

Analisis Struktur Patahan Daerah Suoh Menggunakan Metode Gaya Berat dan Penentuan Kerapatan Patahan

Ahmad Zaenudin^a, Karyanto^a, Aulia Kurniasih^a, Rahmat Catur Wibowo^{a*}

^aTeknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Indonesia

Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung 35141

*Email : rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

(Diterima 5 Agustus 2021; Disetujui 1 Desember 2021; Dipublikasikan 29 Desember 2021)

Abstrak

Suoh merupakan daerah tektonik aktif yang mengakibatkan terbentuknya struktur geologi yang tersebar di Daerah Suoh. Struktur geologi yang berkembang di Daerah Suoh telah dianalisis menggunakan data gaya berat dan data DEM ALOS PALSAR untuk menentukan dan menganalisis struktur geologi serta arah dominannya. Analisis struktur bawah permukaan menggunakan metode gaya berat dengan analisis *Second Vertical Derivative* (SVD) dan analisis kelurusan menggunakan metode *Fault Fracture Density* (FFD). Kontur SVD residual bernilai 0 dan area dengan nilai FFD tinggi (2 sampai 2,6 km/km²) mengindikasikan adanya struktur sesar dangkal. Berdasarkan analisis kelurusan data DEM telah didapatkan informasi tentang kelurusan berarah barat laut-tenggara yang sangat jelas, selaras dengan struktur geologi regional daerah Suoh.

Kata kunci: *Lineament*, patahan, Suoh, FFD.

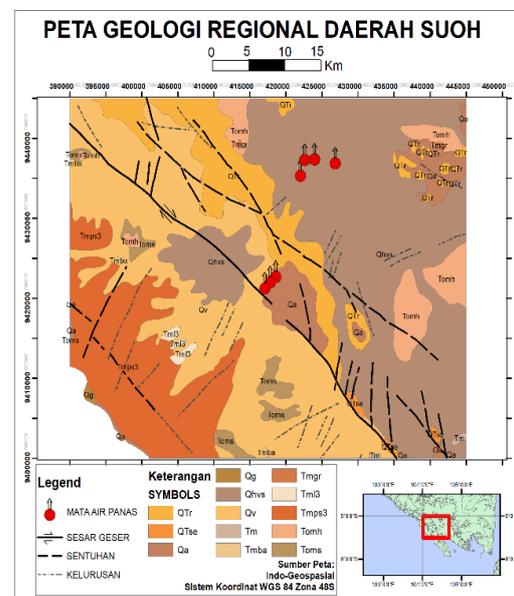
1. Latar Belakang

Zona sesar Sumatera terdiri dari beberapa segmen sesar yang umumnya memiliki batas di daerah depresi. Sesar Sumatera tersegmentasi kedalam 19 buah segmen. Salah satu segmen sesar Sumatera adalah segmen Ranau-Suoh [1]. Daerah Panasbumi Suoh terletak di sebelah selatan Gunung Sekincau, Lampung Barat. Daerah panasbumi ditandai dengan adanya sebaran mata air panas akibat terbentuknya patahan di Kaldera [2]. Struktur geologi seperti patahan dan rekahan seringkali mempunyai ciri tertentu di permukaan bumi seperti kelurusan [3] dan patahan utama berasosiasi dengan suhu permukaan tanah yang tinggi di daerah potensi panasbumi [4]. Gambar 1 memperlihatkan patahan Daerah Suoh yang merupakan bagian dari Sesar Sumatera dalam segmen Sesar Semangko.

Pada Daerah Suoh telah banyak dilakukan penelitian mengenai struktur geologi sebelumnya. Penelitian sebelumnya oleh Iqbal dan Juliarka (2019)[5] tentang struktur geologi Daerah Suoh dilakukan dengan menggunakan metode FFD. Berdasarkan dua studi tersebut, Daerah Suoh memiliki permeabilitas baik yang ditunjukkan dengan nilai densitas kelurusan yang tinggi hingga sedang seperti di Danau Suoh dan Bukit Penetoh. Mengacu dari penelitian sebelumnya maka dilakukanlah penelitian ini dengan menekankan

pada analisis kelurusan atas permukaan berdasarkan dari data *Digital Elevation Map* (DEM) dan data gaya berat berdasarkan analisis derivatif.

Analisis keberadaan struktur sesar, batas litologi, struktur intrusi, kaldera, dan batas perubahan densitas dilakukan dengan menganalisis kontur anomali gradien horizontal orde 2 anomali Bouguer dengan nilai 0 (nol)[6].



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian (dimodifikasi dari [7]).

Dari analisis SVD pola-pola sesar yang didapat hasilnya akan identik dengan pola sesar dari pemetaan geologi [8]. Turunan vertikal kedua (SVD) analisis anomali Bouguer dilakukan keluar untuk mendapatkan struktur patahan, litologi batas, dan sumber anomali berasal dari dekat permukaan [9].

Selain itu dilakukan juga analisa geospasial untuk mengetahui kondisi struktur makro dengan analisis FFD. Zona-zona lemah patahan dapat diketahui dengan melakukan perhitungan pola kerapatan garis lineasi dari data citra satelit [10]. Dengan memakai metode FFD, bisa diketahui kelurusan-kelurusan yang berkaitan dengan struktur pada daerah penelitian atau dengan melihat refleksi topografi seperti kelurusan sungai, kelurusan lembah, struktur sesar maupun rekahan. Kemunculan nilai FFD yang tinggi menandakan adanya zona patahan, kontras material batuan keras dan lunak, atau batuan sedimen yang lapisannya menghunjam ke arah dataran rendah [11].

