



Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 19, No.2
Agustus 2021

ANALISIS KONDISI POTENSIAL PANAS BUMI WKP SEMBALUN LOMBOK TIMUR, MELALUI PENERAPAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Kafa 'Aisyana N., Rizka Angelina, Bagus Raihan A., M. Daromi Rosit, M. Singgih P.

Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Surabaya

e-mail: aisyana.19034@mhs.its.ac.id

ABSTRAK

Sebagai negara dengan kekayaan panas bumi yang melimpah, sudah semestinya dapat memenuhi kebutuhan energi listrik lebih mudah. Salah satu indikator potensi panas bumi di sini yaitu keberadaan gunung api yang menerus dari barat hingga timur. Manifestasi panas bumi juga ditemui di daerah Sembalun, Lombok Timur. Sebagai bentuk dukungan mencapai target besar pemanfaatan panas bumi, dilakukan penelitian berupa identifikasi daerah potensial panas bumi dengan penginderaan jauh pada data citra landsat 8. Penelitian ini menggunakan parameter *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), dan *Land Surface Temperatur* (LST) didukung peta topografi dari data DEM dan peta geologi. Setelah dilakukan mapping dan overlaying menggunakan software ArcGIS, diperoleh hasil levalisasi potensi panas bumi daerah Sembalun yang terbagi menjadi 4, yaitu daerah dengan potensi tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah, dengan kawasan utara Gunung Rinjani menjadi area yang cukup tinggi dilihat parameter yang ada.

Kata Kunci: Panas bumi, NDVI, LST, Topografi, Litologi

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai potensi panas bumi terbesar di dunia. Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), tercatat bahwa potensi sumber panas bumi Indonesia sebesar 29.544 megaWatts *equivalent*. Sedangkan, berdasarkan data Direktorat Panas Bumi, potensi yang besar ini baru dimanfaatkan sebesar 8,9% atau 2.130,6 MW, masih banyak yang belum dimanfaatkan. Menimbang perihal ini, Pemerintah menargetkan peningkatan pemanfaatan panas bumi menjadi 7.241,5 MW atau 16,8% di 2025.

Sementara itu, untuk mendukung canangan program pemerintah dapat dilakukan survei tahap awal sebelum melakukan tahapan eksplorasi potensi panas bumi. Salah satunya melalui kajian karakteristik daerah potensi panas bumi. Pada paper ini, identifikasi daerah potensi panas bumi di Sembalun dilakukan dengan menggunakan penginderaan jauh dan memanfaatkan data citra landsat. Parameter yang digunakan berupa hasil *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Land Surface Temperature* (LST), dan litologi di daerah Sembalun, Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat (NTB). Berangkat dari hal tersebut,

paper ini ditujukan sebagai investigasi awal bukan untuk perencanaan detail rekomendasi pembangunan PLTP.

Panas Bumi

Menurut pasal 1 Undang-Undang No.27 Tahun 2003 tentang panas bumi, panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semua tidak dapat dipisahkan dalam sistem panas bumi dan untuk memanfaatkannya diperlukan proses penambangan.

Sumberdaya panas bumi memiliki persyaratan untuk dapat dimanfaatkan dimana memiliki air panas, batuan reservoir atau perangkap dan juga batuan penutup. Sistem panas bumi memiliki proses sistem dimana air meteorik masuk melalui rekahan yang ada pada batuan hingga terperangkap di dalam batuan reservoir atau batuan perangkap yang panas kemudian terpanaskan dan mengalir ke atas melalui batuan penutup kemudian terbentuklah sumberdaya panas bumi (Manyoe. 2016). Umumnya, daerah berpotensi panas bumi berada di kawasan gunung vulkanik yang dikelilingi hutan lindung, hutan konservasi dan cagar alam dengan permukaan area

sebagian besar tertutup vegetasi (Sukendar, 2016).

Citra Landsat 8

Landsat Data Continuity Mission (LDCM) atau dikenal juga dengan nama Landsat-8 merupakan satelit generasi terbaru dari Program Landsat. Satelit ini merupakan project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA Goddard Space Flight Center dan diluncurkan pada hari Senin, 11 Februari 2013 di Pangkalan Angkatan Udara Vandenberg, California–Amerika Serikat. Citra landsat dapat digunakan untuk mengetahui nilai kerapatan vegetasi, suhu permukaan, dan delineasi kelurusan.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI merupakan metode standar dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi pada data citra satelit. NDVI dapat digunakan sebagai indikator biomassa, tingkat kehijauan (greenness) relatif, dan untuk menentukan status (kesehatan/kerapatan) vegetasi pada suatu wilayah, namun tidak berhubungan langsung dengan ketersediaan air tanah di wilayah tersebut (Hung 2000). Nilai NDVI diperoleh dengan membandingkan data near-infrared (NIR) dan Red (Udin, 2019).

