Studi karakterisasi mineral menggunakan penginderaan jauh dan geokimia di area bekas galian tambang Intan Cempaka, Banjarbaru

Mineral characterization study using remote sensing and geochemistry in excavated area of Cempaka Intan Mine, Banjarbaru

Hendy Rahmino Kurniawan[1], Ahmad Ali Syafi'i[2]*, Uyu Saismana[3]
[1,2]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
[3]Program Studi Rekayasa Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: [1]1910813210015@mhs.ulm.ac.id, ***[2]ali.syafii@ulm.ac.id**, [3]uyu@ulm.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi sebaran mineral di Tambang Intan Cempaka, Kalimantan Selatan, dengan memanfaatkan teknologi pengindeaan jauh dan uji geokimia XRF. Pemilihan topik didasarkan pada pentingnya integrasi teknologi untuk pengelolaan sumber daya mineral yang lebih efektif, khususnya di kawasan yang terdampak kegiatan tambang. Metodologi melibatkan analisis data satelit ASTER dan Landsat 8, serta pengujian sampel tanah menggunakan perangkat XRF. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data penginderaan jauh mampu mengidentifikasi zona-zona dengan kandungan mineral potensial, seperti zirkon dan lempung, sementara uji XRF mengonfirmasi keberadaan unsur kimia seperti silika dan aluminium di sampel tanah. Kombinasi kedua pendekatan ini memungkinkan pembuatan peta sebaran mineral dengan tingkat akurasi yang baik. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode eksplorasi mineral berbasis teknologi yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Kata-kata kunci: aluminium, eksplorasi, satelit, XRF, zirkon

ABSTRACT

This study aims to identify the potential mineral distribution at the Cempaka Diamond Mine, South Kalimantan, utilizing remote sensing technology and XRF testing. The topic was chosen due to the importance of integrating technology for more effective mineral resource management, particularly in areas impacted by mining activities. The methodology includes analyzing ASTER and Landsat 8 satellite data, and conducting soil sample testing using XRF instruments. The results indicate that remote sensing data can identify zones with potential mineral content, such as zircon and clay, while XRF tests confirm the presence of chemical elements such as silica and aluminum in soil samples. The combination of these approaches enables the creation of accurate mineral distribution maps. This research contributes to the development of more environmentally friendly and efficient technology-based mineral exploration methods.

Keywords*: aluminum, exploration, satellite, XRF, zircon*

PENDAHULUAN

Eksplorasi mineral adalah salah satu aspek penting dalam pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Teknologi modern seperti penginderaan jauh dan analisis geokimia berbasis XRF telah memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan efisiensi eksplorasi mineral. Penginderaan jauh memungkinkan pengumpulan data spasial dari permukaan bumi tanpa kontak langsung, sehingga dapat mencakup wilayah luas dengan tingkat akurasi tinggi [1]. Sebagai contoh, penggunaan citra satelit seperti ASTER dan Landsat telah banyak diterapkan untuk mengidentifikasi potensi zona mineral berdasarkan karakteristik spektral [2] dan [3]. Teknologi ini sangat efektif dalam mengidentifikasi potensi mineral pada area yang luas dan sulit dijangkau, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian yang memanfaatkan citra satelit ASTER dan Landsat untuk mendeteksi zona mineralisasi berdasarkan karakteristik spektral tertentu [4].

Citra satelit ASTER, dengan keunggulan resolusi spektral yang luas, mampu memetakan mineral berharga seperti zirkon dan kaolin di wilayah yang sulit dijangkau. Kombinasi data ASTER dan Landsat memperkuat kemampuan deteksi terhadap formasi geologi yang kompleks, seperti yang diungkapkan dalam penelitian terbaru tentang pengelolaan sumber daya mineral [2] dan [3]. Hal ini menjadi terobosan dalam eksplorasi sumber daya yang efisien dan ramah lingkungan [5]. Hal ini membuat teknologi penginderaan jauh menjadi alat penting dalam eksplorasi sumber daya alam, khususnya di wilayah dengan tantangan geografis yang signifikan (Campbell & Wynne, 2011).

