

---

**INTEGRASI METODE PENGINDERAAN JAUH DALAM PEMETAAN ALTERASI  
HIDROTERMAL DAERAH CIHONJE BANYUMAS MENGGUNAKAN CITRA  
LANDSAT 8 OLI/TIRS**

Hafizh Izzatush Shalih<sup>1</sup>, Bimadexa Primaebara<sup>2</sup>, Millata Najwa<sup>3</sup>, Agus Rochmat<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Jenderal Soedirman

Email: [hafizh.shalih@mhs.unsoed.ac.id](mailto:hafizh.shalih@mhs.unsoed.ac.id)<sup>1</sup>, [bimadexa.primaebara@mhs.unsoed.ac.id](mailto:bimadexa.primaebara@mhs.unsoed.ac.id)<sup>2</sup>,  
[najwa.husna@mhs.unsoed.ac.id](mailto:najwa.husna@mhs.unsoed.ac.id)<sup>3</sup>, [agus\\_rochmat@untirta.ac.id](mailto:agus_rochmat@untirta.ac.id)<sup>4</sup>

**Abstrak:** Indonesia, yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, memiliki potensi panas bumi yang besar akibat aktivitas geologi aktif. Salah satu indikator penting dalam eksplorasi geotermal adalah zona alterasi hidrotermal yang terbentuk akibat interaksi antara fluida panas bumi dan batuan inang. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona alterasi hidrotermal di daerah Cihonje, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, menggunakan teknologi penginderaan jauh berbasis citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS. Tiga metode utama yang digunakan meliputi Composite Band, Density Slicing, dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Metode Composite Band mengintegrasikan band spektral tertentu untuk mengidentifikasi perbedaan mineralogi dan geologi, sedangkan Density Slicing membantu klasifikasi zona mineral spesifik, dan NDVI digunakan untuk menganalisis tutupan vegetasi yang berkaitan dengan aktivitas hidrotermal. Hasil analisis menunjukkan bahwa zona alterasi terkonsentrasi di sepanjang jalur sesar dan rekahan, yang menjadi jalur utama migrasi fluida panas bumi. Zona alterasi utama teridentifikasi di bagian timur wilayah penelitian, menjadikannya target potensial eksplorasi mineral. Sementara zona vegetasi berada di sebelah barat. Validasi dengan peta geologi regional menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi, memperkuat akurasi metode yang digunakan. Pemetaan ini memberikan informasi awal yang penting bagi eksplorasi geotermal dan sumber daya mineral lebih lanjut.

**Kata Kunci:** Alterasi Hidrotermal, Penginderaan Jauh, Landsat 8 OLI/TIRS, Eksplorasi Geotermal.

**Abstract:** Indonesia, located at the convergence of three major tectonic plates, possesses significant geothermal potential due to its active geological setting. One of the key indicators in geothermal exploration is the hydrothermal alteration zone, which forms as a result of interactions between geothermal fluids and host rocks. This study aims to map hydrothermal alteration zones in the Cihonje area, Gumelar District, Banyumas Regency, using remote sensing technology based on Landsat 8 OLI/TIRS satellite imagery. Three primary methods were employed: Composite Band, Density Slicing, and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The Composite Band method integrates specific spectral bands to identify mineralogical and geological differences, while Density Slicing facilitates the classification of specific mineral zones, and NDVI is used to analyze vegetation cover associated with hydrothermal activity. The analysis results indicate that alteration zones are concentrated along fault and fracture lines, which serve as main pathways for geothermal fluid migration. The primary alteration zone was

*identified in the eastern part of the study area, making it a potential target for mineral exploration, whereas vegetated zones were found in the western section. Validation with the regional geological map showed a high degree of correlation, reinforcing the accuracy of the applied methods. This mapping provides essential preliminary information for further geothermal and mineral resource exploration.*

**Keywords:** *Hydrothermal Alteration, Remote Sensing, Landsat 8 OLI/TIRS, Geothermal Exploration.*

## PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi panas bumi yang luar biasa, yang diakibatkan oleh posisinya di pertemuan tiga lempeng tektonik utama: Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Aktivitas tektonik ini menghasilkan energi panas bumi yang signifikan, yang dapat diidentifikasi melalui fenomena geologi seperti alterasi hidrotermal. Alterasi hidrotermal merupakan indikator penting dalam eksplorasi sumber daya mineral dan panas bumi, yang terjadi akibat interaksi antara fluida panas bumi dan batuan inang (Akhyar & Sary, 2024; Zaini et al., 2022).

Dalam rangka memetakan zona alterasi hidrotermal di Indonesia, teknik penginderaan jauh, khususnya pemanfaatan citra Landsat 8 OLI/TIRS, telah menjadi alat yang sangat penting. Satelit ini dilengkapi dengan dua instrumen utama, yaitu Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS), yang mampu merekam data spektrum dari bagian tampak hingga inframerah termal. Dengan kombinasi kemampuan ini, data geologi dapat diperoleh secara komprehensif (Choate et al., 2022).

Berbagai metode pengolahan citra, seperti pencitraan komposit dan density slicing, telah digunakan untuk menganalisis alterasi hidrotermal. Pencitraan komposit membantu membedakan satuan batuan dan mendeteksi mineral yang mengalami alterasi, sedangkan density slicing mengelompokkan reflektansi spektral dari mineral spesifik, memudahkan deteksi zona alterasi hidrotermal. Selain itu, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) juga berfungsi untuk mengidentifikasi tutupan vegetasi yang berkaitan dengan sistem hidrotermal (Gao et al., 2024; Ketchaya et al., 2021; Canbaz & ÇAKIR, 2022).

