

Identifikasi Potensi Endapan Nikel Laterit Menggunakan Aplikasi Penginderaan Jauh (Remote Sensing) di PT. Asindo Internasional Perdana Kecamatan Toili Barat, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah

Zehan Fahmi*, Yunus Ashari, Novriadi

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*fahmizehan@gmail.com, yunus_ashari@unisba.ac.id, novriadi@unisba.ac.id

Abstract. The results of previous exploration activities in the research area found the presence of laterite nickel deposits in ultra-alkaline rocks. Therefore, the purpose of this study was to apply remote sensing methods by proving the suitability of the results from image interpretation and the results of research in the field as areas that have the potential for laterite nickel deposits. The purpose of this study was to identify the characteristics of rock types, structures, and morphology in determining areas that have the potential for laterite nickel using remote sensing methods. In identifying areas with potential for nickel deposits, an analysis of Landsat 8 imagery was carried out in interpreted using ArcGis Version 10.3 software, based on hue/color and relief with a combination of several bands, to determine the distribution of surface lithology and weathering of the study area. Radar DEM SRTM images were used to interpret lineament patterns, Regional Geological Maps, and field observation data from previous exploration reports as data validation. The results from these data were used as a reference to determine the prospect areas for laterite nickel deposits, based on bedrock, structure, morphology, distribution of iron oxide minerals, and vegetation density. These aspects were correlated with each processed data and validated with the previous geological observation point data so that areas with the potential for laterite nickel deposits of ±957 ha in the total IUP area of 3919 ha can be identified.

Keywords: : *Remote Sensing, Lithology, Lineament Pattern.*

Abstrak. Hasil dari kegiatan eksplorasi terdahulu pada daerah penelitian, didapatkan keberadaan endapan nikel laterit pada batuan ultra basa, maka dari itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode penginderaan jauh dengan membuktikan kecocokan hasil dari interpretasi citra dan hasil penelitian di lapangan sebagai daerah yang berpotensi adanya endapan nikel laterit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik jenis batuan, struktur, dan morfologi dalam penentuan wilayah yang berpotensi keterdapatn endapan nikel laterit menggunakan metode penginderaan jauh. Dalam mengidentifikasi daerah berpotensi adanya endapan nikel dilakukan analisis terhadap Citra Landsat 8 yang diinterpretasi menggunakan software ArcGis Versi 10.3, berdasarkan rona/warna dan relief dengan kombinasi dari beberapa band, sehingga dapat mengetahui sebaran litologi permukaan dan pelapukan daerah penelitian. Citra Radar DEM SRTM digunakan untuk menginterpretasi pola kelurusan, Peta Geologi Regional, serta data pengamatan lapangan dari laporan eksplorasi terdahulu sebagai validasi data. Hasil dari data tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan daerah yang prospek untuk endapan nikel laterit, berdasarkan batuan dasar, struktur, morfologi, sebaran mineral iron oxide, dan kerapatan vegetasi. Aspek-aspek tersebut, kemudian dilakukan korelasi pada setiap data yang telah diolah dan validasi dengan data titik pengamatan geologi terdahulu, sehingga dapat diidentifikasi daerah yang berpotensi adanya endapan nikel laterit seluas ±957 ha dari luas keseluruhan IUP sebesar 3919 ha.

Kata Kunci: *Penginderaan Jauh, Litologi, Pola Kelurusan.*

A. Pendahuluan

Nikel merupakan salah satu bahan tambang yang sangat penting di kehidupan manusia, ya ng dapat dimanfaatkan sebagai pembuatan logam anti karat, campuran pembuatan stainless steel, dan masih banyak lagi. Nikel juga menjadi bahan tambang yang sangat berharga dan memiliki nilai jual yang tinggi. Pada dasarnya sejak 1950 permintaan akan kebutuhan nikel rata-rata mengalami kenaikan 4% setiap tahunnya, dan diperkirakan sepuluh tahun mendatang akan terus mengalami kenaikan (Dalvi, Bacon, dan Osborn, 2004). Nikel memiliki simbol Ni dengan nomor atom 28, yang terbentuk akibat pelapukan dari batuan ultramafik yang mengandung nikel 0,2 – 0,4 % (Golightly, 1981), di mana batuan ultramafik ini meliputi olivine, piroksin, dan amphibole (Rajesh, 2004).

