

## ANALISIS KELURUSAN DI KAWASAN GEOPARK KARANGSAMBUNG-KARANGBOLONG MENGGUNAKAN METODE MANUAL DAN OTOMATIS

Nevi T. Lestiyo Asih<sup>\*)1</sup>, Bandi Sasmito<sup>1</sup>, LM. Sabri<sup>1</sup>, Chusni Ansori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788

<sup>2</sup>BRIN Karangsambung, Jl. Karangsambung KM 9, Kebumen, Jawa Tengah, Indonesia 54353

Email : nevitrilestiyoasih@students.undip.ac.id

### ABSTRAK

Geopark Karangsambung-Karangbolong merupakan Kawasan yang ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (ESDM) atas usulan Pemerintah Daerah Kebumen setelah mendapat rekomendasi dari Komite Geopark Nasional Indonesia (KNGI). Geopark Karangsambung-Karangbolong terletak di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah dengan luas 543,599 km<sup>2</sup>. Kawasan ini memiliki bentang alam struktural di utara dalam bentuk lipatan, patahan, kekar, dan kombinasi struktur dengan proses denudasi. Serta bentang alam karst berada di wilayah selatan yaitu Gombang. Kenampakan morfologi yang beragam di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong memungkinkan untuk dilakukan identifikasi kelurusan. Ekstraksi kelurusan dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh dengan menggabungkan metode manual dan otomatis. Metode manual menggunakan data DEMNAS yang dilakukan *hillshade* sedangkan metode otomatis menggunakan data Sentinel-1 yang dilakukan *sobel directional filtering* dan pengolahan dengan modul *LINE*. Kelurusan di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong yang didapat dengan mengkombinasikan metode ekstraksi manual dan otomatis menghasilkan jumlah kelurusan akhir 4.129. Kelurusan yang terekstraksi memiliki arah barat laut – tenggara (NW – SE) dan arah timur laut – barat daya (NE – SW). Kelurusan di dominasi pada topografi kelereng curam dan sangat curam. Perhitungan *Total Accuracy* (TA) didapat sebesar 23,547%.

**Kata Kunci** : Geopark, Kelurusan, Manual, Otomatis, *Sobel*

### ABSTRACT

*Geopark Karangsambung-Karangbolong is an area designated by the Ministry of Energy and Mineral Resources of Indonesia (ESDM) on the proposal of the Kebumen Regional Government after receiving recommendations from the Indonesian National Geopark Committee (INGC). Geopark Karangsambung-Karangbolong is located in Kebumen regency, Central Java with an area of 543.599 km<sup>2</sup>. The region has structural landforms in the north in the form of folds, faults, fractures, and a combination of structures with denudation processes. It has the karst landscape in the southern region of Gombang. Morphological features in the Geopark Karangsambung-Karangbolong allow for the identification of lineament. Lineament extraction used remote sensing data by combining manual and automatic methods. The manual method used DEMNAS data performed by hillshade while the automatic method used Sentinel-1 data performed by sobel directional filtering and processing with LINE module. Lineament in the Geopark Karangsambung-Karangbolong obtained by combining manual and automatic extraction methods resulted in the final lineament of 4,129. The extracted lineament has a northwest-southeast direction (NW – SE) and northeast – southwest direction (NE – SW). Lineament dominates the topography of steep and very steep slopes. Calculation of Total Accuracy (TA) obtained by 23.547%.*

**Keywords**: *Automatic, Geopark, Lineament, Manual, Sobel*

\*)Penulis Utama, Penanggung Jawab

### I. Pendahuluan

#### I.1 Latar Belakang

Geopark Karangsambung-Karangbolong terletak di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Geopark Karangsambung-Karangbolong ditetapkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (ESDM) atas usulan Pemerintah Daerah Kebumen setelah mendapat rekomendasi dari Komite Geopark Nasional Indonesia (KNGI). Geopark Karangsambung-Karangbolong merupakan Kawasan

dengan luas 543,599 km<sup>2</sup> yang mencakup 12 kecamatan dengan 118 desa dan memiliki 41 situs geologi (Ansori dkk., 2022).

Bentang alam struktural sebagian besar didistribusikan di utara dalam bentuk lipatan, patahan, kekar, dan kombinasi struktur dengan proses denudasi. Bentang alam denudasional tersebar di wilayah tengah dan tenggara. Bentang alam struktural berada di bagian utara, terutama di kompleks *Mélange* yang cirikan dengan patahan dan retakan. Gunung/bukit antiklinal

terdapat di Karangsembung yang tersusun dari batuan kaku dan semiplastik, terdiri dari batuan terlipat, lembah yang terletak di puncak antiklin mengalami erosi. Bentang Alam Karst berada di wilayah selatan yaitu Gombong yang dicirikan oleh bentang alam dengan tekstur berbintik-bintik, terdiri dari bukit-bukit bulat yang tersebar di antara lembah-lembah tertutup dengan ukuran yang relatif seragam (Ansori dkk., 2020).

Struktur geologi di wilayah Kebumen Sebagian besar tersingkap di bagian utara (Asikin dkk., 1992). Struktur geologi berupa lipatan, sesar, dan kekar, dijumpai pada batuan yang berumur Kapur hingga Pliosen (Subagio, 2008). Kenampakan morfologi yang beragam di Kebumen khususnya Kawasan Geopark Karangsembung-Karangbolong memungkinkan untuk dilakukan identifikasi kelurusan. Kelurusan banyak digunakan dalam berbagai kegunaan. Sebagai contoh kenampakan kelurusan pada potret udara citra satelit antara lain, kelurusan zona sesar, kelurusan lembah pemekaran, terpotongnya singkapan, lipatan, kekar, kelurusan bidang pelapisan batuan, dan lain-lainnya (Muhari dkk., 2018).

Ekstraksi kelurusan tersebut dapat menggunakan teknik penginderaan jauh. Data penginderaan jauh digunakan untuk ekstraksi kelurusan dengan cara pengolahan ekstraksi manual, ekstraksi semi otomatis, dan ekstraksi otomatis (Hashim dkk., 2012). Ekstraksi kelurusan secara manual dan semi otomatis lebih menekankan pada pengetahuan dan pemahaman sang analis sedangkan ekstraksi otomatis tergantung kepada penggunaan *software*.

