

SKRIPSI

ANALISIS STATISTIK PENDAHULUAN DALAM PENGGUNAAN METODE GEOSTATISTIK UNTUK ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT

(Studi Kasus: Pit Z, PT Ceria Nugraha Indotama, Kecamatan Wolo, Kabupaten
Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara)

Disusun dan diajukan oleh

PUTRI PUJI ASTUTI

D111181008



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS STATISTIK PENDAHULUAN DALAM PENGGUNAAN
METODE GEOSTATISTIK UNTUK ESTIMASI SUMBERDAYA
TERUKUR PADA ENDAPAN NIKEL LATERIT**

(Studi Kasus: Pit Z, PT Ceria Nugraha Indotama, Kecamatan Wolo,
Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara)

Disusun dan diajukan oleh

PUTRI PUJI ASTUTI

D111181008

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,
dan, Pembimbing Pendamping

Pembimbing Pendamping,





Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D.

Dr. Ir. Irzal Nur, MT.

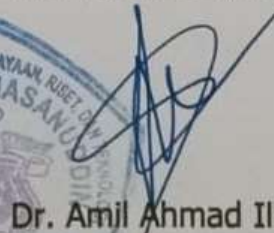
NIP. 197303142000121001

NIP. 196604091997031002

Wakil Dekan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan,




Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT.

NIP. 197310101998021001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Puji Astuti
NIM : D1111181108
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Statistik Pendahuluan Dalam Penggunaan Metode Geostatistik

Untuk Estimasi Sumberdaya Terukur Pada Endapan Nikel Laterit

(Studi Kasus: Pit Z, PT Ceria Nugraha Indotama, Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka,
Provinsi Sulawesi Tenggara)

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain, dan bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2022.

Yang menyatakan




Putri Puji Astuti

ABSTRAK

Nikel sebagai salah satu sumber daya mineral ekonomis di bumi ini perlu ditemukan keberadaan untuk dapat memenuhi kebutuhan dibidang perindustrian. Salah satu perusahaan yang bergerak dalam industri pertambangan yaitu PT Ceria Nugraha Indotama. Namun saat di industri yang bergerak dalam bidang pertambangan dihadapkan pada suatu problematika di mana cadangannya semakin menipis bahkan habis dan mengakibatkan perusahaan harus menghentikan kegiatan penambangan pada suatu daerah. Oleh karna itu diperlukan proses estimasi yang tepat. Salah satu metode yang digunakan dalam estimasi yaitu metode *ordinary kriging*. Namun sebelum proses estimasi, dilakukan analisis data terlebih dahulu untuk melihat distribusi data kadar yang merupakan tujuan utama dari penelitian ini. Analisis data yang dilakukan berupa analisis statistik, apabila hasil dari analisis statistik memiliki nilai koefisien varians kurang dari 0,5 maka data yang dimiliki merupakan data dengan distribusi data yang normal. Pit Z PT Ceria Nugraha Indotama memiliki distribusi kadar Ni yang normal dengan nilai koefisien varians 0,287 pada zona limonit sedangkan pada zona saprolit dengan nilai koefisien varians sebesar 0,454, sehingga dilakukan analisis geostatistik untuk mendapatkan nilai *sill*, *nugget*, dan *range* yang akan menjadi parameter dalam melakukan proses estimasi dan menghasilkan jumlah sumber daya sebesar 451.456 wmt material *ore* dengan rata-rata kadar 1,6% Ni dan 1.4964.882 wmt material *waste* dengan rata-rata kadar 1,03% Ni.

Kata Kunci: Nikel, Sumberdaya, Statistik, *Ordinary kriging*, Estimasi

ABSTRACT

Nickel as one of the economic mineral resources on earth needs to be found to be able to meet the needs in the industrial sector. One of the companies engaged in the mining industry is PT Ceria Nugraha Indotama. However, when the industry is engaged in mining, we are faced with a problem where the reserves are getting depleted and even exhausted and the company has to stop mining activities in an area. Therefore, an accurate estimation process is needed. One of the methods used in the estimation is the ordinary kriging method. However, before the estimation process, data analysis was carried out first to see the distribution of the level data which is the main goal of this study. Data analysis is carried out in the form of statistical analysis, if the results of statistical analysis have a coefficient of variance of less than 0.5 then the data held is data with a normal data distribution. Pit Z of PT Ceria Nugraha Indotama has a normal distribution of Ni grade with a coefficient of variance of 0.287 in the limonite zone while in the saprolite zone with a coefficient of variance of 0.454, so that geostatistical analysis is carried out to obtain sill, nugget, and range values which will be parameters in carrying out this research. the estimation process and produces a total resource of 451,456 wmt of ore material with an average grade of 1.6% Ni and 1,4964,882 wmt of waste material with an average grade of 1.03% Ni.

Keywords: Nickel, Resources, Statistics, Ordinary kriging, Estimation

KATA PENGANTAR

Puji syukur puji panjatkan kehadiran Allah SWT yang tak henti-hentinya memberikan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir atau skripsi ini. Shalawat serta salam tak lupa dihaturkan kepada Baginda Rasulullah SAW sang pemimpin dan sang teladan yang baik yang telah membawa kita dari zaman yang gelap gulita ke zaman yang terang seperti sekarang ini.

Skripsi ini disusun sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Oleh karena itu, penulis menyampaikan hormat, terimakasih dan kasih sayang kepada pihak-pihak yang membantu dalam proses penyusunan skripsi ini. PT Ceria Nugraha Indotama yang telah memberikan wadah terbaik untuk menimbah ilmu terkait operasional penambangan serta kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan kegiatan kerja praktik. Bapak Suharto selaku *General Manager of Site Operation* PT Ceria Nugraha Indotama, Bapak Herryadi Wachyudin selaku *Manager of Exploration* PT Ceria Nugraha Indotama, Bapak Ariwansyah Amal selaku *Supervisor Exploration* PT Ceria Nugraha Indotama, Seluruh pengawas beserta tim *Exploration Departement* PT Ceria Nugraha Indotama yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan pengambilan data dan masukan selama melakukan penelitian.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Asran Ilyas, ST. MT. Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin dan juga selaku Dosen Pembimbing utama, Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT. selaku Dosen Pembimbing pendamping, Bapak Dr. Phil.Nat Sri Widodo, ST.MT., dan Ibu Rizki Amalia, ST.MT., selaku Dosen penguji, serta seluruh *civitas academica* Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama masa studi.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Muslimin dan Ibu St. Hatija selaku orang tua tercinta yang selalu mendoakan, memberikan semangat, dukungan baik itu moral maupun materi, serta nasehat kepada penulis, tak lupa juga kepada Nenek beserta Saudara penulis yang tak hentinya memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.