Selain itu, analisis fluoresensi sinar-X (XRF) merupakan metode yang sangat efektif untuk menentukan kandungan unsur kimia dalam sampel tanah. Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi unsur-unsur seperti silika, aluminium, dan logam lainnya dengan tingkat akurasi yang tinggi [6]. Kombinasi antara penginderaan jauh dan XRF memungkinkan pengembangan peta sebaran mineral yang komprehensif dan berkontribusi pada eksplorasi mineral yang lebih sistematis [7].

Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi penginderaan jauh dan geokimia XRF dalam eksplorasi mineral di wilayah Tambang Intan Cempaka. Pendekatan ini diharapkan dapat mendukung pengelolaan sumber daya alam yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

METODOLOGI

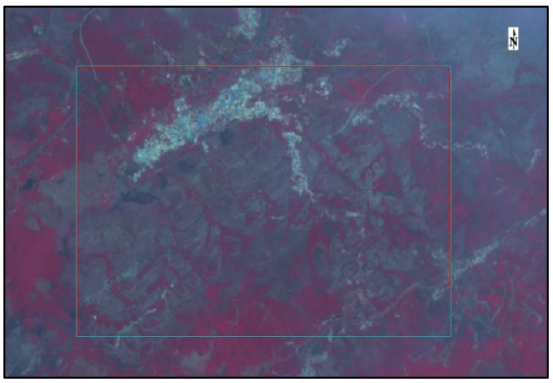
Penelitian ini menggunakan pendekatan kombinasi teknologi penginderaan jauh dan analisis fluoresensi sinar-X (XRF) untuk mengidentifikasi dan memetakan potensi sebaran mineral di Tambang Intan Cempaka. Proses penelitian dilakukan melalui tiga tahapan utama: pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis hasil.

Pengumpulan Data

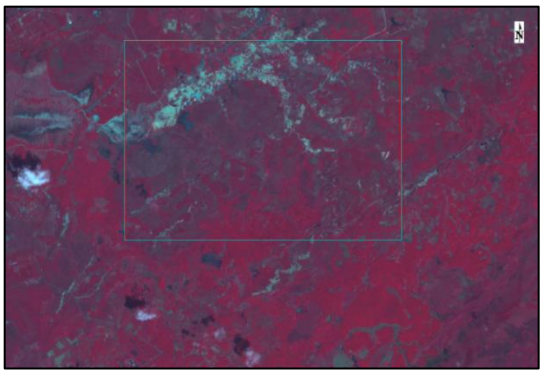
Data utama yang digunakan adalah citra satelit ASTER dan Landsat 8, yang diperoleh dari repositori USGS. Data ASTER dipilih karena resolusinya yang tinggi dalam spektrum visual hingga inframerah dekat, memungkinkan identifikasi mineral berbasis karakteristik spektral [2]. Selain itu, data Landsat 8 digunakan untuk mendukung analisis spasial dengan resolusi spektral tambahan pada pita spektrum inframerah [3]. Untuk data lapangan, sampel tanah diambil dari beberapa titik yang telah dipetakan sebelumnya.

Data Citra ASTER yang digunakan pada penelitian merupakan data citra ASTER yang diambil dari laman USGS pada tahun 2004 dan tahun 2007 untuk diolah dan diklasifikasikan kemudian dilakukan analisis. Berikut merupakan data dari tahun 2023 dapat dilihat pada gambar-1 dan gambar-2. Data Citra Landsat yang digunakan pada penelitian merupakan Data Citra Landsat 8 yang diambil dari laman USGS pada tahun 2023 untuk diolah dan diklasifikasikan kemudian dilakukan analisis (lihat gambar-3).

