

[Research Article]



## Identifikasi Mineral Target Serpentin dan Analisis Kelurusan Citra Digital Elevation Model di Daerah Rوتا, Kabupaten Konawe

Imam Noor Setiadi<sup>1,2,\*</sup>, Adelia Kurniadi<sup>2</sup>, Sudirman Sudirman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Geoscience, PT Sulawesi Cahaya Mineral, Konawe, Indonesia

\*Correspondance: [imamnoorsetiadi@gmail.com](mailto:imamnoorsetiadi@gmail.com)

Informasi Artikel:	Abstrak
<p>Diterima: 16 Februari 2025</p> <p>Disetujui: 11 April 2025</p> <p>Dipublikasi: 2 Juni 2025</p>	<p><i>Pemetaan geologi dalam eksplorasi mineral memiliki peran penting untuk menemukan sumber daya mineral yang ekonomis, cepat, dan efisien. Teknik penginderaan jauh dengan citra optis Landsat 8 digunakan untuk identifikasi mineral serpetin untuk membantu dalam interpretasi potensi endapan mineral laterit. Adapun data Digital Elevation Model digunakan untuk menganalisis kelurusan dan tegasan utama menggunakan multiple inverse method. Identifikasi mineral serpentin dapat membantu dalam mempersempit target area eksplorasi dan interpretasi keterdapatan endapan nikel laterit. Mineral serpentin yang sering diasosiasikan dengan batuan ultramafik merupakan produk alterasi dari olivin yang merupakan pembawa nikel yang dijumpai dibagian selatan. Sementara itu, arah tegasan utama daerah penelitian berarah relatif timur laut – barat daya dan barat laut – tenggara dengan pembentukan jenis sesar berupa sesar geser bersifat sinistral dan sesar oblique. Penelitian ini dapat meminimalkan pembukaan lahan dan merincikan target area pada tahapan eksplorasi.</i></p>
<p><b>Kata kunci:</b> pemetaan geologi; citra optis; citra radar; serpentin; sesar.</p>	

Article Info:	Abstract
<p>Received: 16 February 2025</p> <p>Accepted: 11 April 2025</p> <p>Published: 2 June 2025</p>	<p><i>Geological mapping in mineral exploration plays an important role in finding economical, fast, and efficient mineral resources. Remote sensing techniques with Landsat 8 optical imagery are used for the identification of serpentine minerals to assist in the interpretation of the potential for laterite mineral deposits. The Digital Elevation Model data is used to analyze the lineaments and principal stresses using the multiple inverse method. Identification of serpentine minerals can help in narrowing the target area of exploration and interpretation of the presence of laterite nickel deposits. Serpentine minerals which are often associated with ultramafic rocks are alteration products of olivine which is a nickel carrier found in the southern part. Meanwhile, the direction of the main stresses in the research area is relatively northeast - southwest and northwest - southeast with the formation of fault types in the form of sinistral shear faults and oblique faults. This study can minimize land clearing and detail the target area at the exploration stage.</i></p>
<p><b>Keywords:</b> geological mapping; optical imagery, radar imagery, serpentine; fault.</p>	

## PENDAHULUAN

Pemetaan Geologi merupakan langkah awal dalam tahapan eksplorasi sumberdaya mineral. Kegiatan ini merupakan inventarisasi sumber daya mineral yang penting untuk memberikan informasi kondisi Geologi di suatu daerah. Pemetaan Geologi telah banyak memanfaatkan penggunaan citra satelit seperti Landsat 8 dengan resolusi spasial 30 meter. Penginderaan jauh menggunakan citra satelit memiliki potensi yang tinggi untuk memberikan solusi dalam mengatasi masalah dan keterbatasan yang terkait dengan pemetaan Geologi dan eksplorasi mineral (Pour dkk., 2017). Penggunaan citra yang baik akan sangat membantu untuk menjelaskan kondisi Geologi yang dapat dijadikan dasar dalam mengetahui potensi dan permasalahan yang ada.

Pemetaan Geologi dapat dilakukan secara lebih cepat dan efisien melalui teknik penginderaan jauh. Penginderaan jauh menggunakan hiperspektral yang digunakan untuk pemetaan eksplorasi laterit (Ibrahim dkk., 2018). Eksplorasi sumber daya mineral yang memanfaatkan penginderaan jauh menunjukkan bahwa penggunaan teknik ini sangat membantu dalam melakukan pemetaan Geologi karena lebih efektif dan efisien dari segi waktu, biaya, dan tenaga. Meskipun demikian, pemetaan Geologi secara *terrestrial* masih perlu dilakukan untuk memperoleh data geologi secara langsung dalam mengidentifikasi komposisi dan kandungan mineral yang terdapat dalam suatu singkapan batuan.

Teknik penginderaan jauh telah berkembang sangat pesat dengan diluncurkannya satelit generasi terbaru yaitu Landsat Data Continuity Mission (LDCM) yang dikenal sebagai Landsat 8 pada 11 Februari 2013. Keberhasilan ini melanjutkan misi satelit Landsat dalam pengamatan permukaan bumi (Sampurno & Thoriq, 2016). Penginderaan jauh memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik atau spektrum energi lain serta mempunyai empat komponen penting, diantaranya sumber radiasi, objek, atmosfer, dan sensor (Muhsoni, 2015). Penginderaan jauh memiliki banyak fungsi tidak hanya digunakan untuk identifikasi bukaan lahan, keragaman jenis vegetasi, dan singkapan batuan dalam interpretasi Geologi dengan memanfaatkan kombinasi band tertentu untuk mendapatkan hasil analisis yang diinginkan. Penginderaan jauh dalam kajian Geologi sering digunakan

untuk mengetahui kelurusan garis struktur, perbedaan morfologi, analisis potensi, dan pasca bencana.

Analisis citra Landsat 8 untuk pemetaan mineral target dapat diketahui melalui panjang gelombang yang diserap dan dipantulkan sehingga dapat memberikan informasi sebaran dari mineral target. Sebaran dari mineral target akan membantu dalam melakukan tahapan eksplorasi yang lebih lanjut.

