

# PEMETAAN KELURUSAN DAN APLIKASINYA UNTUK PENILAIAN BAHAYA GERAKAN TANAH: STUDI KASUS WILAYAH SUMEDANG

## *The Lineament Mapping and its Application for the Landslide Assessment: Case Study of Sumedang Area*

Nendi Rohaendi<sup>1</sup>, Hilman Suwargana<sup>2</sup>

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geominerba  
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral  
Jln. Jend. Sudirman No. 623 Bandung 40211  
Email: nendi.rohaendi@esdm.go.id<sup>1</sup>, hilman.suwargana@esdm.go.id<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Potensi bahaya gerakan tanah di wilayah Sumedang relatif tinggi. Bencana gerakan tanah menyebabkan kerusakan properti dan korban jiwa yang tidak sedikit. Bahaya gerakan tanah menurut beberapa peneliti dipengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya struktur geologi. Salah satu cara yang bisa digunakan untuk mendapatkan pemahaman struktur geologi adalah dengan melakukan pemetaan kelurusan. Pemetaan kelurusan ini bisa dilakukan secara manual dengan menggunakan data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Setelah mendapatkan peta kelurusan maka dilakukan *fault density analysis* menggunakan perangkat lunak sistem informasi geografi. Hasil analisis kelurusan ini kemudian dianalisis secara kualitatif dengan analisis lainnya, seperti pola pengaliran sungai, jenis litologi, dan diagram Rose. Hasil pengecekan lapangan menunjukkan pada daerah tingkat dengan *fault density* yang tinggi merupakan wilayah yang mempunyai potensi gerakan tanah yang tinggi juga. Hasil penelitian ini dapat dijadikan data awal dalam analisis gerakan tanah di daerah penelitian.

**Kata kunci :** *landslide, GIS, remote sensing*

### ABSTRACT

Sumedang has a high potential for landslide. The landslide can cause property damages and casualties. According to some researches, landslide is affected by many factors, such as geological structure. One of the methods to discover the geological structure is by conducting lineament mapping based on SRTM data (*shuttle radar topography mission*). After the lineament mapping is collected, the fault density analysis is conducted by using geography information system software. Then, the result of the analysis is analyzed using qualitative methods of drainage pattern analysis, lithology, and rose diagram analysis. The result of the field check shows that the area with a high fault density has a high potential of landslide. The result of this research can be useful as a preliminary data for the comprehensive landslide analysis in the research area.

**Keywords:** *landslide, GIS, remote sensing*

## PENDAHULUAN

Jawa Barat termasuk salah satu wilayah yang memiliki kerawanan bencana tinggi dilihat dari frekuensi bencana, jumlah korban meninggal, dan jumlah korban yang hilang. Kondisi ini disebabkan oleh tatanan geologi yang kompleks dan kepadatan penduduk (Nugroho, 2016). Berdasarkan catatan sejarah yang disusun oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi pernah terjadi beberapa gempa bumi (29 kali) dengan kategori merusak yang bersumber di darat tercatat tahun 1883 sampai sekarang. Sebagian dari daerah yang rawan mengalami bencana geologi gempa bumi di wilayah padat penduduk, seperti Bogor, Cianjur, Pelabuhan Ratu – Sukabumi, Rajamandala – Padalarang, Ciamis, Kuningan, Sumedang, Majalengka, Tasikmalaya, dan hampir seluruh wilayah pegunungan Jawa Barat Selatan. Gempa bumi di Jawa Barat sebagian besar bukan dari zona subduksi/zona penunjaman, melainkan dari patahan/sesar aktif di darat. Gempa bumi yang bersumber dari sesar aktif di darat sangat berpotensi merusak meskipun magnitudonya tidak terlalu besar, namun kedalamannya dangkal dan dekat dengan aktivitas manusia.

Bencana lainnya yang sering terjadi di Jawa Barat adalah bencana gerakan tanah (*land slide*). Di Sumedang, bencana gerakan tanah umumnya terjadi di daerah dengan kemiringan agak terjal dan terjal, curah hujan yang tinggi, erosi terhadap lereng, dan penataan air yang kurang baik. Selain itu, kejadian longsoran sering terjadi di formasi Subang, yang terdiri dari batu lempung yang mudah mengembang dan tanah pelapukan yang lunak dan mudah jenuh air.

Upaya untuk mengurangi dampak bencana adalah dengan melakukan kegiatan yang disebut Mitigasi Bencana sebagaimana tercantum dalam UU No. 24 tahun 2007 tentang penanggulangan bencana untuk menghadapi kemungkinan bencana yang akan datang. Salah satu bentuk mitigasi untuk meminimalisasi korban gerakan tanah, yaitu dengan mengetahui karakteristik setiap wilayah untuk mengetahui tingkat kerawanan terhadap bencana. Selain itu juga, sebagai pedoman dalam penataan ruang di kawasan rawan bencana sesuai dengan UU No. 26 tahun 2007 tentang penataan ruang. Salah satu cara untuk mengurangi risiko bencana longsor adalah pemetaan kerentanan gerakan tanah (*landslide susceptibility mapping*) digunakan sebagai cara untuk memprediksi daerah yang rentan sehingga dapat mengurangi risiko bencana (Lee et al, 2002).

Hubungan antara tanah longsor dan faktor-faktornya telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya, misalnya dengan proses erosi dan keterkaitannya, baik dengan longsor dangkal (*shallow*) maupun longsor dalam (*deep-seated landslide*). Dalam kasus pertama, tanah longsor dangkal sering berevolusi menjadi aliran puing sepanjang lereng, memungkinkan transportasi yang lebih cepat dan lebih lengkap ke jaringan fluvial. Untuk tanah longsor yang dalam, prosesnya terjadi dengan cara yang sedikit berbeda yang menyebabkan penghilangan material secara lambat dari lereng (Jaboyedoff et al, 2011). Pada penelitian ini akan lebih melihat hubungan tanah longsor dengan penyebaran kelurusan atau struktur geologi yang dapat dianalisis di permukaan.

## METODOLOGI

### Pemetaan Kerentanan Gerakan Tanah

Pemetaan kerentanan gerakan tanah bergantung pada pengetahuan yang dalam tentang pergerakan lereng dan faktor-faktor yang mengontrolnya. Reliabilitas dari peta kerentanan gerakan tanah sangat bergantung pada jumlah dan kualitas data yang tersedia, skala kerja, dan pemilihan metodologi yang pas untuk analisis dan pemodelan (Ayalew et al, 2005).

Proses pembuatan peta kerentanan gerakan tanah meliputi beberapa pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif bergantung pada opini orang yang ahli (*expert judgement*). Tipe kualitatif yang sangat umum adalah secara langsung menggunakan inventarisasi data gerakan tanah untuk mengidentifikasi wilayah yang mempunyai sifat geologi dan geomorfologi yang sama. Namun, ada beberapa pendekatan kualitatif, menggunakan pemeringkatan dan pembobotan, yang sebenarnya berubah menjadi semikuantitatif secara alami. Sebagai contoh adalah penggunaan AHP (*Analytic Hierarchy Process*) dari Saaty (1980) (Rahim et al., 2018) dan WLC (*weighted linear combination*) (Ayalew et al., 2004). AHP meliputi pembuatan hierarki dari elemen-elemen keputusan (faktor-faktor) dan kemudian membuat perbandingan antara pasangan yang mungkin dalam matriks untuk diberi pembobotan untuk setiap elemen dan konsistensi rasio. Hal ini berdasarkan tiga prinsip: dekomposisi, perbandingan penilaian, dan sintesa dari prioritas (Malczewski, 1999). WLC adalah sebuah konsep untuk menggabungkan peta-peta dari parameter pengontrolan gerakan tanah dengan menerapkan skor yang terstandarisasi (*primary-level weight*) untuk setiap kelas dari setiap parameter dan faktor pembobotan (*secondary-level weight*) untuk parameter. Subjektivitas menjadi bagian dari proses ini, hasilnya sangat bergantung pada pengetahuan dari ahli yang mengerjakannya. Meskipun begitu, metode kualitatif atau semikuantitatif sangat berguna untuk studi yang bersifat regional (Ayalew et al., 2005).