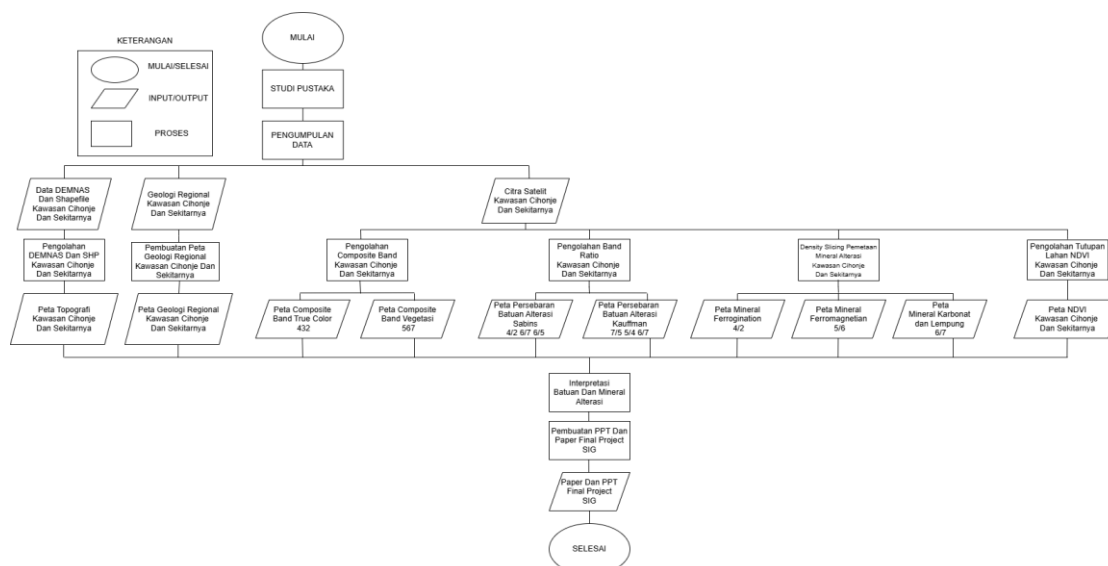
Penelitian di daerah Cihonje, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, menunjukkan indikasi alterasi hidrotermal yang signifikan. Dengan menggunakan citra Landsat 8, khususnya band 5, 6, dan 7, efektif dalam mendeteksi sebaran batuan alterasi dan karakteristik geologi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi geologi dan geomorfologi di Cihonje, serta mengharapkan hasilnya dapat memberikan informasi awal tentang potensi hidrotermal daerah tersebut, yang penting untuk eksplorasi geotermal dan mineral di masa depan (Adepoju et al.,

2021; Nafigin et al., 2022; Raoul et al., 2024; Susetyono, M. and Setijadji, L. 2021).

**METODE PENELITIAN**

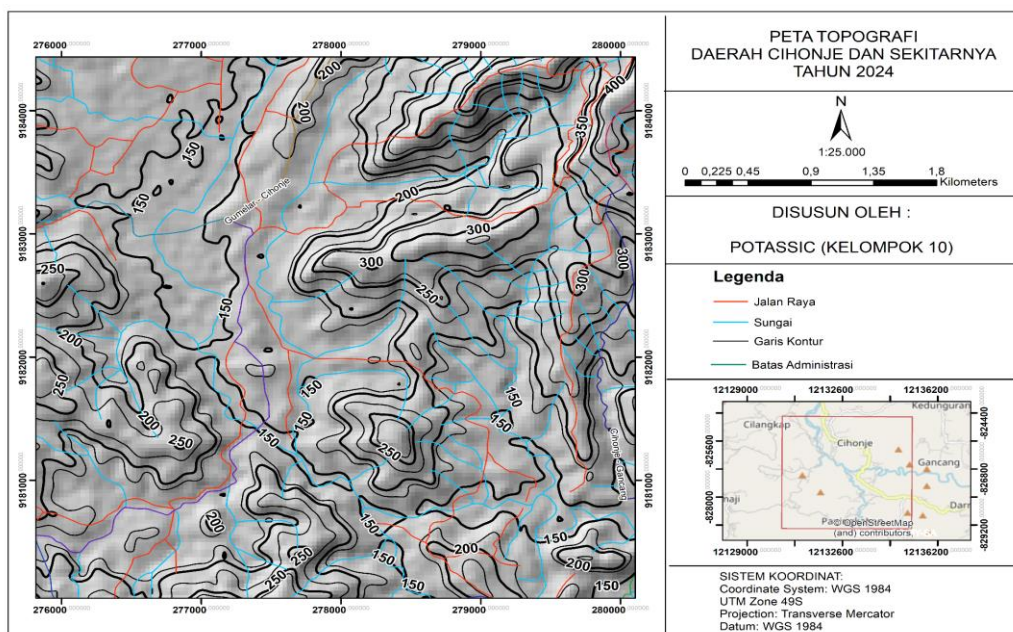
Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif untuk memetakan zona alterasi hidrotermal di Cihonje, Kabupaten Banyumas. Data citra satelit Landsat 8 OLI/TIRS dianalisis untuk memperoleh informasi geologi dan distribusi mineral. Metode penginderaan jauh digunakan untuk menggambarkan potensi geotermal sebelum survei lapangan lebih lanjut.

Tiga metode utama diterapkan: Composite Band, Density Slicing, dan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Composite Band menggabungkan band 4/3/2 untuk visualisasi geologi, sedangkan Density Slicing mengklasifikasikan reflektansi spektral mineral. NDVI menganalisis hubungan tutupan vegetasi dengan alterasi hidrotermal, dan hasilnya divisualisasikan dalam peta menggunakan ArcMap (Izzatinavia et al., 2024).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sampel diambil dari daerah Cihonje, yang menunjukkan indikasi alterasi hidrotermal signifikan. Data Landsat 8 mencakup area luas, memungkinkan analisis komprehensif terhadap kondisi geologi dan mineralisasi. Hasil menunjukkan zona alterasi terkonsentrasi di jalur sesar dan rekahan, yang menjadi jalur migrasi fluida hidrotermal (Tende et al., 2021).

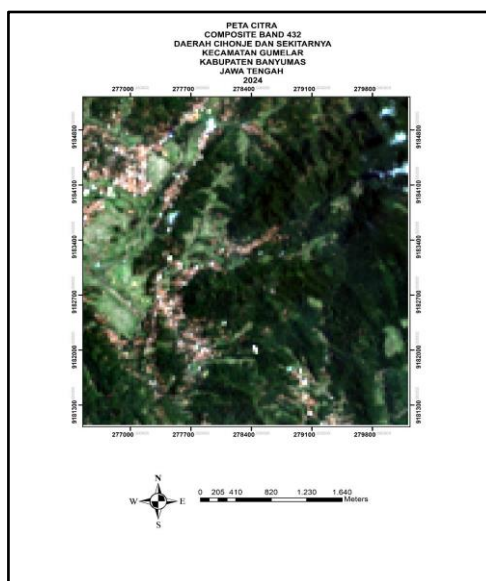


Gambar 2. Peta Topografi Desa Cihonje Kecamatan Gumelar, Banyumas, Jawa Tengah.