2. Metodologi

Tahapan awal yang dilakukan sebagai persiapan adalah melakukan pengumpulan data. Selain studi literatur tentang informasi geologi regional, juga dikumpulkan data gaya berat sekunder dan data DEM Daerah Suoh. Data gaya berat udara bebas didapat secara *free access* dari data satelit TOPEX dan data DEM. Data gaya berat sekunder *Free-Air Anomaly* (FAA) harus dikoreksi untuk menghasilkan nilai anomali Bouguer lengkap. Pertama-tama dilakukan koreksi Bouguer akibat efek tarikan dari material/massa yang berada diantara stasiun dan bidang datum yang belum diperhitungkan. Koreksi Bouguer dilakukan dengan menggunakan pendekatan benda berupa *slab* tak berhingga dengan ketebalan dan densitas yang sama. Nilai rapat massa rata-rata di daerah penelitian dapat ditentukan dengan perhitungan Nettleton dan Parasnis. Setelah didapatkan nilai densitas yang akan digunakan pada koreksi Bouguer (BC), maka anomali FAA akan dikurangkan dengan nilai BC yang menghasilkan nilai anomali Bouguer sederhana (SBA). Kemudian ditambahkan koreksi medan atau *Terrain Correction* (TC) terhadap anomali gaya berat karena bersifat mengurangi. Barulah akan didapatkan *Complete Bouguer Anomaly* (ABL). Nilai ABL kemudian diolah menggunakan perangkat

lunak *Geosoft*, sehingga didapatkan peta anomali Bouguer daerah penelitian (Gambar 2).

Metode yang digunakan untuk memisahkan anomali regional dan residual adalah *moving average*. Untuk mendapatkan nilai lebar jendela yang akan digunakan maka dibuat *slicing* dengan arah timur-barat pada daerah penelitian. Dari 5 lintasan, diperoleh nilai interval jarak dan sampel data *slicing*. Dari masing-masing data *slicing* ABL dilakukan analisis spektral dengan menerapkan proses Fourier *transform* yang mengandung nilai riil dan imajiner sehingga diperoleh nilai absolutnya. Setelah itu akan didapatkan nilai frekuensi, dari nilai bilangan gelombang (k) dengan cara mengalikan nilai frekuensi dengan 2π . Dicari juga nilai $\ln A$ dengan menggunakan rumus \ln nilai absolut. Analisis spektrum anomali Bouguer dilakukan untuk menentukan batas kedalaman anomali regional dan residual. Hasil analisis spektrum digunakan untuk mendapatkan batas kedalaman nilai anomali Bouguer regional residual [12].

Selanjutnya diplot nilai k sebagai sumbu x dan $\ln A$ sebagai sumbu y . Pada proses ini didapatkan nilai lebar jendela sebesar 25. Setelah anomali residual dan regional terpisah, maka dilakukan analisis turunan. *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD) diterapkan pada data residual dan hasilnya dicocokkan dengan peta geologi regional Daerah Suoh. Dilakukan *slicing* lintasan pada daerah yang diperkirakan terdapat keberadaan patahan yang nampak dari peta kontur anomali residual.

Filter SVD operasi matriks [13] diterapkan dengan menggunakan persamaan 1 yang merupakan nilai respon amplitudo perhitungan Elkins. Nilai matriks operasi 5x5 pada persamaan 2 ini yang digunakan sebagai nilai perhitungan operasi matriks untuk filter SVD sehingga diperoleh peta kontur SVD (Gambar 5).

$$SVD = \frac{g(i+1) - 2g(i) + g(i-1)}{\Delta x^2} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} 0.0000 & -0.0833 & -0.0667 & -0.0833 & 0.0000 \\ -0.0833 & -0.0667 & -0.0334 & -0.0667 & -0.0833 \\ 0.0000 & -0.0334 & 1.0667 & -0.0334 & 0.0000 \\ -0.0833 & -0.0667 & -0.0334 & -0.0667 & -0.0833 \\ 0.0000 & -0.0833 & -0.0667 & -0.0833 & 0.0000 \end{bmatrix} \quad (2)$$