Metode kuantitatif berdasarkan ekspresi numerik hubungan antara faktor-faktor pengontrol dan gerakan tanah. Ada dua tipe metode kuantitatif, yaitu *deterministic* and *statistical*. Metode kuantitatif *deterministic* bergantung pada prinsip-prinsip teknik ketidakstabilan lereng yang diekspresikan dalam bentuk faktor keselamatan (Stead et al., 2006). Kebutuhan data yang banyak/*intensive* maka metode ini hanya cocok untuk pemetaan daerah yang kecil. Pemetaan kerentanan gerakan tanah menggunakan pendekatan metode *multivariate* atau *bivariate* analisis hubungan sejarah antara faktor-faktor pengontrol gerakan tanah dan distribusi gerakan tanah (Shahabi & Hashim, 2015). *Bivariate statistical analyses* (BSA) meliputi sebuah ide untuk membandingkan peta pemetaan gerakan tanah dengan peta parameter yang memengaruhi gerakan tanah untuk memberikan peringkat kelas hubungan menurut peranannya dalam pembentukan gerakan tanah. Pemeringkatan biasanya dilakukan dengan berdasarkan pada densitas gerakan tanah (Ayalew et al., 2005).

Penelitian Ayalew et al. (2005) berusaha untuk mengembangkan logistik regresi karena metode ini membutuhkan lebih sedikit asumsi dibandingkan dengan analisis *discriminant*. Sebagai tambahan, adanya upaya untuk menggabungkan dengan *Bivariate Statistical Analysis* (BSA) untuk menyederhanakan interpretasi yang dihasilkan oleh fungsi regresi. Dalam pemetaan kerentanan, penggunaan regresi logistik adalah untuk menemukan fungsi yang paling pas dalam menggambarkan hubungan antara keberadaan atau ketidakadaan (*dependent variable*) dan sekelompok parameter independent, seperti kemiringan lereng dan litologi.

Perbedaan umum antara pendekatan kualitatif dan semikuantitatif adalah dalam penentuan bobot dalam kriteria tertentu. Estimasi semikuantitatif untuk *assessment* risiko gerakan tanah dipertimbangkan berguna dalam situasi berikut ini; sebagai proses saringan awal untuk identifikasi bahaya dan risiko, ketika tingkat resiko (asumsi awal) tidak menyuguhkan waktu dan usaha atau kemungkinan untuk mendapatkan data numerik sangatlah terbatas (*Australian Geomechanics Society and Sub-committee on landslide risk management*, 2000). Pendekatan semikuantitatif mempertimbangkan secara eksplisit sejumlah faktor yang memengaruhi stabilitas. Jarak skor dan susunan setiap faktor digunakan untuk menilai apakah faktor aktif atau tidak aktif untuk adanya

ketidakstabilan (*hazard*) dan adanya kerusakan (konsekuensi). Contoh paling baik dari pendekatan semikuantitatif adalah metode pemeringkatan yang digunakan di Hongkong sebagai sistem klasifikasi risiko untuk lereng *cut and fill* juga lereng alami yang pengembangannya lebih lanjut akan terjadi (Abella and Westen, 2007).

### Hubungan Pemetaan Kelurusan dengan Gerakan Tanah

Kelurusan adalah fitur permukaan geologi linear atau lengkung yang mencerminkan sejarah tektonik, potensi air tanah, minyak, dan ketersediaan sumber daya mineral dari daerah tertentu yang dapat diidentifikasi dan dipetakan melalui citra satelit (Das et al., 2018). Das et al. (2018) menyatakan, studi kelurusan dapat langsung diterapkan pada pemahaman deformasi tektonik, eksplorasi sumber daya air dan abstraksi, *hydrogeomorphology*, eksplorasi bijih dan mineral, penilaian bahaya, pemetaan geologi untuk beberapa tujuan, dll. Pemetaan kelurusan dapat dilakukan dengan cara manual dan otomatis. Ekstraksi manual kelurusan lebih umum digunakan, misalnya tujuannya terbatas untuk melacak hanya fitur geologis. Adapun ekstraksi otomatis menggabungkan informasi, baik fitur geologis maupun fitur permukaan lainnya yang ada di permukaan bumi.

Pemicu tanah longsor bergantung pada beberapa faktor yang kompleks, tetapi saling terkait, seperti karakteristik tanah, karakteristik lereng, geomorfologi, vegetasi, penggunaan lahan, dan infrastruktur. Terjadinya longsor secara umum sebagian besar merupakan fungsi dari interaksi fenomena alam, seperti litologi yang tidak menguntungkan, urutan stratigrafi, susunan struktural, seting geomorfologi, gempa bumi, curah hujan, dll. Dalam analisis berbasis GIS, fenomena ini secara langsung atau tidak langsung terkait dengan terjadinya tanah longsor (peristiwa). Peristiwa tersebut umumnya dikenal sebagai parameter pengendali kejadian (Ayalew et al., 2004). Untuk prediksi bahaya longsor di daerah perkotaan, ada dua faktor penting yang perlu dipertimbangkan, termasuk faktor penyebab dan faktor pemicu; faktor penyebab (bentuk pengisian, kondisi air tanah, dan usia konstruksi) serta faktor pemicu (jarak dari patahan, momen besar, serta arah ke patahan), (Lai et al., 2004).

Jika faktor struktur geologi digunakan dalam analisis kerentanan longsor bersama dengan faktor lain, seperti topografi, tanah, geologi, dan vegetasi, analisis yang lebih akurat bisa dilakukan (Lee et al., 2002). Penelitian dari Lee et al. (2002) adalah untuk mengembangkan dan menerapkan teknik analisis kerentanan longsor menggunakan struktur geologi dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Faktor kejadian longsor (lokasi tanah longsor, struktur geologi, dan topografi) dibangun menjadi basis data spasial. Kemudian, diverifikasi menggunakan data lokasi longsor, hasilnya menunjukkan bahwa foliasi gneiss memiliki hubungan geometris dengan sambungan atau patahan yang mengarah ke tanah longsor. Hasil verifikasi menunjukkan kesepakatan yang memuaskan antara peta kerentanan dan data lokasi longsor.

