

SKRIPSI

**INTERPOLASI DAN ESTIMASI SUMBER DAYA TERUKUR NIKEL
LATERIT PADA BLOK X PT. TEKONINDO, KABAENA SELATAN,
SULAWESI TENGGARA**

Disusun Dan Diajukan Oleh

MUH. LUTHFI MU'THASIM

D611 16 016



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh. Luthfi Mu'thasim

NIM : D611 16 016

Program studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul :

**"INTERPOLASI DAN ESTIMASI SUMBER DAYA TERUKUR NIKEL
LATERIT PADA BLOK X PT. TEKONINDO, KABAENA SELATAN,
SULAWESI TENGGARA"**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi/tesis/disertasi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi/tesis/disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya siap menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, April 2021

Yang Menyatakan



[Handwritten Signature]
Muh. Luthfi Mu'thasim

LEMBAR PENGESAHAN

**“ INTERPOLASI DAN ESTIMASI SUMBER DAYA TERUKUR NIKEL
LATERIT PADA BLOK X PT. TEKONINDO, KABAENA SELATAN,
SULAWESI TENGGARA”**

Disusun dan diajukan oleh

MUH. LUTHFI MU'THASIM

D611 16 016

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi program sarjana program studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal..... dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui

Disetujui Oleh,
Pembimbing Utama



Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T
NIP. 196509282000031002

Pembimbing pendamping



Safruddim, S.T, M.Eng
NIP. 198902072020053001



SARI

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam blok X pada wilayah kuasa pertambangan PT. Tekonindo di Desa Pangkalaero, Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara astronomis terletak pada posisi 121°53'00"BT - 121°55'00"BT dan 5°21'00"LS - 5°24'00"LS. Penelitian dengan judul "Interpolasi Dan Estimasi Sumber Daya Terukur Nikel Laterit Pada Blok X PT. Tekonindo, Kabaena Selatan, Sulawesi Tenggara" dimaksudkan untuk mengetahui distribusi dan estimasi sumber daya terukur Ni laterit pada daerah penelitian. Metode yang digunakan dalam penentuan distribusi dan estimasi sumber daya terukur Ni laterit yaitu Metode *Inverse Distance Weight (IDW)*.

Dari hasil analisis petrografi diketahui litologi penyusun daerah penelitian adalah *Dunite* (Streckeisen, 1976). Dari hasil interpolasi data 75 titik bor, diperoleh kesimpulan bahwa distribusi kadar Ni cukup tinggi ($\text{COG} \geq 1,6\%$) terdistribusi dominan di bagian tengah hingga barat daya daerah penelitian, sedangkan Ni kadar rendah ($< 1,6\%$) terdistribusi di bagian timur laut daerah penelitian. Berdasarkan pemodelan distribusi *ore* dan *waste*, daerah dengan kandungan *ore* terdistribusi di bagian tengah daerah penelitian dengan ketebalan berkisar 4-16 m dan di bagian selatan daerah penelitian dengan ketebalan berkisar 6-16 m serta daerah dengan kandungan *waste* yang cukup tebal terdistribusi di bagian timur berkisar 25-38 m dan di bagian tengah daerah penelitian dengan ketebalan berkisar 13-24 m. Juga terlihat dari kedua pemodelan, Ni dengan kadar cukup tinggi ($\geq 1,6\%$) cenderung terkonsentrasi pada lapisan limonit bagian bawah hingga lapisan saprolit bagian atas. Melalui pemodelan distribusi Ni dengan metode *IDW* pada daerah penelitian diperoleh volume sumber daya terukur Ni sebesar 165.312,5 m³ yang kemudian dikalikan dengan nilai densitas tiap lapisan (limonit dan saprolit) dan diperoleh tonase sumber daya terukur Ni sebesar 186.845,781 M/T dengan kadar Ni rata-rata 2,06%.

Kata kunci : Blok X PT. Tekonindo, Interpolasi, *IDW*, Pemodelan, Sumber Daya Terukur

ABSTRACT

Administratively the scope of research belongs to area block X of mining region PT. Tekonindo in Pangkalaero, Kabaena Selatan District, Bombana Regency, South-East Province. Astronomically it has coordinate between 121°53'00"BT - 121°55'00"BT and 5°21'00"LS - 5°24'00"LS. The research title is "Interpolate and Estimation Measured Resource of Nickel Laterite in block X of PT. Tekonindo in Pangkalaero, Kabaena Selatan District, Bombana Regency, South-East Province". The purpose of this research is to get distribution and estimation measured resource of nickel laterite in the research area. The method used in this research is The Inverse Distance Weight (IDW) Methode.

Based on petrography analysis, lithology in the research area is dunite (Strecheinsen, 1976). Based on the analysis of 75 data, we get the conclusion that distribution high rate enough Ni (COG $\geq 1,6\%$) dominant distribution in the middle to the south-west of research area, while distribution low rate Ni ($< 1,6\%$) dominant distribution in the northeast of research area . Through modeling of ore and waste, area with ore distributed at the middle of research area with thickness range 6-16 m and at the south of the research area, as soon as area with thick enough of waste distributed at the east of a research area with thickness range 25-38 m and at the middle of research area with thickness 13-24 m. Also seen from two models, high rate enough Ni ($\geq 1,6\%$) konsentrate at the bottom layer of limonite to the upper saprolith layer. Through modeling of distribution Ni with IDW method of research area obtained volume of measured resource Ni equal to 165.312,5 m³, then multiplied with the value of density every layer (limonite and saprolite) and obtained measured resource tonnage of Ni equal to 186.845,781 M/T with an average rate of Ni equal to 2,06%.

Keywords: *Blok X, Interpolation, IDW, Modeling, Measured Resource*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul **“Interpolasi Dan Estimasi Sumber Daya Terukur Nikel Laterit Pada Blok X Pt. Tekonindo, Kabaena, Sulawesi Tenggara”** ini bisa diselesaikan dengan sebaik-baiknya. Shalawat dan salam juga senantiasa kita kirimkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menjadi teladan terbaik bagi umat manusia.

