



Potensi Kebencanaan dan Sumberdaya Panas Bumi di Daerah Kuningan dan Sekitarnya Berdasarkan Analisis Data Geomagnet dan Peta Citra Demnas

Potency of Disasters and Geothermal Resources in Kuningan and Nearby Areas Based on Geomagnetic Analysis and Demnas Image Maps

G.M. Lucki Junursyah¹ dan Usna Zainun Nasrulloh Zamhar²

¹Pusat Survei Geologi, Jl. Diponegoro No.57 Bandung 40122.

²Ex Mahasiswa Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya, Jl.Veteran, Malang 65145.

email: g.junursyah@esdm.go.id; usna2srul@gmail.com

Naskah diterima: 04 April 2022, Revisi terakhir: 20 Juli 2022, Disetujui: 20 Juli 2022, Online: 21 Juli 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.2.97-111>

Abstrak - Daerah Kuningan dan sekitarnya berada pada bagian zona lajur struktur Pamanukan-Cilacap yang memiliki bentang dan wisata alam indah, termasuk di dalamnya pemandian air panas Sangkanhurip. Dalam upaya pengembangan potensi alam tersebut diperlukan penyelidikan terintegrasi untuk mengetahui potensi kebencanaan dan sumberdaya yang terkandung di dalamnya, salah satunya dengan melakukan survei geofisika metode geomagnet yang dikorelasikan dengan peta citra Demnas. Hasil analisis dan penafsiran metode tersebut di daerah penyelidikan yang dialasi oleh batuan sedimen Miosen-Plistosen dan tertutupi secara tak selaras oleh batuan vulkanik Kuartar dengan ketebalan mencapai 64,81 m hingga 473,39 m, memperlihatkan hubungan struktur geologi yang berperan aktif terhadap pembentukan zona potensi tanah longsor (kemiringan terjal) dengan total luas 1.017 Ha, zona potensi gempa bumi (area batuan sedimen lunak) dengan total luas 1.878 Ha, dan zona potensi sumberdaya panas bumi (adanya struktur, gradien geothermal dan mata air panas) dengan total luas 75,5 Ha.

Katakunci: Geomagnet, Kuningan, peta citra, zona potensi.

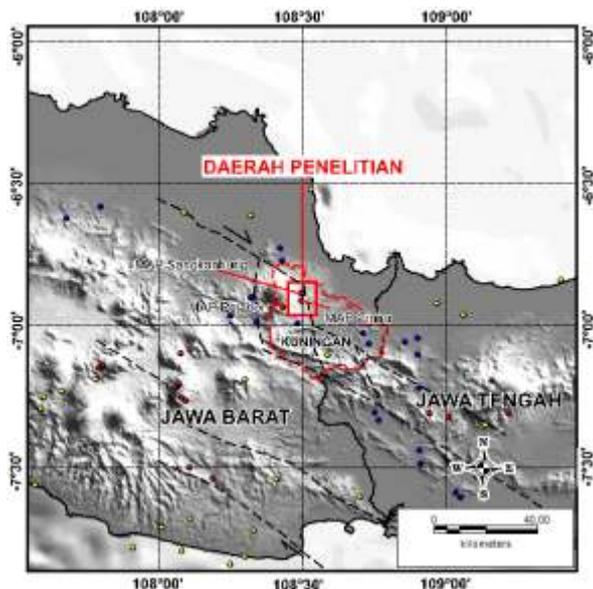
Abstract - The Kuningan area and nearby areas are part of the Pamanukan-Cilacap structure zone which has beautiful geomorphology and natural tourism destinations, including the Sangkanhurip hot spring. Research on geophysics survey with the geomagnetic method and correlated with Demnas image maps is required for the development of this natural tourism destination. The purpose is to interpret the potency of disasters and resources. The results of the analysis and interpretation of this method in the research area with Miocene-Pleistocene sedimentary rocks basement and covered inharmoniously by Quaternary volcanic rocks with a thickness from 64.81 m to 473.39 m, shows the relation of geological structures that acts on the formation of landslide potential zones (steep slope) in total area is 1,017 Ha, an earthquake potential zone (areas of soft sedimentary rocks) with a total area is 1,878 Ha, and a potential of geothermal resource zone (the presence of structure, geothermal gradient and hot springs) with a total area is 75.5 Ha.

Keywords: Geomagnetic, Kuningan, image maps, potential zone.

PENDAHULUAN

Daerah penyelidikan termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Kuningan, Jawa Barat, secara regional berada pada bagian zona lajur struktur Pamanukan-Cilacap (Armandita dkk., 2009) yang memanjang melalui daerah Kuningan (di sekitar lereng Gunung Ciremai) hingga Majalengka (Gambar 1). Aktivitas struktur ini ditandai oleh adanya beberapa kejadian gempabumi pada tahun 2010 - 2020 dalam radius 100 km dari daerah penyelidikan (WebDC3, 2020), kejadian gempa bumi di daerah Kuningan pada tanggal 29 September 2019 dengan kekuatan magnitudo 2.9 MMI (Nursastri, 2019), manifestasi mata air panas yang muncul di daerah Sangkanhurip seluas 10 Km² (25 MW), Pejabon seluas 20 Km² (135 MW), dan Ciniro (75 MW) (Prabowo, 2017), serta rembesan minyak dan gas yang secara umum mengikuti zona lajur struktur ini (Satyana, 2015).

Untuk mengetahui perkembangan struktur geologi bawah permukaan di daerah penyelidikan, maka dilakukanlah survei geofisika yang salah satunya adalah metode geomagnet. Metode ini dapat digunakan untuk penentuan struktur geologi besar seperti sesar, lipatan-lipatan, intrusi batuan beku, dan cekungan sedimen, berdasarkan sifat kemagnetan batuan (Untung, 2001). Hasil penafsiran metode geomagnet yang dikorelasikan dengan analisis peta citra, dilakukan untuk mengetahui penyebaran pembentukan struktur permukaan dengan bawah permukaan, serta hubungannya dengan potensi sumberdaya alam (panas bumi) dan kebencanaan.



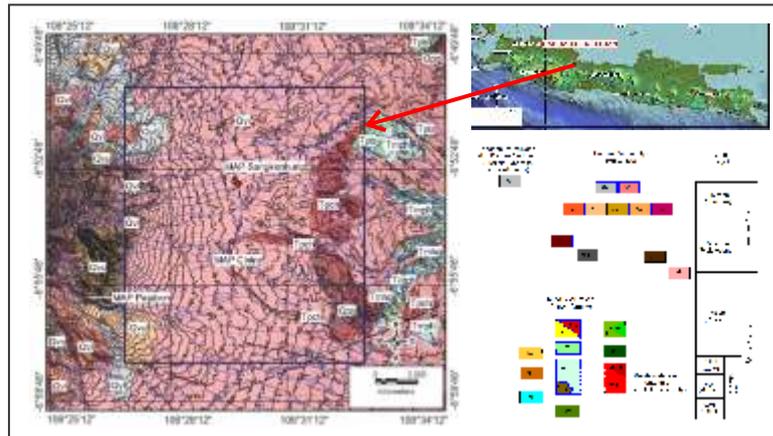
Gambar 1. Lokasi daerah penyelidikan (kotak merah) yang dikorelasikan dengan lajur struktur Pamanukan-Cilacap (garis hitam putus-putus) (Armandita dkk., 2009), posisi episenter gempa bumi (warna kuning), manifestasi mata air panas (titik merah), dan rembesan minyak dan gas (titik biru).

Geologi Daerah Penyelidikan

Geologi daerah penyelidikan (Gambar 2) termasuk ke dalam Peta Geologi Regional skala 1:100.000 Lembar Ardjawinangun (Djuri, 1995) dan Cirebon (Silitonga dkk., 1996), disusun atas satuan batuan yang tersingkap dari tua ke muda berturut-turut terdiri dari Anggota Gunung Hurip Formasi Halang (Tmhg), Formasi Halang (Tmph), Formasi Kulibiuk (Tpb), Formasi Ciherang (Tpch), Formasi Gintung (Qpg), Hasil Gunungapi Tua Tak Teruraikan (Qvu), Hasil Gunungapi Tua-Lava (Qvl), Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan (Qyu), Hasil Gunungapi Muda-Lava (Qyl), dan Aluvium (Qa).

Formasi batuan tertua yang tersingkap adalah Anggota Gununghurip Formasi Halang (Tmhg) terdiri atas breksi sedimen gunungapi dan konglomerat bersusunan andesit dan basal, bersisipan batupasir, serpih, dan batulempung pasiran, berumur Miosen Tengah dengan tebal ± 150 m, menjemari dengan Formasi Halang dan menindih tak selaras Formasi Pemali (Tmp). Formasi Halang (Tmph) terdiri atas batulempung dan napal, batupasir wake gampingan, serta batugamping, berumur Miosen Tengah-Pliosen Awal dengan tebal ± 2400 m. Formasi Kulibiuk (Tpb) terdiri atas batupasir tufan, batupasir kasar, batulempung, dan batulanau, yang diendapkan pada lingkungan pasang surut pada umur Pliosen Awal - Pliosen Tengah dengan ketebalan ± 300 m. Formasi Ciherang (Tpch) terdiri atas persilangan antara breksi gunungapi, batupasir tufan, dan konglomerat, berumur Pliosen Tengah yang diendapkan pada lingkungan darat - peralihan, menjemari dengan Formasi Cijolang (Tpcl), Formasi Kalibiuk, dan bagian bawah Formasi Tapak (Tpt). Formasi Gintung (Qpg) terdiri atas perselingan batulempung tufan, batupasir tufan, konglomerat, dan breksi, berumur Plistosen Tengah - Akhir yang diendapkan pada lingkungan darat - peralihan dengan ketebalan ± 90 m.