Penelitian tentang pengaruh longsor, seperti litologi, hubungan batuan-kemiringan, kelurusan, elevasi, kemiringan lereng, aspek, dan jarak ke jalan dalam hal ini setiap faktor dijadikan sebagai parameter independen. Efek dari setiap parameter pada kejadian longsor dinilai dari koefisien yang sesuai dan muncul dalam fungsi regresi logistik. Interpretasi dari koefisien menunjukkan bahwa jaringan jalan memainkan peran utama dalam menentukan kejadian dan distribusi longsor. Di antara parameter geomorfologi, aspek dan kemiringan lereng memiliki kontribusi lebih signifikan

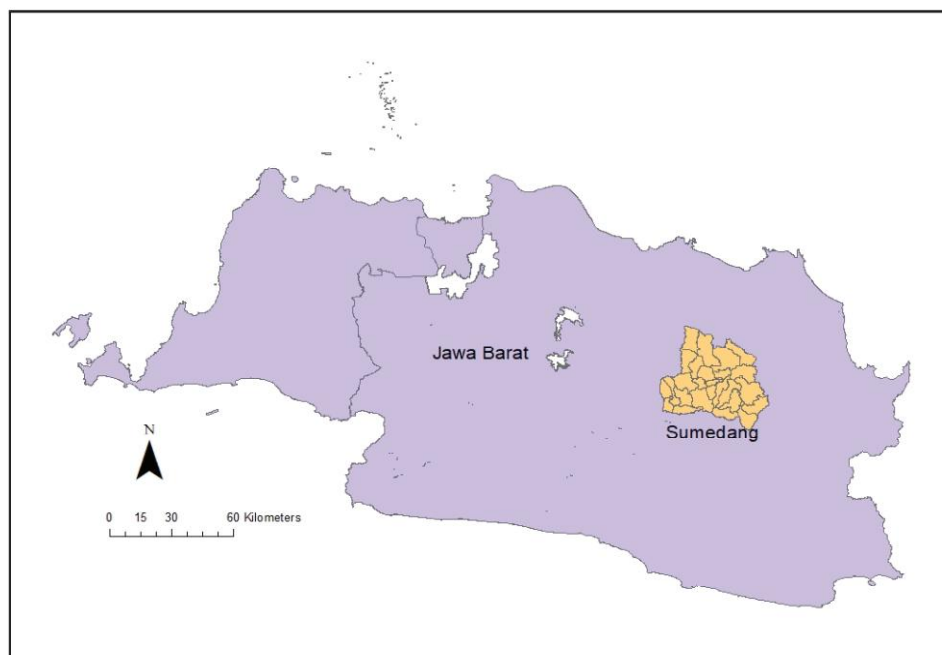
daripada elevasi meskipun observasi lapangan menunjukkan bahwa yang terakhir adalah penduga yang baik dari perkiraan lokasi pemotongan lereng (Ayalew, 2005).

*Cartosat Digital Elevation Model (CartoDEM)* adalah satu dari data set yang paling sesuai untuk mengekstraksi fitur geologi seperti kelurusan (*lineament*). *CartoDEM* mempunyai resolusi spasial sebesar 30 m dan diperoleh gratis, namun hanya untuk wilayah Indian *sub-continent*. Saat ini, ekstraksi kelurusan dengan sudut azimuth berbeda telah dilakukan oleh banyak peneliti untuk pemetaan kelurusan yang ada di wilayah penelitian (Al-Nahmi et al., 2016) (Das et al., 2018; Sarp and Takron, 2016).

Penelitian kali ini dilakukan dengan metode kualitatif. Secara umum, tahapan penelitian dibagi menjadi studi literatur, analisis awal, pengecekan lapangan, dan analisis akhir serta pembuatan laporan.

### Geologi Regional

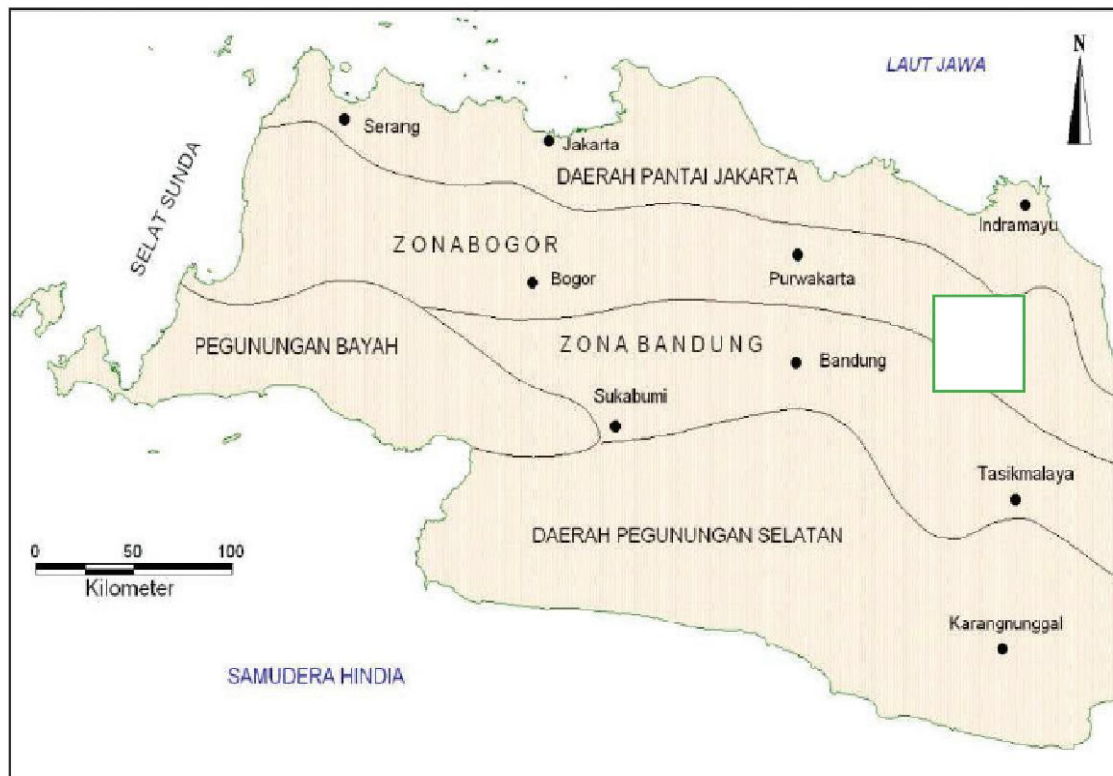
Kabupaten Sumedang terletak antara 6°44'-70°83' Lintang Selatan dan 107°21'-108°21' Bujur Timur dengan luas wilayah 152.220 ha yang terdiri dari 26 kecamatan dengan 272 desa dan 7 kelurahan.



**Gambar 1. Lokasi Penelitian**  
(Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

### Fisiografi Regional

Menurut Bemmelen (1949), fisiografis daerah Jawa Barat dibagi menjadi enam zona dengan empat zona utama, yaitu Dataran Pantai Jakarta, Zona Bogor, Zona Bandung, dan Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat. Menurut Bemmelen (1949), daerah Sumedang terletak pada zona Bogor bagian timur yang membentang dari barat ke timur, yaitu mulai dari Rangkasbitung, Bogor, Subang, Sumedang, dan berakhir di Bumiayu dengan panjang  $\pm 40$  km. Zona Bogor merupakan daerah antiklinorium dengan arah sumbu lipatan barat-timur. Antiklinorium ini berbentuk cembung ke arah utara.

