



IDENTIFIKASI ZONA PROSPEK PANAS BUMI MENGGUNAKAN *DIGITAL ELEVATION MODEL* DENGAN METODE DENSITAS KELURUSAN DAN TEMPERATUR SUHU PERMUKAAN DI DAERAH SEULAWAH, PROVINSI ACEH

IDENTIFICATION OF GEOTHERMAL PROSPECT ZONE USING DIGITAL ELEVATION MODEL WITH LINEAMENT DENSITY AND LAND SURFACE TEMPERATURE METHOD IN SEULAWAH, ACEH PROVINCE

Audi Farhan¹ Agus Didit Haryanto¹, Johanes Hutabarat¹, Muhammad Ronggour Pardamean Siahaan¹
¹ Program Studi Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran
e-mail : audi16001@unpad.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini, daerah yang diteliti adalah potensi panas bumi di daerah Seulawah, Provinsi Aceh. Penelitian ini dilakukan menggunakan teknik penginderaan jauh dalam mengetahui zona prospek panas bumi tahap awal. Dengan menggunakan data citra DEMNAS untuk mengetahui denistas kelurusan daerah penelitian yang diasumsikan nilai densitas tinggi merupakan zona permeabel yang memungkinkan munculnya manifestasi ke permukaan. Serta data citra Landsat 8 untuk mengetahui kerapatan vegetasi dan suhu permukaan tanah pada daerah penelitian yang nantinya digunakan untuk mendapatkan anomali temperatur permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona prospek pada daerah penelitian berada pada daerah Timur dari manifestasi le Suum dengan memiliki densitas kelurusan yang tinggi, suhu permukaan sedang sampai tinggi pada kerapatan vegetasi rapat sampai sedang dengan estimasi luas reservoir 1.55 km².

Kata kunci: Panas bumi, Penginderaan Jauh, Gunung Seulawah Agam, Suhu permukaan, Densitas Kelurusan

ABSTRACT

In this study, the area studied is geothermal potential in the Seulawah area, Aceh Province. This research was conducted using remote sensing techniques to determine the early stage geothermal prospect zone. By using DEMNAS image data to determine the straightness density of the study area, it is assumed that the high density value is a permeable zone that allows the appearance of manifestations to the surface. As well as Landsat 8 image data to determine vegetation density and soil surface temperature in the research area which will later be used to obtain surface temperature anomalies. The results showed that the prospect zone in the study area was in the eastern area of the manifestation of le Suum with a high straightness density, moderate to high surface temperature at dense to moderate vegetation density with an estimated reservoir area of 1.55 km².

Keywords: Geothermal, Remote Sensing, Mt. Seulawah Agam, Land Surface Temperature, Lineament Density

PENDAHULUAN

Latar Belakang Penelitian

Indonesia yang dipahami sebagai negara dengan berjuta sumber daya nyatanya juga memiliki kekayaan alam di bidang panas bumi yang belum banyak dieksplorasi. Bahkan data menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki sumber daya panas bumi terbesar di dunia. Bahkan data juga menunjukkan bahwa Indonesia sendiri memiliki 40% cadangan energi panas bumi atau *geothermal* di dunia. Bukan hanya itu saja, sumber daya panas bumi ini memiliki prospek yang positif untuk kemudian dikembangkan. Sayangnya di Indonesia sendiri pemanfaatan sumber daya panas bumi hanya berkisar sekitar 8,9%, data ini didapatkan dari Direktorat Panas Bumi.

Jika panas bumi dikonversikan menjadi daya listrik, maka disebutkan bahwa terdapat 23,9 *Giga Watt* (GW) yang tersedia per Desember 2019. Dengan itu, maka hanya terdapat 2.130,6 MW yang baru dimanfaatkan. Panas bumi yang dipahami sebagai proses transfer panas dari suatu tempat tertentu dalam kerak bumi menuju permukaan nyatanya memiliki banyak manfaat diantaranya adalah konversi energi panas bumi menjadi listrik yang berguna bagi kehidupan sehari-hari.

Untuk menganalisis dan menjawab pertanyaan penelitian lebih lanjut, peneliti menggunakan data citra DEMNAS untuk memahami densitas kelurusan daerah penelitian serta data citra Landsat 8 untuk mengetahui kerapatan vegetasi dan suhu permukaan tanah pada daerah penelitian. Dengan adanya sumber data yang mendukung, penelitian ini kemudian memberikan hasil berupa zona prospek yang dilengkapi dengan densitas kelurusan, suhu permukaan, dan kerapatan vegetasi.

Sebagai usaha untuk memaksimalkan potensi panas bumi sebagai salah satu

sumber energi, diperlukan proses eksplorasi dan eksploitasi pada daerah prospek panas bumi, salah satunya adalah daerah Seulawah Provinsi Aceh. Salah satu tahapan awal yang wajib dilakukan adalah pengindraan jauh. Pengindraan jauh dijelaskan sebagai metode dengan tujuan untuk mengidentifikasi karakteristik suatu objek di permukaan bumi tanpa harus melakukan peninjauan secara langsung. Usaha ini juga berkenaan dengan daerah prospek panas bumi yang sulit dijangkau sehingga pengindraan jauh akan bermanfaat bagi pencarian data lapangan.