Data foto udara yang digunakan pada penelitian ini merupakan akuisisi foto udara menggunakan Drone DJI Phantom 4 Pro+. Akuisisi ini menghasilkan jumlah sebanyak 316 foto yang dapat dilihat pada gambar-4. *Sampling* tanah dilakukan guna untuk mendapatkan unsur atau parameter yang terdapat pada hasil *sampling* tanah dengan menggunakan metode geokimia XRF (X-ray fluorescence). Kegiatan sampling ini sendiri dilakukan pada 2 titik pada lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar-5.

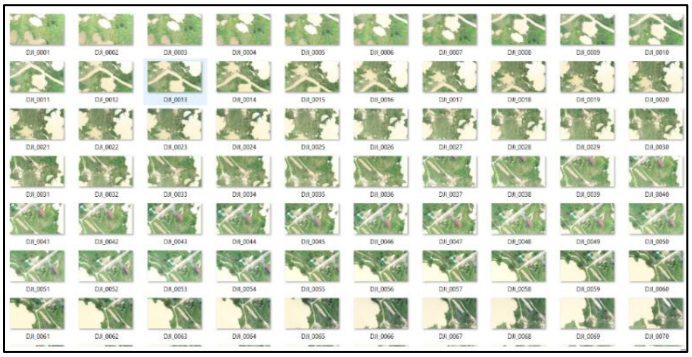


Gambar-1. Data Citra ASTER Tahun 2004



Gambar-2. Data Citra ASTER Tahun 2007

Gambar-3. Data Citra Landsat 8 tahun 2023



Gambar-4. Hasil akusisi foto udara

HASIL DAN DISKUSI

Hasil

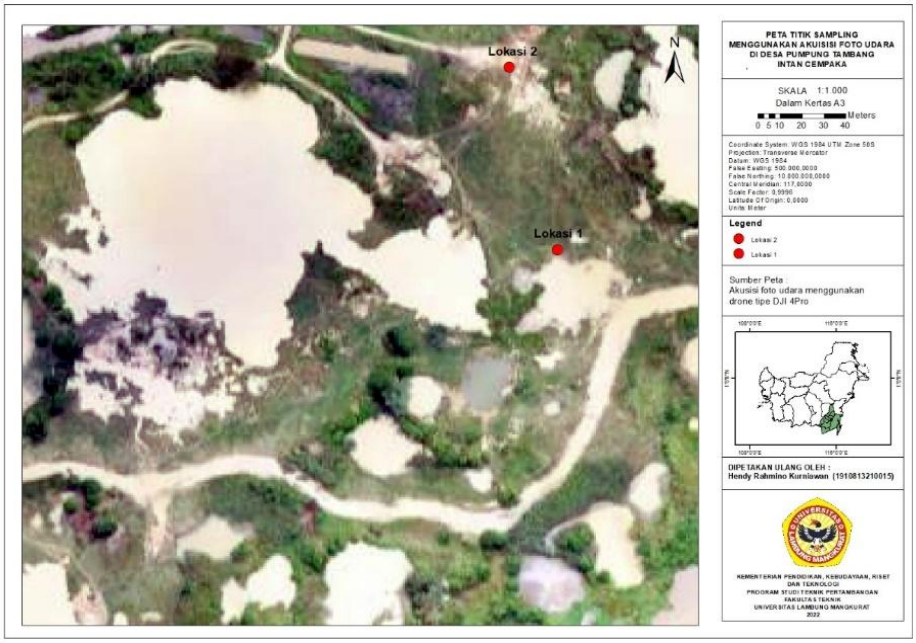
Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak ENVI dan ArcGIS. Proses ini melibatkan koreksi atmosfer pada data satelit untuk meningkatkan akurasi analisis spektral. Teknik komposit pita digunakan untuk menonjolkan ciri-ciri mineral spesifik, sementara klasifikasi berbasis piksel diterapkan untuk membedakan zona mineral potensial [1].