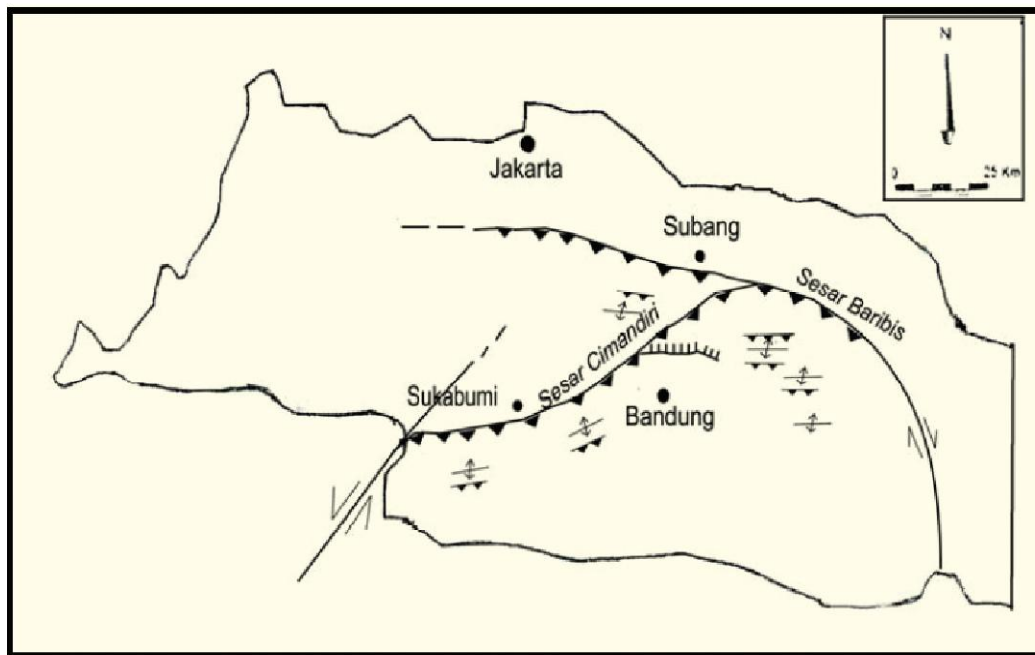


**Gambar 2. Peta Fisiografi Jawa Barat**  
(Sumber: Van Bemmelen, 1949)

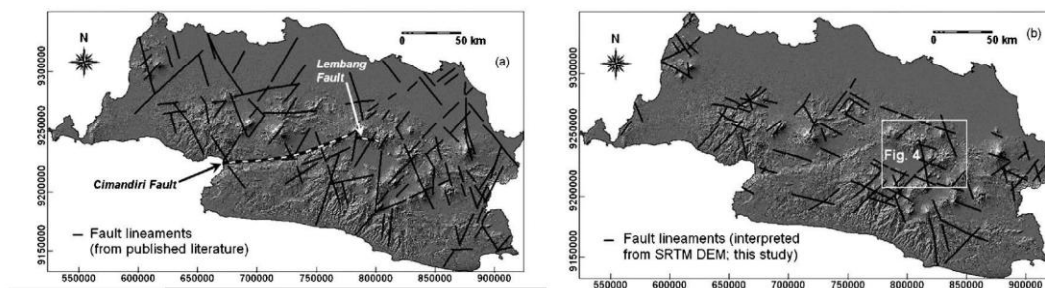
### Struktur Geologi Regional

Pulau Jawa merupakan bagian dari sistem busur kepulauan yang telah mengalami interaksi konvergen antara Lempeng Samudera Hindia-Australia dan Lempeng Eurasia. Interaksi ini terjadi dengan Lempeng Samudera Hindia-Australia bergerak ke utara yang menunjam ke bawah tepian Benua Eurasia yang relatif tidak bergerak (Simanjutak and Barber 1996). Satyana (2007), (Hilmi and Haryanto (2008), (Caranza et al., 2008), dan (Fauzi et al., 2015) menyimpulkan bahwa pada dasarnya di Pulau Jawa terdapat empat pola struktur yang dominan, yaitu:

1. Pola Meratus yang berarah timur laut – barat daya terbentuk pada Kapur Akhir hingga Eosen Awal dan merupakan pola tertua di Pulau Jawa. Pola Meratus ini diwakili oleh Sesar Cimandiri di Jawa Barat yang dapat diikuti ke arah timur laut sampai batas timur Cekungan Zaitun dan Cekungan Biliton, Sesar Naik Rajamandala, serta sesar – sesar lainnya di daerah sekitar Purwakarta.
2. Pola Sunda yang berarah utara – selatan, terbentuk pada Eosen Awal hingga Oligosen Akhir. Pola ini diwakili oleh sesar – sesar yang membatasi Cekungan Asri, Cekungan Sunda, dan Cekungan Arjuna.
3. Pola Jawa yang berarah barat – timur, merupakan pola yang termuda di Jawa Barat. Pola ini merupakan pola struktur yang memotong dan merelokasi Pola Struktur Meratus dan Pola Struktur Sunda diwakili oleh Sesar Baribis.
4. Pola Sumatra yang berarah barat laut – tenggara yang terbentuk pada masa Plio-Plistosen diwakili oleh Sesar Citanduy.



Gambar 3. Posisi regional geologi dalam kompleks struktur geologi (Sumber : Helmi and Haryanto , 2008)



Gambar 4. Kelurusan dan struktur geologi Jawa Barat (Sumber: Caranza et al., 2008)

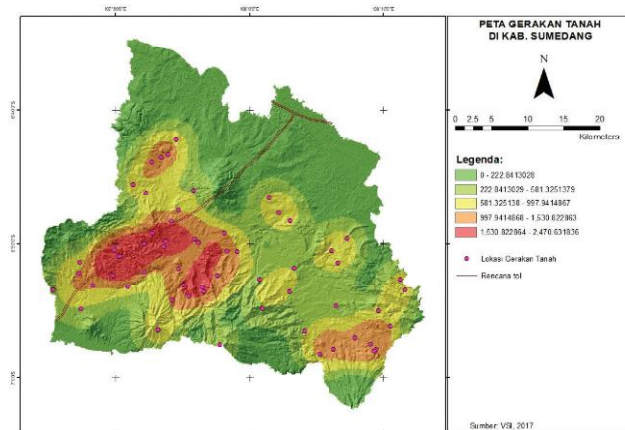


Gambar 5. Kelurusan dan struktur geologi Jawa Barat (Sumber: Fauzi et al., 2015)

## PEMBAHASAN

### Analisis Gerakan Tanah Terdahulu

Analisis gerakan tanah berdasarkan data terdahulu (VSI, 2017), dapat kita lihat pada peta di bawah. Setelah dihitung densitasnya maka dihasilkan lima kelas gerakan tanah. Terlihat bahwa daerah sekitar Jatinangor, Rancakalong, dan Sumedang Selatan merupakan wilayah yang memiliki densitas bencana yang tinggi.

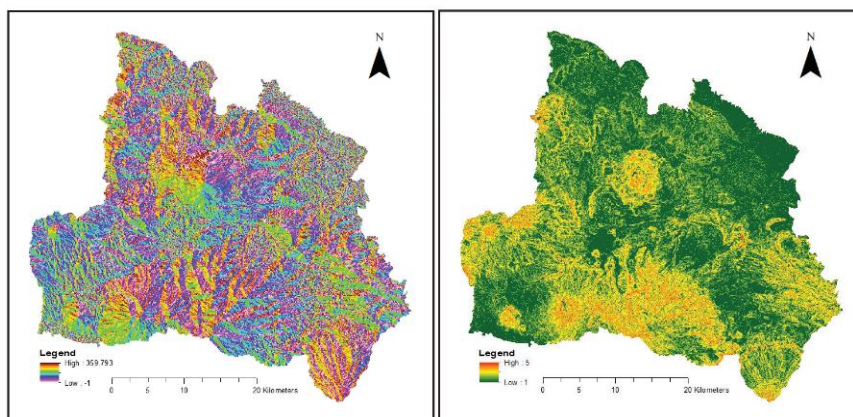


**Gambar 6. Peta gerakan tanah Kabupaten Sumedang (Sumber: VSI, 2017)**

## 1. *Slope dan Aspect*

Topografi kemiringan lahan wilayah Kabupaten Sumedang dapat diklasifikasikan atas lima kelas, yaitu 0 – 8% merupakan daerah datar hingga berombak. Kemiringan wilayah dominan di bagian utara, timur laut, serta kawasan perkotaan; 8 – 15% merupakan daerah berombak sampai bergelombang dengan area sekitar. Kemiringan wilayah dominan di bagian tengah ke selatan dan barat laut; 15 – 25% merupakan daerah bergelombang sampai berbukit. Kemiringan lereng tipe ini paling dominan di wilayah Kabupaten Sumedang. Persebarannya berada di bagian tengah sampai ke tenggara, bagian selatan sampai barat daya dan bagian barat; 25 – 40% merupakan daerah berbukit sampai bergunung. Kemiringan lereng tipe ini dominan di wilayah Kabupaten Sumedang bagian tengah, bagian selatan, dan bagian timur; dan terakhir lebih dari kemiringan 40% merupakan daerah bergunung. Kemiringan lereng tipe ini dominan di wilayah Kabupaten Sumedang bagian selatan, bagian timur, dan bagian barat daya.

