

Penentuan Suhu Permukaan Tanah Kawah Wurung – Ijen Jawa Timur Menggunakan Citra Landsat 8 Sebagai Studi Pendahuluan Dalam Survei Eksplorasi Panas Bumi

Surya Aji Ermanto^{1)*}, Sukir Maryanto²⁾, Adi Susilo²⁾

¹⁾ Program Studi Magister Ilmu Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya

²⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

Diterima 23 Januari 2017, direvisi 30 April 2017

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian menggunakan metode penginderaan jauh yang berlokasi di daerah kompleks pegunungan Ijen, Kabupaten Bondowoso - Banyuwangi, Jawa Timur sebagai data awal untuk membantu pembuatan desain survei eksplorasi panasbumi. Data penginderaan jauh yang digunakan adalah citra Landsat 8. Citra *thermal* inframerah Landsat 8 diolah sebagai data suhu permukaan tanah. Pengolahan suhu permukaan tanah menggunakan *band* tunggal. Metode pada penelitian ini dimulai dengan mencari NDVI (*Normal Differential Vegetation Index*), yaitu nilai yang digunakan untuk menyatakan seberapa rapat vegetasi di suatu daerah. Setelah itu didapatkan nilai fraksi vegetasi dan emisivitas tanah yang digunakan untuk penentuan sebaran suhu permukaan tanah. Suhu permukaan tanah ini nantinya digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan desain survei geofisika dalam eksplorasi panasbumi lebih lanjut lagi. Karena daerah panasbumi diasosiasikan dengan suhu permukaan tanah yang relatif tinggi. Berdasarkan hasil pengolahan data penginderaan jauh, suhu permukaan tanah yang relatif tinggi berada di daerah sekitar Kawah Wurung dan Girimulyo yang memiliki suhu permukaan tanah berkisar antara 30 °C - 60 °C.

Kata Kunci: Penginderaan jauh, Ijen, suhu permukaan tanah

ABSTRACT

Has conducted research using remote sensing methods being located in the mountain complex Ijen, Bondowoso - Banyuwangi, East Java as preliminary data to assist in the design of geothermal exploration survey. Remote sensing data used are images from Landsat 8. Landsat 8 infrared thermal image is processed as land surface temperature data. Processing land surface temperature using a single *band*. Methods in this study begins with finding NDVI (*Normal Differential Vegetation Index*), which is the value used to state how dense vegetation in an area. After it obtained the value of the fraction of vegetation and emissivity of land used for the determination of the distribution of land surface temperatures. The surface temperature of this land will be used as a guide in making the design of a geophysical survey in geothermal exploration further. Because geothermal areas associated with land surface temperatures were relatively high. Based on the results of data processing of remote sensing, land surface temperatures were relatively high in the area around the Kawah Wurung and Girimulyo that has a land surface temperature ranges between 30-60°C.

Keywords: Remote sensing, Ijen, land surface temperature

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi panasbumi

*Corresponding author:

E-mail: suryaermanto@ymail.com

dengan potensi listrik sebesar 27.510 MWe, atau sekitar 30% – 40% potensi panasbumi dunia. Akan tetapi Indonesia baru dapat menghasilkan sekitar 807 MWe, tercatat pada tahun 2005 [1]. Salah satu daerah di Jawa Timur, yang diperkirakan memiliki potensi energi panasbumi adalah kompleks Kawah

Wurung - Ijen, Kabupaten Bondowoso yang terletak di kompleks Gunung Ijen [2]. Ijen memiliki potensi energi panasbumi sekitar 110 MW pada tahun 2013. Potensi panasbumi ini akan dimanfaatkan secara maksimal untuk tenaga pembangkit listrik [3]. Sistem panasbumi di daerah Ijen ini ditandai dengan adanya sebaran delapan buah solfatara yang berada di sebelah tenggara yang memiliki suhu 200° – 202°C [4]. Pegunungan Ijen terbentuk pada formasi batuan gunungapi Ijen muda yang didominasi oleh formasi batuan lava, lava basalt, dan belerang [5].

Sebelum eksploitasi energi panasbumi yang tersimpan di bawah permukaan diperlukan berbagai macam kegiatan eksplorasi geofisika. Agar kegiatan eksplorasi geofisika menjadi lebih fokus dan efektif, maka data penginderaan jauh sangat diperlukan sebagai pendukung

utama dalam eksplorasi menggunakan metode geofisika.