Pengambilan data menggunakan pengindraan jauh didasarkan pada manifestasi permukaan yang dapat memprediksi potensi panas bumi. Manifestasi panas bumi dijelaskan sebagai kemunculan air, uap atau gas panas dari permukaan tanah bertemu bagian yang berporositas besar atau bagian yang permeabilitasnya kecil yaitu seperti rekahan atau struktur secara alami. Daerah panas bumi sendiri biasanya dicirikan dengan anomali permukaan suhu tanah yang dicurigai sebagai daerah keluarnya fluida panas ke permukaan (Wahyudi, 2015). Permeabilitas sebagai salah satu faktor kemunculan panas bumi dijadikan sebuah fokus dari penelitian ini untuk menentukan zona prospek berdasarkan *Lineament density*, *NDVI*, dan *LST*. Selain itu penentuan struktur dalam penelitian ini didasarkan pada penarikan kelurusan yang dijelaskan sebagai sebuah sesar, kekar atau garis lurus lainnya (Thannoun, 2013).

Pemilihan dari daerah Seulawah, Kabupaten Aceh ini didasarkan pada alasan bahwa daerah ini diprediksi memiliki sumber energi *geothermal* yang besar namun konsumsi daerah setempat masih menggunakan energi minyak bumi. Hal ini ditujukan pada salah satu sumber berita nasional yang menjelaskan bagaimana pemerintah Aceh mengelola minyak dan gas bumi di Blok B, Aceh Utara. PT Pembangunan Aceh (PEMA) menjadi pengelola utama yang sebelumnya berlaku

untuk Mobil Oil Berbeda halnya dengan pernyataan sumber lainnya yang menjelaskan bahwa sumber panas bumi di Aceh belum dapat dikelola pada 2017 sehingga menghasilkan krisis energi

Daerah penelitian difokuskan di daerah Seulawah, Kabupaten Aceh besar dengan koordinat $95^{\circ} 30'5''$ - $95^{\circ} 39'30''$ BT dan $5^{\circ} 35'45''$ – $5^{\circ} 26'0''$ LS. Alasan lainnya pemilihan daerah Aceh sebagai daerah penelitian adalah banyaknya mata air panas yang di antaranya adalah mata mata air panas le Suum, le Jue, le Brok, Kawah Ceumpaga, Kawah Van Heutzs dan sebagainya. Penelitian kali ini difokuskan pada mata air panas le Suum yang terletak pada bagian tengah atas daerah penelitian. Waktu penelitian sendiri dilakukan selama 6 bulan mulai dari Oktober 2020 – Maret 2021 dengan rincian kegiatan studi pustaka, analisis data dan kemudian penyusunan laporan.

Sebagai salah satu daerah dengan sumber energi panas bumi yang besar, penelitian ini diharapkan dapat menjadi arsip dan referensi data bagi pihak-pihak seperti pemerintah Aceh, pengelola energi di aceh atau penelti selanjutnya. Selain itu, dalam perkembangan ilmu geologi secara lang langsung, diharapkan penelitian ini dapat menambah wawasan keilmuan khususnya di bidang panas bumi dan pengindraan jauh dengan metode densitas kelurusan

Identifikasi Masalah Penelitian

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana *Lineament Density* pada lokasi penelitian?
2. Bagaimana kondisi kerapatan vegetasi dan sebaran suhu permukaan pada lokasi penelitian?
3. Bagaimana keterdapatan zona prospek panas bumi pada lokasi penelitian?

Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui zona panas bumi yang berkembang di lokasi penelitian. Sedangkan tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui zona lemah (struktur/rekahan) pada daerah penelitian.
2. Mengetahui kondisi kerapatan vegetasi dan sebaran suhu permukaan pada daerah penelitian.
3. Mengetahui pendugaan indikasi zona prospek daerah panas bumi tahap awal pada daerah penelitian.

Batasan Masalah Penelitian

Penelitian ini menitikberatkan pada penentuan daerah prospek panas bumi menggunakan metode penginderaan jauh, dengan melihat dari parameter Lineament density, NDVI, dan LST. Citra yang digunakan sesuai dengan metadata pada tabel 1.

Tabel 1. Metadata Landsat 8 dan Demnas

	LANDSAT 8	DEMNAS
NAME	LC08_L1TP_131056_20200928_20201007_01_T1	DEMNAS_0421_33, DEMNAS_0421_61
RESOLUTION	30M	0.27 arcsec (8M)
AUTHOR	https://earthexplorer.usgs.gov	https://tides.big.go.id/DEMNAS
DATUM	WGS 1984 UTM Zone	46 North Hemisphere

Sumber: Hasil Peneliti

dalam peng-aplikasiannya untuk mengetahui keterkaitan antara struktur yang berkembang di suatu daerah dengan kemunculan manifestasi.

