



ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL BERDASARKAN COG PADA PIT 10 BLOK B2 PT. ANUGRAH HARISMA BARAKAH

NICKEL RESOURCE ESTIMATION BASED ON COG AT PIT 10 BLOCK B2 OF PT ANUGRAH HARISMA BARAKAH

Elsa Putri^{1*}, Erwin Anshari¹, Marwan Zam Mili¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Dharma Anduonohu, Kendari, Indonesia

*Penulis korespondensi: elshaeriohs1@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29th April 2026

Received in revised from 18th May 2026

Accepted 30th May 2026

Available online May 2026

Keywords:

Resource Estimation

Nickel Laterite

Ordinary Kriging

ABSTRACT

PT. Anugrah Harisma Barakah is a mining company operating in Pongkalaero Village, South Kabaena District, Bombana Regency, Southeast Sulawesi Province. The company operates under a Mining Business License (IUP) covering approximately 2,527 ha. Currently, the company plans to open a new pit, namely Pit 10 in Block B2, covering approximately 10 ha. This study aims to determine the amount of laterite nickel resources based on the Cut-Off Grade (COG) at Pit 10 Block B2. The research employed a quantitative approach combining theoretical concepts with field data from exploration activities. The Ordinary Kriging (OK) method was selected based on the Coefficient of Variation (COV) value of 0.77, indicating moderate data variability, and was supported by variogram analysis capable of describing the spatial continuity of nickel grade distribution. Fault structures were also identified, which significantly influence the profile and formation process of laterite nickel deposits. The total resource volume at Pit 10 Block B2 based on COG, is 852,812 m³, with a total tonnage of 1,451,696 tons and an average nickel grade of 1.76% Ni.

ABSTRAK

Kata Kunci:

Estimasi Sumberdaya

Nikel Laterit

Ordinary Kriging

PT. Anugrah Harisma Barakah merupakan perusahaan yang beroperasi di Desa Pongkalaero Kecamatan, Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Perusahaan ini bergerak dalam bidang pertambangan yang telah memiliki IUP seluas ± 2.527 ha. Saat ini, perusahaan berencana untuk membuka pit baru, yaitu Pit 10, pada Blok B2 dengan luas ± 10 ha. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah sumberdaya berdasarkan COG pada Pit 10 Blok B2. Metode penelitian berupa penelitian kuantitatif yang menggabungkan teori dengan data-data yang diperoleh di lapangan. Metode OK dipilih berdasarkan nilai COV sebesar 0,77 yang menunjukkan variasi data sedang serta didukung oleh analisis variogram yang mampu menggambarkan kontinuitas spasial sebaran kadar nikel. Dalam penelitian ini, struktur sesar teridentifikasi, yang sangat berpengaruh terhadap profil endapan nikel laterit dan proses terbentuknya. Total volume sumberdaya berdasarkan nilai COG yang

ABSTRAK

diperoleh pada *Pit* 10 Blok B2 adalah sebesar 852.812 m³ dan memiliki tonase sebesar 1.451.696 ton dengan kadar rata-rata Ni 1,76%.

How to Cite This Article: Putri, E., dkk (2026). Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit pada *Pit* 10 Blok B2 PT. Anugrah Harisma Barakah. *INTAN: Jurnal Penelitian Tambang*, 9(1), 45–58. <https://doi.org/10.56139/intan.v9i1.389>

PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai sumberdaya alam yang sangat besar, terutama bahan tambang yang merupakan sumberdaya alam yang tidak dapat diperbaharui, diantaranya adalah nikel laterit. Nikel laterit merupakan salah satu komoditas bahan galian dengan sumberdaya dan cadangan terbesar di Indonesia, khususnya di daerah Indonesia bagian Timur.

Nikel laterit merupakan suatu endapan yang terbentuk karena adanya proses konsentrasi mineral-mineral berharga yang mengandung nikel yang berasal dari pelapukan batuan ultramafik (peridotit, dunit, dan serpentinit) oleh gaya-gaya eksogen, seperti pelapukan (*weathering*) akibat sinar matahari, curah hujan, dan lain-lain [1]. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bijih nikel laterit adalah batuan asal, struktur, iklim, proses pelarutan kimia dan vegetasi, topografi yang landai dan waktu yang cukup lama [2]. Sumberdaya mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari mineral yang memiliki nilai ekonomi pada kerak bumi [3]. Cadangan mineral adalah bagian dari sumberdaya mineral terukur dan/atau tertunjuk yang dapat ditambang secara ekonomis [4].

PT. Anugrah Harisma Barakah yang memproduksi nikel rata-rata 1 juta ton per tahun saat ini berencana membuka *Pit* baru yaitu *Pit* 10, pada Blok B2 dengan luasan lahan ±10 ha. Dengan adanya rencana pembukaan *Pit* baru, pihak perusahaan perlu melakukan perencanaan yang matang untuk mengestimasi sumberdaya bijih nikel laterit pada *Pit* 10 tersebut. Estimasi sumberdaya merupakan suatu pekerjaan penting dan memiliki tanggung jawab besar dalam mengevaluasi suatu proyek pertambangan karena seluruh keputusan teknis sangat bergantung pada hasil estimasi tersebut. Estimasi sumberdaya dapat memberikan taksiran kuantitas (tonase), kualitas (kadar), bentuk dimensi endapan, serta sebaran mineralisasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan penambangan.

Beberapa penelitian terkait estimasi sumberdaya nikel laterit telah dilakukan menggunakan metode interpolasi dan geostatistik. Penelitian oleh Ita Juita menunjukkan bahwa estimasi sumberdaya memerlukan analisis statistik dasar, pemodelan geologi, serta penentuan metode estimasi berdasarkan

nilai COV dan kondisi geologi daerah penelitian. Pada penelitian tersebut, validasi hasil estimasi dilakukan menggunakan Cross Validation dan *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengevaluasi tingkat keakuratan model estimasi. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Agus Saputra menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) berdasarkan nilai COV sebesar 0,48 yang menunjukkan tingkat variabilitas sedang. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai RMSE yang mendekati nol mengindikasikan hasil estimasi yang cukup akurat dan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan tambang. Sementara itu, Muhammad Agung Anugrah Heryansyah Kaondomi mengemukakan bahwa estimasi sumberdaya menggunakan metode IDW sangat dipengaruhi oleh pemilihan nilai power berdasarkan hasil RMSE. Penelitian tersebut juga mengkaji hubungan kondisi topografi terhadap proses pembentukan endapan nikel laterit.

Pertimbangan untuk pemilihan metode estimasi sumberdaya dirangkum berdasarkan geometri endapan dan nilai *Coefficient of Variance* (COV) [5]. Metode OK adalah metode analisis data geostatistika yang digunakan untuk memperoleh estimasi besarnya titik sampel pada suatu titik yang tidak tersampel berdasarkan titik-titik tersampel di sekitarnya, dengan mempertimbangkan korelasi data spasial yang ada [6]. Pemilihan metode OK pada penelitian ini didasarkan pada nilai COV sebesar 0,77 yang menunjukkan tingkat variasi data sedang sehingga metode ini dinilai sesuai untuk menghasilkan estimasi yang representatif. Selain itu, metode OK mampu mempertimbangkan kontinuitas spasial data melalui analisis variogram sehingga dapat memberikan hasil estimasi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode estimasi konvensional.

Namun demikian, penelitian terdahulu umumnya masih menggunakan metode estimasi konvensional seperti IDW dan belum mempertimbangkan kontinuitas spasial data secara detail melalui directional variogram dan analisis anisotropi. Selain itu, sebagian penelitian masih terbatas pada penggunaan variogram omnidirectional sehingga model estimasi yang dihasilkan belum sepenuhnya merepresentasikan arah kontinuitas mineralisasi pada endapan laterit. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi sumberdaya bijih nikel laterit pada *Pit* 10 Blok B2 PT. Anugrah

Harisma Barakah menggunakan metode OK yang didukung oleh analisis variogram. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan directional variogram dan pendekatan geostatistik untuk mengevaluasi kontinuitas spasial kadar nikel laterit berdasarkan karakteristik geologi lokal daerah penelitian sehingga diharapkan mampu menghasilkan estimasi sumberdaya yang lebih representatif dan akurat dibandingkan dengan metode konvensional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama ± 6 (enam) bulan di PT Anugrah Harisma Barakah yang secara administratif berada di Desa Pongkalaero, Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Adapun Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif yang berfokus pada aspek pengukuran terhadap objek penelitian. Dalam pelaksanaan penelitian ini, data yang digunakan terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan, meliputi data morfologi yang terdiri atas morfografi dan morfometri. Data morfografi merupakan data bentang alam pada lokasi penelitian yang diperoleh melalui pengamatan kondisi morfologi lapangan, sedangkan data morfometri merupakan data kemiringan lereng. Kedua data tersebut kemudian diselaraskan dengan data citra *Digital Elevation Model* (DEM) berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985).