Eksplorasi merupakan suatu tahapan dalam kegiatan pertambangan yang dilakukan untuk mencari endapan bahan galian yang meliputi kondisi geologi, bentuk tubuh, penyebaran dan juga jenis dari endapan bahan galian sehingga dengan adanya kegiatan ini dapat menentukan daerah yang berpotensi akan adanya bahan galian. Namun salah satu tantangan besar dalam melakukan kegiatan eksplorasi ini adalah pada tahapan pemetaan lapangan, di mana dalam melakukan tahapan tersebut membutuhkan waktu yang lama dan juga biaya yang sangat mahal, sehingga pada daerah yang luas dan sedikitnya potensi bahan galian yang dicari menyebabkan sangat sulitnya dilakukan kegiatan tersebut.

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi dalam bidang eksplorasi, kendala tersebut dapat diatasi, salah satunya menggunakan metode Penginderaan Jauh (Remote Sensing). Penginderaan jauh ini masuk ke dalam eksplorasi tidak langsung, hal ini karena penginderaan jauh merupakan suatu kegiatan untuk mendapatkan informasi mengenai obyek dengan menganalisa data tanpa melakukan kontak langsung dengan objek tersebut (Lillesand & Kiefer, 1994).

Kegiatan eksplorasi mempunyai 4 prinsip yaitu prinsip berurutan, merata, seksama, dan ekonomis. Kegiatan eksplorasi yang baik adalah kegiatan eksplorasi tepat guna dan berhasil guna yang bertujuan agar hasil dari kegiatan eksplorasi memberikan informasi yang objektif dengan biaya yang lebih efisien, maka dari itu penginderaan jauh (Remote Sensing) ini diharapkan dapat dilakukan sebagai dari bagian eksplorasi tidak langsung untuk penentuan awal dan identifikasi zona potensi keberadaan endapan nikel laterit.

Berdasarkan dengan latar belakang tersebut, terdapat beberapa tujuan diantaranya yaitu:

1. Mengidentifikasi karakteristik jenis batuan dalam penentuan wilayah yang berpotensi keberadaan endapan nikel laterit;
2. Mengidentifikasi karakteristik morfologi dalam penentuan wilayah yang berpotensi keberadaan endapan nikel laterit;
3. Mengidentifikasi karakteristik struktur dalam penentuan wilayah yang berpotensi keberadaan endapan nikel laterit;
4. Mengetahui hasil interpretasi citra dengan menggunakan metode penginderaan jauh (remote sensing);
5. Menentukan daerah yang berpotensi keberadaan endapan nikel laterit berdasarkan aspek formasi, struktur, dan citra satelit..

B. Metodologi Penelitian

Nikel Laterit

Nikel merupakan logam berwarna putih perak mengkilap, keras, dan termasuk pada logam transisi, alam tidak mengubahnya pada saat terkena udara, tahan terhadap oksidasi dan kemampuan untuk mempertahankan sifat sejati dibawah suhu ekstrim (Cudahy dkk., 2009). Di alam pada dasarnya bijih nikel terdapat dua jenis, yaitu nikel oksida dan nikel sulfida. Nikel sulfida ini biasanya berada di belahan bumi yang memiliki iklim subtropis, sedangkan nikel oksida yang dikenal dengan nikel laterit berada pada bagian bumi yang beriklim tropis, maka dari itu bijih nikel yang terdapat di Indonesia merupakan bijih nikel oksida atau nikel laterit.