Tak lupa penulis juga ucapkan kepada Keluarga Besar Tunnel 2018 (Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin 2018) yang senantiasa memberikan beberapa motivasi dan juga pembelajaran selama menempuh proses perkuliahan, dan juga kepada PERMATA FT-UH beserta KOMTEK 09 SMFT-UH yang telah memberikan wadah kepada penulis untuk mendapatkan pembelajaran yang lebih.

Penulis menyadari bahwa sebaik-baiknya laporan ini tentunya akan selalu membutuhkan kritikan atas berbagai kekurangan yang ada. Untuk itu penulis mengharapkan saran maupun kritikan guna menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat serta dapat menambah wawasan bagi penulis maupun pembaca.

Makassar, Desember 2022

Putri Puji Astuti

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian.....	3
1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian	5
BAB II ANALISIS STATISTIK DAN ESTIMASI SUMBERDAYA	6
2.1 Sumberdaya Mineral.....	6
2.2 Estimasi Sumberdaya	9
2.3 Nikel Laterit.....	14
2.4 Analisis Statistik.....	16
2.5 Geostatistik`	20
2.6 Variogram dan Semivariogram	20
2.7 Metode <i>Ordinary kriging</i>	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Pengumpulan Data.....	23

3.2	Pengolahan Data.....	26
3.3	Diagram Alir Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Analisis Statistik Endapan Nikel Laterit	35
4.2	Variogram Model.....	44
4.3	Estimasi Sumberdaya Terukur	48
BAB V KESIMPULAN.....		54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		56
LAMPIRAN		58

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCMII,2017).....	9
3.1 Display <i>Drillhole</i>	27
3.2 Histogram Kadar Ni Zona Limonit	28
3.3 <i>String Top</i> Limonit	29
3.4 <i>String Top</i> Saprolit.....	30
3.5 <i>String Bottom</i> Saprolit	30
3.6 DTM <i>Top</i> Limonit	31
3.7 DTM <i>Top</i> Saprolit.....	31
3.8 DTM <i>Bottom</i> Saprolit.....	32
3.9 Blok Model	33
3.10 Diagram alir penelitian.....	34
4.1 Histogram Kadar Ni Zona Limonit	36
4.2 Histogram Kadar Fe Zona Limonit.....	37
4.3 Histogram Kadar MgO Zona Limonit.....	38
4.4 Histogram Kadar SiO ₂ Zona Limonit	39
4.5 Histogram Kadar Ni Zona Saprolit.....	40
4.6 Histogram Kadar Fe Zona Saprolit.....	41
4.7 Histogram Kadar MgO Zona Saprolit	42
4.8 Histogram Kadar SiO ₂ Zona Saprolit.....	43
4.9 Variogram Mayor Ni Zona Limonit.....	44
4.10 Variogram Semi Mayor Ni Zona Limonit	45
4.11 Variogram Minor Ni Zona Limonit.....	45

4.12 Variogram Map (a)Sumbu Mayor, (b)Sumbu Semimayor	45
4.13 Variogram Mayor Ni Zona Saprolit.....	46
4.14 Variogram Semi Mayor Ni Zona Saprolit.....	47
4.15 Variogram Minor Ni Zona Saprolit	47
4.16 Variogram Map (a)Sumbu Mayor, (b)Sumbu Semimayor	48
4.17 Blok Model Limonit.....	49
4.18 Blok Model Saprolit.....	49
4.19 Blok Model Saprolit.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Contoh Data <i>Assay</i>	24
3.2 Contoh Data <i>Collar</i>	24
3.3 Contoh Data Lithology	25
3.4 Contoh Data Survey	25
3.5 Hasil Analisis Statistik Kadar Ni Zona Limonit	28
4.1 Hasil Analisis Statistik Kadar Ni Zona Limonit	36
4.2 Hasil Analisis Statistik Kadar Fe	37
4.3 Hasil Analisis Statistik Kadar MgO Zona Limonit	38
4.4 Hasil Analisis Statistik Kadar SiO ₂ Zona Limonit	39
4.5 Hasil Analisis Statistik Kadar Ni Zona Saprolit.....	40
4.6 Hasil Analisis Statistik Kadar Fe Zona Saprolit	41
4.7 Hasil Analisis Statistik Kadar MgO Zona Saprolit	42
4.8 Hasil Analisis Statistik Kadar SiO ₂ Zona Saprolit.....	43
4.9 Hasil Analisis Variogram Ni Zona Limonit	46
4.10 Hasil Analisis Variogram Ni Zona Saprolit	48
4.11 Hasil Estimasi Sumberdaya Terukur Ni.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Contoh Data <i>Collar</i>	59
B Contoh Data <i>Assay</i>	63
C Contoh Data Litologi	67
D Contoh Data Survey	71
E Peta Lokasi Penelitian	75
F Peta Sebaran Titik Bor.....	77
G Blok Model Zona Limonit.....	79
H Blok Model Zona Saprolit.....	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel sebagai salah satu sumber daya mineral ekonomis di bumi ini perlu ditemukan keberadaannya untuk dapat memenuhi kebutuhan di bidang perindustrian. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni nikel bersifat lunak, tetapi jika dipadukan (alloy) dengan besi, krom, dan logam lainnya dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Perpaduan nikel, krom dan besi menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok dan peralatan memasak), ornamen-ornamen rumah dan gedung, serta komponen industri (Arifin, *et al.*, 2015).

