



LAND SURFACE TEMPERATURE PADA MANIFESTASI PERMUKAAN PANASBUMI: STUDI KASUS GUNUNG TANGKUBAN PARAHU, JAWA BARAT

Rifqi Alfadhillah Sentosa^{1*}, Nana Sulaksana², Agus Didit Haryanto², Dewi Gentana³

¹Program Sarjana Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Sumedang

²Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Sumedang

³Program Doktorat Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: ras.alfadhillah@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian berlokasi di Gunung Tangkuban Parahu, Kabupaten Subang, dan daerah sekitarnya di sisi selatan dan timur dari gunung yaitu Kabupaten Bandung Barat di bagian selatan. Penelitian berupa memprediksi hubungan antara keberadaan manifestasi panasbumi berupa mata air panas di sekitar Gunung Tangkuban Parahu dengan hasil pengolahan citra Landsat-8 berupa sebaran suhu permukaan tanah atau *Land Surface Temperature*. Metode yang digunakan berdasar kepada algoritma *Split-Window* yang menghasilkan nilai suhu permukaan di daerah penelitian beserta sebarannya yang dijadikan menjadi peta sebaran suhu permukaan. Hasil penelitian ini menunjukkan empat mata air panas jatuh ke dalam zona dengan suhu permukaan tinggi dan satu mata air panas jatuh ke dalam zona dengan suhu permukaan sangat rendah. Selain itu, peta persebaran suhu permukaan memperlihatkan nilai suhu permukaan yang tinggi memiliki kecenderungan sebaran di daerah pemukiman. Hasil dari penelitian ini mengindikasikan bahwa daerah pemukiman dapat menghasilkan deviasi pada analisis suhu permukaan dalam memprediksi lokasi manifestasi panasbumi di Gunung Tangkuban Parahu dan sekitarnya. Ketidakakuratan ini diperkirakan disebabkan oleh nilai suhu permukaan di daerah pemukiman yang tinggi, skala dari manifestasi yang tidak cukup besar untuk mempengaruhi suhu permukaan tanah di sekitarnya, dan vegetasi yang rindang menghalangi pengambilan citra. Studi mengenai tata guna lahan direkomendasikan dalam melakukan penelitian selanjutnya di daerah penelitian atau yang memiliki kondisi yang serupa.

ABSTRACT

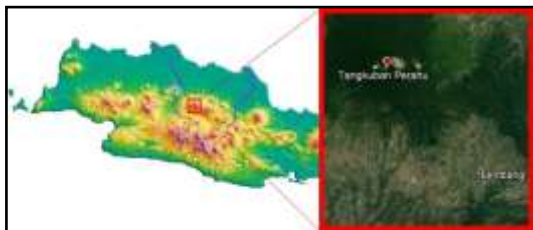
Research area is located at Mount Tangkuban Parahu, Subang, and also in the vicinity area on the southern and eastern side of the mountain. The main goal is to predict the relationship between the geothermal manifestation existence in form of hot springs around Tangkuban Parahu and the result of Landsat-8 image processing in the form of Land Surface Temperature distribution. The method used is based on Split-Window algorithm which yields the surface temperature value in the research area along with its distribution projected as a map. The result of this study shows four hot springs fall into zone with high value of surface temperature and one hot spring fall into zone with very low value. In addition, the surface temperature distribution map shows that high values of surface temperature have a tendency to be located on residential areas. The results of this study indicate that residential areas may interfere with Land Surface Temperature analysis in predicting geothermal manifestations on Mount Tangkuban Parahu area and surrounding areas. This inaccuracy is estimated to be caused by some factors: high value of Land Surface Temperature on high residential areas, the scale of manifestations are not large enough to affect the surface temperature of soils around them, and the high intensity of vegetation prevents the image processing step. A study of land use is recommended in conducting further research in this research area or other areas with similar condition.

Keywords: Land Surface Temperature, Tangkuban Parahu, Geothermal Manifestation, Remote Sensing, Landsat 8, Split Window Algorithm

1. PENDAHULUAN

Gunung Tangkuban Parahu adalah salah satu gunungapi yang terkenal menjadi salah satu kawasan wisata alam. Gunung ini secara administratif berada di Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Lokasinya yang terletak tidak terlalu jauh dari pusat kota Bandung serta kawasan wisata Lembang menjadikan gunung ini selalu ramai oleh wisatawan. Hal ini ditambah dengan akses yang sangat mudah yang dapat dilalui oleh kendaraan pribadi sampai puncak gunung untuk menikmati pemandangan kawah gunung api.

Bila dilihat dari Bandung, Gunung Tangkuban Parahu memiliki bentuk khusus seperti perahu yang terbalik. Gunung ini merupakan kawasan wisata populer dimana turis dapat mendaki dan menikmati pemandangan gunung serta kawah dengan mata air panas dan lumpur panas. Bersama dengan Gunung Burangrang dan Bukit Tunggul, Gunung Tangkuban Parahu merupakan sisa dari Gunung Sunda purba yang meletus dan mengalami keruntuhan kaldera.