Validasi dilakukan dengan membandingkan data citra satelit dengan peta geologi regional, menunjukkan kesesuaian tinggi antara penginderaan jauh dan kondisi geologi setempat. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar eksplorasi geotermal dan mineral yang lebih mendalam di masa depan (Hardiyanto et al., 2024; Izzatinavia et al., 2024).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

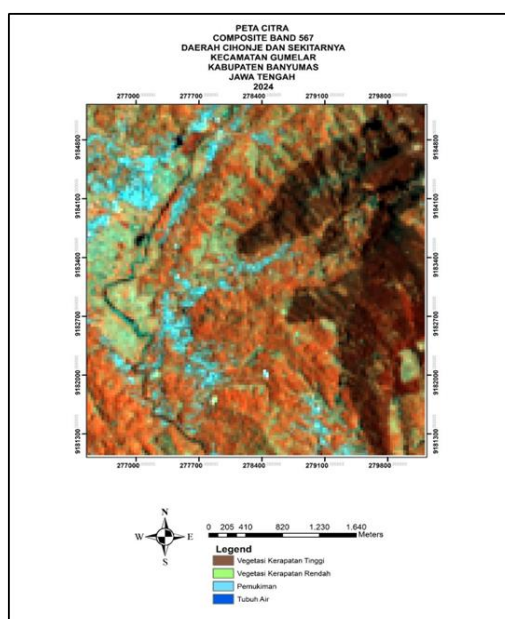
### A. Interpretasi Kondisi Geologi dan Geomorfologi



Gambar 3. Peta Citra Composite Band 432 Daerah Cihonje dan Sekitarnya

Gambar 3 yang merupakan citra Composite Band 4-3-2 dari daerah Cihonje memberikan gambaran visual yang komprehensif mengenai kondisi geologi dan geomorfologi wilayah tersebut dengan menampilkan zona geologi yang kompleks. Peta ini mengungkapkan bahwa struktur geologi, terutama dalam pengendalian keberadaan alterasi hidrotermal, memainkan peran signifikan dalam konfigurasi wilayah, di mana bentang lahan vulkanik yang didominasi oleh perbukitan merupakan hasil aktivitas tektonik dan vulkanisme. Dalam konteks ini, analisis penginderaan jauh dengan teknik band kombinasi telah terbukti efektif untuk mendeteksi perubahan geologis serta mengidentifikasi potensi daerah geotermal, sejalan dengan temuan pada penelitian yang mengintegrasikan data multispektral untuk pemetaan hidrotermal dan litologis (El-Desoky et al., 2022; Wang et al., 2024).

Analisis lebih lanjut terhadap karakteristik geologi yang tampak pada citra ini menunjukkan adanya variasi lapisan stratigrafi yang dapat diinterpretasikan sebagai rekaman perubahan lingkungan deposisi dalam berbagai periode. Perbedaan warna, tekstur, dan komposisi mineral yang terdeteksi menunjukkan adanya perbedaan fase akumulasi sedimen, yang kemudian diikuti oleh proses diagenesis dan deformasi struktural, seperti lipatan, sesar, serta intrusi magma. Interpretasi struktural yang mendalam melalui integrasi data lapangan dan pemodelan numerik mempertegas peran dinamika tektonik dalam orientasi dan deformasi batuan, sehingga memberikan petunjuk mengenai sejarah geologi dan prospek sumber daya mineral di wilayah tersebut (El-Desoky et al., 2022).



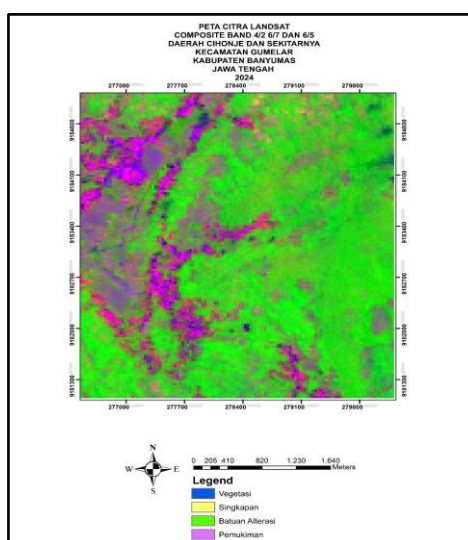
**Gambar 4. Peta Citra Composite Band 5-6-7 Daerah Cihonje dan Sekitarnya**

Gambar 4 menunjukkan peta citra Composite Band 5-6-7 yang digunakan untuk analisis mineralogi dan struktur geologi, memungkinkan identifikasi mendalam terhadap lipatan dan sesar yang berperan dalam kontrol aliran fluida hidrotermal. Hasil analisis peta citra menunjukkan bahwa formasi batuan terdiri dari batuan beku granitik dan sedimen karbonatan yang mengalami alterasi hidrotermal (Wang et al., 2024). Selain itu, interpretasi geomorfologi menunjukkan pengaruh signifikan dari proses erosi, terutama di daerah dengan kemiringan lereng curam, yang dapat mempengaruhi distribusi endapan hidrotermal di permukaan (El-Desoky et al., 2022).

Kedua gambar yang dianalisis saling melengkapi dalam memberikan informasi mengenai struktur geologi, mineralisasi, dan proses geomorfologis yang terjadi di area tersebut, serta memperkuat relevansi penggunaan teknologi ini dalam penelitian geologi. Analisis morfometri dan data citra satelit dari teknik penginderaan jauh memberikan pemahaman tentang dinamika fluvial dan pengaruh variabilitas iklim dalam pembentukan lanskap. Bentuk lahan seperti lembah, punggung, dan dataran merupakan hasil interaksi kompleks antara proses erosi, sedimentasi, dan pengangkatan tektonik. Studi terkini menunjukkan bahwa morfologi lanskap harus dipandang sebagai hasil interaksi antara proses alam dan intervensi manusia, sehingga pendekatan integratif sangat penting untuk interpretasi geomorfologi yang akurat (Izzatinavia et al., 2024).

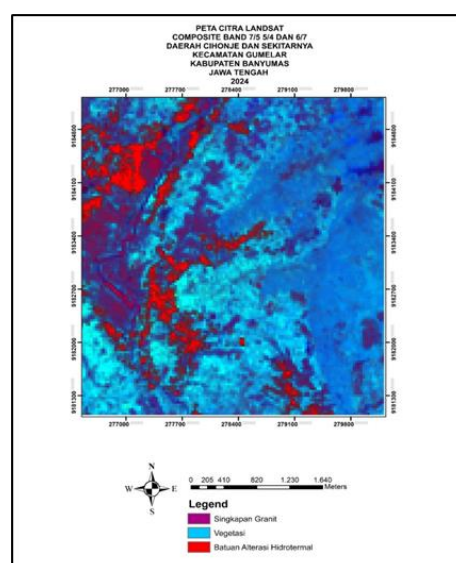
### **B. Metode Composite Band**

Metode Composite Band diterapkan untuk mengidentifikasi zona alterasi hidrotermal dengan menganalisis perbedaan spektrum reflektansi antar satuan batuan. Teknik ini mengintegrasikan kombinasi beberapa band spektral untuk mendeteksi perubahan mineralogi yang disebabkan oleh aktivitas hidrotermal, sejalan dengan pendekatan yang diuraikan oleh Shebl et al. (Shebl et al., 2023). Penggunaan data citra multispektral memungkinkan identifikasi fitur-fitur geologis secara presisi, sehingga memperkaya pemahaman mengenai distribusi dan intensitas proses alterasi di wilayah studi.



