

**ANALISIS DENSITAS KELURUSAN DAN HUBUNGANNYA DENGAN
DISCHARGE AREA DI DAERAH GUNUNG TAMPUSU DAN SEKITARNYA**

Mersel Z. Sumigar¹⁾, Alfrits Komansilan²⁾, Marianus^{3)b}

^{1,2,3}Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Manado
email: epicsurvive@gmail.com

ABSTRAK

Gunung Tampusu, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara mempunyai kondisi geologi yang dipengaruhi oleh sistem panas bumi. Dimana sistem panas bumi terdapat pergerakan lempeng yang mempengaruhinya, salah satu diantaranya adalah pergerakan lempeng Konvergen, dimana dua lempeng saling bertumbukkan sehingga mengakibatkan adanya potensi terjadi manifestasi dipermukaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa struktur permukaan dan daerah luhan (Discharge Area) atau biasa disebut dengan manifestasi panas bumi berdasarkan densitas kelurusan dan manifestasi di permukaan. Struktur pada permukaan dianalisis dengan kerapatan lineament melalui metode FFD. Dengan diasumsikan fracture atau fault berasosiasi dengan lineament di daerah panas bumi yang sebagian besar sulit teridentifikasi karena tertutup oleh manifestasi permukaan. Fault dan fracture menjadi jalur pergerakan fluida panas karena diasumsikan sebagai bidang lemah sehingga mampu menjadi petunjuk untuk lokasi daerah luhan ataupun manifestasi. Berdasarkan Metode FFD dan Penginderaan Jauh dikolaborasikan dengan data Citra Satelit, diketahui densitas permukaan dan hubungannya dengan daerah luhan (Discharge Area) pada daerah penelitian. Dimana terdapat 64.45 Kelurusan punggung maupun lembah di daerah tersebut dengan nilai kepadatan yang mulai dari 1.6 sampai 4.6.

Kata Kunci : Densitas Kelurusan, FFD, Panas Bumi, Gunung Tampusu

ABSTRACT

Mount Tampusu, Minahasa Regency, North Sulawesi has geological conditions that are influenced by the geothermal system. Where the geothermal system has plate movement that affects it, one of which is the convergent plate movement, where two plates collide with each other, resulting in the potential for surface manifestation. This study aims to analyze the surface structure and discharge area or commonly referred to as geothermal manifestations based on the density of straightness and surface manifestations. The structure on the surface was analyzed by lineament density using the FFD method. It is assumed that the fracture or fault is associated with geothermal areas which are mostly difficult to identify because they are covered by surface manifestations. Faults and fractures are the pathways for the movement of hot fluids because they are assumed to be weak fields so that they can be clues to the location of the discharge area or manifestation. Based on the FFD and Remote Sensing Methods collaborated with satellite image data, the surface density and its relationship with the discharge area in the study area were known. Where there are 64.45 straight ridges and valleys in the area with density values ranging from 1.6 to 4.6.

Keywords: Lineament Density, FFD, Geothermal, Tampusu Mountain.

PENDAHULUAN

Pada dasarnya bumi ini mempunyai beberapa lapisan permukaan bumi, dimana bagian bumi terluar dibentuk oleh dua lapisan. Bagian atas ada litosfer yang terdiri dari kerak bumi dan mantel bumi yang padat dan kaku. Di lapisan bawah litosfer ditemukan astenosfer yang memiliki struktur yang padat namun dapat mengalir dengan lambat. Kemudian dibagian bawah astenosfer mempunyai sifat yang lebih kaku. Ini bukan diakibatkan oleh suhu yang dingin, namun karena tekanan yang tinggi.

Lapisan litosfer ini terdapat lempeng-lempeng tektonik. Terdapat pergerakan lempeng dalam bumi yang mempunyai ukuran yang beragam, mulai dari tujuh lempeng besar atau lempeng utama dan lempeng-lempeng kecil. Lempeng-lempeng ini bergerak secara relatif satu sama lain dibatas-batas lempeng. Ada beberapa pergerakan lempeng-lempeng yang terjadi dilapisan litosfer ini dan pergerakkan lempeng-lempeng ini dapat mengakibatkan beberapa kemungkinan yang akan terjadi yaitu sebagai berikut ;

- Konvergen, pergerakan lempeng tektonik yang saling bertumbukan, yang mengakibatkan terjadinya pegunungan dan juga palung samudera

- Divergen, lempeng tektonik bergerak saling berjauhan, akibat dari pergerakan ini adalah terjadinya pelebaran dasar samudera dan biasanya terjadi di Mid-Atlantic Ridge.