Laporan skripsi ini di buat sebagai suatu langkah untuk menyelesaikan strata satu pada Deprtemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penyusunan laporan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan sangat banyak dukungan baik secara materil maupun moril.
2. Bapak Dr. Adi Tonggiroh S.T., M.T. dan Bapak Safruddim S.T., M.Eng. sebagai pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga selama memberikan bimbingan dalam pengerjaan laporan ini.
3. Bapak Dr. Ir. Hamid Umar, Ms dan Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan terhadap laporan ini.
4. Bapak Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Unversitas Hasanuddin

5. Bapak Dr. Sultan S.T., M.T. Selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah banyak memberikan masukan saran selama mengenyam pendidikan di Departemen Teknik Geologi.
6. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama ini.
7. Para staf Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu.
8. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Geologi Unhas, terkhusus pada angkatan 2016 Jurassic yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari banyaknya ketidaksempurnaan yang terdapat pada tulisan ini. Olehnya itu penulis sangat mengaharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Akhir kata semoga pada tulisan ini terdapat keberkahan dan dapat bernilai positif bagi para pembaca maupun penulis.

Gowa, 31 Juni 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SARI	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan	3
1.5 Waktu dan Lokasi Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	5
2.1.2 Stratigrafi Regional	5
2.2 Geologi Daerah Penelitian.....	7
2.3 Batuan Ultramafik.....	9

2.4	Endapan Nikel Laterit.....	9
2.4.1	Genesa Endapan Nikel Laterit.....	10
2.4.2	Penampang Endapan Nikel Laterit.....	12
2.5	Pemodelan dan Perhitungan Sumberdaya.....	15
BAB III	METODE PENELITIAN.....	21
3.1	Metode Penelitian.....	21
3.2	Tahapan Penelitian.....	21
3.2.1	Tahapan Persiapan.....	21
3.2.2	Tahapan Observasi Lapangan.....	22
3.2.2.1	Survei Stakeout dan Pengambilan Data Geologi.....	22
3.2.1.2	Pengambilan Data <i>Logging</i>	24
3.2.3	Tahap Preparasi Sampel.....	25
3.2.4	Tahap Pengolahan Data.....	28
3.2.4.1	Data Petrografi.....	28
3.2.4.2	Dasar <i>Assay</i>	29
3.2.4.3	Metode <i>Inverse Distance Weight (IDW)</i>	29
3.2.5	Penyusunan Laporan.....	31
BAB IV	STRUKTUR GEOLOGI	33
4.1	Topografi.....	33
4.2	Ultramafik Sebagai Bedrock.....	34
4.3	Interpolasi Hasil Analisa Data.....	35
4.3.1	Interpolasi Hasil Analisa Data Logging Spasi 100 m.....	33
4.3.2	Interpolasi Hasil Analisa Data Logging Spasi 50 m.....	35
4.3.1	Interpolasi Hasil Analisa Data Logging Spasi 25 m.....	36

4.4	Geokimia Profil Endapan Nikel Laterit.....	38
4.5	Pemodelan dan Estimasi Sumber Daya Terukur Ni.....	43
BAB V	PENUTUP	50
5.1	Kesimpulan ..	50
5.2	Saran.....	51
	DAFTAR PUSTAKA	52

LAMPIRAN

1. Tabel Data *Logging* Daerah Penelitian
2. Tabel Data Hasil Estimasi Sumber Daya Terukur Ni Daerah Penelitian
3. Peta Stasiun
4. Peta Rencana Titik Bor Spasi 25 m
5. Peta Distribusi Ni Titik Bor Spasi 100 m
6. Peta Distribusi Ni Titik Bor Spasi 50 m
7. Peta Distribusi Ni Titik Bor Spasi 25 m
8. Deskripsi Petrografi

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian.....	4
2.1 Pulau Kabaena pada Peta Geologi Lembar Kolaka Sulawesi (Simanjuntak, Surono, dan Sukido, 1993).	8
2.2 Skema Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Darijanto,1986).	12
2.3 Penampang Laterit Hasil Pelapukan Yang Membagi Zona Saprolit Menurut (Ahmad, 2002)	15
2.4 Contoh dimensi hasil penaksiran dengan Model Blok	20
3.1 Peta Perencanaan Sebaran Titik Bor	23
3.2 Survei dan Pemasangan Stakeout	24
3.3 Peta Lintasan pada daerah penelitian	24
3.4 Aktivitas pengeboran untuk memperoleh sampel hasil <i>coring</i>	25
3.5 Kenampakan sampel hasil <i>coring</i>	25
3.6 Tahapan Preparasi Sampel Basah	26
3.7 Tahapan Preparasi Sampel Kering	27
3.8 Tahapan Preparasi Sampel Sayatan Tipis	28
4.1 Kenampakan citra daerah penelitian.	34
4.2 Kenampakan litologi pada ST 01 dengan arah pengambilan gambar N 26°E.	35
4.3 Kenampakan petrografis Dunit pada sayatan ST 01, yang memperlihatkan kandungan mineral berupa Olivin (Ol), Augit (Px), dan Mineral Opak (Opq).....	35

4.4	Distribusi Ni dengan data logging spasi 100 m	36
4.5	Distribusi Ni dengan data logging spasi 50 m	37
4.6	Distribusi Ni dengan data logging spasi 25 m	38
4.7	Kenampakan layer limonit yang terdiri atas (A) <i>red limonite</i> dan (B) <i>yellow limonite</i> pada titik 11_33.....	39
4.8	Kenampakan layer Saprolit (X) yang masih memperlihatkan tekstur sisa dari batuan asal pada titik 10_32.....	39
4.9	Kenampakan Bedrock (X) pada titik 12_35.....	40
4.10	Kenampakan profil laterit pada singkapan di pinggir jalan tambang yang memperlihatkan profil laterit, dari tanah penutup (A), limonit (B), saprolit (C) dan bedrock (D).....	41
4.11	Profil Geokimia (Limonit dan Saprolit) Ni, Fe, SiO ₂ , dan MgO.....	42
4.12	Pemodelan 3D sebaran Ni dengan data logging spasi 25 m.....	44
4.13	Pemodelan 2D sebaran Ni dengan data logging spasi 25 m	44
4.14	Kenampakan Vertikal Pemodelan Sebaran Ni pada Section A-B	45
4.15	Kenampakan Vertikal Pemodelan Sebaran Ni pada Section C-D	45
4.16	Pemodelan 3D sebaran <i>ore</i> dan <i>waste</i> dengan data logging spasi 25 m.....	46
4.17	Pemodelan 2D sebaran <i>ore</i> dan <i>waste</i> dengan data logging spasi 25 m	46
4.18	Kenampakan Vertikal Pemodelan sebaran <i>ore</i> dan <i>waste</i> pada Section A-B..	47
4.19	Kenampakan Vertikal Pemodelan sebaran <i>ore</i> dan <i>waste</i> pada Section C-D..	47