Bijih nikel laterit berkontribusi lebih dari 60% dari pasokan nikel global. Mereka adalah produk pelapukan yang intensif di bawah kondisi tropis yang lembab. Nikel terkonsentrasi hingga lebih dari 1,0% berat dalam berbagai oksida sekunder, silikat Mg hidro dan smektit. Formasi, mineralogi, dan kadar endapan dikendalikan oleh interaksi litologi, tektonik, iklim, dan geomorfologi. Endapan memiliki pengembangan multi-fase, berevolusi sebagai iklim dan/atau perubahan lingkungan topografi. Deposit terkaya (>3% berat Ni) terbentuk di mana regolit yang kaya oksida terangkat dan Ni terlarut ke bawah untuk berkonsentrasi dalam silikat yang baru terbentuk dalam saprolit (Butt & Dominique, 2013). Nikel laterit dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok utama sebagai oksida, silikat hidro, dan deposit tanah liat silikat (Sagapoa, *et al.*, 2011).

Saat ini industri pertambangan dihadapkan pada suatu problematika di mana cadangan tambangnya semakin menipis bahkan habis dan mengakibatkan perusahaan harus menghentikan kegiatan penambangan pada suatu daerah. Sumber daya mineral

yang memiliki sifat khusus yaitu *non renewable resources* yang artinya apabila bahan galian tersebut tidak akan terbaharui kembali atau dengan kata lain industri pertambangan adalah industri besar tanpa daur (Mustajam, 2012).

Dalam penambangan nikel laterit, diperlukan estimasi untuk dapat menghitung sumberdaya sebelum proses penambangan berlangsung. Estimasi sumberdaya berperan penting dalam menentukan kuantitas dan kualitas dari suatu endapan sebab dari hasil estimasi yang baik dan akurat yang sesuai dengan keberadaannya di lapangan dapat menentukan investasi yang akan ditanam oleh investor sebagai penanaman modal dalam usaha penambangan. Salah satu metode estimasi yang dapat diterapkan adalah metode *Kriging*. Estimasi dengan metode *Kriging* memerlukan analisis statistik yang baik untuk dapat masuk ke analisis geostatistik.

Salah satu daerah yang memiliki potensi sumberdaya alam berupa endapan nikel laterit yaitu di Provinsi Sulawesi Tenggara tepatnya di Kabupaten Kolaka, Kecamatan Wolo yang di kelola langsung oleh PT Ceria Nugraha Indotama. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis sangat tertarik untuk mempelajari bagaimana analisis statistik dalam estimasi sumberdaya endapan nikel laterit di lokasi penambangan PT Ceria Nugraha Indotama khususnya pada zona saprolit yang merupakan zona bijih nikel laterit, sehingga penelitian ini dilaksanakan dengan mengangkat judul "Analisis Statistik dalam Penggunaan Metode Geostatistik untuk Estimasi Sumberdaya Pada Cebakan Bijih Nikel Laterit Pit Z PT Ceria Nugraha Indotama".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian yaitu untuk mengetahui bagaimana analisis statistik yang dilakukan dari data yang ada pada Pit Z PT Ceria Nugraha Indotama berupa data *assay*, *collar*, dan *survey*

yang selanjutnya akan dilakukan estimasi sumberdaya endapan nikel laterit dengan menggunakan metode *ordinary kriging*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui hasil analisis statistik pendahuluan untuk penggunaan metode geostatistik.
2. Mengetahui bagaimana penerapan metode geostatistik (*ordinary kriging*) dalam estimasi sumberdaya.
3. Mengetahui jumlah sumberdaya nikel laterit dengan menggunakan analisis geostatistik pada Pit Z PT Ceria Nugraha Indotama.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pengetahuan dalam mengimplementasikan hasil pengolahan data spasial berdasarkan data titik bor dan kadar tiap lubang bor terhadap penaksiran sumberdaya bijih nikel laterit sehingga didapatkan pola penyebaran terhadap data bor tersebut. Diharapkan juga penelitian dapat menjadi referensi terkait analisis geostatistik dalam estimasi sumberdaya nikel laterit.

1.5 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan gambaran atau uraian rancangan kegiatan yang akan dilaksanakan baik prosedur-prosedur atau langkah-langkah dalam pelaksanaan kegiatan penelitian. Poin ini menguraikan secara detail berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah diuraikan pada poin iv. Uraian kegiatan penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahap persiapan meliputi studi literatur dan survei lapangan. Studi literatur meliputi tahapan pencarian referensi yang berkaitan dengan penelitian. Literatur yang digunakan sebagai bahan referensi umumnya diperoleh dari jurnal dan buku. Sedangkan survei lapangan meliputi seluruh kegiatan yang berkaitan dengan penempatan lokasi penelitian dan kesesuaian antara lokasi penelitian dengan judul penelitian, serta survei geologi daerah penelitian. Rincian tahapan pelaksanaan survei lapangan meliputi:

- a. Survei geologi lapangan meliputi penentuan keadaan geologi dari suatu daerah serta informasi-informasi lain yang mendukung penelitian yang dilaksanakan.
- b. Langkah selanjutnya, berdasarkan pertimbangan keadaan geologi dari daerah penelitian dilakukan pengamatan terkait kesesuaian antara penelitian yang dilakukan dengan keadaan lapangan.
- c. Penentuan lokasi penelitian dilakukan setelah melakukan survei geologi serta telah dilakukan pengamatan terkait kesesuaian antara penelitian yang dilakukan dengan lokasi penelitian.

2. Pengambilan Data

Tujuan dilakukannya pengambilan data adalah sebagai langkah awal dalam analisis data. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data-data yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

3. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan terhadap data *assay*, *collar*, dan survei. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Geovia Surpac* 6.3 dalam pembuatan blok model untuk mengetahui volume dan tonase

sehingga dapat dilakukan estimasi serta perangkat lunak *ArcGIS* 10.8 untuk membuat peta topografi.

4. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan dua acara yaitu analisis data secara kuantitatif, dan analisis data secara kualitatif. Hasil dari analisis data akan dilakukan pengolahan lebih lanjut pada skripsi atau tugas akhir.

5. Pembuatan Skripsi

Hasil dari penelitian berupa hubungan antara pengolahan data yang telah dilakukan serta permasalahan yang diteliti kemudian dituliskan dalam bentuk tugas akhir atau skripsi.

1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Wilayah Izin Usaha Pertambangan PT Ceria Nugraha Indotama (PT CNI). PT CNI merupakan salah satu perusahaan penambangan bijih nikel laterit dengan luas WIUP 6.785 hektar pada Blok Lapapao dan secara administrative beroperasi di Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Lampiran A menunjukkan lokasi penelitian pada PT CNI.