Land Surface Temperature (LST)

Temperatur permukaan tanah dapat didefinisikan sebagai suhu suatu permukaan rata-rata dari suatu permukaan, yang digambarkan dalam cakupan suatu piksel dengan berbagai tipe permukaan yang berbeda (USGS, 2015 dalam Delarizka, 2016). LST biasanya dapat dijelaskan dalam cakupan piksel dari berbagai jenis permukaan. Data yang diperlukan dalam

proses pengidentifikasian LST, diantaranya citra satelit Landsat;

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), citra Landsat 8 band 10, dan citra Landsat 8 band 11 (Fahwari, 2019). Menurut Jiménez Muñoz dan Sobrino (2010), parameter-parameter yang digunakan untuk melakukan koreksi atmosfer dan estimasi Land Surface Temperature bergantung pada nilai transmisivitas, upwelling, dan downwelling radiansi atmosfer.

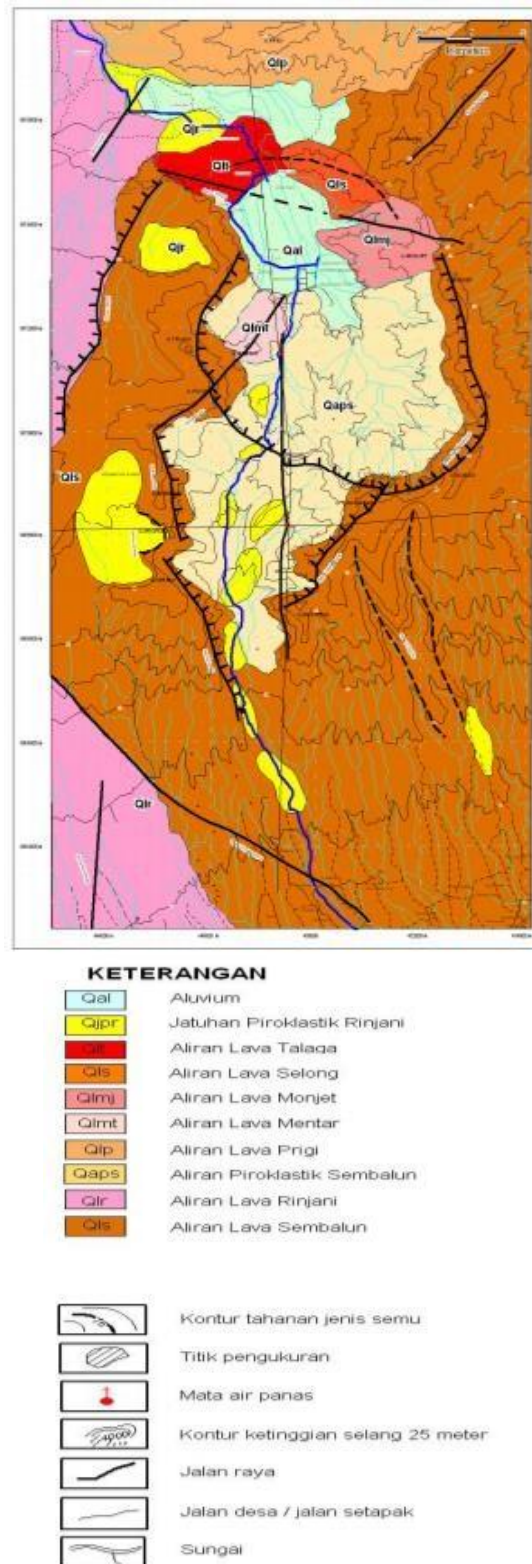
Digital Elevation Model (DEM)

Istilah DEM merujuk pada definisi data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagian bumi yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan menggunakan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut dengan himpunan koordinat yang ada (Tempfli, 1991 dan Purwanto, 2015).

DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, processing, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital pada DEM mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan dengan rincian bahwa distribusi spasial diwakili oleh nilai-nilai pada sistem koordinat horisontal X dan Y, serta karakteristik medan diwakili oleh ketinggian medan dalam sistem koordinat Z (Novita, 2017).