Data citra ASTER yang digunakan pada penelitian merupakan data citra ASTER yang diambil dari laman USGS pada tahun 2007 untuk diolah dan diklasifikasikan kemudian dilakukan analisis. Berikut merupakan data dari tahun 2023. Langkah-langkah tersebut secara garis besar antara lain:

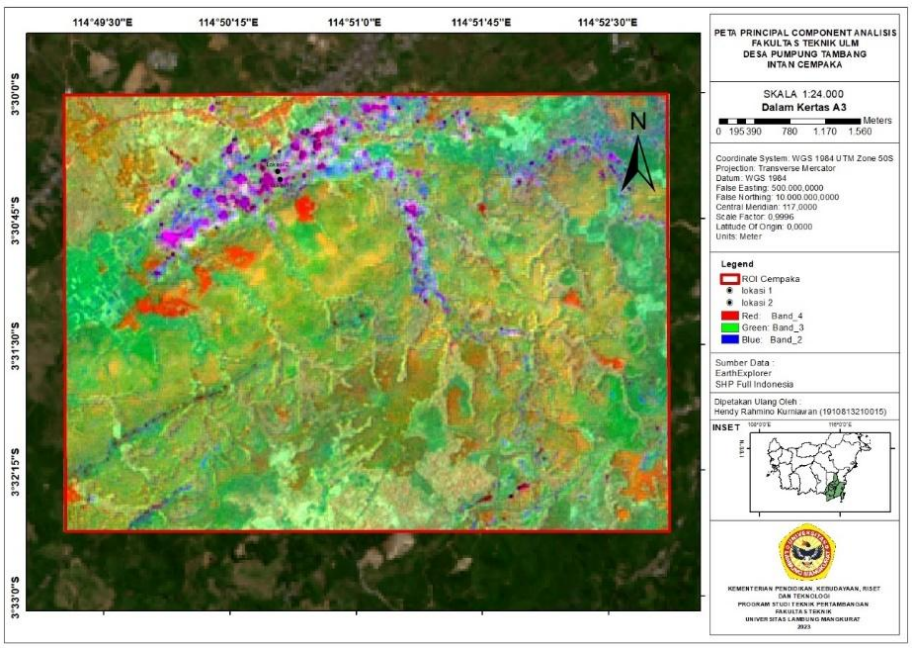
1. Memasukkan Data ASTER
2. *Radiometric Calibration*
3. *Edit* ENVI *Header*
4. *Layer Stacking*
5. *Convert Interleave*
6. *FLAASH Atmospheric Correction*
7. *Spectral*
8. *Forward PCA Rotation New Statistic*
9. Hasil *Spectral Profile*

Data citra landsat yang digunakan pada penelitian merupakan data citra landsat 8 yang diambil dari laman USGS pada tahun 2023 untuk diolah dan diklasifikasikan kemudian dilakukan analisis. Berikut merupakan data dari tahun 2023. Langkah-langkah tersebut secara garis besar antara lain:

1. Tambahkan Data citra landsat 8,
2. *Composite band*
3. *Menentukan ROI*
4. *Raster Calculator*
5. *Composite band*
6. *Peta Sebaran Mineral hasil composite band*



