

SKRIPSI

EVALUASI PROSPEK ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN REKONSTRUKSI MODEL GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN HASIL EKSPLORASI GEOLISTRIK KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE*

(Studi Kasus: Blok X, PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea,
Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara)

Disusun dan diajukan oleh:

DZULKIFLI ADITYA
D111 20 1057



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

EVALUASI PROSPEK ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN REKONSTRUKSI MODEL GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN HASIL EKSPLORASI GEOLISTRIK KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE*

(Studi Kasus: Blok X, PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea,
Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara)

Disusun dan diajukan oleh

DZULKIFLI ADITYA
D111 20 1057

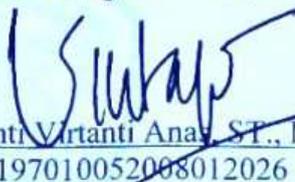
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 09 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,
Pembimbing,



Dr. Ir. Irzal Nur, MT.
NIP 196604091997031002

Ketua Program Studi,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.
NIP 197010052008012026



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,
Nama : Dzulrifli Aditya
NIM : D111201057
Program Studi : Sarjana Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

EVALUASI PROSPEK ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN
REKONSTRUKSI MODEL GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN HASIL
EKSPLORASI GEOLISTRIK KONFIGURASI *DIPOLE-DIPOLE*
(Studi Kasus: Blok X, PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea,
Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak mana pun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 09 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Dzulrifli Aditya



ABSTRAK

DZULKIFLI ADITYA. EVALUASI PROSPEK ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN REKONSTRUKSI MODEL GEOLOGI BAWAH PERMUKAAN HASIL EKSPLORASI GEOLISTRIK KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE (Studi Kasus: Blok X, PT Baula Petra Buana Site Roraya, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara) (dibimbing oleh Irzal Nur)

Indonesia memiliki potensi sumber daya mineral yang melimpah. Salah satu sumber daya terbesar adalah nikel laterit, yang bernilai ekonomis tinggi dan permintaannya terus meningkat. Tahap awal yang krusial dalam pengembangan sumber daya mineral ini adalah eksplorasi, yang memerlukan pemahaman mendalam tentang geologi bawah permukaan, termasuk identifikasi litologi, penentuan ketebalan lapisan bijih dan distribusinya. Penelitian ini bertujuan untuk merekonstruksi model geologi bawah permukaan endapan bijih nikel laterit di lokasi penelitian menggunakan metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole*. Tujuan utamanya adalah mengetahui variabilitas litologi, mengestimasi volume lapisan pembawa bijih nikel, serta mengetahui penyebaran dan menentukan daerah prospek endapan nikel laterit di lokasi penelitian, yaitu Blok X PT Baula Petra Buana di Kecamatan Tinanggea, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan luas lebih kurang 60,45 Ha. Metode penelitian melibatkan pengukuran geolistrik dengan konfigurasi *dipole-dipole* untuk mendapatkan data resistivitas bawah permukaan. Data ini kemudian diolah menggunakan perangkat lunak khusus geolistrik Geotomo Res2dinv dan dikorelasikan dengan data pengeboran. Pemodelan geologi dilakukan dengan perangkat lunak Seequent Leapfrog Geo 5.1 untuk menghasilkan model 3D dari endapan nikel laterit. Hasil penelitian menunjukkan adanya tiga lapisan litologi, yaitu lapisan *bedrock* dengan resistivitas 31,95 hingga 3.300 Ωm , lapisan saprolit dengan resistivitas 0 hingga 31,95 Ωm , dan lapisan batuan sedimen dengan resistivitas 31,95 hingga 165 Ωm . Volume lapisan pembawa bijih nikel (saprolit) yang diperoleh dari hasil pemodelan mencapai 6.343.600 m^3 . Validasi litologi dilakukan dengan membandingkan data pengeboran yang telah ada dengan data dari hasil pemodelan geologi untuk memastikan keakuratan model geologi, di mana perbedaan nilai di setiap titik kedalaman dirata-ratakan sehingga diperoleh nilai koreksi akhir sebesar $\pm 20\%$. Daerah potensial endapan nikel laterit ditentukan berdasarkan ketebalan saprolit, yaitu 30 hingga 50 m, yang berada di bagian selatan dan timurlaut lokasi penelitian, dan direkomendasikan sebagai daerah prospek.

Kata Kunci: nikel laterit, eksplorasi mineral, geolistrik resistivitas, model geologi, PT Baula Petra Buana



ABSTRACT

DZULKIFLI ADITYA. *EVALUATION OF PROSPECTS FOR LATERITE NICKEL DEPOSITS BASED ON RECONSTRUCTION OF SUBSURFACE GEOLOGICAL MODELS RESULTING FROM GEOELECTRIC EXPLORATION DIPOLE-DIPOLE CONFIGURATION (Case Study: Block X, PT Baula Petra Buana Site Roraya, Tinanggea District, South Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province)* (supervised by Irzal Nur)

Indonesia has abundant mineral resources, with one of the largest being laterite nickel, which has high economic value and increasing demand. The crucial initial stage in developing these mineral resources is exploration, requiring an in-depth understanding of subsurface geology, including lithology identification, ore layer thickness determination, and distribution. This study aims to reconstruct the subsurface geological model of laterite nickel ore deposits at the research location using the dipole-dipole geoelectric method. The main objectives are to understand lithological variability, estimate the volume of nickel ore-bearing layers, and determine the prospect areas of laterite nickel deposits at the research location, Blok X PT Baula Petra Buana in Tinanggea District, Southeast Sulawesi Province, covering approximately 60.45 hectares. The research method involves geoelectric measurements with a dipole-dipole configuration to obtain subsurface resistivity data. This data is processed using specialized geoelectric software, Geotomo Res2dinv, and correlated with drilling data. Geological modeling is performed using Seequent Leapfrog Geo 5.1 software to produce a 3D model of the laterite nickel deposits. The results show three lithological layers, namely the bedrock layer with resistivity ranging from 31.95 to 3,300 Ωm , the saprolite layer with resistivity from 0 to 31.95 Ωm , and the sedimentary rock layer with resistivity from 31.95 to 165 Ωm . The volume of the nickel ore-bearing layer (saprolite) obtained from the modeling results is 6,343,600 m^3 . Lithology validation is conducted by comparing existing drilling data with geological modeling data to ensure the accuracy of the geological model, with the average correction value being $\pm 20\%$. Potential areas of laterite nickel deposits are determined based on saprolite thickness, ranging from 30 to 50 meters, located in the southern and northeastern parts of the research area, and recommended as prospect areas.