Keseluruhan Formasi batuan sedimen tersebut secara tidak selaras ditutupi oleh Formasi batuan gunungapi berumur Kuartar, yaitu: Hasil Gunungapi Tua Tak Teruraikan (Qvu) terdiri atas breksi gunungapi, lahar, lava bersifat andesit dan basalt; Hasil Gunungapi Tua-Lava (Qvl) terdiri atas aliran lava tua andesit; Hasil Gunungapi Muda Tak Teruraikan (Qyu) terdiri atas breksi, lava bersifat andesit dan basal, pasir tufan, lapili, yang penyebarannya dominan di daerah penyelidikan; Hasil Gunungapi Muda-Lava (Qyl) terdiri atas aliran lava muda G.Ciremai. Keseluruhan Formasi batuan tersebut ditindih secara tak selaras oleh Aluvium (Qa) berumur Holosen.



Gambar 2. Batas lokasi penyelidikan yang dikorelasikan dengan peta geologi dan stratigrafi regional (modifikasi dari Djuri, 1995; Silitonga dkk., 1996), serta posisi manifestasi mata air panas Sangkanhurip, Ciniru, dan Pejabon (titik merah).

Daerah penyelidikan secara fisiografi termasuk ke dalam Zona Bogor utara bagian timur (Van Bemmelen, 1949), dipengaruhi oleh sesar Baribis yang memanjang dari Subang hingga pematang Baribis di kaki Gunung Ciremai, sehingga membentuk pola struktur secara umum yang berarah barat-timur (Hilmi & Haryanto, 2008). Pembentukan lipatan dan sesar naik diduga akibat adanya gaya kompresi terhadap batuan sedimen Neogen dengan arah relatif selatan baratdaya - utara timurlaut, sedangkan sesar normal terbentuk pada Kuartar akibat adanya gaya tegangan yang berkaitan dengan keterjadiannya Gunung Ciremai. Pengangkatan dan pelipatan lemah masih berlangsung hingga kini dicirikan oleh adanya undak sungai di beberapa bukit (Silitonga dkk., 1996). Pada tahun 1937 terbentuk gawir-gawir pada puncak Gunung Ciremai yang berarah utara-selatan dan diikuti oleh letusan freatik, yang runtuhnya menekan batuan sedimen Neogen serta beberapa blok struktur patahan Kuartar (Van Padang, 1937 dalam Van Bemmelen, 1949).

Untuk mengetahui perkembangan struktur geologi bawah permukaan di daerah penyelidikan, maka dilakukanlah survei geofisika yang salah satunya adalah metode geomagnet. Metode ini dapat digunakan untuk penentuan struktur geologi besar seperti sesar, lipatan-lipatan, intrusi batuan beku, dan cekungan sedimen, berdasarkan sifat kemagnetan batuan (Untung, 2001). Hasil penafsiran metode geomagnet yang dikorelasikan dengan analisis peta citra, dilakukan untuk mengetahui penyebaran pembentukan struktur permukaan dengan bawah permukaan, serta hubungannya dengan potensi sumberdaya alam (panas bumi) dan kebencanaan.

METODE PENYELIDIKAN

Metode Geomagnet adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mempelajari kondisi bawah permukaan bumi berdasarkan pengukuran kuat medan magnet di permukaan (nanoTesla) yang diakibatkan oleh kontras suseptibilitas batuan, variasi medan magnet bumi, dan medan magnet luar (Telford dkk., 1990; Milsom, 2003). Pengukuran geomagnet di daerah penyelidikan dilakukan oleh Pusat Survei Geologi (Junursyah, 2010) menggunakan peralatan *Proton Precession Magnetometer G-856 Geometrics*, yang diukur secara otomatis setiap 5 menit pada satu titik pengukuran yang tetap (*base*) dan diukur secara manual di lapangan dengan interval ± 500 m (*field*) sehingga menghasilkan 283 titik pengukuran. Proses, analisis, hingga interpretasi data magnet dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu (Gambar 3):

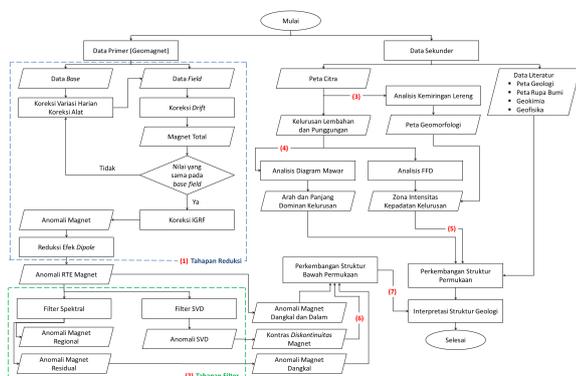
1. Tahapan Reduksi Noise Data Magnet: proses ini terdiri dari reduksi pengaruh medan magnet luar akibat siklus harian matahari dan bulan (VH) hingga mencapai ± 80 nT (Kearey dkk., 2002), reduksi perbedaan pembacaan pada waktu dan posisi yang sama (KA) dan salah apungan (*drift*; Breiner, 1999), serta reduksi akibat efek medan magnet bumi menggunakan data *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF), sehingga menghasilkan nilai anomali magnet ($?H$) yang berhubungan dengan variasi spasial sifat kemagnetan batuan, ditulis dalam persamaan (Blakely, 1996):

Nilai $?H$ yang bersifat dipol kemudian direduksi menjadi

$$H = H_{\text{field}} - VH - KA - \text{Drift} - \text{IGRF} \dots \dots \dots (1)$$

monopol (*Reduced to Equator/RTE*) untuk memposisikan distribusi nilai anomali magnet terukur di

atas benda penyebab anomali itu sendiri (Blakely, 1996) dengan faktor inklinasi mendekati nol. Penggunaan RTE ini berdasarkan lokasi penyelidikan berada dekat dengan ekuator dibandingkan dengan kutub.



Gambar 3. Bagan alir metode penyelidikan yang terdiri dari proses, analisis hingga interpretasi data magnet, dikorelasikan dengan analisis data sekunder untuk mengetahui pembentukan dan perkembangan struktur geologi di daerah penyelidikan.

2. Tahapan Filter Data Magnet: filter spektral menggunakan *Transformasi Fourier* (FFT) pada data anomali magnet RTE dilakukan dengan cara mengambil sampel lintasan data terpilih untuk mengestimasi kedalaman dan memisahkan anomali residual akibat efek kedalaman dangkal dengan anomali regional akibat efek dalam (Olurin dkk., 2015; Setiadi dkk., 2019). Filter *Second Vertical Derivative* (SVD) dengan operasi Elkins (Elkins, 1951 dalam Andari dkk., 2019) dilakukan untuk memunculkan efek dangkal terhadap diskontinuitas anomali magnet yang dapat ditarik menjadi suatu kelurusan.

3. Tahapan Analisis Kemiringan Lereng Berdasarkan Peta Citra Demnas: dilakukan untuk menentukan zonasi kerapatan kontur yang berhubungan dengan klasifikasi pembentukan perbukitan, sehingga menghasilkan peta geomorfologi (Van Zuidam, 1985), dengan cara melakukan penarikan garis diagonal (D) pada setiap grid 1x1 km untuk menghitung total kontur (n) dalam interval kontur 25 m (Ic) yang terpotong oleh garis diagonal, sehingga dapat diketahui kerapatan konturnya dalam persen (S).

$$S = \frac{(n-1) \times Ic}{D} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

4. Tahapan Analisis Kelurusan Berdasarkan Peta Citra Demnas: melakukan penarikan kelurusan secara manual terhadap perbedaan kontras rona dan

kesamaan warna (Hermawan & Rezky, 2011) pada peta citra Demnas (Badan Informasi Geospasial, 2018) yang membentuk pola punggungan dan lembahan, kemudian hasilnya dianalisis menggunakan diagram mawar untuk mengetahui dominasi kelurusan berdasarkan frekuensi dan besaran azimuthnya, serta gaya pembentukannya (Junursyah & Agustya, 2017).

5. Tahapan Analisis *fault and fracture density* (FFD): membuat grid 1x1 km pada peta (ASR) sebagai pembagi dari total perkalian jumlah panjang (L) dan kelurusan (w), untuk mengetahui penyebaran zonasi intensitas FFD. Hasilnya kemudian dikorelasikan dengan analisis kemiringan lereng dan kelurusan untuk mengetahui penyebaran intensitas kepadatan kelurusan yang berhubungan dengan pembentukan perbukitan dan struktur permukaan (Oktoberiman dkk., 2015; Liu dkk., 2016 dalam Saputra & Novrinda, 2016).

$$FFD = \frac{\sum n \times wL}{ASR} \dots\dots\dots (3)$$

6. Tahapan Analisis Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Magnet: Tahapan ini dilakukan untuk menentukan struktur bawah permukaan berdasarkan korelasi dan validasi antara kelurusan yang muncul akibat batas diskontinuitas pada anomali SVD, dengan variasi nilai anomali magnet RTE dan Residual, sebagai representatif dari struktur geologi di bawah permukaan (Junursyah & Agustya, 2017).

7. Tahapan Interpretasi Struktur Geologi di Daerah Penyelidikan: interpretasi perkembangan pembentukan dan penyebaran struktur geologi dari permukaan hingga ke bawah permukaan yang berhubungan dengan potensi sumberdaya panas bumi dan kebencanaan.