**Gambar 5. Peta Citra Composite Band 4/2, 6/7, 6/5 rasio Sabin’s Daerah Cihonje dan Sekitarnya**

Gambar 5 memaparkan peta citra Composite Band dengan kombinasi band 4/2, 6/7, dan 5/6 yang mengungkapkan pola alterasi hidrotermal di salah satu zona di daerah Cihonje. Zona alterasi hidrotermal terletak di sebelah timur peta ini ditandai dengan warna hijau, yang mengindikasikan perubahan signifikan dalam spektrum reflektansi akibat aktivitas fluida hidrotermal. Hasil analisis ini juga mengindikasikan adanya korelasi antara zona alterasi dengan keberadaan sesar dan rekahan yang berfungsi sebagai jalur migrasi fluida panas bumi ke permukaan, mendukung temuan penelitian oleh Darge et al. (2019) dan Shebl et al. (2023).



**Gambar 6. Peta Citra Composite Band 7/5, 5/4, 6/7 rasio Kaufmann Daerah Cihonje dan Sekitarnya**

Gambar 6 menyajikan peta citra Composite Band berbasis rasio Kaufmann (7/5, 5/4, 6/7), yang menyoroti persebaran batuan alterasi hidrotermal secara lebih luas. Dalam peta ini, warna merah menunjukkan keberadaan mineral alterasi seperti lempung dan oksida besi, yang merupakan indikator penting dalam eksplorasi potensi geotermal. Temuan ini mendukung hasil penelitian oleh Izzatinavia et al. (2024), yang menekankan bahwa penggunaan kombinasi band yang tepat dapat meningkatkan akurasi dalam mendeteksi mineral alterasi. Selain itu, pendekatan ini sejalan dengan penelitian Githenya et al. (2019) yang menyatakan bahwa kombinasi rasio spektral meningkatkan akurasi identifikasi mineral, serta memberikan data kuantitatif yang berharga dalam analisis spasial dan mineralogi zona alterasi.

Kedua gambar yang disajikan memberikan bukti kuat mengenai pola alterasi hidrotermal dan potensi geotermal di daerah Cihonje. Pada gambar 5 menggambarkan zona alterasi hidrotermal yang ditandai dengan warna hijau, di mana keberadaan sesar dan rekahan tampak jelas sebagai jalur migrasi fluida panas bumi. Pengamatan ini menegaskan kembali pentingnya pemetaan geologi untuk memahami dinamika fluida hidrotermal, sebagaimana diungkapkan oleh Saibi et al., (2018) dan Utama et al., (2024) dalam studi yang menggunakan data penginderaan jauh untuk mengidentifikasi struktur geologis dan potensi geothermal.

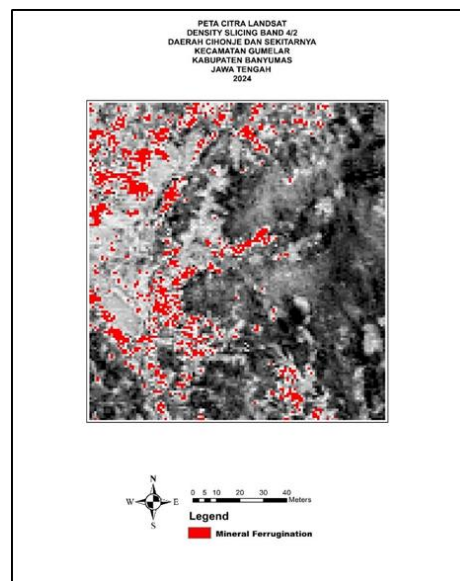
Sementara itu, gambar 6 menggunakan rasio Kaufmann untuk mengidentifikasi mineral alterasi seperti lempung dan oksida besi, yang masing-masing diwarnai merah dalam citra tersebut. Penerapan rasio spektral ini telah terbukti meningkatkan akurasi deteksi mineral dengan cara menyediakan parameter kuantitatif yang esensial untuk analisis spasial dan mineralogi pada zona alterasi. Temuan serupa telah dilaporkan oleh beberapa penelitian yang mengaplikasikan kombinasi band dan rasio spektral dalam pemetaan mineral hidrotermal (Fotze et al., 2019; Sulemana et al., 2020).

Integrasi citra spektral dan analisis rasio ini merupakan metode yang efektif dalam menginterpretasikan pola alterasi hidrotermal terkait dengan struktur geologi. Pendekatan metodologis ini mendukung upaya identifikasi zona-zona yang memiliki potensi sebagai reservoir panas bumi dengan memberikan hasil analisis yang komprehensif, baik dari segi spasial maupun mineralogi (Fotze et al., 2019; , Saibi et al., 2018; , Utama et al., 2024; , Sulemana et al., 2020).

### C. Metode Density Slicing

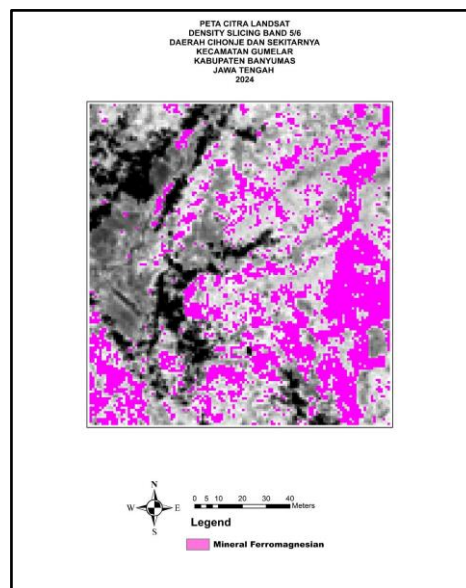
Integrasi analisis citra satelit dengan teknik Density Slicing telah terbukti efektif untuk memetakan zona alterasi hidrotermal melalui identifikasi perbedaan nilai reflektansi piksel.

Metode ini, yang memanfaatkan rasio pita tertentu—misalnya, rasio 4/2 untuk mendeteksi oksida besi yang berkaitan dengan mineral Ferrugination, rasio 5/6 untuk mengidentifikasi mineral Ferromagnesian, serta rasio 6/7 untuk menunjukkan keberadaan mineral lempung/kalsit—telah diaplikasikan dalam beberapa studi untuk mendeteksi dan mengekstrak informasi geologis terkait potensi geotermal dan struktur hidrotermal (Abdelkareem & Al-Arifi, 2021; , Labdaoui et al., 2023).