Keywords: nickel laterite, mineral exploration, geoelectric resistivity, geological model, PT Baula Petra Buana



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Nikel Laterit.....	4
2.2 Eksplorasi Mineral.....	9
2.3 Eksplorasi Geofisika.....	11
2.4 Metode Geolistrik.....	13
2.5 Geolistrik Konfigurasi <i>Dipole-Dipole</i>	15
2.6 Sifat Kelistrikan Batuan.....	16
2.7 Kondisi Geologi Daerah Penelitian.....	18
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Tahapan Penelitian.....	24
3.3 Instrumen dan Data Penelitian.....	26
3.4 Pengolahan dan Analisis Data.....	33
3.5 Bagan Alir Penelitian.....	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	62
4.1 Penampang Resistivitas 2D.....	62
4.2 Pemodelan Geologi 3D.....	78
4.3 Daerah Anomali Nikel.....	87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	92
LAMPIRAN.....	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Profil nikel laterit	7
Gambar 2 Profil endapan nikel laterit tipe B	8
Gambar 3 Skema tahapan kegiatan eksplorasi.....	10
Gambar 4 Kedudukan ilmu geofisika terhadap bidang ilmu lainnya.....	11
Gambar 5 Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi <i>dipole-dipole</i>	15
Gambar 6 Peta geologi regional pada lokasi penelitian	20
Gambar 7 Peta wilayah IUP PT BPB.....	23
Gambar 8 Peta kesampaian daerah lokasi penelitian	24
Gambar 9 Kegiatan pengambilan data geolistrik.....	25
Gambar 10 Alat <i>resistivity meter</i> ARES Type G	26
Gambar 11 Data lintasan geolistrik.....	28
Gambar 12 Kedudukan titik pengeboran BPB.9.50.01 dan BPB.9.50.02	29
Gambar 13 Membuka <i>raw data</i> hasil pengukuran.....	33
Gambar 14 Pembuatan data sesuai format perangkat lunak Res2dinv	34
Gambar 15 Menyalin ke perangkat lunak Notepad.....	35
Gambar 16 Tampilan awal perangkat lunak Geotomo Res2dinv	35
Gambar 17 Menginput data resistivitas.....	36
Gambar 18 Memilih data yang diinput	36
Gambar 19 Notifikasi apabila data telah berhasil dimasukkan.....	36
Gambar 20 Menginversi dan menampilkan hasil inversi data resistivitas.....	37
Gambar 21 Menyimpan <i>file</i> hasil inversi	37
Gambar 22 Tampilan penampang 2D setelah dilakukan inversi resistivitas	38
Gambar 23 Menu untuk melakukan perbaikan data	38
Gambar 24 Penghapusan <i>Bad Datum Point</i>	39
Gambar 25 Tampilan penampang 2D setelah dilakukan inversi kembali.....	39
Gambar 26 Mengekspor gambar penampang	40
Gambar 27 Memberi nama <i>file</i> dan meyimpan ke komputer.....	40
Gambar 28 Kedudukan lubang bor pada penampang resistivitas GL-01	41
Gambar 29 Skala resistivitas	42
Gambar 30 Contoh penentuan dan pembuatan titik sampel pada penampang GL-04	42
Gambar 31 Tampilan awal perangkat lunak Seequent Leapfrog Geo 5.1	46
Gambar 32 Membuat lembar kerja baru	46
Gambar 33 Memasukkan <i>database</i>	47
Gambar 34 Memasukkan data sesuai format	47
Gambar 35 Menyesuaikan data <i>collar</i> sesuai format.....	48
Gambar 36 Menyesuaikan data <i>survey</i> sesuai format	48
Gambar 37 Menyesuaikan data <i>lithology</i> sesuai format	49
Gambar 38 Memasukkan data <i>topography</i>	49
Gambar 39 Memilih data topografi yang telah disiapkan.....	49
Gambar 40 Menyesuaikan data <i>topography</i> sesuai format	50
Gambar 41 Tampilan apabila data berhasil dimasukkan	50
Gambar 42 Membuat <i>Set Clipping Boundary</i>	51
Gambar 43 Mengatur <i>Set Clipping Boundary</i>	51
Gambar 44 Membangun model topografi.....	51



Gambar 45 Memasukkan kembali data topografi	52
Gambar 46 Tahap akhir pemodelan topografi	52
Gambar 47 Tampilan awal perangkat lunak Seequent Leapfrog Geo 5.1	53
Gambar 48 Membuat lembar kerja pemodelan geologi	53
Gambar 49 Memilih data dan memberi nama pada lembar kerja	53
Gambar 50 Memasukkan data litologi ke dalam model geologi.....	54
Gambar 51 Memasukkan data litologi SDM	54
Gambar 52 Memasukkan data litologi SAP.....	55
Gambar 53 Memasukkan data litologi BRK.....	55
Gambar 54 Masuk pada menu <i>Surface Chronology</i>	56
Gambar 55 Mengaktifkan setiap litologi.....	56
Gambar 56 Menampilkan model geologi.....	57
Gambar 57 Model geologi yang telah terbentuk.....	57
Gambar 58 Menambahkan <i>polyline</i>	58
Gambar 59 Memasukkan data batasan lokasi penelitian	58
Gambar 60 Membuat batasan model geologi dari data <i>polyline</i>	59
Gambar 61 Memilih data <i>polyline</i> yang telah dimasukkan.....	59
Gambar 62 Tampilan model geologi.....	60
Gambar 63 Bagan alir penelitian.....	61
Gambar 64 Peta lintasan geolistrik	62
Gambar 65 Penampang resistivitas lintasan GL-01	64
Gambar 66 Penampang resistivitas lintasan GL-02.....	64
Gambar 67 Penampang resistivitas lintasan GL-03	65
Gambar 68 Penampang resistivitas lintasan GL-04.....	65
Gambar 69 Penampang resistivitas lintasan GL-05.....	66
Gambar 70 Penampang resistivitas lintasan GL-06.....	66
Gambar 71 Penampang resistivitas lintasan GL-07.....	67
Gambar 72 Penampang resistivitas lintasan GL-08.....	67
Gambar 73 Penampang resistivitas lintasan GL-09.....	68
Gambar 74 Penampang resistivitas lintasan GL-10.....	68
Gambar 75 Penampang resistivitas lintasan GL-11	69
Gambar 76 Penampang resistivitas lintasan GL-12.....	69
Gambar 77 Penampang resistivitas lintasan GL-13	70
Gambar 78 Penampang resistivitas lintasan GL-14.....	70
Gambar 79 Penampang resistivitas lintasan GL-15.....	71
Gambar 80 Penampang resistivitas lintasan GL-16.....	71
Gambar 81 Penampang resistivitas lintasan GL-17.....	72
Gambar 82 Penampang resistivitas lintasan GL-18.....	72
Gambar 83 Penampang resistivitas lintasan GL-19.....	73
Gambar 84 Penampang resistivitas lintasan GL-20.....	73
Gambar 85 Penampang resistivitas lintasan GL-21	74
Gambar 86 Penampang resistivitas lintasan GL-22.....	74
Gambar 87 Penampang resistivitas lintasan GL-23	75
Gambar 88 Penampang resistivitas lintasan GL-24.....	75
Gambar 89 Penampang resistivitas lintasan GL-25.....	76
Gambar 90 Penampang resistivitas lintasan GL-26.....	76
Gambar 91 Penampang resistivitas lintasan GL-27	77
Gambar 92 Penampang resistivitas lintasan GL-28.....	77