Lokasi PT CNI dapat ditempuh dengan menggunakan pesawat komersil dengan waktu sekitar 2 jam dari Kota Makassar ke Kabupaten Kolaka, kemudian dilanjutkan dengan jalur darat menggunakan kendaraan roda 4 (empat) dengan jarak 90 km dari Bandar Udara Sangia Nibandera menuju ke kantor PT CNI.

Berdasarkan laporan JORC *Mineral Resources* April 2021 oleh CPI (*Competent Person Indonesia*) dari PT AKA Geosains, melaporkan bahwa total sumberdaya endapan nikel laterit di WIUP PT CNI yaitu 171 juta wmt terdiri dari 74,36 juta wmt dengan rata-rata 1,53% Ni untuk bijih saprolit dan 94,81 juta wmt dengan rata-rata 1,26% Ni dan 0,13% Co untuk bijih limonit (PT Ceria Nugraha Indotama, 2021).

BAB II

ANALISIS STATISTIK DAN ESTIMASI SUMBERDAYA

2.1 Sumberdaya Mineral

Sumberdaya mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari material yang memiliki nilai ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan bentuk, kualitas dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospekkan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis. Lokasi, kuantitas, kadar, karakteristik geologi dan kemenerusan dari sumberdaya mineral harus diketahui, diestimasi atau diinterpretasikan berdasar bukti-bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik, termasuk pengambilan contohnya. Sumberdaya mineral dikelompokkan lagi berdasar tingkat 19 keyakinan geologinya, dapat dibagi dalam 3 kategori yaitu tereka, tertunjuk dan terukur (KCMI, 2017).

a. Sumberdaya mineral tereka

Sumberdaya mineral tereka merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas dan kualitas kadarnya diestimasi berdasarkan bukti-bukti geologi dan pengambilan contoh yang terbatas. Bukti geologi tersebut memadai untuk menunjukkan keterjadiannya tetapi tidak memverifikasi kemenerusan kualitas atau kadar dan kemenerusan geologinya. Sumberdaya mineral tereka memiliki tingkat keyakinan lebih rendah dalam penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral tertunjuk dan tidak dapat dikonversi ke cadangan mineral. Sangat beralasan untuk mengharapkan bahwa sebagian besar sumberdaya mineral tereka dapat ditingkatkan menjadi sumberdaya mineral tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi.

Kategori Tereka dimaksudkan untuk mencakup situasi di mana konsentrasi dan ke terjadinya mineral dapat diidentifikasi, dan pengukuran serta percontaan terbatas telah diselesaikan, di mana data yang diperoleh belum cukup untuk melakukan interpretasi kemenerusan geologi dan/atau kadarnya secara meyakinkan. Pada umumnya, beralasan untuk mengharapkan bahwa sebagian besar Sumberdaya Mineral Tereka dapat ditingkatkan menjadi Sumberdaya Tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi. Tetapi, karena ketidakpastian dari Sumberdaya Mineral Tereka, peningkatan kategori Sumberdaya tidak selalu akan terjadi.

Tingkat keyakinan dalam estimasi Sumberdaya Mineral Tereka biasanya tidak mencukupi, sehingga parameter keteknikan dan keekonomian tidak dapat digunakan untuk perencanaan rinci. Oleh karenanya, tidak ada hubungan langsung dari Sumberdaya Tereka dengan salah satu kategori pada Cadangan Mineral. Kehati-hatian harus diterapkan jika kategori ini akan dipertimbangkan dalam studi keteknikan dan keekonomian.

b. Sumberdaya mineral tertunjuk

Sumberdaya mineral tertunjuk merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, dan karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang cukup untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah secara memadai untuk mendukung perencanaan tambang dan evaluasi kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang cukup detail dan andal, dan memadai untuk mengasumsikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitas diantara titik-titik pengamatan. Sumberdaya mineral tertunjuk memiliki tingkat keyakinan yang lebih rendah penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral terukur dan hanya

dapat dikonversi ke cadangan mineral terkira, tetapi memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi penerapannya dibandingkan dengan Sumberdaya Mineral Tereka.

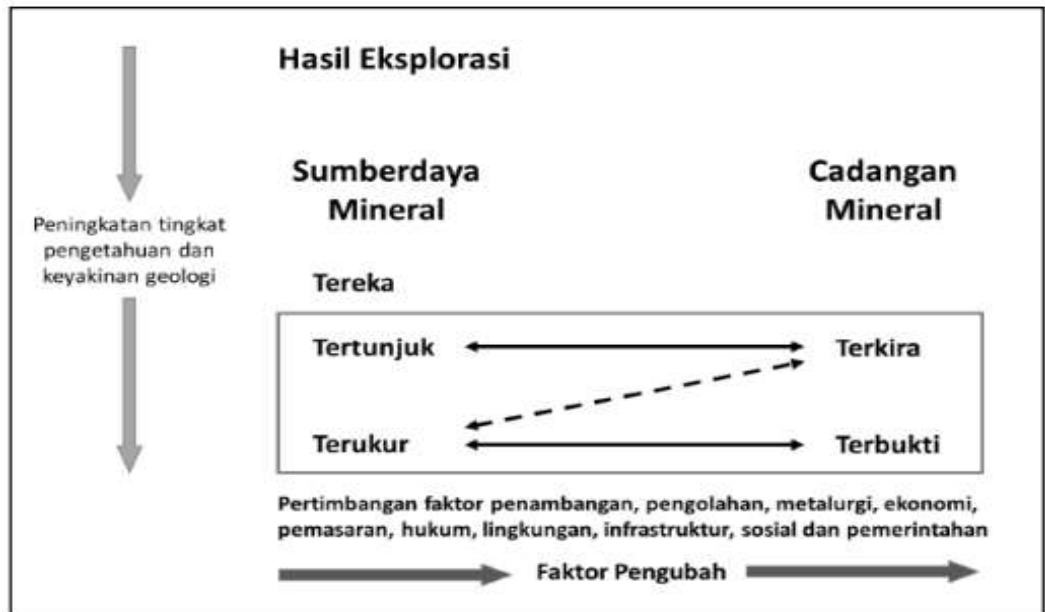
Mineralisasi dapat diklasifikasikan sebagian Sumberdaya Mineral Tertunjuk ketika sifat alamiah, kualitas, jumlah dan distribusi datanya memungkinkan interpretasi yang meyakinkan atas kerangka (model) geologi dan untuk mengasumsikan kemenerusan mineralisasinya. Tingkat keyakinan dalam estimasi harus cukup untuk menerapkan parameter keteknikan dan keekonomian, dan memungkinkan dilakukannya suatu evaluasi kelayakan ekonomi.

c. Sumberdaya mineral terukur

Sumberdaya mineral terukur merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang memadai untuk memungkinkan penerapan factor-faktor pengubah untuk mendukung perencanaan tambang detail dan evaluasi akhir dari kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang detail dan andal, dan memadai untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitasnya diantara titik-titik 21 pengamatan. Sumberdaya mineral terukur memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral tertunjuk ataupun sumberdaya mineral tereka. Sumberdaya mineral terukur dapat dikonversi ke cadangan mineral terbukti atau cadangan mineral terkira.