Data sekunder diperoleh dari perusahaan dan studi literatur yang mendukung penelitian. Data sekunder yang digunakan meliputi data *logging bor*, data topografi, data litologi, nilai *density*, luas *Pit*, nilai COG, dan data struktur geologi. Selanjutnya dilakukan pengolahan data terhadap seluruh data yang telah dikumpulkan, baik data primer maupun data sekunder. Data pemboran yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari database eksplorasi PT. Anugrah Harisma Barakah. Data tersebut meliputi data *collar*, *survey*, litologi, *assay*, dan topografi yang digunakan sebagai dasar dalam pemodelan dan estimasi sumberdaya. Proses *Quality Assurance and Quality Control* (QA/QC) terhadap data eksplorasi dilakukan oleh pihak perusahaan sebagai bagian dari prosedur eksplorasi internal sebelum data digunakan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, data yang digunakan diasumsikan telah memenuhi standar kualitas dan validasi yang diperlukan untuk kegiatan estimasi sumberdaya. Selain itu, pada tahap pengolahan data dilakukan pemeriksaan konsistensi database untuk memastikan tidak terdapat data duplikat, kesalahan interval sampel, maupun ketidaksesuaian antara data *assay* dan litologi sehingga data yang digunakan dalam proses estimasi tetap konsisten dan representatif

Tahapan pengolahan data dimulai dari penyusunan *database* pemboran, penentuan litologi, struktur geologi, dan morfologi, pembuatan peta topografi, pembuatan data komposit, analisis statistik dasar, penentuan metode estimasi, analisis geostatistik, pembuatan model blok, hingga proses estimasi sumberdaya menggunakan perangkat lunak *Surpac* 6.3. Data *assay* pemboran dikomposit dengan interval satu meter untuk menyeragamkan panjang sampel sehingga dapat mengurangi bias estimasi akibat perbedaan panjang data. Pemilihan interval komposit satu meter juga disesuaikan dengan interval sampling pemboran dan karakteristik perubahan litologi endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Proses domaining dilakukan berdasarkan karakteristik litologi dan profil pelapukan endapan nikel laterit yang terdiri atas zona limonit dan saprolit. Penentuan domain dilakukan berdasarkan interpretasi data *logging bor* serta karakteristik material pada masing-masing zona laterit. Zona limonit dicirikan oleh material hasil pelapukan intensif dengan kandungan besi relatif tinggi, sedangkan zona saprolit dicirikan oleh material hasil pelapukan batuan ultrabasa dengan kadar nikel relatif lebih tinggi. Meskipun pembagian domain dilakukan berdasarkan zona laterit, proses compositing dan analisis variogram pada penelitian ini dilakukan terhadap data laterit secara keseluruhan tanpa pemisahan domain. Pendekatan tersebut dilakukan karena kontinuitas data pada daerah penelitian masih menunjukkan hubungan spasial yang relatif seragam sehingga estimasi dilakukan menggunakan satu model variogram gabungan.

Penentuan metode estimasi dilakukan berdasarkan nilai COV dan karakteristik sebaran data. Nilai COV sebesar 0,77 menunjukkan tingkat variasi data sedang sehingga metode OK dinilai sesuai digunakan dalam estimasi sumberdaya. Nilai COV pada rentang 0,5–1 menunjukkan distribusi data relatif homogen dan memiliki kontinuitas spasial yang cukup baik untuk dilakukan estimasi menggunakan pendekatan geostatistik.

Analisis geostatistik dilakukan melalui analisis variogram untuk mengetahui kontinuitas spasial sebaran kadar nikel laterit. Variogram eksperimental kemudian dimodelkan menggunakan model variogram *spherical* untuk memperoleh parameter estimasi. Hasil pemodelan variogram menunjukkan nilai *nugget* sebesar 0,2, *sill* sebesar 0,79, dan *range* sebesar 69,42 m. Hasil analisis variogram tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan parameter estimasi dan arah kontinuitas sebaran kadar. *Search ellipsoid* ditentukan mengikuti arah kontinuitas endapan berdasarkan hasil analisis variogram sehingga proses estimasi dapat mempertimbangkan hubungan spasial antar data.

Proses estimasi dilakukan menggunakan metode OK dengan jumlah minimum sampel sebanyak tiga data

dan maksimum 50 data pada setiap proses estimasi blok. Penentuan jumlah minimum dan maksimum sampel bertujuan untuk menjaga kestabilan estimasi serta menghindari dominasi data tertentu pada hasil estimasi.

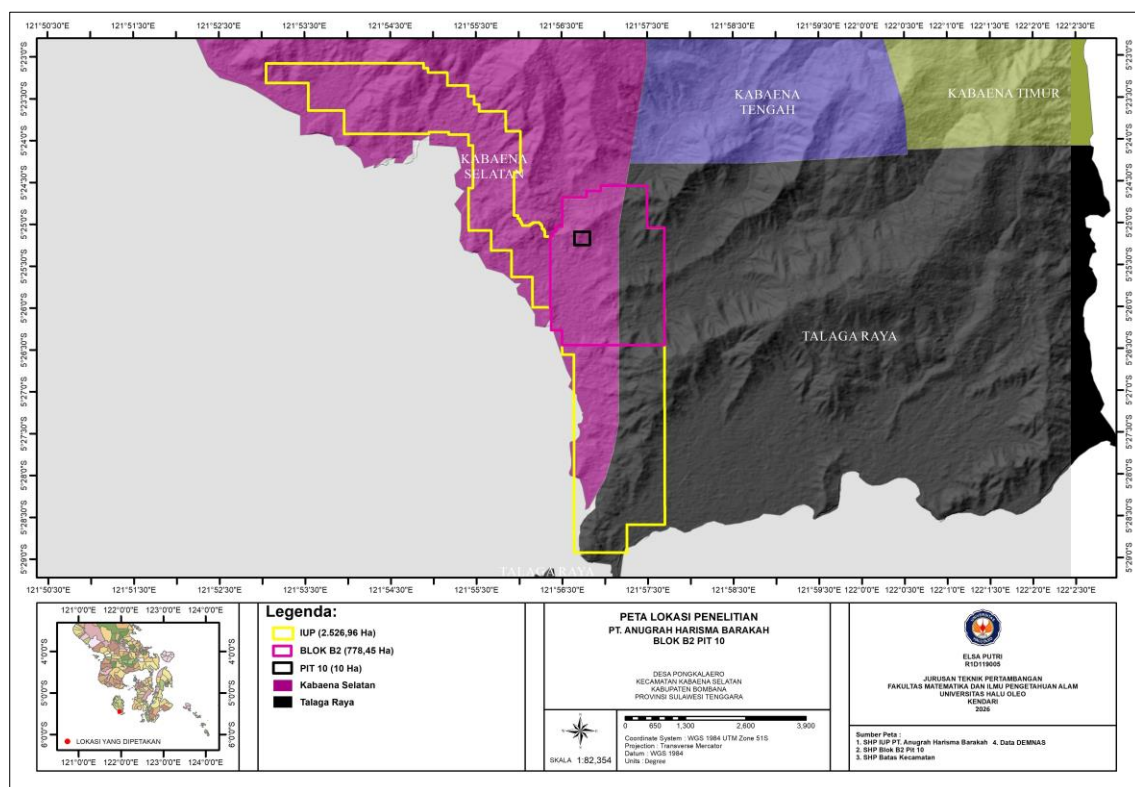
Model blok yang digunakan memiliki ukuran $12,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$. Pemilihan ukuran blok didasarkan pada jarak spasi pemboran sebesar 50 meter, dimana ukuran blok dibuat sebesar seperempat dari jarak spasi *bor* agar model mampu merepresentasikan variasi sebaran kadar dengan lebih baik. Selain itu, ukuran blok juga disesuaikan dengan *selective mining unit* yang diterapkan oleh perusahaan.

Nilai density digunakan sebagai parameter dalam perhitungan tonase sumberdaya pada block model. Pada penelitian ini, nilai density dibedakan berdasarkan domain laterit, yaitu sebesar $1,75 \text{ ton/m}^3$ untuk zona limonit dan $1,69 \text{ ton/m}^3$ untuk zona saprolit. Perbedaan nilai density tersebut dipengaruhi

oleh karakteristik material dan tingkat pelapukan pada masing-masing zona laterit.