Gambar 1.1 Gunung Tangkuban Parahu sebagai Lokasi Penelitian (Google Earth)

Gunung Tangkuban Parahu memiliki beberapa manifestasi panasbumi berupa mata air panas yang tersebar di wilayah sekitar gunung serta semburan gas fumarol pada kawahnya. Hal ini mengindikasikan adanya potensi panasbumi yang tersimpan di bawah permukaan gunung ini.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperkirakan adanya hubungan antara keberadaan manifestasi panasbumi berupa Mata Air Panas (MAP) di Gunung Tangkuban Parahu dan sekitarnya dengan hasil pengolahan citra satelit. Fokus utama

dari penelitian ini adalah sisi timur dan selatan dari Gunung Tangkuban Parahu. Metode utama yang digunakan adalah analisis *Land Surface Temperature* atau sebaran suhu permukaan tanah di daerah penelitian. Dengan mengetahui sebaran suhu permukaan daerah penelitian, lokasi manifestasi panasbumi yang umumnya memiliki suhu tinggi dapat diprediksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi dan Manifestasi Panasbumi

Gunung Tangkuban Parahu merupakan sebuah gunung api bertipe strato yang berada di bagian utara kota Bandung, Jawa Barat. Gunung ini berada pada koordinat $6^{\circ} 46' 12''$ LS, $107^{\circ} 36' 0''$ BT. Tinggi gunung ini mencapai 2084 mdpl dengan 13 kawah yang tersebar di puncaknya. Berdasarkan catatan sejarah erupsinya, gunung ini termasuk ke dalam gunung api tipe A dikarenakan memiliki catatan erupsi paling terbaru yaitu pada tahun 1983, yang mana setelah tahun 1600.

Berdasarkan pembagian fisiografi daerah Jawa Barat, daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Bandung. Zona Bandung merupakan geantiklin Jawa Barat, kemudian runtuh setelah pengangkatan. Daerah rendah ini kemudian terisi oleh endapan gunungapi muda (Van Bemmelen, 1949). Daerah penelitian dibagi menjadi beberapa satuan batuan. Diurutkan stratigrafi dari yang paling tua ke muda adalah Formasi Kaliwangu, Formasi Citalang, Hasil Gunungapi Lebih Tua, Hasil Gunung Api Tua Tak Teruraikan, Hasil Gunung Api Muda Tak Teruraikan, Tuf Berbatuapung, Breksi dan Aglomerat, Tuf Pasir, Kolovium, dan Aluvium (Silitonga, 1973).

Satuan batuan tertua dari stratigrafi daerah Gunung Tangkuban Parahu adalah batuan sedimen tersier yang terdiri dari batulempung berselingan batupasir. Satuan ini ditutupi oleh Satuan Vulkanik Pre-Sunda yang terdiri dari lava dan piroklastik. Kemudian di atas Satuan Vulkanik Pre-

Sunda diendapkan Satuan Vulkanik Sunda Andesit berumur Pleistosen Bawah – Pleistosen Atas, Sunda Piroklastik berumur Akhir Pleistosen Atas, Tangkuban Perahu Andesit berumur awal Holosen, dan Tangkuban Perahu Piroklastik berumur akhir Holosen. (Nasution, Euis, Kobayashi, & Siregar, 2004).

Kondisi geologi struktur pada daerah penelitian didominasi oleh keberadaan Sesar Lembang yang terletak di bagian selatan. Sesar Lembang terletak kurang lebih 10 km di utara Kota Bandung yang melintasi Kota Kecamatan Lembang dengan panjang sekitar 22 km berarah barat-timur. Ditelisik dari timur ke barat, tinggi gawir sesar yang mencerminkan besarnya pergeseran sesar berubah dari sekitar 450 meter di ujung timur (Maribaya dan Gunung Pulusari) hingga 40 meter di sebelah barat (Cisarua) dan menghilang di ujung barat utara Padalarang (Abidin, Andreas, Kato, & Ito, 2009).

Zona manifestasi pada Gunung Tangkuban Parahu terbagi menjadi tiga bagian yaitu *Central of* Tangkuban Perahu (CTP), *North of* Tangkuban Perahu (NTP), dan *South of* Tangkuban Perahu (STP) (Nasution et al., 2004). Zona manifestasi CTP berada di tengah Gunung Tangkuban Perahu, ditemui manifestasi berupa fumarol dan mata air panas yang muncul dalam kawah Domas, memiliki temperatur 90°-95°. Terdapat pula fumarol di *central vent* dari Gunung Tangkuban Perahu, memiliki temperatur 95°-100° dan ditemukan sedikit endapan sulfur.

Zona manifestasi NTP berada di utara Gunung Tangkuban Perahu, ditemui manifestasi berupa mata air panas Ciater, mata air hangat Batugede, mata air panas di Batukapur dan mata air panas Ciracas. Sedangkan zona manifestasi STP berada di bagian selatan dari Gunung Tangkuban Perahu, dan ditemui manifestasi panas bumi berupa mata air panas di Maribaya dan Cimanggu serta pelepasan panas di Kancuh.

2.2 Citra Landsat-8 dan *Land Surface Temperature*

Landsat adalah nama satelit hasil kerjasama *US Geological Survey* (USGS) dengan *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) yang secara terus menerus mengambil citra permukaan bumi dari luar angkasa dan memberikan data yang berharga untuk berbagai macam bidang keilmuan seperti agrikultur, kehutanan, dan geologi. Landsat 8 diluncurkan pada 11 Februari 2013 sebagai versi terbaru dan paling canggih dari seri Landsat yang telah berjaan sejak tahun 1972. Versi kedelapan ini memiliki sebelas macam band (band 1 sampai band 11) dengan kegunaan masing-masing, serta dua macam sensor yaitu sensor *Operational Land Imager* (OLI) dan sensor *Thermal Infrared* (TIRS) (US Geological Survey, 2016).