METODOLOGI

Objek Penelitian, Alat & Perlengkapan

Dalam mengidentifikasi zona panas bumi, objek yang diteliti adalah citra Landsat 8

dan citra Demnas pada daerah Seulawah, Nanggroe Aceh Darussalam. Data tersebut diberlakukan untuk pembuatan peta LST, NDVI serta Lineament Density. Untuk dapat mendukung identifikasi zona panas bumi, beberapa alat dan perlengkapan yang diperlukan diantaranya laptop dan perangkat lunak Arcgis 10.6.1, Envi 5.1, Rockworks 16, Global Mapper dan Microsoft Office, Peta Geologi Regional Sebagian lembar Banda Aceh, Citra DEMNAS dan LANDSAT 8 serta literatur, buku, serta publikasi ilmiah yang menjadi bahan referensi dalam mengerjakan kegiatan penelitian.

Alur Penelitian

Terdapat tiga tahapan yang perlu dilakukan, di antaranya adalah tahap persiapan, tahap pengolahan data dan tahap penyusunan dan analisis laporan.

1. Tahap Persiapan; dijelaskan sebagai pengumpulan informasi mengenai daerah penelitian berkaitan dengan geologi daerah penelitian panas bumi dan hasil olahan data peta *Land Surface Temperature (LST)*, *Lineament Density* serta *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. Data yang kemudian terkumpul berupa Peta Geologi Regional sebagian lembar Banda Aceh dan data digital dari citra Demnas dan Landsat 8 daerah penelitian

2. Tahap Pengolahan Data; Dalam mengetahui informasi mengenai Lineament density, LST, dan NDVI, penelitian memanfaatkan software Arcgis 10.6.1 dan Envi 5.1. Lineament density dicari menggunakan *hillshade* dari citra Demnas agar dapat menampilkan relief permukaan daerah penelitian dalam penarikan kelurusan yang diasumsikan sebagai rekahan jalur fluida panas bumi. - Pengukuran LST bersumber dari citra Landsat 8 dengan kanal 10 dan 11. Setelah mengkonversikan citra Landsat ke digital number dan diberlakukan brightness temperatur dalam celcius atau suhu efektif yang ditangkap oleh citra satelit, tahapan yang perlu dilakukan adalah menghitung *Proportion of Vegetation* menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan :

NDVI_{min} = nilai NDVI terkecil

NDVI_{max} = nilai NDVI tertinggi

Perhitungan ini dilakukan untuk meminimalkan gangguan dari kondisi tanah yang lembab dan fluks energi permukaan. Selanjutnya diberlakukan rumus emisivitas permukaan sebagai berikut:

$$E = 0.004 \times PV + 0.986 \dots\dots\dots$$

Keterangan :

E = Emisivitas

PV = *Proportion of Vegetation*

0.004 = nilai rata-rata emisivitas vegetasi yang berkategori rapat

0.986 = nilai emisivitas standar lahan terbuka

Nilai emisivitas dilakukan untuk mengurangi kesalahan dalam estimasi suhu permukaan menggunakan citra satelit. Perhitungan yang dilakukan diolah dari Indeks vegetasi yang telah didapatkan. Selanjutnya tahap terakhir adalah pencarian LST menggunakan rumus berikut:

$$LST = \left(\frac{BT}{1} \right) + W(BT/14.380) \times \ln(E) \dots\dots\dots$$

Keterangan :

BT = Temperatur Kecerahan Satelit (°C)

W = Panjang Gelombang Radiasi

E = Emisivitas

LST sendiri kemudian diklasifikasikan dengan metode *Jenks natural breaks* untuk mengetahui kategorisasi kelas suhu yang dibagi menjadi empat; kelas suhu sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. - Sedangkan NDVI didapatkan dari data citra Landsat 8 dengan kanal 4 dan 5 dengan perubahan bentuk digital number ke spektral radian. Kemudian NDVI dicari menggunakan rumus berikut:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red} \dots\dots\dots$$

Keterangan :

NIR = Radiasi Inframerah dekat dari piksel

RED = Radiasi Cahaya Merah dari piksel

Seperti halnya LST, NDVI juga diklasifikasikan dengan metode *Jenks natural breaks* dengan kategorisasi tiutupan lahan sangat jarang, jarang, sedang, dan tinggi. Sebagai tahapan yang paling penting, prospek panas bumi kemudian diidentifikasi lewat 3 perhitungan tersebut dengan keterdapatan manifestasi panas bumi yang muncul di daerah penelitian.

3. Tahap Penyusunan dan Analisis Laporan; tahap ini terdiri dari penyusunan peta tematik berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data.

