

ANALISIS DISTRIBUSI TEMPERATUR PERMUKAAN TANAH DI WILAYAH POTENSI PANAS BUMI DI SEKITAR SESAR PALU KORO MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH

Gregorius Siga, Cyrke Bujung, Jeilen Gabriela Nusa
Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Manado
email: orisgregorius2@gmail.com

ABSTRAK. Sebagai salah satu negara yang berada pada wilayah tropis Indonesia dianugerahi sumber daya energi yang bervariasi salah satunya adalah energi panas bumi. Adanya sumber panas bumi di permukaan tercermin dari munculnya manifestasi ke permukaan bumi, yaitu mata air panas, fumarol dll. Penelitian ini mendeskripsikan distribusi temperatur permukaan tanah untuk mengetahui besar temperatur permukaan dan arah bukaan temperatur permukaan tanah di sekitar Sesar Palu Koro Sulawesi Tengah. Penelitian ini menggunakan metode penginderaan jauh dengan dengan saluran infra merah termal yang direkam pada tahun 2015, 2017, 2018, 2019 dan 2020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur permukaan tanah di wilayah potensi panas bumi berkisar $31,5501^{\circ}\text{C}$ - $38,8913^{\circ}\text{C}$, dan arah bukaan temperatur berada di daerah Barat Laut hingga ke Barat Daya sampai ke arah Timur dan semakin mendekati Sesar Palu Koro.

ABSTRACT. As one of the countries in the tropical region, Indonesia is blessed with various energy resources, one of which is geothermal energy. The existence of geothermal sources on the surface is reflected in the appearance of manifestations to the earth's surface, namely hot springs, fumaroles, etc. This study described the distribution of soil surface temperature to determine the surface temperature and the direction of the surface temperature opening around the Palu Koro Fault, Central Sulawesi. This study used remote sensing methods with thermal infrared channels recorded in 2015, 2017, 2018, 2019, and 2020. The results showed that the ground surface temperature in the geothermal potential area ranges from $31,5501^{\circ}\text{C}$ - $38,8913^{\circ}\text{C}$, and the direction of the temperature opening is in the northwest to the southwest to the Southeast and is getting closer to the Palu Koro Fault.

Kata Kunci: Temperatur Permukaan, Panas Bumi, Penginderaan Jauh, dan Sesar Palu Koro

Keywords: Surface Temperature, Geothermal, Remote Sensing, and Fault Palu Koro

PENDAHULUAN

Sulawesi Tengah adalah salah satu daerah yang memiliki potensi sumber energi panas bumi, yang ditandai dengan keberadaan sesar Palu Koro yang membuat beberapa daerah yang dilalui sesar ini terdapat adanya potensi panas bumi. Potensi panas bumi ini pernah diteliti oleh beberapa peneliti terdahulu salah satunya yaitu (Suryantini dan H. Wibowo, 2010) dengan menggunakan metode (FFD) pada eksplorasi panas bumi non vulkanik di Pulau Sulawesi, dengan daerah yang dikaji berada pada daerah Pulu dimana geomorfologi daerah ini didominasi oleh dataran tinggi, batuan granit dan sekis yang berada pada bagian barat Sesar

Palu Koro. Meskipun panas bumi pada umumnya berasosiasi dengan sistem vulkanik namun adapula sebagian besar panas bumi yang berasosiasi dengan sistem non-vulkanik, diantaranya yang terdapat di sekitar sesar Palu Koro yang secara administrasi berada di Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah (Ari Wibowo dkk, 2015). Salah satu yang menjadi fokus penelitian yaitu distribusi temperatur permukaan tanah yang berada di daerah sekitar sesar Palu Koro serta arah bukaan temperatur permukaan tanah. Struktur geologi sesar Palu Koro termasuk dalam mekanisme pergerakan mendatar mengiri (*sinistral strike slip*). Sesar ini membelah pulau Sulawesi dari Teluk Palu

