) berikut:

$$e = m \times PV + n \tag{5}$$

Nilai $m = ev - es - (1 - es) \times F \times ev$, dan $n = es + (1 - es) \times F \times ev$. Dimana e merupakan nilai emisivitas permukaan, es adalah nilai emisivitas tanah, ev adalah nilai emisivitas vegetasi, dan F adalah shape factor. Nilai es dan ev diasumsikan bernilai 0,97 dan 0,99. Sementara nilai F adalah 0,55 (Sobrin, et al., 2004 dalam Hakim, L. et al, 2017).

Sebelum menghitung suhu permukaan tanah (LST), citra yang sudah terkoreksi radiometrik menggunakan TOA radian pada persamaan (2) digunakan untuk menghitung nilai *Brightness Temperature* (BT) sebagai radiasi gelombang elektromagnetik yang dideteksi oleh sensor termal. BT dapat ditentukan dengan menerapkan algoritma persamaan (6) berikut:

$$BT = \left(\frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \right) \quad (6)$$

K_1 dan K_2 adalah konstanta / konversi termal yang terdapat pada metadata citra. Selanjutnya suhu permukaan tanah (LST) dapat dihitung dengan menambahkan koreksi emisivitas permukaan yang diperoleh dari persamaan (7) dengan algoritma sebagai berikut:

$$LST = \frac{BT}{1 + \left(\frac{\lambda BT}{P}\right) \ln \epsilon} - 273 \quad (7)$$

Simbol λ merupakan panjang gelombang sensor termal yang digunakan, h merupakan konstanta Planck ($6,626 \times 10^{-34}$ Js), c merupakan kecepatan cahaya (3×10^8 ms⁻¹) dan σ adalah konstanta Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23}$ JK⁻¹).

f) Tahap Analisis

Manifestasi panas bumi diidentifikasi dengan mempertimbangkan parameter kerapatan vegetasi, kepadatan kelurusan dan distribusi suhu permukaan. Klasifikasi NDVI menjadi salah satu faktor penentuan potensi

manifestasi panas bumi dikarenakan kerapatan vegetasi memiliki hubungan terbalik dengan keberadaan panas bumi. Area yang memiliki nilai (4) mengaitkan hasil temuan penelitian dengan struktur pengetahuan yang telah mapan; dan (5) memunculkan teori-teori baru atau modifikasi teori yang telah ada.

Kerapatan vegetasi yang tinggi menunjukkan tidak adanya potensi manifestasi panas bumi dan sebaliknya daerah yang memiliki nilai kerapatan vegetasi yang rendah cenderung memiliki potensi manifestasi sumber panas bumi. Distribusi suhu permukaan menggunakan metode LST memiliki keterkaitan dengan potensi manifestasi panas bumi. Suhu permukaan tinggi menjadi salah satu faktor utama keberadaan manifestasi panas bumi dan sebaliknya untuk suhu permukaan yang rendah.

Ketinggian suatu tempat (elevasi) pada permukaan bumi berpengaruh terhadap suhu udara. Semakin tinggi tempat di permukaan bumi, semakin rendah suhu udaranya. Menurut Braak (dalam Purwantara S., 2015):

$$T = 26,3^{\circ}\text{C} - \frac{(0,61^{\circ}\text{C} \cdot h)}{100}$$

Keterangan :

T = suhu udara

26,3 °C = suhu rata-rata tahunan

0,61 °C = gradien suhu setiap kenaikan 100 m

H = ketinggian tempat

Kelurusan disebut sebagai parameter potensi manifestasi panas bumi dikarenakan kelurusan merupakan zona lemah yang menjadi jalan keluarnya fluida menuju permukaan. Penentuan area potensial panas bumi Kawasan Gunung Patuha dibuat dengan cara melakukan overlay parameter kepadatan lurusan, suhu permukaan dan kerapatan vegetasi menggunakan skoring dan pembobotan sebagai berikut:

Tabel 1. Skoring dan Pembobotan

Parameter	Klasifikasi	Skor	Bobot
Kepadatan Lurusan	Sangat Rendah	1	40%
	Rendah	2	
	Sedang	3	
	Tinggi	4	
	Sangat Tinggi	5	
Suhu Permukaan (LST)	12,08 - 16 °C	1	40%
	16 - 20 °C	2	
	20 - 24 °C	3	
	24 - 28 °C	4	
	28 - 37,67 °C	5	
Kerapatan Vegetasi (NDVI)	Tubuh Air	1	20%
	Non Vegetasi	4	
	Rendah	3	
	Sedang	2	
	Tinggi	1	

HASIL DAN PEMBAHASAN

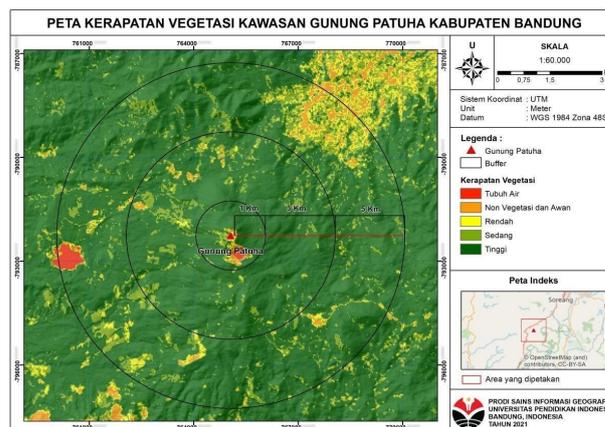
a) Kerapatan Vegetasi

Tabel 2. Hasil Analisis Klasifikasi Kerapatan Vegetasi (NDVI)

No	Klasifikasi	Nilai NDVI	Luas (km ²)
1	Tubuh Air	-0,599 - 0	0,455194
2	Non Vegetasi	0 - 0,370	1,110693
3	Rendah	0,370 - 0,520	2,244995
4	Sedang	0,520 - 0,680	9,170523
5	Tinggi	0,680 - 0,886	65,555705

Sumber: Hasil Analisis, 2021.

Dari hasil perhitungan (**Tabel 2**), kerapatan vegetasi yang diperoleh melalui klasifikasi NDVI menunjukkan nilai minimum adalah -0,599 dan nilai maksimum adalah 0,886. Indeks kerapatan vegetasi rendah berada pada rentang nilai NDVI 0,370 – 0,520 disimbolkan dengan warna kuning. Indeks kerapatan rendah ini diinterpretasikan sebagai rerumputan dan semak belukar yang tersebar di hampir seluruh kawasan Gunung Patuha (**Gambar 3**).



Gambar 3. Peta Kerapatan Vegetasi Kawasan Patuha Kabupaten Bandung

Indeks kerapatan vegetasi sedang berada pada rentang nilai NDVI 0,520 – 0,680 yang disimbolkan dengan warna hijau muda, indeks kerapatan sedang ini tersebar berasosiasi dengan indeks kerapatan rendah. Adapun dominasi indeks kerapatan vegetasi berada pada kelas kerapatan vegetasi tinggi yang berada pada rentang nilai NDVI 0,680 – 0,886 dengan luas sebesar 65,5 km².

Daerah dengan indeks kerapatan rendah memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi dibanding daerah yang memiliki indeks kerapatan vegetasi tinggi. Hal itu diasumsikan karena kecenderungan suhu yang akan menurun dipengaruhi oleh rendahnya indeks vegetasi. Indeks kerapatan vegetasi juga menjadi salah satu faktor potensi manifestasi panas bumi.