Penginderaan jauh sendiri merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang diteliti [6]. Penginderaan jauh dapat dilakukan dengan bantuan satelit buatan seperti Landsat 8. Satelit Landsat 8 merupakan satelit yang diluncurkan pada tahun 2013 yang masih beroperasi hingga sekarang. Landsat 8 memiliki 2 buah sensor yaitu sensor OLI (*Operational Land Imager*), dan TIRS (*Thermal Infra-Red Sensor*). Selain itu satelit ini memiliki 11 *band* dan lebih unggul dari Landsat 7 yang hanya memiliki enam *band*. Perbandingan rentang *band* antara Landsat 8 dengan Landsat 7 ditunjukkan oleh Tabel 1 [7].

Tabel 1. Perbandingan rentang *band* Landsat 8 dan Landsat 7 [7]

Satelit	Nama <i>band</i>	Rentang (µm)	Resolusi(m)
Landsat 8 OLI dan TIRS	Band 1 Aerosol	0.435 – 0.451	30
	Band 2 Blue	0.452 – 0.512	30
	Band 3 Green	0.533 – 0.590	30
	Band 4 Red	0.636 – 0.673	30
	Band 5 NIR	0.851 – 0.879	30
	Band 6 SWIR-1	1.566 – 1.615	30
	Band 10 TIR-1	10.60 – 11.19	100
	Band 11 TIR-2	11.50 – 12.51	100
	Band 7 SWIR-2	2.107 – 2.294	30
	Band 8 Pan	0.503 – 0.676	15
Landsat 7 ETM+	Band 9 Cirrus	1.363 – 1.384	30
	Band 1 Blue	0.441 – 0.514	30
	Band 2 Green	0.519 – 0.601	30
	Band 3 Red	0.631 – 0.692	30
	Band 4 NIR	0.772 – 0.898	30
	Band 5 SWIR-1	1.547 – 1.749	30
	Band 6 TIR	10.31 – 12.36	60
	Band 7 SWIR-2	2.064 – 2.345	30
	Band 8 Pan	0.515 – 0.896	15

Penginderaan jauh ini berfungsi untuk mengetahui bagaimana persebaran suhu permukaan tanah pada daerah penelitian. Karena daerah potensi panasbumi diasosiasikan dengan suhu permukaan tanah yang relatif tinggi [8]. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk memetakan suhu permukaan tanah daerah pegunungan Ijen, Kabupaten Bondowoso-

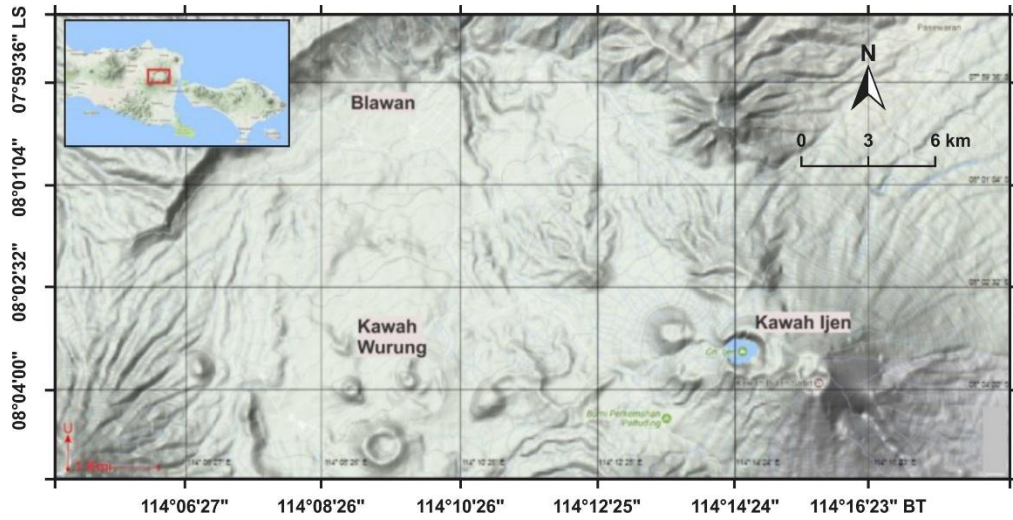
Banyuwangi, Jawa Timur untuk membantu pembuatan desain survei geofisika eksplorasi panasbumi