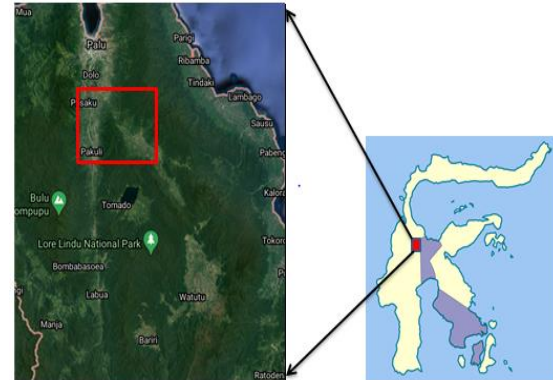
hingga Teluk Bone menjadi dua bagian yaitu bagian blok barat dan blok timur. Ada beberapa segmentasi sesar Palu Koro dengan panjang 15 hingga 59 km. Adapun nama beberapa segmen tersebut segmen Palu di Utara, segmen Saluki, segmen Moa, dan segmen Meloi di Selatan. Diselatan ujung sesar ini bertemu dengan jalur sesar Matano yang melintasi wilayah Soroako dan selanjutnya menerus ke laut. Sedangkan di utara, sesar Palu Koro melintasi Teluk Palu dan menerus ke selat Makasar sehingga diperkirakan bertemu Palung Sulawsi Utara (*north Sulawesi Trench*). Zona sesar ini memiliki laju pergeseran sangat cepat sekitar 4 cm per tahun. Sesar Palu Koro dikenal sebagai salah satu sesar paling aktif jika dibandingkan dengan sesar regional lainnya. Secara tektonik sesar Palu Koro terbentuk sebagai reaksi terhadap tekanan yang timbul dari benturan dengan benua kecil (*microkontinen*) Banggai Sula yang bergerak merengsek ke arah barat di mana pulau Sulawesi berada. Dorongan Banggai Sula ini menjadi pembangkit utama aktifnya sistem sesar regional di wilayah ini.

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya tanpa sentuhan fisik. (Faridah dkk. 2014). Teknologi penginderaan jauh dalam bidang eksplorasi energi panas bumi dapat digunakan untuk memetakan distribusi temperatur permukaan tanah yang dapat berasosiasi dengan manifestasi permukaan bumi. Anomali spektral reflektansi dari manifestasi permukaan panas bumi terjadi pada saluran dengan panjang gelombang di bawah $0,7\mu\text{m}$ (Bujung, C.A.N., dkk, 2011).

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu penginderaan jauh dengan tujuan untuk memperoleh distribusi temperatur permukaan serta arah bukaan temperatur di sekitar sesar Palu koro. Melalui data citra landsat, dapat dianalisis distribusi temperatur permukaan tanah serta arah bukaan temperatur di suatu daerah (Bujung, C.A.N., et al., 2019) Penginderaan jauh juga tidak hanya memetakan objek di permukaan bumi, tetapi dapat mengungkap fenomena bumi yang tidak dapat ditangkap langsung oleh mata manusia misalnya, dengan menggunakan algoritma tertentu, penginderaan jauh dapat menentukan distribusi spasial nilai temperatur permukaan di beberapa area. Penginderaan jauh juga sering digunakan untuk eksplorasi panas bumi tahap

awal dengan hasil hasil yang diinterpretasikan dalam bentuk peta sehingga calon pengembang panas bumi dapat dengan mudah mengakses lokasi panas bumi.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan penelitian terletak di Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah di sekitar sesar Palu Koro dengan metode yang di gunakan pada penelitian ini yaitu penginderaan jauh dengan data citra landsat 8 TIRS yang di peroleh dari situs resmi milik LAPAN yang terekam pada tahun 2015, 2017, 2018, 2019 dan tahun 2020. Citra landsat 8 TIRS memiliki dua band thermal infrared yaitu band 10 dan band 11, namun yang digunakan pada penelitian ini hanya band thermal infrared 10 dimana band ini lebih baik dibandingkan dengan band 11 dalam mengidentifikasi anomali termal yang disebabkan oleh manifestasi panas bumi. Setelah di peroleh data citra selama 5 tahun data ini kemudian di clipping extent untuk membatasi wilayah yang di dalam hal ini hanya daerah sekitar sesar Palu Koro, Provinsi Sulawesi Tengah. Setelah melakukan clipping extent langkah selanjutnya yaitu melakukan koreksi geometris dan radiometrik. Berdasarkan Hukum Wien Shift, benda dengan kondisi termal berbeda memancarkan panjang gelombang yang berbeda pula. Maka melalui radiasi suhu permukaan dapat diketahui dengan melakukan pengolahan data di software Quantum Gis (QGIS) dengan menggunakan persamaan (1).