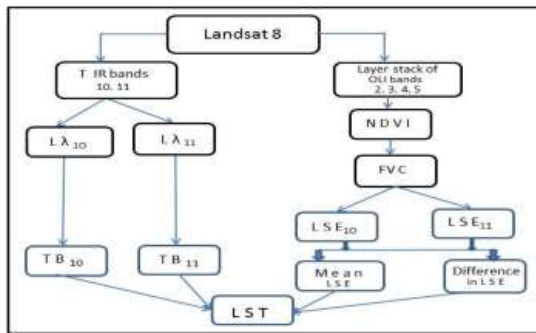
Land Surface Temperature (LST) didefinisikan sebagai suhu yang terasa pada permukaan tanah apabila disentuh dengan tangan, atau dapat digeneralisasikan sebagai temperatur kulit dari permukaan (Rajeshwari & Mani, 2014). *Land Surface Temperature* adalah salah satu parameter kesetimbangan energetik pada permukaan serta variabel klimatologis yang penting (Rifani, Saputro, Invanni, & Maru, 2017). Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan band/pita inframerah termal (*thermal infrared bands*) yang didapat dari satelit Landsat 8. Untuk dapat memperkirakan LST dengan akurasi yang besar, digunakan algoritma *Split-Window* (SW) yang dapat mempermudah perhitungan LST (Gentana, Sukiyah, Sulaksana, Yuningsih, & Balia, 2017; Rajeshwari & Mani, 2014).

Input utama dari algoritma ini adalah *brightness temperature* dan *Land Surface Emissivity* (LSE). *Land Surface Emissivity* adalah faktor yang digunakan untuk memprediksi radiasi yang dikeluarkan oleh permukaan (Simanjuntak, 2017). *Brightness temperature* yang digunakan berasal dari band 10 dan band 11 TIR. Nilai rata-rata dan nilai beda dari LSE dihitung menggunakan teknik *Normalized*

Difference Vegetation Index (NDVI) Threshold. NDVI adalah metode umum dalam pengindeksan vegetasi, dimana NDVI menghitung rasio perbedaan reflektansi vegetasi pada band merah dengan band inframerah (Gandhi, Parthiban, Thummalu, & Christy, 2015). NDVI penting dimasukkan ke dalam perhitungan karena berguna untuk mengidentifikasi perbedaan tutupan permukaan (*land cover*) di daerah penelitian (Jeevalakshmi, Reddy, & Manikiam, 2017).

3. METODE

Perhitungan LST dipecah menjadi beberapa tahap menggunakan algoritma Split-Window (Gentana et al., 2017; Rajeshwari & Mani, 2014).



Gambar 3.1 Flowchart dari Algoritma Split-Window (Gentana et al., 2017; Rajeshwari & Mani, 2014)

Algoritma Split-Window merupakan algoritma yang disusun untuk mempermudah perhitungan suhu permukaan yang menggunakan rumus sebagai berikut:

$$LST = TB_{10} + C_1 (TB_{10} - TB_{11}) + C_2 (TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4 W) (1 - \varepsilon) + (C_5 + C_6 W) \Delta \varepsilon$$

dengan keterangan :

- LST: Land Surface Temperature (K)
- C_0 sampai C_6 : Koefisien Split-Window (Tabel 3.1) (Rajeshwari & Mani, 2014; Skokovic et al., 2014).

- TB_{10} dan TB_{11} : Brightness temperature dari band 10 dan 11 (K). TB_{10} dan TB_{11} dapat diketahui dengan rumus $TB = K2 / \ln((K1 / L\lambda) + 1)$ dengan keterangan:

- $K1$ dan $K2$: Konstanta konversi termal pada band 10 dan 11
- $L\lambda$: Top of atmospheric spectral radiance ($m^2 \cdot srad \cdot \mu m$). $L\lambda$ dapat diketahui dengan rumus $L\lambda = ML * Qcal + AL$ dengan keterangan:

- ❖ M_L : Faktor pengali (*multiplicative rescaling factor*) dari masing-masing band 10 dan 11. M_L didapat pada lampiran citra Landsat 8 yang diunduh = 0.000342
- ❖ $Qcal$: Nilai dari band 10 dan 11
- ❖ A_L : Faktor penambah (*additive rescaling factor*) dari masing-masing band 10 dan 11. A_L didapat pada lampiran citra Landsat 8 yang diunduh = 0.1

- ε : Mean dari emisivitas permukaan tanah (*Land Surface Emmissivity*) band 10 dan 11. ε dapat diketahui dengan rumus $\varepsilon : (\varepsilon_{10} + \varepsilon_{11}) / 2$

- $\Delta \varepsilon$: Beda dari emisivitas permukaan tanah (*Land Surface Emmissivity*) band 10 dan 11. $\Delta \varepsilon$ dapat diketahui dengan rumus $\Delta \varepsilon : \varepsilon_{10} - \varepsilon_{11}$ dengan ε_{10} dan ε_{11} adalah emisivitas permukaan tanah (*Land Surface Emmissivity*). Masing-masing emisivitas dari band 10 serta band 11 yang dapat diketahui dengan rumus $\varepsilon = \varepsilon_s (1 - FVC) + \varepsilon_v * FVC$ dengan keterangan:

- FVC : Fractional Vegetation Cover. FVC dapat diketahui untuk masing-masing band 10 dan 11 dengan rumus $FVC = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s)$ dengan keterangan:

- ❖ $NDVI$: Normalized Difference Vegetation Index. NDVI dapat diketahui dengan rumus $NDVI = ([B5] - [B2]) / ([B5] + [B2])$

dengan Bn yaitu nomor band dari 11 band yang dimiliki oleh citra Landsat.