Gambar 93 Penampang resistivitas lintasan GL-29	78
Gambar 94 Penampang resistivitas lintasan GL-30	78
Gambar 95 Model topografi 3D tampak dari atas	79
Gambar 96 Model topografi 3D tampak dari arah azimuth 45° dan <i>plunge</i> $+15^\circ$..	79
Gambar 97 Model topografi 3D yang diintegrasikan dengan citra foto udara	80
Gambar 98 Model geologi 3D secara keseluruhan	80
Gambar 99 Model lapisan batuan sedimen	81
Gambar 100 Model lapisan saprolit	82
Gambar 101 Model lapisan <i>bedrock</i>	82
Gambar 102 Penampang hasil sayatan membujur pada koordinat X 405600 mE	83
Gambar 103 Penampang hasil sayatan membujur pada koordinat X 405800 mE	84
Gambar 104 Penampang hasil sayatan membujur pada koordinat X 406000 mE	84
Gambar 105 Penampang hasil sayatan membujur pada koordinat X 406200 mE	85
Gambar 106 Penampang hasil sayatan membujur pada koordinat X 406400 mE	85
Gambar 107 Penampang hasil sayatan melintang pada koordinat Y 9514200 mS	86
Gambar 108 Penampang hasil sayatan melintang pada koordinat Y 9514400 mS	86
Gambar 109 Penampang hasil sayatan melintang pada koordinat Y 9514600 mS	87
Gambar 110 Penampang hasil sayatan melintang pada koordinat Y 9514800 mS	87
Gambar 111 Peta ketebalan lapisan saprolit	88
Gambar 112 Peta anomali saprolit berdasarkan ketebalan	89



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Nilai resistivitas batuan.....	17
Tabel 2 Nilai resistivitas nikel laterit	18
Tabel 3 Spesifikasi alat <i>resistivity meter</i> ARES Type G.....	27
Tabel 4 Data titik bor BPB.9.50.01	29
Tabel 5 Data titik bor BPB.9.50.02.....	30
Tabel 6 Contoh <i>raw data</i> hasil pengukuran geolistrik (pada GL-01)	31
Tabel 7 Contoh data topografi.....	32
Tabel 8 Contoh data <i>lithology</i>	43
Tabel 9 Contoh data <i>collar</i>	45
Tabel 10 Contoh data <i>survey</i>	45
Tabel 11 Nilai resistivitas litologi.....	63
Tabel 12 Ketebalan rata-rata, luas area, dan volume tiap litologi.....	83



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
%	Persen (seperseratus)
±	Menunjukkan dua kemungkinan nilai, lebih atau kurang dari angka yang ditunjukkan.
°	Derajat
°C	Derajat celsius (suhu)
2D	Dua dimensi
3D	Tiga dimensi
a	Jarak spasi antar elektroda
AppRes	<i>Apparent Resistivity</i> (resistivitas semu)
BRK	Lapisan <i>bedrock</i>
Cm	Centimeter (panjang)
DD	<i>Dipole-dipole</i>
el	Elektroda
EP	<i>Electrode Potential</i> (potensial elektroda)
Fe	<i>Ferrum</i> (unsur)
GL	<i>Geoelectrical Line</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
Ha	Hektar
I	Arus listrik
K	Faktor geometri pada konfigurasi geolistrik
LIM	Lapisan limonit
kg	Kilogram (massa)
m	Meter (panjang)
m ²	Meter persegi (luas)
m ³	Meter kubik (volume)
	Mili-ampere
	<i>Meter-East</i>
	<i>Meter-South</i>



Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
mV	Mili-volt
mdpl	Meter di atas permukaan laut
Mg	Magnesium
MΩ	Mega-ohm
n	Jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial
Ni	Nikel
BPB	Baula Petra Buana
R	Hambatan atau resistivitas
SAP	Lapisan saprolit
SDM	Lapisan batuan sedimen
Si	Silikon (unsur)
SiO ₂	Kuarsa (silika)
St-dev	Standar deviasi
V	Volt (tegangan)
ver.	Versi
W	Watt (daya)
π	Phi (bernilai 3,14159265358979323846)
ρ (rho)	Resistivitas semu
Ωm	Ohm-meter



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A <i>Raw Data</i> Hasil Pengukuran Geolistrik (Lintasan GL-01).....	97
Lampiran B <i>Drillhole</i> pada Penampang Resistivitas 2D	115
Lampiran C Data Topografi	125
Lampiran D Data <i>Lithology</i>	131
Lampiran E Data <i>Collar</i>	140
Lampiran F Data <i>Survey</i>	142



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, yang hingga saat ini masih memberikan kita nikmat, karunia dan kesehatan, sehingga penulis diberi kesempatan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul Evaluasi Prospek Endapan Nikel Laterit Berdasarkan Rekonstruksi Model Geologi Bawah Permukaan Hasil Eksplorasi Geolistrik Konfigurasi *Dipole-Dipole* (Studi Kasus: Blok X, PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara). Selawat serta salam tidak lupa selalu kita haturkan untuk junjungan nabi kita, yaitu Nabi Muhammad *Salallahu Ailahi Wasallam* yang telah menyampaikan petunjuk Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* untuk kita semua, yang merupakan sebuah suri teladan bagi kita umat dan merupakan satu-satunya karunia paling besar bagi seluruh alam semesta.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) dan memperoleh gelar sarjana teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Banyak hal yang telah terjadi selama proses penulisan skripsi ini dan penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan nasehat dari berbagai pihak secara akademis maupun non akademis, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada Pimpinan PT Baula Petra Buana beserta jajarannya, yang telah memberikan kesempatan, waktu dan tempat kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan kerja praktik dan pengambilan data lapangan untuk tugas akhir di PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Terima kasih kepada Bapak Ramayuddin Djunuda, S.T., selaku *geology department manager*, Bapak Ir. Muh. Zulfikar Aluhadjir, S.T., dan Bapak Ratno Rifai S.T., selaku *mineplan engineer* PT Baula Petra Buana sekaligus sebagai pembimbing lapangan penulis, yang senantiasa membimbing, membantu, dan berbagi ilmu kepada kami selama berada di lokasi penelitian.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T., selaku Kepala Laboratorium Eksplorasi Mineral, sekaligus menjadi pembimbing penulis, yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan banyak masukan mulai dari tahap pembuatan proposal hingga ke rampungnya skripsi ini. Terima kasih kepada Bapak Dr.phil.nat. Ir. Sri Widodo, S.T., M.T., dosen pengajar Laboratorium Eksplorasi Mineral, sekaligus sebagai salah satu dosen penguji dalam skripsi ini dan Ibu A. Febby Alvionita, S.T, M.T. selaku staf/dosen pengajar Laboratorium Eksplorasi Mineral, yang telah memberikan banyak motivasi, saran, dan dukungan.