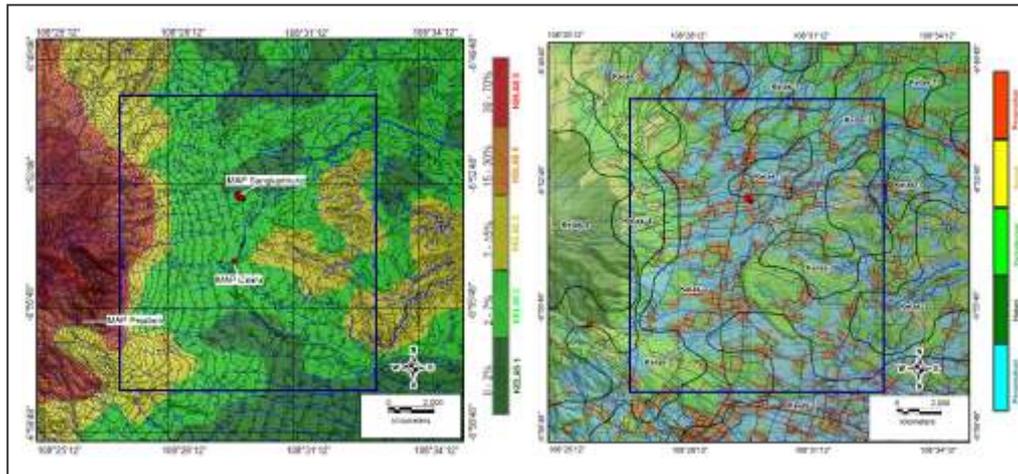
HASIL DAN ANALISIS

Analisis Kemiringan Lereng Berdasarkan Peta Citra Demnas

Analisis kemiringan lereng di daerah penyelidikan berdasarkan klasifikasi zonasi kerapatan kontur memiliki kisaran 0 - 46% (Tabel 1 dan Gambar 4.a), dikorelasikan dengan pola aliran sungai dan peta rupabumi (Bakosurtanal, 1999; Bakosurtanal, 2000) untuk mengetahui sebaran penggunaan lahan (Gambar 4.b) yang terbagi menjadi persawahan (12.120 Ha), perkebunan (12.560 Ha), perumahan (4.951 Ha), semak (1.955 Ha), dan hutan (2.451 Ha), menghasilkan kelas geomorfologi yang terbagi menjadi pedataran hingga perbukitan curam, yaitu (Van Zuidam, 1985):

Tabel 1. Klasifikasi kemiringan lereng di daerah penyelidikan (modifikasi dari Van Zuidam, 1985)

Kelas	Slope	Klasifikasi	Kode
1	0 - 2%	Pedataran (pada n = 1 sampai n = 2)	P
2	2-7%	Perbukitan Landai (pada n = 3 sampai n = 5)	PL
3	7-15%	Perbukitan Miring (Sloping) (pada n = 6 sampai n = 11)	PM
4	15- 30%	Perbukitan Agak Curam (pada n = 12 sampai n = 22)	PAC
5	30-70%	Perbukitan Curam (pada n = 23 sampai n = 40)	PC



Gambar 4. (a) Peta geomorfologi berdasarkan klasifikasi zonasi kerapatan kontur; (b) Peta penggunaan lahan (modifikasi dari Bakosurtanal 1999; Bakosurtanal, 2000) yang dikorelasikan dengan zonasi kerapatan kontur; di daerah penyelidikan (kotak biru).

- Kelas-1 (Pedataran): Penyebaran Kelas ini (6.987 Ha) dengan kemiringan lereng 0-2% dominan berada di bagian selatan dan setempat-setempat di bagian utara peta, menunjukkan penyebaran pedataran yang dilalui oleh aliran sungai permanen berbentuk paralel-subparalel, dengan penggunaan lahan berupa persawahan (52,67%), perkebunan (23,92%), perumahan (23,09%), serta semak dan hutan (0,32%).

- Kelas-2 (Perbukitan Landai): Penyebaran kelas ini (13.800 Ha) dominan di daerah penyelidikan yang semakin menyempit ke arah selatan-baratdaya peta dengan kemiringan lereng 2-7%, dilalui oleh aliran sungai permanen berbentuk paralel-subparalel yang berangsur berubah ke arah hulu menjadi sungai intermitten. Penggunaan lahan berupa persawahan (42,64%), perkebunan (36,07%), perumahan (20,07%), serta semak dan hutan (1,22%).

- Kelas-3 (Perbukitan Miring): Penyebaran kelas ini dengan luas 7.936 Ha dan kemiringan lereng 7-15%, terletak di bagian barat peta dari selatan-utara dengan pola aliran sungai intermitten paralel-subparalel dan di bagian timur peta dengan pola aliran sungai permanen paralel-subdendritik. Penggunaan lahan berupa perkebunan (53,72%), persawahan (27,56%),

semak (11,77%), perumahan (6,81%), dan hutan (0,14%).

- Kelas-4 (Perbukitan Agak Curam): Memiliki kemiringan lereng 15-30% dengan penyebaran berada di bagian barat peta mengikuti bentuk dari lereng Gunung Ciremai seluas 2.940 Ha dan didominasi oleh pola aliran sungai intermitten berbentuk radial paralel-subdendritik. Penggunaan lahan berupa perkebunan (50,54%), semak (23,42%), hutan (12,88%), sawah (12,16%), dan perumahan (1,00%).

- Kelas-5 (Perbukitan Curam): Kelas ini memiliki kemiringan lereng 30-70% dengan pola aliran sungai hampir sama dengan Kelas-4. Penggunaan lahan berupa hutan (86,47%), perkebunan (6,54%), semak (6,33%), dan persawahan (0,66%).

Analisis Kelurusan Berdasarkan Peta Citra Demnas

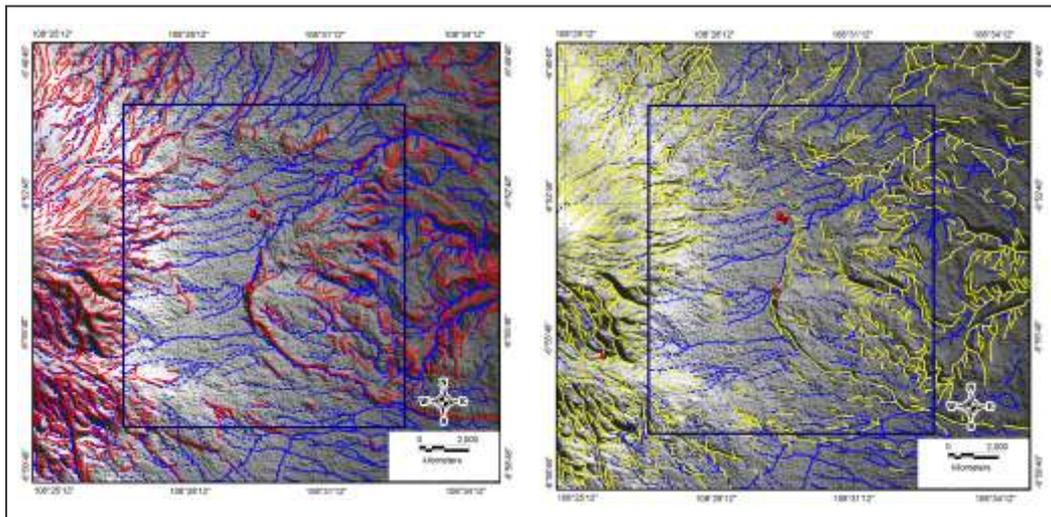
Berdasarkan hasil penarikan kelurusan punggung (Gambar 5.a) dan lembahan (Gambar 5.b) yang dianalisis menggunakan diagram mawar, dapat diketahui dominasi kelurusan di daerah penyelidikan yang berhubungan dengan aktivitas struktur berdasarkan frekuensi dan besaran azimuthnya (Hermawan & Rezky, 2011; Chemong & Chenrai, 2013).

Hasil analisis diagram mawar pada kelurusan punggung (Gambar 6.a), memperlihatkan pembentukan kelurusan akibat dominasi gaya kompresional yang bekerja dari tua ke muda, yaitu periode-I memiliki arah (4) 230°-240° (relatif timurlaut-baratdaya) dengan peningkatan frekuensi ke arah (3) 260°-270° (relatif timur-barat), kemudian dilanjutkan oleh periode-2 yang berkembang dari arah (2) 290°-320° (relatif tenggara-baratlaut) dengan peningkatan frekuensi tertinggi ke arah (1) 270°-290° (relatif timur-barat).