$$L_{\lambda} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{calmax}} - Q_{\text{calmin}}} (Q_{\text{cal}} - Q_{\text{calmin}}) + L_{\min} \quad (1)$$

dengan:

L_{λ} = Radiansi spektral [$\text{W}/(\text{m}^2\text{sr}^{-1}\mu\text{m})$]

$L_{\max}$ = Radiansi spektral yang diskalakan terhadap Q_{calmax} [$\text{W}/(\text{m}^2\text{sr}^{-1}\mu\text{m})$]

$L_{\min}$ = Radiansi spektral yang diskalakan

Q_{cal} = Nilai digital

$Q_{cal_{max}}$ = Nilai piksel terkalibrasi maksimum

$Q_{cal_{min}}$ = Nilai piksel terkalibrasi minimum

Radiasi gelombang elektromagnetik yang sampai di permukaan akan dipancarkan dan diterima oleh sensor. Satelit tidak hanya menangkap panjang gelombang termal saja. Panjang gelombang nontermal juga akan ikut diterima oleh satelit. Pada dasarnya, masing-masing panjang gelombang memiliki radiasi spektral panjang gelombang termal, maka temperatur pada satelit dapat dihitung. Konversi nilai radiasi spektral ke nilai temperatur satelit efektif dapat dihitung melalui persamaan (2):

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

dengan:

T_s = temperatur satelit efektif

K_1 = konstanta kalibrasi = 774,89

K_2 = konstanta kalibrasi = 1321,08

L_λ = radiansi spektral [$W/(m - 1\mu m)$]

Nilai suhu satelit adalah nilai yang belum dikalibrasi oleh faktor atmosfer sehingga belum dapat merepresentasikan nilai suhu permukaan. Tetapi nilai temperatur satelit diperlukan untuk mendapatkan nilai temperatur permukaan. Oleh karena itu, setelah diperoleh nilai temperatur satelit maka dilakukan koreksi tingkat emisivitas sehingga didapat temperatur permukaan. Koreksi emisivitas dilakukan dengan persamaan (3):

$$T_p = \varepsilon^{-\frac{1}{4}} \cdot T_s \quad (3)$$

T_p = temperatur permukaan (Kelvin)

T_s = temperatur satelit efektif

ε = konstanta emisivitas = 0,95

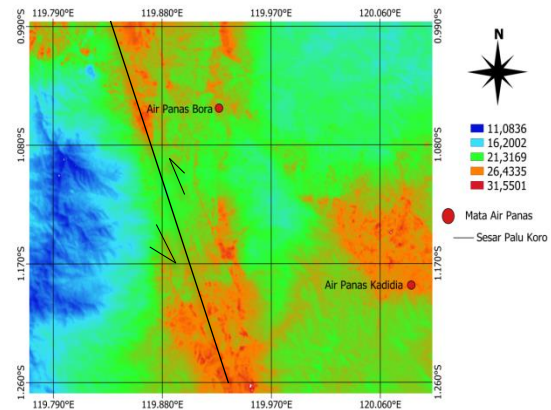
Nilai temperatur permukaan di atas masih dalam satuan Kelvin maka perlu diubah menjadi Celcius dengan persamaan berikut:

$$TPC = (T_p - 273) \quad (4)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

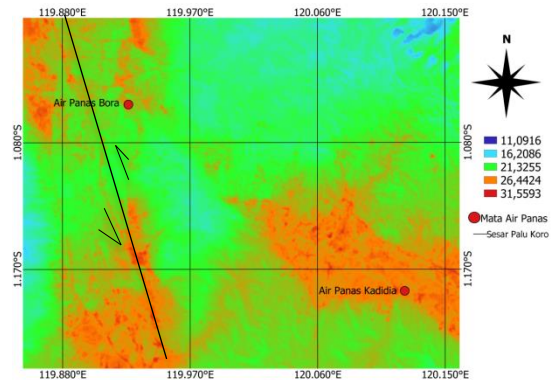
Temperatur Permukaan

Temperatur permukaan dihitung dengan persamaan 1 sampai dengan 4. Dari pengolahan data citra satelit pada aplikasi QGIS dengan menggunakan persamaan tersebut telah didapat nilai distribusi temperatur permukaan sesuai dengan hasil pemetaan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 6.