Vegetasi dengan kerapatan yang tinggi memiliki potensi panas bumi yang lebih rendah ketimbang vegetasi dengan kerapatan yang rendah. Namun hal tersebut tidak selamanya berlaku untuk daerah yang berpotensi panas bumi, karena jika suhu permukaan tanahnya tinggi tapi pada peta kerapatan vegetasi ditunjukkan oleh warna hijau tua yang berarti indeks kehijauan tinggi maka panas tersebut diduga kuat bukan karena aktivitas manusia melainkan aktivitas vulkanik berupa potensi manifestasi panas bumi (Cahyono, B.E et al., 2019).

b) Distribusi Suhu Permukaan

Distribusi suhu permukaan di Kawasan Gunung Patuha berada pada rentang 18 – 38°C dengan sebagian besar suhu didominasi suhu 16 – 24°C (Tabel 3).

Tabel 3. Estimasi Suhu Berdasarkan Ketinggian

Ketinggian (mdpl)	Suhu °C
1040 – 1500	19,965 – 17,15
1500 - 1750	17,15 – 15,625
1750 - 2000	15,625 – 14,1
2000 – 2250	14,1 – 12,575
2250 – 2432	12,575 – 11,465

Sumber: Hasil Analisis, 2021.

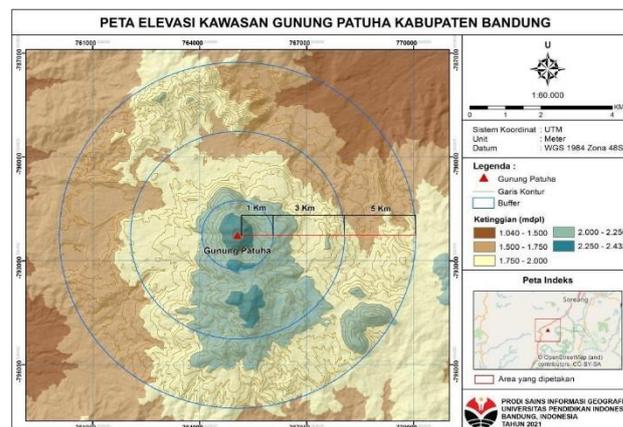
Kelas Suhu permukaan sangat rendah berada pada rentang 12 – 16°C dengan disimbolkan oleh warna biru. Kelas suhu permukaan rendah berada pada rentang 16-20°C disimbolkan dengan warna biru muda. Adapun kelas suhu permukaan sedang sampai dengan tinggi disimbolkan dengan degradasi warna kuning – merah dengan estimasi suhu 20 – 24°C, 24 -28°C, 28 – 37°C. Ini cukup selaras dengan hasil perhitungan menggunakan persamaan Braak yang menghasilkan estimasi suhu berdasarkan ketinggian.

Suhu tersebut diperkirakan mengalami fluktuasi sebesar 3 – 8°C per ketinggiannya, sehingga jika terjadi anomali suhu yang melebihi prediksi fluktuasi dengan rentang suhu berada pada 28 – 38°C maka daerah tersebut dijustifikasi berpotensi terdapat manifestasi panas bumi. Adapun luasan distribusi suhu permukaan Kawasan Gunung Patuha (*Buffer* 5 km) berdasarkan pengolahan LST didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4. Identifikasi Distribusi Suhu Permukaan

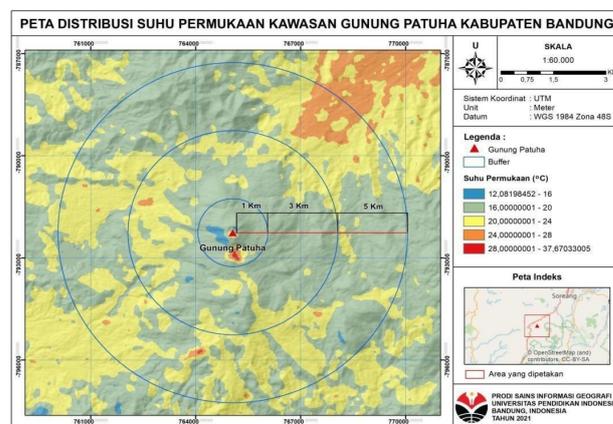
No	Suhu (°C)	Kelas	Luas (km ²)
1	12 - 16	Sangat Rendah	0,282
2	16 – 20	Rendah	46,677
3	20 – 24	Sedang	29,309
4	24 – 28	Tinggi	2,230
5	28 - 37	Sangat Tinggi	0,037