Penerapan nilai density dilakukan berdasarkan domain material pada block model sehingga setiap blok memperoleh nilai density sesuai karakteristik zona lateritnya. Dengan demikian, perhitungan tonase sumberdaya diharapkan dapat lebih merepresentasikan kondisi aktual endapan pada daerah penelitian.

Validasi model estimasi dilakukan menggunakan metode *cross validation* dengan membandingkan nilai estimasi hasil OK terhadap data kadar Ni aktual hasil pemboran. Tahapan ini dilakukan untuk mengevaluasi reliabilitas dan tingkat kesalahan hasil estimasi yang diperoleh. Klasifikasi sumberdaya dilakukan berdasarkan tingkat kepercayaan geologi, kontinuitas sebaran kadar, dan jarak antar titik pemboran. Berdasarkan kondisi data dan spasi pemboran sebesar 50 meter, hasil estimasi pada daerah penelitian dikategorikan sebagai sumberdaya teroka (*inferred resource*).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Morfologi Daerah Penelitian

a. Kondisi Morfografi

Morfografi merupakan susunan bentang alam yang terdapat pada permukaan bumi [7]. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan interpretasi peta topografi, daerah penelitian didominasi oleh morfologi

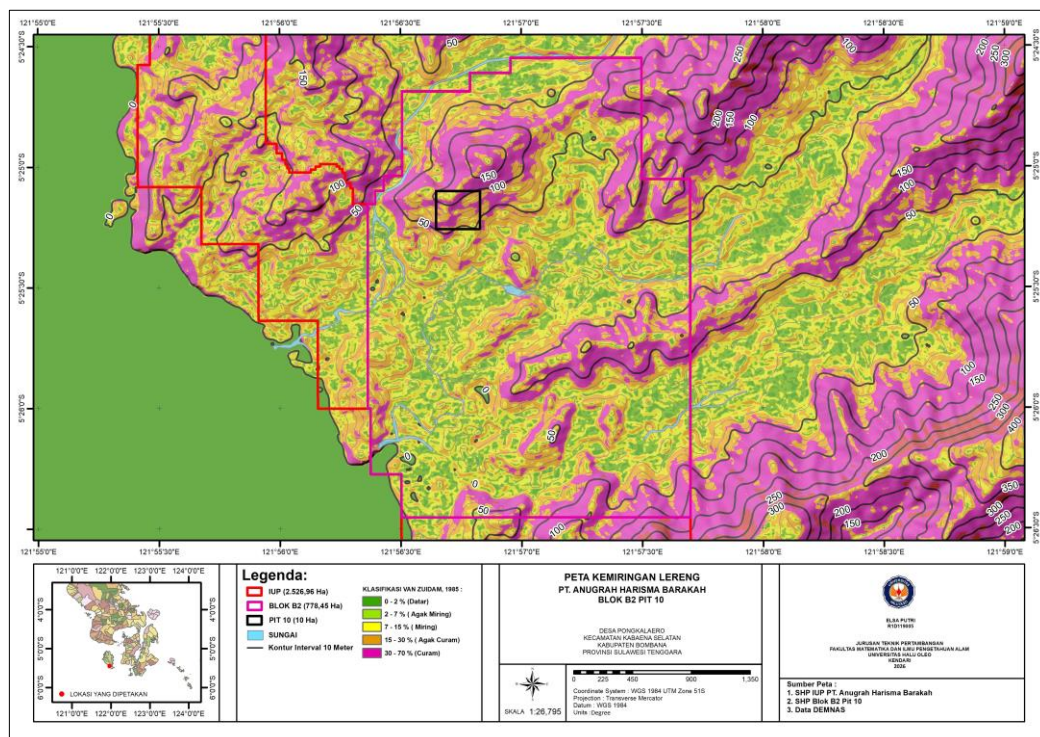
perbukitan dengan kemiringan relatif landai dan elevasi berkisar antara 45–125 mdpl berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1985). Kondisi topografi yang relatif landai berpengaruh terhadap proses pelapukan dan pembentukan endapan nikel laterit karena tingkat erosi yang lebih rendah memungkinkan proses laterisasi berkembang lebih optimal. Kondisi morfografi daerah penelitian dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi morfografi daerah penelitian

b. Kondisi Kemiringan Lereng (Morfometri)
Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan interpretasi peta kemiringan lereng, daerah penelitian terbagi menjadi empat kelas lereng yaitu agak miring, miring, agak curam, dan curam. Kondisi kemiringan

lereng tersebut berpengaruh terhadap tingkat pelapukan dan proses pembentukan endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Peta kemiringan lereng dapat dilihat pada Gambar 3.

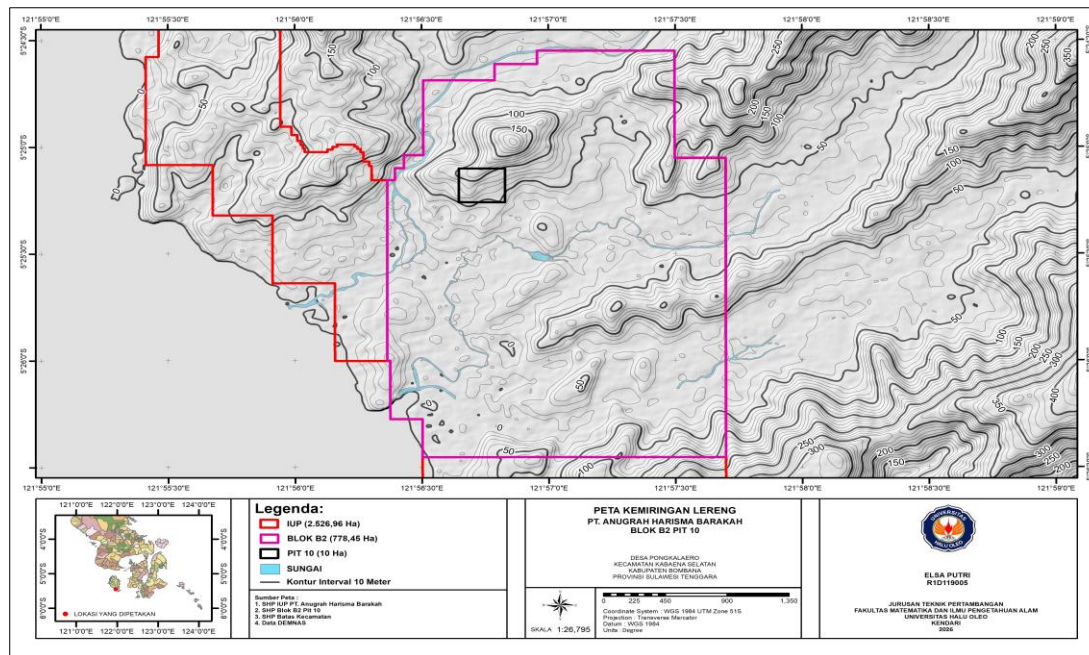


Gambar 3. Peta Kemiringan lereng lokasi penelitian

2. Kondisi Topografi

Topografi merupakan representasi kondisi elevasi permukaan bumi yang menunjukkan variasi ketinggian suatu wilayah. Dalam proses pembentukan endapan nikel laterit, kondisi topografi berpengaruh terhadap proses pelapukan dan pelindian (*leaching*). Daerah dengan kemiringan relatif landai cenderung memiliki tingkat erosi

yang lebih rendah sehingga proses laterisasi dan pengayaan nikel dapat berkembang lebih optimal. Pada daerah penelitian, elevasi wilayah berkisar antara 45–125 mdpl. Data topografi dalam penelitian ini digunakan sebagai acuan dalam penentuan batas atas zonasi laterit dan pembuatan model topografi pada proses estimasi sumberdaya yang dilihat pada Gambar 4.