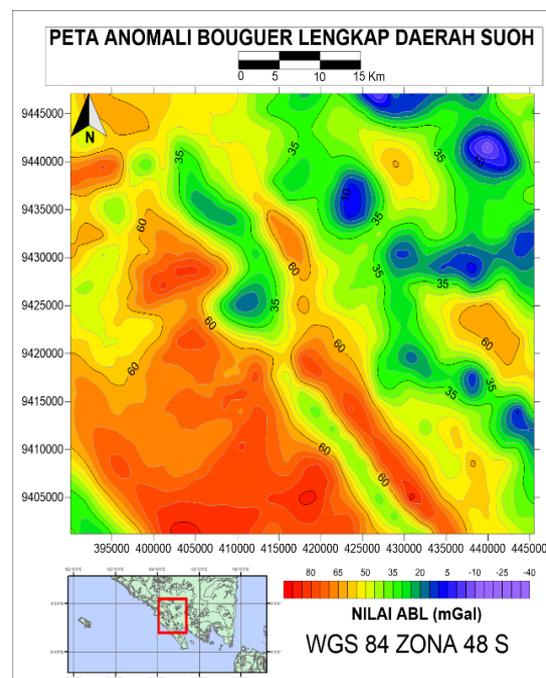
Kemudian, dengan menggunakan data DEM dibuat citra *shaded relief* dari DEM dengan menggunakan berbagai arah pencahayaan (0° , 45° , 90° , dan 135°) untuk meningkatkan ketajaman visualisasi dari permukaan bumi. Selanjutnya dilakukan ekstraksi kelurusan atau *lineament* secara otomatis untuk menentukan pola dominan dari kelurusan. Kemudian mengkombinasikan empat citra *shaded relief* dari berbagai arah pencahayaan, sehingga diperoleh satu citra kombinasi yang bertujuan agar lebih memperlihatkan detail dari struktur geologi dari berbagai arah sudut pandang. Proses ekstraksi kelurusan berdasarkan data DEM dilakukan secara otomatis dengan algoritma LINE pada perangkat lunak PCI *Geomatica*. Algoritma LINE ini dibedakan menjadi tiga tahapan yaitu tahap *edge detection*, *thresholding*, dan ekstraksi kurva. Pembuatan peta densitas *lineament* dilakukan dengan menerapkan fungsi *line density* pada *lineament* hasil ekstraksi.

3. Hasil dan Pembahasan

Anomali Bouguer pada Gambar 2 adalah superposisi dari anomali yang bersifat regional dan yang bersifat residual atau lokal [14]. Peta anomali Bouguer di daerah penelitian menunjukkan rentang nilai anomali antara -40 mGal sampai 90 mGal. Hasil tersebut merupakan respon variasi rapat massa batuan yang ada pada daerah tersebut. Gradasi warna pada peta menunjukkan variasi nilai anomali Bouguer yang terdapat pada daerah penelitian. Pada peta dapat dibedakan menjadi 3 kelompok warna. Warna ungu muda sampai hijau tua menunjukkan nilai anomali rendah (-40 sampai 30 mGal), tersebar pada bagian timurlaut daerah penelitian yang memanjang dengan ke arah relatif timurlaut – tenggara, anomali rendah di bagian tengah ini dipengaruhi oleh batuan gunungapi Kuartir Muda. Selanjutnya warna hijau muda sampai pada warna jingga menunjukkan anomali sedang (30 sampai 60 mGal) yang terdapat di daerah barat daerah penelitian yang tersebar hampir diseluruh daerah penelitian dengan arah relatif barat laut-tenggara, anomali sedang ini dipengaruhi oleh tuf Ranau. Sedangkan warna jingga sampai merah menunjukkan anomali tinggi (60 sampai 90 mGal) yang terdapat di daerah selatan-barat laut, anomali tinggi ini dipengaruhi oleh batuan gunungapi Kuartir Tua.

Dari peta ABL daerah penelitian dilakukan proses *filter moving average*, maka perlu dilakukan

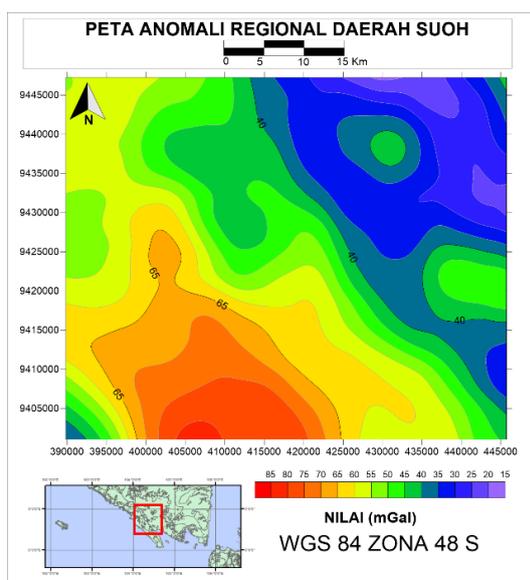
analisis spektral. Dilakukan *slicing* sebanyak lima lintasan yang mewakili nilai anomali pada daerah penelitian untuk selanjutnya ditransformasi Fourier menggunakan Microsoft Excel. Tujuan dari analisis spektrum ialah untuk mendapatkan nilai kemiringan (gradien) yang berasal dari *log power* spektrum (\ln Amplitudo) dengan nilai frekuensi (k). Nilai k dan $\ln A$ diplot kedalam grafik untuk mengetahui kedalaman bidang diskontinuitas, lalu mendapatkan lebar jendela dan estimasi kedalaman zona regional dan juga residual pada daerah penelitian. Sebaran data k vs $\ln A$ akan membentuk suatu fungsi linier. Data yang memiliki kontras perbedaan yang signifikan dapat diidentifikasi sebagai batas antara zona regional dan zona residual [15]. Selanjutnya didapatkan dua persamaan pada zona regional dan residual yang mengandung informasi kedalaman. Selanjutnya dicari nilai *cut off* (K_c), lalu dicari nilai λ , kemudian dicari nilai lebar jendela (N) dengan cara membagi nilai λ dengan interval jarak sampling lintasan *slicing* sebesar 400 meter. Nilai kedalaman bidang diskontinuitas dalam dan dangkal kelima lintasan ditunjukkan dalam Tabel 1. Rata-rata kedalaman bidang diskontinuitas dalam adalah 6,14 km dan diinterpretasikan sebagai rata-rata kedalaman batuan *basement* yang materialnya lebih padat sehingga memiliki kontras densitas yang berbeda. Sedangkan rata-rata kedalaman