Sumber: Hasil Analisis, 2021



Gambar 4. Peta Elevasi Kawasan Gunung Patuha

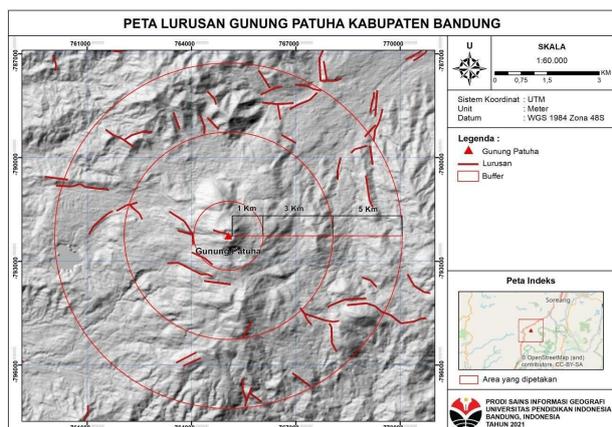
Berdasarkan peta distribusi suhu permukaan (**Gambar 5**) dapat dilihat terdapat beberapa titik yang memiliki anomali suhu yang tidak berbanding terbalik dengan ketinggian. Hal Itu menandakan titik-titik tersebut diprediksi berpotensi memiliki manifestasi panas bumi.



Gambar 5. Peta Distribusi Suhu Permukaan Kawasan Gunung Patuha

c) Kepadatan Kelurusan

Peta kelurusan yang diperoleh dari hasil ekstraksi otomatis citra Landsat 8 didapatkan hasil kelurusan seperti pada **Gambar 6**. adapun kepadatan kelurusan diperoleh dengan menggunakan metode *Line Density* pada toolbox ArcGIS diestimasi sebagai berikut:



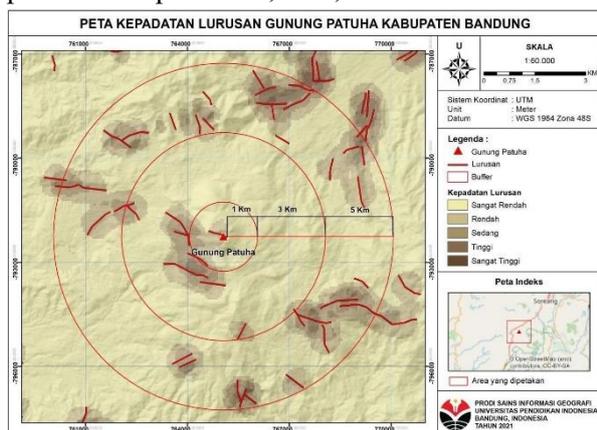
Gambar 6. Peta Lurusan Gunung Patuha

Tabel 5. Klasifikasi Kepadatan Kelurusan

Kepadatan (km/km ²)	Klasifikasi
0 - 0,6	Sangat Rendah
0,6 - 1,2	Rendah
1,2 - 1,8	Sedang
1,8 - 2,5	Tinggi
2,5 - 3,0	Sangat Tinggi

Sumber: Hasil Analisis, 2021.

Pada Gambar 7 diketahui bahwa nilai kepadatan sangat rendah berada pada nilai kepadatan 0 – 0,6 km/km² disimbolkan dengan warna coklat terang dan semakin berdegradasi menjadi warna coklat tua untuk kelas kepadatan kelurusan sangat tinggi yang berada pada nilai kepadatan 2,5 – 3,0 km/km².



Gambar 7. Peta Kepadatan Kelurusan Gunung Patuha

Kepadatan kelurusan disebut sebagai parameter potensi manifestasi panas bumi dikarenakan kelurusan merupakan hasil atau efek dari aktivitas panas bumi dibawah

permukaan dan dikarenakan kelurusan merupakan zona lemah yang menjadi jalan keluarnya fluida menuju permukaan.