- Transform, tepian lempeng saling bergesek dan bergeser sehingga menimbulkan patahan. Pertemuan lempeng ini biasa disebut patahan (fault) atau sesar .

Secara geografis terletak pada empat lempeng tektonik, yaitu lempeng benua asia, lempeng benua Australia, lempeng samudera pasifik dan lempeng samudera hindia. Bagian timur dan selatan Indonesia terdapat sabuk vulkanik (volcanic arc) yang mengitari pulau sumatera – jawa – nusa tenggara dan Sulawesi. Akibatnya Indonesia

mempunyai potensi tinggi terjadinya bencana alam seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tsunami, banjir dan tanah longsor.

Indonesia menjadi salah satu Negara yang berada pada jalur “ring of fire” , dengan jumlah gunung berapi terbanyak didunia. Tercatat memiliki 130 gunung berapi dimana 10% jumlah dari seluruh dunia. Ada 17 gunung berapi yang masih aktif diantara 130 gunung berapi tersebut. Sehingga tidak menutup kemungkinan Negara yang terdiri dari banyak sekali gunung berapi aktif ini memiliki banyak potensi yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan dan keberlanjutan umat manusia.

Panas bumi yang ada di Indonesia Khususnya yang ada di Sulawesi utara mempunyai potensi besar karena ditemukannya beberapa bukti manifestasi panas bumi. Manifestasi yang terjadi karena air tanah pada daerah tertentu bergerak ke permukaan tanah yang disebut daerah luahan (discharge area). Dengan manifestasi ini biasanya bertumpuh pada struktur permukaan geologi yang bisa di amati dengan metode penginderaan jauh berupa rekaman dan sesar.

Maka dari itu penulis mengangkat judul Analisis Densitas Kelurusan dan Hubungannya dengan *Discharge Area* di daerah Gunung Tampusu dan Sekitarnya. Dengan alasan karena di daerah ini memiliki manifestasi permukaan yang dapat ditemukan.

KAJIAN TEORI

Terjadinya sumber energi panasbumi di Indonesia serta karakteristiknya dijelaskan oleh budihardi (1998) dalam (saptadji 2009) sebagai berikut. Ada tiga lempengan yang berinteraksi diindonesia, yaitu lempeng pasifik, lempeng india-australia dan lempeng Eurasia. Tumbukan yang

terjadi antara ketiga lempeng tektonik tersebut telah memberikan peranan yang sangat penting bagi terbentuknya sumber energi panas bumi di Indonesia. Tumbukan antara lempeng india-australia di sebelah selatan dan lempeng eurasia di sebelah utara menghasilkan zona penunjaman (subduksi) di kedalaman 160 - 210 km di bawah pulau jawa-nusatenggara dan di kedalaman sekitar 100 km (rocks et. Al, 1982) di bawah pulau sumatera. Hal ini menyebabkan proses magmatisasi di bawah pulau sumatera lebih dangkal dibandingkan dengan dibawah pulau jawa atau nusa tenggara. Karena perbedaan kedalaman jenis magma yang dihasilkannya berbeda. Pada kedalaman yang lebih besar jenis magma yang dihasilkan akan lebih bersifat basa dan lebih cair dengan kandungan gas magmatic yang lebih tinggi sehingga menghasilkan erupsi gunung api yang lebih kuat yang pada akhirnya akan menghasilkan endapan vulkanik yang lebih tebal dan terhampar luas. Oleh karena itu, reservoir panas bumi di pulau jawa umumnya lebih dalam dan menempati batuan vulkanik, sedangkan reservoir panas bumi di sumatera terdapat didalam batuan sedimen dan ditemukan pada kedalaman yang lebih dangkal. (saptadji, teknik panasbumi)

1. Struktur geologi

Struktur geologi adalah struktur perubahan lapisan batuan sedimen akibat kerja kekuatan tektonik, sehingga tidak lagi memenuhi hukum superposisi disamping itu struktur geologi juga merupakan struktur kerak bumi produk deformasi tektonik.