Nikel laterit terbentuk dari batuan induk yaitu batuan ultrabasa dengan kandungan mineral ferromagnesian (olivine, piroksin, dan amphibole) dalam jumlah besar yang berasosiasi dengan struktur geologi yang terbentuk pada masa Precambrian hingga Tersier (Ahmad, 2006).

Nikel ini terbentuk dari proses pelapukan batuan ultrabasa yang di mana batuan ini banyak mengandung mineral olivine, piroksin, magnesium, silika, dan besi. Mineral mineral tersebut memiliki sifat yang tidak stabil dan mudah mengalami proses pelapukan. Pelapukan kimia, air tanah yang kaya akan unsur CO₂ akan mengurai mineral mineral yang terkandung dalam batuan tersebut menjadi suatu larutan, di mana larutan tersebut akan menghasilkan Mg, Fe, Ni sedangkan unsur Si nya cenderung akan membentuk koloid yang sangat halus. Pada larutan tersebut besi akan bersenyawa dengan oksida dan mengendap sebagai ferri hidroksida, dan yang akhirnya akan berubah menjadi mineral mineral seperti goethite (FeO(OH)), Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Nikel Laterit

Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Nikel Laterit

1. Batuan Induk
Pembentukan nikel laterit ini dapat terjadi apabila terdapat batuan induknya. Batuan induk dari nikel laterit ini adalah batuan ultrabasa. Tetapi tidak semua batuan ultra basa dapat terbentuk bijih nikel.
2. Iklim
Iklim sangat berpengaruh di mana dengan adanya pergantian musim dari musim kemarau menjadi musim penghujan akan menyebabkan naik turunnya permukaan air tanah, yang di mana pada dasarnya air tanah ini sangat berpengaruh terhadap proses terjadinya pemisahan dan akumulasi unsur unsur. Selain itu temperatur iklim juga berpengaruh terhadap proses pelapukan mekanis.
3. Reagen reagen kimia dan vegetasi
Reagen reagen disini adalah unsur kimia yang membantu dalam mepercepat proses pelapukan. Contohnya adalah air yang mengandung unsur Co₂ yang kita ketahui sangat berperan penting dalam proses pelapukan, dan juga asam asam humus yang menyebabkan dekomposisi batuan dan merubah PH larutan. Di mana asam asam humus ini berkaitan erat dengan vegetasi. Dengan adanya vegetasi akan mebuat penetrasi air akan lebih dalam dengan adanya rekahan rekahan yang disebabkan oleh akar pepohonan, sehingga akumulasi air hujan akan lebih banyak.
4. Struktur
Struktur disini yang berperan adalah kekar (*joint*). Hal ini karena pada dasarnya batuan beku memiliki porositas yang kecil sehingga dengan adanya kekar disini akan menyebabkan air masuk kedalam batuan dan mempercepat proses pelapukan.
5. Topografi
Topografi suatu daerah sangat berpengaruh terhadap keterbentukan nikel di mana pada topografi yang landai air akan bergerak perlahan lahan sehingga air mempunyai kesempatan untuk masuk lebih dalam terhadap rekahan-rekahan atau pori-pori batuan dibandingkan dengan kondisi topografi yang curam
6. Waktu
Waktu yang lama akan mempengaruhi pelapukan.

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan suatu ilmu, seni dan teknik untuk memperoleh informasi suatu objek, daerah, atau berupa fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa harus kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji, (Lillesand and Kiefer, 1994 dalam Soettoto, 2015).

Komponen dasar pada suatu sistem penginderaan jauh terdiri dari target, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Komponen-komponen dasar ini bekerja sama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh objek tersebut. Sumber energi yang dapat memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak sangat diperlukan. Energi yang berinteraksi dengan target dapat berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor yang ada. Sensor ini merupakan suatu alat yang dapat mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik yang dipancarkan dari permukaan bumi

Dalam Undang-Undang Pertambangan Mineral dan Batubara No. 3 Tahun 2020,

reklamasi merupakan kegiatan yang ditetapkan untuk setiap kegiatan pertambangan. Adapun reklamasi memiliki tujuan untuk memulihkan dan meningkatkan kualitas lingkungan dari ekosistem serta dapat mengembalikan fungsi lahan sesuai dengan perencanaan penutupan tambang.