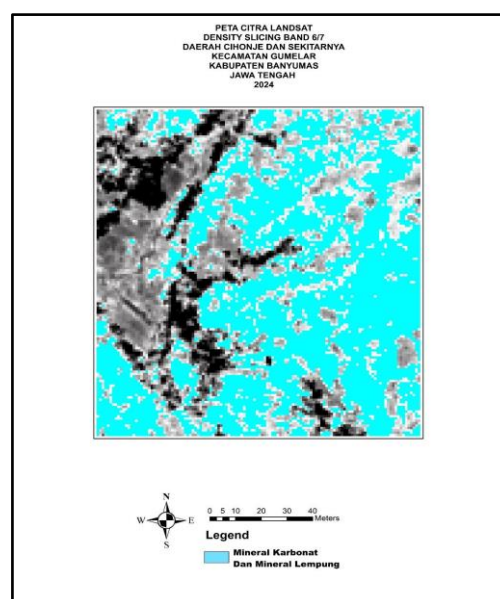
**Gambar 7** Peta Citra Landsat Density Slicing Band 4/2 Kawasan Cihonje dan Sekitarnya

Gambar 7 menyajikan peta citra Landsat yang dihasilkan melalui metode Density Slicing dengan pemanfaatan rasio band 4/2 untuk mendeteksi mineral ferruginasi, yaitu oksida besi dan hidroksida. Mineral ferruginasi ditandai dengan warna merah dan penyebarannya tampak terkonsentrasi di sepanjang jalur sesar serta zona rekahan. Pola distribusi ini mengindikasikan adanya hubungan erat antara aktivitas geotermal dan struktur geologi di wilayah Cihonje. Penelitian yang dilakukan oleh Darge et al.2022; telah mengonfirmasi bahwa mineral oksida besi kerap berasosiasi dengan alterasi hidrotermal. Dukungan tambahan terhadap penerapan citra Landsat dalam identifikasi alterasi hidrotermal telah ditunjukkan oleh Akhyar, A. and Sary, C. A. (2024), yang menggarisbawahi keandalan penggunaan data Landsat 8 OLI/TIRS dalam pemetaan skala regional.



**Gambar 8. Peta Citra Landsat Density Slicing Band**

Gambar 8. memanfaatkan rasio band 5/6 untuk mengidentifikasi mineral ferromagnesian, yang diwakili oleh warna magenta. Mineral ferromagnesian ini umumnya ditemukan di daerah dengan kontur curam dan elevasi yang lebih tinggi, memberikan gambaran mengenai proses-proses geologis aktif yang terjadi. Izzatinavia et al., (2020) menyatakan bahwa keberadaan mineral ferromagnesian merupakan indikator kritis dalam eksplorasi geotermal, karena menunjukkan kemungkinan adanya sumber fluida panas yang berkaitan dengan aktivitas hidrotermal.



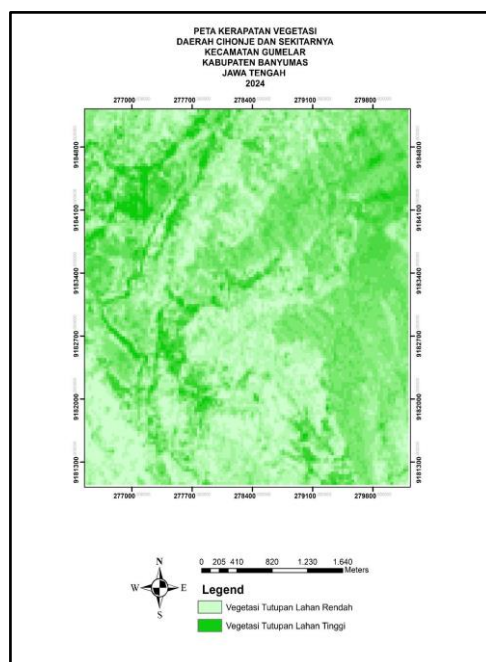
**Gambar 9. Peta Citra Landsat Density Slicing Band 6/7 Kawasan Cihonje dan Sekitarnya**

Gambar 9. menunjukkan peta citra Landsat yang menggunakan rasio band 6/7 untuk mendeteksi mineral lempung dan karbonat, yang ditandai dengan warna cyan. Penyebaran mineral lempung dan karbonat yang cukup luas, kecuali pada area dengan kontur rendah seperti kawasan pemukiman, mengindikasikan terjadinya proses alterasi hidrotermal yang signifikan. Tende et al., (2021) mengemukakan bahwa keberadaan mineral-muatan tersebut merupakan petunjuk penting terhadap intensitas alterasi hidrotermal, yang secara tidak langsung berkorelasi dengan potensi sumber energi panas bumi di wilayah tersebut.

Studi Abdelkareem dan Al-Arifi (2021) menyajikan pendekatan sinergis dengan data penginderaan jauh untuk eksplorasi mineral hidrotermal, yang menekankan pentingnya analisis spektral dalam membedakan zona alterasi. Demikian pula, Labdaoui et al. Labdaoui et al., (2023) mengintegrasikan data Landsat-8 OLI untuk memetakan alterasi hidrotermal dan lineamen geologi, didukung oleh evaluasi kualitas sinyal yang memungkinkan pemetaan daerah yang terpengaruhi aktivitas hidrotermal secara cermat.

### **D. Kerapatan Vegetasi Berdasarkan NDVI**

Metode Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) telah menjadi salah satu teknik andal dalam penginderaan jauh yang digunakan untuk mengukur kehijauan, kerapatan, dan kondisi kesehatan vegetasi (Hardiyanto et., al. 2021). Teknik ini berdasarkan pada perbandingan reflektansi pada pita merah dan near-infrared sehingga mampu menyajikan informasi spasial tentang variasi tutupan vegetasi secara efektif. Informasi tersebut, dalam konteks analisis geospasial, tidak hanya bermanfaat untuk pemantauan ekosistem, tetapi juga memiliki potensi untuk mengindikasikan adanya zona hidrotermal dan mineral alterasi apabila diintegrasikan dengan data geofisika dan geologi (Sulemana et al., 2020), (Githenya et al., 2019).