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Rumus perhitungan pembobotan (w).....	21
4.1	Estimasi Sumber daya Terukur Daerah Penelitian	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi sumber daya mineral Indonesia tersebar hampir di seluruh wilayah dan merupakan salah satu modal besar yang menunjang kegiatan pembangunan dan menjadi pemasukan yang cukup besar bagi negara melalui pajak dan royalti setiap tahunnya. Berdasarkan karakteristik geologi dan tatanan tektoniknya, di pulau Sulawesi, potensi sumber daya mineral yang cukup besar salah satunya yaitu endapan nikel laterit. Endapan nikel laterit umum dijumpai di Sulawesi Tenggara termasuk di daerah Kabaena yang juga didominasi endapan ini. Nikel adalah salah satu produk hasil lapukan batuan ultramafik yang terbentuk salah satunya melalui proses laterisasi. Menurut Ahmad (2008), pelapukan pada batuan ultramafik menyebabkan unsur-unsur yang terdapat dalam batuan yang bersifat *mobile* akan terendapkan pada bagian bawah laterit, sedangkan unsur – unsur yang memiliki mobilitas rendah (Ni, Fe, Co^{+1} , Mn^{-1}) akan mengalami pengkayaan residual. Hal ini akan mempengaruhi komposisi mineralogi dan volume setiap unsur selama proses pelapukan endapan laterit.

Untuk mengetahui besar potensi nikel laterit suatu daerah, ada beberapa metode yang dapat digunakan. Metode *Inverse Distance Weighted* merupakan salah satu metode estimasi atau metode penaksiran sumber daya dan cadangan yang cukup banyak diterapkan. Menurut *National Center for Geographic Information and Analysis* (2007), metode *Inverse Distance Weighted* didefinisikan sebagai metode

penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Metode ini biasanya digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk digunakan. Diharapkan metode ini dapat memberikan gambaran kualitas dan kuantitas kadar rata-rata Ni dan Fe serta tonase sumber daya terukur Ni daerah penelitian serta dapat lebih memudahkan dalam perencanaan penambangan untuk memperkirakan batas-batas penambangan berdasarkan hasil pemodelan dan estimasi sumber daya nikel laterit. Berdasarkan uraian tersebut, dilakukanlah penelitian dalam penyelesaian tugas akhir dengan judul : **“Interpolasi Dan Estimasi Sumber Daya Terukur Nikel Laterit Pada Blok X PT. Tekonindo, Kabaena Selatan, Sulawesi Tenggara”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian. sebagai berikut :

- 1) Bagaimana distribusi unsur Ni pada spasi pemboran 100 m, 50 m, dan 25 m pada daerah penelitian?
- 2) Bagaimana pemodelan sebaran Nikel Laterit pada daerah penelitian?
- 3) Berapakah Sumber Daya Terukur Nikel Laterit pada daerah penelitian?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian yang dilakukan, penulis membatasi masalah yang akan diangkat yaitu dapat mengetahui distribusi nikel laterit melalui interpolasi serta

estimasi sumber daya terukur nikel laterit menggunakan metode *IDW* pada Blok X PT. Tekonindo, Kabaena, Sulawesi Tenggara.

1.4 Maksud Dan Tujuan

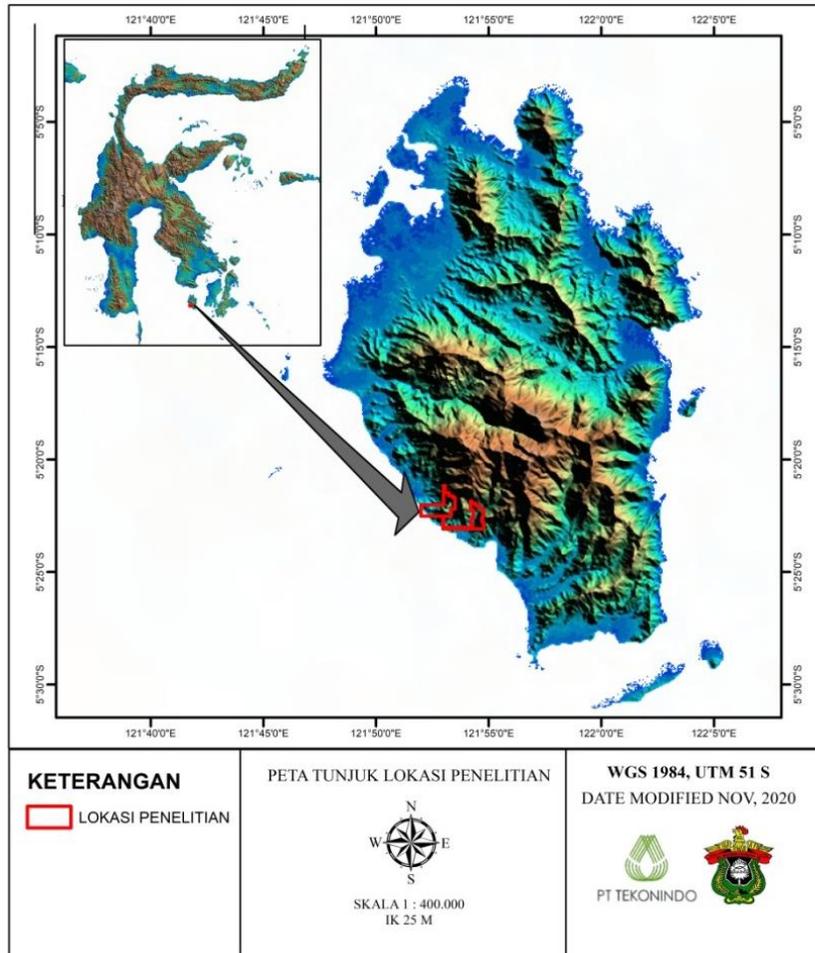
Adapun maksud dari dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui distribusi dan estimasi sumber daya terukur Ni laterit pada daerah penelitian, sedangkan tujuan dari penelitian ini yaitu :

- 1) Mengetahui distribusi Ni pada spasi pemboran 100 m, 50 m, dan 25 m pada daerah penelitian.
- 2) Membuat pemodelan sebaran Nikel Laterit pada daerah penelitian.
- 3) Menentukan Sumber Daya Terukur Nikel Laterit pada daerah penelitian.