2. *Uniform stress (confining stress)*

Yaitu tegangan yang menekan atau menarik dengan kekuatan yang sama dari atau ke segala arah.

3. *Differential stress*

Yaitu tegangan yang menekan atau

menarik dari atau ke satu arah saja dan bisa juga dari atau ke segala arah, tetapi salah satu arah kekuatannya ada yang lebih dominan.

4. Hidrogeomorfologi

Hidrogeomorfologi adalah sub bidang geomorfologi yang menjurus terhadap hal-hal yang berkaitan dengan sumber air, proses air dan morfologi yang berkaitan dengannya

Mata air adalah pusat keluarnya air tanah yang muncul di permukaan tanah sebagai arus dari aliran air tanah (tolman, 1937). Menurut bryan (1919) dalam todd (1980), Berdasarkan sebab terjadinya mata air diklasifikasikan menjadi 2, yaitu: mata air yang dihasilkan oleh tenaga non gravitasi (non gravitational spring) dan mata air yang dihasilkan oleh tenaga gravitasi (gravitational spring).

5. *METODE FAULT FRACTURE DENSITY (FFD)*

Metode *fault fracture density* (FFD) merupakan metode sederhana yang digunakan untuk mengidentifikasi daerah panas bumi berdasarkan densitas kelurusan. Kelurusan disini diasumsikan sebagai bidang lemah yang berasosiasi dengan fault atau fracture yang menjadi jalur pergerakan fluida yang berasal dari reservoir yang muncul di permukaan sebagai manifestasi seperti mata air panas atau fumarol. Hasil dari analisis kelurusan berupa peta FFD yang kemudian dikorelasikan dengan data geoikimia air panas dan magnetotelurik.

Pemodelan ini menampilkan geomorfologi daerah studi dalam bentuk *shaded relief image* yang dapat menginterpretasikan keberadaan sesar dan rekahan dengan memberikan *lineament* (kelurusan) berupa peta densitas kelurusan (FFD) yang dapat mengindikasikan arah dan pola dari kelurusan di lokasi penelitian. Dengan menggunakan metode FFD, didapatkan kelurusan-kelurusan yang berasosiasi

dengan struktur atau merupakan refleksi gambaran topografi berupa kelurusan sungai, kelurusan lembah, struktur sesar maupun rekahan, kontak batuan dan kemunculan manifestasi panas bumi (Muhammad Yanis 2019).

6. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi mengenai sebuah objek, area atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dari alat yang tidak bersentuhan langsung dengan objek, area atau fenomena yang sedang diamati (Lillesand dan Kiefer 1997).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dilakukan di kelurahan Tampusu, Kecamatan Tomohon selatan, Kota Tomohon, Sulawesi Utara.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui Densitas Kelurusan dan hubungannya dengan daerah luahan pada Gunung Tampusu dan Sekitarnya.

Diperlukan alat pendukung untuk penelitian kali ini antara lain:

1. Peta Geologi, Peta SRTM dan Peta Sulawesi Utara
2. GPS
3. Software (Global Mapper 8, Surfer 12, Ilwis dan Microsoft Excel)
4. Laptop

Penelitian ini didasari pada studi litelatur, yang digunakan berkaitan dengan Densitas Kelurusan, Discharge Area dan Gunung Tampusu.

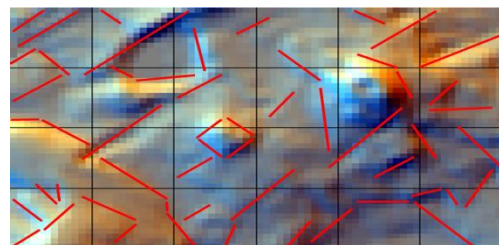
Data yang diambil berupa data sekunder yang diperoleh dari Software Global Mapper 8 dan USGS (United State Geological Servis). Data yang didapatkan dari Global Mapper 8 berupa peta Sulawesi Utara yang akan dipusatkan pada objek lokasi penelitian yaitu Gunung Tampusu. Sedangkan data yang didapatkan dari USGS berupa data Citra atau Landsat 8 Oli.