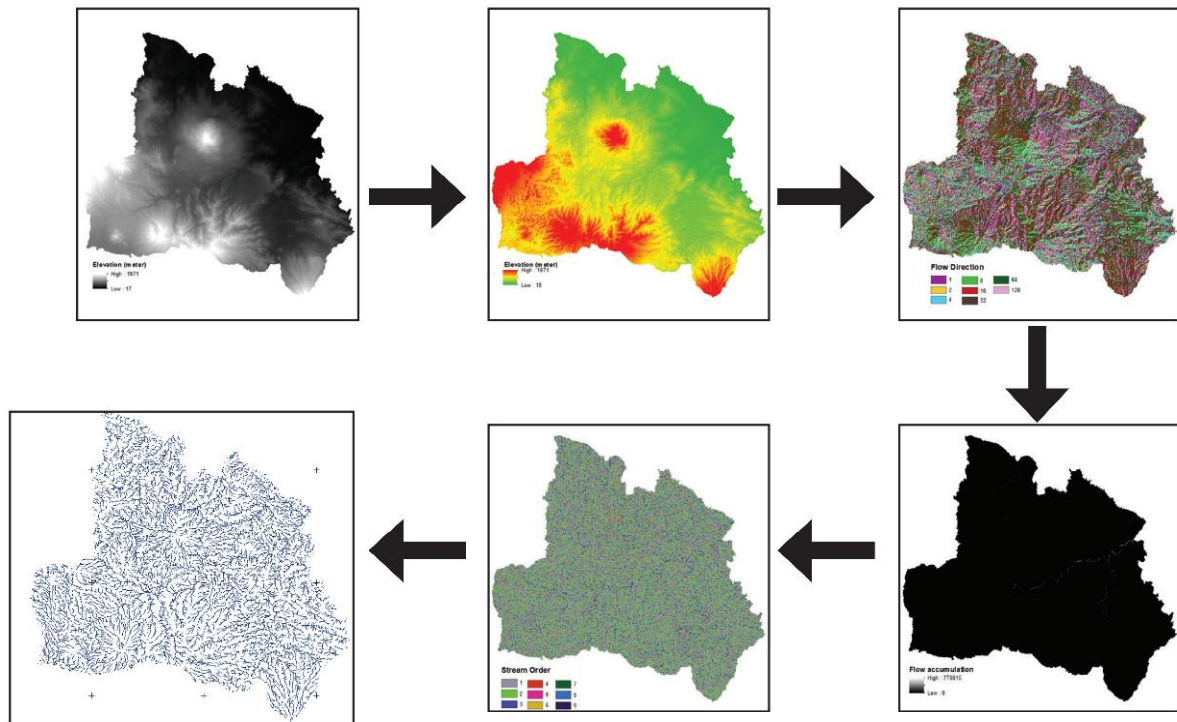
Peta aspek menunjukkan arah dari kemiringan lereng, seperti yang kita lihat pada gambar berikut.



**Gambar 7. Peta aspek and slope dari daerah penelitian (Sumber: Hasil pengolahan sendiri)**

## 2. *Analisis Pola Aliran Sungai*

Dari pengamatan pola pengaliran sungai, di Sumedang arah aliran mengarah ke utara dan timur laut atau akhirnya mengarah ke Laut Jawa. Daerah aliran sungai secara umum adalah radial, rectangular, dan dendritik.

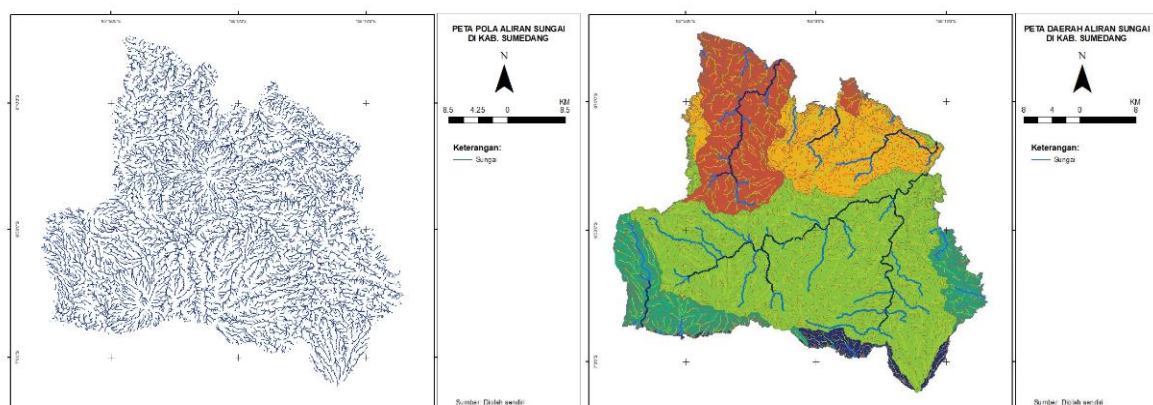


**Gambar 8. Diagram alir analisis pola aliran sungai** (Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

Dari pengamatan pola pengaliran sungai, di Sumedang arah aliran mengarah ke utara dan timur laut atau akhirnya mengarah ke Laut Jawa. Daerah aliran sungai secara umum adalah radial, rectangular, dan dendritik. Pola aliran sungai radial berkembang di bagian barat laut dan selatan juga di bagian utara. Hal ini dikarenakan wilayah dikontrol oleh pola kontur yang menyerupai kerucut. Selain itu, lembah sungai memiliki aliran yang searah dengan kemiringan lapisan awal. Hal ini menandakan bahwa sungai pada area ini merupakan sungai dengan tipe genetik konsekuen jika berdasarkan arah aliran terhadap kemiringan lapisan awal. Sungai konsekuen adalah sungai yang memiliki aliran searah dengan kemiringan lapisan awal. Pola aliran seperti ini dapat ditemukan pada morfologi gunung api.

Pola aliran *rectangular* adalah pola aliran sungai yang dikendalikan oleh struktur geologi, seperti struktur kekar (rekahan) dan sesar (patahan). Sungai *rectangular* dicirikan oleh saluran-saluran air yang mengikuti pola dari struktur kekar dan patahan yang terbentuk di bagian utara Sumedang.

Pola pengaliran dendritik berbentuk seperti cabang batang pohon. Berada di daerah datar dengan struktur batuan homogen. Pola ini terbentuk di bagian Selatan dan mengarah ke Timur Laut dari Sumedang.