1.5 Waktu Dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama waktu kerja praktik berlangsung yang berjalan kurang lebih 3 bulan. Wilayah Kuasa Pertambangan PT. Tekonindo berada di Pulau Kabaena yang secara administratif berlokasi di Desa Pangkalaero, Kecamatan Kabaena Selatan, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara astronomis, daerah penelitian terletak pada posisi $121^{\circ}53'00''\text{BT}$ - $121^{\circ}55'00''\text{BT}$ dan $5^{\circ}21'00''\text{LS}$ - $5^{\circ}24'00''\text{LS}$. Lokasi kerja praktik dapat ditempuh dengan melalui jalur darat, udara, dan laut. Perjalanan dari Makassar ditempuh dengan menggunakan kapal laut ke Kota Bau-Bau dengan waktu tempuh ± 13 jam dan dilanjutkan dengan perjalanan laut dari Kota Bau-Bau ke Pulau Kabaena dengan waktu tempuh ± 3 jam. Lokasi dari pelabuhan Kabaena Barat ke Desa Pongkalaero berjarak ± 3 jam dengan

menggunakan mobil. Perjalanan dari Desa Pongkalaero menuju ke site PT Tekonindo dapat ditempuh dalam waktu ± 15 menit. Peta tunjuk lokasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini secara umum sebagai acuan dalam melakukan tahapan eksplorasi yang efektif serta evaluasi terhadap proses yang dilakukan dalam

interpolasi dan estimasi sumber daya di blok lainnya dan mengaplikasikan teori-teori yang dijumpai di bangku perkuliahan dengan dunia kerja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

2.1.1 Geomorfologi Regional

Daerah pegunungan tersebar di bagian barat (Peg. Anggowala) dan bagian timur (Peg. Boroboro) dan sebagian P. Kabaena (G. Sambapalulli). Ketinggian medan antara 600 m dan 1550 m di atas muka laut dengan lereng yang umumnya curam. Puncaknya antara lain G. Mendoke (981 m), G. Makaleo (783 m), G. Baito (716 m), G. Todoha (858 m), G. Sambapalulli (1550 m). Sungai di daerah pegunungan biasanya memiliki banyak percabangan dan di beberapa tempat membentuk pola sejajar. Lembahnya banyak yang curam dan berbentuk V (T.O. Simanjuntak dkk, 1994).

Pebukitan terdapat di tiga daerah. Di bagian barat Lembar, terbentang hampir utara-selatan, di bagian timur Lembar yang berbanjar barat-timur dan di bagian utara P. Kabaena. Ketinggiannya berkisar dari 100 hingga 600 m di atas muka laut. Pola aliran umumnya memperlihatkan percabangan dengan dasar lembahnya agak datar dan memperlihatkan pengikisan ke samping lebih kuat. Pada musim hujan, sungai jadi berair penuh dan bahkan melimpah, tetapi pada musim kemarau sebagian sungai tidak berair ataupun airnya hanya terdapat setempat (T.O. Simanjuntak dkk, 1994).

2.1.2 Stratigrafi Regional

Secara regional daerah penyelidikan terletak pada dua mandala geologi yaitu: Mandala Sulawesi Timur yang ditandai oleh batuan ultramafik, mafik, batuan malihan dan Mandala/Anjungan Tukangbesi-Buton yang ditandai oleh batuan sedimen pinggiran benua yang beralaskan batuan malihan. Batuan tertua pada Mandala Geologi Sulawesi Timur adalah batuan ultramafik yang merupakan batuan alas, terdiri dari harzburgit, serpentinit, dunit, wherlit, gabro, diorit, basal, mafik malihan dan magnetit, diduga berumur Kapur, batuan ini sebagai tempat kedudukan mineralisasi nikel dan asosiasinya. Batuan malihan kompleks Pompangeo terdiri dari berbagai jenis sekis dan sedimen malihan serta serpentinit dan sekis glaukofan. Batuan ini diperkirakan terbentuk dalam lajur penunjaman *Benioff* pada akhir Kapur Awal hingga Paleogen. Batuan ultramafik dan batuan Kompleks Pompangeo tersebut berhubungan secara sentuhan tektonik.

Mandala/Anjungan Tukangbesi-Buton berupa batuan alas malihan terdiri dari sekis mika, sekis kuarsa, sekis klorit, sekis mika-ampibolit, sekis grafit dan genes berumur Permo-Karbon. Di atasnya menindih tak selaras Formasi Meluhu (Lembar Muna) yang terdiri dari batugamping hablur dengan sisipan filit dan setempat sisipan kalsilutit rijangan. Kedua formasi diperkirakan berumur Trias Akhir sampai Jura Awal. Di atas kedua mandala yang saling bersentuhan diendapkan secara tak selaras Formasi Langkowala yang terdiri dari batupasir dan konglomerat yang saling menjemari, diperkirakan berumur akhir Miosen Tengah. Di atasnya menindih selaras Formasi Eemoiko yang terdiri dari batugamping koral, kalkarenit, batupasir

gampingan, napal; dan formasi Boepinang terdiri dari batulempung pasir, napal pasir dan batupasir. Kedua formasi tersebut berumur Miosen Akhir sampai Pliosen. Di atas kedua formasi ini ditindih tak selaras oleh Formasi Alangga terdiri dari konglomerat dan batupasir yang belum padat dan Formasi Buara terdiri dari terumbu koral, setempat lensa konglomerat dan batupasir yang belum padat. Kedua formasi ini saling menjemari berumur Pliosen. Satuan batuan termuda adalah endapan sungai, rawa dan kolovium.