Terima kasih kepada bapak Dr. Eng. Ir Muhammad Ramli, M.T, selaku dosen penguji yang melakukan *review*, memberikan saran, masukan, dan arahan guna menjadikan penelitian ini menjadi lebih baik. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada kanda Halilintar Rangga Swara, S.T., M.T., atas segala ilmu, bimbingan, arahan, dan motivasi hingga rampungnya skripsi ini.

Tak lupa pula penulis ungkapkan rasa syukur dan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua saya, bapak Supriadi dan ibu Marhawati, yang telah memberikan doa, restu, dukungan dan semangat yang tak terhingga kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan rangkaian penyusunan skripsi ini. Terima kasih kepada teman-teman DRILLING'20 (Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin angkatan 2020) dan anggota LBE Eksplorasi Mineral Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu memberikan motivasi, dukungan, saran, dan bantuan dalam banyak hal dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih juga penulis ucapkan kepada setiap pihak yang telah mendukung serta membantu dari tahap penulisan skripsi ini hingga rampung. Semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan pada skripsi ini. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun akan penulis terima sebagai bentuk pembelajaran untuk lebih baik lagi ke depannya. Penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, karena pada dasarnya penulis adalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi setiap pembacanya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Gowa, 09 Agustus 2024

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi sumber daya mineral Indonesia yang cukup banyak, tersebar hampir di seluruh nusantara dan merupakan salah satu modal untuk kegiatan pembangunan, terbukti di bidang pertambangan Indonesia yang kaya akan sumber daya mineral (Mustika dkk., 2015). Salah satu potensi terbesar yaitu nikel laterit, yang merupakan bahan galian yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, karena pada masa sekarang dan masa yang akan datang kebutuhan nikel semakin meningkat (Freyssinet *et. al.*, 2005). Proses pembentukan nikel laterit dimulai dari batuan ultramafik yang mengandung mineral seperti peridotit, serpentinit dan dunit dengan zat mineral olivin, piroksin, magnesium silikat dan zat besi mengalami pelapukan kemudian kandungan unsur Ni mengalami pelindihan dan terkonsentrasi di lapisan saprolit (Ahmad, 2021).

Salah satu tahap awal yang kritis dalam pengembangan sumber daya mineral termasuk endapan nikel laterit adalah aktivitas eksplorasi. Eksplorasi bijih nikel laterit memerlukan pemahaman yang mendalam tentang kondisi geologi bawah permukaannya. Hal ini melibatkan identifikasi litologi, penentuan ketebalan lapisan bijih, dan pemahaman tentang distribusi mineral nikelnya (Masuara, 2018). Salah satu metode yang biasa digunakan dalam eksplorasi endapan bijih nikel laterit adalah eksplorasi geofisika dengan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik itu oleh injeksi arus maupun secara alamiah. Melalui pengukuran resistivitas pada titik-titik yang berbeda, kita dapat membangun model geologi yang dapat membantu dalam pemahaman lebih lanjut tentang endapan bijih nikel laterit yang dieksplorasi (Wicaksono *et. al.*, 2022).



skipun metode geolistrik telah digunakan dalam penelitian-penelitian ya, setiap endapan bijih memiliki karakteristik geologi yang unik, yang kan pendekatan yang disesuaikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan

untuk merekonstruksi model geologi bawah permukaan untuk endapan bijih nikel laterit menggunakan metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole*, dengan tujuan mengidentifikasi daerah prospek yang kemudian dapat direkomendasikan ke tahap eksplorasi yang lebih detail. Sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang variabilitas litologi, karakteristik geologi di bawah permukaan dan penyebaran endapan bijih nikel laterit berdasarkan data hasil pengukuran geolistrik serta pemodelan geologi bawah permukaan, khususnya pada endapan nikel laterit yang berlokasi di Blok X PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea, Provinsi Sulawesi Tenggara.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana variabilitas litologi di bawah permukaan dari lokasi penelitian yang diinterpretasi menggunakan data resistivitas dari metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole*.
2. Berapa volume lapisan pembawa bijih nikel (saprolit) di daerah penelitian, yang diestimasi berdasarkan hasil rekonstruksi model geologi bawah permukaan menggunakan data geolistrik resistivitas.
3. Bagaimana penyebaran dan daerah prospek dari endapan nikel laterit di lokasi penelitian.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui variabilitas litologi di bawah permukaan dari lokasi penelitian yang diinterpretasi menggunakan data resistivitas dari metode geolistrik konfigurasi *dipole-dipole*.
2. Mengestimasi volume lapisan pembawa bijih nikel (saprolit) di daerah penelitian berdasarkan hasil rekonstruksi model geologi bawah permukaan



gunakan data geolistrik resistivitas.

Mengetahui penyebaran dan menentukan daerah prospek endapan nikel laterit di lokasi penelitian.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yang berkaitan dengan rekonstruksi model geologi bawah permukaan pada endapan bijih nikel laterit menggunakan metode geolistrik adalah diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang pemodelan geologi bawah permukaan endapan nikel laterit menggunakan metode geolistrik. Penelitian ini juga memiliki manfaat penting dalam bidang eksplorasi, di mana hasil penelitian ini akan memungkinkan perusahaan (pemilik IUP) untuk mengidentifikasi dengan lebih akurat zona-zona yang prospek dan meningkatkan efisiensi pada tahap eksplorasi selanjutnya. Selain itu, penelitian ini dapat berkontribusi pada keberlanjutan industri penambangan dan pengembangan teknologi geolistrik yang lebih maju. Juga penelitian ini bisa menjadi bahan referensi bagi peneliti-peneliti dalam bidang studi yang serupa dan sebagai bahan pustaka di Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini terbatas pada pengukuran geolistrik resistivitas konfigurasi *dipole-dipole* untuk menganalisis variabilitas litologi dan model geologi bawah permukaan endapan bijih nikel laterit serta penyebarannya, dengan tujuan untuk menentukan daerah yang prospek. Batasan geografis penelitian terletak pada Blok X PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan luas sekitar 60,45 Ha. Kegiatan pengambilan data lapangan dilakukan pada lokasi penelitian di Blok X PT Baula Petra Buana pada bulan Desember 2023 hingga Februari 2024.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nikel Laterit

Sumber daya endapan nikel tersebar di seluruh dunia, namun sebagian besar endapan nikel terkonsentrasi dalam dua tipe endapan, yaitu endapan nikel sulfida dan endapan nikel laterit. Nikel merupakan logam yang memiliki berbagai kelebihan yaitu memiliki titik lebur tinggi yaitu 1453°C , resistan terhadap korosi dan oksidasi, dapat berikatan dengan material lain, memiliki sifat kemagnetan yang baik (paramagnetik), dapat menjadi material pelapis logam, memiliki sifat katalis dan dapat didaur ulang sepenuhnya (Hasria & Septiana, 2024).