Penelitian terdahulu tentang kelurusan sudah banyak dilakukan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Zafaty dkk., 2022) dengan menggabungkan data Landsat 8, ASTER, dan Sentinel-1 GRDH. Ekstraksi yang dilakukan dengan metode manual pada citra Sentinel-1 GRDH yang telah dilakukan *directional filtering*. Hasilnya menunjukkan bahwa citra Sentinel-1 polarisasi VH dengan *directional filtering* dengan arah 45° dan 135° memberikan hasil yang bagus. Penelitian lain dilakukan oleh (Salawu dkk., 2021) dengan menggunakan *sobel directional filtering* kernel 3x3 pada citra Landsat 8. Ekstraksi kelurusan dilakukan secara otomatis

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu tersebut, penulis ingin melakukan penelitian untuk mengidentifikasi kelurusan dengan menggunakan metode manual dan otomatis. Ekstraksi manual menggunakan interpretasi visual dan digitasi manual. Ekstraksi kelurusan secara manual merupakan metode yang sederhana dan mudah untuk membedakan kelurusan akan tetapi memerlukan waktu yang lama tergantung dengan kompleksitas area penelitian serta bersifat subjektif karena dikerjakan oleh manusia (Azman dkk., 2020). Ekstraksi otomatis dapat menghasilkan kelurusan dalam waktu yang lebih sedikit dan mendeteksi lebih banyak struktur daripada deteksi manualakan tetapi memiliki kelemahan karena garis yang diekstraksi biasanya tidak sesuai dengan struktur

geologis dari area yang dianalisis sehingga perlu dilakukan penghapusan kelurusan yang tidak sesuai dengan struktur geologis (Echeverria dkk., 2022). Penggunaan *Sobel Directional Filter* pada pengolahan ekstraksi otomatis menurut (Suzen dan Toprak, 1998) dalam penelitian (Salawu dkk., 2021) digunakan untuk mencapai presisi yang baik dalam ekstraksi kelurusan berorientasi karena sifat terarah dari kernel Sobel menghasilkan pendekatan yang aktif dan lebih cepat untuk menilai kelurusan di empat arah utama. Hal tersebut juga berkaitan dengan karakteristik wilayah studi yang merupakan daerah dataran tinggi dengan relief permukaan bumi yang beragam sehingga diharapkan dapat menghasilkan kelurusan dalam berbagai arah untuk dapat dilakukan analisis.

Adanya penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pemetaan pola kelurusan di Geopark Karangsembung-Karangbolong. Selain itu, juga dapat dijadikan bahan kajian bahwa wilayah Geopark Karangsembung-Karangbolong tidak hanya sebatas kawasan wisata tetapi juga sebagai edukasi bahwa Kawasan ini ternyata memiliki kelurusan yang menandakan telah terjadi proses geologi sebelumnya.

## I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil analisis pola kelurusan yang terbentuk di Kawasan Geopark Karangsembung-Karangbolong?
2. Bagaimana hasil analisis perhitungan akurasi kelurusan di Kawasan Geopark Karangsembung-Karangbolong?

## I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dalam melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui pola kelurusan ekstraksi kelurusan secara manual dan otomatis di Geopark Karangsembung-Karangbolong
2. Mengetahui akurasi hasil kelurusan yang diekstraksi secara manual dan otomatis di Geopark Karangsembung-Karangbolong

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Segi Keilmuan  
Penelitian ini dapat memberikan pengetahuan terkait struktur geologi yang dapat diidentifikasi dari kelurusan yang dilakukan pengolahan menggunakan metode manual dan otomatis.
2. Segi Pemerintah  
Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan kajian untuk para peneliti dan bahan edukasi yang bisa digunakan oleh Dinas Pariwisata Kabupaten Kebumen dan BRIN Karangsembung terkait Kawasan Geopark Karangsembung-Karangbolong yang memiliki kelurusan berkaitan dengan proses geologi hingga membentuk Kawasan yang saat ini dijadikan sebagai tempat wisata.

**I.4 Batasan Masalah**

Untuk membatasi masalah agar sesuai dengan topik yang akan dibahas pada penelitian, maka dibuat batasan-batasan masalah sebagai berikut.

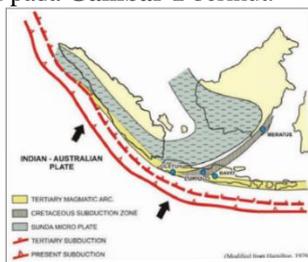
1. Metode yang digunakan terdiri dari metode manual dan otomatis. Metode manual dilakukan dengan digitasi *on screen* sedangkan metode otomatis dilakukan ekstraksi langsung menggunakan *software* PCI Geomatica.
2. Metode manual sebelumnya dilakukan proses *Hillshade* sedangkan metode otomatis dilakukan proses *Sobel Directional Filtering*.
3. Perhitungan akurasi mengacu pada penelitian Abarca yaitu dengan melakukan perhitungan *Length Accuracy*, *Position Accuracy*, dan *Total Accuracy*. Sedangkan validasi dilakukan di lapangan dengan pengukuran *strike* dan *dip*.

**II. Tinjauan Pustaka**

**II.1 Geologi Regional**

Secara regional seluruh pulau Jawa memiliki perkembangan tektonik yang sama, namun karena pengaruh dari jejak tektonik yang lebih tua mengontrol struktur batuan dasar khususnya yang lebih muda maka terdapat perbedaan antara daerah Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Daerah Jawa Tengah terbagi menjadi empat zona fisiografi yaitu Dataran Pantai Selatan, Pegunungan Serayu Selatan, Pegunungan Serayu Utara, dan Dataran Pantai Utara sesuai (Bemmelen, 1949).

Batuan tertua di Jawa yang merupakan inti Pegunungan Serayu Selatan dan dasar cekungan tersingkap di Karangsembung. Karangsembung merupakan satu dari tiga lokasi tersingkapnya batuan pratersier, yaitu Ciletuh di Jawa Barat dan Bayat di Jawa Tengah. Perkembangan tektonik Pulau Jawa divisualisasikan pada **Gambar 1** berikut.

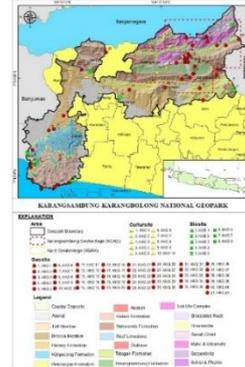


**Gambar 1** Perkembangan Tektonik Pulau Jawa

(Asikin dan Suyoto, 1994)

Geopark Karangsembung-Karangbolong secara geografis mewakili bagian utara dan selatan daerah Kabupaten Kebumen Jawa Tengah seperti pada **Gambar 2**. Secara keseluruhan kawasan Geopark Karangsembung-Karangbolong akan terbagi menjadi 3 (tiga) segmen, yaitu Kawasan Karangsembung (Kawasan Cagar Alam geologi Karangsembung di Bagian Utara), Kawasan Sempor (Bagian Tengah) dan Kawasan Pesisir Ayah yang merupakan kawasan karst dan vulkanik tua (Bagian Selatan) (Pemerintah Kabupaten Kebumen, 2018). Morfologi yang terbentuk hasil proses geologi Jaman Kapur sampai Kuartar dan

tersebar dari mulai dari utara sampai selatan kawasan geopark (Ansori dkk., 2016).