Analisis data Citra atau Landsat 8 Oli diolah menggunakan Software Ilwis dan data yang didapatkan ialah Longitude (x), Latitude (y) dan Dept (z). Data ini kemudian di input ke Software Surfer 8 yang bertujuan untuk menunjuk besar nilai densitas kelurusan didaerah Gunung Tampusu pada peta kountur dan elevasi 3D, dimana pada peta kountur akan terlihat daerah yang memiliki nilai densitas terendah dan densitas tertinggi. Nilai densitas tertinggi berasosiasi dengan adanya manifestasi panas bumi di permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Peta Sebaran Densitas Kelurusan

Peta ini dibuat dengan cara menarik garis secara manual pada gambar yang membentuk garis. Dimana dari beberapa garis tersebut dapat menandakan daerah yang merupakan dataran tinggi dan memungkinkan adanya rekahan. Dimana Peta tersebut bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Sebaran Densitas Kelurusan

Densitas kelurusan biasanya dapat menginterpretasikan discharge area atau daerah luahan atau tempat keluarnya manifestasi.

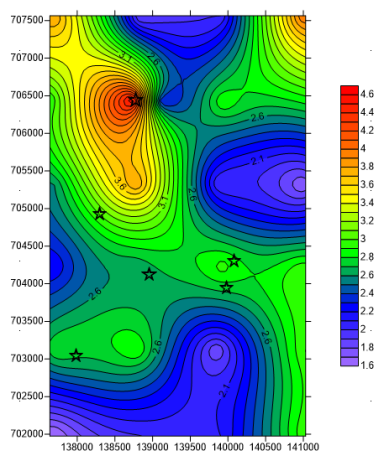
Dari peta tersebut terdapat nilai dari hasil pembuatan peta sebaran densitas kelurusan kemudian nilai dari garis-garis yang ada tiap grid sebesar 1x1 km itu dihitung dan disesuaikan dengan koordinat lokasi tiap grid tersebut.

Tabel 1. Nilai Besaran Tiap Grid

Longitude (x)	Latitude (y)	Dept (z)
702002.1	141031	3
701974.4	139903.6	2.1
701994.1	138803.9	2
702013.7	137685.8	1.6
703107.7	141022.6	3
703127.7	139849.1	1.8
703109.3	138795.5	2.9
703110	137726.5	2.8
704179.4	140977.3	3
704230.8	139926.7	2.95
704199.8	138771.7	2.6
704232.4	137690.4	2.2
705313.7	140996.5	1.7
705333.4	139869.1	2
705315.3	138790.9	3.8
705316.1	137700.4	2.6
706421	139117.3	2.3
706420.5	139928.3	2.9
706440.2	138742.5	4.6
706459.8	137636.7	2.9
707553.8	140988.9	4
707564.1	139907.6	2
707545.8	138820.1	1.9
707537.3	137701.9	3.8

x dan y adalah nilai dari koordinat tiap grid, sedangkan z adalah nilai dari tiap garis yang ada pada potongan-potongan grid pada peta sebaran densitas kelurusan.

B. Peta Kontur



Gambar 2. Peta Kontur Sebaran Densitas Kelurusan.

Peta kontur sebaran kelurusan pada Gambar 2, menunjukkan daerah sekitar Gunung Tampusu dengan nilai densitas kelurusan yang sangat padat dengan nilai kepadatan berkisar dari 3.8 – 4.6 pada sekitar koordinat x dan y berturut-turut (706500 dan 138500) dan (707500 dan 141000) merupakan daerah Puncak Gunung Tampusu yang terdapat Danau Tampusu. Nilai densitas yang padat dengan nilai kepadatan berkisar dari 2.8 – 3.7 pada sekitar koordinat x dan y berturut-turut (705500 dan 14100) merupakan daerah Danau Pangolombian dan luahan atau daerah tempat keluarnya manifestasi panas bumi. Nilai densitas yang rendah dengan nilai kepadatan berkisar 1.6 – 2.6 dengan koordinat x dan y berturut-turut (702500 dan 140000) merupakan daerah yang tidak memiliki terlalu banyak bukit dan dataran tinggi atau daerah luahan.