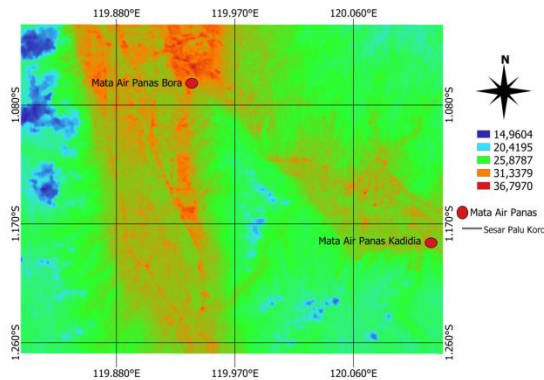
Gambar 2. Peta Sebaran Temperatur Permukaan Tahun 2015

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa temperatur permukaan tanah tertinggi berada di sekitar 31,5501°C. temperatur tertinggi berada di bagian barat laut hingga Barat Daya serta dibagian Timur sekitar sesar palu koro. Untuk temperatur terendah berada di bagian Barat dengan temperatur sekitar 11,0836°C. dapat dilihat juga bahwa semakin rendah temperatur maka warna pada peta mendekati biru. Sedangkan untuk temperatur permukaan yang berada di sekitar manifestasi air panas Bora sebesar 27°C dan Kadidia sebesar 29°C.



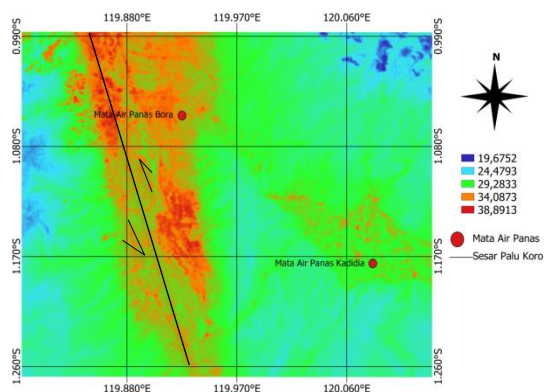
Gambar 3. Peta Sebaran Temperatur Permukaan Tahun 2017

Pada Gambar 3, dapat dilihat bagaimana temperatur permukaan tanah sekitar sesar palu koro pada tahun 2017 tidak mengalami perubahan dari tahun sebelumnya. temperatur tertinggi berada di sekitar 31,5593°C yang sebelumnya pada tahun 2015 temperatur tertinggi berada pada 31,5501°C. temperatur terendah 11,0916°C yang berada di bagian Timur Laut Sesar Palu Koro. Sedangkan untuk temperatur permukaan yang berada di sekitar manifestasi air panas Bora sebesar 26°C dan Kadidia sebesar 27°C.



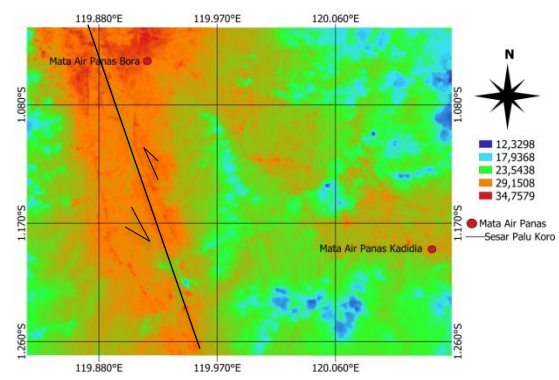
Gambar 4. Peta Sebaran Temperatur Permukaan Tahun 2018

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa temperatur permukaan tanah tahun 2018 mengalami peningkatan yang cukup tinggi dari dua tahun sebelumnya di mana temperatur tertinggi berada pada 36,7970°C yang sebelumnya pada tahun 2015 dan 2017 masing-masing sebesar 31,5501°C dan 31,5593°C. Sedangkan untuk temperatur permukaan yang berada di sekitar manifestasi air panas Bora sebesar 34°C dan Kadidia sebesar 30°C.