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini

adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh secara bebas melalui situs *online* USGS. Data sekunder ini merupakan hasil perekaman yang dilakukan oleh satelit Landsat 8. Sementara untuk daerah penelitian berada di kompleks Pegunungan Ijen, Kabupaten Bondowoso – Banyuwangi, Jawa Timur (Gambar 1). Target yang akan dieksplorasi menggunakan metode

geofisika adalah potensi panasbumi yang terdapat di area penelitian sehingga dalam pengolahan data Landsat 8 tersebut ditentukan NDVI (*Normalized Differential Vegetation Index*) dan suhu permukaan tanah daerah penelitian. Pemilihan waktu dari unduhan rekaman data citra yang diperoleh dari USGS yaitu data pada tanggal 26 September 2014.



Gambar 1. Daerah penelitian terletak di kompleks Pegunungan Ijen, Kabupaten Bondowoso – Banyuwangi, Jawa Timur

Perhitungan NDVI. NDVI merupakan nilai yang digunakan untuk menyatakan seberapa rapat vegetasi di suatu daerah. Nilai NDVI dapat dijadikan untuk menentukan emisivitas permukaan secara empiris dan mampu menonjolkan aspek kerapatan vegetasi secara implisit [9]. NDVI memiliki nilai antara -1 sampai dengan 1. Nilai negatif satu (-1) mereferensi daerah yang memiliki rapat vegetasi yang paling renggang. Kita dapat menghitung nilai NDVI berdasarkan persamaan (1) [10].

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

Dimana ρ_{nir} dan ρ_{red} adalah ToA (*Top of Atmospheric*) reflektans pada *band* 5 dan 4 Landsat 8 yang diperoleh dengan persamaan (2) sebagai berikut [11].

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho} \times Q_{cal} + A_{\rho}}{\sin \theta} \quad (2)$$

Dengan,

ρ_{λ} = ToA reflektans dengan koreksi sudut matahari.

M_{ρ} = faktor skala pengali reflektans pada *band*,

Q_{cal} = nilai DN tiap pixel

A_{ρ} = faktor skala penjumlahan reflektans pada *band*

θ = Sudut elevasi matahari.

Perhitungan Fraksi Vegetasi. Fraksi vegetasi merupakan presentase proyeksi vertikal yang merepresentasikan tutupan lahan bervegetasi pada suatu daerah. Fraksi vegetasi (P_v) diperoleh dengan persamaan (3) berikut [12],

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad (3)$$

Dimana $NDVI_v$ merupakan nilai ambang bawah NDVI untuk daerah yang memiliki vegetasi rapat. Sedangkan $NDVI_s$ merupakan nilai ambang atas NDVI untuk daerah yang tidak memiliki vegetasi jarang atau tidak sama sekali

Emisivitas Tanah. Nilai emisivitas tanah (ϵ) dihitung dengan berdasarkan kondisi sebagai berikut

1. $NDVI < NDVI_s$ (0.2), memiliki nilai emisivitas tanah, $\epsilon_s = 0.97$.
2. $NDVI > NDVI_v$ (0.65), memiliki nilai emisivitas tanah, $\epsilon_v = 0.99$.
3. $0.2 \leq NDVI \leq 0.65$, memiliki nilai

emisivitas tanah yang dinyatakan oleh persamaan [10].

$$\varepsilon = mP_v + n \quad (4)$$

Dengan,

$$m = \varepsilon_v - \varepsilon_s - (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$

$$n = \varepsilon_s + (1 - \varepsilon_s)F\varepsilon_v$$

F = faktor bentuk ($F = 0,55$)

Perhitungan Suhu Permukaan Tanah.

Nilai suhu permukaan tanah dihitung dengan mengolah citra *band* 10 citra Landsat 8 OLI. Nilai digital number citra *band* 10 diubah terlebih dahulu menjadi nilai radians dengan persamaan [7]

$$L_\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (5)$$

Dimana,

L_λ = spektral radians ($\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$)

M_L = faktor skala pengali *radiance* pada *band*.

Q_{cal} = nilai DN tiap piksel

A_L = faktor skala penjumlah *radiance* pada *band*.

Faktor skala M_L dan A_L sudah tercantum pada data Landsat 8.

Kemudian nilai spektral *radiance* hasil dari persamaan (5) diubah menjadi kecerahan temperatur (T_{sensor}) dengan persamaan (6)[7].

$$T_{sensor} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (6)$$

Dimana

L_λ = spektral *radiance band thermal* ($\text{W.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\mu\text{m}^{-1}$)

K_1 = konstanta konversi thermal 1 untuk *band*

K_2 = konstanta konversi termal 2 untuk *band*.