Peraturan perundang-undangan yang digunakan sebagai acuan untuk reklamasi dan pascatambang yaitu UU No. 7 Tahun 2014 dan Keputusan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral No. 1627/K/30.MEM/2018 mengenai Pedoman Penerapan Teknik Penambangan yang baik. Dalam peraturan tersebut mengatur secara jelas mengenai kewajiban reklamasi yang harus dilakukan dan jaminan reklamasi yang harus dibayar yang berdasarkan pada jaminan keberhasilan reklamasi. (Suryaningtyas, Dr. Dyah; Sulistjo, 2019).

Penginderaan Jauh untuk Geologi dan Eksplorasi Mineral

1. Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi dapat menjadi indikator terhadap jenis tanah dan geologi yang terdapat dibawahnya. Cole (1977) dalam Raines dan Canney (1998) menggunakan citra landsat dalam memetakan geologi, hasilnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara sebaran vegetasi dengan formasi geologi yang ada. Tingkat kerapatan vegetasi dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma normalisasi NDVI. *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) adalah perhitungan pada sebuah citra yang digunakan untuk mengetahui tingkat kehijauan sebagai awal pembagian daerah vegetasi (Purwanto A, 2016). NDVI dilakukan untuk menentukan klasifikasi kelas kerapatan vegetasi dari suatu citra. Perhitungan NDVI dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (Wijanarko, 2007)

$$N = \frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_1 + NDVI_0}$$

N adalah nilai normalisasi dari NDVI, nilai maksimum NDVI citra, dan $NDVI_0$ nilai minimum NDVI citra. Nilai fraksi sendiri diperoleh dengan mengkuadratkan nilai normalisasi NDVI dengan skala 0 hingga 1, di mana nilai ini melukiskan jumlah dan tutupan alami vegetasi dan menggambarkan proporsi antara vegetasi dan tanah yang ditangkap oleh sensor (Weng, 2003 dalam Wijanarko, 2007). Berikut adalah klasifikasi nilai kerapatan vegetasi:

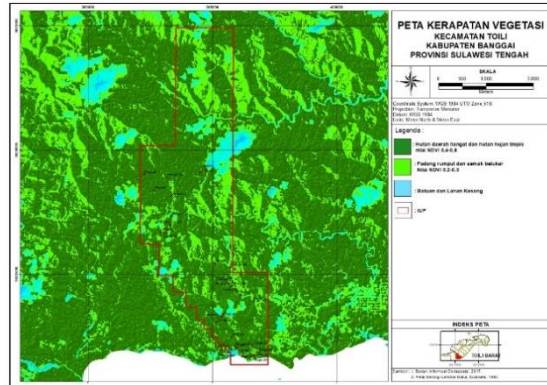
2. Mineral Iron Oxide

Pada teknik ini menggunakan pengambilan sejumlah nilai piksel yang mempresentasikan mineral di permukaan berdasarkan pantulannya. Tahapan ini dilakukan untuk mendeteksi mineral logam oksida atau *iron oxide*. Dalam menentukan mineral Iron oxide ini menggunakan *band ratios* 4/2.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan Citra Satelit