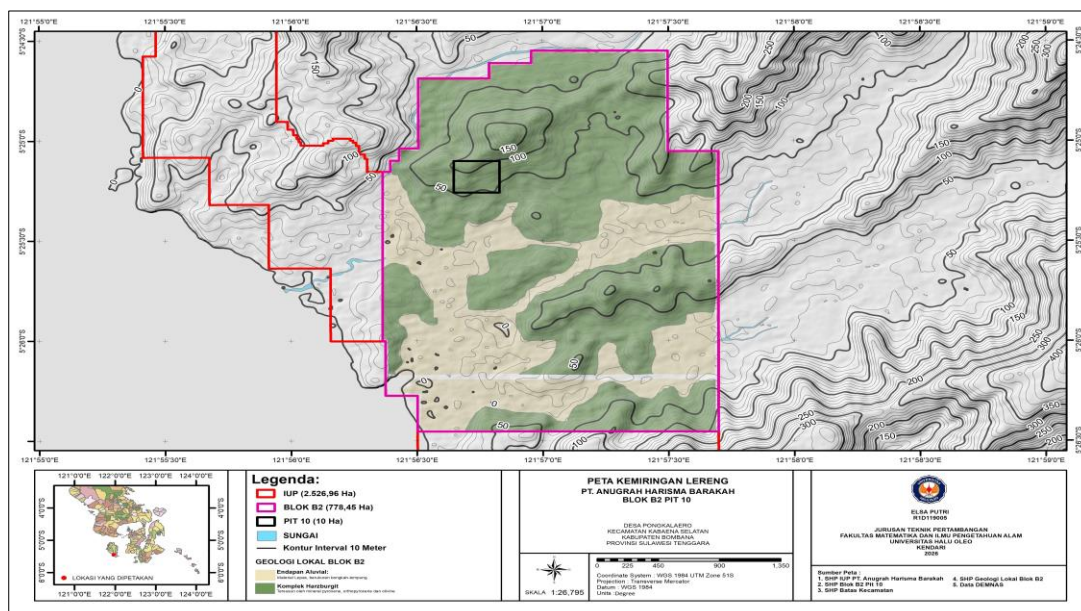


Gambar 4. Peta topografi lokasi penelitian

3. Litologi Daerah Penelitian

Blok B2 PT. Anugrah Harisma Barakah tersusun atas dua formasi geologi yaitu kompleks *harzburgit* dan endapan *alluvial*. Pada daerah penelitian yaitu Pit 10 tersusun atas kompleks *harzburgit*. Kompleks *harzburgit* adalah kumpulan batuan ultramafik yang didominasi oleh mineral olivin dan ortopiroksen [8]. Batuan ini pada umumnya berasal dari bagian mantel

bumi yang mengalami proses pengangkatan hingga tersingkap di permukaan. Kompleks *harzburgit* memiliki keterkaitan erat dengan pembentukan endapan nikel laterit, karena sifat batuan ultramafik yang mudah mengalami pelapukan kimia, sehingga berpotensi menghasilkan konsentrasi nikel yang relatif tinggi. Adapun peta geologi lokal PT. Anugrah Harisma Barakah dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta geologi lokal lokasi penelitian
(Sumber: Hasil *mapping* departement geologi PT. Anugrah Harisma Barakah)

4. Struktur Lokasi Penelitian

Struktur geologi mengkaji arsitektur kerak bumi yang berkaitan dengan perubahan bentuk atau deformasi

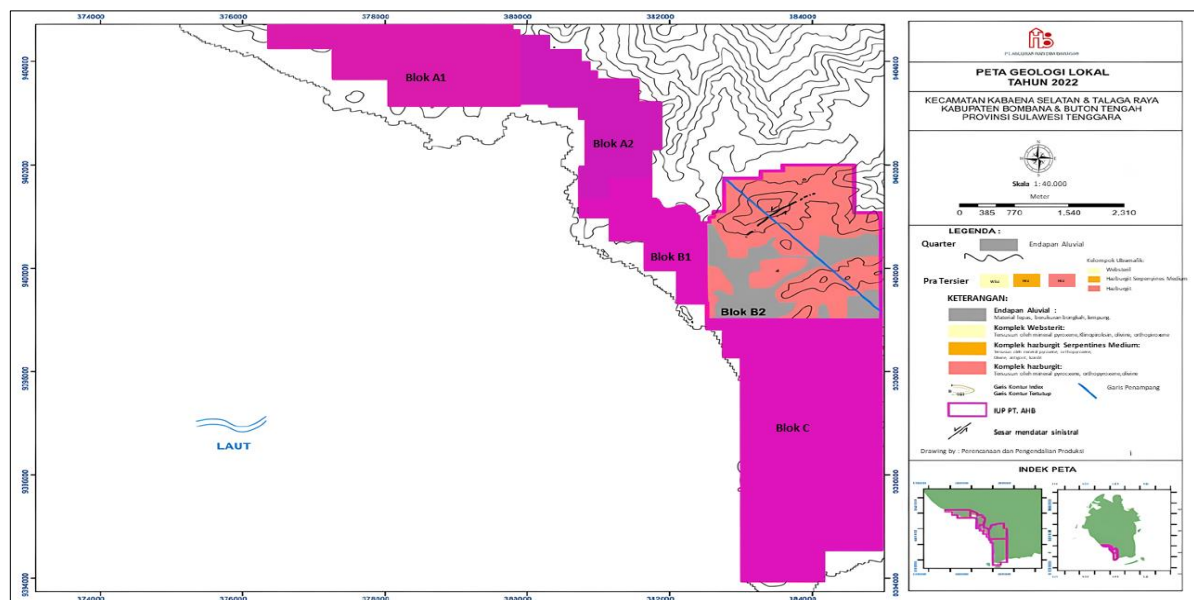
pada batuan. Deformasi ini merekam perubahan dalam beragam bentuk geometris batuan yang secara umum diklasifikasikan sebagai kekar (*joint*), lipatan (*fold*), dan sesar (*fault*) [9]. Berdasarkan interpretasi

peta pada Gambar 6, struktur geologi yang berkembang di lokasi penelitian berupa sesar mendatar sinistral. Jenis sesar ini merupakan sesar geser yang ditandai dengan pergerakan blok di sebarang pengamat ke arah kiri.

Keberadaan sesar mendatar sinistral pada daerah endapan nikel laterit dapat memengaruhi kondisi geologi secara signifikan, antara lain menyebabkan terpotong dan bergesernya batuan induk, perbedaan tingkat pelapukan antar blok sesar, serta perubahan ketebalan zona limonit dan saprolit secara tiba-tiba. Selain itu, zona rekahan yang terbentuk akibat aktivitas sesar dapat meningkatkan permeabilitas batuan sehingga mempercepat infiltrasi air dan proses pelapukan batuan ultrabasa. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap perkembangan profil laterit dan menyebabkan distribusi kadar nikel menjadi tidak seragam pada beberapa bagian daerah penelitian.

Pengaruh struktur geologi terhadap distribusi kadar juga diduga berkaitan dengan arah kontinuitas spasial kadar nikel laterit yang diperoleh dari hasil analisis variogram. Zona yang dipengaruhi struktur cenderung memiliki variasi kadar yang lebih heterogen dibandingkan area yang relatif tidak terpengaruh sesar. Oleh karena itu, keberadaan struktur geologi menjadi salah satu faktor yang turut memengaruhi pola sebaran kadar nikel laterit pada Pit 10 Blok B2.

Data struktur geologi digunakan sebagai pendukung interpretasi kondisi geologi daerah penelitian guna memahami kemungkinan pengaruh struktur terhadap variasi distribusi kadar nikel laterit. Meskipun demikian, struktur sesar yang diinterpretasikan tidak digunakan sebagai batas domain geologi pada proses estimasi block model.



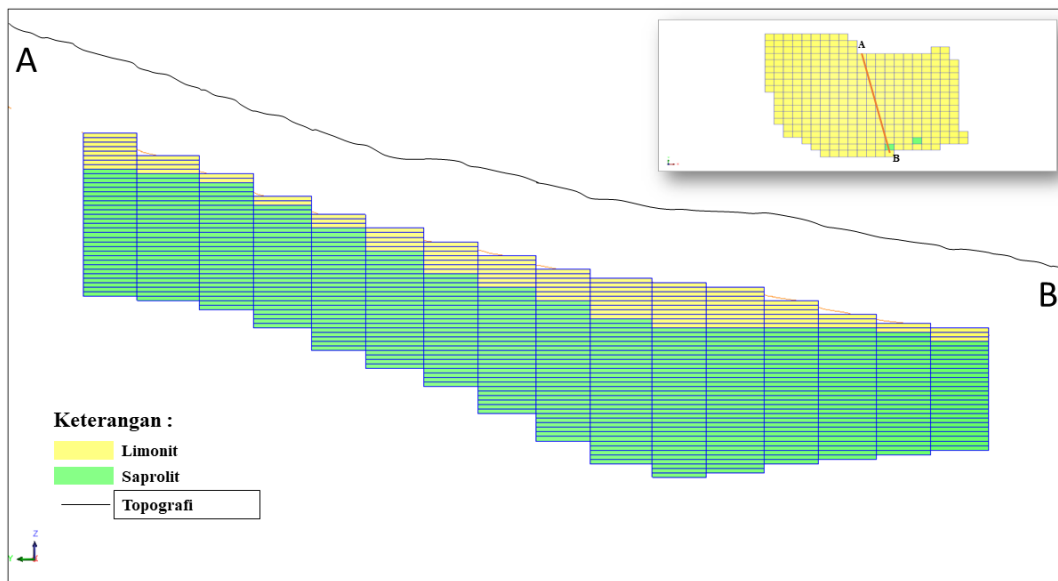
Gambar 6. Peta struktur geologi daerah penelitian
(Sumber : Peta geologi lokal PT. Anugrah Harisma Barakah Tahun 2022)

5. Korelasi Ketebalan Endapan Laterit Dengan Kemiringan Lereng

Dalam penelitian ini dilakukan kajian kemiringan lereng yang dikaitkan dengan data titik *bor* untuk mengidentifikasi ketebalan endapan nikel laterit yang terbentuk. Analisis tersebut didasarkan pada pemahaman bahwa kemiringan lereng merupakan salah satu faktor yang memengaruhi proses pembentukan nikel laterit.