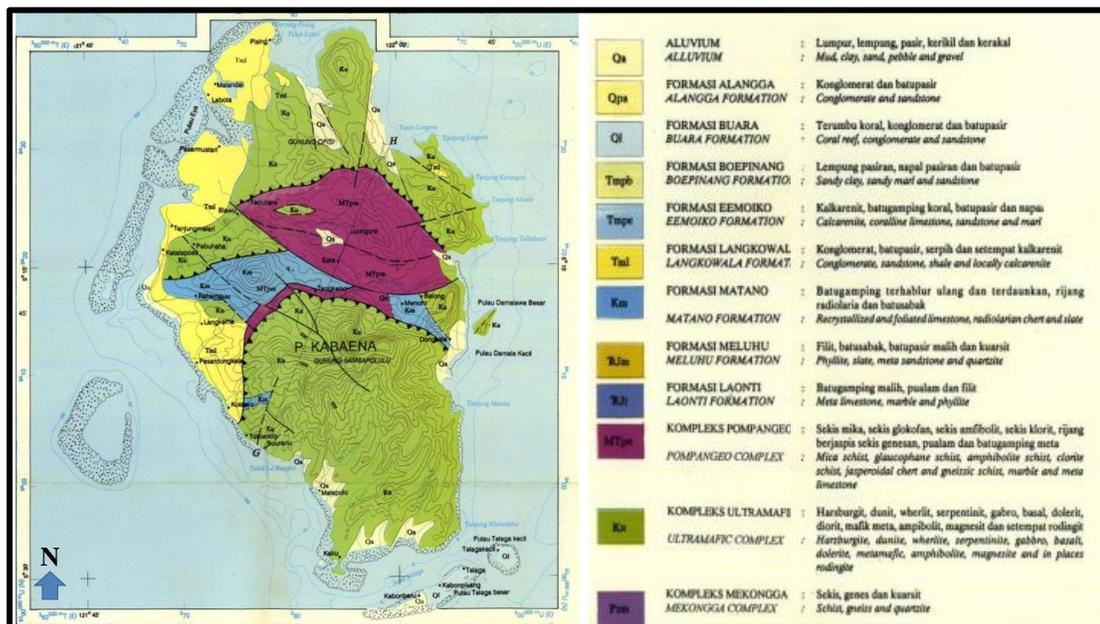
2.2 Geologi Daerah Penelitian

Morfologi daerah Pongkalaero secara umum berdasarkan ciri fisik dan hasil pengamatan lapangan terdiri dari 3 (tiga) satuan morfologi yaitu satuan morfologi perbukitan terjal, perbukitan sedang dan pedataran. Adapun daerah penelitian mencakup morfologi perbukitan.

Batuan yang terdapat di daerah uji petik terdiri dari ultrabasa yang umumnya terdiri dari harzburgit, serpentine, dan dunit. Secara megaskopis terlihat berwarna abu-abu kehijauan, berbutir sedang sampai kasar, terdiri dari mineral piroksen dan olivin. Harzburgit ini terdapat pada seluruh daerah perbukitan yang berada di daerah uji petik, diperkirakan berumur Kapur Awal (T.O. Simanjuntak dkk, 1994) dan merupakan batuan yang tertua dan merupakan alas di Mendala Sulawesi Timur.

Pada daerah uji petik ini terdapat sebaran batuapungan (*boulder*) khromit, terlihat boulder khromit dengan diameter 10 cm hingga 100 cm berwarna hitam pejal berbentuk menyudut, kadang-kadang dijumpai boulder fragmen khromit yang

terselimuti oleh kuarsa. Dari pengamatan di lapangan batuan ini dipengaruhi oleh struktur patahan geser manganan (*dextral*). Batuan lainnya yang terdapat di daerah Pongkalaero berupa endapan aluvial rawa dan sungai yang terdiri dari kerakal, kerikil, pasir dan lumpur. Batuan ini menempati daerah bagian selatan, tenggara dan barat bagian selatan daerah uji petik Pongkalaero dan menempati daerah pedataran serta pantai, diperkirakan berumur Holosen (T.O. Simanjuntak dkk, 1994).



Gambar 2.1 Pulau Kabaena pada Peta Geologi Lembar Kolaka Sulawesi (Simanjuntak, Surono, dan Sukido, 1993)

Struktur yang ditemukan di daerah uji petik Pongkalaero berupa kekar-kekar dan patahan mendarat manganan (*dextral*) yang berarah baratdaya–timurlaut tersingkap di S. Uwauwo. Secara umum sesar yang berkembang di daerah ujipetik Pongkalaero mempunyai arah timurlaut–baratdaya dan utara – selatan.

2.3 Batuan Ultramafik

Batuan Ultramafik merupakan merupakan batuan beku yang mengandung mineral primer berkomposisi *ferromagnesian* lebih besar 45% dan nikel lebih kecil 0,3%. Mineral *Ferromagnesian* adalah mineral olivin, piroksen, hornblende, mika, dan biotit sehingga memiliki indeks warna >70% gelap dan sebagian besar berasal dari plutonik (Tonggiroh, 2019). Jenis – jenis dari batuan ultramafik, antara lain Peridotit, Piroksenit, Hornblendit, Dunit, dan Serpentin.

2.4 Endapan Nikel Laterit

Laterit menurut Evans (1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan di permukaan bumi, dimana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil.

Menurut Maulana (2017), laterit merupakan sumber dari beberapa mineral ekonomis diantaranya bauxite dan nikel (Ni), mangan (Mn), tembaga (Cu), emas (Au) dan *platinum group element* (PGE). Bagian paling bawah dari profil laterit disebut dengan zona saprolite yang merupakan zona pelapukan tinggi dimana tekstur primer dan *fabric* dari batuan asalnya masih dapat dilihat. Akibat fluida yang bersifat *oxidized* dan asam, maka bagian paling bawah dari zona ini dicirikan dengan tidak stabilnya sulfide dan karbonat dengan hasil pencucian atau *leaching* dari logam-logam *chalcophile* dan unsur-unsur alkalin. Bagian bawah dari zona saprolit ini dicirikan