Nikel menjadi salah satu logam yang penting dan mempunyai banyak kegunaan. Penggunaan nikel sangat beragam, baik nikel primer (produk nikel yang berasal dari pemrosesan bijih nikel) maupun nikel sekunder (produk nikel yang berasal dari pemrosesan nikel primer). Sebanyak 48% nikel primer digunakan untuk produksi baja tahan karat (*stainless steel*) dan baja paduan, 39% untuk paduan non logam (*nonferrous alloy*) dan *superalloy* dan 10% untuk material pelapis logam (*electroplating*). Sedangkan untuk nikel sekunder, 30% digunakan untuk transportasi, 14% untuk produk-produk metal, 12% untuk peralatan elektronik, 10% pada industri petroleum, dan masing-masing 8% digunakan pada industri kimia, konstruksi, peralatan rumah tangga dan industri mesin (Kuck, 2011).

Total konsumsi global nikel mencapai hingga dua juta ton per tahun yang telah berkembang pesat sejak tahun 1940-an. Sekitar 60% sumber daya nikel terdapat pada endapan laterit dan 40% lainnya terdapat pada nikel sulfida (Hasria & Septiana, 2024). Perlu dicatat bahwa saat ini nikel laterit lebih menarik untuk produksi nikel, karena jumlah bijih nikel sulfida bermutu tinggi telah berkurang. Selain itu biaya eksplorasi bijih laterit yang merupakan endapan permukaan lebih rendah menjadikan bijih ini lebih menarik dibandingkan sulfida yang terletak lebih dalam (Farrokhpay *et. al.*, 2019).



Nikel laterit adalah hasil laterisasi (pelapukan kimiawi) batuan ultramafik mengandung nikel seperti peridotit, dunit dan serpentinit. Hal ini dapat digunakan karena adanya air permukaan yang bersifat asam sehingga dapat

melarutkan nikel, magnesium dan silikon yang terkandung dalam batuan dasar. Berbeda dengan nikel sulfida yang ditemukan pada kedalaman ratusan meter di bawah permukaan tanah, nikel laterit terdapat pada kedalaman yang relatif lebih dangkal, yaitu sekitar 15 hingga 20 meter di bawah permukaan tanah. Endapan nikel laterit cenderung berkadar rendah dengan jumlah yang melimpah. Cadangan bijih laterit dalam jumlah besar telah ditemukan di Provinsi Sulawesi Tenggara. Bijih laterit kadar tinggi dari wilayah ini telah banyak diproses untuk menghasilkan feronikel (Solihin, 2015). Pembentukan endapan nikel dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Elias, 2002):

1. Iklim

Curah hujan menentukan jumlah air hujan yang masuk ke tanah sehingga mempengaruhi intensitas pencucian dan pemisahan komponen yang larut. Juga temperatur rata-rata dari tanah yang semakin tinggi akan meningkatkan kinetik dari proses pelapukan.

2. Topografi

Relief dan geometri lereng akan mempengaruhi pengaliran air, jumlah air yang masuk ke dalam tanah dan level muka air tanah. Pengayaan nikel umumnya terjadi pada daerah perbukitan atau lereng dengan kemiringan sedang di mana terdapat rekahan yang berdekatan sehingga dapat menyebabkan proses pencucian yang turun ke bawah.

3. Drainase

Drainase mempengaruhi pasokan jumlah air untuk pelindian seluruh area di sekitarnya.

4. Tektonik

Pengangkatan muka tanah akibat gaya tektonik akan meningkatkan erosi pada bagian atas profil, meningkatkan relief topografi dan menurunkan muka air tanah. Kestabilan tektonik mendukung pendataran topografi dan memperlambat gerakan air tanah.

5. Tipe batuan induk



posisi mineral menentukan tingkat kerentanan batuan terhadap apukan dan ketersediaan unsur untuk kombinasi ulang pembentukan mineral baru.

6. Struktur

Patahan dan kekar memungkinkan bagi peningkatan permeabilitas batuan dasar sehingga meningkatkan potensi terjadinya alterasi.

Secara horizontal penyebaran endapan nikel laterit tergantung kepada arah aliran air tanah dan bentang alam. Air tanah di zona pelindian mengalir dari pegunungan ke arah lereng sambil membawa unsur Ni, Mg, dan Si. Berdasarkan cara terjadinya, endapan nikel dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu endapan bijih Ni-sulfida (primer) dan Ni-laterit (sekunder). Proses pembentukannya dimulai dari pelapukan (perubahan dan pemecahan) batuan ultrabasa yang mengandung mineral seperti harzburgit, dunit, dan piroksenit. Pelapukan ini menyebabkan dekomposisi (penguraian) sekunder dari endapan nikel sulfida, yang akhirnya menghasilkan endapan nikel laterit (Atmadja *et. al.*, 1974).

Endapan nikel laterit berasal dari pelapukan kimia batuan beku yang kaya akan olivin dan turunan metamorfnya yang memiliki kandungan Ni awal primer pada kisaran 0,2 hingga 0,4%. Karakteristik endapan nikel laterit termasuk kadar, tonase dan mineralogi, dikendalikan oleh interaksi faktor iklim dan geologis seperti sejarah geomorfologi, drainase, struktur, dan litologi, dan merupakan efek gabungan dari faktor-faktor individual ini, yang dalam sistem yang dinamis memungkinkan nikel untuk berkonsentrasi dalam regolit (Brand *et. al.*, 1998).

Profil laterit dapat dibagi menjadi beberapa lapisan yang mencerminkan karakteristik umum dari endapan nikel laterit. Profil ini dijelaskan berdasarkan daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. Lapisan terendah menunjukkan tahap awal pelapukan batuan dasar, dengan setiap lapisan di atasnya menunjukkan transformasi dari lapisan di bawahnya, yang menggambarkan tahap-tahap perubahan yang lebih maju. Penjelasan mengenai setiap lapisan dari profil endapan nikel laterit yaitu (Elias, 2002):

1. *Ferricrete*

Ferricrete umumnya ditemukan di lapisan atas, sering kali di atas lapisan saprolit dan di bawah lapisan tanah permukaan atau humus. Lapisan ini merupakan lapisan keras yang terbentuk dari oksida besi, sering kali terlihat sebagai lapisan batuan keras yang mengandung besi.

tonit



Lapisan ini merupakan lapisan yang berada dekat permukaan serta didominasi oleh mineral goetit dan hematit. Dasar dari zona ini diperkaya oleh mangan, kobalt, dan nikel dalam bentuk gumpalan asbolit dan mangan.