Sedangkan suhu permukaan tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [10].

$$T_s = \frac{T_{sensor}}{1 + \left(\lambda \frac{T_{sensor}}{hc/j}\right)} - 273 \quad (7)$$

Dimana,

T_s = suhu permukaan tanah ($^{\circ}\text{C}$)

T_{sensor} = suhu nilai kecerahan

λ = panjang gelombang emisi *radiance*, $11.5\mu\text{m}$,

h = konstanta Planck ($6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$)

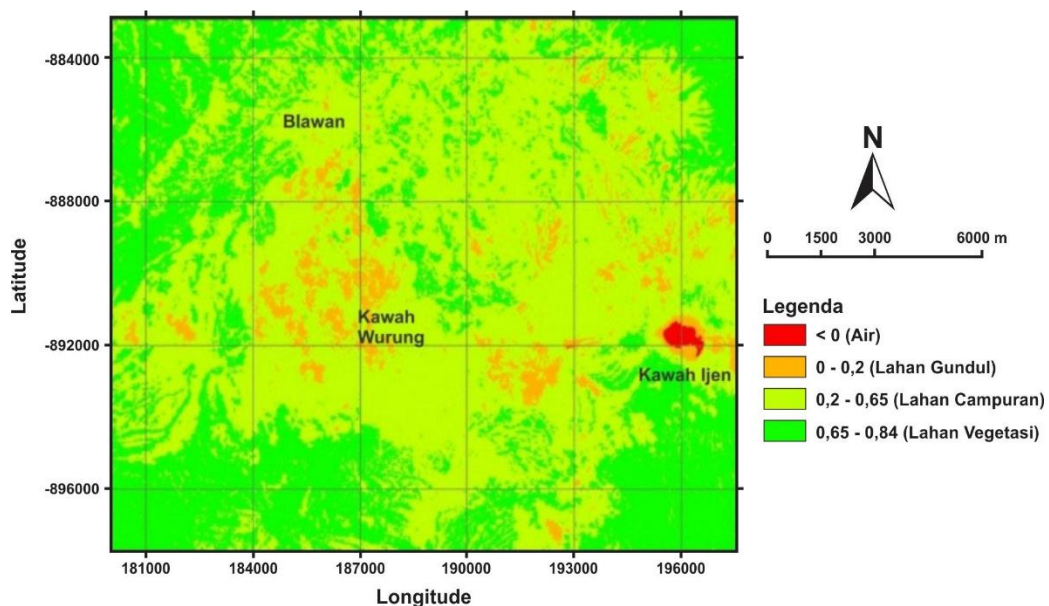
c = kecepatan cahaya ($2.99 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$)

j = konstanta Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$)

ε = nilai emisivitas tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

NDVI. Suhu permukaan tanah di daerah penelitian diperoleh dengan menentukan NDVI. NDVI yang didapatkan dari data reflektansi *band* 5 dan *band* 4 Landsat OLI 26 September 2014 (USGS). NDVI merupakan perbandingan tingkat penyerapan gelombang dari *band* 5 dan gelombang dari *band* 4 yang bernilai antara -1 hingga 1. NDVI disini digunakan untuk menentukan tutupan lahan daerah penelitian. Tutupan lahan daerah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.