Geologi Regional

Seperti diketahui bahwa jalur gunung api memanjang dari Pulau Sumatera ke Jawa menerus hingga ke Bali dan Nusa Tenggara sampai ke Pulau Sulawesi dan Kepulauan Maluku bahkan Kepulauan Filipina. Termasuk di daerah Nusa Tenggara terdapat satu Kecamatan; Sembalun yang mana punya indikasi potensi panas bumi dilihat dari keberadaan beberapa mata air panas.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Sembalun, Lombok Timur, NTB dan legendanya (Hadi dkk., 2007)

Daerah Sembalun banyak berupa tinggian memanjang, terlihat sebagai pegunungan relief kasar. Digolongkan menjadi perbukitan vulkanik dengan dominasi batuan vulkanik lava andesit yang terkontrol karena pembentukan kaldera. Struktur yang

berkembang di sana diakibatkan gerak tektonik yang pada perkiraannya terjadi pada masa TersierKuarter dengan struktur berupa cermin sesar, breksiasi, kekar, offset litologi, dan longsoran (Hadi dkk., 2007).

Sesar-sesar yang terdapat di Sembalun, menurut penelitian Herry Sundhoro (2007), dapat dikelompokkan lagi menjadi dinding Kaldera Sembalun, kawah Propok, sesar normal Pusuk, Bonduri, Seribu, Tanakiabang, Lantih, sesar Orok, Lentih, Libajalin, Batujang, dan Berenongs serta Grenggengan. Struktur yang mengontrol manifestasi adalah sesar Tanakiabang dan sesar Orok (Hadi dkk., 2007).

Dari stratigrafinya, dipetakan oleh Moch. N Hadi (2007) bahwa satuan batuan di sana terbagi hingga 10 dengan komposisi mineral dari lava andesit yang didominasi tipe mineral piroksen dan sebagian kecil lava andesit hornblende. Indikasi mata air yang keluar di daerah sana terlihat muncul melalui rekahan yang ada pada batuan aliran piroklastik. Dan daerah ini disurvei memiliki top reservoir yang terletak di bawah sedalam 700 m dari permukaan.

METODOLOGI

Data dan Perangkat Lunak

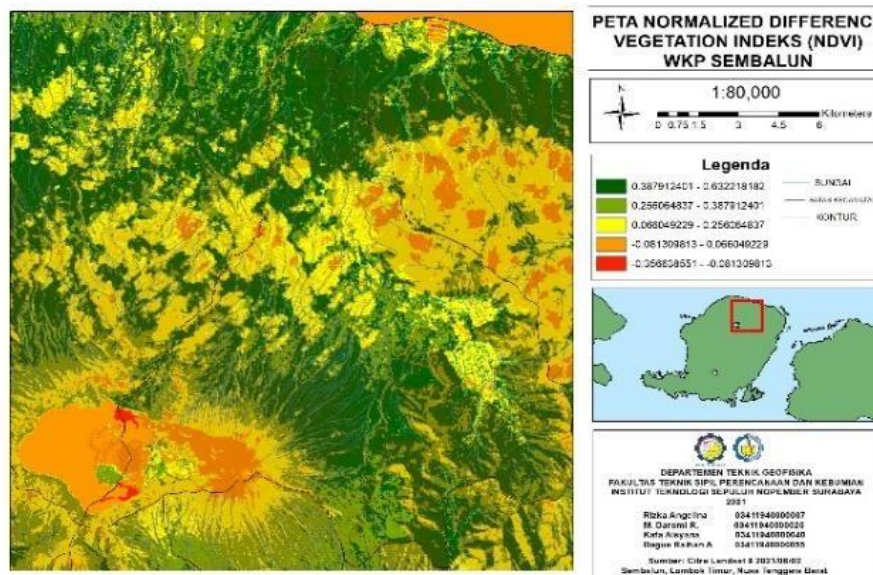
Sebagaimana tersebut pada Pustaka tinjauan, untuk pengolahan data digunakan data Citra Landsat 8 untuk dikoreksi dan dapat koordinat wilayah Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, NTB. Untuk melakukan pengolahannya, digunakan software yang mendukung Sistem Informasi Geografis (SIG), yaitu ArcGIS. Sebagai data pendukung juga dipakai data SHP sungai dan batas kecamatan Indonesia, diambil bagian Sembalun, Lombok Timur, NTB.