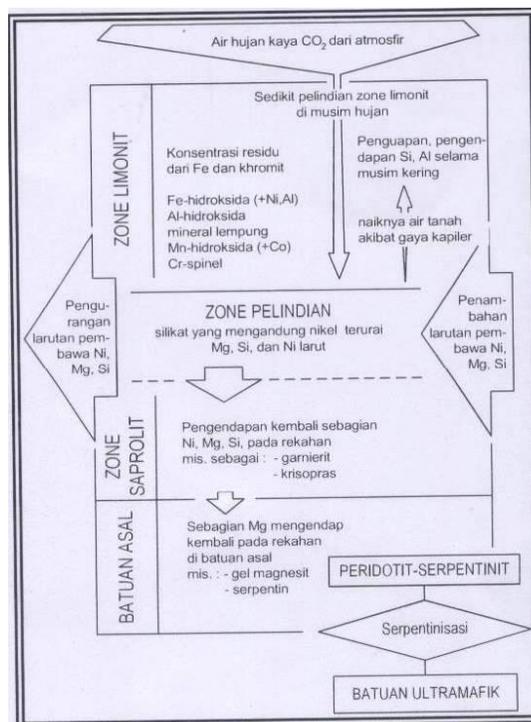
dengan terurainya mineral-mineral feldspar dan *ferromagnesian*, sementara Si dan Al akan tetap tinggal pada mineral lempung (*kaolinite* dan *halloysite*).

2.4.1 Genesa Endapan Nikel Laterit

Proses terbentuknya nikel dimulai dari adanya pelapukan yang intensif pada bedrock. Bedrock ini akan berubah menjadi serpentin akibat larutan residual pada waktu proses pembekuan magma (proses serpentinisasi) dan akan merubah batuan peridotit (*bedrock*) menjadi batuan serpentin. Sebagian besar unsur Ca, Mg dan Si akan mengalami dekomposisi dan beberapa terkayakan secara supergen (Ni, Mn, Co, Zn) atau terkayakan secara relatif (Fe, Cr, Al, Ti, S dan Cu).

Air resapan yang mengandung CO₂ (dari udara) meresap kebawah sampai ke permukaan air tanah melindi mineral-mineral primer yang tidak stabil (olivin, piroksen dan serpentin). air meresap secara perlahan sampai mencapai batas lapisan limonit dan lapisan saprolit, kemudian mengalir secara lateral. Proses ini menghasilkan Ca dan Mg yang larut disusul dengan Si yang cenderung membentuk koloid dari partikel silika yang sangat halus, sehingga memungkinkan terbentuknya mineral baru melalui pengendapan kembali unsur-unsur tersebut. Semua hasil pelarutan akan turun ke bagian bawah mengisi celah-celah dan pori-pori batuan. Muka air tanah yang berlangsung secara kontinu akan melarutkan unsur-unsur Mg dan Si yang terdapat pada bongkah-bongkah batuan asal di zona saprolit, sehingga memungkinkan penetrasi air tanah yang lebih dalam. zona saprolit dalam hal ini akan semakin bertambah ikatan-ikatan yang mengandung oksida sehingga bongkah-bongkah yang

ada dalam zona ini akan terlindi dan ikut bersama-sama dengan aliran air tanah dan sedikit demi sedikit lapisan saprolit atas akan berubah sifat porositasnya dan akan menjadi lapisan limonit. (Lihat gambar 2.2). Untuk unsur-unsur yang sukar atau tidak mudah larut akan tinggal pada tempatnya dan sisanya akan turun ke bawah bersama larutan sebagai larutan koloid. Bahan-bahan seperti Fe, Ni dan Co akan membentuk konsentrasi residu dan konsentrasi celah pada lapisan yang disebut lapisan saprolit, berwarna coklat kuning kemerahan. Batuan asal ultramafik pada lapisan ini selanjutnya diimpregnasi oleh Ni melalui larutan yang mengandung Ni sehingga kadar Ni dapat naik. Dalam hal ini, Ni dapat mensubstitusi Mg dalam serpentin atau juga mengendap dalam rekahan bersama dengan larutan yang mengandung Mg dan Si sebagai garnierit dan krisopras (Darijanto,1986).



Gambar 2.2 Skema Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Darijanto,1986)

2.4.2 Penampang Endapan Nikel Laterit

Profil (penampang) laterit dapat dibagi menjadi beberapa zona. Profil nikel laterit tersebut dideskripsikan dan diterangkan oleh daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. Menurut Golightly (1979), profil laterit dibagi menjadi 4 zonasi yaitu *Iron cap*, limonit, saprolit dan bedrock, namun penulis telah menggabungkan beberapa teori dari beberapa penelitian sehingga profil laterit terbagi atas 5 zona yaitu :

1) *Iron cap*

Iron cap atau tudung besi yaitu lapisan berukuran lempung, berwarna coklat kemerahan, dan biasanya terdapat juga sisa-sisa tumbuhan. lapisan dengan konsentrasi besi yang cukup tinggi (*ferruginous duricrust*) dan kandungan nikel yang rendah atau merupakan laterit residu yang dapat terbentuk pada bagian atas dari profil dan melindungi lapisan endapan nikel laterit dibawahnya (Golightly, 1979).

2) Zona Limonit

Zona ini berada paling atas pada profil dan masih dipengaruhi aktivitas permukaan dengan kuat. Zona ini tersusun oleh humus dan limonit. Mineral-mineral penyusunnya adalah goethit, hematit, tremolit dan mineral-mineral lain yang terbentuk pada kondisi asam dekat permukaan dengan relief relatif datar. Secara umum material-material penyusun zona ini berukuran halus (lempung-lanau), sering dijumpai mineral stabil seperti spinel, magnetit dan kromit (Golightly, 1979).

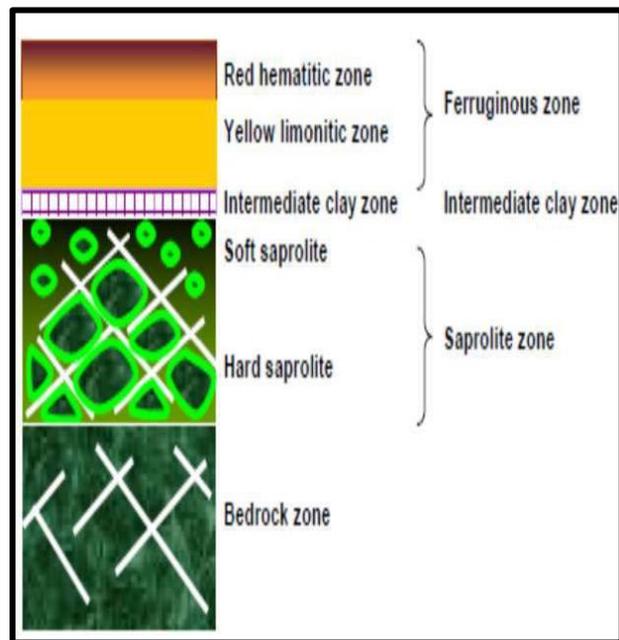
3) Zona Medium Grade Limonite (MGL)