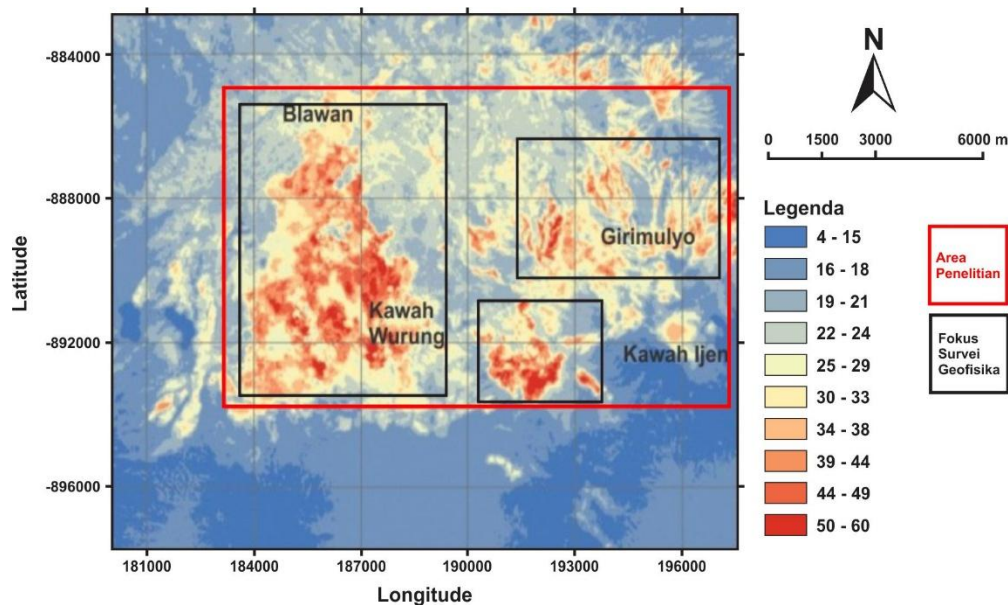


Gambar 3. Hasil pengolahan NDVI dari data hasil citra area penelitian

Berdasarkan Gambar 3 tampak adanya klasifikasi lahan yang bervegetasi rapat, lahan gundul, lahan campuran vegetasi rapat dan gundul, dan lahan yang ditutupi air. Lahan yang memiliki vegetasi rapat pada Gambar diindikasikan oleh warna hijau dengan nilai $NDVI > 0,65$. Lahan campuran vegetasi rapat dan gundul ditunjukkan oleh warna kuning yang memiliki nilai $0,2 \leq NDVI \leq 0,65$. Lahan gundul ditunjukkan oleh warna orange pada gambar yang memiliki nilai $0 \leq NDVI < 0,2$. Lahan yang ditutupi air ditunjukkan oleh warna merah pada gambar yang memiliki nilai $NDVI < 0$ [10]. Berdasarkan hasil nilai NDVI, sebagian besar daerah penelitian adalah lahan vegetasi campuran vegetasi rapat dan lahan gundul. Kawah Ijen ditutupi oleh air dan sekitarnya merupakan lahan gundul. Daerah di

sekitar Blawan, Plalangan, Kalipahit, dan Kawah Wurung, dilingkupi oleh campuran lahan vegetasi rapat dan lahan gundul.

Suhu Permukaan Tanah (LST). Setelah mendapatkan NDVI akan ditentukan suhu permukaan tanah atau *land surface temperature* (LST) daerah penelitian, yang dapat diperoleh dari pengolahan citra sensor termal Landsat 8 OLI 26 September 2014. Suhu permukaan tanah di daerah penelitian diolah menggunakan band 10 citra Landsat OLI karena *band 10* lebih baik dibandingkan *band 11*. Hasil perhitungan suhu permukaan tanah membutuhkan nilai emisivitas tanah. Sebaran emisivitas diperoleh dengan bantuan dari nilai NDVI. Peta suhu permukaan tanah daerah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Peta LST (*Land Surface Temperature*) area penelitian dan fokus survei geofisika yang direkomendasikan.

Berdasarkan Gambar 4, nilai LST di daerah penelitian berkisar antara 30°C dan 60°C . Sebagian besar daerah di kompleks Ijen memiliki LST $20^{\circ} - 25^{\circ}\text{C}$ yang ditunjukkan oleh daerah berwarna biru. Distribusi LST tersebut yang tertinggi berada di sekitar Kawah Wurung dan Girimulyo, yang ditandai dengan warna merah ($30^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$). Daerah dengan LST lebih rendah berada mengelilingi kompleks pegunungan Ijen, yang ditunjukkan oleh warna biru ($4^{\circ} - 18^{\circ}\text{C}$). Daerah Kawah Wurung memiliki LST yang relatif tinggi dikarenakan menurut peta geologi, di daerah ini terdapat dua buah patahan, sehingga besar kemungkinan

fluida panas dekat dengan permukaan tanah [13], hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa patahan berasosiasi dengan suhu permukaan tanah yang tinggi [14]. Sedangkan di daerah Girimulyo memiliki LST yang relatif tinggi juga karena daerah tersebut merupakan daerah pegunungan aktif yaitu Gunung Widodaren.