**Gambar 2** Kawasan Geopark Karangsembung-Karangbolong (Ansori dkk., 2022)

**II.2 Kelurusan**

Kelurusan merupakan kenampakan morfologi permukaan bumi, berkaitan dengan struktur geologi yang mana mencerminkan unit tektonik penting di kerak bumi dan menunjukkan zona pembentukan mineral, pengendalian distribusi air tanah, bencana geologi, sumber daya panas, gempa bumi, dan morfologi (Bonetto dkk., 2014). Kelurusan adalah fitur linier atau lengkung dari permukaan bumi yang dapat dipetakan dimana bagian-bagiannya sejajar dalam hubungan lurus atau sedikit melengkung (Hung dkk., 2005).

**II.3 Sentinel-1 GRD**

Sentinel 1 merupakan misi *European Radar Observatory* bersama *Copernicus* dari *European Commission* (EC) dan *European Space Agency* (ESA). Misi Sentinel-1 mencakup pencitraan C-band yang beroperasi dalam empat mode pencitraan eksklusif dengan resolusi berbeda (hingga 5 m) dan jangkauan (hingga 400 km). Citra satelit ini memberikan kemampuan polarisasi ganda, waktu revisit yang sangat singkat dan pengiriman produk yang cepat. terdiri dari konstelasi dua satelit, Sentinel-1A dan Sentinel-1B, berbagi bidang orbit yang sama. (Copernicus, 2022).

Akuisisi Sentinel-1 terdiri dari empat mode yaitu *Stripmap*, *interferometric wide swath*, dan *extra wide swath mode*. *Stripmap*, *interferometric wide swath*, dan *extra wide swath mode* berfungsi pada siklus 25 menit per setiap orbit, dan mode gelombang berfungsi pada siklus 75 menit per setiap orbit. Mode *stripmap*, *interferometric wide swath*, dan *extra wide swath* menggunakan polarisasi tunggal yang berada di HH atau VV, dan polarisasi ganda yang dapat berupa HH+HV dan VV+VH (Eos.com, 2022).

**II.3.1 Sentinel-1 GRD Untuk Identifikasi Kelurusan**

Kelurusan dimanifestasikan dengan sangat baik pada citra SAR. Selain itu, beberapa fitur struktural seperti patahan baik yang telah terdeteksi, diperpanjang atau dicurigai berdasarkan data citra. Arah pandang

memiliki efek luar biasa pada respons dan manifestasi fitur pada citra SAR (Gupta, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh (Adiri dkk., 2017) menyatakan bahwa distribusi kelurusan (*lineament*) yang diperoleh dari citra Sentinel 1 terutama mengikuti perubahan yang tiba-tiba pada area *slope* dan *shading*. Hasil yang diperoleh dari citra Sentinel-1 menunjukkan korelasi yang lebih baik dengan sebaran sesar. Data Sentinel-1 menunjukkan hasil yang paling berkorelasi dalam kaitannya dengan sesar.

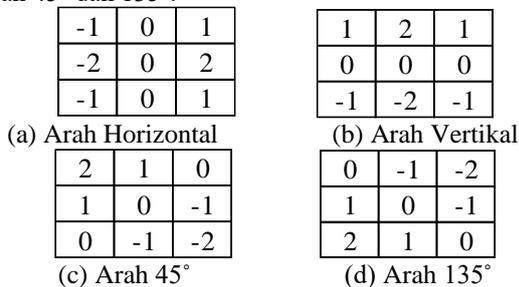
**II.3.2 Pra Pemrosesan Sentinel-1**

Pada sentinel-1 GRD pra pemrosesan terdiri dari kalibrasi, *speckle filtering*, dan *terrain correction*.

1. Kalibrasi Kalibrasi adalah prosedur yang mengubah nilai piksel digital menjadi *backscatter* SAR yang dikalibrasi secara radiometrik.
2. *Speckle Filtering* *Speckle filtering* adalah prosedur untuk meningkatkan kualitas citra dengan mengurangi bitnik (*speckle*). *Speckle* dalam citra SAR dikenal dengan efek *salt and pepper*. Hal ini membuat interpretasi konten gambar menjadi tugas yang sangat sulit. Untuk mengatasi masalah ini digunakan filter Lee (Adiri dkk., 2017).
3. *Terrain Correction* Koreksi ini dimaksudkan untuk mengkompensasi distorsi ini sehingga representasi geometris citra akan sedekat mungkin dengan dunia nyata (Filipponi, 2019).

**II.4 Sobel Filtering**

Operator Sobel memperkirakan tepi citra dengan menghitung gradien kecerahan citra, sehingga hanya mempertimbangkan arah horizontal dan arah vertikal akan membuat citra tepi yang terdeteksi kehilangan beberapa detail. Banyak ahli mengusulkan untuk meningkatkan arah menjadi 45° dan 135° untuk membuat algoritma lebih akurat untuk ekstraksi fitur tepi yang miring (Zhou dan Fu, 2021). **Gambar 3** merupakan kernel Sobel untuk arah horizontal, vertikal, arah 45° dan 135°.