Tingkat keyakinan dalam estimasi harus memadai untuk memungkinkan penerapan parameter keteknikan dan keekonomian, dan memungkinkan dilakukannya suatu evaluasi kelayakan ekonomi yang memiliki tingkat kepastian

lebih tinggi dibandingkan dengan evaluasi yang berdasarkan atas sumberdaya Mineral Tertunjuk (KCMII, 2017). Hubungan umum antara hasil ekplorasi sumberdaya dan cadangan dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCMII,2017).

2.2 Estimasi Sumberdaya

Estimasi Sumberdaya mineral merupakan penaksiran kuantitas dan penyebaran dari mineral yang menguntungkan dan dapat diekstraksi secara legal dari cadangan mineral melalui penambangan dan/atau pemanfaatan mineral. Penaksiran cadangan mineral tidak hanya meliputi pertimbangan tonase dan kadar endapan tetapi juga pertimbangan aspek teknik dan hukum penambangan endapan, pemanfaatan mineral dan penjualan produk (Hartman, 1992).

Estimasi sumberdaya adalah estimasi potensi dari endapan mineral bijih yang terletak di permukaan bumi untuk mengetahui apakah endapan tersebut layak untuk dilanjutkan ke proses penambangan selanjutnya yaitu perhitungan cadangan. Ada beberapa jenis dari metode estimasi yang dirancang untuk tujuan yang berbeda-beda (Dominy *et al*, 2002).

Bagaimanapun juga, tujuan yang paling penting yaitu untuk memprediksi kadar dan tonase dari material yang akan ditambang. Ada dua situasi penting yang harus diperhatikan dalam melakukan estimasi:

1. Estimasi sementara yaitu estimasi dengan data bor yang memiliki spasi bor yang lebar. Estimasi dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan spasi titik bor untuk estimasi yang lebih detail.
2. Estimasi akhir yaitu estimasi yang bertujuan untuk menentukan material *ore* dan material *waste*.

Tujuan dari estimasi sementara yaitu untuk memperoleh prediksi tonase dan kadar dari *ore* dengan produksi yang besar atau pada periode tertentu. Faktor penting lainnya adalah akan diperoleh informasi tambahan di masa yang akan datang. Sedangkan tujuan dari estimasi akhir adalah untuk melakukan estimasi sesuai dengan nilai yang diharapkan, nilai sebenarnya akan sama dengan nilai estimasi yang diharapkan.

Secara umum metode estimasi yang digunakan untuk endapan nikel laterit ada beberapa jenis metode. Metode untuk estimasi sumberdaya umumnya bergantung pada keadaan geologi endapan, metode eksplorasi, keakuratan data dan nilai koefisien variasi, manfaat serta tujuan estimasi sumberdaya. Dalam mengestimasi sumberdaya mineral biasanya digunakan berbagai metode seperti metode poligon, metode *inverse distance weighting* (IDW), dan metode *kriging*.

2.2.1 Metode Poligon

Metode poligon disebut juga metode daerah pengaruh (*area of influence*). Pada metode ini semua faktor ditentukan untuk suatu titik tertentu pada endapan mineral, diekstensikan sejauh setengah jarak dari titik di sekitarnya yang membentuk suatu daerah pengaruh. Batas daerah pengaruh terluar dari poligon ini bisa hanya sampai pada

titik-titik bor terluar saja (*included area*), atau diekstensikan sampai sejauh setengah jarak (*extended area*) (Hartman, 1992).

Estimasi sumberdaya dengan metode poligon dapat dilakukan dengan:

1. Setiap lubang bor ditentukan suatu batas daerah pengaruh yang dibentuk oleh garis-garis berat antara titik tersebut dengan titik-titik terdekat di sekitarnya.
2. Masing-masing daerah atau blok diperlakukan sebagai suatu poligon yang mempunyai kadar dan ketebalan yang konstan yaitu sama dengan kadar dan ketebalan titik bor di dalam poligon tersebut.
3. Sumberdaya endapan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh tonase tiap blok/ poligon, sedangkan kadar rata-ratanya dihitung memakai pembobotan tonase.

2.2.2 Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Metode IDW merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang (jarak), merupakan kombinasi linear atau harga rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari titik-titik data yang ada disekitarnya. Suatu cara penaksiran di mana harga rata-rata suatu blok merupakan suatu kombinasi linear atau harga rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari data lubang bor di sekitar blok tersebut. Nilai data-data hasil taksiran tersebut merupakan nilai rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari data sampel yang telah ada (Bankes *et al.*, 2003). Dalam penaksiran data kadar dilakukan teknik-teknik pembobotan yang ada pada umumnya didasarkan pada:

1. Letak grid yang atau blok yang akan ditaksir terhadap letak data sampel.
2. Kecenderungan penyebaran kualitas data.
3. Orientasi setiap sampel yang menunjukkan hubungan letak ruang antar sampel.
4. Untuk mendapatkan efek penghalusan (pemerataan) data, dilakukan faktor pangkat. Pilihan dari pangkat yang digunakan (titik bor 1, titik bor 2, titik bor 3,

dst) yang berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya semakin mendekati metode poligon sampel terdekat.