- ❖ NDVIs : NDVI untuk tanah (*soil*). NDVIs dapat diketahui dengan rumus $NDVIs = ([B5] - [B4]) / ([B5] + [B4])$ dengan Bn yaitu nomor band dari 11 band yang dimiliki oleh citra Landsat.
- ❖ NDVIv : NDVI untuk vegetasi (*vegetation*). NDVIs dapat diketahui dengan rumus $NDVIv = ([B5] - [B3]) / ([B5] + [B3])$ dengan Bn yaitu nomor band dari 11 band yang dimiliki oleh citra Landsat.

- es : Nilai emisivitas tanah (*soil emmisivity*) (Rajeshwari & Mani, 2014; Skokovic et al., 2014).
- ev : Nilai emisivitas vegetasi (*vegetation emmisivity*) (Rajeshwari & Mani, 2014; Skokovic et al., 2014).

Citra Landsat yang digunakan adalah Landsat versi 8, yang mana merupakan versi paling baru dari citra ini. Citra beresolusi 15 meter ini ditangkap oleh satelit pada interval tanggal 4-12 Agustus 2017 yang mana merupakan data citra daerah penelitian yang terbaru saat penelitian ini berjalan.

Tabel 3.1 Nilai Konstanta dan Koefisien dalam Perhitungan LST (Rajeshwari & Mani, 2014; Skokovic et al., 2014)

Parameter	Desc.	Value
C0	Split-Window Coefficient	-0.268
C1		1.378
C2		0.183
C3		54.300
C4		-2.238
C5		-129.200
C6		16.400
ML Band 10	Multiplicative Rescaling Factor of Band 10	0.000342
ML Band 11	Multiplicative Rescaling Factor of Band 11	0.000342
AL Band 10	Additive Rescaling Factor of Band 10	0.1
AL Band 11	Additive Rescaling Factor of Band 11	0.1
es Band 10	Soil Emmissivity of Band 10	0.971
es Band 11	Soil Emmissivity of Band 11	0.977
ev Band 10	Vegetation Emmissivity of Band 10	0.987
ev Band 11	Vegetation Emmissivity of Band 11	0.989
K1 Band 10	Thermal Constant K1 of Band 10	7748.853
K1 Band 11	Thermal Constant K1 of Band 11	1321.0789
K2 Band 10	Thermal Constant K2 of Band 10	480.8883
K2 Band 11	Thermal Constant K2 of Band 11	1201.1442

Kesebelas band dari citra Landsat di-*overlay* satu sama lain dengan tujuan agar seluruh band yang terunduh secara terpisah dapat dikonversi menjadi tabel secara bersamaan. Citra Landsat tersebut dipotong sesuai dengan luas daerah penelitian. Hasil peta yang telah dipotong tersebut yang dikonversi menjadi tabel yang siap diolah.



Gambar 3.2 Citra Landsat-8 tanggal 4-12 Agustus 2017 dari situs *earthexplorer.usgs.gov*. Kotak Merah adalah Daerah Penelitian

Penelitian terdiri atas beberapa tahapan diantaranya adalah studi literatur, analisis citra dan pengolahan dan analisis data. Studi literatur berupa studi pustaka mengenai seluruh elemen yang menyangkut ke dalam penelitian, pengumpulan referensi, serta pengumpulan data sekunder berupa citra Landsat-8 dari daerah penelitian.

Tahap selanjutnya adalah melakukan penelitian studio, yaitu konversi nilai Landsat-8 ke dalam tabel, perhitungan suhu permukaan atau LST, lalu melakukan konversi kembali dari hasil perhitungan tabel menjadi peta. Tahap terakhir adalah pengolahan dan analisis dari hasil penelitian, yaitu pembuatan peta persebaran suhu permukaan dan pengelompokkan sebaran suhu permukaan menggunakan metode kuartil dasar.

Setelah diketahui persebaran suhu permukaan dari daerah penelitian, penelitian lapangan dilakukan yaitu pemetaan manifestasi panasbumi berupa mata air panas di daerah penelitian. Hal ini

bertujuan untuk mendapatkan lokasi sebaran mata air panas dan data suhu mata air panas guna dibandingkan dengan hasil perhitungan suhu permukaan. Perbandingan ini dilakukan untuk dapat melihat kecenderungan antara suhu permukaan serta suhu manifestasi.