3. *Saprolit*

Lapisan saprolit merupakan zona di mana proporsi mineral primer semakin menurun dan zona rekahan pada batuan yang semakin kuat menyebabkan terjadinya alterasi yang intensif pada batuan. Zona ini terdiri dari pecahan batuan dasar, kuarsa dan garnierit yang diendapkan. Zona ini juga merupakan zona pengkayaan nikel.

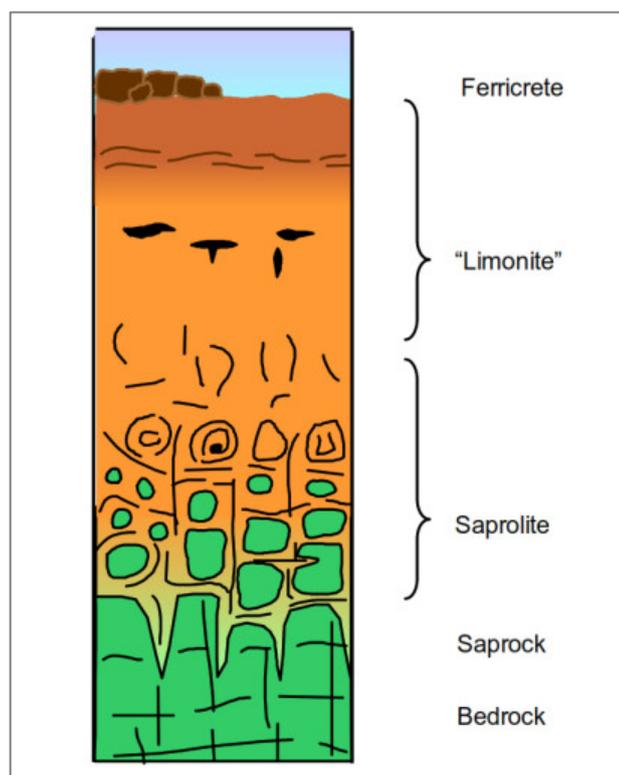
4. *Saprock*

Di lapisan ini pelapukan terjadi pada kontak antara mineral dan batas rekahan. Terdapat banyak batuan segar dan sedikit produk alterasi.

5. *Bedrock*

Lapisan ini disebut juga zona batuan dasar yang merupakan lapisan paling bawah di mana menunjukkan tahap awal dari pelapukan batuan yang terjadi. Batuan dasar dari endapan nikel laterit merupakan batuan ultramafik.

Profil nikel laterit untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Profil nikel laterit (Elias, 2002)



Profil endapan nikel laterit di bagian Selatan Lengan Tenggara khususnya pada beberapa daerah di Konawe Selatan dijumpai kehadiran zona *overburden* yang terletak antara zona *top soil* dan limonit. Zona *overburden* pada profil endapan laterit ini disebut juga sebagai zona batuan sedimen, dan diketahui bahwa zona batuan sedimen tersebut pada profil endapan nikel laterit di Kabupaten Konawe Selatan merupakan bagian dari Molasa Sulawesi (Hasria & Septiana, 2024). Profil endapan nikel laterit di bawah Molasa Sulawesi terdiri atas dua tipe yaitu tipe A dengan kehadiran zona limonit dan tipe B yang tidak menunjukkan kehadiran dari zona limonit (Raivel & Firman, 2020).

Dua tipe profil endapan nikel laterit di bawah Molasa Sulawesi yaitu sebagai berikut (Raivel & Firman, 2020):

1. Endapan nikel laterit tipe A (dengan lapisan limonit)

Profil endapan nikel laterit ini hadir sebagaimana profil endapan laterit pada umumnya. Walaupun sedikit ada perbedaan yaitu memiliki *top soil* dan *overburden* bukan hasil dari pelapukan batuan ultrabasa atau batuan induk dari endapan nikel laterit yang terbentuk. Adapun profil endapan ini terdiri dari *top soil*, batuan sedimen, limonit, saprolit dan batuan dasar (*bedrock*).

2. Endapan nikel laterit tipe B (tanpa lapisan limonit)

Profil endapan nikel laterit ini hadir dalam tampilan yang berbeda. Perbedaan ini terletak pada komposisi penyusun *top soil* dan *overburden* yaitu bukan hasil dari pelapukan batuan ultrabasa atau batuan induk dari endapan nikel laterit yang terbentuk. Selain itu, hadir tanpa lapisan limonit di atas zona saprolit. Adapun profil endapan ini terdiri dari *top soil*, batuan sedimen, saprolit dan batuan dasar (*bedrock*), seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Profil endapan nikel laterit tipe B (Raivel & Firman, 2020)



2.2 Eksplorasi Mineral

Sebagai suatu industri yang padat modal, padat teknologi, dan padat sumber daya, serta mengandung risiko yang tinggi, maka industri pertambangan menjadi hal yang sangat unik dan membutuhkan usaha yang lebih untuk dapat menghasilkan sesuatu yang positif dan menguntungkan. Banyaknya disiplin ilmu dan teknologi yang terlibat di dalam industri ini mulai dari geologi, eksplorasi, pertambangan, metalurgi, mekanik dan elektrik, lingkungan, ekonomi, hukum, manajemen, keuangan, sosial budaya, dan komunikasi, sehingga menjadikan industri ini cukup kompleks. Karena yang menjadi dasar dalam perencanaan aktivitas pada industri pertambangan adalah tingkat kepastian dari penyebaran endapan, geometri badan bijih (endapan), jumlah cadangan, serta kualitas, maka peranan ilmu eksplorasi menjadi hal yang sangat penting sebagai awal dari seluruh rangkaian pekerjaan dalam industri pertambangan (Ishak, 2021).

Adapun definisi dari eksplorasi menurut para ahli adalah sebagai berikut:

- a. Eksplorasi mineral didefinisikan sebagai penyelidikan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu keterangan mengenai letak, sifat-sifat, bentuk, cadangan, mutu serta nilai ekonomis dari suatu endapan (Dhadar, 1980).
- b. Eksplorasi adalah suatu aktivitas untuk mencari tahu keadaan suatu daerah, ruang yang sebelumnya tidak diketahui keberadaannya, sedangkan istilah eksplorasi geologi adalah mencari tahu tentang keadaan suatu objek geologi yang umumnya berupa cebakan mineral (Koesoemadinata *et. al.*, 1995).
- c. Eksplorasi mineral merupakan aktivitas untuk menemukan serta mendapatkan sejumlah maksimum dari cebakan mineral ekonomis baru dengan biaya dan waktu seminimal mungkin (Peters, 1978).