Berdasarkan hasil korelasi antara penampang kemiringan lereng dengan zonasi laterisasi (zona limonit dan saprolit) serta profil endapan nikel laterit pada Gambar 7, menunjukkan bahwa daerah dengan

kemiringan lereng yang tinggi atau curam cenderung menghasilkan ketebalan laterit yang relatif tipis. Sebaliknya, pada wilayah dengan kemiringan lereng rendah atau landai, ketebalan laterit yang terbentuk umumnya lebih besar. Fenomena ini berkaitan dengan kondisi hidrologi permukaan, sehingga daerah yang datar atau landai memungkinkan air untuk lebih lama tertahan dan meresap ke dalam tanah. Proses tersebut mendukung terjadinya pelindian yang lebih intensif sehingga pembentukan laterit menjadi optimal. Sebaliknya, pada lereng yang curam, air cenderung lebih cepat mengalir di permukaan dibandingkan meresap ke dalam tanah, sehingga proses pelapukan dan pengayaan mineral berlangsung kurang maksimal.



Gambar 7. Korelasi Penampang kemiringan lereng dan profil endapan nikel laterit

6. Analisis Statistik Dasar

Fungsi analisis statistik dalam pertambangan yaitu untuk menjelaskan korelasi dan kecenderungan data sebelum pemilihan metode estimasi yang sesuai terutama untuk suatu cekaman variabilitas kadar tinggi dengan harapan hasil analisis statistik diperoleh pola penyebaran data suatu mineralisasi [10]. Analisis statistik dasar dilakukan untuk melihat sebaran data pada limonit dan zona saprolit. Adapun hasil analisis statistik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis statistik dasar

Parameter	Komposit Ni
Minimum Value	0,01
Maximum Value	4,56
N (jumlah data)	765
Mean	1,26
Median	0,93
Standar Deviation	0,97
COV	0,77
Skewness	0,82

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan Surpac 6.3

Berdasarkan Tabel 1, data komposit kadar Ni menunjukkan variasi nilai yang cukup besar, dengan kisaran antara 0,01 sebagai nilai terendah hingga 4,56 sebagai nilai tertinggi. Jumlah sampel yang dianalisis mencapai 765 data sehingga secara statistik dianggap memadai untuk merepresentasikan kondisi kadar nikel pada daerah penelitian. Data assay pemboran dikomposit dengan interval satu meter untuk menyeragamkan panjang sampel sehingga dapat mengurangi bias estimasi akibat perbedaan panjang data. Pemilihan interval komposit satu meter juga disesuaikan dengan interval sampling pemboran dan

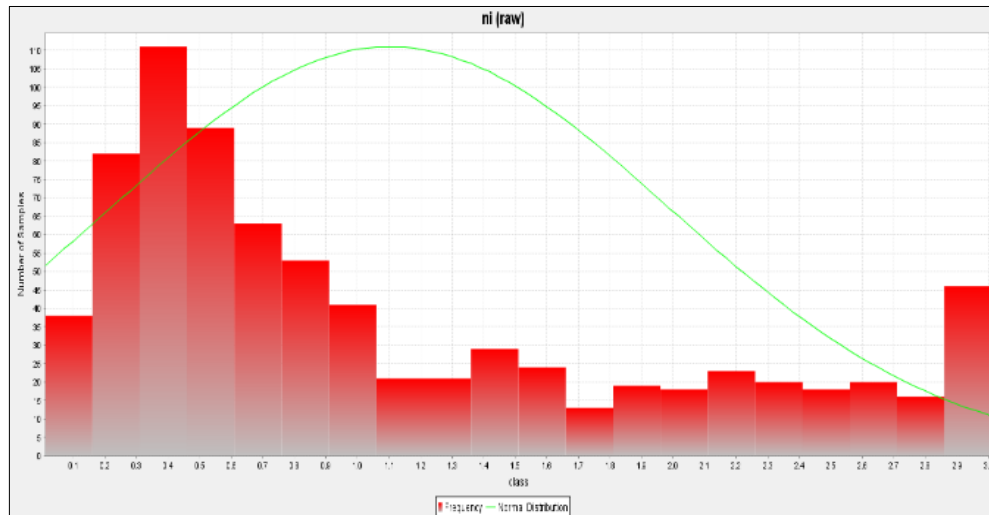
karakteristik perubahan litologi endapan nikel laterit pada daerah penelitian.

Nilai rata-rata (*mean*) sebesar 1,26 yang lebih tinggi dibandingkan *median* sebesar 0,93 menunjukkan bahwa distribusi data tidak bersifat simetris. Kondisi ini mengindikasikan adanya pengaruh nilai kadar tinggi dalam distribusi data. Hal tersebut didukung oleh nilai *skewness* sebesar 0,82 yang menunjukkan distribusi menceng ke kanan (*positive skewness*), dimana sebagian besar data berada pada kisaran kadar rendah hingga menengah dengan sebagian kecil data memiliki kadar tinggi. ekor distribusi memanjang ke arah kadar tinggi sehingga distribusi data cenderung mendekati lognormal. Pada analisis histogram yang dilakukan terlihat adanya beberapa data berkadar tinggi yang berada jauh di atas sebagian besar populasi data lainnya sehingga diidentifikasi sebagai outlier atau anomali data. Keberadaan data berkadar tinggi tersebut berpotensi menyebabkan *overestimation* pada proses estimasi OK. Oleh karena itu, dilakukan *top cutting* pada kadar 3,15% untuk mengurangi pengaruh *outlier* terhadap hasil estimasi. Setelah dilakukan *top cutting*, distribusi data menjadi lebih terkendali dan representatif sehingga model estimasi yang dihasilkan diharapkan lebih stabil dan tidak bias.

Nilai standar deviasi sebesar 0,97 serta COV sebesar 0,77 menunjukkan tingkat penyebaran data yang tergolong sedang hingga relatif tinggi sehingga mengindikasikan adanya variasi kadar nikel yang bersifat heterogen pada daerah penelitian. Variasi kadar tersebut diduga dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal, tingkat pelapukan, serta pengaruh struktur geologi terhadap distribusi mineralisasi nikel laterit. Meskipun data menunjukkan tingkat heterogenitas yang cukup tinggi, metode OK tetap dipilih karena mampu mempertimbangkan

kontinuitas spasial data melalui analisis variogram dan dinilai lebih representatif dibandingkan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) yang hanya mempertimbangkan faktor jarak tanpa memperhitungkan struktur spasial data. Selain itu, metode *Simple Kriging* tidak digunakan karena metode tersebut mengasumsikan nilai rata-rata populasi bersifat konstan, sedangkan data kadar nikel laterit pada daerah penelitian menunjukkan variasi

lokal. Nilai COV sebesar 0,77 menunjukkan tingkat variasi data sedang sehingga metode OK masih dinilai sesuai digunakan dalam proses estimasi sumberdaya karena mampu menghasilkan estimasi yang lebih representatif dengan mempertimbangkan korelasi spasial antar data melalui analisis variogram. Histogram analisis komposit Ni dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Histogram komposit Ni

7. Penentuan Metode Estimasi Sumberdaya

Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dikombinasikan dengan analisis data, kondisi geologi serta geometri endapan di daerah penelitian menunjukkan tingkat kompleksitas yang tinggi. Hal ini konsisten dengan hasil analisis statistik yang memperlihatkan nilai COV sebesar 0,77, yang mengindikasikan tingkat variabilitas tergolong tinggi, ditandai oleh variasi kadar serta ketebalan endapan yang tidak seragam. Oleh karena itu, metode estimasi yang dinilai paling sesuai untuk kondisi tersebut adalah metode OK.