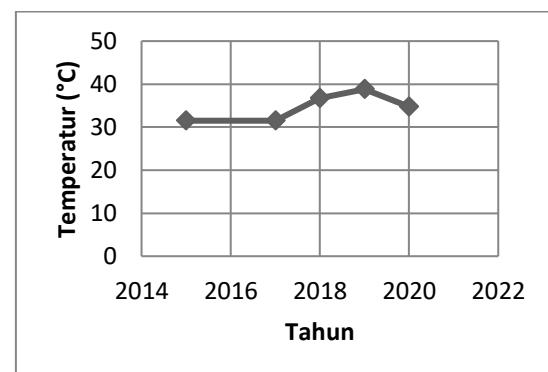
Gambar 5. Peta Sebaran Temperatur Permukaan Tahun 2019

Pada Gambar 5, dapat dilihat bahwa temperatur permukaan tanah di sekitar sesar palu koro mengalami kenaikan yang cukup signifikan dari tiga tahun sebelumnya dimana temperatur tertinggi berkisar antara 38,8913°C, di mana pada tahun sebelumnya 2015 sebesar 31,5501°C, tahun 2017 sebesar 31,5593°C dan tahun 2018 sebesar 36,7970°C. Sedangkan untuk temperatur permukaan yang berada di sekitar manifestasi air panas Bora sebesar 34°C dan Kadidia sebesar 33°C.



Gambar 6. Peta Sebaran Temperatur Permukaan Tanah tahun 2020

Pada Gambar 6, temperatur permukaan tanah tahun 2020 di sekitar Sesar Palu Koro dapat di lihat temperaturnya mengalami penurunan yang cukup signifikan dari tahun sebelumnya dimana temperatur tertingginya sekitar 34,7579°C, sedangkan temperatur tahun sebelumnya yaitu tahun 2019 sebesar 38,8913°C. Sedangkan untuk temperatur permukaan yang berada di sekitar manifestasi air panas Bora sebesar 31°C dan Kadidia sebesar 33°C. Gambar grafik temperatur permukaan di lihat pada gambar 7 grafik dibawah ini.



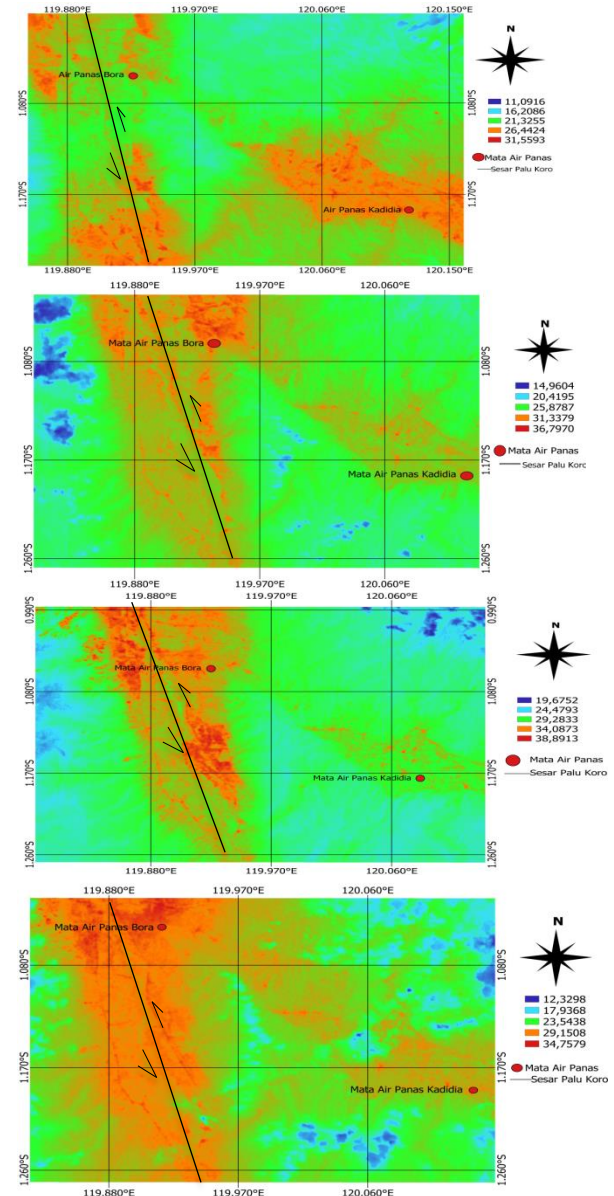
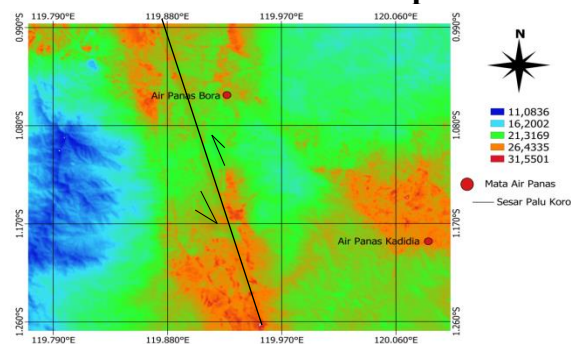
Gambar 7. Grafik Temperatur Permukaan Dari Tahun 2015-2020