5. Dalam metode ini, komputer memeriksa jarak antara sampel dari kumpulan blok dan menolak data yang berada diluar radius tertentu dan ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Annels, 1991).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k}}$$

di mana,

Z = Kadar taksiran (%)

n = Jumlah data

i = Kadar ke-i (%)

d_i = Spasi Antar Titik Taksiran dengan Titik ke-i yang Ditaksir (m)

k = Pangkat (*script*)

Z_i = Kadar awal (%)

Pangkat "k" biasanya bervariasi antara 1, 2, 3, dan seterusnya. Metode ini hanya berlaku ketika sampel dalam area pencarian tertentu dan dilakukan secara berulang-ulang dan biasanya dilakukan dengan komputerisasi (Annels, 1991). Data di dekat blok memperoleh bobot lebih besar, sedangkan data jauh dari blok bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari blok yang ditaksir. Metode ini hanya memperlihatkan jarak dan belum memperlihatkan efek pengelompokan data, sehingga data dengan jarak yang sama namun mempunyai sebaran yang berbeda masih akan memberikan hasil yang sama sehingga tidak memberikan korelasi ruang antara titik data dengan titik data yang lain. Metode IDW yang digunakan yaitu di mana kadar dibagikan pada blok-blok terdekat dengan jarak tertentu untuk tiap titik pengambilan sampel.

2.2.3 Metode *Kriging*

Pada tahun 1950, peneliti pertambangan bernama Daniel Gerhardus (DG) Krige,

merancang metode interpolasi untuk menentukan struktur bijih emas. Dia menginterpolasi suatu kandungan bijih emas berdasarkan data sampel. Dari sini *kriging* dijadikan sebuah nama metode interpolasi atas penemuannya tersebut.

G. Matheron memperkenalkan metode *kriging* dalam menonjolkan metode khusus dalam *moving average* terbobot (*weighted moving average*) yang meminimalkan variansi dari hasil estimasi. *Kriging* menghasilkan *best linear unbiased estimation* (BLUE) dari variabel yang ingin diketahui nilainya. Hasil prediksi *kriging* lebih akurat daripada metode regresi. Sebab, metode ini mampu membaca *error* yang berkorelasi, sehingga dapat diketahui nilai kedekatannya (Kleijnen and Van Beers, 2004).

Estimator kriging $\hat{Z}(s)$ dapat dirumuskan sebagai berikut (Bohling, 2005):

$$\hat{Z}(s)-m(s)=\sum_{a=1}^n \lambda_a (Z(s_i)-m(s_i))$$

di mana,

s_i, s_i : lokasi untuk estimasi dan salah satu lokasi dari data yang berdekatan, dinyatakan dengan i

$m(s)$: nilai ekspektasi dari $Z(s)$

$m(s_i)$: nilai ekspektasi dari $Z(s_i)$

λ_i : faktor bobot

n : banyaknya data sampel yang digunakan untuk estimasi.

$Z(s)$ diperlakukan sebagai bidang acak dengan suatu komponen *trend*, $m(s)$ dan komponen sisa atau error $e(s) = (Z)(s)-m(s)$. Estimasi *kriging* yang bersifat sisa pada s sebagai penjumlahan berbobot dari sisa data disekitarnya. Nilai λ_i diperoleh dari kovariansi atau semivariogram, dengan diperlukan komponen karakteristik sisa (Bohling, 2005).

Tujuan *kriging* adalah untuk menentukan nilai λ_i yang meminimalkan variansi pada estimator, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \text{var} [\hat{Z}(s) - (Z)(s)]$$

Tiga pokok dalam estimasi *kriging* yang bergantung pada model dengan sifat acak yaitu *simple kriging*, *ordinary kriging*, dan *universal kriging* (Bohling, 2005; Goovaerts, 1998).

1. *Simple Kriging*

Simple kriging merupakan metode *kriging* dengan asumsi bahwa rata-rata (*mean*) dari populasi telah diketahui dan bernilai konstan. Pengolahan dari metode *simple kriging* adalah dengan cara data spasial yang akan diduga dipartisi menjadi beberapa bagian.

2. *Ordinary kriging*

Ordinary kriging merupakan metode yang diasumsikan rata-rata (*mean*) dari populasi tidak diketahui, dan pada data spasial tersebut tidak mengandung *trend*. Selain tidak mengandung *trend*, data yang digunakan juga tidak mengandung pencilan.

3. *Universal Kriging*

Universal kriging merupakan metode *kriging* yang dapat diaplikasikan pada data spasial yang mengandung *trend* atau data yang tidak stasioner.

2.3 Nikel Laterit

Nikel (Ni) merupakan logam yang keras dan tahan korosi, serta cukup reaktif terhadap asam dan lambat bereaksi terhadap udara pada suhu dan tekanan normal. Logam ini cukup stabil dan tidak dapat bereaksi terhadap oksida sehingga sering digunakan sebagai koin dan pelapis dan sifatnya paduan. Dalam dunia industri, nikel adalah salah satu logam yang paling penting dan banyak memiliki aplikasi; 62% dari logam nikel digunakan untuk baja tahan karat, 13% sebagai *superalloy* dan paduan tanpa besi karena sifatnya yang tahan korosi dan suhu tinggi (Astuti, 2011).

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultramafik (dunit, peridotit) dan ubahannya (serpentinit). Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah batuan asal/induk. Logam nikel banyak dimanfaatkan untuk pembuatan baja tahan karat (*stainless steel*). Nikel merupakan logam berwarna kelabu perak yang memiliki sifat fisik antara lain (Guilbert, 1986):

1. Kekuatan dan kekerasan nikel menyerupai kekuatan dan kekerasan besi.
2. Mempunyai sifat daya tahan terhadap karat dan korosi
3. Pada udara terbuka memiliki sifat yang lebih stabil daripada besi. Istilah Laterit berasal dari bahasa latin yaitu later, yang artinya bata (membentuk bongkah-bongkah yang tersusun seperti bata yang berwarna merah bata).

Proses pelapukan dimulai pada batuan peridotit. Batuan ini banyak mengandung olivine, magnesium silikat, dan besi silikat yang pada umumnya mengandung 0.30% nikel (Sundari, 2012). Air tanah yang kaya akan CO₂, berasal dari udara luar dan tumbuhan, akan menghancurkan olivine. Penguraian olivine, magnesium silika dan besi silika ke dalam larutan cenderung untuk membentuk suspensi koloid dari partikel-partikel silika. Di dalam larutan besi akan bersenyawa dengan oksida dan mengendap sebagai ferrihidroksida. Endapan ferrihidroksida ini akan menjadi reaktif terhadap air, sehingga kandungan air pada endapan tersebut akan mengubah ferrihidroksida menjadi mineral-mineral seperti *goethite* (FeO(OH)), hematit (Fe₂O₃) dan *cobalt*. Mineral-mineral tersebut sering dikenal sebagai "besi karat".