Gambar-5. Peta titik pengambilan sampel

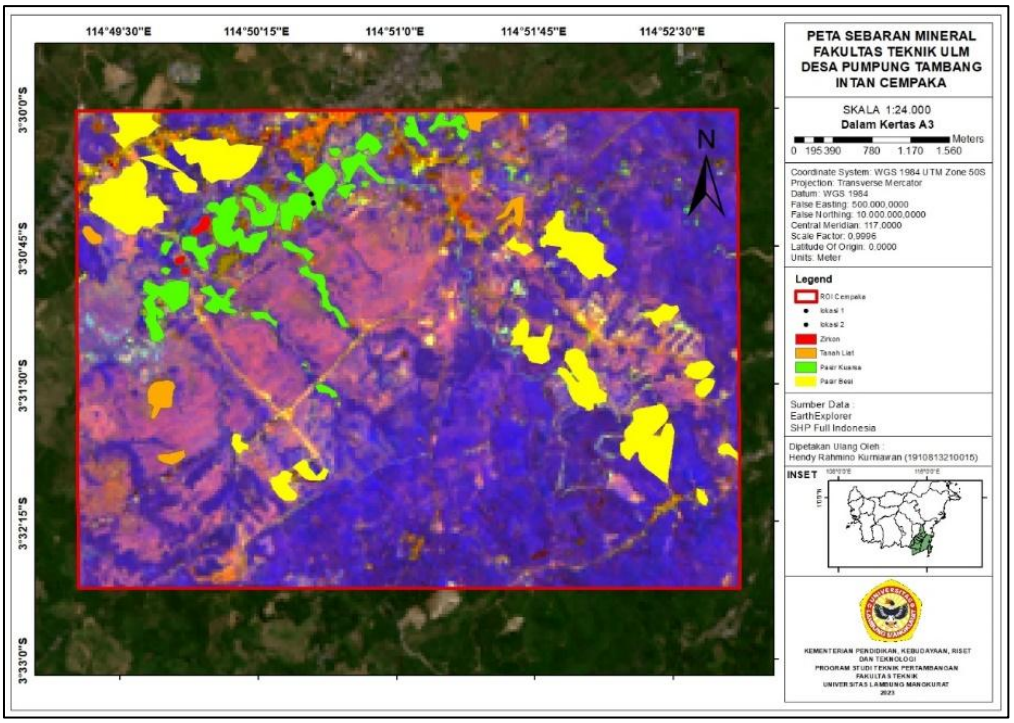


Gambar-6. Peta hasil pengolahan *PCA*

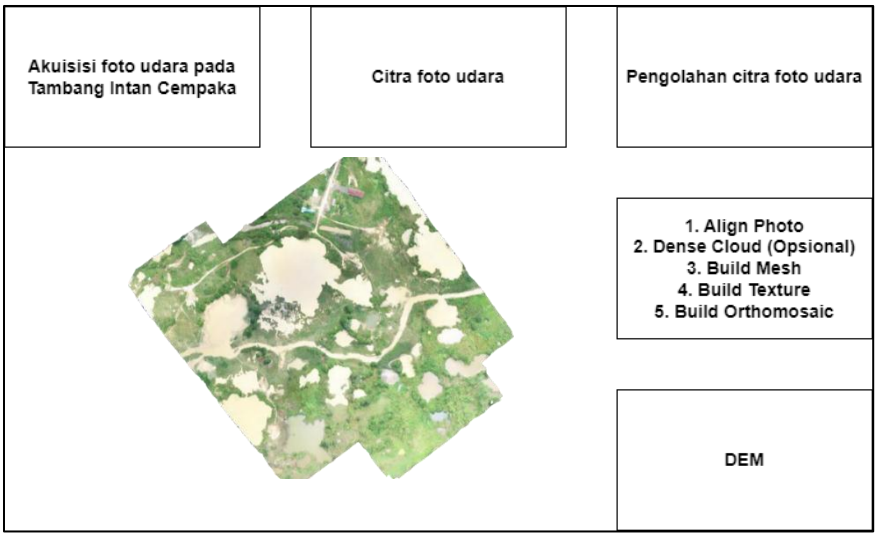
Foto udara didapatkan dari drone yang telah didapatkan kemudian dilakukan pengolahan untuk mosaiking dan membangun DEM dengan Menggunakan *software Agisoft Metashape* dapat dilihat pada gambar 5.32 berikut. Langkah-langkah tersebut antara lain:

1. Menambahkan 316 foto drone hasil terbang yang telah diambil ke dalam *software* dengan menggunakan perintah *add photos* .
2. Setelah *add photos* dilakukan *align photos*, yaitu membuat *matching point* dari 2 atau lebih foto. Pada tahap ini dihasilkan model 3D awal.
3. Kemudian dilakukan *Dense cloud,* yaitu tahap menghasilkan kumpulan titik elevasi dengan jumlah yang banyak melalui pengolahan foto udara.
4. Tahap selanjutnya adalah membangun *mesh*, merupakan tahap membangun model 3D dari foto udara. Hasil dari mesh digunakan lebih lanjut untuk proses *orthophoto.*
5. Setelah tahap membangun mesh langkah selanjutnya adalah membangun *texture*, yaitu tahap pembentukan model fisik secara 3D dari morfologi yang ada di tangkapan foto udara.
6. Setelah membangun *texture* barulah dilakukan membangun *ortomosaik, ortofoto* merupakan koreksi kesalahan geometrik foto udara menggunakan data DEM dan dimanfaatkan untuk proses lebih lanjut.
7. Membangun *Digital Elevation Model* (DEM), merupakan model medan digital berformat Raster. Data DEM memiliki informasi elevasi hingga mampu memodelkan *cut and fill*.

Metode XRF (X-ray fluorescence) adalah teknik analisis kimia *non-destruktif* yang digunakan untuk menentukan komposisi unsur dalam suatu sampel. Sampel yang di gunakan diambil dari Lokasi Penelitian berada di desa Pumpung, Kecamatan Cempaka, Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan.



Gambar-7. Peta Sebaran Mineral



Gambar-8. DEM foto udara

Berikut adalah beberapa tahapan uji XRF:

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel diambil dari lokasi penelitian yang berada di desa Pumpung, Kecamatan Cempaka, Kota Banjarbaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Sampel yang digunakan ada 2 titik lokasi yang berada sekitar tambang intan Cempaka.

2. Pengovenan

Setelah pengambilan sampel selanjutnya di lakukan pengovenan yang bertujuan untuk pengeringkan sampel yang memiliki kadar air, pengovenan di lakukan selama 1 jam dengan suhu 100° C.

3. Pengayakan

Setelah pengovenan selanjutnya dilakukan pengayakan menggunakan *sieve* secara manual dengan menggunakan *mesh* 100 dapat dilihat pada Gambar-10.

4. Furnace

Setelah dilakukan pengayakan selanjutnya di lakukan *furnace* yang bertujuan untuk menhilangkan unsur Karbon (C). *Furnace* dilakukan selama 6 jam dengan suhu 600° C yang dapat dilihat pada Gambar-11.

5. Uji XRF

Setelah dilakukan *furnace* selanjutnya dilakuan uji XRF (X-ray fluorescence), pengujian di lakukan di UPTD Laboratorium ESDM Prov Kal-Sel kurang lebih selama 4 hari pengujian.

6. Hasil Pengujian

Setelah selesai pengujian XRF maka di dapatkan hasil dengan tabel berupa unsur atau parameter.

Gambar-9. Pengovenan

Gambar-10. Pengayakan

Gambar-11. Proses *furnace*

Tabel-1. Pengujian Geokimia XRF Lokasi 1

No	Parameter	Kode dan Hasil	Unit	Basis	Metode
1	Si	36,7871	%	Dry	XRF
2	Al	7,4205	%		
3	Fe	3,0041	%		
4	Ti	0,1702	%		
5	K	0,3000	%		
6	Mg	0,0780	%		
7	Ca	0,0505	%		
8	Zr	0,0186	%		
9	Cr	0,0127	%		
10	P	0,0099	%		
11	Mn	0,0054	%		
12	V	0,0032	%		
13	Ni	0,0029	%		
14	Cu	0,0018	%		
15	Zn	0,0017	%		
16	Sr	0,0014	%		
17	Y	0,0014	%		