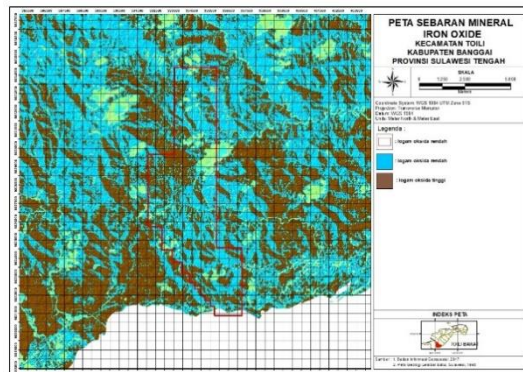
Kerapatan vegetasi yang didapatkan menggunakan band 4 dan band 5 yang dikombinasikan dengan menggunakan rumus $4-5 / 4+5$ sedangkan penentuan faktor diatas menggunakan bantuan software ArcGis Versi 10.3, kemudian hasil citra tersebut digunakan sebagai acuan dasar dalam pengkelompokan kondisi permukaan daerah yang memiliki ketebalan tanah dan permukaan daerah yang masih dalam bentuk batuan yang dilihat dari interpretasi citra landsat. Peta formasi berdasarkan citra dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Peta Kerapatan Vegetasi

Kerapatan vegetasi yang didapatkan dari pengolahan citra satelit di wilayah penelitian memiliki indeks antara 0,2 – 0,8. Berdasarkan rentang nilai tersebut daerah penelitian terdapat dua kelas, yaitu padang rumput dan semak belukar, hutan daerah hangat dan hutan hujan tropis. Penentuan kelas ini dilakukan berdasarkan nilai indeks yang di mana kelas terendah (mendekati 0) sedangkan nilai mendekati 1 kerapatan vegetasinya semakin rapat atau tinggi

Identifikasi Mineral Iron Oxide Pada teknik ini menggunakan pengambilan sejumlah nilai piksel yang mempresentasikan mineral di permukaan berdasarkan pantulannya. Tahapan ini dilakukan untuk mendeteksi mineral logam oksida atau iron oxide. Dalam menentukan mineral Iron oxide ini menggunakan band ratios 4/2. Hasil interpretasi dari gabungan band tersebut menunjukkan bahwa daerah yang mengandung iron oxide tinggi ditunjukkan dengan kenampakan warna coklat.

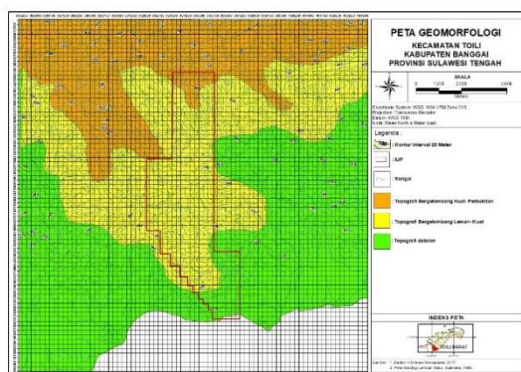


Gambar 2. Peta Sebaran Mineral Iron Oxide

Berdasarkan Geomorfologi

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui informasi karakteristik permukaan di daerah penelitian yang dilihat dari kondisi kemiringan topografi. Pada kemiringan topografi yang berbeda akan menentukan keadaan endapan nikel, karena semakin curam kemiringan topografi maka pembentukan nikel tidak akan berjalan dengan signifikan, sebaliknya pula apabila kemiringan topografi terlalu landai juga proses pembentukan nikel tidak akan berjalan dengan baik.

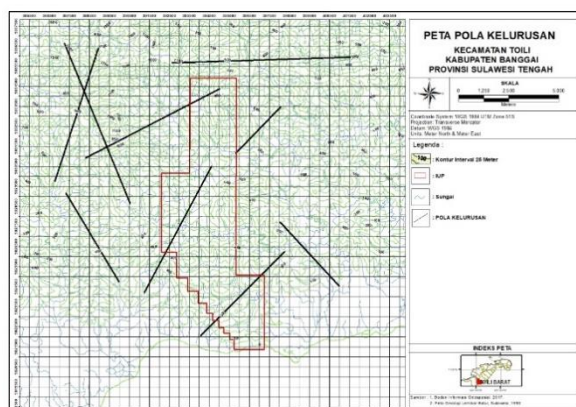
Secara umum kondisi topografi lokasi penelitian ini memiliki kondisi topografi yang cenderung bergelombang dari arah utara, dan cenderung landai ke arah selatan. Jika diidentifikasi berdasarkan kondisi relief maka dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kondisi relief, di mana terdapat relief berwarna hijau yang menunjukkan relief landai, sedangkan warna kuning menunjukkan relief rendah– sedang, dan jingga menunjukkan relief tinggi.