GEOLOGI

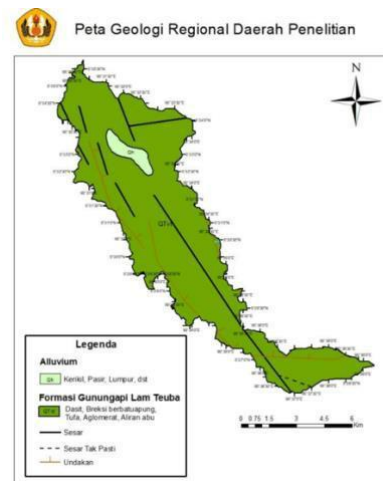
Fisiografi Regional

Secara umum, Fisiografi Aceh Besar dan sekitarnya disebutkan sebagai Cekungan Krueng Aceh atau Lembang Krueng Aceh (Farr dan Djaeni, 1975 dalam Ploethner dan Siemon, 2005). Di sebelah barat dibatasi oleh sesar Sumatera atau Sesar Aceh yang juga terdapat pegunungan kompleks Bukit Barisan yang tersusun oleh batuan Tersier dan Pra-tercier (Barber dan Crow, 2005 dalam Ploethner dan Siemon, 2005). Sedangkan di sebelah timur dibatasi oleh perbukitan yang terdiri dari batuan Pliosen sampai Plistosen yang berasal dari Gunung Api Seulawah (Iwaco, 1993 dalam Ploethner dan Siemon, 2005) yang juga terbentang sesar Seulimeum di dalamnya (Barber dan Crow, 2005 dalam Ploethner dan Siemon, 2005).

Stratigrafi Regional

Pada penelitian yang dilakukan, stratigrafi terdiri dari Alluvium dan Formasi Gunungapi Lam Teuba. (J.D. Bennet, dkk.,1981)

1. Alluvium: Lembah kuarter di dataran Aceh Besar ditutupi oleh endapan alluvium tak terbedakan yang terdiri atas kerakal, pasir, lumpur dan lain-lain.
2. Formasi Gunungapi Lam Teuba Formasi Gunungapi Lam Teuba tersusun atas batuan gunungapi andesit hingga dasit, breksi berbatuapung, tufa, aglomerat serta aliran abu.



Sumber: Sebagian Peta Geologi Regional Lembar Banda Aceh

Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Tektonik Regional

Secara keseluruhan, struktur yang mengontrol daerah penelitian adalah sesar Barat Laut-Tenggara. Pola mendaun terlihat pada pola aliran sungai di daerah pantai barat. Sedangkan struktur kawah dan kaldera terlihat di Gunung Seulawah.

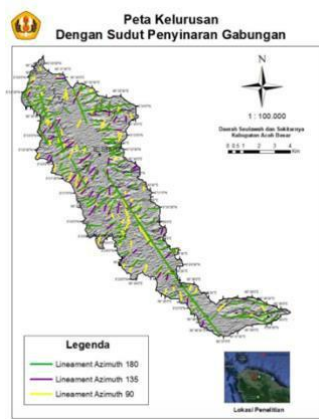
Sesar Seulimeum menjadi salah satu sesar yang berkembang. Sesar ini masuk ke dalam kategori sesar dekstral dengan kedalaman mencapai 15 km. Patahan Seulimeum sendiri merupakan patahan sekunder – patahan di luar dari patahan Sumatra namun masih berhubungan – dengan patahan yang berada di Aceh besar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Lineament Density

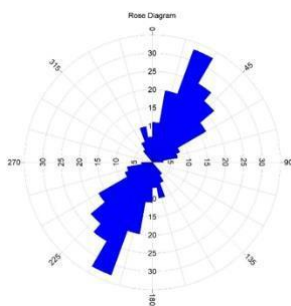
Analisis kelurusan dilakukan dalam tiga kali tahapan yaitu perhitungan di 90° , 135° , dan 180° . Penarikan ini dilakukan secara manual menggunakan *software* Arcgis 10.6.1 dengan mengolah citra DEMNAS menjadi *hillshade*. Analisis kelurusan ini dilakukan untuk mengindikasikan sebuah patahan yang dapat diekspresikan sebagai sesar, kekar, atau garis lemah lainnya (Thannoun, 2013)



Sumber: Hasil peneliti

Gambar 2. Peta Analisis Kelurusan Azimuth Gabungan Pada Citra DEM

Sebagai tambahan, peta gabungan di atas perlu dianalisis dari 3 azimuth dan variasi penyinaran yang dilakukan. Sebagai contoh berikut salah satu diagram mawar azimuth 90° .