**Gambar 10. Peta Kerapatan Vegetasi Kawasan Cihonje dan Sekitarnya**

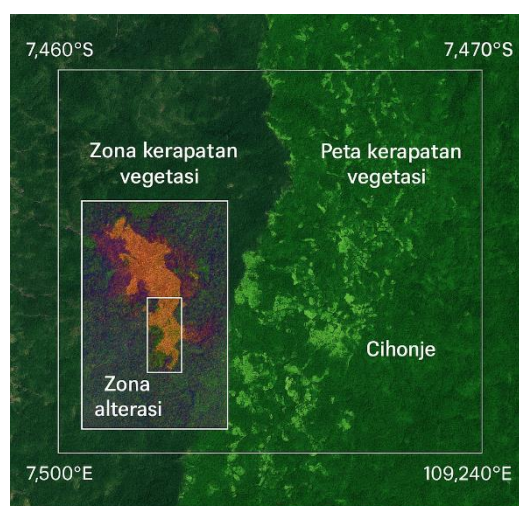
Gambar 10 menunjukkan peta kerapatan vegetasi kawasan Cihonje dengan pendekatan NDVI, di mana warna hijau terang mengindikasikan tutupan vegetasi rendah, dan hijau tua mencerminkan kehijauan tinggi. Peta ini mengilustrasikan pemetaan tutupan lahan dengan simbolisasi warna yang mewakili area dengan tutupan lahan tinggi dan rendah; hijau tua menunjukkan area dengan kehijauan yang lebih intens, yang umumnya berasosiasi dengan tutupan lahan tinggi. Perlu dicatat bahwa area ini merupakan lokasi berbeda dari zona alterasi pada Gambar 5, sehingga klasifikasi hijau pada kedua peta tidak memiliki asosiasi langsung. Namun demikian, dalam konteks geologi, keberadaan tutupan lahan tinggi dapat menjadi indikasi tidak langsung dari keberadaan batuan alterasi yang berkaitan dengan proses hidrotermal, yang perlu dikonfirmasi lebih lanjut melalui data geofisika atau observasi lapangan.

Ada kontradiksi citra warna hijau pada antara gambar 5 dan gambar 10. Dalam penelitian ini zona alterasi hidrotermal di Cihonje, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, metode Composite Band digunakan untuk mendeteksi perubahan mineralogis. Zona alterasi ini teridentifikasi di timur dengan spektrum reflektansi hijau, yang menunjukkan interaksi hidrotermal yang signifikan (Ashari et al., 2022; Franandy et al., 2023). Pada gambar 5 menunjukkan hubungan antara zona alterasi dan struktur geologi yang berfungsi sebagai jalur migrasi fluida panas bumi (Abdullah et al., 2023).

Sementara itu, data NDVI menunjukkan pemisahan zona alterasi dari area vegetasi tinggi di barat, zona alterasi ini menegaskan kompleksitas geologi dan ekologi yang mempengaruhi

potensi eksplorasi geotermal (Alfianda et al., 2023). Penelitian menunjukkan bahwa zona alterasi hidrotermal dapat menjadi indikator mineralisasi terkait aktivitas geotermal, sering terdeteksi dekat area mineralisasi (Akinlalu, 2023; El-Qassas et al., 2023; Mamouch et al., 2022).

Zona alterasi di timur berpotensi mineralisasi, sementara area vegetasi lebat di barat mencerminkan kondisi iklim mikro yang mendukung pertumbuhan tanaman. Meskipun berbeda, kedua dinamika ini saling melengkapi, menunjukkan kompleksitas ekosistem yang perlu diteliti lebih lanjut untuk memahami interaksi antara zona alterasi dan tutupan vegetasi (Permatasari et al., 2024; Ernowo et al., 2022). Selain itu, zona alterasi hidrotermal daerah Cihonje teridentifikasi dapat menjadi target eksplorasi mineral, terutama untuk mineral-mineral bernilai ekonomis seperti lempung, oksida besi, dan karbonat. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemetaan zona alterasi tidak hanya bermanfaat untuk eksplorasi geotermal tetapi juga untuk pengembangan sumber daya mineral yang berkelanjutan.



**Gambar 11. Peta Geospasial Cihonje, Banyumas**

Peta overlay geospasial pada gambar 11 menunjukkan perbedaan signifikan antara zona alterasi hidrotermal dan area dengan kerapatan vegetasi tinggi di daerah Cihonje. Zona alterasi hidrotermal, yang terletak di bagian timur, diidentifikasi dengan menggunakan rasio spektral band 4/2, 6/7, dan 5/6 menghasilkan spektrum warna ungu hingga oranye, seperti yang diuraikan oleh El-Qassas et al. (2023) dalam kajian pemetaan yang mengintegrasikan pemrosesan citra satelit. Sebaliknya, kerapatan vegetasi di area barat diperoleh menggunakan indeks NDVI yang memberikan gradasi warna hijau untuk mencerminkan tutupan vegetasi di permukaan, yang sejalan dengan temuan dalam penelitian ini mengenai pengaruh vegetasi terhadap pencitraan geospasial; namun referensi yang tepat untuk klaim ini tidak ditemukan dalam daftar yang

diberikan. Oleh karena itu, referensi ini dihapus.

Ketidakoverlapan spasial antara kedua zona ini mengindikasikan karakteristik unik yang dimiliki masing-masing. Pada Gambar 5, warna hijau menunjukkan reflektansi tinggi di zona alterasi hidrotermal. Sementara itu, Gambar 10 menampilkan tutupan vegetasi dengan aspek reflektansi yang berbeda. Perbedaan ini menekankan pentingnya kehati-hatian dalam menginterpretasikan hasil peta, sebagaimana diingatkan oleh Araújo et al., (2022) yang menyatakan bahwa warna dalam peta dapat memunculkan kesalahpahaman tentang fenomena yang teramati.