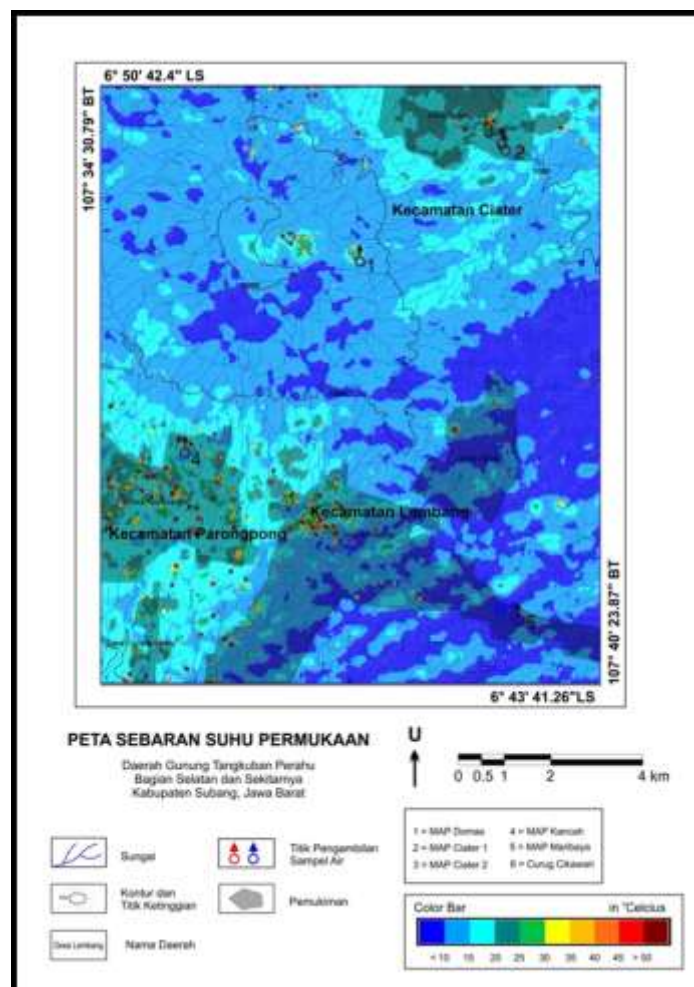
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Land Surface Temperature

Perhitungan dilakukan secara manual menggunakan software pengolah data Microsoft Excel. Tahapan dalam menggunakan rumus di atas untuk menuju

nilai suhu permukaan tanah dilakukan dengan mengikuti algoritma *Split-Window* (Gentana et al., 2017; Rajeshwari & Mani, 2014).

Hasil dari perhitungan tersebut didapatkan peta persebaran suhu permukaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Hasil perhitungan memperlihatkan rata-rata suhu permukaan di daerah penelitian terhitung sebesar 12.19°C dengan median sebesar 23.26 . Suhu tertinggi yang terhitung sebesar 75.57°C sementara yang terendah sebesar -4.4°C , sehingga didapat rentang suhu pada daerah penelitian yaitu 79.97°C .



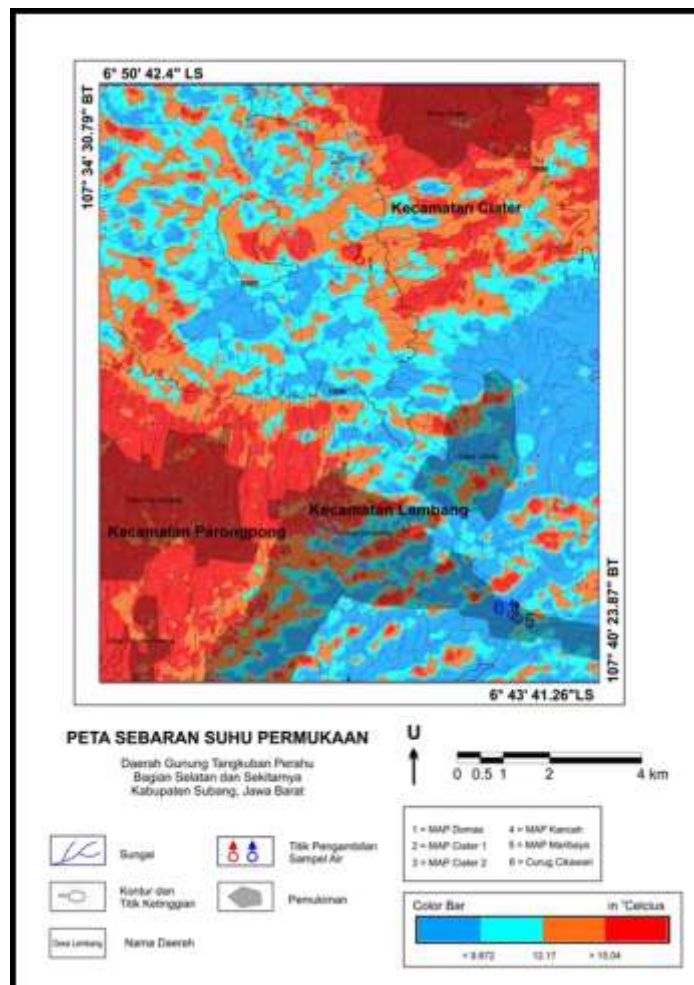
Gambar 4.1 Peta Sebaran Suhu Permukaan (LST) Daerah Penelitian.

Sementara untuk pembagian kuartil atas, tengah, dan bawah (kuartil 1, 2, dan 3) didapatkan hasil masing-masing sebesar 9.87° Celcius, 12.17° Celcius, dan 15.04° Celcius. Pembagian data berdasarkan sistem kuartil ini dilakukan untuk menentukan kategori dari suhu permukaan daerah penelitian.