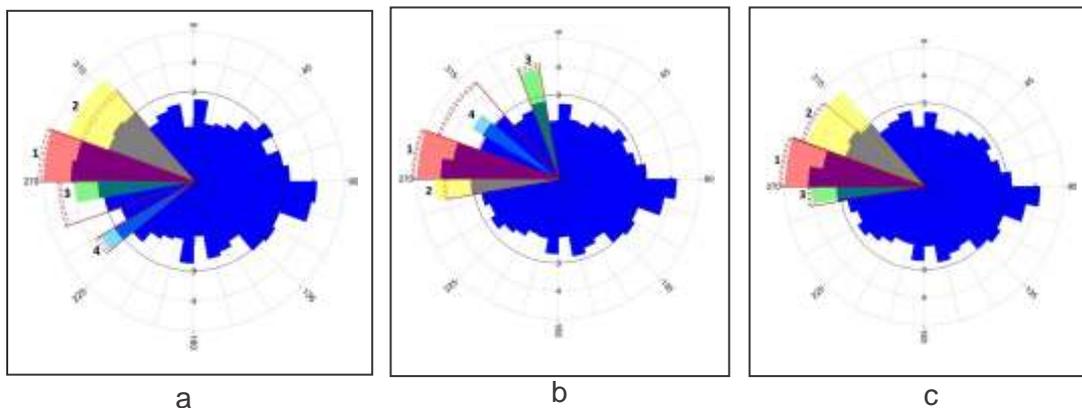
Pada diagram mawar hasil analisis kelurusan lembahan (Gambar 6.b) memperlihatkan pembentukan kelurusan akibat dominasi gaya ekstensional dari tua ke muda, dimulai dari periode-1 yang memiliki arah (4) 300°-310° (relatif tenggara-baratlaut) dengan frekuensi yang berangsur menurun ke arah (3) 340°-350o (relatif selatan-utara),

kemudian dilanjutkan oleh periode-2 yang berkembang dari arah (2) 260°-270° (relatif timur-barat) yang berkembang bersamaan dengan peningkatan frekuensi yang tertinggi ke arah (1) 270°-290°. Untuk mengetahui secara lebih lanjut pembentukan gaya yang paling berperan terhadap kelurusan di daerah penyelidikan, dilakukan penggabungan kelurusan punggung dan lembahan (komposit), maka diketahui dominasinya dari tua ke muda (Gambar 6.c), yaitu:

- Kelurusan berarah 260°-270° (timur-barat): pembentukan kelurusan ini awalnya dipengaruhi oleh gaya kompresional yang menghasilkan kelurusan berarah relatif timurlaut-baratdaya dan meningkat ke arah timur-barat. Hal ini erat hubungannya dengan pembentukan sumbu lipatan dan sesar naik pada sedimen Paleogen-Neogen (Silitonga dkk., 1996), kemudian perkembangannya didominasi oleh pembentukan kelurusan akibat gaya ekstensional.



Gambar 5. (a) Peta penyebaran kelurusan punggung; dan (b) Peta penyebaran kelurusan lembahan di daerah penyelidikan.



Gambar 6. Analisis diagram mawar berdasarkan besaran azimuth yang di plot pada frekuensi azimuth pada kelurusan (a) punggung; (b) lembahan; dan (c) komposit.

- Kelurusan berarah 290°-320° (tenggara-baratlaut): pada awal pembentukan dipengaruhi oleh gaya ekstensional yang menghasilkan kelurusan berarah tenggara-baratlaut yang menurun intensitasnya ke arah selatan-utara. Hal ini erat hubungannya dengan pembentukan sesar normal pada zaman Kuartar dan keterjadian Gunung Ciremai (Silitonga, 1996), kemudian perkembangannya didominasi oleh pembentukan kelurusan akibat gaya kompresional.

-Kelurusan berarah 270°-290° (timur-barat): pembentukan kelurusan ini ditafsirkan sebagai perkembangan gaya kompresional yang terjadi sebelumnya pada arah relatif tenggara-baratlaut dengan peningkatan frekuensi paling tinggi. Hal ini erat hubungannya dengan pembentukan undak-undak sungai di beberapa bukit yang terjadi hingga kini (Silitonga, 1996), serta perkembangan gaya ekstensional yang erat hubungannya dengan pembentukan gawir dan runtutan (Van Padang, 1937 dalam Van Bemmelen, 1949).

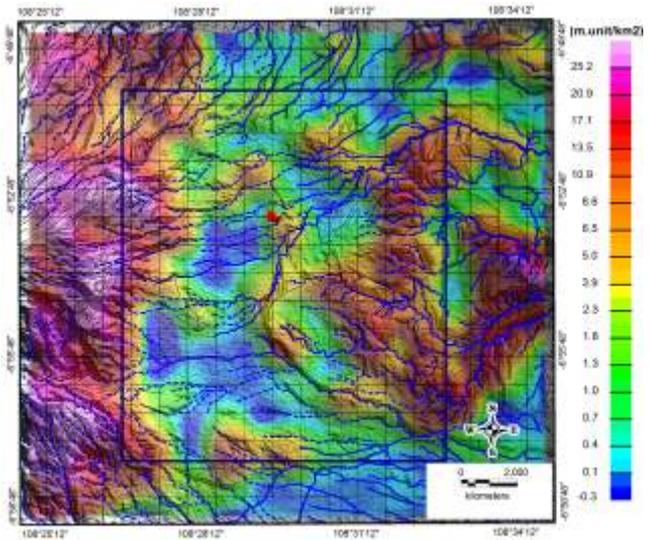
Analisis Fault and Fracture Density

Analisis *Fault and Fracture Density* (FFD) digunakan untuk mengetahui dan memisahkan zona-zona yang memiliki perbedaan intensitas kepadatan kelurusan (Gambar 4.a) yang erat hubungannya dengan pembentukan morfologi permukaan dan zona lemah (Yanis dkk., 2019), memperlihatkan penyebaran intensitas kepadatan kelurusan yang terbagi menjadi empat zona (Gambar 7), yaitu Zona Sangat Rendah (<0.7 m.unit/km²), Zona Rendah (0.7 - 3 m.unit/km²), Zona Tinggi (3 - 10.9 m.unit/km²), dan Zona Sangat Tinggi (>10.9 m.unit/km²).

Hasil korelasi analisis FFD dengan analisis kemiringan lereng dan kelurusan memperlihatkan zona intensitas kepadatan kelurusan yang berhubungan dengan pembentukan perbukitan (Tabel 2) dan dominasi kelurusan disetiap zonanya, terbagi menjadi beberapa zona, yaitu (Gambar 8):

-Zona Sangat Rendah (ZSR): zona dengan tingkat intensitas kelurusan terendah di daerah penyelidikan, ditandai oleh pembentukan pedataran hingga perbukitan landai, dilalui oleh aliran sungai permanen paralel-subdendritik yang berubah menjadi sungai intermitten ke arah hulu, memiliki luas total 8.291 Ha (24,36%) yang didominasi penggunaan lahannya oleh persawahan, perkebunan, dan perumahan. Dominasi kelurusan pada zona ini (Gambar 9.a) dimulai dari arah 290°-320° yang sebanding dengan pembentukan sesar normal akibat gaya ekstensional pada zaman

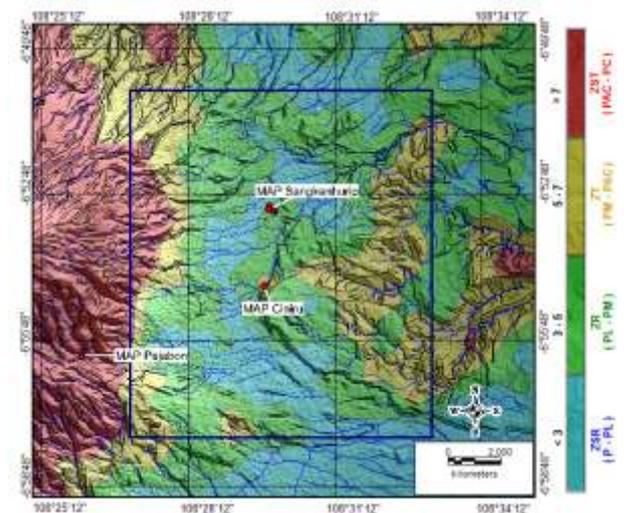
Kuartar, kemudian dilanjutkan oleh arah 260°-270° dengan peningkatan ke arah 270°-290° yang sebanding dengan pembentukan undak-undak sungai yang terjadi hingga saat ini.



Gambar 7. Analisis *Fault and Fracture Density* (FFD) berdasarkan sebaran intensitas.

Tabel 2. Klasifikasi zona intensitas kepadatan kelurusan dikorelasikan dengan pembagian kelas kemiringan lereng di daerah penyelidikan

Zona	Zona+Kelas	Klasifikasi	Kode
1	1 - 2	Zona Sangat Rendah (ZSR)	ZSR (P-PL)
2	2 - 3	Zona Rendah (ZR)	ZR (PL-PM)
3	3 - 4	Zona Tinggi (ZT)	ZT (PM-PAC)
4	4 - 5	Zona Sangat Tinggi (ZST)	ZST (PAC-PC)



Gambar 8. Peta penyebaran zona intensitas kepadatan kelurusan berdasarkan korelasi hasil analisis FFD dengan kemiringan lereng, serta keterapatan kelurusan (garis hitam) di daerah penyelidikan (kotak biru) dan sekitarnya.

- Zona Rendah (ZR): zona dengan total luas terbesar di daerah penyelidikan hingga mencapai 11.910 Ha (34,99%) didominasi penggunaan lahannya oleh persawahan dan perkebunan, ditandai oleh pembentukan perbukitan landai hingga miring yang dilalui oleh aliran sungai permanen paralel-subdendritik dan intermitten. Dominasi kelurusan pada zona ini (Gambar 9.b) dimulai dari arah 260°-270° yang sebanding dengan pembentukan sumbu lipatan dan sesar naik pada sedimen Neogen akibat gaya kompresional, kemudian dilanjutkan oleh arah 290°-310° dengan peningkatan ke arah 270°-290° yang sebanding dengan pembentukan struktur dari zaman Kuartar hingga saat ini.