**Gambar 3** Arah Operator Sobel (Zhou dan Fu, 2021)

**II.5 LINE Module**

Ekstraksi kelurusan secara otomatis dilakukan menggunakan sistem komputerisasi dari software. Proses ini termasuk *enhancement*, *filtering*, *edge detection*, dan ekstraksi kelurusan (Ahmadi dan

Pekkan, 2021). Salah satu teknik ekstraksi kelurusan otomatis yaitu dengan software PCI Geomatica dengan modul *LINE*. Modul *LINE* dari PCI Geomatica mengekstrak fitur garis dengan *output* dalam bentuk segmen vektor. Parameter yang digunakan yaitu enam parameter yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1** Parameter Modul *LINE* (Enoh dkk., 2021)

Parameters	Signification	Rang (Unit)
RADI	<i>radius associated with edge detection filter</i>	0-8129 (pixels)
GHTR	<i>the threshold design for minimum gradient for edge pixel</i>	0-255 (pixels)
LTHR	<i>the minimum length designated to a curve as lineaments</i>	0-8129 (pixels)
FTHR	<i>highlight the maximum error allowed to fit polyline with pixel curve</i>	0-8129 (pixels)
ATHR	<i>the maximum angle for uniting two vectors</i>	0-90 (pixels)
DTHR	<i>the minimum distance between two extreme points, for linking two vectors</i>	0-8129 (pixels)

**II.6 Perhitungan Akurasi**

Perhitungan akurasi menggunakan persamaan yang dilakukan oleh (Abarca, 2006). *Length Accuracy* (LA) sebagai ukuran keefektifan ekstraksi didefinisikan sebagai rasio antara jumlah panjang garis yang terekstraksi secara benar (CE) dan jumlah panjang garis benar yang diinterpretasikan secara visual adalah garis yang benar (TL) yang ditunjukkan pada persamaan (II.11).

$$LA (\%) = \frac{CE}{TL} \times 100 \dots \dots \dots (II.11)$$

*Position Accuracy* (PA) merupakan rasio CE adalah jumlah panjang semua fitur yang diekstraksi dengan benar dan AE adalah jumlah panjang semua kelurusan yang diekstraksi. *Position Accuracy* (PA) didefinisikan pada persamaan (II.12).

$$PA (\%) = \frac{CE}{AE} \times 100 \dots \dots \dots (II.2)$$

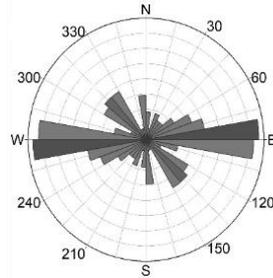
*Total Accuracy* (TA) merupakan gabungan dari *Length Accuracy* (LA) dan *Position Accuracy* (PA). Perhitungan kedua akurasi menggunakan sistem rasio maka *mean* geometrik adalah metode yang paling cocok untuk melakukan rata-rata akurasi untuk mendapatkan nilai akhir. Sehingga *Total Accuracy* (TA) didefinisikan pada persamaan (II.13).

$$TA (\%) = \sqrt{LA * PA} \dots \dots \dots (II.3)$$

Keterangan :  
 TA = *Total Accuracy*  
 LA = *Length Accuracy*  
 PA = *Position Accuracy*

**II.7 Diagram Rose**

Diagram *rose* adalah plot yang banyak digunakan yang mewakili hubungan antara dua variabel, di mana variabel pertama adalah arah atau sudut yang diwakili oleh sudut di sekitar lingkaran dengan cara yang mirip dengan mawar kompas dan besaran skalar lainnya diwakili oleh jarak radial dari pusat lingkaran. Diagram *rose* digunakan untuk menyajikan distribusi data agar mudah dipahami (Sanderson dan Peacock, 2020). Contoh diagram *rose* ditunjukkan pada **Gambar 4**.



**Gambar 4** Diagram Rose (Javhar dkk., 2019)

**III. Metodologi Penelitian**

**III.1 Alat dan Data Penelitian**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Perangkat Keras
  - a. Laptop AsusX441U, untuk proses pengolahan data penelitian.
  - b. *Smartphone*, untuk dokumentasi selama proses penelitian.
  - c. UTM GeoMap, untuk menentukan titik koordinat lapisan dan retakan di lapangan.
  - d. Kompas Geologi untuk melakukan pengukuran *strike* dan *dip*.
2. Perangkat Lunak
  - a. SNAP, untuk pra pemrosesan dan pengolahan *Sobel Directional Filtering*.
  - b. PCI Geomatica 2014, untuk ekstraksi kelurusan otomatis.
  - c. ArcGIS 10.7, untuk pengolahan DEMNAS, penggabungan kelurusan dan pembuatan *layout* peta.
  - d. Rockworks 16, untuk pengolahan diagram *rose*
  - e. Ms. Word 2013, untuk pembuatan laporan penelitian.
  - f. Ms. Excel 2013, untuk perhitungan akurasi.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

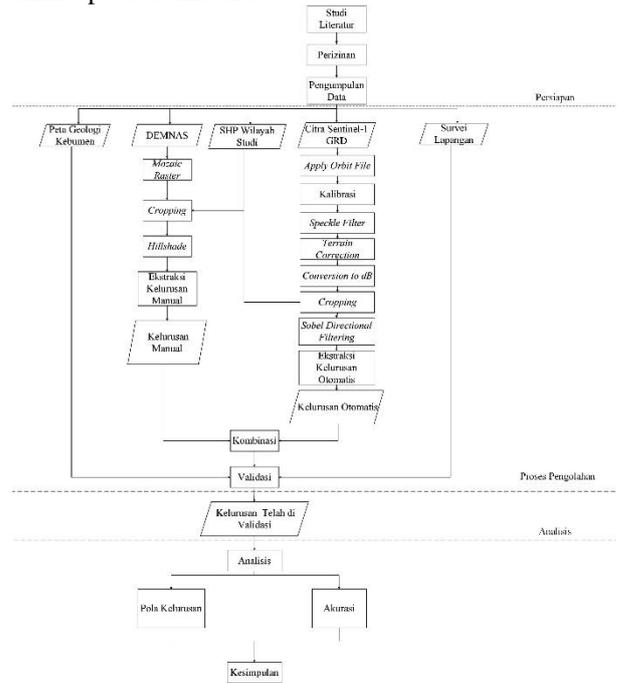
1. Data citra satelit Sentinel-1 Level GRD dengan *sensor mode* IW, polarisasi VH dengan akuisisi bulan Oktober 2022 yang diperoleh melalui <https://search.asf.alaska.edu/>.
2. Data DEMNAS yang digunakan untuk melakukan ekstraksi kelurusan manual yang diperoleh melalui <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/>.
3. Peta Geologi Lembar Banyumas, Jawa lembar 1308-3 skala 1:100.000 dan Peta Geologi

Lembar Kebumen, Jawa lembar 1401-1 skala 1:100.000 yang diperoleh dari Kementerian ESDM Indonesia

4. *Shapefile* batas wilayah Geopark Karangsambung-Karangbolong dari Bappeda Kabupaten Kebumen.

**III.2 Diagram Alir Penelitian**

Tahapan dari penelitian ekstraksi kelurusan di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong menggunakan metode manual dan otomatis dapat dilihat pada **Gambar 5**.