Peta persebaran suhu permukaan lalu dibuat zona dengan pengelompokkan suhu yang lebih sedikit menggunakan metode statistika dasar berupa pembagian kuartil.

Hal ini bertujuan untuk melakukan penyederhanaan pada peta sebaran suhu terlihat pada Gambar 4.1 yang memiliki pemberian warna yang terlalu banyak.

Metode kuartil ini akan menghasilkan 3 nilai kuartil (kuartil bawah, tengah, dan atas) dan membagi 4 data dengan jumlah yang sama banyak. Pengelompokkan suhu dilakukan sekaligus dengan melakukan determinasi kualitas dari masing-masing pembagian kuartil.



Gambar 4.2 Peta Sebaran Suhu Permukaan (LST) Daerah Penelitian dengan Penyederhanaan menjadi 4 Zona Sebaran Suhu

Hasil pembagian sebaran suhu permukaan beserta warna yang mewakili tiap zona pada Gambar 4.2 adalah sebagai berikut:

1. Zona 1 dengan nilai suhu sangat rendah merupakan zona dengan nilai suhu kurang dari 9.87° C yang merupakan kuartil 1.

2. Zona 2 dengan nilai suhu rendah merupakan zona dengan nilai suhu di dalam interval dari 9.87° C sampai 12.17° C yang merupakan kuartil 2.
3. Zona 3 dengan nilai suhu sedang merupakan zona dengan nilai suhu di dalam interval dari 12.17° C sampai 15.04° C yang merupakan kuartil 3.
4. Zona 4 dengan nilai suhu tinggi merupakan zona dengan nilai suhu lebih dari 15.04° C yang merupakan kuartil 3.

Dari peta pembagian zona pada Gambar 4.2, zona yang termasuk ke dalam suhu sangat rendah ditandai dengan warna biru tua terdapat di bagian timur daerah penelitian. Zona dengan suhu rendah ditandai dengan warna biru muda kehijauan tersebar di bagian tengah daerah penelitian, tepatnya pada lereng Gunung Tangkuban Parahu.

Zona dengan suhu sedang ditandai dengan warna jingga terlihat tersebar pada bagian luar dari Kecamatan Parongpong serta sebagian dari Kecamatan Lembang, Kecamatan Ciater, serta sedikit di bagian tenggara daerah penelitian yaitu Desa Maribaya pada peta.

Sementara zona dengan suhu tinggi ditandai dengan warna merah berada pada bagian barat daya serta timur laut daerah penelitian, dimana diketahui merupakan daerah pemukiman yaitu Kecamatan Parongpong, Kecamatan Maribaya, serta Kecamatan Ciater.

4.1 Korelasi LST terhadap Mata Air Panas

Menurut letak manifestasi relatif terhadap Gunung Tangkuban Parahu, manifestasi Mata Air Panas (MAP) yang ditemukan di daerah penelitian terbagi menjadi 3 area sebagai berikut (Nasution et al., 2004):

1. *North of Tangkuban Parahu* terdapat MAP Ciater 1 dan MAP Ciater 2 yang berada di Desa Ciater, Kabupaten Subang, terletak di sisi timur laut daerah penelitian. MAP ini telah dimanfaatkan oleh pengembang swasta menjadi pemandian air panas.

2. *Center of Tangkuban Parahu* terdapat MAP Domas yang berada di Kawah Domas Gunung Tangkuban Parahu, terletak di bagian tengah daerah penelitian. MAP ini bersama dengan Gunung Tangkuban Parahu itu sendiri dikelola oleh instansi pemerintah dan pengelola swasta sebagai taman wisata alam.
3. *South of Tangkuban Parahu* terdapat MAP Kancuh yang berada di Desa Nagrak, Kabupaten Subang, terletak di sisi barat daerah penelitian; dan MAP Maribaya yang berada di Desa Maribaya, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, terletak di sisi tenggara daerah penelitian. Keduanya telah dimanfaatkan sebagai tempat pemandian air panas.

Pemetaan manifestasi panasbumi dilakukan di daerah penelitian dan berhasil mendapatkan titik koordinat serta suhu air panas di tiap manifestasi. Titik koordinat tiap manifestasi diproyeksikan pada peta sebaran suhu permukaan guna mendapatkan perkiraan suhu permukaan di lokasi manifestasi panasbumi tersebut ditemukan.

Pada peta persebaran suhu permukaan, daerah sekitar mata air panas yang terpetakan memiliki suhu permukaan sebagai berikut:

1. Titik Mata Air Panas (MAP) Maribaya memiliki nilai LST sekitar 9.01-10.07 °C dan berada pada zona bernilai suhu sangat rendah.
2. Titik MAP Kancuh memiliki nilai LST sekitar 17.38–18.66 °C dan berada pada zona bernilai suhu tinggi.
3. Titik MAP Domas memiliki nilai LST sekitar 39.91-41.93 °C dan berada pada zona bernilai suhu tinggi.
4. Titik MAP Ciater 1 memiliki nilai LST sekitar 16.77-17.31 °C dan berada pada zona bernilai suhu tinggi.
5. Titik MAP Ciater 2 memiliki nilai LST sekitar 18.19-18.76 °C dan berada pada zona bernilai suhu sangat tinggi.