Tabel-2. Pengujian Geokimia XRF Lokasi 2

No	Parameter	Kode dan Hasil	Unit	Basis	Metode
1	Si	43,5728	%	Dry	XRF
2	Al	1,9190	%		
3	Fe	1,0307	%		
4	Mg	0,1833	%		
5	Ti	0,1310	%		
6	K	0,0780	%		
7	Zr	0,0505	%		
8	Ca	0,0186	%		
9	P	0,0127	%		
10	Mn	0,0099	%		
11	Eu	0,0054	%		
12	V	0,0032	%		
13	Cr	0,0029	%		
14	Cu	0,0018	%		
15	Hf	0,0017	%		
16	Zn	0,0014	%		
17	Y	0,0014	%		
18	Re	0,0004	%		

Diskusi

Karakteristik Spektral pada pengolahan data Citra Satelit ASTER VNIR-SWIR, langkah-langkah pengolahan data dan analisis data pancaran spektral yang terdapat pada sembilan pita ASTER VNIR-SWIR adalah sebagai berikut:

1. registrasi spasial data SWIR 30 m ke data VNIR 15 m
2. kalibrasi data pancaran spektral sembilan pita ke reflektansi spektral
3. evaluasi gambar rasio terpilih
4. pemilihan kategori litologi spektral
5. memetakan kategori litologi spektral yang dipilih

Rata-rata spektrum in situ disampel ulang menjadi sembilan *bandpass* ASTER VNIR dan SWIR dan kemudian hasil bagi spektrum ini dan rata-rata spektrum gambar ASTER yang mewakili area sampel digunakan untuk mengubah skala nilai pancaran awal. Perbandingan gambar reflektansi permukaan ini dan produk reflektansi permukaan standar (AST_07) yang diperoleh dari EROS Data Center (EDC) menunjukkan beberapa perbedaan yang signifikan. Perbedaan terbesar terdapat pada pita 9, yang 10–20% lebih tinggi pada produk standar EDC. Selain itu, band 3 secara konsisten lebih tinggi pada gambar EDC.

Analisis karakteristik spektral potensi bahan galian mineral di sekitar tambang intan Cempaka diambil 2 lokasi titik sekitar tambang intan Cempaka ada 2 titik lokasi yaitu titik lokasi 1 dengan titik koordinat -3.507980,114.841853 dan lokasi 2 dengan titik koordinat -3.508424,114.842462. Pada lokasi 1 dan 2 terdapat mineral Pasir Kuarsa, Kaolin, Serpentinit, Zirkon dan Lempung. Dimana rata keterdapatan mineral-mineral tersebut tedapat antara band 8 dan band 9 dengan gelombang rata-rata di 2,330 – 2,395.

Analisis data reflektansi spektral ASTER memberikan dasar untuk memetakan Pasir Kuarsa, Kaolin, Serpentinit, Zirkon dan Lempung. Menggambarkan batuan yang mengandung mineral Zr, Si, Al dan Fe. Adapun beberapa sprektral mineral seperti $ZrSiO_4$, SiO_2, clay, $Al_2Si_2O_5$, dan Serpentine. Penerapan teknik penginderaan jauh dengan ASTER memungkinkan identifikasi mineral berdasarkan reflektansi spektral. [9] menunjukkan bahwa metode band rasio pada ASTER dapat meningkatkan akurasi dalam pemetaan mineral, terutama di daerah dengan paparan batuan yang luas

Hasil pengujian fluoresensi sinar-X (XRF) pada sampel tanah menunjukkan kandungan unsur dominan, seperti silika (Si) dengan rata-rata konsentrasi 41,4%, aluminium (Al) sebesar 20%, dan zirkonium (Zr) sebesar 5%. Konsentrasi ini sesuai dengan prediksi berdasarkan analisis spektral. Peta integrasi data menunjukkan bahwa zona konsentrasi tinggi unsur-unsur ini berkorelasi dengan area aluvial, yang merupakan target utama eksplorasi mineral.