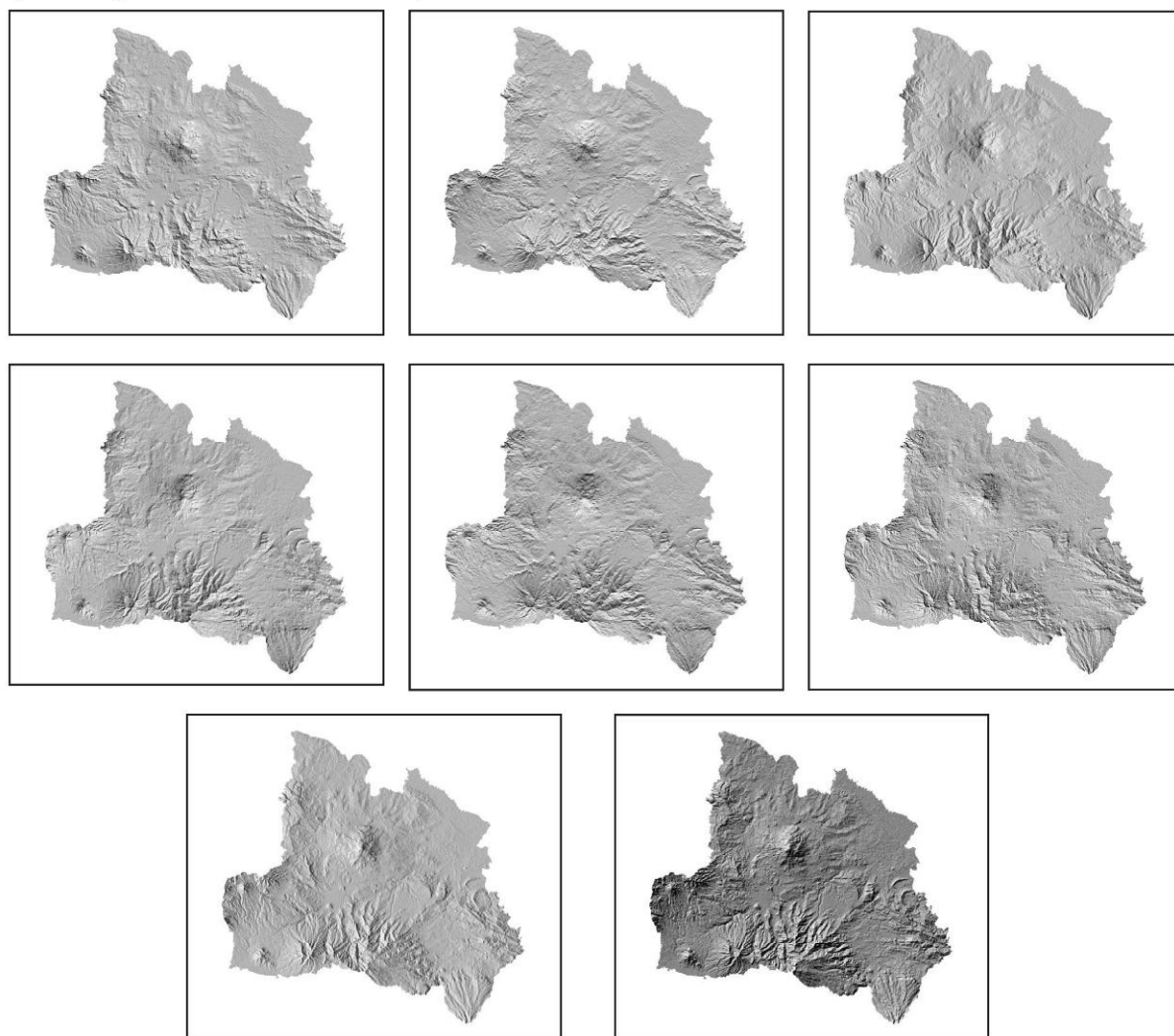


**Gambar 9. Pola aliran sungai dan Daerah Aliran Sungai** (Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

### 3. Analisis Pola Kelurusan

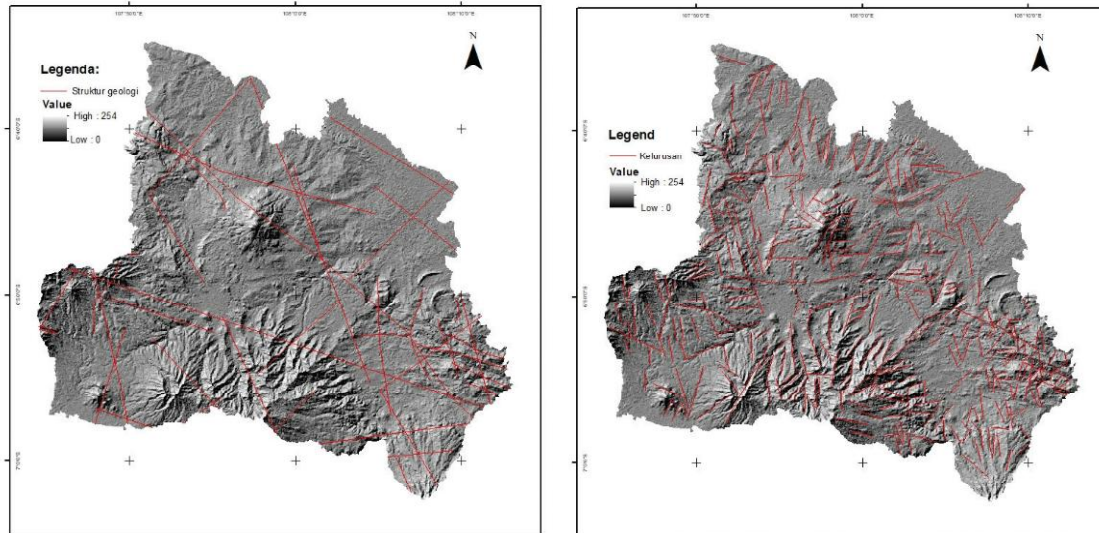
Pola kelurusan pada daerah penelitian ditentukan berdasarkan penarikan kelurusan pada citra SRTM. Kelurusan yang ditarik adalah kelurusan lembah dan kelurusan punggung untuk menunjukkan adanya indikasi pola struktur yang berkembang pada daerah penelitian dan memperlihatkan bukti – bukti morfologi yang ada serta hal – hal lain yang dapat disimpulkan dari pola kelurusan yang ada. Kelurusan punggung dan lembah pada daerah vulkanik dapat digunakan untuk mengindikasikan pola distribusi produk vulkanik dan pusat erupsi gunung api.

Pertama-tama, DEM diolah dengan ArcGIS dengan menggunakan perintah BFill<sup>^</sup>. Setelah itu, untuk menambah akurasi identifikasi kelurusan, delapan *shaded relief maps* dengan interval 45° dari sudut cahaya iluminasi dilakukan dengan menggunakan ArcGIS (BHillshade tool). Sudut azimuth cahaya dari *shaded relief maps* adalah 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, dan 315°. Setelah membuat peta *shaded relief*, semua fitur geologi linier di permukaan, seperti *cliff*, *straight valleys*, dikes, dan *straight stream segments* digitasi secara manual pada skala 1:100,000. Untuk meyakinkan bahwa kelurusan yang digitasi adalah fitur geologi, semua kelurusan yang diekstraksi dengan delapan sudut azimuth dibandingkan dengan *image* Landsat 8 resolusi 30 m. Thannoun (2013), menerangkan beberapa analisis kelurusan termasuk di antaranya adalah *density analysis*, *length analysis* dan *orientation analysis*.