8. Analisis Geostatistik

Geostatistik merupakan cabang ilmu statistik yang digunakan untuk menganalisis dan memprediksi variabel (nilai) yang berkaitan dengan karakteristik spasial atau spasio-temporal suatu fenomena [11]. Analisis geostatistik pada penelitian ini dilakukan melalui pembuatan variogram eksperimental untuk mengetahui kontinuitas spasial sebaran kadar nikel laterit pada daerah penelitian. Variogram eksperimental kemudian dimodelkan menggunakan model variogram spherical berdasarkan tingkat kesesuaian antara variogram eksperimental dan model teoritis. Model spherical dipilih karena mampu menggambarkan pola kenaikan semivarian secara bertahap hingga mencapai sill dan dinilai sesuai dengan karakteristik kontinuitas spasial endapan nikel laterit pada daerah penelitian.

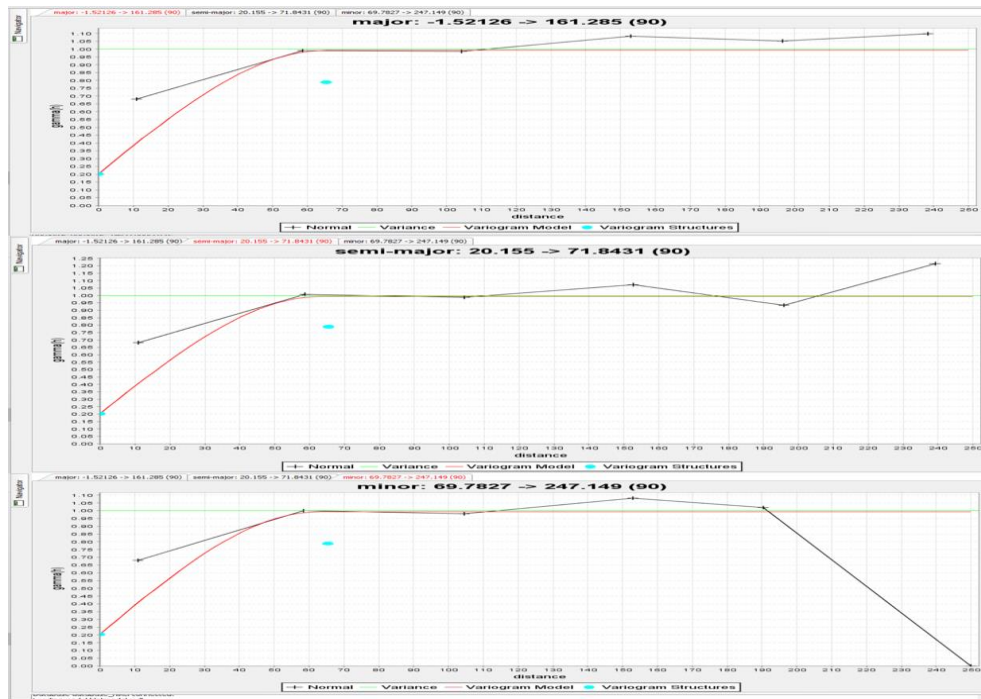
Hasil pemodelan variogram menunjukkan nilai *nugget* sebesar 0,2, *sill* sebesar 0,79, dan *range* sebesar 69,42 m. Nilai *nugget* yang relatif kecil menunjukkan bahwa variasi data pada jarak dekat masih memiliki kontinuitas spasial yang cukup baik, sedangkan nilai *range* menunjukkan jarak maksimum pengaruh spasial antar data kadar nikel laterit. Berdasarkan hasil analisis anisotropi diperoleh rasio *major/minor* sebesar 1,000 yang menunjukkan bahwa kontinuitas spasial data cenderung bersifat isotropik atau memiliki tingkat kontinuitas yang relatif seragam pada setiap arah.

Arah kontinuitas utama (*major continuity*) memiliki orientasi *bearing* 98,57°, *plunge* 2,64°, dan *dip* 0,17° dengan toleransi sudut (*angular tolerance*) sebesar 10°. Nilai toleransi sudut tersebut digunakan untuk mengontrol penyebaran data pada arah analisis variogram agar kontinuitas spasial yang diperoleh tetap representatif terhadap arah sebaran mineralisasi. Selain itu, analisis variogram menggunakan *lag distance* sebesar 25 m dengan jumlah *lag* sebanyak 10 *lag* berdasarkan jarak maksimum sebesar 245,523 m. Pemilihan *lag distance* sebesar 25 m dilakukan agar distribusi pasangan data pada setiap *lag* tetap memadai serta mampu merepresentasikan kontinuitas spasial kadar secara optimal berdasarkan spasi pemboran di daerah penelitian.

Kontinuitas spasial kadar nikel laterit pada daerah penelitian dipengaruhi oleh proses pelapukan batuan ultrabasa, kondisi topografi, serta keberadaan struktur

geologi berupa sesar yang berkembang pada daerah penelitian. Kondisi tersebut mempengaruhi pola distribusi kadar nikel laterit sehingga berkontribusi terhadap karakter kontinuitas spasial yang diperoleh

dari hasil analisis variogram. Parameter variogram tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam proses estimasi menggunakan metode OK. Hasil *fitting* variogram dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil *fitting* variogram

Berdasarkan proses penyesuaian model variogram yang telah dilakukan, diperoleh parameter-parameter yang digunakan dalam Estimasi Sumberdaya dengan metode OK, meliputi nilai *nugget effect*, *sill*, dan *range*, dengan arah utama (*azimuth*) sebesar 79,303°. Adapun hasil *fitting* model variogram dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *fitting* variogram

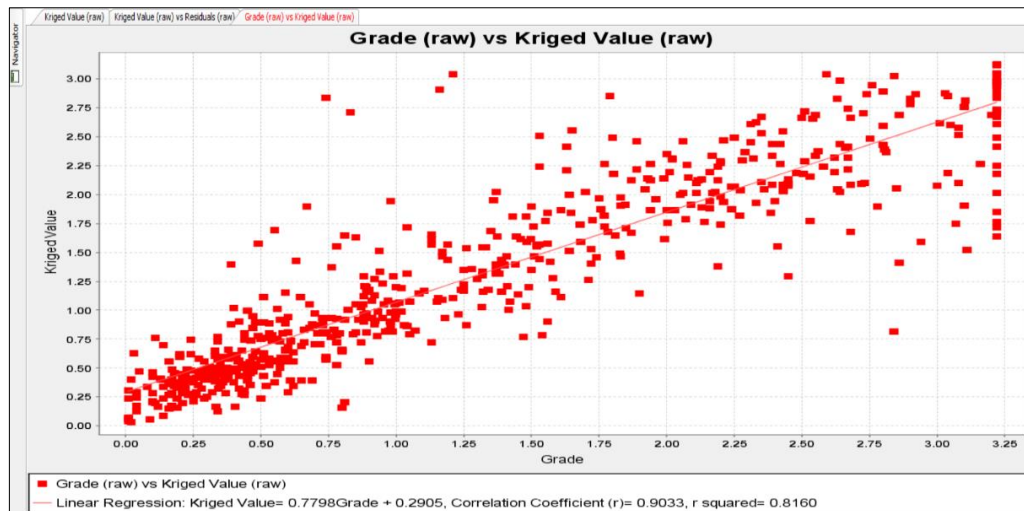
<i>Azimuth</i>	Parameter		
	<i>Nugget Effect</i>	<i>Sill</i>	<i>Range</i>
79,303°	0,2	0,79	69,42

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan *Surpac* 6.3

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh parameter utama variogram yang meliputi nilai *nugget effect*, *sill*, dan *range*. Nilai *nugget effect* sebesar 0,2 menggambarkan adanya kesalahan pengukuran atau variasi pada skala sangat kecil yang terjadi pada lag jarak nol. Sementara itu, nilai *sill* sebesar 0,79 menunjukkan batas variabilitas di mana hubungan antar sampel sudah tidak lagi menunjukkan korelasi, dan umumnya nilainya mendekati variansi data. Adapun nilai *range* menunjukkan jarak maksimum keterkaitan spasial antar sampel. Pada daerah penelitian, Nilai *range* 69,42 m menunjukkan bahwa

korelasi spasial antar data masih terjadi hingga jarak tersebut, sehingga data dengan jarak kurang dari 69,42 m masih saling berkorelasi.