Gambar 3. Peta Geomorfologi

Pola Kelurusan

Kelurusan geologi (lineaments) merupakan cerminan morfologi yang teramati di permukaan bumi sebagai hasil dari aktivitas gaya geologi dari dalam bumi. Interpretasi pola kelurusan dilihat dari bentuk geomorfologi seperti kelurusan punggung, kelurusan lembah, kelurusan sungai, kelurusan yang disebabkan oleh sesar, baik sesar naik, normal, dan mendatar.

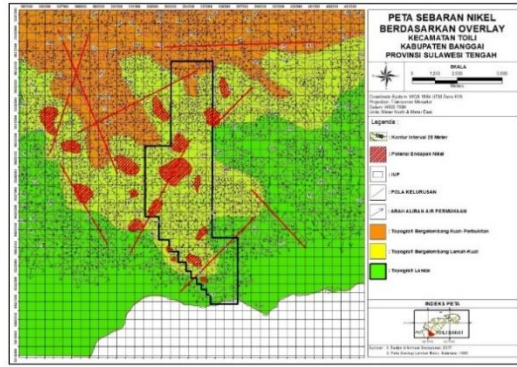


Gambar 4. Peta Pola Kelurusan

Indikasi Keterdapatan Mineral Nikel

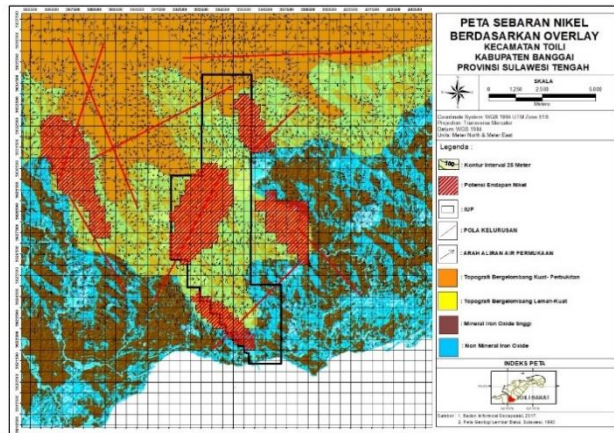
Hasil dari penelitian ini merupakan korelasi dan gabungan dari setiap data yang telah didapatkan dan diolah sebelumnya. Data yang digabungkan dan dikorelasi ini meliputi data hasil pengolahan citra landsat 8, data geomorfologi, pola kelurusan, dan arah aliran air permukaan. Dari penggabungan data-data tersebut didapatkan adanya beberapa titik pengamatan geologi yang serupa dengan masing masing data. Penggabungan dari masing-masing data ini akan terdapat data yang saling berhubungan, dengan demikian data yang memenuhi syarat keterbentukan endapan nikel tersebut diindikasikan adanya endapan nikel laterit pada titik titik tersebut.

Berdasarkan korelasi setiap data yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil bahwa endapan nikel laterit di daerah penelitian terdapat di beberapa titik, di mana daerah yang diindikasikan adanya endapan nikel laterit ini terdapat pada daerah dengan geomorfologi bergelombang lemah- kuat dengan kondisi kemiringan lereng tidak terlalu curam dan tidak terlalu landai (15% - 30%) yang terletak di daerah yang terdapat pola kelurusan yang diindikasikan sebagai struktur. Adapun hasil indikasi keterdapatan endapan nikel laterit ini sebagai berikut:



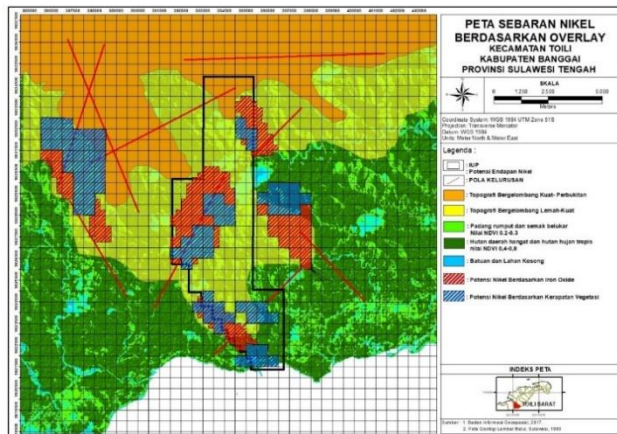
Gambar 5. Peta Indikasi Keterdapatn Endapan Nikel Antara Geomorfologi, Pola kelurusan Dan Arah aliran Air

Hasil indikasi daerah yang berpotensi adanya endapan nikel laterit selanjutnya dikolerasikan terhadap hasil interpretasi mineral *iron oxide* citra landsat , sehingga dengan demikian didapatkan hasil indikasi daerah yang terdapat endapan mineral nikel laterit.



Gambar 6. Peta Indikasi Keterdapatn Endapan Nikel Antara Geomorfologi, Pola kelurusan, Arah aliran Air dan Citra Landsat

Tahap selanjutnya adalah mengkolerasika atau menggabungkan peta indikasi nikel di atas dengan peta kerapatan vegetasi, kemudian dilakukan interpretasi antara kedua peta tersebut di mana batas identifikasi dieliminasi dengan peta kerapatan vegetasi. Untuk menghasilkan peta indikasi keterdapatn endapan nikel laterit, di mana peta kerapatan vegetasi ini dapat menunjukkan daerah yang memiliki ketebalan tanah dengan batuan dasar.

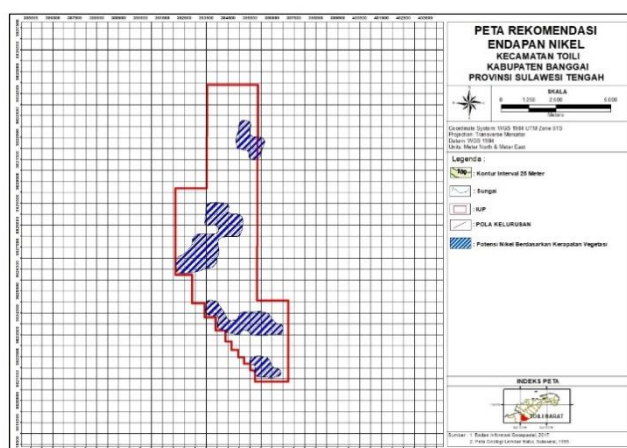


Gambar 7. Peta Sebaran Nikel Berdasarkan Overlay Peta Potensi Nikel dengan Kerapatan Vegetasi

Rekomendasi Daerah Potensi Sebaran Mineral Nikel

Pada tahapan ini dilakukan dengan cara mengkorelasikan hasil dari seluruh data yang sudah diperoleh, kemudian semua data tersebut dilakukan penggabungan, sehingga dapat mengidentifikasi keterdapatn sebaran mineral nikel. Data yang digunakan yaitu peta geologi, peta sebaran nikel berdasarkan citra landsat, peta geomorfologi, peta pola kelurusan dan peta arah aliran air permukaan. Tahap awal untuk mengidentifikasi daerah yang berpotensi adanya endapan nikel laterit adalah dengan mengetahui batuan pada daerah penelitian, kemudian keadaan struktur pada daerah penelitian, dan karakteristik geomorfologi pada daerah penelitian, kemudian dari identifikasi gabungan di atas, dikorelasikan dengan citra landsat. Hasil dari penggabungan semua data menunjukkan bahwa akumulasi endapan nikel laterit berada pada arah tenggara menuju utara bagian dalam IUP, hal ini dibuktikan dengan validasi lapangan berupa titik pengamatan geologi di lapangan, dan hasilnya menunjukkan bahwa rekomendasi nikel hampir cocok dengan pengamatan geologi yang dilakukan.