Endapan nikel laterit yang merupakan hasil pelapukan dari batuan ultramafik umumnya mengandung komposisi mineral olivin dan piroksen yang dikenal sebagai pembawa kandungan nikel. Mineral tersebut dapat mengalami alterasi menjadi serpentin oleh beberapa faktor Geologi. Sehingga dalam penelitian ini menggunakan mineral target serpentin untuk dapat mengetahui sebaran dan membantu dalam menentukan lokasi yang prospek bagi potensi nikel laterit. Keterdapatannya serpentinisasi dalam endapan nikel laterit menyebabkan perbedaan kandungan unsur Ni. Kondisi ini disebabkan pada saat proses serpentinisasi terjadi penambahan unsur Si, Mg, dan H<sub>2</sub>O yang mengakibatkan kandungan Ni berkurang. Perubahan olivin menjadi serpentin menyebabkan penurunan kadar Ni dari 0,3% di olivin menjadi 0,25% di serpentin (Irfan dkk., 2021). Disisi lain, mineral pembawa Ni, seperti serpentin memiliki nilai absorpsi 1400 dan 2100-2450 nm (Ramanaidou dkk., 2015; Schodlok dkk., 2016; Ibrahim dkk., 2018). Maka dari itu, dalam penelitian ini dilakukan identifikasi mineral serpentin menggunakan citra sensor optis dan analisis kelurusan menggunakan citra *shading* Digital Elevation Model (DEM) pada *region of interest* (ROI) yang telah ditentukan.

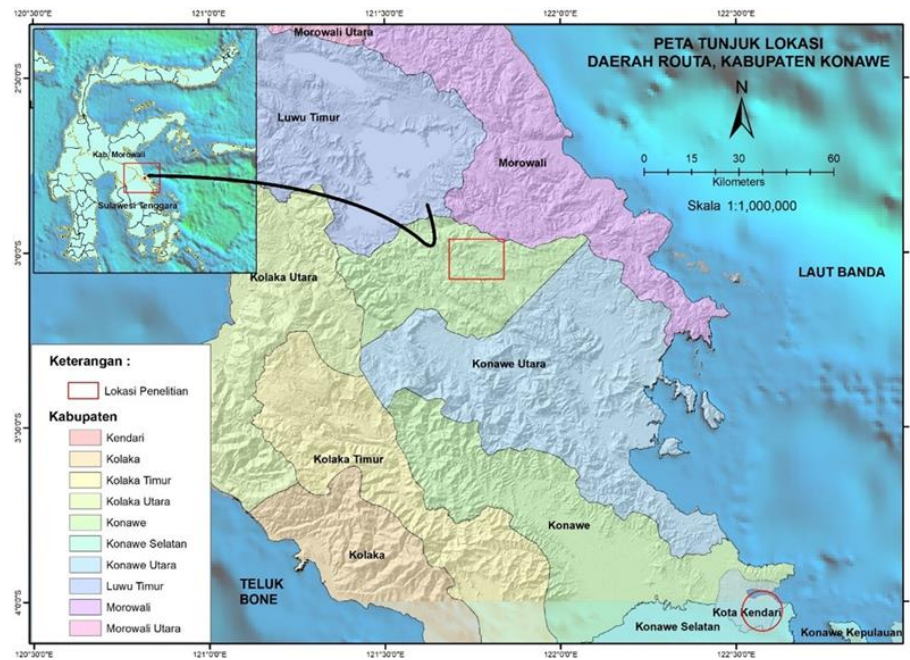
## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah interpretasi citra Landsat 8 untuk mendapatkan identifikasi target mineral serpentin daerah penelitian (Gambar 1). Landsat 8 telah digunakan untuk kebutuhan pemetaan Geologi dan eksplorasi mineral di seluruh dunia dengan sensitivitas *band* dalam memetakan satuan batuan terhadap suhu berbagai jenis batuan asam hingga basa yang memperlihatkan respon dari perbedaan komposisi mineral (Pour dkk., 2017).

Data primer dan sekunder dari citra satelit Landsat 8 daerah Rوتا, Kabupaten Konawe

direkam pada 1 November 2020 dan melalui laman resmi *United States Geological Survey* (USGS) untuk spektra mineral. Selain itu, dilakukan pula identifikasi kelurusan menggunakan DEM Nasional (DEMNAS) resolusi 8 meter yang diunduh dari laman resmi Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk mendapatkan interpretasi struktur geologi (BIG, 2023). Kelurusan sebagai fitur permukaan linier yang dapat mewakili kelemahan dalam struktur

yang mendasarinya (Soliman & Han, 2019). Data DEM sangat penting untuk memahami fitur tektonik dan zona patahan dikarenakan kemampuannya dalam menampilkan topografi dalam bentuk tiga dimensi. Identifikasi kelurusan menggunakan teknik *high pass filter* yang berfungsi untuk menajamkan sesuatu yang menonjol dan memudahkan sesuatu yang rata. Sehingga kelurusan ataupun kelengkungan sesar dapat diidentifikasi dengan baik.



**Gambar 1.** Peta lokasi Penelitian di Daerah Rota, Kabupaten Konawe

### Pemrosesan Data Citra Optis

Koreksi atmosfer telah dilakukan pada data yang telah diunduh sehingga data raster yang digunakan diproses langsung dalam pemilihan daerah mineral target. Penelitian ini akan menggunakan target mineral serpentin. Mineral target serpentin dipilih dengan mempertimbangkan faktor kondisi geologi daerah yang tersusun atas batuan ultramafik (Ku) berumur kapur dan batuan sedimen Formasi Matano (Km) dan Formasi Pandua (Tmpp). Hasil dari spektra mineral serpentin yang

diunduh akan memperlihatkan beberapa puncak dan lembah yang kemudian akan dilakukan plot *band* dari Landsat 8.

Citra satelit yang digunakan yaitu Landsat 8 memiliki sensor *Operational Land Imager* (OLI) yang terdiri dari 7 *band* yang untuk identifikasi mineral. Plotting yang dilakukan pada spektra mineral target menggunakan *band* seluruh *band* yang kemudian ditentukan pada *band* tertentu dimana mineral tersebut mengalami penyerapan dan pemantulan. Spesifikasi *band* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Spektra Citra Landsat 8 yang Digunakan dalam Identifikasi Mineral Serpentin

Band	Tipe	Panjang Gelombang ( $\mu\text{m}$ )
1	Coastal-Aerosol	0,43 – 0,45
2	Blue	0,45 – 0,51
3	Green	0,53 – 0,59
4	Red	0,64 – 0,67
5	Near Infrared (NIR)	0,85 – 0,88
6	Short Wavelength InfraRed 1 (SWIR 1)	1,57 – 1,65
7	Short Wavelength InfraRed 2 (SWIR 2)	2,11 – 2,29

Sumber: USGS, 2023a.