Validasi model estimasi dilakukan menggunakan koefisien korelasi dan metode cross validation dengan membandingkan nilai estimasi terhadap data aktual hasil pemboran untuk mengevaluasi tingkat kesalahan estimasi. Selain itu, validasi juga dilakukan menggunakan parameter *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk mengetahui besarnya penyimpangan antara data estimasi dan data aktual. Hasil validasi menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9033 yang mengindikasikan hubungan yang kuat antara data estimasi dan data aktual sehingga model estimasi OK dinilai cukup representatif dalam menggambarkan distribusi kadar nikel laterit pada daerah penelitian. Selanjutnya, hasil evaluasi menggunakan RMSE diperoleh sebesar 0,003. Nilai RMSE yang mendekati nol menunjukkan bahwa tingkat kesalahan estimasi relatif kecil sehingga parameter variogram dan model estimasi yang digunakan dinilai cukup baik dalam merepresentasikan kontinuitas spasial kadar nikel laterit. Validasi variogram Ni dapat dilihat pada Gambar 10.

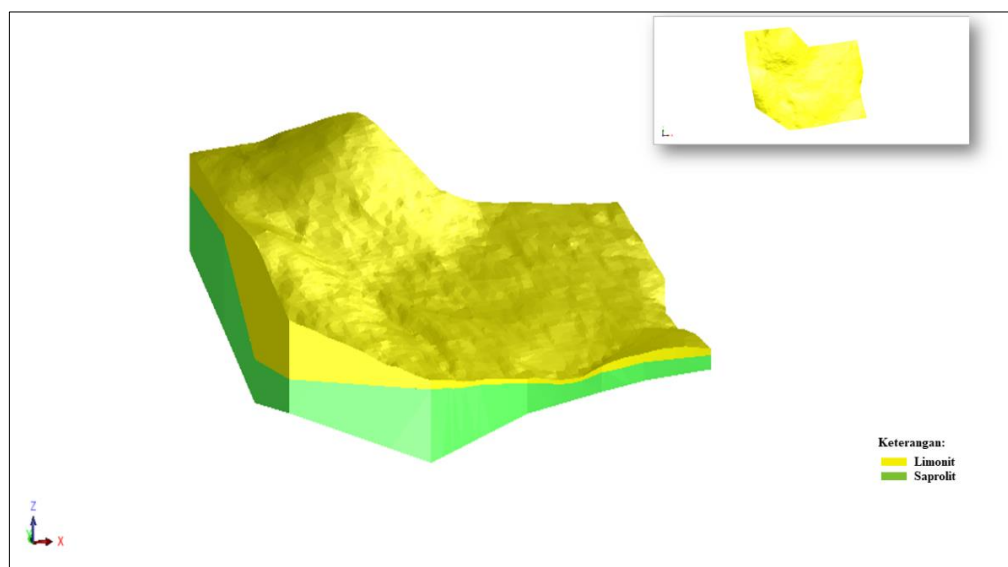


Gambar 10. Validasi variogram kadar Ni

9. Pemodelan Endapan Nikel Laterit

Pemodelan geologi dilakukan sebagai tahapan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam estimasi sumberdaya terukur endapan bijih nikel laterit. Selain itu, kegiatan ini bertujuan untuk menggambarkan

karakteristik penyebaran endapan, meliputi geometri secara umum, posisi dan orientasi, kemiringan, kedalaman, serta distribusi tanah penutup. Model endapan nikel laterit dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk model tiga dimensi berupa DTM yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Model endapan nikel laterit

10. Blok Model

Pemodelan dan penaksiran sumberdaya mineral secara komputer didasarkan pada kerangka model blok [10]. Model ini berfungsi untuk mengevaluasi nilai dan distribusi kadar yang akan digunakan dalam proses estimasi sumberdaya. Penaksiran tersebut dilakukan berdasarkan nilai kadar yang telah ditetapkan sesuai dengan batas kadar minimum COG yang ditentukan oleh perusahaan, dengan mempertimbangkan sebaran titik bor sebagai dasar pemodelan. Tabel 3 akan menunjukkan ukuran kerangka blok model.

Tabel 3. Ukuran blok model

Arah	Koordinat (m)		Ukuran Blok (m)
	Minimal	Maksimal	
East	9,400,478,565	9,401,153,565	12,5
North	382,908,838	383,621,338	12,5
Elevation	8	160	1

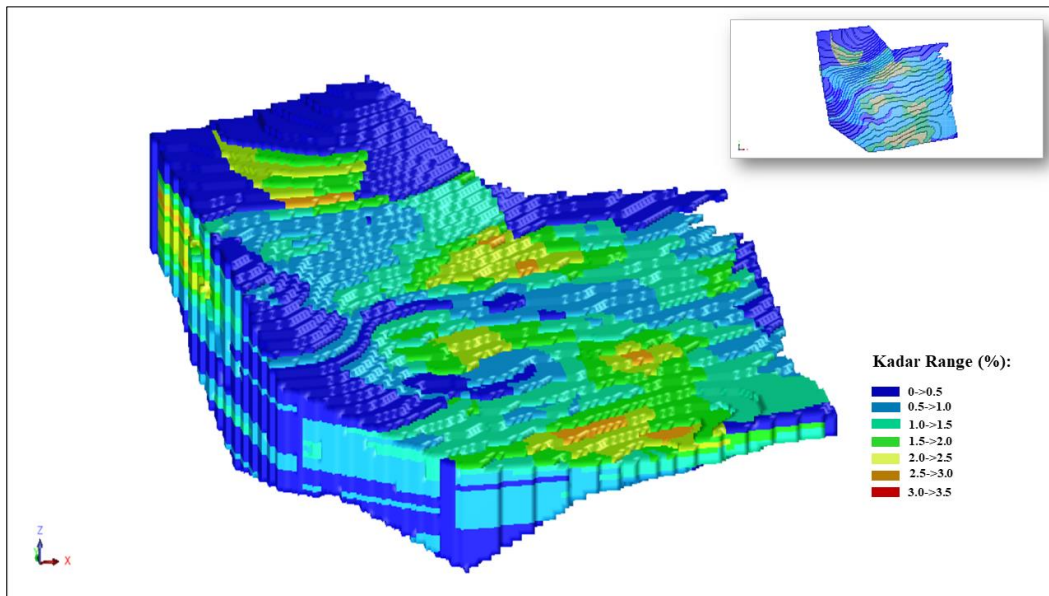
Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan *Surpac 6.3*

11. Hasil Estimasi Sumberdaya

a. Hasil Estimasi Sumberdaya

Estimasi sumberdaya pada penelitian ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Surpac* 6.3 melalui pembuatan model blok tiga dimensi yang disesuaikan dengan geometri penyebaran endapan nikel laterit berdasarkan data titik bor. Model blok tersebut memuat informasi koordinat serta parameter penting seperti volume, tonase, densitas, litologi, dan kadar rata-rata pada setiap blok. Dimensi blok yang digunakan adalah 12,5 m × 12,5 m pada arah horizontal (x dan y), yang ditentukan berdasarkan pembagian jarak antartitik bor, sedangkan ukuran

vertikal (z) sebesar 1 m mengikuti interval pengambilan sampel. Rata-rata jarak antar titik bor secara horizontal adalah sekitar 50 m, dengan interval sampling vertikal setiap 1 m. Dalam perhitungan tonase, digunakan nilai densitas sebesar 1,75 ton/m³ untuk zona limonit dan 1,69 ton/m³ untuk zona saprolit. Blok model sumberdaya pada *Pit* 10 Blok B2 yang menunjukkan sebaran endapan bijih nikel laterit menggunakan sistem blok dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Blok model sumberdaya

Berdasarkan hasil estimasi blok model sumberdaya pada Gambar 13 dengan menggunakan perangkat lunak *Surpac* 6.3 dengan metode OK didapatkan volume, tonase dan kadar rata-rata Ni pada zona limonit dan zona saprolit. Secara keseluruhan untuk hasil estimasi sumberdaya pada kedua zona memiliki volume sebesar 1.657.656 m³ serta jumlah tonase sebesar 2.829.414 ton dengan kadar rata-rata Ni 1,15%.

Adapun untuk rinciannya, pada lapisan limonit memiliki volume sebesar 466.250 m³ dan jumlah tonase 815.037 ton dengan kadar rata-rata Ni 0,91%. Zona saprolit memiliki jumlah volume sebesar 1.191.406 m³ dan jumlah tonase 2.013.476 ton dengan kadar rata-rata Ni 1,25% Hasil estimasi blok model sumberdaya pada *Pit* 10 Blok B2 PT. Anugrah Harisma Barakah secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.