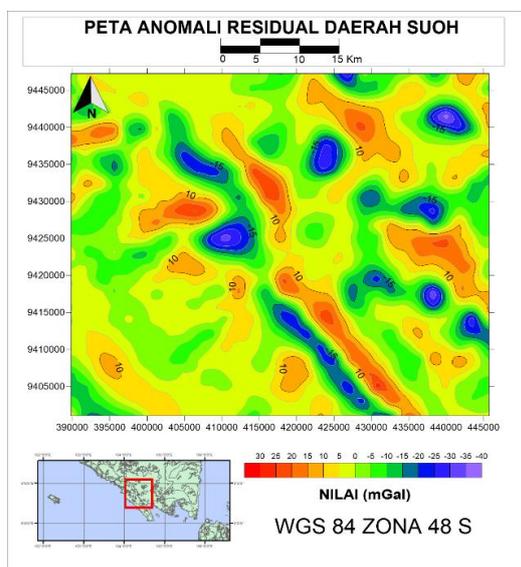
Gambar 2. Peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL) Daerah Suoh.

Tabel 1. Perhitungan nilai lebar jendela analisis spektral

Lintasan	Regional (m)	Residual (m)	C1	C2	Cutt off	Lambda	N	
1	-5893	-491,71	7,8549	4,915	0,000544	11543,69	28,85	
2	-4799	-642,55	7,5179	4,7153	0,000674	9318,399	23,29	
3	-6004	-366,96	7,9473	3,7931	0,000737	8525,966	21,31	
4	-6560,4	-493,47	8,1037	4,0137	0,000674	9320,207	23,30	
5	-7478,8	-612,73	7,7585	3,5215	0,000617	10181,92	25,45	
	-6147,04	-521,484	Rata - rata					24,44



Gambar 3. Peta Anomali Regional Daerah Suoh.



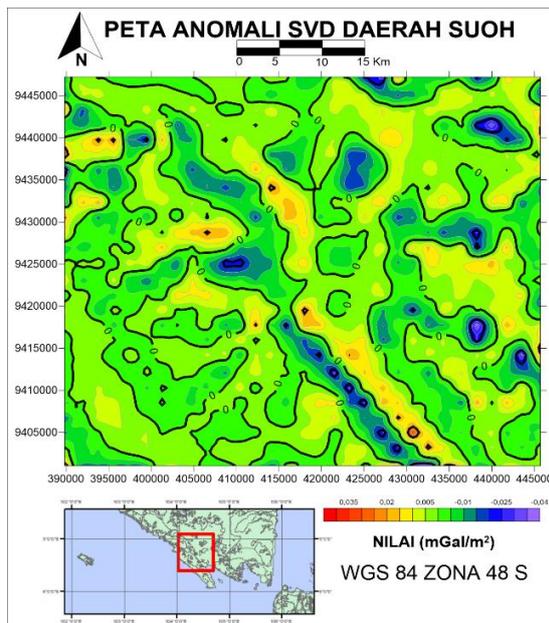
Gambar 4. Peta Anomali Residual Daerah Suoh.

bidang diskontinuitas dangkal yang merupakan kedalaman batuan sedimen adalah 521 m. Nilai bilangan gelombang *cut off* (kc) rata-rata dari kelima penampang lintasan adalah 0,000649 (Tabel 1). Semakin besar *grid* spasi yang digunakan, maka lebar jendela yang diperoleh akan semakin lebar. Hasil rata-rata lebar jendela dari kelima penampang lintasan adalah (25 x 25) km. Hasil *filter* ini merupakan anomali regional (Gambar 3) yang merupakan anomali dalam [12]. Anomali yang bersumber dari bagian dalam bumi contohnya adalah kerak bumi, anomali ini dicirikan dengan frekuensi rendah. Peta anomali regional memiliki nilai anomali sebesar 15 mGal sampai 85 mGal.

Anomali residual (Gambar 4) didapatkan dari pengurangan antara Anomali Bouguer Lengkap (ABL) dengan anomali regional. Peta anomali residual menunjukkan pola anomali yang lebih kompleks dibandingkan dengan anomali regional, karena menggambarkan pola anomali dengan panjang gelombang yang lebih pendek yang mencerminkan efek benda anomali yang lebih dangkal, anomali ini dicirikan dengan frekuensi tinggi. Peta anomali residual memiliki rentang nilai sebesar -40 mGal hingga 30 mGal.

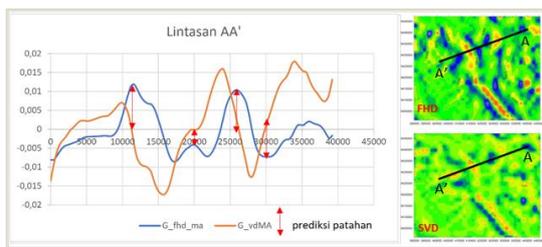
Setelah anomali residual didapatkan maka dilanjutkan dengan analisis *derivative*. Pertama-tama akan dilakukan proses penurunan pertama horisontal (FHD) yang dilakukan di *software* Oasis. Dengan menggunakan *filter* orde pertama gradien horisontal menghasilkan peta FHD. Dilanjutkan dengan penurunan kedua SVD menggunakan matriks Elkins [13].