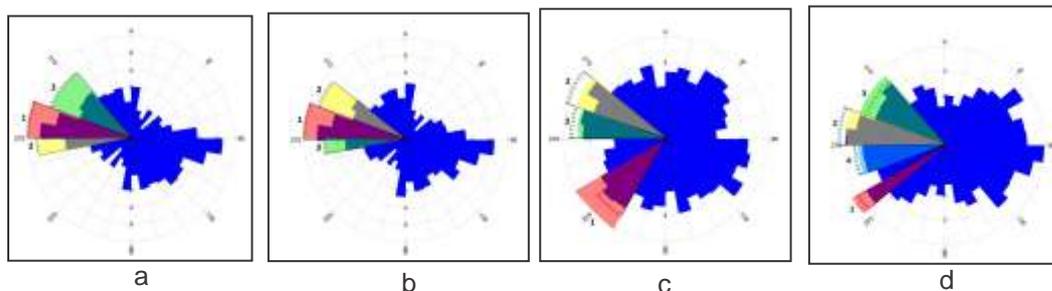
- Zona Tinggi (ZT): arah penyebaran zona ini dengan luas total mencapai 7.437 Ha (21,85%) dan didominasi penggunaan lahan oleh perkebunan, berkembang hampir mengikuti zona ZST di bagian barat dan setempat-setempat di bagian timur dengan arah relatif utara-selatan dari bagian tengah peta ke utara, ditandai oleh pembentukan perbukitan miring hingga agak curam yang dilalui oleh sungai permanen paralel-subdendritik, serta sungai intermitten paralel-subparalel dan radial paralel-subdendritik. Dominasi kelurusan pada zona ini (Gambar 9.c) dimulai dari arah 270°-290° dengan peningkatan ke arah 290°-310° yang sebanding dengan pembentukan struktur dari zaman Kuartar hingga saat ini, kemudian dilanjutkan oleh arah 210°-240° yang ditafsirkan sebanding dengan perkembangan struktur pola Sunda yang terjadi hingga saat ini (Haryanto & Hutabarat, 2017).

Zona Sangat Tinggi (ZST): zona ini memiliki nilai intensitas kepadatan kelurusan tertinggi di daerah penyelidikan dengan luas total mencapai 6.402 Ha (18,81%), ditandai oleh pembentukan perbukitan agak curam hingga curam yang berada di bagian barat peta dengan penyebaran selatan-utara dan di bagian timur secara setempat, penggunaan lahan didominasi

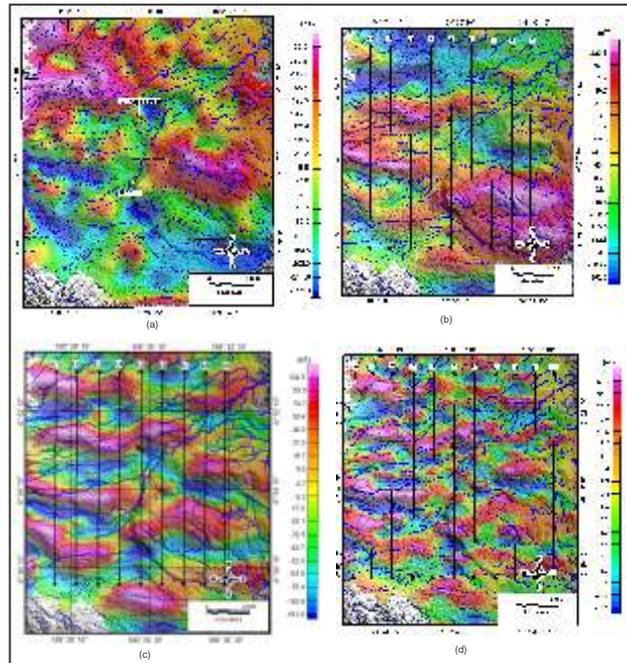
oleh hutan (86,47%), dan dilalui oleh sungai intermitten radial paralel-subdendritik. Dominasi kelurusan pada zona ini (Gambar 9.d) dimulai dari arah 250°-270° yang sebanding dengan pembentukan sumbu lipatan dan sesar naik pada sedimen Neogen akibat gaya kompresional, kemudian dilanjutkan oleh arah 290°-320° dengan peningkatan ke arah 270°-290° yang sebanding dengan pembentukan struktur dari zaman Kuartar hingga saat ini, serta arah 230°-240° yang ditafsirkan sebanding dengan perkembangan struktur pola Sunda (Haryanto & Hutabarat, 2017).

Analisis Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Geomagnet

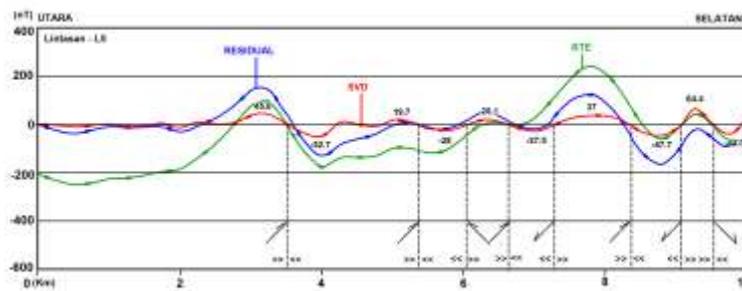
Hasil analisis SVD memperlihatkan penyebaran efek anomali magnet dangkal dari -37,8 nT hingga 50,1 nT (Gambar 10.d) dan kelurusan-kelurusan yang membentuk berbagai model struktur (Gambar 11) berdasarkan respon dari batas diskontinuitas (0 nT) antara nilai anomali magnet absolut positif dan negatif (Reynold, 1997; Sumintadireja dkk., 2018) berupa struktur patahan relatif naik [positif > negatif], patahan relatif normal [positif < negatif], atau patahan mendatar [positif = negatif], dikorelasikan dan divalidasi pula dengan kelurusan yang dibentuk oleh batas antara nilai rendahan dan tinggian pada anomali magnet RTE (Gambar 10.b) dan Residual (Gambar 10.c). Sebaran anomali RTE di daerah penyelidikan memiliki rentang nilai anomali dari -352,6 nT hingga 220,3 nT yang dapat dibagi menjadi tiga zona, yaitu (Gambar 12.a): Zona Rendah (ZRM) yang dibatasi oleh nilai anomali < -120 nT dengan penyebaran mendominasi di bagian tengah ke arah barat peta; Zona Menengah (ZMM) dibatasi oleh penyebaran nilai anomali -120 nT hingga 1,4 nT yang merupakan daerah transisi antara zona rendah dan zona tinggi; serta Zona Tinggi (ZTM) yang dibatasi oleh anomali > 1,4 nT dengan penyebaran mendominasi bagian tenggara ke arah barat laut peta.



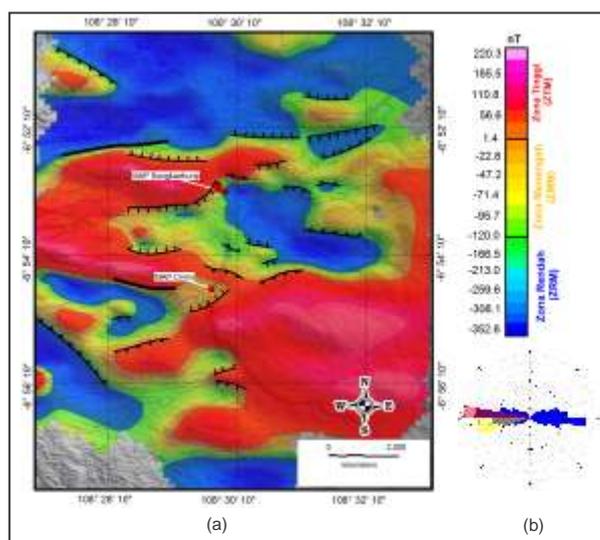
Gambar 9. Analisis diagram mawar berdasarkan besaran azimuth kelurusan regional yang di plot pada frekuensi azimuth, pada zona (a) ZSR; (b) ZR; (c) ZT; dan (d) ZST.



Gambar 10.(a) Peta anomali magnet dan penyebarannya; (b) Peta anomali magnet RTE dikorelasikan dengan pengambilan sampel lintasan pada proses filter spektral dan analisis SVD; (c) Peta anomali Residual; dan (d) Peta anomali SVD; di daerah penyelidikan.



Gambar 11. Contoh analisis model struktur di Lintasan L7 yang didominasi oleh patahan naik dan normal berdasarkan variasi nilai anomali magnet SVD, RTE, dan Residual.



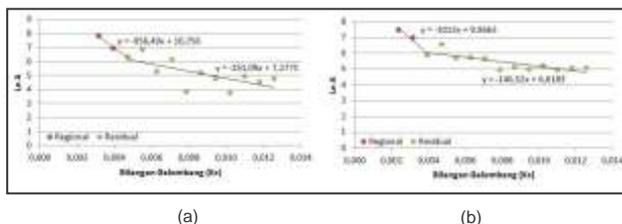
Gambar 12. (a) Penyebaran anomali RTE yang dibagi menjadi Zona ZRM, ZMM, dan ZTM, serta hasil analisis model struktur berdasarkan kelurusan anomali RTE dan SVD; (b) Diagram mawar hasil analisis kelurusan anomali RTE dan SVD berdasarkan korelasi besaran azimuth yang di-plot pada frekuensi azimuth.

Analisis diagram mawar terhadap kelurusan yang terbentuk dari hasil korelasi dan validasi antara anomali RTE dengan SVD memperlihatkan penyebaran secara lateral model struktur yang terbentuk pada kedalaman dangkal hingga dalam didominasi oleh arah 250°-270° (relatif timur-barat) yang mengalami peningkatan ke arah 270°-280° (Gambar 12.b), serta membatasi penyebaran zona tinggi dan rendah secara setempat membentuk suatu tinggian dan deposenter. Hal ini erat hubungannya dengan pembentukan sumbu lipatan dan sesar naik pada sedimen Paleogen-Neogen yang kemungkinan tereaktivitas kembali mengikuti perkembangan pola struktur pada zaman Kuartar (Silitonga dkk., 1996).