Agar kegiatan eksplorasi dapat terencana, terprogram, dan efisien, maka dibutuhkan pengelolaan kegiatan eksplorasi yang baik dan terstruktur. Untuk itu dibutuhkan pemahaman konsep eksplorasi yang tepat dan terarah oleh para pelaku kegiatan eksplorasi, khususnya yang meliputi disiplin ilmu geologi dan eksplorasi tambang. Secara umum, dalam industri pertambangan kegiatan eksplorasi ditujukan

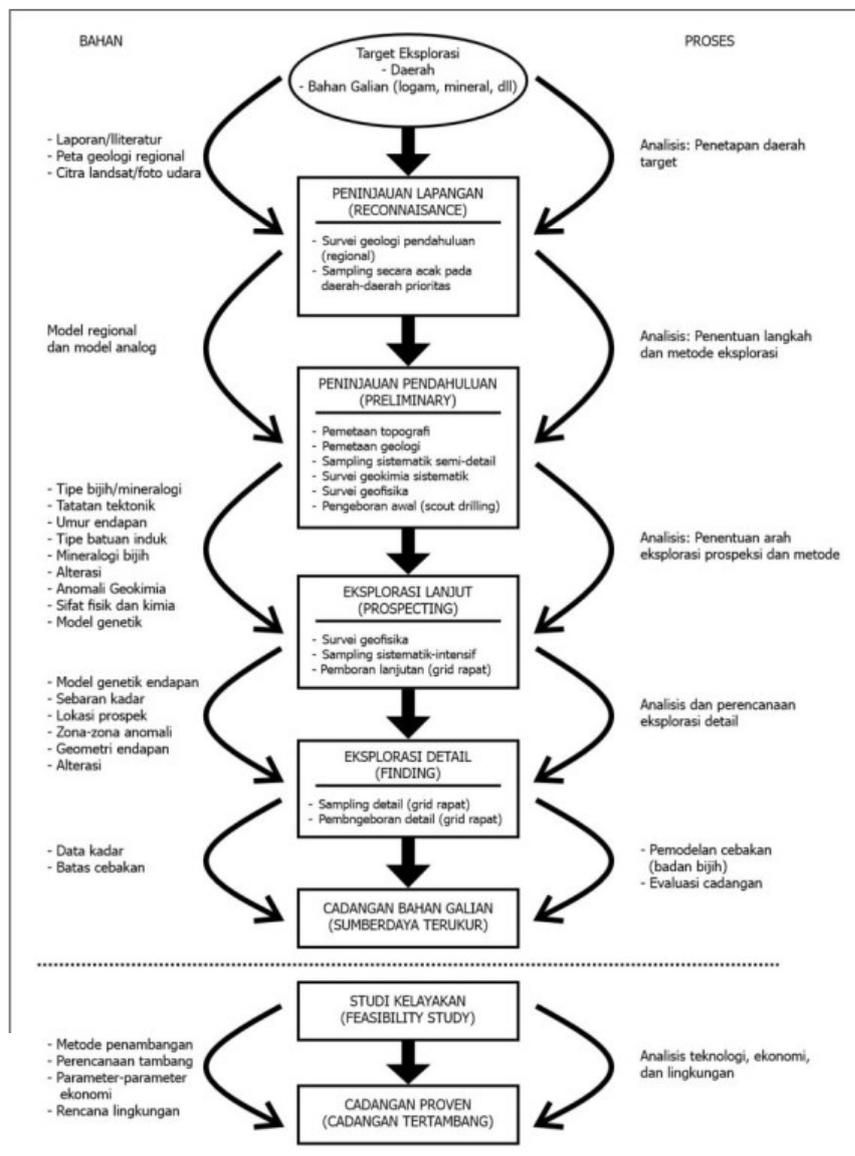
erikut (Gusman, 2010):

mencari dan menemukan cadangan bahan galian baru,



- b. Mengendalikan (menambah) pengembalian investasi yang ditanam, sehingga pada suatu saat dapat memberikan keuntungan yang ekonomis (layak),
- c. Mengendalikan (penambahan atau pengurangan) jumlah cadangan, di mana cadangan merupakan dasar dari aktivitas penambangan,
- d. Mengendalikan atau memenuhi kebutuhan pasar atau industri,
- e. Diversifikasi sumber daya alam,
- f. Mengontrol sumber-sumber bahan baku sehingga dapat berkompetisi dalam persaingan pasar.

Secara skematis, tahapan-tahapan kegiatan eksplorasi dapat dilihat pada Gambar 3 (Gusman, 2010).

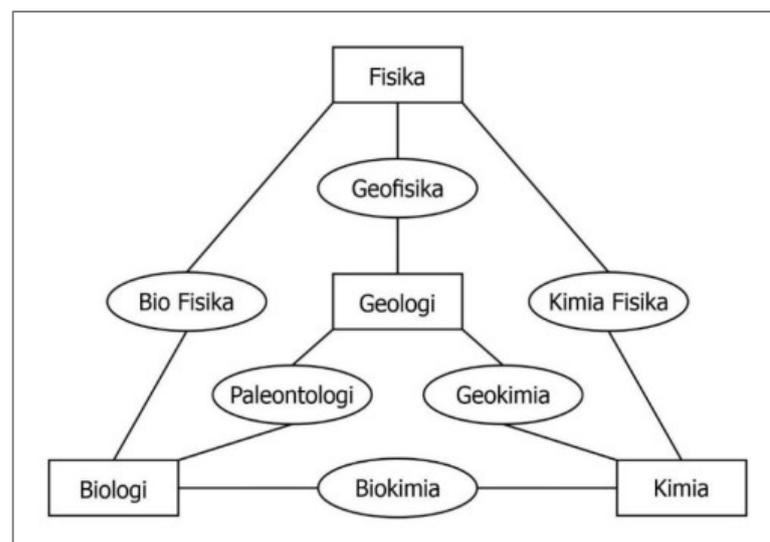


Gambar 3 Skema tahapan kegiatan eksplorasi (Gusman, 2010)



2.3 Eksplorasi Geofisika

Ilmu pengetahuan alam atau sains dibagi menjadi beberapa bidang yaitu fisika, kimia, biologi, dan geologi, sedangkan matematika adalah alat untuk memahami atau menyelesaikan masalah dalam ilmu pengetahuan alam. Ilmu yang menghubungkan antara ilmu fisika dan kimia adalah kimia fisika. Ilmu yang menghubungkan antara biologi dengan fisika disebut dengan biofisika. Ilmu yang menjembatani antara cara biologis dengan kimia adalah biokimia. Ilmu yang mempelajari tentang geologi dan kimia disebut geokimia. Ilmu yang menghubungkan antara biologi dengan geologi adalah paleontologi. Sedangkan ilmu yang menghubungkan antara fisika dengan geologi dikenal dengan geofisika. Gambar 4 menunjukkan piramida ilmu yang menghubungkan antara empat ilmu dasar yaitu fisika, kimia, biologi, dan geologi (Zuhdi dkk., 2021).