Dari keterangan di atas, terlihat hasil bahwa seluruh manifestasi berada pada

lokasi yang memiliki suhu permukaan di atas rata-rata yaitu lebih dari 12.19 °C.

Tabel 4.1 Manifestasi Panasbumi berupa 5 Mata Air Panas (MAP) di Daerah Penelitian

Nama MAP	Koordinat (LS-BT)	Suhu Air (°C)
Maribaya	06° 49' 54.2"-107° 39' 25.9"	39.6
Kancah	06° 47' 56.4"-107° 35' 30.8"	31.8
Domas	06° 45' 41.5"-107° 37' 34.0"	90.4
Ciater 1	06° 44' 18.5"-107° 39' 15.22"	42.8
Ciater 2	06° 44' 18.5"-107° 39' 14.3"	40.8

Pada peta persebaran suhu permukaan yang telah dibagi menjadi 4 zona berdasarkan nilai suhu, semua mata air panas kecuali MAP Maribaya jatuh ke dalam zona yang bernilai suhu tinggi. Sementara MAP Maribaya jatuh ke dalam zona yang memiliki nilai suhu yang sangat rendah.

Tabel 4.2 Hasil Proyeksi Manifestasi Panasbumi pada Peta Sebaran Suhu Permukaan

Nama MAP	Suhu Air (°C)	Nilai LST (°C)	Zona LST
Maribaya	39.6	26-27	Sangat Rendah
Kancah	31.8	26-28	Tinggi
Domas	90.4	23-25	Tinggi
Ciater 1	42.8	25-27	Tinggi
Ciater 2	40.8	28-29	Tinggi

Berdasarkan tabel perbandingan nilai LST dengan suhu air manifestasi di atas terlihat adanya kecenderungan antara letak mata air panas beserta suhu fluidanya dengan nilai LST, dengan MAP Domas memiliki suhu air dan permukaan tertinggi dibandingkan air panas lainnya. Namun apabila diamati lebih teliti, nilai yang didapatkan pada analisis LST tidak memiliki korelasi dengan suhu air manifestasi yang ditemukan di lapangan.

Terlihat pada peta persebaran suhu permukaan bahwa titik-titik suhu permukaan yang memiliki suhu lebih dari 25 °C tersebar pada daerah pemukiman, dengan dominasi di Kecamatan Parongpong serta Kecamatan Lembang yang memiliki sebaran suhu permukaan tinggi yang lebih rapat. Sementara itu, Kecamatan Ciater

pada bagian timur laut daerah penelitian memiliki sebaran suhu permukaan yang lebih sedikit.

Selain itu, dapat ditemukan juga sedikit titik suhu permukaan di atas 25 °C pada bagian tengah daerah penelitian yang mana merupakan Kawah Ratu serta Kawah Domas dari Gunung Tangkuban Parahu. Pada bagian utara dari Gunung Tangkuban Parahu juga ditemukan beberapa titik suhu permukaan di atas 25 °C.

Dari pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa tidak terlihat adanya kecenderungan antara suhu air manifestasi dengan suhu permukaan tanah di sekitar manifestasi tersebut. Namun, satu pengecualian terdapat pada sampei air DMS-01 yang terlihat memiliki hubungan sebagai lokasi didapaknya suhu air dan suhu permukaan tertinggi di daerah penelitian.

Hasil dari analisis suhu permukaan memperlihatkan bahwa daerah pemukiman memiliki sebaran suhu tinggi yang lebih dominan dibandingkan dugaan awal yaitu daerah sekitar manifestasi. Hal ini tentu dapat menyesatkan tahap interpretasi dalam mengestimasi lokasi manifestasi panas bumi sebelum melakukan pemetaan, serta mematahkan dugaan awal bahwa daerah sekitar manifestasi memiliki suhu yang relatif lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya.

Penulis memperkirakan beberapa faktor yang menyebabkan hal ini, antara lain:

1. Suhu permukaan pada daerah pemukiman menghasilkan nilai yang lebih atau sama tinggi dengan lokasi manifestasi dan sekitarnya sehingga dapat mengganggu tahap estimasi letak manifestasi panas bumi di daerah penelitian.
2. Skala dari *discharge* mata air manifestasi panas bumi yang ditemukan di beberapa lokasi tidak signifikan untuk dapat mempengaruhi suhu permukaan seluas resolusi citra Landsat-8 di sekitarnya.
3. Vegetasi di beberapa titik sangat rindang yang dapat menyebabkan koreksi NDVI

pada rumus perhitungan LST tidak cukup untuk menghapus gangguan yang disebabkan oleh vegetasi tersebut sehingga nilai suhu permukaan yang didapatkan tidak akurat di lokasi tertentu.

Maka dari itu peneliti menyarankan untuk mempertimbangkan studi mengenai tata guna lahan dalam mendukung analisis suhu permukaan (LST) di daerah yang memiliki kemiripan dengan daerah penelitian kali ini yaitu sisi selatan Gunung Tangkuban Parahu. Hal ini guna mengurangi pengaruh dari daerah pemukiman serta aktivitas urbanisasi lainnya dalam mengestimasi letak manifestasi panas bumi menggunakan analisis suhu permukaan.