Kemudian dari potensi nikel tersebut diperoleh daerah rekomendasi dengan luasan \pm 957 Ha dengan tingkat keyakinan berupa pendugaan. Hasil akhir dari penelitian ini berupa daerah rekomendasi endapan nikel laterit berdasarkan hasil deliniasi dari beberapa faktor yang diharapkan berpotensi mengandung mineral nikel, sehingga dengan demikian hasil skenario luasan tersebut untuk kedepannya dapat mengecil atau lebih rinci seiring dengan dilakukannya eksplorasi lanjutan baik eksplorasi langsung maupun eksplorasi tidak langsung.



Gambar 8. Peta Rekomendasi Daerah Potensi Nikel

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil interpretasi pada jenis batuan, mineral nikel terdapat pada batuan ultramafik atau batuan ultrabasa yang berupa serpentinit, harsburgit dan dunit. Rencana kegiatan reklamasi tambang di PT Bumi Kalimantan Lestari berada di Pit A, dimulai dengan kegiatan penata gunaan lahan kemudian, penebaran tanah, lalu revegetasi dan pemeliharaan dan perawatan lahan yang sudah dilakukan reklamasi.
2. Berdasarkan hasil interpretasi geomorfologi Endapan nikel diindikasikan akan terdapat pada morfologi yang memiliki kemiringan lereng (15% - 30%), dengan kemiringan yang tidak terlalu curam dan tidak terlalu landai.
3. Berdasarkan struktur endapan nikel akan terbentuk pada daerah yang memiliki struktur rekahan yang banyak.
4. Berdasarkan hasil interpretasi citra landsat daerah yang mempunyai kandungan logam oksida tinggi dan pada daerah yang memiliki kerapatan vegetasi tinggi diindikasikan

merupakan daerah penyebaran mineral nikel.

5. Berdasarkan faktor faktor diatas maka dapat disimpulkan bahwa rekomendasi daerah penyebaran endapan nikel laterit dalam IUP adalah seluas ÷957 ha dari luas keseluruhan IUP sebesar 3919 ha.

Daftar Pustaka

- [1] Ahmad,W. 2005. “Laterit: Fundamental of chemistry,Mineralogy, Weathering Processe and Laterit Information”. PT Internasional Nikel Indonesia: Sulawesi.
- [2] Alzwar, M. Dkk., 1992. “Peta Geologi Lembar Garut & Pameungpeuk”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi : Bandung.
- [3] Anonim. Tanpa Tahun. “Buku Ajar Penginderaan Jauh”. E-book.
- [4] Anonim. 2018. “Digital Elevation Model SRTM Indonesia”. Badan Informasi Geospasial : Indonesia.
- [5] Avery.T.E and G.L.Berlin, 1985. “Interpretation of Aerial Photographs”. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minn.
- [6] Cudahy, T., Hewson, R., Caccetta, M., Roache, A., Whitbourn, L., Connor, P., Coward, D., Mason, P., Yang, K., Huntington, J., dan Quigley, M. (2009). ”Drill core logging of plagioclase feldspar composition and other minerals associated with Archean gold mineralization at Kambalda”, Western Australia, using a bidirectional thermal infrared reflectance system. *Reviews in Economic Geology*, v. 16, p. 223–235.
- [7] Curran.P.J, 1985. “Principles of Remote Sensing” ,Published in The United States of America by Longman Inc, New York.
- [8] Dr.Ashok, Davin, Bacon, Osborne, 2004 . “The Past and the Future of Nickel Laterites”. International Convention. : Canada.
- [9] Ford.K, 1979., “Remote Sensing for Planners” Center for Urban Policy Research, State University of New Jersey.
- [10] Golightly, J.P., 1981. “Nickeliferous Laterite Deposits”. *Economic Geology* 75th Anniversary volume, 710-735.