SVD anomali residual memiliki letak dan arah patahan relatif sama dengan patahan yang ada pada peta geologi, dimana pada peta SVD arah

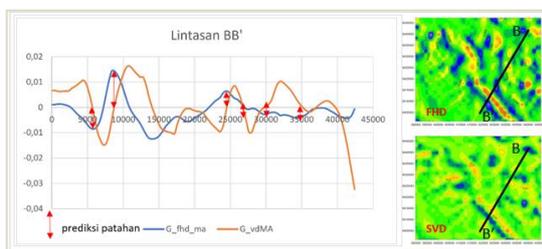


Gambar 8. Peta anomali SVD Daerah Suoh.

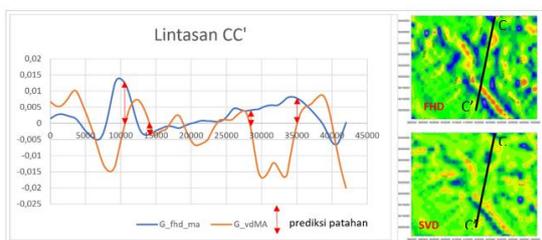
dominan dari struktur geologi bawah permukaan mengarah pada barat laut-tenggara (Gambar 5). Kontur 0 yang terdapat pada peta SVD residual selanjutnya dikorelasikan secara visual dengan peta FFD. Korelasi tersebut dilakukan untuk



Gambar 5. Grafik FHD dan SVD Lintasan AA'.



Gambar 6. Grafik FHD dan SVD Lintasan BB'.



Gambar 7. Grafik FHD dan SVD Lintasan CC'.

memvalidasi adanya zona sesar yang terdapat pada daerah penelitian berdasarkan kedua metode tersebut yang masing-masing mewakili kedua data yaitu data gaya berat untuk identifikasi struktur bawah permukaan dan data DEM untuk validasi struktur di atas permukaan.

Pada peta FHD dan SVD dilakukan *slicing* 3 lintasan. Data *slice* mengandung informasi nilai koordinat lintang, bujur, interval jarak antar titik *sampling slicing*, nilai FHD, dan nilai SVD. Nilai interval *sampling* diplot ke dalam kurva sebagai sumbu x, sementara nilai FHD dan SVD sebagai sumbu y seperti pada Gambar 6, 7 dan 8. Kemudian kurva FHD dan SVD disandingkan untuk dianalisis. Keberadaan patahan dilihat dari kurva FHD, sedangkan untuk mengetahui jenis patahan dilihat dengan kurva SVD.

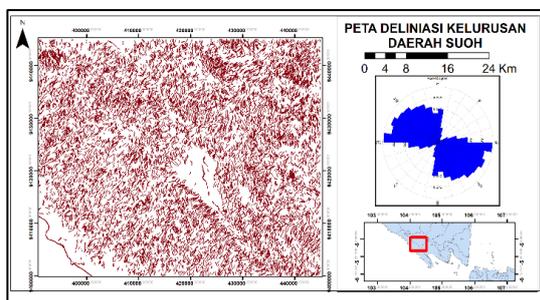
Pada analisis FHD dan SVD lintasan AA' (Gambar 6) sepanjang 40 km, memiliki nilai anomali FHD sebesar 0,0119 mGal/m dan SVD mendekati nol yaitu 0,0006 mGal/m pada jarak sekitar 13 km sehingga diperkirakan terdapat patahan. Selanjutnya pada jarak sekitar 22 km, 27 km, dan 32 km berturut-turut memiliki nilai anomali FHD sebesar -0,0045 mGal/m, 0,0097 mGal/m, dan -0,0072 mGal/m serta SVD mendekati nol. Sehingga dapat diperkirakan terdapat patahan.

Lintasan BB' (Gambar 7) sepanjang 42 km, memiliki nilai anomali FHD berturut-turut sebesar -0,0095 mGal/m dan 0,0142 mGal/m dan SVD nol pada jarak sekitar 6 km dan 8 km sehingga diperkirakan terdapat patahan. Selanjutnya pada jarak sekitar 24 km, 27 km, 31 km, dan 35 km berturut-turut memiliki nilai anomali FHD sebesar 0,0071 mGal/m, -0,0004 mGal/m, -0,0019 mGal/m, dan -0,0028 mGal/m serta SVD nol. Sehingga dapat diperkirakan terdapat patahan.

Lintasan CC' (Gambar 8) sepanjang 42 km, memiliki nilai anomali FHD berturut-turut sebesar 0,0129 mGal/m dan -0,0034 mGal/m dan SVD nol pada jarak sekitar 11 km dan 14 km sehingga diperkirakan terdapat patahan. Selanjutnya pada jarak sekitar 29 km, dan 35 km berturut-turut memiliki nilai anomali FHD sebesar 0,0040 mGal/m, dan 0,0075 mGal/m serta SVD nol. Sehingga dapat diperkirakan terdapat patahan.