Langkah Kerja

Pertama, perlu dilakukan *cropping* citra landsat agar daerah yang menjadi focus penelitian lebih mudah untuk diolah. Pada tahapan selanjutnya, dikoordinir citra tersebut sesuai dengan koordinat kondisi Sembalun, sehingga terkoreksi dan memenuhi batasan toleransi error pixel. Berikutnya, data citra Landsat 8 yang telah dikenai operasi digunakan untuk mendapatkan peta NDVI serta peta LST atau suhu permukaan. Proses tersebut dilanjutkan dengan *overlaying* kedua peta, sehingga diperoleh satu peta yang dapat dianalisis guna memetakan potensial panas bumi daerah Sembalun. Sebagai data pendukung, diolah serta data DEM sehingga menjadi peta topografi yang diharapkan dapat membantu pengamatan manifestasi panas bumi di sana. Setelah proses *mapping* beberapa peta di atas, dimasukkan data shapefile format .shp sungai dan kecamatan diikuti tahapan *overlaying*, dan menambah referensi atau rujukan, seperti peta geologi lembar Lombok, Nusa Tenggara Barat, guna dilakukan analisis permulaan yang diasumsikan sebagai bagian dari investigasi awal sebelum eksplorasi panas bumi dilakukan di sana.

HASIL & PEMBAHASAN

Peta NDVI dan LST



Gambar 2. Peta NDVI WKP Sembalun

Pada penelitian ini, NDVI digunakan untuk menentukan tutupan lahan daerah penelitian. Referensi dari Ermanto dkk. (2017), ada beberapa klasifikasi lahan berdasarkan nilai NDVI yang terdiri dari

vegetasi rapat, vegetasi jarang, vegetasi rendah, dan badan air. Lahan yang ditutupi badan air ialah daerah yang berwarna merah dan jingga (kelas 4 dan 5) dengan nilai NDVI < 0 yaitu sekitar -0.0566 hingga

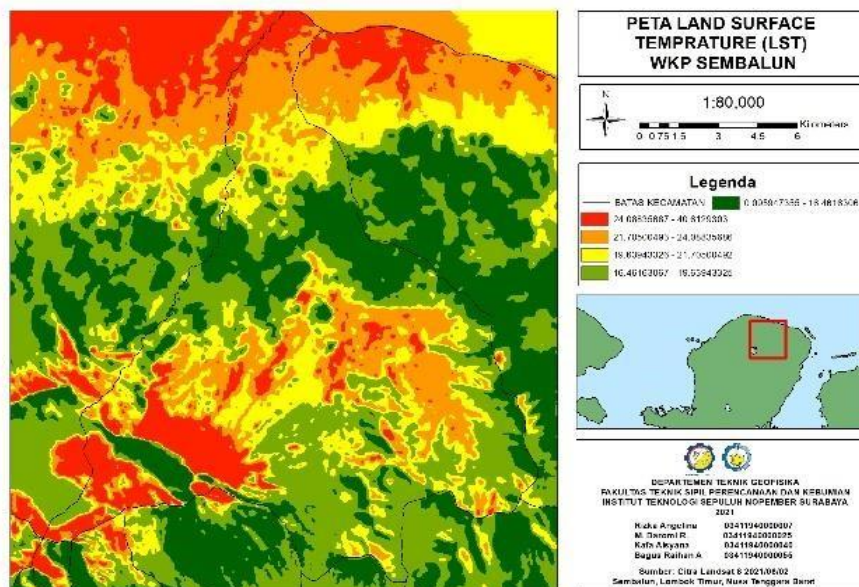
0.0660. Lahan bervegetasi rendah terdapat pada daerah dengan warna kuning dengan nilai NDVI antara 0.0660 – 0.2560. Lahan vegetasi jarang terdapat pada daerah dengan warna hijau muda dengan nilai NDVI antara 0.2560 – 0.3879. Lahan vegetasi rapat terdapat pada daerah dengan warna hijau tua antara 0.3879 hingga 0.6322. Secara ringkas, rapat vegetasi yang divisualisasikan oleh peta adalah sama dengan data pada table 1 berikut:

Tabel 1. Pembacaan nilai skala peta NDVI

Warna	Nilai	Kelas
Hijau Tua (Vegetasi rapat)	0,3879 - 0,6322	5
Hijau Muda (vegetasi jarang)	0,2560 - 0,3879	4
Kuning (Vegetasi randah)	0,0660 - 0,2560	3
Jingga (Badan air)	(-) 0,0813 - 0,0660	2
Merah (Badan Air)	(-) 0,0566 - (-) 0,0813	1

Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa daerah WKP Sembalun Lombok merupakan daerah dengan dominan lahan vegetasi jarang hingga rapat. NDVI dengan skala 4 yaitu berwarna hijau muda diidentifikasi sebagai daerah yang memiliki vegetasi yang jarang. Pada bagian ini kejarangan vegetasi termasuk memiliki nilai sangat jarang (warna hijau muda) pada

NDVI. Hal itu mungkin dikarenakan pada citra satelit yang digunakan, bagian-bagian puncak ini tertutupi oleh awan dan juga diidentifikasi sebagai pemukiman penduduk. Berikutnya, untuk warna hijau yang lebih tua, tergolong jarang yang lebih rapat sebagaimana kelas 5 pada table 1. Semakin tinggi kerapatan vegetasi dari suatu wilayah, maka semakin tinggi juga nilai emisivitasnya (rasio energi yang di radiasikan). Pada peta NDVI, bagian yang menunjukkan adanya potensi panas bumi adalah pada daerah yang memiliki vegetasi yang rendah. Karena manifestasi panas bumi ini biasa menghasilkan gas gas karbondioksida, metana dan gas-gas lainnya. Gas ini menyebabkan matinya tumbuhan tumbuhan di sekelilingnya karena sifatnya yang beracun. Sehingga, wilayah potensi panas bumi akan berada jauh dari lahan terbangun dan tingkat kerapatan vegetasi yang rendah (Amalisana, 2017). Oleh karena itu, pada daerah berskala 3 dengan nilai vegetasi rendah dipetakan sebagai wilayah yang memiliki potensi panas bumi tinggi. Dilanjutkan dengan interpretasi berikutnya, didasarkan pada peta LST WKP Sembalun seperti divisualisasikan pada gambar 3, diklasifikasikan estimasi nilai suhu permukaan menjadi sama sebanyak 5 kelas.



Gambar 3. Peta LST WKP Sembalun

Pada gambar 3, untuk kelas pertama ditunjukkan warna hijau tua dengan rentang suhu mulai dari 0,095947355°C sampai 16,46163066°C. Kedua berwarna hijau muda, dengan rentang suhu 16,46163066°C hingga 19,63943325°C. Ketiga berwarna kuning, dengan interval suhu dari 19,63943325°C hingga 21,70500492°C, dan keempat berwarna jingga dengan interval suhu mulai 21,70500492°C sampai

24,08835696°C. Serta yang kelima, warnanya merah memiliki interval suhu 24,08835696°C hingga ke 40,6129303°C. Penjelasan diatas ditabulasikan sebagaimana table 2.

Tabel 2. Sebaran Suhu Permukaan (LST)

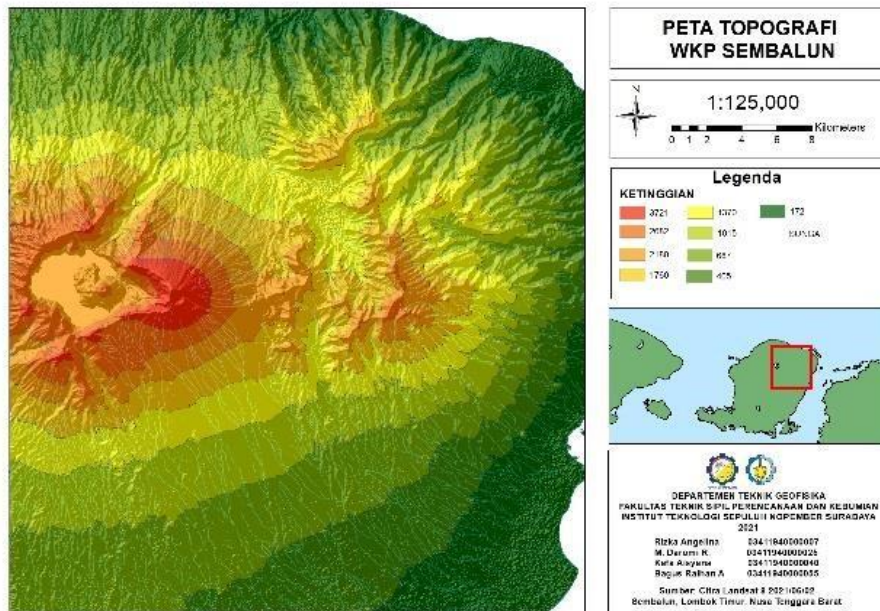
Warna	Rentan suhu (Celsius)	Kelas
Hijau tua	0,095947355 - 16,46163066	1
Hijau muda	16,46163066 - 19,63943325	2
Kuning	19,63943325 - 21,70500492	3
Jingga	21,70500492 - 24,08835696	4
Merah	24,08835696 - 40,6129303	5