Endapan ini akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah, sedangkan magnesium, nikel dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama suplai air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung. Rangkaian proses ini merupakan proses pelapukan dan leaching. Unsur Ni sendiri merupakan unsur tambahan

di dalam batuan ultrabasa. Sebelum proses pelindihan berlangsung, unsur Ni berada dalam ikatan serpentine group. Rumus kimia dari kelompok serpentin adalah $X_{2-3}SiO_2O_5(OH)_4$, dengan X tersebut tergantikan unsur-unsur seperti Cr, Mg, Fe, Ni, Al, Zn atau Mn atau dapat juga merupakan kombinasinya.

Adanya suplai air dan saluran untuk turunnya air, berupa kekar, maka Ni yang terbawa oleh air turun ke bawah, dan akan terkumpul di zona air sudah tidak dapat turun lagi dan tidak dapat menembus *bedrock (Harzburgit)*. Ikatan dari Ni yang berasosiasi dengan Mg, SiO dan H akan membentuk mineral garnierit dengan rumus kimia (Ni,Mg) $Si_4O_5(OH)_4$. Apabila proses ini berlangsung terus menerus, maka yang akan terjadi adalah proses pengkayaan supergen (*supergen enrichment*). Zona pengkayaan supergen ini terbentuk di zona saprolit. Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat juga terbentuk zona pengkayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah, terutama dari perubahan musim. Di bawah zona pengkayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona Hipogen, terdapat sebagai batuan induk yaitu batuan Harzburgit (Fitrian dkk, 2015).

2.4 Analisis Statistik

Statistika merupakan suatu ilmu yang mempelajari tentang cara pengumpulan data, penyajian data, analisis dan interpretasi tentang data tersebut. Menurut Hartman (1992), perhitungan dasar statistik dasar dan evaluasi distribusi kadar adalah hasil analisis kuantitatif pertama data kelas dan alat dasar untuk menyediakan umpan balik untuk analisis geologi dan masukan untuk pemodelan sumberdaya. Faktor penting dalam studi dasar ini mencakup deteksi kadar yang tinggi atau nilai pencilan kadar yang rendah, evaluasi yang menguntungkan dari batuan yang berbeda seperti batu induk,

diferensiasi distribusi kadar kompleks menjadi populasi untuk pemodelan sumberdaya, serta identifikasi distribusi kadar yang sangat menceng dan/atau sangat bervariasi yang akan sulit untuk diperkirakan.

Statistik dasar harus dihitung untuk sampel dan/atau kadar komposit di setiap daerah geologi yang diduga memiliki karakteristik yang berbeda. Analisis statistik digunakan untuk melihat kecenderungan pola penyebaran suatu kumpulan data. Berdasarkan analisis statistik ini dapat dijelaskan korelasi dan kecenderungan data sehingga dapat ditentukan metode penaksiran yang sesuai dengan pola penyebaran data. Metode Statistik dibagi menjadi dua yaitu statistika inferensial dan deskriptif.

Statistika dalam pengertian sebagai ilmu dibedakan menjadi dua yaitu (Nuryadi, *et al.*, 2017):

1. Statistik deskriptif mempunyai tujuan untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran objek yang diteliti: sebagaimana adanya tanpa menarik kesimpulan atau generalisasi. Dalam statistika deskriptif ini dikemukakan cara-cara penyajian data dalam bentuk table maupun diagram, penentuan rata-rata (mean), modus, median, rentang serta simpangan baku.
2. Statistik inferensial (induktif) mempunyai tujuan untuk penarikan kesimpulan. Sebelum penarikan kesimpulan dilakukan suatu dugaan yang dapat diperoleh dari statistik deskriptif.

Menurut (Hasan, 2004), analisis deskriptif adalah merupakan bentuk analisis data penelitian untuk menguji generalisasi hasil penelitian berdasarkan satu sample. Selanjutnya dijelaskan pula bahwa statistik deskriptif atau statistik deduktif adalah bagian dari statistik mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data sehingga mudah dipahami. Statistik deskriptif hanya berhubungan dengan hal menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau keadaan atau fenomena. Dengan kata statistik deskriptif berfungsi menerangkan keadaan, gejala, atau persoalan.

Penarikan kesimpulan pada statistik deskriptif (jika ada) hanya ditujukan pada kumpulan data yang ada. Didasarkan pada ruang lingkup bahasannya statistik deskriptif mencakup (Nasution, 2017):

1. Distribusi frekuensi beserta bagianbagiannya seperti :
 - a. Grafik distribusi (histogram, polygon frekuensi, dan ogif)
 - b. Ukuran nilai pusat (rata-rata, median, modus, kuartil dan sebagainya)
 - c. Ukuran dispersi (jangkauan, simpangan rata-rata, variasi, simpangan baku, dan sebagainya)
 - d. Kemencengan dan keruncingan kurva
2. Angka indeks.
3. Times series/deret waktu atau berkala.
4. Korelasi dan regresi sederhana.

Statistik deskriptif dipecah menjadi ukuran tendensi sentral dan ukuran variabilitas (penyebaran), dan langkah-langkah ini memberikan wawasan berharga tentang fitur populasi yang sesuai. Selanjutnya, dalam statistik deskriptif, identifikasi fitur dan estimasi parameter diperoleh tanpa atau minimal asumsi pada populasi yang mendasarinya. Ukuran tendensi sentral meliputi mean, median, dan modus, sedangkan ukuran variabilitas meliputi standar deviasi atau varians, variabel minimum dan maksimum, serta kurtosis dan skewness. Ukuran tendensi sentral menggambarkan posisi pusat dari kumpulan data. Di sisi lain, ukuran variabilitas membantu dalam menganalisis bagaimana penyebaran distribusi untuk satu set data (Selvamuthu & Dipayan, 2018).