5. KESIMPULAN

Lima manifestasi panasbumi berupa Mata Air Panas (MAP) berhasil dipetakan pada tahapan lapangan, yaitu MAP Maribaya, MAP Kancuh, MAP Domas, MAP Ciater 1 dan MAP Ciater 2. Hasil proyeksi tiap titik koordinat manifestasi pada peta sebaran suhu permukaan adalah sebagai berikut:

1. Titik Mata Air Panas (MAP) Maribaya memiliki nilai LST sekitar 9.01-10.07 °C dan berada pada zona bernilai suhu sangat rendah.
2. Titik MAP Kancuh memiliki nilai LST sekitar 17.38–18.66 °C dan berada pada zona bernilai suhu tinggi.
3. Titik MAP Domas memiliki nilai LST sekitar 39.91-41.93 °C dan berada pada zona bernilai suhu tinggi.
4. Titik MAP Ciater 1 memiliki nilai LST sekitar 16.77-17.31 °C dan berada pada zona bernilai suhu tinggi.
5. Titik MAP Ciater 2 memiliki nilai LST sekitar 18.19-18.76 °C dan berada pada zona bernilai suhu sangat tinggi.

Hasil dari pembuatan peta sebaran suhu permukaan di Gunung Tangkuban Parahu memperlihatkan bahwa daerah pemukiman memiliki sebaran suhu tinggi

yang lebih dominan dibandingkan dengan lokasi manifestasi, menyebabkan ketidakakuratan hasil perhitungan sebaran suhu dalam memprediksi lokasi manifestasi panasbumi. Hal-hal yang mungkin dapat menyebabkan hal ini antara lain suhu permukaan di daerah pemukiman yang tinggi, skala *discharge* dari manifestasi yang tidak cukup besar untuk dapat mempengaruhi suhu permukaan seluas resolusi citra satelit, serta vegetasi yang sangat rindang.

Studi mengenai tata guna lahan direkomendasikan dalam mendukung analisis suhu permukaan di daerah yang serupa dengan daerah penelitian kali ini guna mengurangi pengaruh dari daerah pemukiman serta aktivitas urbanisasi lainnya dalam mengestimasi letak manifestasi panasbumi menggunakan analisis suhu permukaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sangat besar kepada Prof. Dr. Ir. H. Nana Sulaksana selaku pembimbing utama, kepada Dr. Eng. Agus Didit Haryanto Ir., MT selaku pembimbing pendamping, dan kepada Ir. Dewi Gentana, MM selaku pembimbing teknis yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, serta semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir dan karya ilmiah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir dan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Andreas, H., Kato, T., & Ito, T., 2009, *Crustal deformation studies in Java (Indonesia) using GPS*. Journal of Earthquake and Tsunami, 3, 77–88.
- Gandhi, G. M., Parthiban, S., Thummalu, N., & Christy, A., 2015, *Ndvi : Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District*. Procedia -

- Procedia Computer Science, 57, 1199–1210.
- Gentana, D., Sukiyah, E., Sulaksana, N., Yuningsih, E. T., & Balia, L., 2017, *Determination of Tanggamus Geothermal Prospect Area , Lampung Province , South Sumatra Based on Remote Sensing and 3D Micromine Software*. FIG Working Week, (8871).
- Jeevalakshmi, D., Reddy, S. N., & Manikiam, B., 2017, *Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT data using Emissivity Estimation*, International Journal of Applied Engineering Research, 12(20), 9679–9687.
- Nasution, A. D., Euis, M., Kobayashi, R. H., & Siregar, K., 2004, *Geology , Age Dating and Geochemistry Area , of the Tangkuban Parahu Geothermal Area, West Java , Indonesia*, J. Geotherm, 26(57), 285–303.
- Rajeshwari, A., & Mani, N. D., 2014, *Estimation Of Land Surface Temperature Of Dindigul District Using Landsat 8 Data*, International Journal of Research in Engineering and Technology, 122–126.
- Rifani, A., Saputro, E. A., Invanni, I., & Maru, R., 2017, *Study of Land Surface Temperature Using Remote Sensing Satellite Imagery in makassar, South Sulawesi*. Proceeding of 9th International Graduate Students and Scholars' Conference in Indonesia (IGSSCI), 179–190.
- Silitonga, 1973, *Peta Geologi Regional Lembar Bandung*. Geological Survey of Indonesia.
- Simanjuntak, R. M., 2017, *Analyzing The Relationship Between Land Surface Temperature And Urban Structure Types In Bandung , Indonesia Analyzing The Relationship Between Land Surface Temperature And Urban Structure Types In Bandung , Indonesia*. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente
- Skokovic, D., Sobrino, J. a., Jiménez Muñoz, J. C., Soria, G., Julien, Y., Mattar, C., & Cristóbal, J., 2014, *Calibration and Validation of land surface temperature for Landsat8-TIRS sensor TIRS LANDSAT-8 Characteristics*. European Space Agency Document.
- US Geological Survey, 2016, *Landsat — Earth Observation Satellites Landsat Missions : Imaging the Earth Since 1972*, Supersedes USGS Fact Sheets 2012–3072 and 2013–3060, 1–4.
- Van Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia Vol. 1A : General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, Government Printing Office, The Hague.
- Sumber dari internet:
(earthexplorer.usgs.gov, diakses 20 Januari 2018)
(Google Earth, diakses 6 Juni 2018)