Berdasarkan pembacaan peta LST diatas, dapat dilihat bahwa daerah Sembalun Lombok memiliki presentase suhu permukaan yang cukup tinggi, dibuktikan dengan sebagian besar area berwarna kuning sampai merah. Menurut penelitian Qiming Qin (2010), dengan judul *"Geothermal area detection using Landsat ETM+ thermal infrared data and its mechanistic analysis—A case study in Tengchong, China"*, diungkap bahwa terdapat korelasi antara struktur patahan atau lineament dengan distribusi anomali geothermal. Struktur patahan merupakan jalur untuk transmisi termal, dimana panas bawah tanah dapat ditransfer secara efisien

ke permukaan tanah dan terdeteksi sebagai anomali land surface temperature (LST) pada citra inframerah termal. Utamanya yaitu pada suhu 295,84 K atau 22,84°C. Dan sesuai dengan table 2, data menunjukkan bahwa suhu yang disebutkan didapati juga pada lapangan penelitian di WKP Sembalun, Lombok Timur ini.

Peta Topografi

Berdasarkan hasil pengolahan data DEM interpretasi morfologi gunung api yang terdekat dengan kawasan Sembalun, Lombok Timur, dapat diketahui bahwa pada daerah penelitian ini berada pada rentang ketinggian dari 172 m di atas permukaan laut (dpl), sampai 3712 mdpl. Area tertinggi ditunjukkan warna merah dan dizonasi sebagai kawasan puncak Gunung Rinjani. Sebaliknya, yang terendah ada di ketinggian estimasi 172 mdpl yang mana disimbolkan oleh daerah berwarna hijau tua, atau terletak di kawasan pantai Kabupaten Lombok Timur.

**Gambar 4.** Peta Topografi hasil olah DEM, Sembalun, Lombok Timur

Dari gambar 4, dapat diklasifikasi Verstappen (1983) bentuk lahan yang terlihat dari struktur yang terbaca pada peta topografi.

1. **Kepundan atau Kawah;** yaitu depresi melingkar di muka tanah karena aktifitas vulkanik. Biasanya berupa cekungan, pada gambar disimbolkan warna jingga tak berstruktur, yang merupakan ujung lubang angin tempat magma keluar dalam bentuk lava maupun gas.
2. **Komplek kerucut gunung api;** adalah kawasan gunung api sekunder. Pada peta diinterpretasikan bahwa kerucut terdapat di timur kawasan puncak

gunung Rinjani terletak di antara puncak dan lereng.

3. **Pegunungan aliran piroklastik;** yaitu bagian yang dapat dilihat dari litologi (batuan) penyusun pegunungan berdasarkan peta geologi lembar Lombok, Nusa Tenggara Barat serta penyelidikan aliran awan panas (piroklastik) yang cenderung melewati daerah rendah. Litologi Gunung Rinjani sesuai peta geologi terlampir, tersusun atas batuan lava, breksi, dan tuff. Diikuti kawasan di sekelilingnya yaitu Formasi Lekopiko, yang batuanannya tersusun atas tuff batuapung, breksi

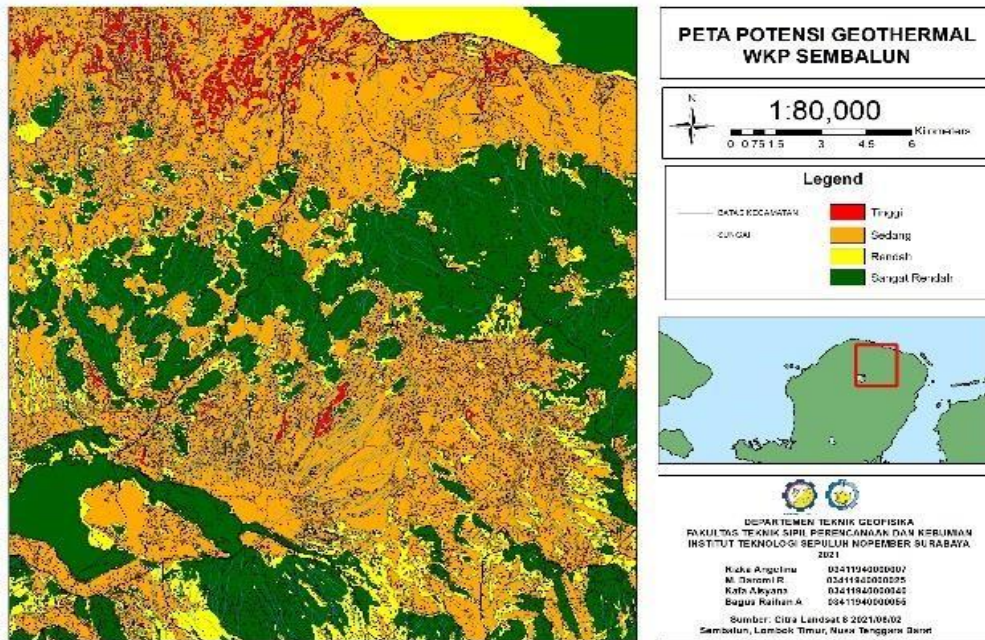
lahar dan lava. Melihat daerah dengan anomali ketinggian (lebih rendah) tampak di sebelah utara kawah, maka dapat diketahui pelepasan panas kemana diperkirakan akan mengalir.