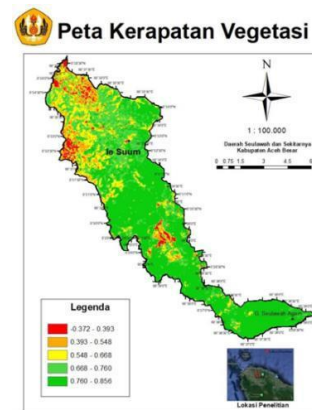
Sumber: Hasil peneliti

Gambar 3. diagram mawar azimuth 90°

Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi didapatkan dari hasil analisis peta NDVI yang di mana digunakan sebagai parameter untuk mengoreksi peta LST. Dari metode *Jenks natural breaks*

didapatkan beberapa kategorisasi deskripsi peta yang dijelaskan sebagai berikut; kategori perairan disimbolkan dengan warna merah, untuk vegetasi sangat jarang disimbolkan dengan warna oranye, untuk vegetasi jarang disimbolkan dengan warna hijau muda dan untuk vegetasi rapat ditandai dengan warna hijau tua. Pencarian indeks vegetasi bermanfaat untuk membedakan permukaan bumi yang bervegetasi dan permukaan bumi tanpa vegetasi yang terdapat pada suatu wilayah.

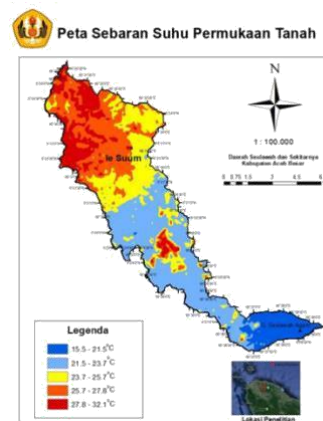


Sumber: Hasil peneliti

Gambar 4. Peta kerapatan Vegetasi

Suhu Permukaan Tanah

Pencarian suhu permukaan tanah berkaitan erat dengan LST. Hal ini dikarenakan besar nilai LST dipengaruhi oleh Panjang gelombang yang paling sensitive yaitu inframerah *thermal*. Pencarian estimasi nilai suhu pada penelitian ini diketahui dari koreksi kanal termal citra Landsat yang bersumber dari persamaan Artis dan Carnagan (1982).



Sumber: Hasil peneliti

Gambar 5. Peta suhu permukaan tanah

Pembahasan

Lineament Density

Dari data yang didapatkan lewat DEM (*Digital Elevation Model*) dengan menggunakan software Arcgis 10.6.1, diketahui beberapa informasi kelurusan 90° , 135° , dan 180° . Dari ketiga azimuth pencahayaan tersebut, peneliti kemudian membuat peta dengan kelurusan gabungan yang diharapkan dapat menjadi informasi dengan estimasi terbaik perihal ekspresi struktur berupa sesar, kekar, atau pun garis lemah lainnya. Untuk memahami peta dengan kelurusan gabungan, diperlukan adanya rincian penjelasan azimuth yang digunakan yaitu 90° , 135° , dan 180° dengan ketinggian 45° .

Garis pada sudut peninaran 90° menghasilkan informasi kelurusan pada hampir seluruh daerah penelitian. Untuk informasi yang lebih rinci, maka didapatkan hasil bahwa nilai densitas tertinggi adalah 3.723 km/km^2 , nilai tengah 1.654 km/km^2 – 2.068 km/km^2 dan nilai terendah 0 km/km^2 . Arah kelurusan yang ditampilkan berkembang dominan berarah Timur Laut-Barat Daya dan ada Sebagian kecil yang mengarah Utara-Selatan dan Barat Laut-Tenggara. Daerah penelitian didominasi oleh densitas kelurusan dengan kategori rendah (warna hijau tua & hijau muda), kategori tinggi (warna merah & oranye) di Tengah sampai Utara daerah penelitian dan areal kecil Tenggara, sedangkan densitas kelurusan sedang (warna kuning) sebagai lokasi manifestasi tersebar secara areal di hampir seluruh daerah penelitian.

Garis pada sudut peninaran 135° juga menghasilkan kelurusan hampir di seluruh daerah penelitian. Didapatkan kategorisasi nilai dengan rincian sebagai berikut; nilai densitas tertinggi yaitu 3.596 km/km^2 , dengan nilai tengah 1.598 km/km^2 – 1.998 km/km^2 , dan nilai terendah yaitu 0 km/km^2 . Didapatkan hasil bahwa densitas kelurusan rendah (warna hijau tua & hijau muda) berkembang hampir di seluruh bagian penelitian, densitas kelurusan sedang (warna kuning) diperlihatkan secara areal di Barat Laut, Timur Laut sampai ke tengah daerah penelitian dan Sebagian kecil di daerah Selatan dan Tenggara daerah penelitian sedangkan densitas kelurusan

tinggi (warna merah & oranye) diperlihatkan berada di tengah daerah penelitian, Barat Laut, Timur Laut daerah penelitian, dan Tenggara daerah penelitian membentuk area kecil.