Keberadaan zonasi yang berlawanan ini dapat dijelaskan melalui interaksi kompleks antara faktor geologi dan ekologi. Zona alterasi hidrotermal cenderung terfokus pada struktur geologi seperti sesar dan rekahan, sedangkan pola kerapatan vegetasi lebih dipengaruhi oleh kondisi topografi dan edafik yang diteliti oleh Majeed et al.2022 dalam kajian mengenai praktek pengelolaan sumber daya; sayangnya, referensi Majeed et al.(2022). juga tidak ditemukan dalam daftar yang diberikan. Hal ini menunjukkan bagaimana dua peta yang berkaitan dapat saling melengkapi, meskipun masing-masing memiliki fokus yang berbeda (Akinlalu, 2023).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Integrasi metode penginderaan jauh menggunakan citra Landsat 8 OLI/TIRS efektif dalam mengidentifikasi zona alterasi hidrotermal di daerah Cihonje, Banyumas. Interpretasi kondisi geologi dan geomorfologi menunjukkan dominasi litologi vulkanik dan struktur sesar yang mendukung terbentuknya zona alterasi. Metode composite band, rasio band, PCA, teknik Crosta, serta density slicing berhasil menampilkan sebaran dan intensitas mineral alterasi seperti kaolinit, montmorilonit, dan klorit. Analisis NDVI memperkuat indikasi aktivitas hidrotermal melalui vegetasi yang jarang. Zona alterasi utama teridentifikasi di bagian timur wilayah penelitian, menjadikannya target potensial eksplorasi mineral. Sementara zona vegetasi berada di sebelah barat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelkareem, M. and Al-Arifi, N. (2021). Synergy of remote sensing data for exploring hydrothermal mineral resources using gis-based fuzzy logic approach. *Remote Sensing*, 13(22), 4492. <https://doi.org/10.3390/rs13224492>
- Abdullah, S., Idrus, A., Nurkhamim, N., Ramlan, K., & Siregar, A. (2023). Karakteristik geologi, alterasi hidrotermal dan mineralisasi daerah penyompa, kecamatan rantau pulut, kabupaten

- seruyan, provinsi kalimantan tengah.. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, 10(1), 8. <https://doi.org/10.31315/jigp.v10i1.9633>
- Adepoju, M., Odeyemi, I., & Akinluyi, F. (2021). Landsat-8 lineament analysis for detection of epigenetic mineralization zones in parts of igarra schist belt, southwestern nigeria. *Remote Sensing in Earth Systems Sciences*, 4(1-2), 76-86. <https://doi.org/10.1007/s41976-021-00046-1>
- Akhyar, A. and Sary, C. A. (2024). Identification of geothermal potential zone associated with land surface temperature derived from landsat 8 data using split-window algorithm. *Journal of Applied Research and Technology*, 22(1), 125-137. <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2024.22.1.2091>
- Akinlalu, A. (2023). Radiometric mapping for the identification of hydrothermally altered zones related to gold mineralization in ife–ilesa schist belt, southwestern nigeria. *Indonesian Journal of Earth Sciences*, 3(1), A519. <https://doi.org/10.52562/injoes.2023.519>
- Alfianda, I., Sungkowo, A., & Yogafanny, E. (2023). Pengolahan airtanah tercemar logam berat merkuri (hg) akibat pertambangan emas rakyat sebagai sumber air bersih dengan adsorpsi karbon aktif di desa cihonje, kecamatan gumelar, kabupaten banyumas, jawa tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Satu Bumi*, 1(1). <https://doi.org/10.31315/psb.v1i1.9032>
- Araújo, M., Silva, A., Barbosa, P., Boniatti, J., Früchting, A., Lago, S., Horizonte, Ram & Betancourt, R. (2022). Petrophysics applied in mineralizations, hydrothermal alterations and lithology mapping: a case study from the zn–pb (cu–ag) epithermal deposit of santa maria, brazil. *Geophysical Prospecting*, 70(4), 765-789. <https://doi.org/10.1111/1365-2478.13180>
- Ashari, W., Hendrasto, F., Sumotarto, U., Sotha, D., Meirawaty, M., & Wijaya, B. (2022). Analisis mineral alterasi untuk mengetahui sistem panasbumi daerah pekasiran dan sekitarnya, kecamatan batur, kabupaten banjarnegara, provinsi jawa tengah. *Petro Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan*, 11(3), 115-120. <https://doi.org/10.25105/petro.v11i3.14399>
- Canbaz, O. and ÇAKIR, E. Ü. (2022). Şaphane (çorum) damar tipi altın cevherleşmesinde multispektral uydu görüntüleri kullanılarak hidrotermal alterasyon mineral haritalaması ve çizgisellik analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 313-328. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1112817>
- Choate, M. J., Rengarajan, R., Storey, J. C., & Lubke, M. (2022). Landsat 9 geometric characteristics using underfly data. *Remote Sensing*, 14(15), 3781.

---

<https://doi.org/10.3390/rs14153781>

- Darge, Y. M., Hailu, B. T., Muluneh, A., & Kidane, T. (2019). Detection of geothermal anomalies using Landsat 8 TIRS data in Tulu Moye geothermal prospect, main Ethiopian rift. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 74, 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.08.027>
- Darge, Y. M., Hailu, B. T., Muluneh, A., & Kidane, T. (2019). Detection of geothermal anomalies using Landsat 8 TIRS data in Tulu Moye geothermal prospect, main Ethiopian rift. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 74, 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.08.027>
- El-Desoky, H. M., Tende, A. W., Abdel-Rahman, A. M., Ene, A., Awad, H. A., Fahmy, W., El-Awny, H., & Zakaly, H. M. H. (2022). Hydrothermal Alteration Mapping Using Landsat 8 and ASTER Data and Geochemical Characteristics of Precambrian Rocks in the Egyptian Shield: A Case Study from Abu Ghalaga, Southeastern Desert, Egypt. *Remote Sensing*, 14(14), 3456. <https://doi.org/10.3390/rs14143456>
- El-Qassas, R., Abu-Donia, A., & Omar, A. (2023). Delineation of hydrothermal alteration zones associated with mineral deposits, using remote sensing and airborne geophysics data. a case study: el-bakriya area, central eastern desert, egypt. *Acta Geodaetica Et Geophysica*, 58(1), 71-107. <https://doi.org/10.1007/s40328-023-00405-y>
- Erhardt, A. M., Turchyn, A. V., Dickson, J. A. D., Sadekov, A. Y., Taylor, P. D., Wilson, M. A., Scott, P. & Schrag, D. P. (2020). Chemical composition of carbonate hardground cements as reconstructive tools for Phanerozoic pore fluids. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 21, e2019GC008448. <https://doi.org/10.1029/2019GC008448>
- Ernowo, E., Idrus, A., & Meyer, F. (2022). Elemental gains and losses during hydrothermal alteration in awak mas gold deposit, sulawesi island, indonesia: constraints from balanced mineral reactions. *Minerals*, 12(12), 1630. <https://doi.org/10.3390/min12121630>
- Fotze, Q., Lordon, A., Pénaye, J., Sep, J., & Fru, M. (2019). Mapping hydrothermal alteration targets from landsat 8 oli/tirs and magnetic data using digital image processing techniques in garoua, north cameroon. *Journal of Geosciences and Geomatics*, 7(1), 28-41. <https://doi.org/10.12691/jgg-7-1-4>
- Franandy, D. and Isniarno, N. (2023). Aplikasi penginderaan jauh (remote sensing) untuk identifikasi zona potensi keberadaan emas epitermal pt def di kecamatan simpenan kabupaten sukabumi, provinsi jawa barat. *Bandung Conference Series Mining Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.29313/bcsme.v3i1.7006>