Interpretasi yang dilakukan berupa interpretasi sebaran mineral serpentin berdasarkan beberapa persamaan rasio. Rasio yang dipilih dari visual nilai *band* maksimum dan minimum yang dilewati oleh *band* tertentu dari spektra mineral serpentin. Indeks mineral dari spektra mineral target kemudian dibuat dalam bentuk peta indeks menggunakan persamaan 1 sebagai berikut.

$$IM = \frac{Sm}{Sn} \quad (1)$$

dimana *IM* adalah indeks mineral, *Sm* adalah jumlah *band* maksimum, dan *Sn* adalah jumlah *band* minimum.

### Identifikasi Data Digital Elevation Model

Penelitian ini menggunakan data DEM daerah Rوتا yang melingkupi area konsesi PT Sulawesi Cahaya Mineral. Pengaturan koordinat sistem yang digunakan yaitu WGS 84 (EPSG:4326) dengan hasil *shading* data DEM dari empat arah peninaran yaitu 0°, 45°, 90°, dan 135° guna mendapatkan akurasi dalam penarikan garis kelurusan ataupun kelengkungan struktur geologi daerah penelitian.

Pengukuran struktur menggunakan *multiple inverse method* untuk mendeterminasi

arah tegasan utama dan periode struktur yang berbeda. Metode ini baik digunakan untuk daerah yang memiliki sejarah tektonik yang panjang. Dasar penarikan kelurusan ataupun kelengkungan menggunakan metode Yamaguchi dalam (Saepuloh, 2021) untuk mendapatkan skala yang sesuai dalam interpretasi struktur geologi daerah penelitian seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.

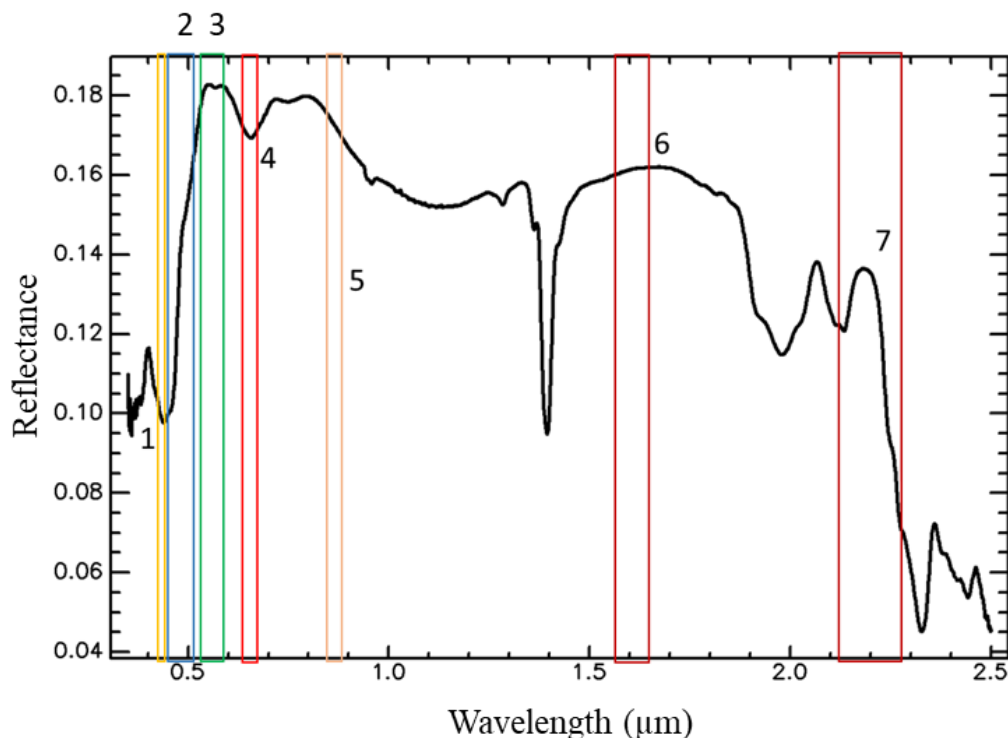
$$Sk = \frac{0.1 \text{ mm}}{Rs} \quad (2)$$

dimana *Sk* adalah perbandingan parameter skala, dan *Rs* adalah resolusi spasial.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan Band untuk Identifikasi Mineral Serpentin

Penentuan *band* dilakukan untuk menentukan spektra mineral serpentin yang mengalami penyerapan dan pemantulan (Gambar 2). Setiap *band* memiliki panjang gelombang yang berbeda yang berfungsi untuk mengetahui mengidentifikasi jenis material yang berbeda di permukaan yang dipancarkan dengan kesesuaiannya terhadap gelombang yang diserap ataupun dipantulkan.



**Gambar 2.** Peta Plotting Panjang Gelombang Band 1 - 7 pada Spektra Mineral Serpentin

Berdasarkan Gambar 2 diatas menunjukkan bahwa panjang gelombang dari *band* Landsat 8 yang mengalami penyerapan diperlihatkan oleh pola grafik lembah pada pada *band* 1 dan *band* 4. Sedangkan, *band* yang mengalami pemantulan ditunjukkan dengan pola puncak grafik spektra yaitu pada *band* 3, *band* 6, dan *band* 7.

Rasio indeks mineral dibuat berdasarkan pemilihan band penyerapan dan pemantulan pada grafik spektra mineral serpentin. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung rasio indeks mineral ditunjukkan oleh persamaan 3 hingga 5 berikut (USGS, 2023b).