1. Ukuran Tendensi Sentral
 - a. Mean, merupakan rata-rata dari suatu data di mana jumlah data dibagi dengan jumlah titik data. Mean dapat dikatakan baik apabila data terdistribusi secara normal atau merata. Mean merupakan sebuah nilai yang mewakili data yang distribusinya acak (Hui, 2019).

$$x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

- b. Median, merupakan nilai tengah dari sekelompok data yang nilai tiap observasi telah disusun dari yang terkecil ke terbesar (Nuryadi, *et al.*, 2017). Apabila jumlah data ganjil maka,

$$Me = \frac{n + 1}{2}$$

Namun Apabila jumlah data genap maka nilai median diantara $\frac{n}{2}$ dan $\frac{n}{2} + 1$

- c. Modus merupakan nilai yang paling sering muncul (frekuensi terbesar) dari seperangkat data atau observasi (Nuryadi, *et al.*, 2017).

2. Ukuran Variabilitas

- a. Nilai Minimum, merupakan nilai terkecil dari sekelompok data.
- b. Nilai Maximum, merupakan nilai terbesar dari sekelompok data.
- c. Variansi, merupakan nilai rata-rata (mean) dari jumlah kuadrat simpangan (Sugiyono, 2007). Varians digunakan untuk melihat kehomogenan data secara kasar, di mana nilai hasil perhitungan varians sebagai titik pusat dari penyebaran data (Nuryadi, *et al.*, 2017).

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- d. Standar Deviasi, merupakan akar dari jumlah deviasi kuadrat dibagi jumlah (banyaknya) individu dalam sebuah tabel distribusi frekuensi (Mundir, 2012).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N}}$$

- e. Koefisien variansi, adalah perbandingan simpangan baku (Standar Deviasi) dengan rata-rata hitung dan dinyatakan dalam bentuk persentase.

$$KV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

Menurut Journel dan Kim (1998) koefisien variasi dapat digunakan untuk menentukan penggunaan kriging linear atau non-linier seperti kriging biasa (OK) dapat menghasilkan taksiran yang akurat dengan CV data kurang dari 0,5. Apabila nilai CV berada diantara 0,5 sampai 1,5 disarankan untuk berhati-hati, data dapat dipisahkan menjadi populasi-populasi dan penaksiran dilakukan menggunakan parameter yang berbeda untuk tiap populasi tersebut (Bargawa, 2018).

2.5 Geostatistik

Metode geostatistik pada umumnya digunakan untuk menganalisa karakteristik cebakan mineral yang biasanya menggunakan dua cara yakni statistik klasik dan statistik spasial. Dengan menggunakan dasar teori statistik spasial, ilmu geostatistik berkembang tidak hanya diaplikasikan untuk endapan cebakan mineral atau pertambangan saja. Untuk mengetahui sejauh mana hubungan spasial antara titik-titik suatu nilai, maka harus diketahui fungsi struktural yang dicerminkan oleh model semi variogramnya. Dengan menetapkan model semivariogramnya merupakan langkah awal dalam perhitungan geostatistik, disusul dengan perhitungan beberapa macam varian dan perhitungan lainnya yang akan dijelaskan di bawah ini (Wibowo, 2009).

2.6 Variogram dan Semivariogram

Variogram merupakan komponen dasar dalam geostatistik. Variogram menggambarkan karakteristik dari korelasi spasial di mana dua buah data yang berdekatan memiliki korelasi yang kuat dan korelasinya semakin berkurang atau tidak berkorelasi lagi disebabkan bertambahnya jarak antar lokasi. Variogram diperoleh dari

$$2\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - Z(s_i+h)]^2$$

Keterangan:

$\gamma(h)$ = nilai variogram pada jarak h

$N(h)$ = jumlah pasangan data pada jarak h

$Z(s_i)$ = nilai kadar pada lokasi s_i

$Z(s_i+h)$ = nilai kadar pada lokasi (s_i+h)

Semivariogram adalah setengah dari variogram. Semivariogram digunakan untuk menggambarkan, memodelkan dan menghitung korelasi spasial antara variabel random $Z(x)$ dan $Z(x+h)$.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(s_i) - Z(s_i+h)]^2$$

Semivariogram terdiri dari Sill (C_0+C), Range (h) dan Nugget Effect (C). Sil adalah saat di mana nilai semivariogram cenderung mencapai nilai stabil. Nilai sill sama dengan nilai varian dari data spasial. Range adalah jarak pada saat semivariogram mencapai nilai sill. Nugget effect adalah kediskontinuan pada pusat semivariogram terhadap garis vertikal yang melompat dari nilai 0 pada pusat ke nilai semivariogram pada pemisahan jarak terkecil (Rory & Diana, 2019).

2.7 Metode *Ordinary kriging*

Ordinary kriging merupakan metode yang praktis dan sederhana dalam konsep model stasionaris untuk menaksir kadar berdasarkan data disekeliling blok. *Ordinary kriging* dikenal sebagai teknik *kriging* linier karena menggunakan kombinasi linier terbobot dari data yang tersedia untuk proses estimasi (Isaaks dan Srivastava, 1989). Metode *ordinary kriging* memiliki asumsi bahwa variabel teregional $Z(x)$ adalah stasioner dan nilai rata-rata tidak diketahui dan bernilai konstan. Pada metode *ordinary kriging* untuk menaksir sembarang titik yang tidak tersampel x_0 dapat menggunakan kombinasi

linier dari variabel acak $Z(x_i)$ dan nilai bobot *kriging* masing-masing, yang secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

di mana:

λ_i : Bobot dari $Z(x_i)$ untuk $i = 1, 2, \dots, n$

$Z(x_i)$: Nilai pengamatan ke- i

dengan $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$

Sistem persamaan *ordinary kriging* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j C_{ij} + \mu = C_{i0} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

Sistem persamaan *ordinary kriging* juga dapat dituliskan dalam notasi matriks sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} C_{11} & \dots & C_{1n} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ C_{n1} & \dots & C_{nn} & 1 \\ 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} \\ \vdots \\ C_{n1} \\ 1 \end{bmatrix}$$

$C\lambda = D$

di mana

C : matriks kovariansi antar pasangan lokasi/titik ke- i dan ke- j

λ : vektor pembobot ke- i

D : vektor kovariansi antara lokasi/titik yang diduga dengan lokasi pengamatan yang telah ada.

untuk nilai $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ dapat diperoleh dengan cara $C\lambda - 1 = D$