Pada peta distribusi temperatur permukaan tanah di sekitar Sesar Palu Koro yang telah dikaji yaitu pada tahun 2015, 2017, 2018, 2019, dan tahun 2020. Dapat dilihat bahwa temperatur permukaan tanah yang di dapat dari citra *Landsat* berubah-ubah setiap tahunnya. Perubahan temperatur dapat ditandai dari adanya perubahan warna, dimana warna merah menunjukan temperatur tertinggi sedangkan warna biru menunjukan temperatur terendah. Dapat dilihat juga temperatur yang tinggi berada di dekat pemukiman dimana juga

terdapat manifestasi air panas Bora dan Kadidia hal ini disebabkan oleh Sesar Palu Koro yang letaknya pada daerah pemukiman, sedangkan temperatur terendah berada pada bagian Barat dan bagian Timur laut dimana terdapat vegetasi yang padat. Perubahan temperatur permukaan tanah ini cukup mengalami perubahan yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2015-2019 distribusi temperatur permukaan tanah terus mengalami kenaikan namun pada tahun 2020 distribusi temperatur mengalami penurunan. Dapat dilihat pula temperatur permukaan tanah di daerah sekitar Sesar Palu Koro yang tertinggi terdapat pada tahun 2019 mencapai 38,8913°C. Temperatur permukaan tanah wilayah penelitian dari tahun ke tahun dapat dilihat pada gambar grafik 7.

Berdasarkan pada grafik 7. di atas menunjukkan bahwa dari tahun ke tahun temperatur permukaan tanah mengalami perubahan. Dimana temperatur tertingginya yaitu 38,8°C dan terendah sebesar 31,5°C. Pada tahun 2015 temperaturnya sebesar 31,5°C, kemudian pada tahun 2017 temperaturnya sebesar 31,5°C, pada tahun 2018 terjadi kenaikan temperatur dari dua tahun sebelumnya yaitu sebesar 36,7°C, selanjutnya terjadi lagi kenaikan temperatur pada tahun 2019 dari tiga tahun sebelumnya sebesar 38,8°C, dan pada tahun 2020 sebesar 34,7°C, temperatur pada tahun ini kembali mengalami penurunan dari tahun sebelumnya. Dilihat dari grafik di atas juga dapat dikatakan bahwa temperatur permukaan tanah dari tahun 2015 – 2019 terus mengalami kenaikan yang cukup signifikan namun pada tahun 2020 mengalami penurunan kembali.

Perkiraan Arah Bukaian Temperatur



Gambar 8. Overlay Temperatur permukaan Dari Tahun 2015-2020

Pada Gambar di atas dapat dilihat bahwa dari kelima peta sebaran temperatur permukaan tanah ditiap tahun berada di daerah yang berwarna orange hingga mendekati merah dan di sekitarnya terdapat daerah yang berwarna merah, tepatnya dibagian Barat Laut sampai ke Barat Daya dan sebagian di Timur di sekitar Sesar Palu Koro. Hal ini dapat menjadi alasan dalam penentuan arah bukaian temperatur permukaan tanah. Dapat dilihat pada gambar 8. daerah yang memiliki warna merah atau temperatur tinggi berada di bagian Barat Laut hingga Barat Daya sampai ke bagian Timur, bahkan pada tahun 2019 tepatnya di bagian Barat Laut dan Barat Daya hingga ke bagian Timur terdapat daerah yang berwarna merah