Sifat fisik zona *Medium Grade Limonite (MGL)* tidak jauh berbeda dengan zona *overburden*. Tekstur sisa bedrock mulai dapat dikenali dengan hadirnya fragmen *bedrock*, yaitu peridotit atau serpentinit. Rata-rata berukuran antara 1-2 cm dalam jumlah sedikit. Ukuran material penyusun berkisar antara lempung-pasir halus. Ketebalan zona ini berkisar antara 0-6 meter. Umumnya singkapan zona ini terdapat pada lereng bukit yang relatif datar. Mineralisasi sama dengan zona limonit dan zona saprolit, yang membedakan adalah hadirnya kuarsa, lihopirit, dan opal (Golightly, 1979).

4) Zona Saprolit

Zona saprolit merupakan zona bijih, tersusun atas fragmen-fragmen bedrock yang teralterasi, sehingga mineral penyusun, tekstur dan struktur batuan dapat dikenali. Zona saprolit merupakan lapisan setelah zona limonit pada profil laterit, dimana pada lapisan ini terjadi proses pengayaan unsur Ni yang lebih besar dibandingkan zona lapisan lainnya. Hal ini terjadi karena pada saat pada saat proses lateritisasi yang terjadi dimana air yang berfungsi sebagai penyuplai mineral-mineral pembawa unsur Ni akan mengalir masuk melalui kekar atau celah batuan dan akan membawa nikel turun ke bawah dan lambat laun akan terkumpul di zona permeabel yang tidak dapat menembus bedrock, apabila proses ini berlangsung terus maka pada zona saprolit ini akan terjadi pengayaan supergen. Lapisan saprolit juga dicirikan oleh adanya tekstur sisa dari bedrock berupa boulder yang kayak akan kadar nikel (Ahmad, 2002).

Menurut (Ahmad, 2002) zona saprolit terbagi atas 2 lapisan berdasarkan tingkat pelapukannya yang disebut *soft saproLYR* yang tinggi akan tingkat pelapukan hingga menghasilkan ciri-ciri yang hampir menyerupai limonit dan *rocky saproLYR* yang tingkat pelapukannya lebih rendah dibandingkan yang terjadi pada lapisan *soft saprolith*. Pada gambar 2.3 memperlihatkan penampang laterit hasil pelapukan (Ahmad, 2002).



Gambar 2.3 Penampang Laterit Hasil Pelapukan Yang Membagi Zona Saprolit (Ahmad, 2002)

Berdasarkan kandungan fragmen batuan, zona saprolit dibagi menjadi dua yaitu :

- a) *Soft Saprolith*. Mengandung fragmen-fragmen berukuran *boulder* kurang dari 25%.

b) *Rocky Saprolith*. Mengandung fragmen-fragmen berukuran *boulder* lebih dari 50%.

5) ***Bedrock***

Bedrock berada pada bagian paling bawah dari profil laterit. *Bedrock* ini merupakan batuan yang masih segar dengan pengaruh proses- proses pelapukan sangat kecil. Tersusun atas bongkah lebih besar dari 75 cm dan blok batuan dasar dan secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis lagi. Zona ini terfrakturisasi kuat, kadang - kadang membuka, terisi oleh mineral garnierit dan silika. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi penyebab muncul atau adanya *root zone of weathering* (zona akar-akar pelapukan), yaitu *high grade Ni*, akan tetapi posisinya tersembunyi. *Bedrock* umumnya berupa peridotit, dunit, serpentinit (Ahmad, 2002).

2.5 **Pemodelan dan Perhitungan Sumber Daya**

Pemodelan adalah kegiatan merepresentasikan kondisi lapangan berdasarkan data hasil pengukuran dan pengujian, dengan menggunakan prosedur dan metode tertentu agar mendekati kondisi yang sebenarnya. Dalam studi ini akan dimodelkan bentuk bijih nikel laterit serta mengestimasi kadar antartitik pemercontohan (titik bor, sumur uji dan sebagainya) dan di zona pengaruh, sehingga dapat dihitung jumlah sumber daya terukur nikel laterit.

Sumber daya mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari mineral yang memiliki nilai ekonomi pada kerak bumi, dengan dimensi, kualitas, dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospekan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat

diekstraksi secara ekonomis. Lokasi, kuantitas, kadar, karakteristik geologi, dan kemenerusan dari sumber daya mineral harus diketahui, diestimasi atau diinterpretasikan berdasarkan bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik, termasuk pengambilan sampelnya. Sumber daya mineral dikelompokkan berdasarkan tingkat keyakinan geologi dalam kategori tereka, tertunjuk, dan terukur (BSN, 2019).

1) Sumber Daya Tereka

Sumber daya mineral tereka merupakan bagian dari sumber daya mineral yang kuantitas dan kualitas kadarnya diestimasi berdasarkan bukti geologi dan pengambilan sampel yang terbatas. Bukti geologi tersebut memadai untuk menunjukkan keterjadiannya tetapi tidak memverifikasi kemenerusan kualitas atau kadar dan kemenerusan geologinya. Adapun informasi didapatkan dari singkapan, paritan uji, sumuran uji, dan lubang bor tetapi kualitas dan tingkat keyakinannya terbatas atau tidak jelas. Jarak antara titik pengamatan maksimum dua ratus meter. Spasi ini bisa diperlebar dengan justifikasi teknis yang bisa dipertanggungjawabkan seperti analisa geostatistika.

2) Sumber Daya Tertunjuk

Sumber daya mineral tertunjuk merupakan bagian dari sumber daya mineral dengan kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan titik pengamatan, dimensi, dan karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang cukup untuk memungkinkan penerapan faktor pengubah secara memadai untuk mendukung perencanaan tambang dan evaluasi kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Adapun informasi didapatkan dari singkapan, paritan uji, sumuran uji, dan lubang bor. Lokasi

pengambilan data masih terlalu jarang atau spasinya belum tepat untuk memastikan kemenerusan dan/atau kadar, tetapi spasial cukup untuk mengasumsikan kemenerusannya. Jarak antara titik pengamatan maksimum seratus meter. Spasi ini bisa diperlebar dengan justifikasi teknis yang bisa dipertanggungjawabkan seperti analisa geostatistika.