Pada analisis data DEM citra ALOS PALSAR yang diolah dengan *software* ArcGIS, digunakan algoritma *shaded relief*. DEM mewakili kondisi permukaan bumi sebenarnya tanpa distorsi dengan variasi-variasi tertentu dapat dilakukan seperti

perubahan posisi matahari (*altitude*) dan sudut pencahayaan (*azimuth*). Data DEM terlebih dahulu di proses *hillshade* di *software* ArcGIS untuk mendapatkan efek tiga dimensi (3D) sehingga bentuk relief terlihat. Data raster yang masih dalam format 2D diberikan kesan 3D pada data raster tersebut. Pemberian kesan 3D tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan teknik penajaman pencahayaan dan bayangan yang tepat pada sebuah data raster [16]. Dari proses ini akan didapatkan empat citra DEM dengan *sun azimuth* masing – masing sebesar 0°, 45°, 90° dan 135°. Setelah diberikan *hillshade* maka reliefnya akan lebih terlihat jelas, sehingga penampakan visual dari suatu kelurusan dapat terlihat. Proses *hillshade* dapat meningkatkan akurasi ekstraksi kelurusan secara otomatis menggunakan algoritma LINE [17].



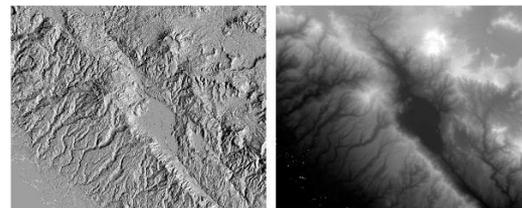
Gambar 9. Peta kelurusan Daerah Suoh.

Peta *shade relief* selanjutnya dilakukan ekstraksi *lineament*. Proses penentuan garis *lineament* dilakukan secara otomatis dikarenakan cakupan daerah penelitian yang luas. Ekstraksi *lineament* dilakukan secara otomatis dengan menggunakan *software* PCI Geomatica. Algoritma LINE terdiri dari tiga tahap: *edge detection*, *thresholding*, dan ekstraksi kurva. Hasil garis ekstraksi *lineament* bergantung pada nilai parameter yang dimasukkan dalam *software* PCI

Tabel 2. Parameter ekstraksi kelurusan otomatis.

Jenis Parameter Input	Nilai Ekstraksi
RADI (<i>Filter Radius</i>)	15 Pixel
GTHR (<i>Gradient Threshold</i>)	60 Pixel
LTHR (<i>Length Threshold</i>)	20 Pixel
FTHR (<i>Line Fitting Error Threshold</i>)	3 Pixel
ATHR (<i>Angular Difference Threshold</i>)	30°
DTHR (<i>Linking Distance Threshold</i>)	10 Pixel

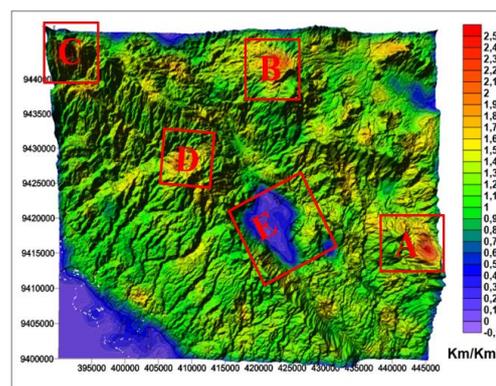
Geomatica. Enam parameter ini antara lain yaitu Tabel 2. Dilakukan beberapa input variasi nilai parameter (*threshold*) yang dipilih berdasarkan beberapa referensi acuan juga dengan memperkirakan hasil fitur kelurusan yang paling sesuai dan mencerminkan struktur geologi (patahan maupun rekahan).



Gambar 11. Shade relief pada data DEM.

Karakteristik patahan maupun rekahan yang dijadikan bahan pertimbangan ialah panjang, kelengkungan, segmentasi, separasi, arah dan sebagainya. Penentuan arah dari suatu kelurusan hasil ekstraksi yaitu data kelurusan tersebut dikonversi menjadi diagram roset. Diagram roset akan merepresentasikan nilai kelurusan berdasarkan parameter vektor (arah dan besaran) fenomena itu dalam arah tertentu dan banyaknya jumlah kejadian.

Data DEM *hillshade* dengan sudut *sun azimuth* yang berbeda-beda menghasilkan arah kelurusan yang berbeda. Pada data DEM yang telah diberi *shade relief* lalu dilakukan deliniasi kelurusannya secara otomatis menghasilkan arah dominan kelurusan N 130° E, yaitu pada arah barat laut-tenggara seperti pada (Gambar 11). Berdasarkan hasil analisis tersebut pada arah kelurusan ini selaras dengan struktur struktur geologi yang terdapat pada daerah penelitian.



Gambar 10. Peta densitas kelurusan (FFD) Daerah Suoh.

Karena pola sesar pada Daerah Suoh yaitu sesar berarah barat laut-tenggara. Dari diagram roset dapat dilihat bahwa kelurusan yang dihasilkan secara otomatis menggunakan algoritma LINE hanya dapat mengidentifikasi arah kelurusan yang dominan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan densitas kelurusan akan menghitung panjang dari kelurusan per satu kilometer, semakin panjang (rapat) kelurusan dalam satu kilometer maka akan tinggi nilai desitasnya [18]. Peta kerapatan kelurusan (*lineament density*) pada Gambar 11 memberikan informasi mengenai anomali kerapatan patahan dan rekahan yang digunakan untuk memprediksi adanya zona lemah yang terdapat banyak patahan atau sesar.