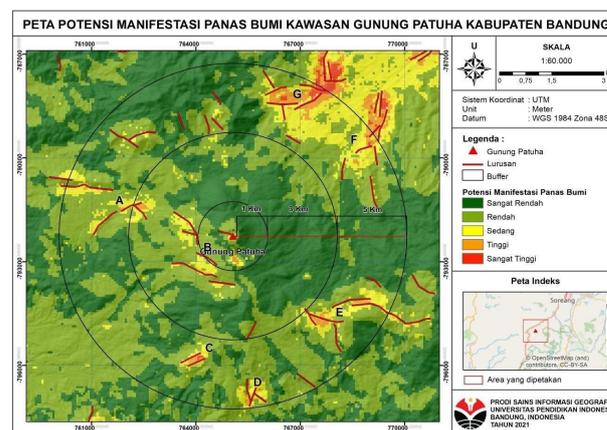
d) Manifestasi Panas Bumi

Menurut Cahyono, B.E et al (2019) Manifestasi panas bumi adalah tanda-tanda alam yang nampak di permukaan tanah sebagai petunjuk awal adanya aktivitas panas bumi di bawah permukaan. Pemetaan deteksi manifestasi panas bumi diperoleh dari overlay parameter. kepadatan lurusan, suhu permukaan dan kerapatan vegetasi menggunakan metode skoring dan pembobotan. Hasil perhitungan luasan potensi manifestasi panas bumi didapatkan sebagai berikut:

Tabel 6. Estimasi Potensi Manifestasi Panas Bumi

No	Skor	Kelas	Luas (km ²)
1	1,2 – 1,88	Sangat Rendah	36,261
2	1,88 – 2,56	Rendah	34,385
3	2,56 – 3,24	Sedang	6,527
4	3,24 – 3,92	Tinggi	1,210
5	3,92 - 4,6	Sangat Tinggi	0,149

Sumber: Hasil Analisis, 2021.



Gambar 8. Potensi Manifestasi Panas Bumi Kawasan Gunung Patuha

Dari Gambar 8 ditentukanlah beberapa area yang diduga sebagai manifestasi panas bumi. Untuk area kode A, terlihat memiliki potensi manifestasi panas bumi dengan kelas sedang - tinggi yang didukung oleh suhu permukaan tinggi dan kepadatan

kelurusan yang tinggi, area A ini memiliki karakteristik yang sama dengan area D dan E. Area C terdapat titik manifestasi dengan kelas panas bumi sangat tinggi, hal itu terjadi karena area C berada pada suhu permukaan yang tinggi, dengan kerapatan vegetasi rendah dan kepadatan lurusan yang tinggi.

Adapun untuk area kode B, terdapat sedikit area yang memiliki potensi manifestasi panas bumi yang tinggi, ini didasari dengan keterdapatannya kepadatan lurusan yang tinggi walaupun memiliki kerapatan vegetasi tinggi dan nilai suhu permukaan yang berada pada rentang yang bermacam-macam.