$$IM 1 = \frac{B3 + B6 + B7}{B1 + B4} \quad (3)$$

$$IM 2 = \frac{B3}{B1 + B4} \quad (4)$$

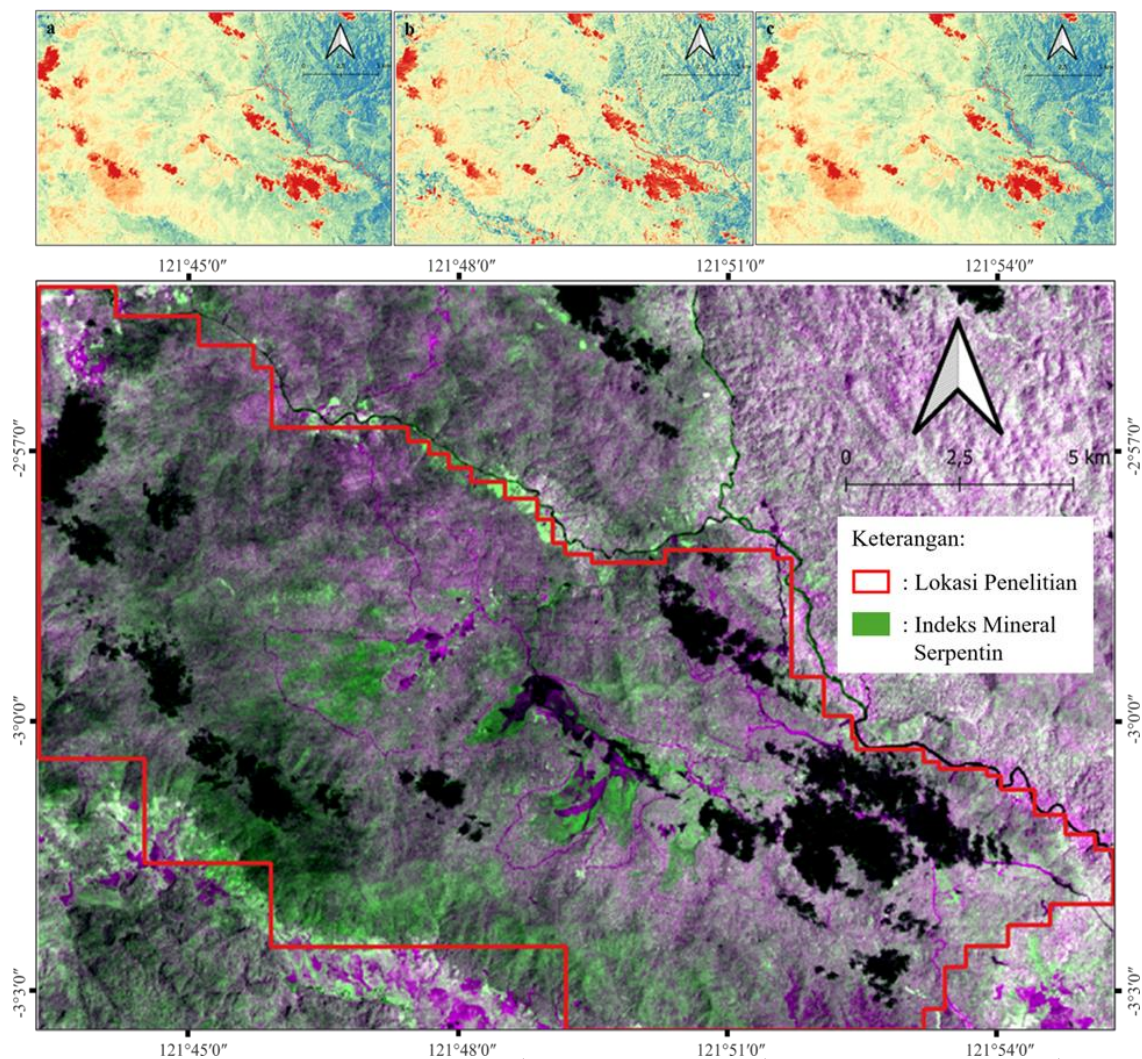
$$IM 3 = \frac{B6 + B7}{B1 + B4} \quad (5)$$

dimana *IM* adalah indeks mineral, dan *B* adalah band atau kanal ke-i.

Ketiga persamaan tersebut dikombinasikan untuk mendapatkan peta yang representatif terkait sebaran mineral target sebagai dasar dalam pembuatan peta indeks mineral serpentin.

### Peta Indeks Mineral

Peta indeks mineral yang dihasilkan memiliki nilai yang bervariasi pada setiap rasio didasarkan pada perhitungan persamaan sebelumnya. Adapun hasil peta indeks mineral dan hasil penggabungan indeks mineral berdasarkan rasio persamaan indeks mineral ditunjukkan oleh Gambar 3 berikut.



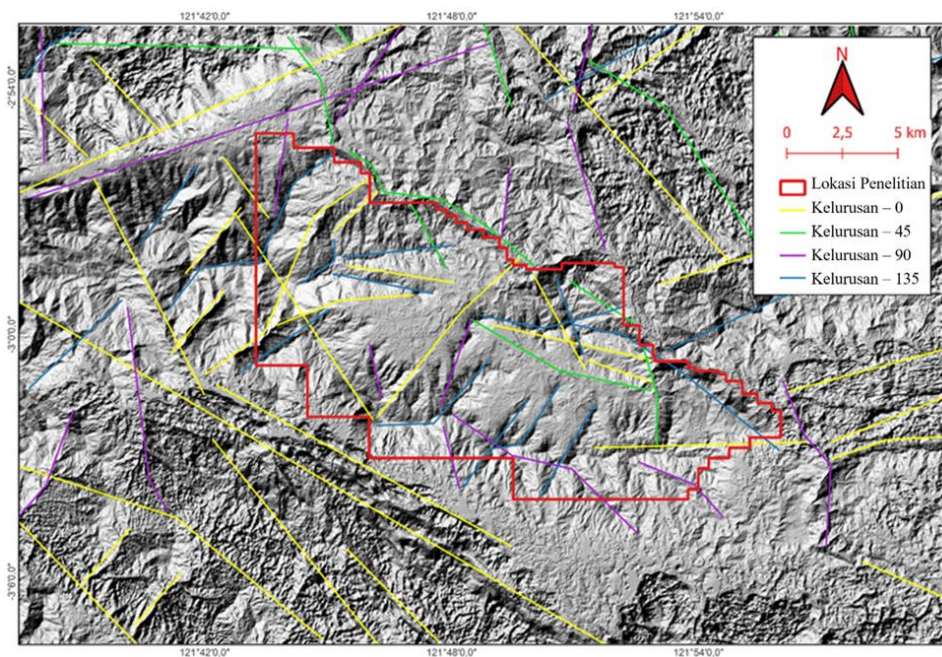
**Gambar 3.** Peta Indeks Mineral Serpentin: a) Indeks Mineral 1; b) Indeks Mineral 2; dan c) Indeks Mineral 3 (atas), dan Hasil Penggabungan Ketiga Persamaan Indeks Mineral (bawah)

Berdasarkan Gambar 3 di atas indeks mineral 1 memiliki nilai berkisar 1,9 – 4,1, indeks mineral 2 memiliki nilai berkisar 0,4 – 0,7, dan indeks mineral 3 memiliki nilai berkisar 1,4 – 3,4 (Gambar 3). Ketiga peta indeks dilakukan penggabungan sehingga diperoleh peta indeks hasil komposit. Indeks mineral yang telah dikomposit akan memperlihatkan perbedaan warna yang menunjukkan sebaran dari mineral target mineral serpentin pada daerah penelitian. Pada bagian selatan daerah penelitian merupakan daerah perbukitan yang tersusun atas batuan peridotit (harzburgit) dengan proses serpentinisasi yang dominan oleh kehadiran mineral olivin dan piroksen. Sementara pada bagian selatan (diluar batas IUP) yang berwarna ungu merupakan batuan sedimen perselingan konglomerat, batupasir, dan batulanau Formasi Pandua, serta pada bagian utara merupakan batugamping dan napal Formasi Matano yang memiliki komposisi mineral berbeda dengan batuan ultramafik dan tidak mengalami proses serpentinisasi.