Pada hasil penarikan garis terakhir yaitu di sudut 180° juga memberikan hasil bahwa kelurusan berada di seluruh daerah penelitian, terutama di daerah tengah penelitian. Rincian kategori densitas yang didapatkan di antaranya adalah nilai densitas tertinggi yaitu 3.806 km/km^2 , dengan nilai tengah 1.691 km/km^2 – 2.114 km/km^2 , dan nilai terendah yaitu 0 km/km^2 . Didapatkan hasil bahwa densitas kelurusan rendah (hijau tua & hijau muda) berkembang di sepanjang daerah penelitian, densitas sedang berkembang di hampir seluruh daerah penelitian khususnya Barat Laut, Timur Laut, tengah dan sebagian kecil Selatan dan Tenggara sedangkan densitas kelurusan tinggi berkembang di daerah Barat Laut, Timur Laut, Tengah dan Tenggara dengan membentuk areal kecil.

Penarikan akhir berdasarkan azimuth 90° , 135° , dan 180° memperlihatkan hasil bahwa masing-masing azimuth memperlihatkan hasil yang sama yaitu arah kelurusan daerah penelitian dominan Timur Laut-Barat Daya dan terdapat arah kelurusan minor Barat-Timur dan Utara-Selatan daerah penelitian. Kelurusan patahan dan rekahan banyak berkembang di areal kecil di Utara, tengah dan Tenggara dengan nilai densitas tertinggi sehingga menghasilkan asumsi sebagai zona peremabilitas tinggi dan memungkinkan fluida panas bumi muncul ke permukaan sehingga menjadi petunjuk keberadaan zona reservoir (Suryantini dan Wibowo, 2010). Sedangkan daerah penelitian sendiri, mata air panas le Suum dengan koordinat $95^\circ 32' 26.26'' \text{BT}$ dan $5^\circ 32' 24.4'' \text{LU}$ dan temperature $86,4^\circ \text{C}$ berada pada daerah dengan densitas kelurusan sedang.

Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi yang didapatkan dari citra Landsat 8 menghasilkan 5 kategori kelas lewat metode *Jenks Natural Breaks* diantaranya adalah -0.372 - 0.393 dengan kategori tutupan lahan perairan (warna merah), 0.393 - 0.546 sangat jarang (warna

oranye), 0.546-0.668 jarang (warna kuning), 0.668-0.760 sedang (warna hijau) dan terakhir 0.760-0.856 (warna hijau tua) dengan kategori rapat.

Didapatkan hasil bahwa daerah penelitian didominasi oleh vegetasi rapat yang berada di di tengah daerah penelitian sampai ke daerah Selatan dan Tenggara daerah penelitian dengan asumsi sebagai hutan dan area perkebunan, vegetasi sedang tersebar secara areal dibagian Utara daerah penelitian dan sebagian kecil di bagian tengah daerah penelitian sedangkan vegetasi sangat jarang berada di bagian Utara, Barat Laut dan Tengah daerah penelitian yang diasumsikan sebagai lahan kosong, pemukiman dan atau luasan permukaan air. Sedangkan kemunculan manifestasi sendiri berada di kategori tutupan lahan sangat jarang dikarenakan suhu permukaan pada daerah tersebut.

daerah penelitian yang bersinggungan dengan kelas suhu permukaan tinggi, serta menyebar secara sedikit di bagian tengah daerah penelitian. Sedangkan kelas terakhir yaitu tinggi yang bernilai 25.7 °C sampai dengan 32.1 °C (warna oranye) membentuk areal di bagian Utara dan tengah daerah penelitian di sekitar kelas suhu permukaan sedang, serta menyebar secara sedikit di bagian Selatan daerah penelitian. Manifestasi air panas le Suum sendiri berada pada kelas suhu tinggi.

Manifestasi dan Prospek Panas Bumi Daerah Penelitian

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia menjelaskan bahwa lewat analisis geokimia, didapatkan hasil bahwa air panas le Suum merupakan *chloride water* dengan kandungan Cl mendekati nilai 90%, $\text{HCO}_3 < 10\%$ dan $\text{SO}_4 < 20\%$ pada diagram Cl-SO₄-HCO₃, dan berada pada kondisi *partial equilibrium* (KESDM, 2017).

Tabel 2. Sifat fisik manifestasi permukaan

Nama Manifestasi	Jenis Manifestasi	Bujur	Lintang	Elevasi	Temperatur	pH
le Suum	Mata Air Panas	95°32'26.26"	5°32'24.4"	70	86.4°C	-

Sumber: Hasil peneliti

Suhu Permukaan Tanah

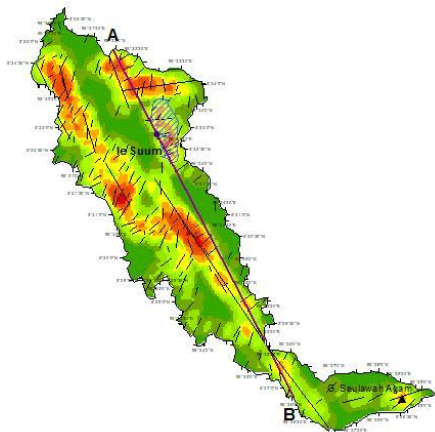
Dengan menggunakan *software* Arcgis 10.6.1 dan Envi 5.1 didapatkan rincian 3 kategori suhu dari daerah penelitian yang berkisar dari 15.5 °C sampai dengan 32.1 °C dengan suhu rata-rata yaitu 24.69 °C. Beberapa kelas suhu di antaranya adalah kelas rendah, sedang dan juga tinggi.