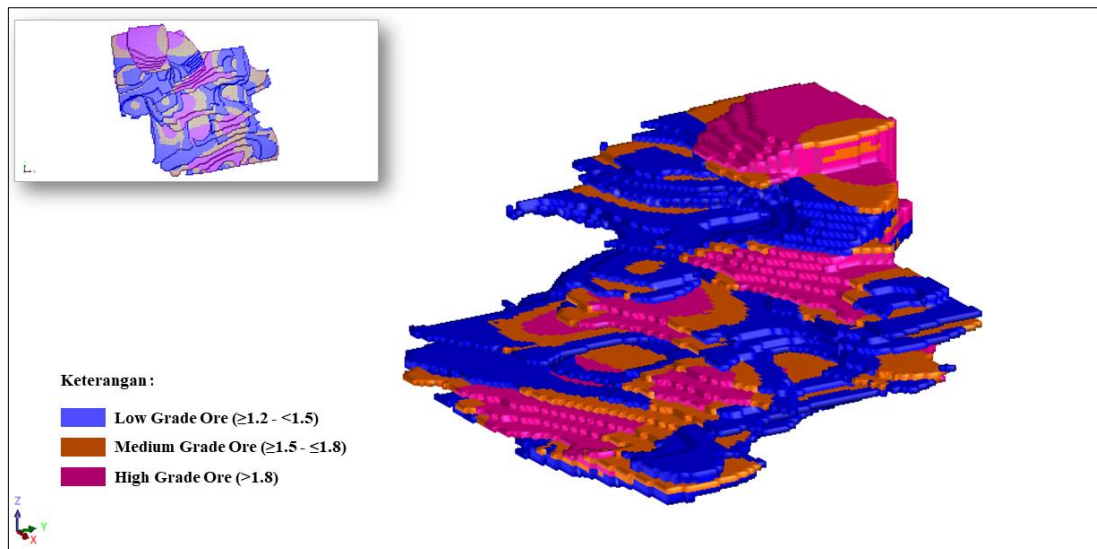
Tabel 4. Hasil estimasi sumberdaya

Litologi	Range (%)	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Lim	0.0 → 0.5	96.718,8	169.257,8	0,14
	0.5 → 1.0	127.968,8	223.945,3	0,73
	1.0 → 1.5	140	245	1,23

Litologi	Range (%)	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
	1.5 → 2.0	61.562,5	107.734,4	1,74
	2.0 → 2.5	34.843,8	60.976,5	2,19
	2.5 → 3.0	5.156,2	9.023,4	2,61
	Sub Total	466.250	815.937	0,91
SAP	0.0 → 0.5	184.531,3	311.857,8	0,19
	0.5 → 1.0	219.062,5	370.215,6	0,76
	1.0 → 1.5	314.843,8	532.085,9	1,24
	1.5 → 2.0	263,75	445.737,5	1,73
	2.0 → 2.5	160.312,5	270.928,1	2,2
	2.5 → 3.0	47.968,8	81.067,2	2,67
	3.0 → 3.5	937,5	1.584	3,05
	Sub Total	1.191.406	2.013.476	1,25
Grand Total		1.657.656	2.829.414	1,15

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan *Surpac* 6.3

b. Hasil Estimasi Sumberdaya Berdasarkan COG
Estimasi sumberdaya dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Surpac* 6.3 dengan memasukan COG atau kadar batas optimum nikel yang ekonomis untuk dipasarkan sebesar 1,2 % yang telah ditetapkan oleh PT. Anugrah Harisma Barakah. Bentuk blok model hasil estimasi sumberdaya berdasarkan COG pada *Pit* 10 Blok B2 yang menunjukkan sebaran endapan bijih nikel laterit menggunakan sistem blok dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Blok model sumberdaya berdasarkan COG

Berdasarkan hasil estimasi sumberdaya berdasarkan COG yang dilakukan pada *Pit 10* Blok B2 dengan menggunakan metode estimasi OK diperoleh volume sebesar 852.812 m³ dan jumlah tonase 1.451.696 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,76%.

Hasil estimasi ini juga diperoleh per lapisan, yaitu pada zona limonit dan zona saprolit. Zona limonit memiliki volume sebesar 174.062 m³ dan jumlah tonase sebesar 304.609 ton dengan kadar rata-rata Ni 1,73%. Zona saprolit memiliki jumlah volume sebesar 678.750 m³ dan jumlah tonase sebesar 1.147.087 ton dengan kadar rata-rata Ni 1,83%. Adapun rincian hasil estimasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil estimasi sumberdaya berdasarkan COG

Litologi	Ore Class	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Limonit	LGO	73.75	129.062	1,34
	MGO	36.718	64.257	1,64
	HGO	63.593	111.289	2,12
Sub Total		174.062	304.609	1,73
Saprolit	LGO	211.093	356.748	1,35
	MGO	165.781	280.17	1,65
	HGO	301.875	510.168	2,19
Sub Total		678.750	1.147.087	1,83
Grand Total		852.812	1.451.696	1,76

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan *Surpac 6.3*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai estimasi sumberdaya berdasarkan COG pada *Pit 10* Blok B2, dapat diambil kesimpulan bahwa jumlah sumberdaya pada *Pit 10* Blok B2 menggunakan metode estimasi OK pada zona limonit diperoleh

volume sebesar 174.062,5 m³ dan jumlah tonase sebesar 304.609 ton dengan nilai rata-rata kadar Ni adalah 1,73%. Pada zona saprolit diperoleh volume sebesar 678.750 m³ dan jumlah tonase sebesar 1.147.087 ton dengan kadar rata-rata Ni sebesar 1,83%.

Berdasarkan rincian tersebut, diperoleh total volume sumberdaya berdasarkan COG pada *Pit 10* Blok B2 sebesar 852.812 m³ dan memiliki tonase sebesar 1.451.696 ton dengan kadar rata-rata Ni 1.76%.

Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menentukan cadangan tertambang berdasarkan desain pit agar aspek teknis dalam konversi sumberdaya ke cadangan bisa terpenuhi secara detail.

PERNYATAAN KONTRIBUSI

Penulis pertama bertanggung jawab atas pengumpulan data, pengolahan dan analisis data serta penyusunan naskah. Penulis kedua dan ketiga berperan dalam supervisi, validasi metodologi serta revisi naskah dan penyempurnaan naskah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak PT Anugrah Harisma Barakah atas izin dan dukungan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Arif, I. (2018). *Nikel Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka utama.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2011). Pedoman Pelaporan, Sumberdaya, dan Cadangan Mineral. *Amandemen 1-SNI-13-4726-2011.*, 32.
- [3] Bargawa, W. S. (2018). *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: Kilau Book.

- [4] Cendrajaya, R. I. M., Juarsan, L. I., Masri, Rubaiyn, A., Syahrul, Neni, Ramadani, S., & Hasria. (2024). 'Petrochemistry of Ultramafic Rock in Baula - Pomalaa Ophiolite Complex, Southeast Sulawesi, Indonesia', *Journal of Geoscience, Engineering, Environment and Technology* 9(1), pp. 44–51. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2024.9.1.14491>
- [5] KCMI. (2017). *Kode KCMI*. (November), pp.1–37.
- [6] Kurniadi, A., Rosana, M. F., Yuningsih, E. T., & Luhur, P. H. (2018). 'Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah', *Padjadjaran Geoscience Journal*, 2(3), pp.221-234.
- [7] Noor, D. (2010). *Geomorfologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Poalahi Salu, S., Syakura, A., & Sartika Ambarsari, I. (2023). Estimasi Cadangan Bijih Nikel Laterit Menggunakan Metode Inverse Distance Weight (Idw) dan Kriging di PT. Adhi Kartiko Pratama. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan (J-Ristam)*, 3(2), 81–88.
- [9] Gultom, F. M. E., & Rochmana, Y. Z. (2025). 'Mekanisme struktur geologi berdasarkan analisis DEM dan analisis stereografis daerah Banjaranyar sekitarnya Kabupaten Ciamis Jawa Barat', *Basin: Jurnal Teknik Geologi*, 8(2), pp. 10-25. <https://doi.org/10.30872/jtgeo.v8i1.22972>
- [10] Darling, P. (2011) *Mining Engineering Handbook Third Edition*, Society for Mining, Metallurgy, And Exploration, INC.
- [11] Wintolo, D. (2019). *Pengantar Statistik dan Geostatistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.