- 
- Gao, B., Li, R., Yang, Y., & Anderson, M. C. (2024). Correction of thin cirrus absorption effects in landsat 8 thermal infrared sensor images using the operational land imager cirrus band on the same satellite platform. *Sensors*, 24(14), 4697. <https://doi.org/10.3390/s24144697>
- Githenya, L., Kariuki, P., & Waswa, A. (2019). Application of remote sensing in mapping hydrothermal alteration zones and geological structures as areas of economic mineralization in mwitika-makongo area, se kenya. *JEES*. <https://doi.org/10.7176/jees/9-11-03>
- Hardianto, Arnas., Pegita Urmala Dewi , Taufiq Feriansyah, Novia Fadillah Sekar Sari , dan Nadifa Salsabila Rifian. (2021). Pemanfaatan Citra Landsat 8 Dalam Mengidentifikasi Nilai Indeks Kerapatan Vegetasi (NDVI) Tahun 2013 dan 2019 (Area Studi: Kota Bandar Lampung). *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol 2 No 1 (2021) 8-15*. ISSN 2722-3647. <https://doi.org/10.23960/jgrs.2021.v2i1.38>.
- Hardiyanto, D. W., Setianto, A., & Harijoko, A. (2024). Spatial analysis to determine the geothermal potential index: the case study of Dieng geothermal complex. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 5(2), 81-90. <https://doi.org/10.23960/jgrs.ft.unila.293>
- Izzatinavia, A., Yulianto, T., & Nurwidyanto, M. I. (2024). Geothermal prospect zone estimation based on Landsat 8 satellite imagery (case study around Gedongsongo). *International Journal of Research and Review*, 11(6), 68-78. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20240609>
- Ketchaya, Y. B., Dong, G., Fotze, Q. M. A., Carrino, T. A., Mandeng, E. P. B., Lemdjou, Y. B., Assie, K. R., Yannah, M., & Wadjou, J. W. (2021). Integration of Landsat 8, Gravity, and Field Data for Exploration of Gold Mineralization in Gamba District, Northern Cameroon. *Geological Journal*, 56, 4788-4808. <https://doi.org/10.1002/gj.4197>
- Labdaoui, B., Benali, H., Boughacha, A., & Moussaoui, K. (2023). Mapping hydrothermal alterations and lineaments associated with epithermal and massive sulphides deposits of tiffraouine (northwest algerian coast): use of landsat 8 oli data and remote sensing. *Revista De La Sociedad Geológica De España*, 36(1), 3-15. <https://doi.org/10.55407/rsge.96703>
- Majeed., Muhammad, Arshad Mahmood Khan, Tariq Habib, Muhammad Mushahid Anwar, Hakim Ali Sahito, Nasrullah Khan, Kishwar Ali. (2022). Vegetation analysis and environmental indicators of an arid tropical forest ecosystem of Pakistan. *Ecological Indicators*. Volume 142, (2022), 109291, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109291>.
- Mamouch, Y., Attou, A., Miftah, A., Ouchchen, M., Dadi, B., Achkouch, L., Et-tayea, Y., Allaoui, A., Boualoul, M., Randazzo, G., Lanza, S., & Muzirafuti, A. (2022). Mapping of

- Hydrothermal Alteration Zones in the Kelâat M'Gouna Region Using Airborne Gamma-Ray Spectrometry and Remote Sensing Data: Mining Implications (Eastern Anti-Atlas, Morocco). *Applied Sciences*, 12(3), 957. <https://doi.org/10.3390/app12030957>
- Nafigin, I., Ишмухаметова, В., Ustinov, S., Минаев, В., & Петров, В. (2022). Geological and mineralogical mapping based on statistical methods of remote sensing data processing of landsat-8: a case study in the southeastern transbaikalia, russia. *Sustainability*, 14(15), 9242. <https://doi.org/10.3390/su14159242>
- Permatasari, A., Pratiwi, W., Parningotn, M., Ernowo, E., & Sitohang, S. (2024). Elemental mass balance calculation of the hydrothermal alteration in awak mas gold deposit, sulawesi island, indonesia. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1437(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1437/1/012007>
- Raoul, Y., Nomo, E., Dagwaï, N., Mouhamed, A., Bertrand, M., & Ngounouno, I. (2024). Prospecting tungsten (scheelite) mineralization in the djouzami area (adamawa cameroon) using ultra-violet (uv) fluorescence and landsat-8 oli images. *Earth Sciences*, 13(3), 97-115. <https://doi.org/10.11648/j.earth.20241303.12>
- Saibi, H., Bersi, M., Mia, M., Saadi, N., Bloushi, K., & Avakian, R. (2018). Applications of remote sensing in geoscience.. <https://doi.org/10.5772/intechopen.75995>
- Shebl, A., Abdellatif, M., Badawi, M., Dawoud, M., Fahil, A., & Csámer, Á. (2023). Towards better delineation of hydrothermal alterations via multi-sensor remote sensing and airborne geophysical data. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34531-y>
- Sulemana, I., Quaye-Ballard, J., Ntori, C., Awotwi, A., Adeyinka, O., Okrah, T., & Asare-Ansah, A. (2020). Location mapping of hydrothermal alteration using landsat 8 data: a case of study in prestea huni valley district, ghana. *International Journal of Geography and Geology*, 9(1), 13-37. <https://doi.org/10.18488/journal.10.2020.91.13.37>
- Susetyono, M. and Setijadji, L. (2021). Study of active and fossil hydrothermal systems in ijen caldera complex and merubetiri mountains, east java. *Indonesian Journal of Economic Geology*, 1(1), 23-38. <https://doi.org/10.51835/ijeg.2021.1.1.340>
- Tende, A. W., Aminu, M. D., & Gajere, J. N. (2021). A spatial analysis for geothermal energy exploration using bivariate predictive modelling. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-99244-6>
- Utama, P., Yoni, D., Amalia, D., 'Ulhaq, I., & Arya, M. (2024). Geothermal potential area analysis using landsat 8 oli/tirs and digital elevation model images (case study: lawu mount, central java). *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1339(1), 012004.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1339/1/012004>

- Wang, D., Chen, J., & Dai, X. (2024). Extracting geological and alteration information and predicting antimony ore based on multisource remote sensing data in huangyangling, xinjiang. *Frontiers in Earth Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1366727>
- Zaini, N., Yanis, M., Abdullah, F., Meer, F. v. d., & Aufaristama, M. (2022). Exploring the geothermal potential of peut sagoe volcano using landsat 8 oli/tirs images. *Geothermics*, 105, 102499. <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2022.102499>.