Untuk memisahkan batas kedalaman dari efek dalam dan dangkal pada anomali magnet RTE, dilakukan proses filter spektral pada sembilan sampel lintasan yang telah ditentukan (Gambar 10.b), sehingga dapat menunjukkan estimasi batas kedalaman pada anomali regional (efek dalam) dan anomali residual (efek dangkal) dengan melihat bilangan gelombang *cutoff* (Kc) yang dihasilkan, yaitu pada rata-rata 0,00435 cycle/m (Gambar 13). Berdasarkan hasil proses filter spektral ini terlihat batas diskontinuitas kedalaman regional berada pada 432,61 m hingga 1013,0 m dengan rata-rata 736,59 m, sedangkan batas diskontinuitas kedalaman residual berada pada 64,81 m hingga 473,39 m dengan rata-rata 194,54 m (Tabel 3). *High pass filter* bisa digunakan untuk menghasilkan anomali dengan panjang gelombang pendek (anomali residual) dengan meloloskan sinyal lebih tinggi daripada *cutoff*, menghasilkan sebaran anomali residual dengan rentang dari -61,6 nT hingga 134,5 nT yang dapat dibagi menjadi tiga zona, yaitu (Gambar 14.a): Zona Rendah (ZRM) yang dibatasi oleh nilai anomali < -32,9 nT dengan penyebaran berarah relatif timur-barat secara setempat dan memiliki luas total mencapai ± 4537,73 Ha; Zona Menengah (ZMM) dibatasi oleh penyebaran nilai anomali -32,9 nT hingga 19,7 nT yang merupakan daerah transisi antara zona rendah dan zona tinggi; serta Zona Tinggi (ZTM) yang dibatasi oleh anomali > 19,7 nT dan memiliki luas total mencapai ± 4.109,94 Ha, dengan penyebaran berarah relatif timur-barat secara setempat dan hampir paralel bergantian dengan penyebaran zona rendah.

Analisis diagram mawar terhadap kelurusan yang terbentuk dari hasil korelasi antara anomali RTE dan SVD dengan anomali residual (Gambar 14.a), memperlihatkan dominasi kelurusan yang hampir sama, yaitu berarah 260°-270° (relatif timur-barat) dan meningkat ke arah 270°-280° (Gambar 14.b). Hal ini

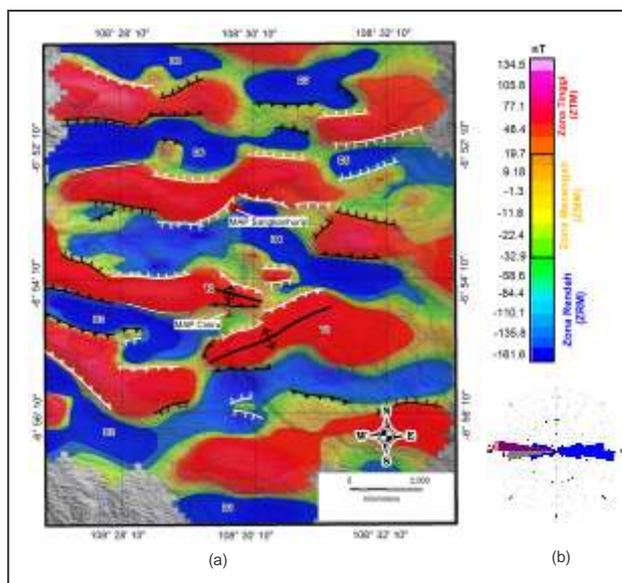
erat hubungannya dengan pembentukan struktur pada sedimen Paleogen-Neogen yang tereaktivitas kembali (Silitonga dkk., 1996), terlihat dari kelurusan yang muncul hampir sejajar pada anomali residual dan RTE (kelurusan berwarna putih), sedangkan kelurusan yang hanya muncul pada anomali residual saja kemungkinan erat hubungannya dengan pembentukan struktur muda pada kedalaman dangkal (kelurusan berwarna hitam).



Gambar 13. Contoh proses pemisahan batas kedalaman regional (efek dalam) dan residual (efek dangkal) dengan menggunakan filter spektral pada (a) Lintasan-3 dan (b) Lintasan-5.

Tabel 3. Batas kedalaman bidang diskontinuitas anomali regional, anomali residual, bilangan gelombang *cutoff* (Kc), dan lebar jendela (N)

Lintasan	Batas Kedalaman Regional	Batas Kedalaman Residual	Kc	N
1	584.74	473.39	0,00328	7.67
2	432.61	244.33	0,00415	6.05
3	956.49	251.09	0,00493	5.10
4	808.68	122.99	0,00549	4.58
5	1013.0	146.52	0,00386	6.51
6	760.45	194.71	0,00391	6.43
7	676.71	152.73	0,00442	5.69
8	680.14	100.29	0,00487	5.16
9	716.50	64.81	0,00422	5.96
Rata-rata	736.59	194.54	0,00435	5.91



Gambar 14. (a) Penyebaran anomali magnet residual yang dibagi menjadi Zona ZRM, ZMM, dan ZTM, serta hasil analisis model struktur berdasarkan kelurusan anomali residual, RTE, dan SVD; (b) Diagram mawar hasil analisis kelurusan anomali residual dan SVD berdasarkan korelasi besaran azimuth yang di-plot pada frekuensi azimuth.

Hasil analisis dari ketiga sebaran anomali magnet terhadap sebaran zona rendah dan tinggi yang berhubungan dengan pembentukan struktur, dapat dibagi menjadi beberapa zona bagian, yaitu sebagai berikut (Gambar 14.a):

-Zona Deposenter: Zona bagian ini diidentifikasi pembentukannya berdasarkan keterdapatan zona rendah (ZRM) pada anomali RTE dan residual yang dapat dibagi menjadi tiga macam zona sebaran, yaitu: Sebaran zona rendah yang meluas ke arah anomali residual ditafsirkan erat hubungannya dengan pembentukan cekungan sedimen (Lewerissa dkk., 2020) relatif dalam, seperti terlihat pada zona D2, D3, D4, dan D5 (Gambar 14.a); Sebaran zona rendah yang menyempit ke arah anomali residual ditafsirkan erat hubungannya dengan pembentukan cekungan sedimen relatif dangkal, seperti terlihat pada zona rendah D1, D6, D7, dan D8; serta sebaran zona rendah hasil perpotongan antara anomali RTE dan residual (zona arsir) ditafsirkan erat hubungannya dengan pembentukan cekungan sedimen yang memiliki tingkat gradien geotermal tinggi. Hal ini ditandai oleh adanya kemunculan manifestasi mata air panas Sangkanhurip yang terletak pada zona D4, mata air panas Ciniru yang terletak pada zona transisi D3, dan mata air panas Pejambon (di luar daerah penyelidikan) yang kemungkinan terletak pada zona D2, secara dominan dibatasi oleh struktur dalam yang tereaktivitas kembali.

Zona Tinggian: Zona ini diidentifikasi pembentukannya berdasarkan keterdapatan sebaran zona tinggi (ZTM) pada anomali RTE dan residual yang dapat dibagi menjadi dua macam zona sebaran, yaitu: Sebaran zona tinggi yang menyempit ke arah anomali residual ditafsirkan erat hubungannya dengan dengan pembentukan struktur antiklin (T1 dan T2) dan pembentukan punggung akibat terangkatnya batuan beranomali magnet tinggi ke permukaan; serta sebaran zona tinggi yang meluas ke arah anomali residual ditafsirkan erat hubungannya dengan pembentukan sedimen beranomali magnet tinggi dan pembentukan punggung pada kedalaman relatif dangkal.

DISKUSI

Hasil analisis kelurusan anomali magnet RTE dan residual yang dikorelasikan dengan keterdapatan kelurusan di permukaan, memperlihatkan penyebaran kelurusan struktur geologi bawah permukaan dari tua ke muda, yaitu (Gambar 15):

-Kelompok Sesar A: ditafsirkan pembentukannya

berada di bawah permukaan relatif dalam hingga dangkal yang diidentifikasi berdasarkan korelasi kemunculan kelurusan yang hampir sejajar pada anomali RTE dan residual, sehingga dapat ditarik suatu kelurusan (berwarna biru). Penyebaran kelurusan ini berada di tengah daerah penyelidikan dan makin dominan ke arah tengah. Berdasarkan dominasi arah kelurusan yang relatif timurlaut-baratdaya dan meningkat ke arah relatif timur-barat, ditafsirkan pembentukan sesar A ini pada awalnya dipengaruhi oleh gaya kompresional yang membentuk sumbu lipatan dan sesar naik pada sedimen Paleogen-Neogen (Silitonga dkk., 1996), kemudian perkembangannya didominasi oleh gaya ekstensional yang diperlihatkan oleh pembentukan sesar normal.

-Kelompok Sesar B: ditafsirkan pembentukannya berada di bawah permukaan relatif dalam yang berkembang hingga ke permukaan yang diidentifikasi berdasarkan korelasi kemunculan kelurusan yang hampir sejajar pada anomali RTE, residual, dan kelurusan di permukaan, sehingga dapat ditarik suatu kelurusan (berwarna magenta). Penyebaran kelurusan ini dominan pada bagian barat hingga tengah daerah penyelidikan. Berdasarkan dominasi arah kelurusan yang relatif timur-barat, ditafsirkan pembentukan sesar ini berasal dari kelurusan yang terbentuk pada sedimen Paleogen-Neogen dan tereaktivitas kembali pada zaman Kuartar hingga saat ini (Silitonga dkk., 1996).