4. **Lereng gunung api;** adalah wilayah dengan kemiringan yang tampak jelas dan posisinya lebih menjulang dari kawah.
5. **Kaki gunung api;** yaitu kawasan yang letaknya berada di paling bawah dengan visualisasi permukaan yang sudah tampak halus. Pada gambar 4, peta

topografi daerah penelitian menunjukkan bahwa kaki gunung cenderung banyak di selatan gunung Rinjani. Hal ini dapat disebabkan adanya aktifitas manusia (Sukendar, 2016).

Pemetaan Potensi Panas Bumi

Peta potensi geothermal WKP Sembalun terlihat pada gambar 5. Gambar tersebut didapatkan setelah diaplikasikan data format .shp sungai dan batas kecamatan, serta diterapkan *overlaying* dua peta yang sebelumnya diolah; peta NDVI dan peta LST.



Gambar 5. Peta Potensial Geothermal Sembalun, Lombok Timur

Melihat dari data dua peta sebelumnya, hubungan antara NDVI dan LST tidak menunjukkan hubungan yang signifikan, tetapi masih terkait. Berdasarkan legendanya, maka daerah potensial panas bumi di Sembalun dapat diklasifikasikan ke dalam 4 kelas yang berbeda. Klasifikasi pertama, adalah kawasan berpotensi tinggi yang diwarnai merah pada gambar 5. Letaknya ada di utara puncak dan kawah Gunung Rinjani, dan sedikit di kawasan dekat kompleks kerucut gunung api. Secara keseluruhan, dominasi peta diwarnai jingga yang mengindikasikan level potensial panas sedang. Sedangkan yang terbanyak kedua, adalah daerah dengan warna hijau yang mana masuk levelisasi daerah dengan potensial sangat rendah. Dan warna kuning yang letaknya banyak berada di antara kawasan berwarna jingga dan hijau, diinterpretasikan sebagai kawasan dengan potensial rendah.

Penjelasan sebagaimana di atas, dapat dijabarkan karena ditemukannya lokasi kawasan manifestasi yang ditandai oleh

keberadaan kawah (gambar 4), sebaran suhu panas dari citra inframerah termal yang mencapai suhu anomali rujukan (gambar 3), dan kecenderungan daerah penelitian dengan karakteristik vegetasi dari yang jarang ke kerapatan lebih (gambar 2). Didukung dengan keberadaan aliran sungai baik di atas maupun bawah permukaan tanah yang meliputi sebagian besar peta potensi geothermal seperti pada gambar 5. Serta, deskripsi litologi penyusun kawasan penelitian mendukung kemungkinan adanya potensial panas bumi, yaitu batuan tuff lahar dan lava, misalnya.

Secara ringkas, jika pada peta NDVI diprediksi bahwa kawasan dengan potensial panas bumi yang cukup diwarnai kuning, artinya letaknya mengitari kawasan gunung api dan dominan ke arah utara. Sementara peta LST menunjukkan suhu yang tinggi diwarnai merah letaknya terlihat di sekitaran puncak dan utara wilayah penelitian, serta peta topografi menunjukkan adanya indikasi gunung aliran piroklastik dengan arah rendahan di antara ketinggian ada di utara