**Gambar 5** Diagram Alir Penelitian

**III.3 Pelaksanaan Penelitian**

**III.3.1 Persiapan**

Tahap ini menyajikan informasi terkait persiapan penelitian yang meliputi studi literatur, perizinan, dan pengumpulan data. Studi literatur dilakukan untuk mencari materi yang relevan dengan tema penelitian. Perizinan yaitu mempersiapkan surat-surat seperti surat izin, dan permohonan data pada instansi yang dituju. Pengumpulan data diperoleh melalui instansi.

**III.3.2 Pra Pengolahan Data**

**III.3.2.1 Pra Pengolahan DEMNAS**

Tahapan pra pengolahan dari DEMNAS ini berupa mozaik raster dan *projection* serta *cropping* sesuai wilayah studi. Proses ini dilakukan di ArcGIS dengan *ArcToolbox*.

**III.3.2.2 Pra Pengolahan Citra Sentinel-1 GRD**

Tahapan dalam pra pengolahan data dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu: *cropping* citra, *apply orbit satellite*, kalibrasi radiometrik, *speckle filtering*, dan koreksi geometrik (*terrain correction*). Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan *software* SNAP.

Tahap awal dalam proses pra pengolahan adalah *cropping* citra dengan tujuan untuk memotong citra sesuai dengan wilayah kajian pada penelitian ini.

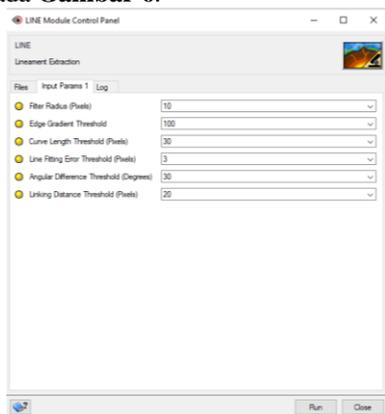
Sebelum dilakukan koreksi, citra Sentinel-1 GRD terlebih dahulu dilakukan *apply orbit satellite* yang bertujuan untuk memperbarui vektor status orbit SAR dalam metadata produknya, memberikan informasi posisi dan kecepatan satelit yang akurat. Selanjutnya koreksi pada citra dilakukan untuk menghindari adanya kesalahan agar tidak berdampak pada pengolahan selanjutnya. Proses selanjutnya yaitu *speckle filtering*. Pada proses ini memilih metode *lee* dengan ukuran  $7 \times 7$ .

Tahapan selanjutnya dari proses koreksi citra yaitu *terrain correction*. Tujuan dari koreksi ini untuk mereduksi kesalahan topografi sehingga representasi geometrik citra sesuai dengan koordinat lapangan. Jika proses *terrain correction* telah selesai, selanjutnya pada *band* hasil koreksi tersebut dijadikan dalam *linear to dB*.

### III.3.3 Ekstraksi Kelurusan Secara Manual dan Otomatis

Ekstraksi manual kelurusan dilakukan pada hasil pengolahan *hillshade* DEMNAS dengan menggunakan *software* ArcGIS. Digitasi manual dilakukan pada fitur permukaan punggung bukit yang berbentuk lurus yang diindikasikan merupakan kelurusan.

Ekstraksi kelurusan secara otomatis menggunakan algoritma *LINE* modul yang disediakan oleh *software* PCI Geomatica. Citra Sentinel-1 GRD yang sudah dilakukan *sobel directional filtering* selanjutnya digunakan untuk mengekstraksi kelurusan secara otomatis. Nilai parameter yang akan digunakan seperti pada **Gambar 6**.



**Gambar 6** Parameter *LINE* Module

### III.3.4 Perhitungan Akurasi dan Validasi

Hasil ekstraksi kelurusan sebelum dilakukan validasi perlu dilakukan penghilangan kelurusan yang terduplikat, yaitu dua garis yang sama dan identik akibat hasil ekstraksi dari setiap proses.

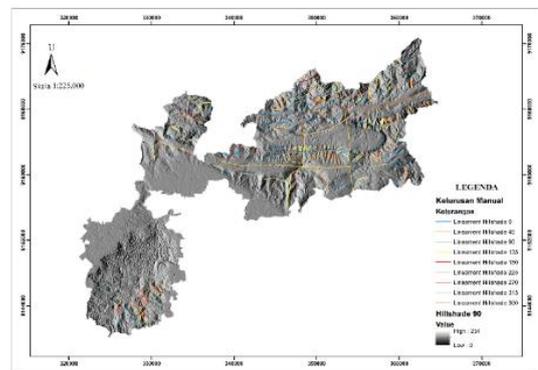
Validasi kelurusan menggunakan data struktur geologi yang didapatkan dari Peta Geologi Kabupaten Kebumen skala 1:100.000. Perhitungan akurasi menggunakan persamaan yang digunakan oleh

(Abarca, 2006). Zona *buffer* yang digunakan yaitu 100 m hal ini didasarkan pada penggunaan data referensi yang dianggap benar yaitu Peta Geologi Kebumen skala 1:100.000, dimana 1 mm sama dengan 100 m di lapangan. Selain itu dilakukan validasi di lapangan dengan mencari jejak pelapisan batuan.

## IV. Hasil dan Analisis

### IV.1 Hasil dan Analisis Ekstraksi Kelurusan Manual

Ekstraksi kelurusan secara manual dihasilkan dari *hillshade* DEMNAS yang didigitasi *on screen* dan interpretasi visual. *Hillshade* dilakukan pada sudut *azimuth*  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ,$  dan  $360^\circ$  yang menghasilkan kelurusan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7**.



**Gambar 7** Hasil Ekstraksi Kelurusan Manual

**Tabel 2** menunjukkan kelurusan terbanyak yang diekstraksi secara manual dari hasil pengolahan *hillshade* dengan *azimuth*  $90^\circ$  hal ini dikarenakan pada *azimuth* tersebut secara visual lebih jelas untuk dilakukan interpretasi. Kelurusan yang terekstraksi bervariasi dari ratusan meter hingga puluhan kilometer. Panjang kelurusan yang mencapai nilai puluhan kilometer disebabkan subjektivitas interpretasi yang dilakukan apabila diekstraksi secara manual.