### Interpretasi Kelurusan Citra DEM

Kelurusan dapat dihasilkan dari proses Geologi, Geomorfologi seperti puncak gunung dan sungai, ataupun proses antropogenik seperti ladang pertanian dan jalan (Orihuela-Belmonte dkk., 2013; Soliman & Han, 2019). Interpretasi kelurusan yang diperoleh dari 4 arah penyinaran memberikan kesan kelurusan yang lebih jelas pada setiap arah, sehingga penarikan stuktur Geologi akan lebih memudahkan melihat pola kelurusan dari keempat arah tersebut.

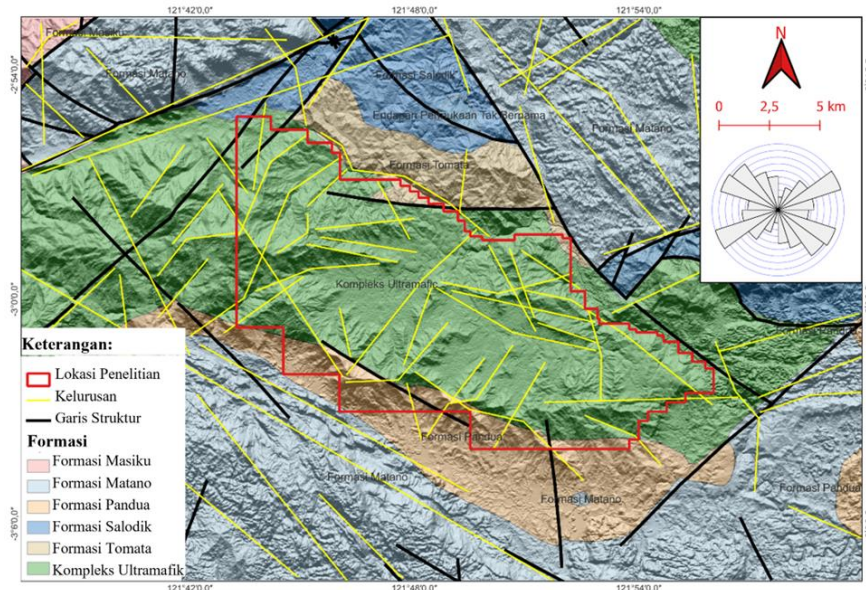
Identifikasi kelurusan menggunakan teknik *high pass filter* juga dapat digunakan untuk setiap sebaran jenis batuan yang berbeda (Putri dkk., 2019). Kelurusan yang diperoleh dari arah penyinaran 0 derajat memiliki dua arah dominan yaitu barat laut - tenggara dan timur laut – barat daya. Kedua populasi arah ini dapat menjadi indikasi bahwa pada daerah penelitian telah terjadi beberapa kali periode aktivitas sesar yang berperan penting dalam proses pengangkatan batuan ofiolit ke permukaan (Gambar 4).



**Gambar 4.** Peta kelurusan dengan Arah Penyinaran 0°, 45°, 90°, dan 135° dari Interpretasi Citra Shading Digital Elevation Model

Pola kelurusan juga dijumpai pada arah penyinaran lain dengan visual yang lebih jelas. Setidaknya terdapat lebih dari 80 data kelurusan yang diperoleh dari penarikan garis ini yang kemudian akan diproyeksikan dalam diagram mawar untuk melihat arah kelurusan dan menjadi dasar interpretasi penarikan garis. Kelurusan yang diperoleh dari beberapa arah

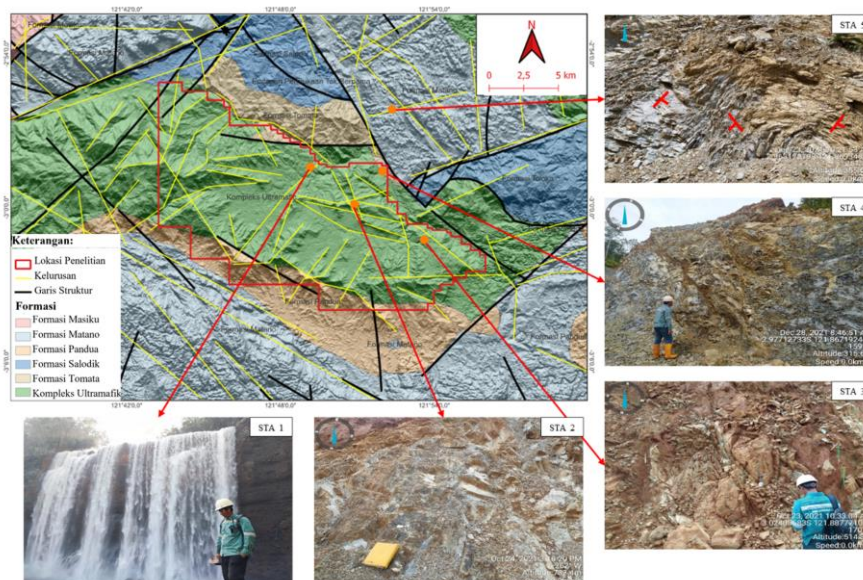
penyinaran digunakan untuk memperoleh arah umum kelurusan yang terbentuk dan menjadi dasar untuk penarikan interpretasi sesar daerah penelitian. Arah umum dari kelurusan daerah penelitian relatif didominasi oleh dua populasi arah yaitu berarah barat laut - tenggara dan timur laut – barat daya (Gambar 5).