C. Peta Sebaran Manifestasi

Sebaran manifestasi permukaan yang terdapat di daerah Gunung Tampusu dan Sekitarnya berupa manifestasi (Mata air panas, Tanah beruap, Lumpur panas, Fumarol dan Solfatara.) Dari hasil tersebut bisa didapat peta sebaran yang menunjukkan titik letak dari manifestasi yang ada pada lokasi penelitian yang bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta Sebaran Manifestasi

Dari hasil penelitian bahwa daerah yang memiliki manifestasi Panas Bumi ditandai dengan bintang Merah yang memiliki nilai densitas kelurusan atau

nilai kepadatan yang padat yang merupakan daerah luahan atau tempat keluarnya manifestasi panas bumi dan memiliki jenis batuan gunung api muda.

Menurut hukum fisika daerah ini merupakan daerah yang disebabkan oleh tumbukan yang bersifat merusak, atau pergerakan lempeng secara konvergen sehingga menghasilkan cela sebagai tempat keluarnya fluida panas bumi dari lempeng yang saling bertumbukan dan merupakan daerah yang meregang karena adanya gaya tarik dari pergerakan lempeng lainnya yang bergerak tidak searah atau berlawanan arah, tegak lurus dan tidak beraturan.

Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Peta Densitas Kelurusan yang terdapat pada Daerah Gunung Tampusu dan Sekitarnya memiliki Kelurusan yang banyak sehingga memudahkan untuk melihat Densitas Kelurusan yang ada di daerah tersebut.
2. Densitas kelurusan Daerah sekitar Gunung Tampusu memiliki nilai kepadatan yang cukup tinggi sehingga ditandai dengan munculnya beberapa manifestasi di berbagai titik.
3. Densitas struktur dengan nilai yang tinggi berasosiasi dengan adanya manifestasi Panas Bumi permukaan serta batuan Gunung Api muda berasosiasi dengan Manifestasi Panas Bumi yang disebabkan karena batuan Gunung Api muda dapat menjadi tempat keluarnya Manifestasi Panas Bumi.

DAFTAR PUSTAKA

Bujung, C.A.N., A. Singarimbun, D. Muslim, F. Hirnawan. 2011, Identifikasi prospek panas bumi berdasarkan fault and fracture density (FFD): studi kasus gunung patuha, jawa barat, jurnal lingkungan dan bencana geologi,

Vol. 2 No. 1.

- Fitrianty U, Sebaran Mata Air Panas di Kabupaten Serang. *Skripsi*. Depok, Universitas Indonesia
- Julzarika, A., dan Wiji., 2012, Penggunaan Data Satelit Optik dan Sar untuk Pendeteksian Lempeng dan Struktur Geologi, Jurnal Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
- Lillesand, T.M., dan Kiefer R.W., 1997, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra* (Terjemahan), Yogyakarta : Gadjah Mada University Press, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Muhammad Yanis, Nazli Ismail, Laura Vadzla Hermansyah, Muhammad Nanda, Faisal Abdullah, 2019. Delineasi sebaran Sesar di Pulau Weh Berdasarkan Metode Fault Fracture Density (FFD), Teknik Geofisika, Teknik, Universitas Syiah Kuala. (Vol. 8) 2019
- Nenny Miryani Saptadji, 2009, Karakteristik Reservoir Panas Bumi, Teknik Panas Bumi, Institut Teknologi Bandung
- Pambudi, D. Y. W. S., Mohamad Sakur, Kamil Ismail, Imam Fajri Dwiyono, Lucas Donny Setijadji, 2014, Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Kelurusan Citra Landsat dan Digital Elevation Model (DEM) Daerah Gunung Lawu, Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur.
- Taat Setiawan, 2011, Delineasi Kelurusan Morfologi sebagai dasar untuk menentukan Zona Potensi Resapan Mata Air Kars di Daerah Luwuk, Sulawesi Tengah, (Vol. 21 No. 2)
- Todd, D. K., 1980, *Groundwater Hydrology*, John Wiley & Sons. Inc, New York
- Tolman, C.F., 1973, *Groundwater*, McGraw-Hill Book Company, New York