Tabel 2 Rincian Hasil Ekstraksi Kelurusan Manual

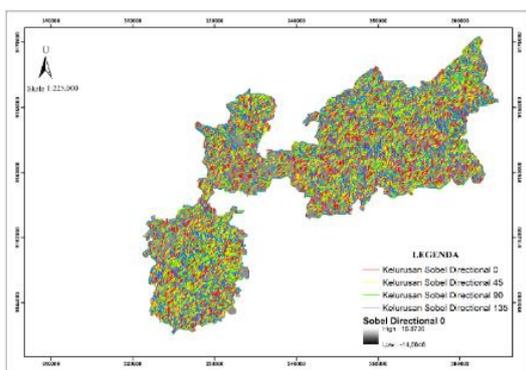
Sudut Azimuth Hillshade	Jumlah Kelurusan	Rata-Rata (meter)	Kelurusan Terpanjang (meter)	Kelurusan Terpendek (meter)	Total Panjang (km)
0°	139	1359,682	9889,708	280,209	188,995
45°	119	1480,087	16057,920	340,909	177,610
90°	148	1212,686	8825,880	194,377	179,477
135°	83	1454,738	9634,442	318,189	120,743
180°	12	3097,351	9357,613	858,625	37,168
225°	80	1444,334	9160,547	302,252	115,546
270°	122	1235,437	9206,551	286,877	150,723
315°	52	1784,465	8736,044	364,934	92,792
360°	53	1885,048	9220,346	427,153	99,907

Tabel 3 Rincian Hasil Ekstraksi Kelurusan Otomatis

Sobel Directional	Jumlah Kelurusan	Rata-Rata (meter)	Kelurusan Terpanjang (meter)	Kelurusan Terpendek (meter)	Total Panjang Kelurusan (km)
0°	4.456	485,595	1953,182	298,674	2163,811
45°	3.717	478,879	1881,140	298,674	1779,994
90°	2.600	453,712	1582,633	298,674	1179,650
135°	2.257	456,207	1744,293	298,674	1029,658

IV.2 Hasil dan Analisis Ekstraksi Kelurusan Otomatis

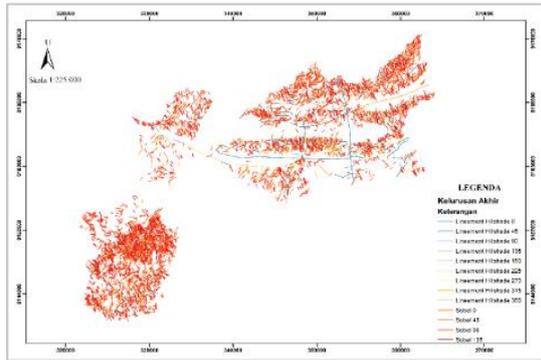
Ekstraksi kelurusan secara otomatis dihasilkan dari *sobel directional filtering* pada arah sudut 0°, 45°, 90°, dan 135°. Kelurusan diekstraksi otomatis menggunakan modul *LINE* sehingga dihasilkan seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Hasil Ekstraksi Kelurusan Otomatis

Tabel 3 menunjukkan bahwa kelurusan terbanyak yang diekstraksi secara otomatis dari hasil pengolahan *sobel directional filtering* menghasilkan kuantitas kelurusan yang banyak. Jumlah tersebut dikarenakan tidak hanya kelurusan geologi saja yang terekstraksi yaitu kelurusan seperti jalan, sungai, dan lainnya yang tidak berkaitan dengan kelurusan geologi. Kelurusan dengan jumlah terbanyak dihasilkan dari pengolahan *sobel directional* arah 0°. Selain itu jika dilihat panjang kelurusan terpendek yang dihasilkan memiliki nilai sama yaitu 298,674 meter. Kelurusan terpanjang juga tidak menyentuh nilai lebih dari 2 kilometer. Hal tersebut disebabkan oleh pemilihan parameter saat melakukan ekstraksi otomatis menggunakan modul *LINE*.

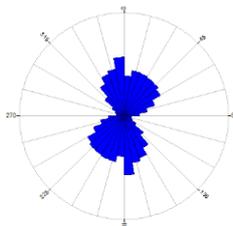
Setelah hasil ekstraksi keduanya digabungkan dan dilakukan eliminasi kelurusan untuk menghasilkan kelurusan yang sesuai, dihasilkan kelurusan dengan jumlah 4.129. Total panjang kelurusan yaitu 2.530,444 kilometer dengan kelurusan terpendek sepanjang 194,377 meter dan kelurusan terpanjang yaitu 16.060,879 meter. Gambar 9 berikut menunjukkan hasil gabungan kelurusan manual dan otomatis yang telah dilakukan eliminasi kelurusan yang tidak sesuai.



Gambar 9 Hasil Kelurusan Akhir

**IV.3 Hasil dan Analisis Arah Orientasi Kelurusan**

Arah kelurusan ditunjukkan oleh diagram *rose* pada Gambar 10. Kelurusan memiliki arah barat laut – tenggara (NW – SE). Selain itu secara frekuensi banyaknya garis menunjukkan arah timur laut – barat daya (NE – SW). Dalam penelitiannya, (Liu dkk., 2021) menyampaikan bahwa hasil ekstraksi kelurusan dapat berfungsi sebagai penanda interpretasi patahan regional.



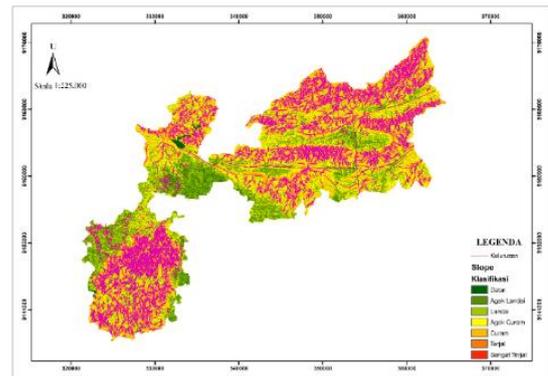
Gambar 10 Diagram *Rose* Kelurusan Akhir

**IV.4 Hasil dan Analisis Kelurusan Terkait dengan Slope**

Kemiringan dataran di wilayah penelitian diklasifikasikan menjadi enam yaitu datar, agak landai, landai, agak curam, curam, terjal, dan sangat terjal sesuai dengan klasifikasi van Zuidam (1983, dalam Pratama, 2021) pada Tabel 4. Hasil pengolahan didapatkan bahwa kemiringan curam memiliki luasan yang lebih besar yaitu 191,968 km<sup>2</sup> dan mendominasi wilayah penelitian. Terdapat beberapa tempat dengan kemiringan curam sekali yaitu di wilayah yaitu Kecamatan Buayan dan Kecamatan Ayah, dimana daerah tersebut merupakan tebing curam dipinggir pantai. Serta sedikit di wilayah Kecamatan Sadang. Kemiringan di wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 11.