**Gambar 5.** Interpretasi Kelurusan Data DEM dan Struktur Geologi Regional Berarah Relatif Timur Laut – Barat Daya dan Barat Laut – Tenggara dalam Tampilan Peta Geologi (modifikasi Rusmana dkk., 1993; Simandjuntak dkk., 1993)

Penarikan interpretasi struktur sesar, pola kelurusan dan stuktur regional menjadi faktor penting. Batas formasi geologi yaitu kontak antara batuan ofiolit dengan batuan sedimen di atasnya dapat menjadi parameter tambahan dalam penarikan interpretasi stuktur daerah penelitian. Batuan ofiolit yang berasal dari kerak samudera mengalami kontak struktur dengan batuan sedimen laut dangkal pada daerah penelitian, sehingga batas antara kompleks ultramafik (Ku) dan batuan sedimen

secara penampang geologi akan memperlihatkan kontak struktur berupa sesar. Namun, interpretasi struktur geologi menggunakan citra shading DEM belum dapat membedakan jenis sesar yang terbentuk, sehingga dalam penerapannya, perlu dilakukan studi lapangan lebih lanjut untuk mendelineasi pola dan jenis struktur yang terbentuk sesuai dengan kondisi lapangan. Pengukuran struktur di lapangan dan hasil interpretasinya dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.



**Gambar 6.** Peta Titik Pengukuran Struktur Geologi Daerah Penelitian dalam Tampilan Peta Geologi (modifikasi Rusmana dkk., 1993; Simandjuntak dkk., 1993)

### Proyeksi Stereografi dan Multiple Inverse Method

Struktur sesar merupakan rekahan yang telah mengalami pergeseran. Secara geometris sesar merupakan struktur bidang, walaupun keberadaannya di lapangan dapat berupa bidang atau jalur sesar. Interpretasi jalur sesar dapat dikenali dengan foto udara ataupun peta topografi berupa kelurusan atau gawir pada suatu perbukitan atau lembah, kelurusan maupun pembelokan arah alur sungai yang

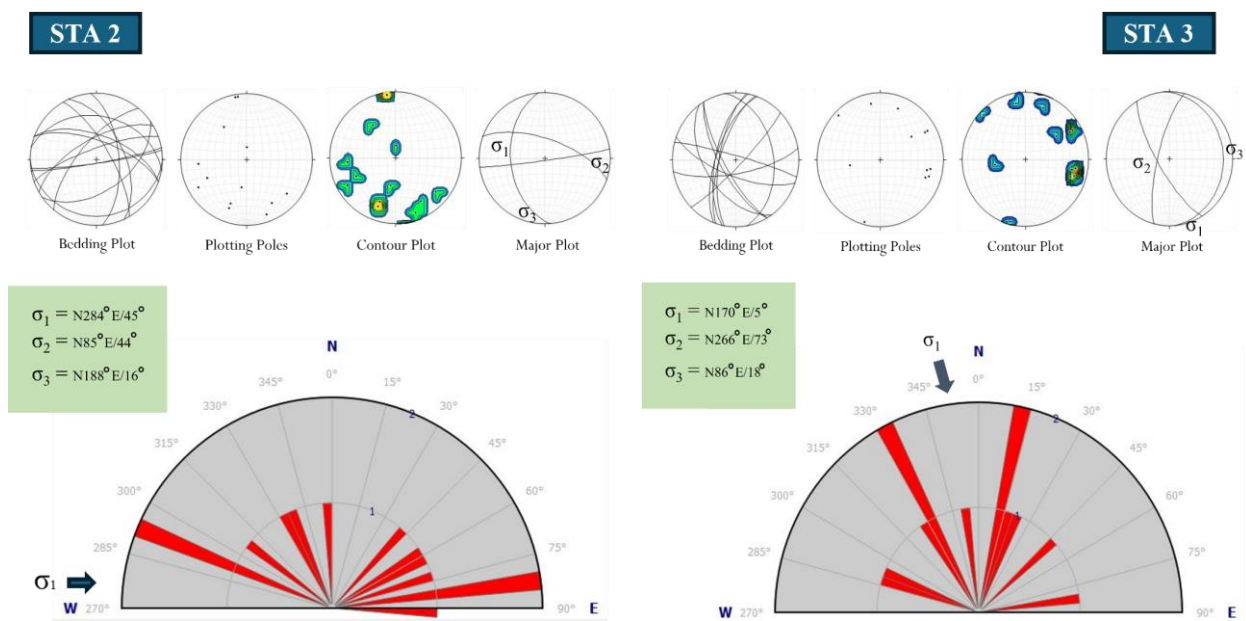
menyolok (Jaya & Maulana, 2018). Gejala sesar yang dijumpai di lapangan antara lain: 1) jalur terbreksikan, perlapisan yang hancur; 2) deretan sumber air panas; 3) penyimpangan yang jelas dari kedudukan lapisan; 4) pergeseran batas lapisan batuan, perulangan suatu satuan batuan; dan 5) adanya gejala struktur minor lainnya seperti kekar, cermin sesar (*slicken side*), gores-garis (*striation*), breksi sesar, dan struktur lipatan. Adapun hasil pengukuran struktur kekar STA 2 dan STA 3 ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Pengukuran Struktur Kekar STA 2 dan STA 3

Bidang Kekar STA 2			Bidang Kekar STA 2		
No.	Strike (N... ° E)	Dip (°)	No	Strike (N... ° E)	Dip (°)
1	335	55	7	355	62
2	240	65	8	330	73
3	55	50	9	250	77
4	290	60	10	90	15
5	290	67	11	80	85
6	220	69	12	280	35

Bidang Kekar STA 3			Bidang Kekar STA 3		
No.	Strike (N... ° E)	Dip (°)	No	Strike (N... ° E)	Dip (°)
1	150	70	7	150	75
2	192	64	8	285	85
3	145	50	9	190	69
4	198	70	10	110	70
5	200	65	11	80	73
6	45	82	12	350	40



**Gambar 7.** Proyeksi Stereografi Struktur Kekar STA 2 dan STA 3

Struktur kekar dijumpai pada STA 2 dan STA 3 berada pada bagian tengah dari daerah penelitian. Kedua stasiun ini tersusun atas batuan peridotit yang merupakan kompleks ultramafik (Ku) berumur Kapur (Tabel 2). Jenis

kekar yang dijumpai pada daerah ini berupa kekar sistematis. Berdasarkan proyeksi stereografi, tegasan utama maksimum ( $\sigma_1$ ) yaitu N284°E/45° atau berarah relatif timur – barat. Terlihat kesesuaian arah tegasan utama tersebut

dengan penarikan garis kelurusan yang dilakukan pada STA 2. Jenis kekar yang dijumpai pada STA 3 berupa kekar sistematis. Berdasarkan proyeksi stereografi, tegasan utama maksimum ( $\sigma_1$ ) yaitu N170°E/5° atau berarah relatif utara - selatan. Terlihat kesesuaian arah tegasan utama tersebut dengan penarikan garis kelurusan yang dilakukan pada STA 3 (Gambar 7).