kawah Gunung Rinjani, maka dapat ditarik benang merah bahwa peta potensial panas bumi ini cukup relevan untuk digunakan. Didukung pernyataan bahwa di daerah Sembalun terdapat sesar-sesar yang sebagiannya mendorong dan mengontrol terjadinya manifestasi panas bumi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan menerapkan Sistem Informasi Geospasial (SIG), di daerah Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, NTB terpetakan 4 level potensi panas bumi, yaitu berpotensi tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah. Dengan dominasi area bervegetasi jarang ke rapat pada NDVI dan sebaran suhu permukaan dari 0,095047°C hingga 40,6129°C ditunjukkan peta LST, dengan level tertinggi dimulai dari 24,088°C. Peta topografi mendukung analisis dengan mendeskripsikan keberadaan kawah dan aliran piroklastik yang juga telah disesuaikan dengan litologi pada peta geologi lembar Lombok, NTB, peta geologi daerah Sembalun yang menunjukkan adanya struktur pendukung manifestasi panas bumi. Hasil interpretasi pada penelitian ini dirasa cukup relevan untuk digunakan sebagai bahan investigasi awal bagian dari survey pendahuluan, dan belum cukup untuk merekomendasikan daerah pencaangan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Perlu dilakukan studi lebih lanjut, dengan survey yang dilakukan minimal memenuhi survey Geologi, Geofisika, Geokimia, dan studi perencanaan system panas bumi, pembangunan, dan sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Bapak M. Singgih Purwanto sebagai dosen pembimbing, karena telah membantu dan mengarahkan hingga terselesaikannya penyusunan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

Amalisana, Birohmatin. 2017. Penentuan Potensi Panas Bumi Menggunakan Landsat 8 dan Hubungannya dengan Kondisi Geologi Gunung Lawu.

Delarizka, A., Sasmito, B. dan Hani'ah, 2016. Analisis Fenomena Pulau Bahang (Urban Heat Island) Di Kota Semarang Berdasarkan Hubungan antara Perubahan Tutupan Lahan Dengan Suhu Permukaan Menggunakan Citra Multi Temporal Landsat. Semarang: Jurnal Geodesi UNDIP Vol.5, No.4

Ermanto, S. A., Maryanto S., dan Susilo A. (2017). Penentuan Suhu Permukaan Tanah Kawah Wurung – Ijen Jawa Timur Menggunakan Citra Landsat 8 Sebagai

Studi Pendahuluan Dalam Survei Eksplorasi Panas Bumi. Natural B, Vol.4, No.1, hlm 53-54.

Fahwari, N., Yanuarsyah, I., & Hudjimartsu, S. A. (2019). Hubungan Suhu Permukaan Tanah Dengan Zona Rawan Longsor Menggunakan Land Surface Temperature. SEMNATI 2019, 366-371.

Hadi, Moch N., Anna Y., Edi S. & Herry S. 2007. Survei Panas Bumi Terpadu (Geologi, Geokimia, Geofisika) Daerah Sembalun, Kabupaten Lombok Timur – NTB. Pusat Sumber Daya Geologi

Hung, T. 2000. MODIS Application in Monitoring Surface Parameters. Institute of Industrial Science. Tokyo: University of Tokyo.

Manyoe, I. N. (2016). Model inversi data geolistrik untuk penentuan lapisan bawah permukaan daerah panas bumi Bongongoayu, Gorontalo. Jurnal Saintek, 8(4), 358-371.

Novita, D. (2017). Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Model) Dari Lidar (Light Detection and Ranging) Dan Foto Udara Dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. Tugas Akhir – RG141536, 27-30.

Purwanto, T. H. (2015). Digital Terrain Modelling. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Risa Bruri Utami. 2019. Analisis Rekomendasi Daerah PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) Menggunakan Sistem Informasi Geografis. Jurnal Geodesi Undip. 8(1). 408-417.

Sukendar, Putri M., Bandi Sasmito & Arwan Putra W. 2016. Analisis Sebaran Kawasan Potensial Panas Bumi Gunung Salak dengan Suhu Permukaan, Indeks Begetasi, dan Geomorfologi. Jurnal Geodesi Undip. 5(2). 66-75.

Sundhoro, Herry. Kasbani, Anna Y., dan M. Nur Hadi. 2007. Penyelidikan Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Sembalun, Kabupaten Lombok Timur – Nusa Tenggara Barat. Pusat Sumber Daya Geologi

Tempfli, K. 1991. DTM and Differential Modelling. Proceeding ISPRS and OE EPE Joint Workshop on 51 Updating Digital Data by Photogrammetric Methods 15-17 September 1991 Oxford, England:193-200.

Udin, W. (2019). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Untuk Identifikasi Sebaran Kerapatan Vegetasi Di Pangandaran. Jurnal Geodika. e-ISSN: 2549-1830 Volume 3, Nomor 2, Halaman: 90 - 101.