Gambar 10. Sudut azimuth cahaya dari *shaded relief maps* adalah 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, dan 315° (Sumber: Hasil pengolahan sendiri).

Perbedaan azimuth membuat *shaded relief maps* yang dihasilkan berbeda, pada *shaded relief maps* dengan azimuth 135°, 180°, dan 225° terlihat bahwa Gunung Tampomas ditampilkan sebagai cekungan. Kelurusan dari lembah lebih menonjol, 0°, 45°, 90°, 270°, dan 315° topografi tinggi terlihat jelas, tentunya bagus untuk menganalisis kelurusan lereng. Untuk riset kali ini digunakan sudut azimuth 315° (*default*).

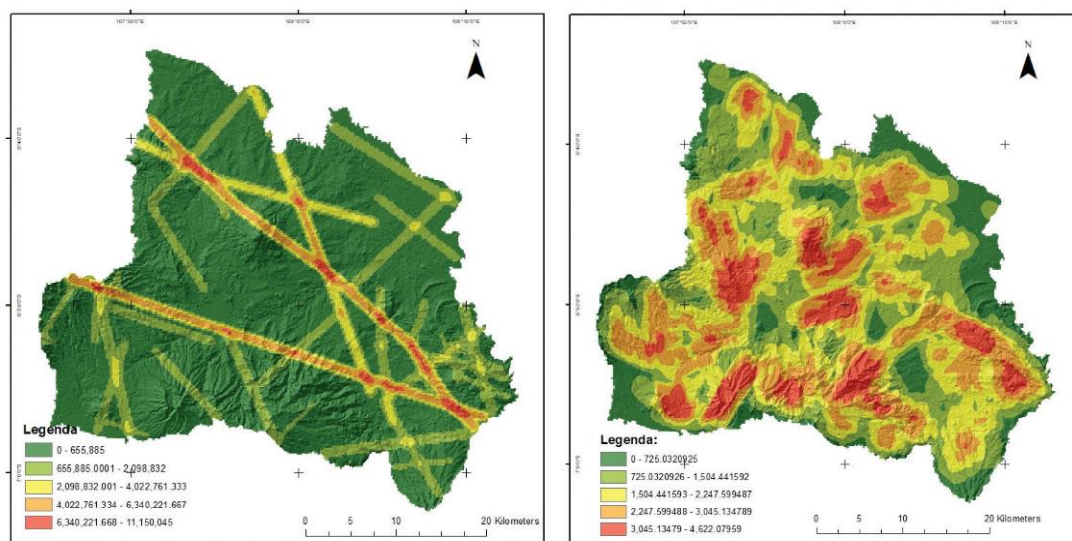


**Gambar 11. Peta kelurusan dari peneliti terdahulu (kiri) dan hasil Analisis (kanan)**  
(Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

## HASIL

### 1. *Density Analysis*

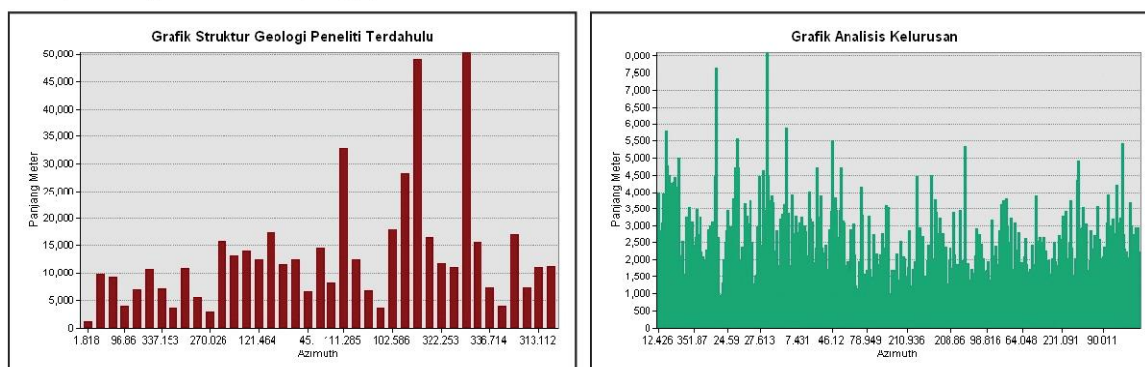
*Density analysis* di sini menunjukkan kelurusan dibandingkan dengan luasan wilayah. Tujuannya adalah untuk memperlihatkan kepadatan kelurusan, baik dari peneliti terdahulu maupun hasil analisis sekarang. Hasilnya seperti yang kita lihat, warna merah artinya (paling padat) dan hijau (jarang).



**Gambar 12. Peta *density analysis* peneliti terdahulu (kiri) dan hasil Analisis (kanan)**  
(Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

## 2. Length Analysis

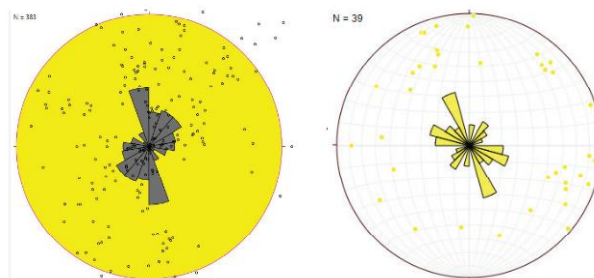
Analisis ini menunjukkan panjang kelurusan dibandingkan dengan arah azimuth. Kelurusan yang panjang menurut peneliti terdahulu, memiliki azimuth  $100^{\circ}$  dan  $350^{\circ}$ . Hal ini berbeda menurut analisis penulis, kelurusan yang pendek memiliki azimuth di  $27^{\circ}$ .



Gambar 13. Peta *density analysis* (Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

## 3. Orientation Analysis

Kelurusan yang telah ditarik dengan menggunakan citra SRTM diukur arahnya dan dihitung. Data hasil perhitungan disajikan menggunakan diagram roset. Jumlah data yang ada pada diagram adalah 383 data untuk kelurusan punggung dan kelurusan lembah. Adapun kelurusan dari peneliti terdahulu ada 39 kelurusan (Caranza et al., 2008 dan Fauzi et al., 2015). Hasil penarikan kelurusan menunjukkan pola umum dari kelurusan yang memiliki arah relatif barat laut-tenggara (gambar14.a). Arah yang sama juga diperlihatkan hasil dari penarikan kelurusan terdahulu (14. b).

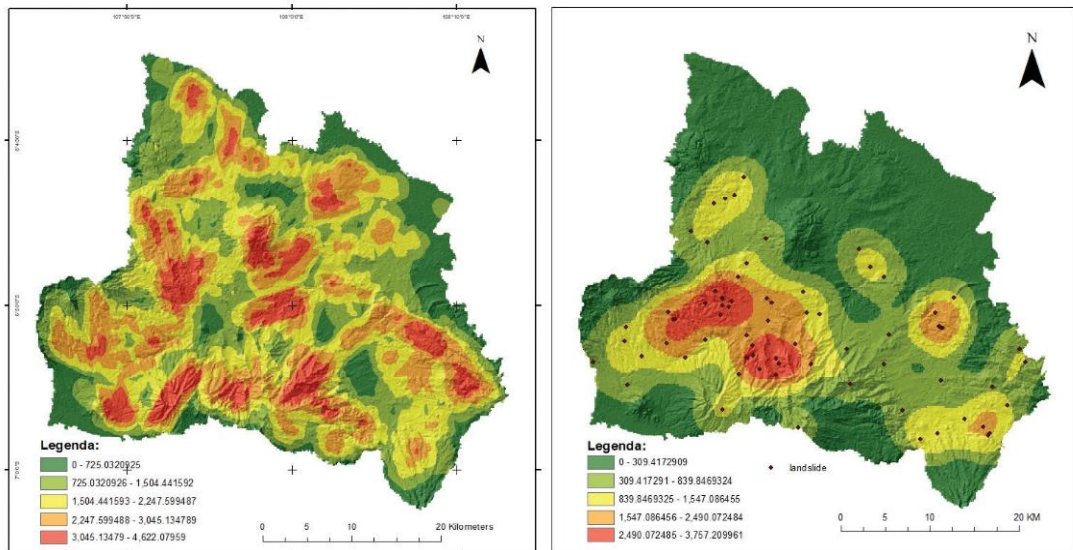


Gambar 14. Diagram roset kelurusan dan dari peneliti terdahulu (Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