yang menandakan bahwa daerah ini bertemperatur tinggi. Dapat dilihat juga bahwa arah bukaan temperatur permukaan tanah mendekat ke arah Sesar Palu Koro bahkan mengikuti arah sesarnya dimana sesar ini memanjang Dari arah Barat Laut Hingga ke Arah Tenggara, akibat sesar yang aktif ini membuat beberapa daerah yang di laluhi menyebabkan batuan di sekitarnya memiliki permeabilitas yang sangat tinggi. Pergerakan sesar ini juga menghasilkan energi yang memanaskan batuan disekitarnya sehingga muncul beberapa mata air panas diantaranya mata air panas Bora dan Kadidia. Sesar ini mengontrol fluida panas dalam reservoir untuk mengalir ke permukaan, dengan sesar ini juga menjadi sumber reservoir. Hal ini dapat dilihat juga dari kondisi geologi daerah sesar di mana terdapat batuan magmatik potassic cal-alkaline berusia akhir Miosen yang terdapat di bagian kiri kiri bentangan zona sesar Palu Koro, dimana batuan granit ini berkolerasi dengan dengan subduksi microcontinent Banggai-Sula dengan Pulau Sulawesi pada pertengahan Miosen. Berdasarkan aspek petrografi, batuan granit berumur Neogen tersebut dikelompokkan menjadi tiga kelompok mulai dari yang paling tua hingga muda, diantaranya yaitu KF-megacrystal bantalan granit yang kasar (Granitoid-C) yang tersebar dibagian Utara dan selatan Palu Koro, batuan granit medium (granitoid-B) yang terdapat di daerah pusat Palu-Kulawi dan fine and biotite-poor granitoid (Granitoid-A).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Distribusi temperatur permukaan tanah yang berhubungan dengan potensi panas bumi di Sekitar Sesar Palu Koro berkisar antara $31,5501^{\circ}\text{C}$ - $38,8913^{\circ}\text{C}$.
2. Arah bukaan distribusi temperatur permukaan tanah di sekitar sesar palu koro berada di daerah Barat Laut hingga Barat Daya sampai ke bagian Timur dan semakin mendekati sesar palu koro bahkan mengikuti arah sesar.

DAFTAR PUSTAKA

Bujung C. A. N., Donny R. Wenas., (2019). *Analysis of Lateral Heat Flow of Surface Geothermal Manifestation Based on Temperature Distribution in Pine Forest Park, Tomohon North Sulawesi*. International Journal of

Recent Technology and Engineering (IJRTE). Volume-8 Issue - IS, Mei 2019.

Bujung C. A. N., Singarimbun, A., Muslim, D., Hirmawan, F., dan Sudrajat, A. (2011). *Analisis Data Multispektral Untuk Identifikasi Potensi Panas Bumi*. Bionatura – Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik. Vol. 13, No1, Maret 2011:8 -15

Faridah Sri Ana Nur., Agus Krisbiantoro., (2014). *Analisis Distribusi Temperatur Permukaan Tanah Wilayah Potensi Panas Bumi Menggunakan Teknik Pengindraan Jauh di Gunung Lamongan, Tiris-Probolinggo, Jawa Timur*. Jurnal Berkala Fisika Vol. 17, No. 2, April 2014, hal 67-72.

Suryantini, Hendro H. Wibowo., (2010). *Aplication of Fault and Fracture Density (FFD) Method for Geothermal Exploration in Non-Volcanic Geothermal System; a Case Study in Sulawesi-Indonesia*. Jurnal Geoaplika Volume 5, Nomor 1, hal. 027 – 037

Wibrowo Andri Eko Ari, Mochamad Nurhayadi, Yuanno Rezky, Dudi Hermawan, Dede Lim Setiawan., (2015). *Penentuan Kesamaan Reservoar Sistem Panas Bumi Kadidia dan Kadidia Selatan Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah Berdasarkan Metode Geokimia*. Makalah Ilmiah, Buletin Sumber daya Geologi Volume 10 Nomor 2 – 2015.