Berbeda dengan area A – E, area F dan G walaupun memiliki potensi manifestasi panas bumi yang sangat tinggi, area tersebut diduga bukanlah area yang terdapat manifestasi panas bumi dikarenakan faktor kerapatan vegetasinya berbentuk area non vegetasi yaitu pemukiman, adapun area tersebut memiliki suhu permukaan yang tinggi terjadi akibat dari aktivitas manusia walaupun berdasarkan peta kepadatan lurusan terlihat bahwa area F dan G memiliki nilai kepadatan lurusan yang sedang – sangat tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan Hasil Visualisasi berupa peta potensi sebaran panas bumi terdapat tujuh area berdasarkan parameter kepadatan lurusan, suhu permukaan dan kerapatan vegetasi. Berdasarkan hasil visualisasi berupa peta potensi sebaran panas bumi terdapat tujuh area yaitu area A, area D, dan area E dengan kelas sedang - tinggi; area B dengan kelas sedang; area C, area G, dan area F dengan kelas sedang-sangat tinggi. Namun pengecualian untuk area F dan area G tidak terkonfirmasi sebagai potensi panas bumi karena terdapat pengaruh manusia, seperti pemukiman padat yang menyebabkan suhu permukaan meningkat. Hasil ini berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya mengidentifikasi 3 area.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshayef, M. S., Mohammed, A. M., Javed, A., & Albaroot, M. A. (2017). *Manual and automatic extraction of lineaments from multispectral image in part of Al-Rawdah, Shabwah, Yemen by using remote sensing and GIS technology*. International Journal of New Technology and Research, 3(2).
- Bujung, C. A. N., Singaribun, A., Muslim, D., Hirnawan, F., & Sudrajat, A. (2011). *Identifikasi Prospek Panas Bumi Berdasarkan Fault and Fracture Density (FFD) : Studi Kasus Gunung Patuha, Jawa Barat*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 2(1), 67–75. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v2i1.17>
- Cahyono, B. E., Jannah, N., & Suprianto, A. (2019). *Analisis Sebaran Potensi dan Manifestasi Panas Bumi Pegunungan Ijen Berdasarkan Suhu Permukaan dan Geomorfologi*.
- Clark, C. D., & Wilson, C. (1994). *Spatial Analysis of Lineaments*. Computers & Geosciences, 20(7-8), 1237-1258.
- Darge, Y. M., Hailu, B. T., Muluneh, A. A., & Kidane, T. (2019). *Detection of Geothermal Anomalies Using Landsat 8 TIRS Data in Tulu Moye Geothermal Prospect, Main Ethiopian Rift*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 74, 16-26.
- Hakim, L., Ismail, N., & Faisal, F. (2017). *Kajian Awal Penentuan Daerah Prospek Panas Bumi di Gunung Bur Ni Telong Berdasarkan Analisis Data DEM SRTM dan Citra Landsat 8*. Jurnal Rekayasa Elektrika, 13(3), 125-132.
- Herlambang, R. F., & Novranza, K. (2016, October). *Pemetaan Kelurusan Menggunakan Remote Sensing dan Korelasinya Terhadap Distribusi Manifestasi Permukaan di Daerah Potensi Geothermal Kepahiang, Bengkulu*. In

- Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) (Vol. 5, pp. SNF2016- EPA).
- Himayah, S, Ismail, A., Nandi, Ridwana, R., Arrasyid, R., Affriani, A. R., & Ihsan, M. (2019). *Correlation between Land Surface Temperature and Vegetation Greenness using Multi-temporal Images*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 286, 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/286/1/012043>
- Himayah, S, Ridwana, R., & Ismail, A. (2020). *Land surface Temperature Analysis Based on Land Cover Variations Using Satellite Imagery*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 500, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/500/1/012019>
- Himayah, S., & Ridwana, R. (2020). *Modul Praktikum: Change Detection dalam Pengolahan Citra Digital*. Prodi Sains Informasi Geografi UPI. Bandung.
- Purwantara, S. (2015). *Studi Temperatur Udara Terkini di Wilayah Jawa Tengah dan DIY*. Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian, 13(1).
- Sukumar, M., Venkatesan, N., & Nelson Kennedy Babu, C. (2014). *A Review of Various Lineament Detection Techniques for in Computer Science and Software Engineering*, 4(3), 72-78. *High Resolution Satellite Images*. International Journal of Advanced Research
- Umam, M. F., Muhammad, F., Adityatama, D. W., & Purba, D. P. (2018). *Tantangan Pengembangan Energi Panas Bumi dalam Perannya terhadap Ketahanan Energi di Indonesia*. Swara Patra, 8(3), 48–65.
- USGS. (2019), Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, Version 5., Department of the Interior U.S. Geological Survey, Sioux Falls, South Dakota.