Struktur sesar juga dijumpai pada STA 1 dan 4. Pada STA 1 tersusun atas batuan konglomerat dari Formasi Tomata (Tmpt) berumur Tersier. Dilakukan deliniasi arah

bidang sesar yang memiliki arah relatif timur – barat, sesuai dengan arah kelurusan dari citra DEM pada stasiun tersebut (Gambar 6). Sementara itu, pada pengukuran struktur sesar pada STA 4 tersusun atas batuan peridotit yang merupakan bagian dari kompleks ultramafik berumur Kapur.

Pengukuran sesar yang terdiri dari 10 data bidang sesar kemudian dilakukan analisis menggunakan metode *multiple inverse* sehingga diketahui terjadi beberapa kali aktivitas sesar yang menyusun daerah penelitian.

**Tabel 3.** Data Pengukuran Struktur Sesar STA 4

Bidang Sesar / Slickenside		Striasi / Slickenline		Rake (°)	Pergeseran
Strike (N...°E/°W)	Dip (°)	Trend (N...°E)	Plunge (°)		
N 35 °E	23 E	135	52	60 S	Sinistral
N 4 °W	58 W	328	62	65 N	Sinistral
N 30 °W	43 W	335	40	40 N	Sinistral
N 55 °E	38 S	15	58	50 N	Sinistral
N 40 °E	36 E	280	60	55 W	Sinistral
N 65 °W	40 S	135	15	10 S	Sinistral
N 38 °E	45 E	20	10	12 N	Sinistral
N 60 °E	65 S	155	78	80 S	Sinistral
N 75 °E	25 N	315	60	60 N	Sinistral
N 90 °E	38 S	120	35	28 E	Sinistral

Analisis stereografi dari data struktur sesar menggunakan metode *multiple inverse* menunjukkan terdapat tiga arah tegasan utama yang bekerja pada daerah penelitian. dengan rasio tegasan (*stress ratio*) menengah dengan tegasan utama maksimum ( $\sigma_1$ ) yaitu N102°E, N91°E, dan N248°E (Gambar 8).

Berdasarkan hasil analisis terhadap data lapangan berupa data primer ataupun sekunder serta korelasi terhadap tektonik regional maka sesar yang bekerja pada daerah penelitian berupa sesar *oblique* dan sesar *strike-slip*. Maka dari hasil analisis sesar dengan arah tegasan utama tersebut dapat diperoleh informasi bahwa populasi arah tegasan utama yang membentuk sesar berarah timur – barat merupakan fase awal yang selanjutnya dipotong oleh sesar relatif berarah timur laut – barat daya.

## KESIMPULAN

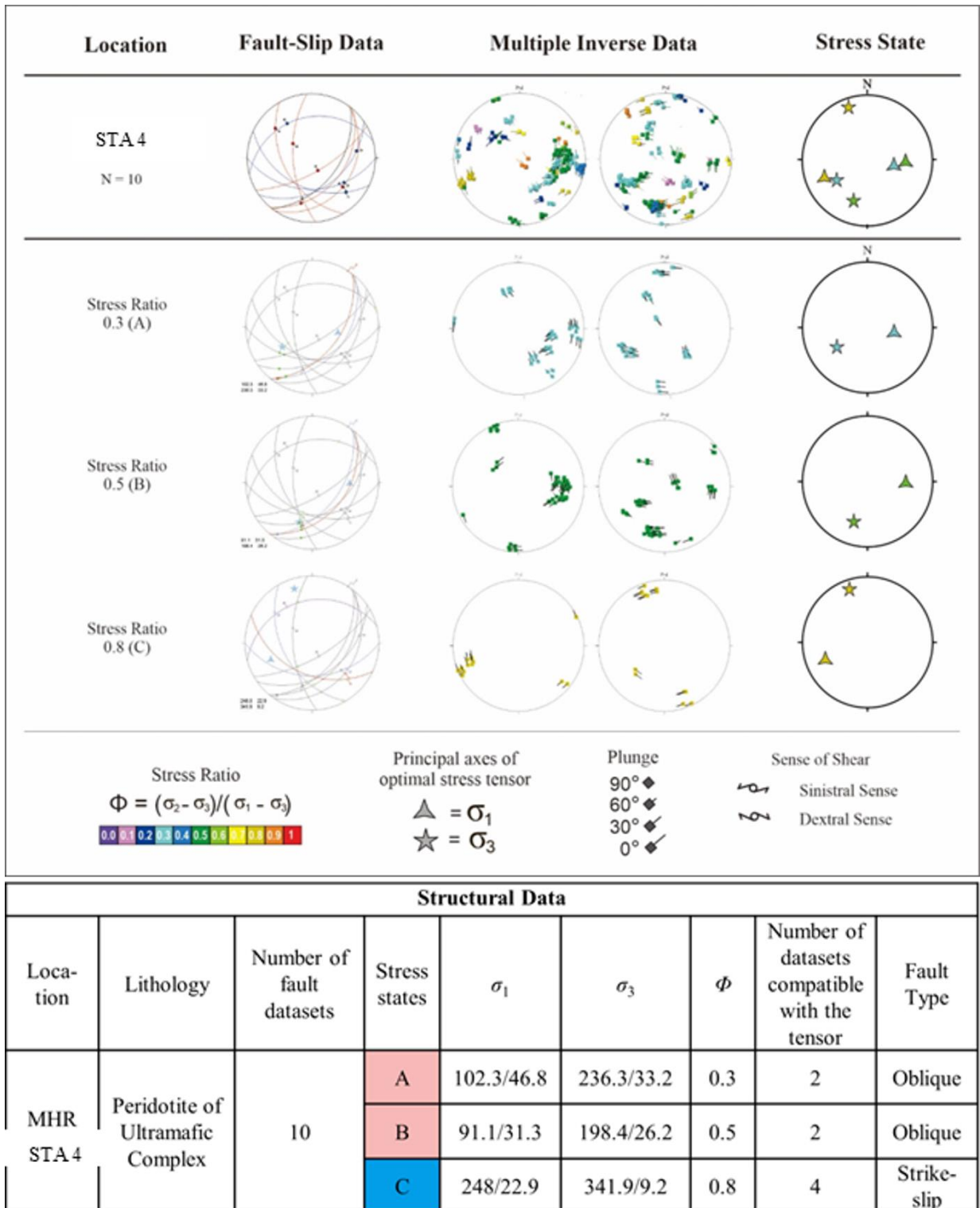
Sebaran mineral target serpentin berdasarkan analisis citra menggunakan persamaan rasio dari beberapa *band* (*band*) yang mengalami *penyerapan* (*band* 3, 6, dan 7) dan *pemantulan* (*band* 1 dan 4) pada grafik spektra mineral serpentin memperlihatkan daerah penelitian yang berada di sebelah selatan relatif

mengalami serpentinisasi dibandingkan sub-area yang lain. Dibagian selatan tersusun atas batuan peridotit jenis harzburgit yang biasanya mengalami proses serpentinisasi. Sementara itu, di bagian utara yang berada di luar dari daerah penelitian merupakan batugamping dan napal Formasi Matano yang tidak mengalami serpentinisasi. Sehingga dari hasil pemetaan geologi menggunakan teknik penginderaan jauh tersebut dapat dikehutui area tengah relatif ke utara dari daerah penelitian memiliki potensi yang baik untuk pembentukan nikel laterit dengan tingkat serpentinisasi yang rendah.