Semakin besar tingkat kerapatan *lineament* maka semakin menunjukkan adanya sesar. Daerah yang memiliki anomali kerapatan kelurusan paling tinggi diindikasikan dengan adanya struktur sesar. Struktur sesar tersebut berasosiasi dengan kelurusan-kelurusan yang ada di daerah tersebut yang merefleksikan gambaran dari topografi berupa kelurusan sungai, kelurusan lembah, struktur sesar maupun rekahan, dan kontak batuan [11].

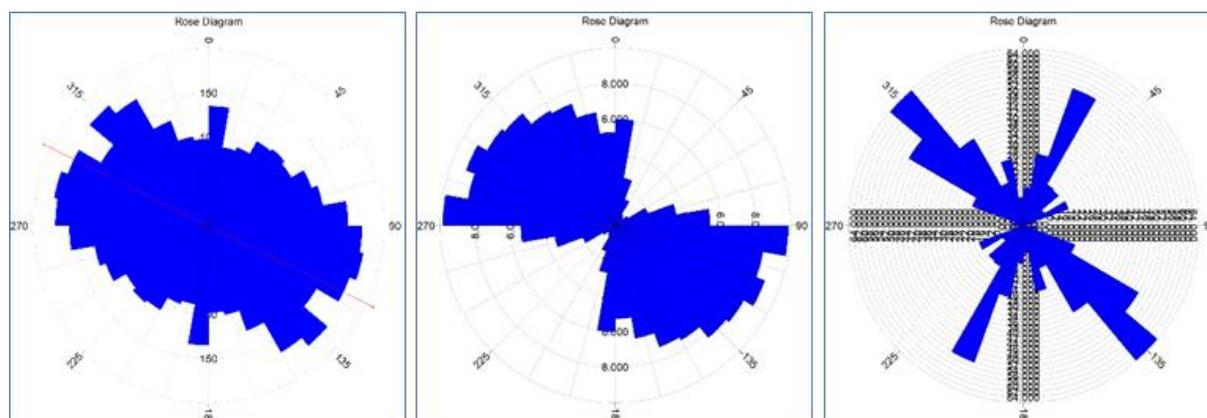
Daerah penelitian dikelompokkan menjadi empat kelas densitas, yaitu densitas tinggi (2 sampai 2,6 km/km²) yang ditunjukkan dengan warna merah, densitas sedang (1 sampai 1,9 km/km²) yang ditunjukkan dengan warna hijau-jingga, densitas rendah (-0,1 sampai 0,9 km/km²) dengan warna hijau tua- ungu.

Peta FFD berdasarkan hasil *lineament density* (Gambar 11) memperlihatkan wilayah dengan densitas tinggi (wilayah A, B dan C), densitas sedang (wilayah D), dan densitas rendah

(wilayah E). Wilayah A, B dan C memiliki kelurusan yang rapat sehingga nilai densitas tinggi, ini artinya daerah tersebut diprediksi terdapat rekahan yang mana merupakan daerah tempat keluarnya manifestasi panasbumi. Dengan kata lain wilayah ini yang memiliki permeabilitas baik yang disebut sebagai zona lemah. Data geologi yang mendukung ialah bahwa wilayah B (daerah Gunung Sekincau) tersusun oleh batuan vulkanis dengan umur relatif muda (kuarter) dan terdapat beberapa manifestasi mata air panas. Manifestasi mata air panas yang keluar disebabkan adanya bentukan kawah hasil erupsi Gunung Sekincau tua, sehingga timbul patahan atau struktur sesar normal di sekitar zona depresi kawah. Oleh karena itu dapat dilihat banyak bentuk kelurusan di sekitar lereng gunung menyebabkan tingginya densitas kelurusan di daerah tersebut. Pada wilayah A dan C meskipun tidak terdapat manifestasi seperti mata air panas, hal yang menyebabkan densitasnya tinggi diprediksi akibat banyak terdapat sesar yang terpetakan oleh peta regional.

Selain itu, wilayah D memiliki kelurusan yang tidak lebih rapat dari wilayah A, B dan C sehingga nilai densitasnya sedang. Pada wilayah tersebut tidak terdapat manifestasi seperti mata air panas, mengingat wilayah ini tidak termasuk dalam batas sistem geothermal di Suoh-Sekincau. Pada wilayah ini terdapat sesar yang terpetakan oleh peta regional.

Pada wilayah E merupakan wilayah dengan densitas rendah. Wilayah E memiliki sedikit kelurusan sehingga nilai densitas rendah, ini artinya daerah tersebut diprediksi tidak banyak terdapat rekahan. Wilayah E merupakan Danau Suoh yang berbentuk cekungan yang bertipe pull-apart akibat struktur sesar atau patahan mendatar dari segmen Semangko. Terdapat beberapa manifestasi mata air panas di sekitar zona lemah Danau Suoh, akibat dari patahan, rekahan, juga kontak batuan dalam hal ini batuan endapan Aluvium dengan Formasi Hulusimpang.



Gambar 12. Diagram roset (a) SVD (b) deliniasi kelurusan (c) struktur geologi.

Berdasarkan perhitungan kelurusan dari metode SVD, analisis lineament, dan struktur geologi regional diplot pada suatu diagram roset yang dapat dilihat pada Gambar 12. Dasar perhitungan diagram roset memperhitungkan panjang kelurusan pada arah tertentu yang dibandingkan dengan total kelurusan yang ada. Dapat dilihat pada diagram roset yang dihasilkan bahwa arah dari kelurusan di daerah penelitian menunjukkan kesamaan arah dominan baratlaut-tenggara. Arah ini sesuai dengan arah dari tegasan utama Pulau Sumatera yang dikontrol oleh Sesar Besar Sumatera yang juga berarah baratlaut-tenggara.