-Kelompok Sesar C: ditafsirkan pembentukannya berada di bawah permukaan relatif dangkal yang berkembang hingga ke permukaan yang diidentifikasi berdasarkan korelasi kemunculan kelurusan yang hampir sejajar pada anomali residual dan kelurusan di permukaan (kelurusan berwarna merah), dengan penyebaran dominan dari bagian tengah hingga ke utara daerah penyelidikan. Berdasarkan dominasi arah kelurusan yang relatif timur-barat, ditafsirkan pembentukan sesar ini berhubungan dengan pembentukan undak-undak sungai di beberapa bukit (Silitonga dkk., 1996), serta pembentukan gawir dan runtuh (Van Padang, 1937 dalam Van Bemmelen, 1949) yang terjadi hingga saat ini.

Korelasi antara zona intensitas kepadatan kelurusan dari hasil analisis FFD dengan zona anomali magnet RTE dan residual, dilakukan untuk mengidentifikasi dan membatasi zona-zona berpotensi kebencanaan dan sumberdaya panas bumi (Gambar 15), dihubungkan pula dengan pembentukan kelurusan struktur geologi (Tabel 4), sehingga dapat terbagi menjadi beberapa zona, yaitu:

-Zona Berpotensi Tanah Longsor (TL): Diidentifikasi dan dibatasi oleh zona tinggian anomali magnet RTE - residual yang berhubungan dengan pembentukan struktur antiklin dan punggung, serta terletak pada

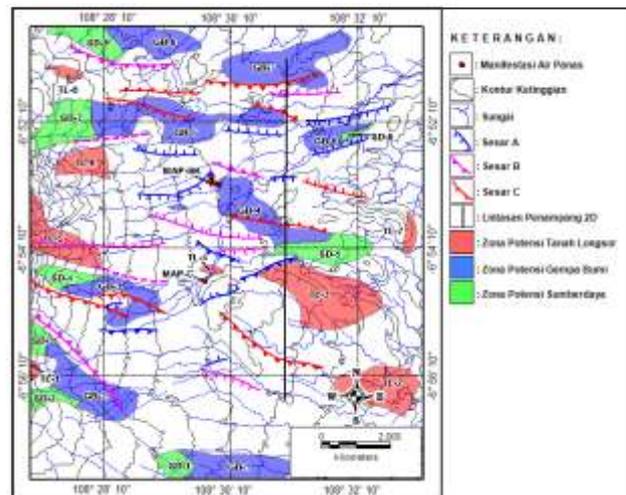
zona ZT - ZST yang berhubungan dengan pembentukan perbukitan miring hingga curam berpola aliran sungai paralel - subdendritik. Hal ini ditafsirkan erat kaitannya dengan penipisan sedimen di permukaan dengan kemiringan curam, sehingga meningkatkan faktor bidang gelincir (kedap air) di bawah permukaan yang dapat memicu terjadinya longsor (Paimin dkk., 2009), dengan luas total zona ± 1.017 Ha (TL-1 hingga TL-8) yang didominasi oleh perkebunan dan hutan, serta secara setempat oleh perumahan (TL-2, TL-3, TL-5, dan TL-6). Peningkatan potensi tanah longsor pada zona TL-3 dipengaruhi dan dibatasi oleh keterdapatan sesar A di bagian hanging wall yang tidak mengalami reaktivitas hingga ke permukaan (Gambar 15), sedangkan pada zona TL-5 dan TL-6 dipengaruhi oleh keterdapatan sesar B yang mengalami reaktivitas hingga ke permukaan, sehingga zona ini ditafsirkan sebagai zona yang paling berpotensi mengalami tanah longsor.

- Zona Berpotensi Gempa Bumi (GB): Diidentifikasi dan dibatasi oleh zona depositer anomali magnet RTE - residual yang berhubungan dengan pembentukan cekungan sedimen relatif dalam, serta terletak pada zona ZSR - ZR yang berhubungan dengan pembentukan pedataran hingga perbukitan miring berpola aliran sungai paralel - subdendritik. Hal ini ditafsirkan erat kaitannya dengan pembentukan cekungan sedimen relatif dalam dan terjadi hingga saat ini dengan membentuk suatu pedataran, sehingga dapat meningkatkan efek amplifikasi apabila terjadi gempa bumi (Koesume, 2018). Peningkatan zona ini (GB-1 hingga GB-8) dengan total luas ± 1.878 Ha terjadi pada zona GB-6 yang dipengaruhi dan dibatasi oleh keterdapatan sesar A pada bagian hanging wall; zona GB-2 dan GB-8 yang dipengaruhi oleh keterdapatan sesar B; zona GB-7 yang dipengaruhi oleh keterdapatan sesar B dan sesar C (Gambar 15); serta zona GB-3, GB-4, dan GB-5 yang memiliki resiko paling tinggi karena dipengaruhi oleh keterdapatan sesar A, sesar B, dan sesar C.

- Zona Berpotensi Sumberdaya Panas Bumi (SD): Diidentifikasi dan dibatasi oleh zona depositer anomali magnet RTE - Residual yang berhubungan dengan pembentukan cekungan sedimen relatif dalam dan memiliki tingkat gradien geotermal tinggi, serta terletak pada zona ZT - ZST yang berhubungan dengan pembentukan perbukitan miring hingga curam yang memiliki intensitas kepadatan kelurusan tinggi hingga sangat tinggi. Hal ini ditafsirkan erat kaitannya dengan pembentukan cekungan sedimen yang dalam dengan tingkat geotermal dan

permeabilitas tinggi (Maulana, 2019). Peningkatan potensi pada zona ini (SD-1 hingga SD-8) dengan total luas mencapai 705,5 Ha terletak pada zona SD-3 yang dipengaruhi oleh zona GB-2, keterdapatan sesar B, dan kemunculan manifestasi air panas Pejambon (di luar daerah penyelidikan); zona SD-4 yang dipengaruhi oleh zona GB-3, keterdapatan sesar A, B, dan C, serta kemunculan manifestasi air panas Pejambon dan Ciniru; serta zona SD-5 yang dipengaruhi oleh zona GB-4, keterdapatan sesar A, B, dan C, serta kemunculan manifestasi air panas Sangkanhurip (Gambar 15).

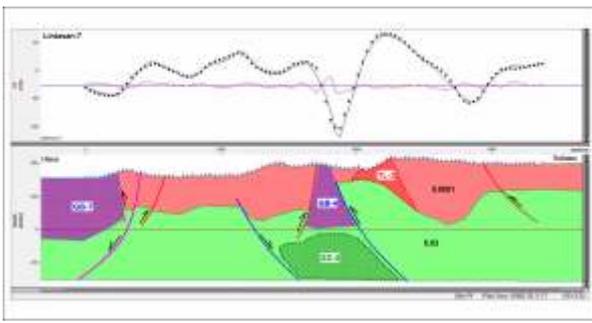
Hasil penafsiran pemodelan 2D bawah permukaan pada Lintasan L-7 berdasarkan variasi nilai anomali magnet residual (Gambar 16) dengan RMS error mencapai 8,417%, memperlihatkan bagian bawah permukaan dialasi oleh batuan sedimen berumur Miosen hingga Plistosen yang memiliki nilai suseptibilitas 0,03 SI (warna hijau), tertutupi secara tak selaras oleh batuan vulkanik dari Formasi batuan gunungapi berumur Kuartar yang memiliki nilai suseptibilitas 0,0001 SI (warna merah) dengan kedalaman mencapai ±509 m dari permukaan.



Gambar 15. Peta sebaran kelompok kelurusan struktur geologi (Sesar A, Sesar B, dan Sesar C), serta zona potensi bencana dan sumberdaya panas bumi di daerah penyelidikan.

Tabel 4. Sebaran kelurusan struktur geologi yang berhubungan dengan keterdapatan zona-zona potensi kebencanaan dan sumberdaya di daerah penyelidikan.

Struktur	Zona Potensi		
	Tanah Longsor	Gempa Bumi	Sumberdaya
Sesar A	TL-3	GB-6	SD-6
Sesar B	TL-5; TL-6;	GB-2; GB-6;	SD-3; SD-8;
Sesar C	-	-	-
Sesar A - B	-	-	-
Sesar A - C	-	-	-
Sesar B - C	-	GB-7	SD-7
Sesar A-B-C	-	GB-3; GB-4; GB-5;	SD-4; SD-5;
Tanpa Sesar	TL-1; TL-2; TL-4; TL-7; TL-8;	GB-1	SD-1; SD-2;



Gambar 16. Hasil penampang 2D bawah permukaan pada Lintasan-7 yang memperlihatkan keterdapatan struktur geologi yang berhubungan dengan zona potensi kebencanaan dan sumberdaya panas bumi di daerah penyelidikan.

Pada penampang ini memperlihatkan indikasi zona berpotensi tanah longsor TL-3 pada batuan Kuartar dengan ketebalan mencapai ± 83 m yang dipengaruhi oleh kemiringan permukaan dan kemiringan batuan alas akibat pengaruh dari pembentukan sesar naik di bagian *hanging wall*; indikasi zona berpotensi gempa bumi GB-4 dan GB-7 pada batuan Kuartar dengan ketebalan mencapai 340 m hingga >414 m yang dipengaruhi oleh keterdapatan sesar A, B, dan C; serta indikasi zona berpotensi sumberdaya panas bumi (zona reservoir) SD-5 pada batuan sedimen berumur Miosen-Plistosen yang dikontrol oleh sesar A dan B, dengan kemunculan manifestasi air panas Sangkanhurip.