Dari hasil LST yang didapatkan, maka untuk membuat desain survei eksplorasi panasbumi dengan metode-metode geofisika difokuskan di daerah sekitar Kawah Wurung yang memiliki suhu permukaan tanah berkisar antara $30^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$. Pada Gambar 4 daerah fokus survei geofisika ditandai dengan

kotak berwarna hijau.

Daerah fokus eksplorasi panasbumi ini sesuai dengan pernyataan bahwa prospek panasbumi di Komplek Ijen dibagi menjadi dua yaitu sistem yang mengarah ke Blawan dan sistem yang mengarah ke Gunung Djampit. Arah dari Gunung Ijen ke Blawan melewati daerah Girimulyo dan arah dari Gunung Ijen ke Gunung Djampit melewati daerah Kawah Wurung [11].

KESIMPULAN

Hasil pengolahan data penginderaan jauh menunjukkan bahwa sebaran suhu permukaan tanah pada daerah penelitian berkisar antara 4°C sampai 60°C. Sebaran suhu tinggi berada di sekitar daerah Kawah Wurung dan Girimulyo yang memiliki suhu permukaan tanah antara 30° – 6°C. Jadi untuk pembuatan desain survei eksplorasi panasbumi di daerah penelitian sebaiknya difokuskan di daerah Kawah Wurung dan Girimulyo dengan menggunakan metode magnetotelurik, karena metode tersebut cukup baik dalam eksplorasi panasbumi dan dapat menjangkau daerah penelitian yang luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada penyelenggara Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun 2016, PEER SCIENCE PROJECT USAID PGA 2000005053. Kelompok penelitian BRAVO ENERGEOBHAS yang memberikan dukungan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saptadji, N. (2016) Sekilas Tentang Panasbumi [Internet]. Geotherm. Master Progr. ITB.
- [2] Raehanayati, R., Rachmansyah, A. and Maryanto, S. (2013) Studi Potensi Energi Geothermal Blawan- Ijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity. Jurnal Neutrino, 31. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.2444>
- [3] Mahardianti, M.A., Taufik, M. and Utama, W. (2013) Analisa Penggunaan Lahan Daerah Pengembangan Potensi Panas Bumi di Kecamatan Sempol, Bondowoso. Geoid, 9, 25. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v9i1.736>
- [4] Tim Komunikasi ESDM. (2011) Daftar WKP Baru Per Maret 2011 [Internet]. Kementerian. Energi dan Sumber Daya Miner. Republik Indones.
- [5] Sartohadi, J., Sianturi, R.S., Rahmadana, A.D.W., Maritimo, F., Wacano, D., Munawaroh et al. (2014) Bentang Sumberdaya Lahan Kawasan Gunungapi Ijen dan Sekitarnya. Pustaka Pelajar & Lab. Geografi Tanah Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- [6] Lillesand, T., Kiefer, R.W. and Chipman, J. (2004) Remote Sensing and Image Interpretation. 5th Ed. Wiley, New York.
- [7] USGS. (2015) LSDS Version 1.0: LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook. Department of Interior U.S. Geological Survey, Sioux Falls, South Dakota.
- [8] Becker, F. and Li, Z.-L. (1990) Towards a local split window method over land surfaces. International Journal of Remote Sensing, 11, 369–93. <https://doi.org/10.1080/01431169008955028>
- [9] Danoedoro, P. (2012) Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- [10] Qin, Q., Zhang, N., Nan, P. and Chai, L. (2011) Geothermal area detection using Landsat ETM+ thermal infrared data and its mechanistic analysis—A case study in Tengchong, China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13, 552–9. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.02.005>
- [11] Utama, A.P., Dwinanto, A., Situmorang, J., Hikmi, M. and Irsamukhti, R. (2012) Green Field Geothermal Systems in Java, Indonesia. Proceedings, 1 St ITB Geothermal Workshop, March 6 - 8, 2012, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [12] Sobrino, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C. and Paolini, L. (2004) Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. Remote Sensing of Environment, 90, 434–40. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- [13] Sujanto, Syarifuddin, M.Z. and Sitorus, K. (1988) Peta Geologi Gunungapi Komplek Kaldera Ijen, Jawa Timur. Direktorat Vulkanologi Indonesia.
- [14] Wu, W., Zou, L., Shen, X., Lu, S., Su, N., Kong, F. et al. (2012) Thermal infrared

remote-sensing detection of thermal
information associated with faults: A case
study in Western Sichuan Basin, China.

Journal of Asian Earth Sciences, 43, 110–7.
<https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2011.08.015>