Kelas rendah berada pada derajat 15.5 °C-23.7 °C (biru tua & biru muda) yang terdapat secara areal memanjang dari tengah daerah penelitian sampai Selatan dan Tenggara daerah penelitian yaitu di sekitar Gunung Seulawah Agam. Kelas sedang yang bernilai 23.7 °C sampai dengan 25.7 °C (warna kuning) diperlihatkan membentuk areal di bidang Utara daerah penelitian sampai dengan Timur Laut

Daerah penelitian yang berupa manifestasi le Suum dengan koordinat 95°32'26.26"BT dan 5°32'24.4"LU berada pada ketinggian 70m diatas permukaan laur dengan temperature 86.4 °C. Rincian sifat fisik manifestasi permukaan berada pada tabel di atas.

Berdasarkan hasil analisis peta yang telah dibuat manifestasi mata air panas le Suum berada pada densitas kelurusan sedang yaitu dengan tingkat kerapatan vegetasi sangat jarang dengan nilai kerapatan 0.393 sampai 0.548 dan berada pada suhu permukaan yang tinggi yaitu 25.7 °C sampai 32.1 °C, dengan perkiraan luas reservoir 1.55 km². Berdasarkan Peta Geologi Regional lembar Aceh Besar lokasi manifestasi berada pada formasi Gunung LamTeuba yang tersusun atas batuan gunungapi andesit hingga dasit, breksi berbatu apung, tufa, aglomerat serta aliran abu. Untuk kemunculan manifestasi le Suum yang berada pada densitas kelurusan

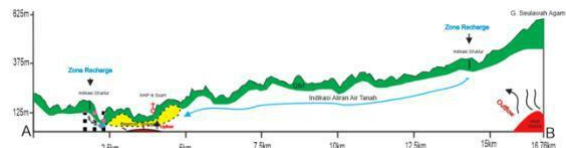
sedang hal ini memungkinkan karena pada daerah tersebut terdapat munculnya kelurusan. Serta pada lokasi manifestasi terletak pada Formasi Gunung LamTeuba dimana batuan tersusun oleh batuan yang memiliki permeabilitas baik yang dapat bekerja sebagai jalur keluarnya fluida. Untuk prospek panas bumi pada daerah penelitian terdapat pada daerah yang telah diberi arsir yaitu sebelah Timur dari manifestasi le Suum, dikarenakan tingkat densitas kelurusan pada daerah ini berdasarkan 3 azimuth berbeda konsisten tinggi, lalu untuk suhu permukaan tanah pada daerah ini berada pada tingkatan sedang sampai tinggi dan tingkatan kerapatan vegetasi pada daerah ini beragam dari badan perairan sampai sedang, namun didominasi oleh tingkat vegetasi rapat.



Sumber: Hasil peneliti

Gambar 6. Lokasi Zona Prospek Panas Bumi pada peta *Lineament Density*

Kondisi Cl (klorida) yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa kondisi mata air le Suum dekat dengan reservoir. Fluida yang muncul ke permukaan juga dipengaruhi oleh pencampuran dengan batuan sebelumnya dan dipengaruhi oleh air meteoric (Rinaldi Idroes, 2017). Air permukaan masuk ke dalam *zona recharge* pada titik indikasi struktur, lalu air tersebut terkena sumber panas yang umumnya aliran fluida akan bergerak ke atas apabila bertemu sumber panas namun adanya patahan pada lokasi tersebut dapat mempengaruhi arah aliran fluida yang berada di bawah tanah sehingga bergerak mendekati lokasi manifestasi (Scholz, 2019), penjelasan ini diperlihatkan dalam model konseptual berikut:



Sumber: Hasil peneliti

Gambar 7. Model konseptual system panas bumi daerah penelitian

Prospek le Suum sendiri merupakan intrusi rekahan (KESDM, 2017). Batuan yang tersusun dengan sistem panas bumi seperti ini terdiri dari satu formasi Gunung Lam Teuba (QTvt) dengan beberapa susunan batuan diantaranya adalah batuan gunung api andesit hingga dasit, breksi berbatuapung, tufa, aglomerat serta aliran abu. Batuan gunung api andesit hingga dasit diperkirakan sebagai *cap rock* dengan permeabilitas yang buruk dan untuk *reservoir* tersusun atas batuan beku yang terkena struktur sehingga batuan tersebut memiliki *porosity*. Dari penjelasan tersebut, *porosity* pada akhirnya memiliki posibilitas untuk menyimpan fluida.