Analisis pola kelurusan yang diperoleh dari citra shading DEM daerah Rوتا, Kabupaten Konawe memperlihatkan dua populasi arah umum yaitu berarah barat laut - tenggara dan timur laut – barat daya berdasarkan proyeksi diagram mawar dari sekitar 80 data kelurusan yang diperoleh. Secara umum, daerah penelitian terdiri dari kompleks ultramafik dan batuan sedimen. Kedua jenis batuan tersebut tersingkap ke permukaan akibat dari proses obduksi ofiolit sehingga proses struktur sesar akan sangat berperan besar dalam daerah tersebut dan menjadi batas kontak antara batuan ultramafik dan batuan sedimen di atasnya.

Proyeksi stereografi menggunakan metode *multiple inverse* menunjukkan fase awal pembentukan struktur yang kemudian dipotong oleh sesar dengan arah tegasan utama relatif

timur laut – barat daya sehingga membentuk sesar geser. Kedua jenis sesar yang diidentifikasi dari analisis ini menunjukkan sesar jenis *strike-slip* dan *oblique*.



Gambar 8. Analisis Stereografi Bidang Sesar STA 4 Menggunakan Multiple Inverse Method

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada beberapa pihak yang telah berkontribusi dalam membantu penyelesaian penelitian ini, diantaranya: 1) PT Sulawesi Cahaya Mineral yang telah memberikan izin pengambilan data struktur geologi di daerah penelitian; 2) Tim penginderaan jauh Teknik Geologi ITB yang telah memberikan pemaparan terkait identifikasi mineral tertentu menggunakan citra optis, serta *reviewers* dan editor Journal of Geographical Sciences and Education yang telah membantu meningkatkan kualitas naskah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial [BIG]. (2023, Mei 7). *Digital Elevation Model*. Diakses dari <http://tanahair.indonesia.go.id/>
- Ibrahim, E., Barnabe, P., Ramanaidou, E., & Pirard, E. (2018). Mapping Mineral Chemistry of Lateritic Outcrop in New Caledonia through Generalized Regression Using Sentinel-2 and Field Reflectance Spectra. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 73, 653-665. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.08.004>
- Irfan, U.R., Maulana, A., & Muhammad, F. (2021). Role of Bedrock Serpentinization on the Development of Nickel Laterite Deposit in Sorowako, Sulawesi, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 921, 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/921/1/012028>
- Jaya, A., & Maulana, A. (2018). *Pengenalan Geologi Lapangan*. Makassar: UPT Universitas Hasanuddin Press.
- Muhsoni, F. F. (2015). *Penginderaan Jauh*. Johor Baru: UTM Press.
- Orihuela-Belmonte, D. E., De Jong, B. H., Mendoza-Vega, J., Van der Wal, J., Paz-Pellat, F., Soto-Pinto, L., & Flamenco-Sandoval, A. (2013). Carbon Stocks and Accumulation Rates in Tropical Secondary Forests at the Scale of Community, Landscape and Forest Type. *Agriculture, ecosystems & environment*, 171, 72-84. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.03.012>
- Pour, A. B., Hashim, M., Hong, J. K., & Park, Y. (2017). Lithological and Alteration Mineral Mapping in Poorly Exposed Lithologies Using Landsat 8 and ASTER Satellite Data: North-Eastern Graham Landa, Antarctic Peninsula. *Ore Geology Reviews*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.07.018>
- Putri, S. K., Nova, S., Lionar, U., & Putra, A. (2019). Estimate Broad of Natural Mineral Resources Area Lateritic Nickel Based of Image Analysis Satellite Landsat-7 ETM in District Laonti, Konawe Selatan, Province of Southeast Sulawesi. *Sumatera Journal of Disaster, Geography and Geography Education*, 3(2), 102-105.
- Ramanaidou, E., Wells, M., Lau, I., & Laukamp, C., (2015). Characterization of Iron Ore by Visible and Infrared Reflectance and Raman Spectroscopies. *Iron Ore*, 191-228. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-156-6.00006-X>
- Rusmana, E., Sukido., Sukarna, D., Haryono, E., & Simandjuntak, T.O. (1993). *Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Saepuloh, A. (2021). *Penginderaan Jauh Volkanologi dan Geothermal* (2<sup>nd</sup> edition). Bandung: ITB Press.
- Sampurno, R.M., & Thoriq, A. (2016). Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Citra Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) di Kabupaten Sumedang. *Jurnal Teknotan*, 10(2), 1978-1067.
- Schodlok, M.C., Whitbourn, L., Huntington, J., Mason, P., Green, A., Berman, M., Coward, D., Connor, P., Wright, W., Jolivet, M., & Martinez, R. (2016). HyLogger-3, a Visible to Shortwave and Thermal Infrared Reflectance Spectrometer System for Drill Core Logging: Functional Description. *Australian Journal of Earth Sciences*, 63(8), 929-940. <https://doi.org/10.1080/08120099.2016.1231133>
- Simandjuntak, T.O., Rusmana, E., Supandjono, J. B., & Koswara, A. (1993). *Peta Geologi Lembar Bungku, Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Soliman, A., & Han, L. (2019). Effects of Vertical Accuracy of Digital Elevation Model (DEM) Data on Automatic Lineaments Extraction from Shaded DEM.

*Advances in Space Research*, 64, 603-622.  
<https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.05.009>  
USGS. (2023a, March 10). *Landsat 8*. Diakses  
dari <http://earthexplorer.usgs.gov/>

USGS. (2023b, March 10). *Spectra of serpentine  
mineral*. Diakses dari  
<http://earthexplorer.usgs.gov/>



Copyright (c) 2025 by the authors. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).