KESIMPULAN

Pembentukan struktur geologi berdasarkan hasil korelasi anomali magnet dengan peta citra memiliki dominasi arah penyebaran relatif timurlaut-baratdaya dan Timur-Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Andari, W., Karyanto, dan Kurniawan, R., 2019. Identifikasi Batas Sub-Cekungan Hidrokarbon Menggunakan Analisis SHD (*Second Horizontal Derivative*) dan SVD (*Second Vertical Derivative*) Berdasarkan Korelasi Data Gayaberat dan Seismik. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 5(1): 60-74.
- Armandita, C., Mukti, M.M., and Satyana, A.H., 2009. Intra-arc Trans-tension Duplex of Majalengka to Banyumas Area: Prolific Petroleum Seeps and Opportunities in West-Central Java Border. *Proceeding Indonesian Petroleum Association, 33rd annual Convention and Exhibition, Jakarta: IPA09-G-173*.
- Badan Informasi Geospasial, 2018. Peta Citra Demnas 1309-12 dan 1309-21 v1.0, 84.8 MB; <http://tides.big.go.id/DEMNAS/DEMNAS.php>
- Bakosurtanal, 1999. *Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1309-124 Sumber; Skala 1:25.000*. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. Bogor.
- Bakosurtanal, 2000. *Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1309-213Beber; Lembar 1309-122Kuningan; Lembar 1309-211Ciawigebang; Skala 1:25.000*. Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. Bogor.

Hubungan struktur geologi yang terbentuk pada kedalaman relatif dalam (sesar A) yang terrekativitas kembali hingga ke permukaan (sesar B), dan pembentukan sesar-sesar muda (sesar C), sangatlah berpengaruh terhadap pembentukan zona potensi kebencanaan dan sumberdaya panas bumi di daerah penyelidikan yang terbagi menjadi Zona Potensi Tanah Longsor (TL) dengan luas 1.017 Ha, Zona Potensi Gempa Bumi (GB) dengan luas 1.878 Ha, dan Zona Potensi Sumberdaya (SD) seluas 705,5 Ha. Zona-zona tersebut terletak pada batuan sedimen Miosen-Plistosen yang tertutupi tak selaras oleh batuan vulkanik berumur Kuartar dengan ketebalan mencapai 64,81 m hingga 473,39 m. Peningkatan zona TL tertinggi terletak pada zona TL-5 (186,7 Ha) dan TL-6 (103 Ha) karena dipengaruhi oleh keterdapatan sesar B dan penggunaan lahan oleh perumahan secara setempat, dan peningkatan zona GB tertinggi terletak pada zona GB-3 (178,2 Ha), GB-4 (260,9 Ha), dan GB-5 (391,8 Ha), karena dipengaruhi oleh keterdapatan sesar A, sesar B, dan sesar C, sedangkan peningkatan zona SD tertinggi terletak pada zona SD-3 (40,94 Ha), SD-4 (70,92 Ha), dan SD-5 (167,8 Ha), karena dipengaruhi oleh perkembangan cekungan sedimen yang dibatasi oleh zona GB, keterdapatan sesar A, B, dan C, serta kemunculan manifestasi air panas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Survei Geologi khususnya tim geofisika yang telah membantu dalam penyelidikan ini, Universitas Brawijaya khususnya pada Dosen di Jurusan Fisika, dan teman-teman di grup *work and play hard*, serta seluruh staf Redaksi Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral.

- Blakely, R.J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, United Kingdom: 358h.
- Breiner, S., 1999. *Applications Manual for Portable Magnetometers*. Geometrics, USA: 58h.
- Chemong, C.A. and Chenrai, P., 2013. Fracture Density Analysis in the Sai Yol Fault, Western Thailand and Its Implications for Hydrological Exploration. *Research Journal of Applied Sciences*, 8(2): 125-130.
- Djuri. 1995. *Peta Geologi Lembar Arjawinangun. Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Haryanto, I., dan Hutabarat, J., 2017. Tektonik Sesar Cimandiri, Provinsi Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, 15(3): 255-274.
- Hermawan, D., dan Rezky, Y., 2011. Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Analisis Kelurusan Citra Landsat di Candi Umbul - Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah. *Buletin Sumberdaya Geologi*, 6(1): 1-10.
- Hilmi, F. dan Haryanto, I., 2008. Pola Struktur Regional Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, 6(1): 57-66.
- Junursyah, G.M.L., 2010. Laporan Akhir Kegiatan Aplikasi Peralatan Magnetotelurik di Daerah Kuningan dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Barat. Laporan internal Kegiatan Pengelolaan Sarana Teknik, Pusat Survei Geologi, Bandung (tidak terbit).
- Junursyah, G.M.L. dan Agustya, G., 2017. Penafsiran Struktur Geologi di Daerah Gunung Batu Lembang Berdasarkan Korelasi Data Permukaan, Tahanan Jenis, dan Geomagnetik. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 18(3): 171-182.
- Kearey, P., Brooks, M., and Hill, I., 2002. *An Introduction to Geophysical Exploration*. Blackwell Science, London: 249h.
- Koesuma, S., Pratiwi, S., dan Legowo, B., 2018. Penentuan Ketebalan Sedimen Menggunakan Metode Mikrotremor di Kota Surakarta. *Jurnal Risalah Fisika*, 2(1): 25-28.
- Lewerissa, R., Sismanto, S., Setiawan, A., and Pramumujoyo, S., 2020. The Igneous Rock Intrusion Beneath Ambon and Seram Island, Eastern Indonesia, Based on The Integration of Gravity and Magnetic Inversion: Its Implication for Geothermal Energy Resources. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29:596-616
- Maulana, Y., Haryanto, A.D., Ismawan., dan Kusnadi, D., 2019. Penentuan Tipe Fluida Serta Tingkat Permeabilitas Sistem Panas Bumi Daerah Tinggi, Toli-Toli, Sulawesi Tengah. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 3(6): 459-464.
- Milsom, J., 2003. *Field Geophysics*. John Wiley & Sons Ltd., London: 221h.
- Nursastri, S.A., 2019. Gempa Magnitudo 2,9 Guncang Kuningan, Bukti Sesar Beribis Masih Aktif. <https://sains.kompas.com/read/2019/09/29/113601323/gempa-magnitudo-29-guncang-kuningan-bukti-sesar-baribis-masih-aktif>.
- Oktoberiman, Prawiranegara, P., Ramadhan, D.A., W., Rizki, F., A. and Tawakal, R., 2015. Identification of Geothermal Potential Based on Fault Fracture Density (FFD), Geological Mapping and Geochemical Analysis, Case Study: Bantarkawung, Brebes, Central Java. *The 3rd Indonesia EBTKE-ConEx, Jakarta, Indonesia*: 141–151.
- Olurin, O.T., Olowofela, J.A., Akinyemi, O.D., Badmus, B.S., Idowu, O.A., and Ganiyu, S.A., 2015. Matched Filtering Analysis of Airborne Magnetic Data Over Idogo Area, Nigeria. *The African Review of Physics*, 10(0047): 383-393.
- Paimin., Sukresno., dan Pramono, I.B., 2009. *Teknik Mitigasi banjir dan Tanah Longsor*. Tropenbos International Indonesia Programe, Balikpapan.
- Prabowo, C., 2017. Efektivitas Pemanfaatan Ruang di Provinsi Jawa Barat (Studi Kasus PLTP Gunung Ciremai dan PLTU Cirebon). *Jurnal Rechtsvinding Media Pembinaan Hukum Nasional*, 6(2): 207-220.
- Reynolds, J.M., 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons Ltd., England: 796h.
- Saputra, I. dan Novrinda, R., 2016. Metode Fault Fracture Density untuk potensi gerakan tanah di kota Kendari Provinsi Sulawesi Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional XI, Yogyakarta*: 138-145.

-
- Satyana, A.H., 2015. Subvolcanic Hydrocarbon Prospectivity of Java: Opportunities and Challenges. *Proceeding Indonesian Petroleum Association, 39rd Annual Convention and Exhibition, Jakarta: IPA15-G-105.*
- Setiadi, I., Purwanto, C., Kusnida, D., dan Firdaus, Y., 2019. Interpretasi Geologi Berdasarkan Analisis Data Gayaberat Menggunakan Filter Optimum Upward Continuation dan Pemodelan 3D Inversi (Studi Kasus: Cekungan Akimeugah Selatan, Laut Arafura). *Jurnal Geologi Kelautan*, 17(1): 33-48.
- Silitonga, P.H., Masria, M., dan Suwarna, N., 1996. *Peta Geologi Lembar Cirebon. Jawa, Skala 1:100.000.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sumintadireja, P., Dahrin, D., dan Grandis, H., 2018. A Note on The Use of The Second Vertical Derivative (SVD) of Gravity Data with Reference to Indonesian Cases. *J. Eng. Technol. Sci.*, 50(1):127-139.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., and Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics.* Cambridge University Press, Sidney: 744h.
- Untung, M., 2001. *Dasar-Dasar Magnet dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya.* Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, Jakarta: 109h.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesian, Vol.1 A.* Government Printing Office, The Hague: 732h.
- Van Zuidam, R.A., 1985. *Aerial Photo-Interpretation In Terrain Annalysis And Geomorphologic Mapping.* Smith Publisher, The Hague, The Netherlands: 442h.
- WebDC3. 2020. Accesss to BMKG Data Archive. Explore events. <http://202.90.198.100/webdc3/>.
- Yanis, M., Ismail, N., Hermansyah, L.V., Nanda, M., dan Abdullah, F., 2019. Delineasi Sebaran Sesar di Pulau Weh Berdasarkan Metode *Fault Fracture Density* (FFD). *J. Aceh Phys. Soc.*, 8(1): 6-10.
-