4. Kesimpulan

Terdapat beberapa area yang kerapatan patahannya tinggi (2 sampai 2,6 km/km²) pada peta FFD mengindikasikan adanya struktur patahan dangkal. Struktur patahan pada Daerah Suoh berdasarkan analisis SVD, deliniasi kelurusan menghasilkan informasi orientasi kelurusan berarah barat laut-tenggara, selaras dengan struktur geologi regional Daerah Suoh.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada TOPEX dan DEMNAS yang telah mendukung ketersediaan data sehingga dapat digunakan bagi penelitian ini. Juga kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

Referensi

- [1] Bellier, O., Bellon, H., Sébrier, M., Sutanto, and Maury, R. C., K-Ar age of the Ranau Tuffs: Implications for the Ranau caldera emplacement and slip-partitioning in Sumatra (Indonesia), *Tectonophysics*, **312**(2-4), pp. 347–359, 1999.
- [2] Zaennudin, A., Wahyudin, D., Surmayadi, M. and Kusdinar, E., Prakiraan bahaya letusan Gunung Api Ijen Jawa Timur, *J. Lingkung. dan Bencana Geol*, **3**(2), pp. 109–132, 2012.
- [3] Massinai, M. A. and Syamsuddin, R., Struktur Geologi Sulawesi Barat Ditinjau dari Kelurusan Geomorfologi Regional, *J. Geod. Undip*, **2**(3), pp. 62–65, 2018.
- [4] Qin, Q., Zhang, N., Nan, P. and Chai, L., Geothermal area detection using Landsat ETM+ thermal infrared data and its mechanistic analysis-A case study in Tengchong, China, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, **13**(4), pp. 552–559, 2011.
- [5] Iqbal, M. and Juliarka, B. R., Analisis Kerapatan Kelurusan (Lineament Density) di Lapangan Panasbumi Suoh-Sekincau, Lampung, *J. Sci. Appl. Technol*, **3**(2), pp. 61, 2019.
- [6] Sarkowi, M., Wibowo, R. C. and Karyanto, Geothermal Reservoir Identification in Way Ratai Area Based on Gravity Data Analysis Geothermal Reservoir Identification in Way Ratai Area Based on Gravity Data Analysis, *J. Phys. Conf. Ser*, **2110**, 2021.
- [7] Amin, W. G. T. C., Sidarto. dan Santosa, S., Peta Geologi Lembar Kotaagung, Sumatera: Geological Map of the Kotaagung Quadrangle, Sumatera, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, 1993.
- [8] Zaenudin, A., Sarkowi, M., Pambudi, G. and Sinambela, R. Z., Analisis Zona Mineralisasi Emas Dengan Metode Derivative dan Pemodelan 3D Anomali Gayaberat, Studi Kasus: Pongkor, Jawa Barat, *Semin. Nas. AVoER XI 2019*, May, pp. 23–24, 2019.
- [9] Sarkowi, M., Sawitri, R. F., Mulyatno, B. S. and Wibowo, R. C., Wai Selabung geothermal reservoir analysis based on gravity method, **10**(2), pp. 45–63, 2021.
- [10] Shandini, Y., Mouzong, M. P., Onguene, R., Tomedi, M. E., Etame, J. and Essimbi, B. Z., Automatic extraction and geospatial analysis of lineaments and their tectonic significance in south Cameroon area using remote sensing techniques and GIS, *Anu. do Inst. Geociencias*, **43**(4), pp. 319–329, 2020.
- [11] Suryantini. and Wibowo, H., Application of Fault and Fracture Density (FFD) Method for Geothermal Exploration in Non-Volcanic Geothermal System; a Case Study in Sulawesi-Indonesia, *Proc. World Geotherm. Congr*, April, pp. 25–29, 2010.
- [12] Sarkowi, M. and Wibowo, R. C., Reservoir Identification of Bac-Man Geothermal Field Based on Gravity Anomaly Analysis and Modeling, *J. Appl. Sci. Eng*, **25**(2), pp. 329–338, 2021.
- [13] Elkins, T. A., The second derivative method of gravity interpretation, *Geophysics*, **16**(1), pp. 29–50, 1951.
- [14] Setiadi, N. D., Diyanti, I. dan Ardi, A., Interpretasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Leuwidamar Berdasarkan Analisis Spektral Data Gaya Berat, *J. G. S. M.*, **15**(4), pp. 205–214, 2014.
- [15] Blakely, R. J., *Potential Theory in Gravity and Magnetic*, 1996.
- [16] Richards, J. A. dan Jia, X., *Remote Sensing and Image Analysis 4th Edition*, Springer-Verlag, New York, 2006.

- [17] Nugroho, U. C. dan Susanto., Ekstraksi Kelurusan (Linement) Secara Otomatis Menggunakan Data DEM SRTM Studi Kasus : Pulau Bangka, Proc. Pertem. Ilm. Tah. XX, **1**, pp. 775-780, 2015.
- [18] Silverman, B. W., Density Estimation for Statistics and Data Analysis, Champman and Hall, New York, 1986.