Selain itu, kelurusan pada daerah penelitian memberikan bukti adanya morfologi kaldera pada bagian tenggara daerah penelitian, yakni terlihat adanya pola kelurusan yang menjari. Selain itu, terlihat adanya bukti bahwa terdapat gawir sesar pada daerah penelitian, yaitu Sesar Lembang yang dapat dilihat dari kelurusan yang memanjang dari arah barat hingga timur di bagian utara daerah penelitian.

## 4. Overlay Analysis

Hasil dari *density analysis* kemudian ditumpang susun dengan kejadian gerakan tanah di Sumedang. Hasilnya, menunjukkan wilayah barat daya Sumedang merupakan wilayah yang rawan longsor tinggi. Hal tersebut juga ditunjukan dari hasil analisis kelurusan. Di sebelah timur laut, meskipun menunjukkan kelurusan yang tinggi, secara morfologi merupakan daerah datar sehingga potensi gerakan tanah sedikit. Hal ini dibuktikan dari data gerakan tanah, yakni wilayah timur laut Sumedang, wilayah yang aman dari bencana gerakan tanah.



Gambar 15. *Overlay analysis* (Sumber: Hasil pengolahan sendiri)

## KESIMPULAN

Hasil pemetaan peta kelurusan dapat dijadikan indikasi awal untuk pemetaan kerentanan gerakan tanah. Namun, tentunya mengingat gerakan tanah dipengaruhi oleh faktor penyebab dan faktor pemicu, hasil pemetaan kelurusan ini harus dikombinasikan dengan faktor lainnya. Semakin banyak faktor yang ada, semakin baik pula pemahaman kita tentang potensi gerakan tanah. Kerentanan gerakan tanah di daerah penelitian dipengaruhi oleh kemiringan lereng dan litologi serta curah hujan sebagai faktor pemicu terjadinya gerakan tanah. Pengetahuan tingkat kerentanan gerakan tanah ini dapat bermanfaat sebagai masukan pada rencana tata ruang daerah dan upaya mitigasi gerakan tanah. Penelitian lanjutan sangat dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abella, E. A. C. W., C. J. Van. (2007). Generation of a landslide risk index map for Cuba using spatial multi-criteria evaluation. *Springer-Verlag, Landslides* (2007) 4:311–325.
- Al-Nahmi, F, O. B. A., L.Baidder., K. Khanbari., H. Rhinane., A. Hilali (2016). USING REMOTE SENSING FOR LINEAMENT EXTRACTION IN AI MAGHRABAH AREA - HAJJAH, YEMEN *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W1, 2016 3rd International GeoAdvances Workshop, 16–17 October 2016, Istanbul, Turkey.*
- Ayalew, L., & Yamagishi, Hiromitsu (2005). The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan. *Elsevier, Geomorphology* 65 (2005) 15–31.
- Ayalew, L., Yamagishi, Hiromitsu., & Ugawa, Norimitsu. (2004). Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Springer-Verlag, Landslides* (2004) 1:73–81 DOI 10.1007/s10346-003-0006-9.
- Das, S., Pardeshi, Sudhakar D., Kulkarni, Pallavi P., & Doke, Arjun. (2018). Extraction of lineaments from different azimuth angles using geospatial techniques: a case study of Pravara basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences* (2018) 11:160.
- Carranza, H. W., Sally D. Barritt, Prihadi Sumintadireja. (2008). Spatial data analysis and integration for regional-scale geothermal potential mapping, West Java, Indonesia. *Geothermics* 37; 267–299.

- Fauzi, A., Permana, Haryadi., Indarto, Sri., Gaffar, E.Z. (2015). Regional Structure Control on Geothermal Systems in West Java, Indonesia. *Proceedings World Geothermal Congress* ,, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.
- Gulcan SARP., V. T. (2016). SPATIAL ANALYSIS OF LINEAMENTS, NORTH-WEST OF ANKARA.
- Hilmi, F. a. H., Iyan. (2008). Pola Struktur Regional Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*, Volume 6, Nomor 1, : 57-66.
- Jaboyedoff, M., Crosta, Giovanni B. & Stead, Doug (2011). Slope tectonics: a short introduction. *Slope Tectonics. Geological Society, London, Special Publications*, 351, 1–10., DOI: 10.1144/SP351.1.
- Lee, S., Chwae, Ueechan., and Min, Kyungduck. (2002). Landslide susceptibility mapping by correlation between topography and geological structure: the Janghung area, Korea. *Elsevier, Geomorphology* 46 (2002) 149–162.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*: John Wiley and Sons, INC.
- Nugroho, S. P. (2016). EVALUASI PENANGGULANGAN BENCANA 2015 DAN PREDIKSI BENCANA 2016. *Badan Nasional Penganggulangan Bencana*.
- Rahim, I., Ali, Syeda Maria., Aslam, Maria. (2018). GIS Based Landslide Susceptibility Mapping with Application of Analytical Hierarchy Process in District Ghizer, Gilgit Baltistan Pakistan. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2018, 6, 34-49, ISSN Online: 2327-4344.
- Satyana, A. H. (2007). CENTRAL JAVA, INDONESIA – A “TERRA INCOGNITA” IN PETROLEUM EXPLORATION: NEW CONSIDERATIONS ON THE TECTONIC EVOLUTION AND PETROLEUM IMPLICATIONS *PROCEEDINGS, INDONESIAN PETROLEUM ASSOCIATION, Thirty-First Annual Convention and Exhibition, May 2007*(IPA07-G-085).
- Shahabi, H., & Hashim, Mazlan. (2015). Landslide susceptibility mapping using GIS-based statistical models and Remote sensing data in tropical environment. *SOLID EARTH SCIENCES GEOMORPHOLOGY, SCIENTIFIC REPORTS* | 5 : 9899 | DOI: 10.1038/srep09899 1.
- Simandjuntak, T. O. B., A. J. (1996). Contrasting tectonic styles in the Neogene orogenic belts of Indonesia *Hall, R. & Blundell, D. (eds), 1996, Tectonic Evolution of Southeast Asia, , Geological Society Special Publication No. 106, pp. 185-201.*
- Stead, D., Eberhardt, E., Coggan, J.S. (2006). Developments in the characterization of complex rock slope deformation and failure using numerical modelling techniques. *Elsevier, Engineering Geology* 83 (2006) 217– 235.
- Thannoun., R. G. (2013). Automatic Extraction and Geospatial Analysis of Lineaments and their Tectonic Significance in some areas of Northern Iraq using Remote Sensing Techniques and GIS. *International Journal Of Enhanced Research In Science Technology & Engineering*, Vol. 2 Issue 2, Feb.-2013( Issn No: 2319-7463).
- Volcanologi Survey of Indonesia, 2017