3) Sumber Daya Terukur

Sumber daya mineral terukur merupakan bagian dari sumber daya mineral dengan kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan titik pengamatan, bentuk, dan karakteristik fisik yang dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang memadai untuk memungkinkan penerapan faktor pengubah untuk mendukung perencanaan tambang terperinci dan evaluasi akhir dari kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan sampel dan pengujian yang terperinci dan andal, dan memadai untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitasnya di antara titik pengamatan. Adapun informasi didapatkan dari singkapan, paritan uji, sumuran uji, dan lubang bor. Lokasi informasi pada kategori ini secara spasial adalah cukup rapat dengan spasi maksimum lima puluh meter untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar. Spasi ini bisa diperlebar dengan justifikasi teknis yang bisa dipertanggungjawabkan seperti analisa geostatistika.

Salah satu metode dalam penentuan distribusi dan estimasi sumber daya nikel laterit adalah metode *Inverse Distance Weighted (IDW)*. Metode ini merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang, (jarak), merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata tertimbang (*weighting average*) dari

titik-titik data yang ada di sekitarnya. Metode ini menggunakan cara penaksiran di mana harga rata-rata suatu blok merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata berbobot (*wieghted average*) dari data lubang bor di sekitar blok tersebut. Data di dekat blok memperoleh bobot lebih besar, sedangkan data yang jauh dari blok bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari blok yang ditaksir. Untuk mendapatkan efek penghalusan (pemerataan) data dilakukan faktor pangkat. Pilihan dari pangkat yang digunakan (ID1, ID2, ID3, ...) berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya akan semakin mendekati metode poligon conto terdekat. Dengan metode ini, sifat atau perilaku anisotropik dari cebakan mineral dapat diperhitungkan (*space warping*) (Haris, 2005).

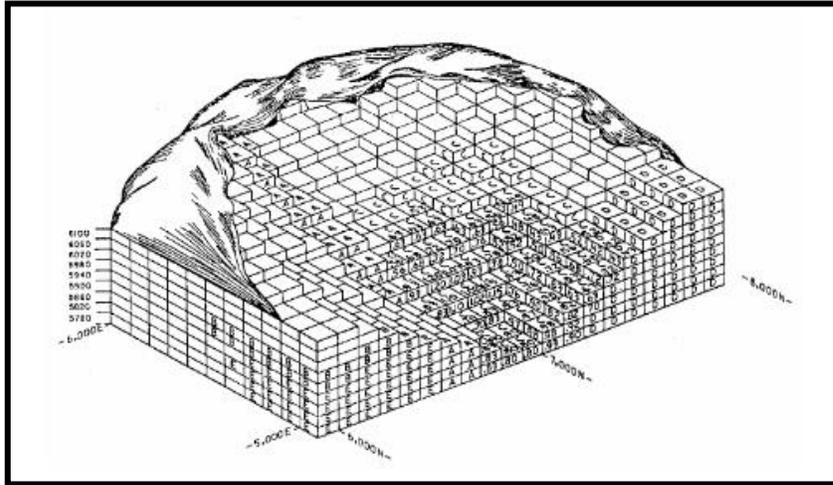
Metode *Inverse Distance Weighted (IDW)* juga dapat didefinisikan sebagai metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Metode ini biasanya digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk digunakan. Pemilihan nilai pada *power* sangat mempengaruhi hasil interpolasi. Nilai *power* yang tinggi akan memberikan hasil seperti menggunakan interpolasi *nearest neighbor* dimana nilai yang didapatkan merupakan nilai dari data point terdekat (NCGIA, 2007).

Kerugian dari metode *IDW* adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data sampel. Pengaruh dari data sampel terhadap hasil interpolasi disebut

sebagai isotropik. Dengan kata lain, karena metode ini menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel. Jadi, puncak bukit atau lembah terdalam tidak dapat ditampilkan dari hasil interpolasi model ini. Untuk mendapatkan hasil yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat yang berhubungan dengan variasi lokal. Jika sampelnya agak jarang dan tidak merata, hasilnya kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan (Pramono,2008).

Secara garis besar metode ini adalah sebagai berikut (Latif, 2008) :

- 1) Suatu cara penaksiran dimana harga rata-rata titik yang ditaksir merupakan kombinasi linear atau harga rata-rata terbobot (*weighted average*) dari data data lubang bor disekitar titik tersebut. Data di dekat titik yang ditaksir memperoleh bobot yang lebih besar, sedangkan data yang jauh dari titik yang ditaksir bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari titik yang ditaksir.
- 2) Pilihan dari pangkat yang digunakan (ID1, ID2, ID3, ...) berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya akan semakin mendekati hasil yang lebih baik



Gambar 2.4 Contoh dimensi hasil penaksiran dengan Model Blok

Jika “d” adalah jarak titik yang ditaksir dengan titik data (z), maka faktor pembobotan (w) adalah :

Tabel 2.1 Rumus perhitungan pembobotan (w)

Untuk ID pangkat satu	Untuk ID pangkat dua (IDS)	Untuk ID pangkat n
$w_j = \frac{\frac{1}{d_j}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i}}$	$w_j = \frac{\frac{1}{d_j^2}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i^2}}$	$w_j = \frac{\frac{1}{d_j^n}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i^n}}$

Maka Nilai Kadar yang ditaksir (Z^*):

$$Z^* = \sum_{i=1}^j w_i \cdot z_i$$

Keterangan :

Z^* = kadar yang ditaksir

j = jumlah data

i = kadar ke-i (i=1,.....,n)

d_i = jarak antar titik yang ditaksir dengan titik ke-i yang menaksir (m)

k = pangkat

Z = kadar asli

Dalam perhitungan Total Tonase Ni diperoleh dari hasil perhitungan volume Ni dikalikan dengan densitas dari tiap lapisan yaitu limonit dan saprolit maupun *bedrock* yang sebelumnya telah diukur dan disepakati oleh perusahaan.