KESIMPULAN

Densitas yang diukur dengan azimuth 900, 1350, dan 1800 dan dilakukan secara manual menggunakan *software Arcgis 10.6.1* dengan mengolah citra DEMNAS menjadi *hillshade* menghasilkan informasi bahwa daerah penelitian didominasi arah kelurusan yang berarah Timur Laut-Barat Daya dan arah kelurusan minor Barat-Timur, Barat Laut-Tenggara dan Utara-Selatan.

Dari peta kerapatan vegetasi atau NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*), kerapatan vegetasi daerah penelitian didominasi dengan kelas rapat dimana diasumsikan bahwa daerah penelitian didominasi oleh area hutan atau area perkebunan. Untuk daerah le Suum sendiri termasuk ke dalam tutupan sangat jarang.

Peta sebaran suhu permukaan tanah atau LST (*Land Surface Temperature*), menunjukkan sebaran suhu permukaan tanah pada daerah penelitian berkisar dari 15.50C sampai dengan 32.10C. Dimana daerah penelitian didominasi dengan kelas suhu permukaan tanah rendah.

Sesuai dengan daerah arsiran pada gambar, diketahui bahwa zona prospek panas bumi terdapat di sebelah Timur dari manifestasi le Suur dengan estimasi luas reservoir 1.55 km². Untuk suhu permukaan tanah pada daerah ini berada pada tingkatan sedang sampai tinggi dan tingkatan kerapatan vegetasi pada daerah ini beragam dari badan perairan sampai sedang, namun didominasi oleh tingkat vegetasi rapat.

DAFTAR PUSTAKA

Artis, D. A., dan Carnahan, W. H.(1982). *Survey of Emmisivity Variability in Thermography of Urban Areas.Remote Sensing of Environment*.

Amalisana, Birohmatin; PIN, Tjiong Giok; SARASWATI, Ratna. Penentuan Potensi Panas Bumi Menggunakan Landsat 8 dan Hubungannya dengan Kondisi Geologi Gunung Lawu. In: Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar. 2017. p. 300-305

Bennet, J.D., Bridge, D.McC. et.al.(1991).Peta Geologi Banda Aceh, Sumatera, 1: 250.000, Puslitbang Geologi, Bandung

Cyrke A. N. Bujung, dkk. 2011. Identifikasi Prospek Panas Bumi Berdasarkan *Fault And Fracture Density*, Studi Kasus Gunung Patuha. Jurnal Lingkungan Bencana Geologi.

Lukmanul, Hakim dkk.,(2017).Kajian Awal Penentuan Daerah Prospek Panas Bumi di Gunung Bur Ni Telong Berdasarkan Analisis Data DEM SRTM dan Citra Landsat 8.Universitas Syiah Kuala.Jurnal Rekayasa Elektriika Vol. 13 No.3.

Pambudi, Dwi Yuda Wahyu Setya, et al. Delineasi daerah prospek panas bumi berdasarkan kelurusan citra landsat dan digital elevation model (DEM) daerah Gunung Lawu, Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur. In: PROSIDING SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-7 Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 30–31 Oktober 2014. Jurusan Teknik Geologi, 2014.

Ploethner, D. dan Siemon, B.(2005).*Hydrogeological Reconnaissance Survey in the Province Nanggroe Aceh Darussalam Northern Sumatera, Indonesia.BGR Project Help Aceh-Helicopter Project Aceh Report, Vol.C1, p. 184.*

Resni Sasliani. 2019. ZONA PROSPEK PANAS BUMI BERDASARKAN PENDEKATAN FAULT FRACTURE

DENSITY (FFD) DI DAERAH SUMANI,
SUMATERA BARAT. Universitas
Padjadjaran.

Siagian, R., Maryudi, M., & Purba, V. (2018). Integrated Research for Geothermal Prospect Zone of Lawu Mountain Based On Geothermal Manifestation, Rock Alteration, Geochemical Analysis Of Fluid, Fault Fracture Density And Magnetotelluric Data. In ASEAN/Asian Academic Society International Conference Proceeding Series (pp. 595-604).

Thannoun, R.G., 2013, Automatic Extraction and Geospatial Analysis of Lineaments and their Tectonic Significance in some areas of Northern Iraq using Remote Sensing Techniques and GIS, International Journal Of Enhanced Research In Science Technology & Engineering Bulletin, Vol. 2.

Wahyudi. 2005. Kajian Potensi Panas Bumi dan Rekomendasi Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Gunung Api Ungaran Jawa Tengah. Jurnal UGM. Yogyakarta.

Z. Agista, P. Rachwibowo, and Y. Aribowo, "ANALISIS LITOLOGI DAN STRUKTUR GEOLOGI BERDASARKAN CITRA LANDSAT PADA AREA PROSPEK PANASBUMI GUNUNG TELOMOYO DAN SEKITARNYA, KABUPATEN MAGELANG, PROVINSI JAWA TENGAH," Geological Engineering E-Journal, vol. 6, no. 1, pp. 278-293, Jul. 2014.