Keberhasilan kombinasi penginderaan jauh dan XRF dalam penelitian ini menunjukkan potensi besar dari teknologi ini dalam eksplorasi mineral. Hasil analisis spektral menunjukkan kemampuan citra ASTER dan Landsat 8 untuk memetakan zona mineral secara efektif, terutama melalui komposit pita untuk meningkatkan kontras spektral [2] dan [1].

Hasil XRF memberikan validasi kuat terhadap analisis penginderaan jauh, menunjukkan konsistensi antara kandungan unsur yang terdeteksi di lapangan dan pola distribusi yang diidentifikasi dalam peta. Konsistensi ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa XRF adalah alat yang andal untuk verifikasi data eksplorasi berbasis penginderaan jauh [7]. Hasil ini sejalan dengan studi oleh [10], yang menggunakan ASTER untuk eksplorasi emas di Mesir, di mana kombinasi citra satelit dan data geokimia membantu mengidentifikasi target baru secara efisien. Di sisi lain, penelitian [11] membuktikan bahwa ASTER dapat digunakan untuk eksplorasi deposit mineral sulfida di beberapa wilayah, mendukung peran ASTER dalam pemetaan geologi skala besar

KESIMPULAN

1. Analisis Spektral ASTER: terdapat mineral Pasir Kuarsa, Kaolin, Serpentinit, Zirkon, dan Lempung di dua titik koordinat penelitian.
2. Band 8 dan 9 ASTER dengan gelombang 2,330 – 2,395 nm efektif untuk identifikasi mineral.
3. Uji XRF dan AAS: hasil uji XRF dan AAS menunjukkan kandungan utama mineral berupa Silika (Si) dan Besi (Fe) dengan persentase rata-rata masing-masing sebesar 41,43% dan 2,78%.
4. Potensi Mineral: daerah penelitian berpotensi menghasilkan nanomaterial dari mineral seperti $ZrSiO_4$, SiO_2, $Al_2Si_2O_5$, dan Serpentine, menjadikan wilayah ini strategis untuk pengembangan industri berbasis mineral.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan dukungan dalam bentuk finansial, fasilitas, dan legalitas terhadap penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Teknik Pertambangan, seluruh dosen, serta rekan-rekan mahasiswa yang telah terlibat dan berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam mendukung penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. B. Smith and C. F. Pain, "Applications of Remote Sensing in Geology." *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 7, pp. 67-84, 2017.

[2] A. B. Pour, *et al.*, "Mineral Mapping Using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Data." *Ore Geology Reviews*, vol. 56, pp. 55-72, 2014.

[3] K. Watanabe, K and N. Miura, "Analysis of Mineral Resources Using Satellite Data: Landsat and ASTER Integration." *Geosciences*, vol. 6, no. 4, p. 50, 2016.

[4] J. R. Jensen, *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Education, 2007.

[5] G. Chen, *et al.*, "Remote Sensing of Ecosystem Resilience: Examples from the Global Perspective." *Progress in Physical Geography*, vol. 42, no. 6, pp. 806-826, 2018.

[6] J. B. Campbell and R. H. Wynne, *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press, 2011.

[7] H. Xu, *et al*., "Quantitative Analysis of Minerals in the Earth's Surface Using Remote Sensing and XRF." *International Journal of Remote Sensing*, vol. 40, no. 22, pp. 8583-8600, 2019.

[8] H. Zhang, *et al.*, "Geospatial Technologies for Mining: Applications and Developments." *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 216, p. 106535, 2020.

[9] M. Fatima, *et al*., "Minerals Identification and Mapping Using ASTER Satellite Image." *Journal of Applied Remote Sensing*, Vol. 11, no. 4, 2017.

[10] A. Salem, *et al*., "Exploration for Gold Using ASTER Data in the Barramiya District." *Remote Sensing of Environment*, 2022. MDPI.

[11] S. Rajendran, and S. Nasir, "Characterizing ASTER Band Responses to Map Alteration Zones of Volcanogenic Massive Sulfide Deposits." *MDPI - Remote Sensing*, 2023. MDPI