Tabel 4 Klasifikasi Kelas Kelerengan

Klasifikasi	Kemiringan (%)
Datar	0 – 2
Agak Landai	2 – 7
Landai	7 – 15
Agak Curam	15 – 30
Curam	30 – 70
Terjal	70 – 140
Sangat Terjal	>140



Gambar 11 Kelurusan pada Kelerengan

Kelurusan yang dihasilkan di wilayah penelitian tersebar dari wilayah datar hingga sangat terjal. Kelurusan dominan terletak pada daerah dengan kelerengan curam dan terjal. Hal ini karena faktor geologi (deformasi batuan) dan topografi mempengaruhi distribusi spasial dari kelurusan. Dimana kemiringan merupakan salah satu faktor topografi utama yang mengendalikan distribusi kelurusan. Perubahan nilai kemiringan yang tiba-tiba dianggap umum sebagai tanda utama kehadiran pola linier Nkono dkk., (2013 dalam Hajaj dkk., 2022).

**IV.5 Hasil dan Analisis Validasi**

**IV.5.1 Perhitungan Akurasi**

Akurasi dihitung mengacu pada penelitian (Abarca, 2006). Perhitungan akurasi dilakukan pada *Length Accuracy* dimana diperoleh nilai 72,978%. Hal ini menunjukkan bahwa total panjang kelurusan yang masuk dalam zona *buffer* memiliki total panjang yang hampir sama dengan total panjang semua struktur geologi yang diperoleh dari peta geologi. Sedangkan untuk *Position Accuracy* menghasilkan nilai 7,598%. Nilai tersebut merupakan nilai yang kecil. Hal ini dikarenakan banyak kelurusan yang tidak masuk zona *buffer*. Akurasi posisi dalam hal ini tidak berhubungan dengan seberapa jauh atau dekat garis yang diekstraksi terhadap *truth lines*. Akurasi posisi hanya diukur dari jumlah garis yang tidak masuk zona *buffer*. Semakin banyak garis yang dikenali dengan benar ketika dilakukan *buffer*, semakin tinggi akurasi posisi. Dari perhitungan *Length Accuracy* (LA) dan *Position Accuracy* (PA) tersebut dapat dihasilkan *Total Accuracy* (TA) yaitu sebesar 23,547%. Nilai akurasi total yang rendah tersebut disebabkan karena kedetailan informasi pada Peta Geologi dan sistem transformasi serta datum yang digunakan tidak sama sehingga hasilnya kurang tepat.

**IV.5.2 Validasi Lapangan**

Validasi lapangan dilakukan di beberapa tempat dalam wilayah penelitian yaitu Desa Pucang, Desa Kalisana, Desa Tlepek, Desa Kalisari, Sempor, dan Karanggayam. Pemilihan daerah tersebut telah mewakili dari wilayah penelitian dan daerah tersebut banyak tersingkap struktur patahan, retakan, dan

lapisan. Bagian utara yaitu Desa Pucang ditemukan retakan serpentinit. Di Desa Kalisana dan Desa Tlepok ditemukan lapisan batuan. Di Desa Kalisari banyak tersingkap lapisan batu gamping. Di wilayah Sempor terdapat lapisan dan retakan batu pasir. Sementara di Karanggayam terdapat lapisan batu pasir yang tersingkap di sepanjang jalan.

## V. Penutup

### V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Kelurusan di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong yang didapat dengan mengkombinasikan metode ekstraksi manual dan otomatis menghasilkan jumlah kelurusan 4.129. Total panjang kelurusan yaitu 2.530,444 kilometer dengan kelurusan terpendek sepanjang 194,377 meter dan kelurusan terpanjang yaitu 16.060,879 meter. Kelurusan yang terekstraksi memiliki arah barat laut – tenggara (NW – SE) dan arah timur laut – barat daya (NE – SW). Kelurusan di dominasi pada topografi kelerengan curam dan sangat curam.
2. Perhitungan akurasi dilakukan dengan menghitung *Length Accuracy* dimana diperoleh nilai 72,978%. *Position Accuracy* menghasilkan nilai 7,598%. Sehingga didapatkan *Total Accuracy* (TA) yaitu sebesar 23,547%. Akurasi tersebut termasuk kecil karena kedetailan informasi pada Peta Geologi dan sistem transformasi serta datum yang digunakan tidak sama sehingga hasilnya kurang tepat. Selain itu, validasi lapangan dilakukan di Desa Pucang, Desa Kalisana, Desa Tlepok, Desa Kalisari, Sempor, dan Karanggayam yang mana terdapat singkapan retakan maupun lapisan. Dimana dari pengukuran strike dan dip dihasilkan kesesuaian antara arah pengukuran dengan hasil ekstraksi kelurusan.

### V.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk mempermudah dan memperbaiki penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pemilihan parameter modul LINE harus hati-hati dan perlu dilakukan banyak percobaan agar hasilnya sesuai.
2. Perlunya pendampingan dari ahli Geologi dalam proses verifikasi kelurusan hingga validasi lapangan.
3. Perhitungan akurasi sebaiknya tidak hanya dengan menggunakan Peta Geologi sebagai referensi tetapi juga dari hasil ekstraksi kelurusan dari penelitian sebelumnya di tempat yang sama.

Abarca, M. A. A. (2006). *Lineament Extraction from Digital Terrain Models: Case Study San Antonio del Sur Area , South-Eastern Cuba Lineament. GeoInformation Science, March*, 80.

Adiri, Z., El Harti, A., Jellouli, A., Lhissou, R., Maacha, L., Azmi, M., Zouhair, M., & Bachaoui, E. M. (2017). *Comparison of Landsat-8, ASTER and Sentinel 1 Satellite Remote Sensing Data in Automatic Lineaments Extraction: A Case Study of Sidi Flah-Bouskour Inlier, Moroccan Anti Atlas. Advances in Space Research, 60*(11), 2355–2367.

<https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.09.006>

Ahmadi, H., & Pekkan, E. (2021). *Fault-Based Geological Lineaments Extraction Using Remote Sensing and GIS—A Review. Geosciences (Switzerland), 11*(5). <https://doi.org/10.3390/geosciences11050183>

Ansori, C., Kumoro, Y., Hastria, D., & Widiyanto, K. (2016). *Panduan Geowisata: Menelusuri Jejak Dinamika Bumi pada Rangkaian Pegunungan Serayu dan Pantai Selatan Jawa. LIPI Press.*

Ansori, C., Raharjo, P. D., Setianto, A., Warmada, I. W., & Setiawan, N. I. (2020). *Geomorphology and iron sand potential at coastal sediment morphology, Kebumen Regency. E3S Web of Conferences, 200*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020006004>

Ansori, C., Setiawan, N. I., Warmada, I. W., & Yogaswara, H. (2022). *Identification of geodiversity and evaluation of geosites to determine geopark themes of the Karangsambung-Karangbolong National Geopark, Kebumen, Indonesia. International Journal of Geoheritage and Parks, 10*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.01.001>

Asikin, S., Handoyo, A., Busono, H., & Gafoer, S. (1992). *Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, 1*.

Azman, A. I., Talib, J. A., & Sokiman, M. S. (2020). *The Integration of Remote Sensing Data for Lineament Mapping in the Semanggol Formation, Northwest Peninsular Malaysia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 540*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012026>

Bemmelen, R. W. Van. (1949). *The Geology of Indonesia. In Government Printing Office, The Hague. Govt. Printing Office.*

Bonetto, S., Facello, A., & Umili, G. (2014). *A Tool For Semi-Automatic Geostructural Survey Based On DTM - A Case Study From NW Italy. Rock Engineering and Rock Mechanics: Structures in and on Rock Masses - Proceedings of EUROCK 2014, ISRM European Regional Symposium, March, 405–410*. <https://doi.org/10.1201/b16955-67>

Copernicus. (2022). *Sentinel 1 User Guide. https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-1*

## DAFTAR PUSTAKA

- Echeverria, M. D. P. V., Viña Ortega, A. G., Larreta, E., Romero Crespo, P., & Mulas, M. (2022). *Lineament Extraction from Digital Terrain Derivate Model: A Case Study in the Girón–Santa Isabel Basin, South Ecuador. Remote Sensing*, 14(21), 5400. <https://doi.org/10.3390/rs14215400>
- Enoh, M. A., Okeke, F. I., & Okeke, U. C. (2021). *Automatic Lineaments Mapping and Extraction in Relationship to Natural Hydrocarbon Seepage in Ugwueme, South-Eastern Nigeria*. 47(1), 34–44.
- Eos.com. (2022). *Sentinel 1*. <https://eos.com/find-satellite/sentinel-1/>
- Filipponi, F. (2019). *Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow*. 3(June), 11. <https://doi.org/10.3390/ecrs-3-06201>
- Gupta, R. P. (2017). *Remote Sensing Geology: Third Edition*. In *Remote Sensing Geology: Third Edition*. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55876-8>
- Hajaj, S., El Harti, A., & Jellouli, A. (2022). *Assessment of Hyperspectral, Multispectral, Radar, and Digital Elevation Model Data in Structural Lineaments Mapping: A case study from Ameln Valley Shear Zone, Western Anti-Atlas Morocco*. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27(April), 100819. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100819>
- Hashim, M., Ahmad, S., Johari, M. A. M., & Pour, A. B. (2012). *Automatic Lineament Extraction in a Heavily Vegetated Region Using Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) Imagery*. *Advances in Space Research*, 51(5), 874–890. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2012.10.004>
- Hung, L. Q., Batelaan, O., & De Smedt, F. (2005). *Lineament Extraction and Analysis, Comparison of LANDSAT ETM and ASTER Imagery. Case study: Suoimuoi Tropical Karst catchment, Vietnam. Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology V*, 5983(March 2015), 59830T. <https://doi.org/10.1117/12.627699>
- Javhar, A., Chen, X., Bao, A., Jamshed, A., Yunus, M., Jovid, A., & Latipa, T. (2019). *Comparison of Multi-Resolution Optical Landsat-8, Sentinel-2 and Radar Sentinel-1 Data for Automatic Lineament Extraction: A Case Study of Alichur area, SE Pamir*. *Remote Sensing*, 11(7), 1–29. <https://doi.org/10.3390/rs11070778>
- Liu, Z., Han, L., Du, C., Cao, H., Guo, J., & Wang, H. (2021). *Fractal and multifractal characteristics of lineaments in the qianhe graben and its tectonic significance using remote sensing images*. *Remote Sensing*, 13(4), 1–26. <https://doi.org/10.3390/rs13040587>
- Muhari, A. G., Usman, D. N., & Ashari, Y. (2018). *Aplikasi Penginderaan Jauh ( Remote Sensing ) Menggunakan Landsat 8 Untuk Identifikasi Formasi Pembawa Batubara di Desa Salikung. Prosiding Teknik Tambang*, 4, 445–452.
- Nkono, C., Féménias, O., Lesne, A., Mercier, J.-C. C., & Demaiffe, D. (2013). *Fractal Analysis of Lineaments in Equatorial Africa: Insights on Lithospheric Structure*. *Open Journal of Geology*, 2013, 157–168.
- Pemerintah Kabupaten Kebumen. (2018). *Geopark Karangsembung-Karangbolong*. 1–50.
- Pratama, S. (2021). *Analisis Struktur Tektonik Daerah Manambin dan sekitarnya Kecamatan Kotanopin Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara*. Universitas Islam Riau.
- Salawu, N. B., Dada, S. S., Orosun, M. M., Adebisi, L. S., & Fawale, O. (2021). *Influence of Pan-African tectonics on older Precambrian basement structural fabrics as revealed from the interpretation of aeromagnetic and remote sensing data of Ikole/Kabba region, southwestern Nigeria*. *Journal of African Earth Sciences*, 179(July 2019), 104189. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2021.104189>
- Sanderson, D. J., & Peacock, D. C. P. (2020). *Making Rose Diagrams Fit-For-Purpose*. *Earth-Science Reviews*, 201(December). <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103055>
- Subagio. (2008). *Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Kebumen Berdasarkan Analisis Pola Anomali Gaya Berat Dan Geomagnet*. *Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral*, 18(6), 391–407. <https://jgsm.geologi.esdm.go.id/index.php/JGSM/article/view/259>
- Zafaty, O., Oukassou, M., Si Mhamdi, H., Tabuce, R., & Charrière, A. (2022). *Integrated Remote Sensing Data and Field Investigations for Geological Mapping and Structural Analysis. The Case of SW Tichoukt ridge (Middle Atlas, Morocco)*. *Journal of African Earth Sciences*, 104784. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104784>
- Zhou, Y., & Fu, X. (2021). *Research on the Combination of Improved Sobel Operator and Ant Colony Algorithm for Defect Detection*. *MATEC Web of Conferences*, 336, 01009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202133601009>