Gambar 4 Kedudukan ilmu geofisika terhadap bidang ilmu lainnya (Zuhdi dkk., 2021)

Geofisika adalah bagian dari ilmu bumi yang mempelajari bumi menggunakan kaidah atau prinsip-prinsip fisika. Di dalamnya termasuk juga meteorologi, elektrisitas atmosferis, dan fisika ionosfer. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di bawah permukaan bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun horizontal (Zuhdi *et. al.*, 1990).



Adapun pengertian eksplorasi disebut juga penjelajahan atau tindakan mencari atau melakukan penjelajahan dengan tujuan menemukan sesuatu, misalnya daerah tak dikenal termasuk antariksa (penjelajahan angkasa), minyak bumi, gas alam, batubara, mineral, gua, air ataupun informasi. Berdasarkan pengertian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa eksplorasi geofisika merupakan cabang terapan geofisika, yang menggunakan metode fisik (seperti seismik, gravitasi, magnet, listrik dan elektromagnetik) di permukaan bumi untuk mengukur sifat fisik di bawah permukaan bumi, bersama dengan hal-hal yang berkaitan (Kearey *et. al.*, 2002).

Dalam ilmu geofisika sifat fisik bumi adalah parameter yang sangat berperan penting untuk mempelajari struktur bumi dan sifat fisiknya. Instrumentasi geofisika adalah syarat mutlak untuk mempelajari bumi melalui metode geofisika. Metode geofisika dibagi menjadi dua bagian besar yaitu metode geofisika aktif dan pasif. Metode geofisika aktif, bekerja dengan cara menginjeksikan sinyal atau medan fisis ke dalam bumi dan menerima respon dari sinyal atau medan yang telah terpengaruh oleh struktur di bawah permukaan. Metode geofisika pasif, hanya menerima sinyal atau alami dari bumi tanpa menginjeksikannya (Zuhdi dkk., 2021).

Metode geofisika yang telah banyak berkembang untuk memahami struktur bumi dan eksplorasi mineral antara lain adalah metode gravitasi, metode magnetik, metode seismik, metode geolistrik, dan metode elektromagnet. Secara umum metode gravitasi dan magnetik adalah termasuk ke dalam metode geofisika pasif, sedangkan metode seismik, geolistrik dan elektromagnet adalah metode geofisika aktif (Zuhdi dkk., 2021).

Pengukuran geofisika digunakan untuk mengetahui sebaran berbagai sifat fisik di dalam bumi, seperti massa jenis, magnetisasi, kerentanan magnetik, konduktivitas listrik, dan modulus elastis. Pada dasarnya sifat-sifat ini digunakan untuk menyimpulkan distribusi berbagai jenis batuan dan mineral di dalam bumi, dan informasi tentang keadaannya, misalnya suhu, kekuatan, atau kandungannya. Geofisika eksplorasi menerapkan metode geofisika untuk mencari secara sistematis

laya berharga yang terkandung di kerak bumi seperti logam mulia dan sar, mineral industri, serta batu bara, minyak, dan gas (Durrheim *et. al.*,



Tujuan utama dari kegiatan eksplorasi geofisika adalah untuk membuat model permukaan bumi dengan mengandalkan data lapangan yang diukur bisa pada permukaan atau di dalam bumi dengan ketinggian dan kedalaman tertentu. Eksplorasi geofisika juga digunakan untuk memetakan struktur bawah permukaan dari suatu daerah, untuk menjelaskan struktur yang mendasari, distribusi spasial satuan batuan, menentukan letak air tanah dan untuk mendeteksi struktur lipatan dan batuan intrusi. Untuk mencapai tujuan ini, idealnya kegiatan survei atau pengukuran harus dilakukan secara terus menerus, berkelanjutan dan terintegrasi menggunakan sejumlah ragam metode geofisika (Durrheim *et. al.*, 2021).

Keuntungan dari survei geofisika adalah memungkinkan untuk memperoleh informasi di mana volume tanah besar yang tidak bisa diselidiki dengan metode langsung karena biaya. Aplikasi dari geofisika dalam karakterisasi lahan yang terkontaminasi, misalnya distribusi dan migrasi polutan di tanah dan air tanah yang masih berkembang, tetapi dengan potensi besar. Hal tersebut masih belum cukup atau tidak digunakan dalam rekayasa dan kemampuan yang lebih baru (Durrheim *et. al.*, 2021).

2.4 Metode Geolistrik

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika aktif, karena arus listrik berasal dari luar sistem. Metode geolistrik adalah suatu metode yang memanfaatkan sifat-sifat kelistrikan untuk menginterpretasikan karakteristik suatu batuan di bawah permukaan bumi. Sumber-sumber listrik tersebut biasa berasal dari alam (pasif) maupun secara buatan (aktif). Tujuan utama dari metode ini sebenarnya adalah mencari resistivitas atau tahanan jenis dari batuan (Reynolds, 2006).

Metode geolistrik merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui sifat aliran listrik di dalam bumi dengan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian ini meliputi pengukuran potensial, arus dan medan elektromagnetik yang terjadi baik itu oleh injeksi arus maupun secara alamiah. Salah satu metode geolistrik yang sering digunakan dalam pengukuran aliran listrik dan untuk jari keadaan geologi bawah permukaan adalah dengan metode tahanan lford *et. al.*, 1990). Metode geolistrik merupakan metode yang banyak digunakan dan hasilnya cukup baik yaitu untuk memperoleh gambaran



mengenai lapisan tanah di bawah permukaan, dengan memanfaatkan perbedaan resistivitas elektrik antara berbagai material geologis untuk memetakan struktur bawah permukaan bumi, dan telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi geofisika (Kearey *et. al.*, 2002).

Metode geofisika geolistrik didasarkan pada sifat kelistrikan batuan, baik kelistrikan statis maupun kelistrikan dinamis. Beberapa metode geolistrik yang paling populer adalah metode resistivitas atau hambatan jenis, metode *self potential* dan metode polarisasi induksi. Walaupun sesungguhnya metode geolistrik memiliki artian yang cukup luas, tetapi di Indonesia istilah geolistrik biasanya mengacu hanya pada ada metode resistivitas. Bumi terdiri dari berbagai batuan yang terbentuk oleh berbagai mineral. Mineral sendiri terbentuk oleh unsur-unsur dan senyawa-senyawa. Unsur dan senyawa terdiri dari atom-atom yang di dalamnya merupakan gabungan dari partikel sub atom yaitu proton neutron dan elektron. Proton bermuatan listrik positif, neutron tidak bermuatan, sedangkan elektronnya bermuatan listrik negatif. Sesungguhnya material bumi tersusun oleh partikel-partikel yang bermuatan listrik akan tetapi jumlah yang sama antara muatan positif dan negatif mengakibatkan muatan listrik bumi menjadi netral (Zuhdi dkk., 2021)

Resistivitas atau tahanan jenis adalah besaran atau parameter yang menunjukkan tingkat hambatannya terhadap arus listrik. Batuan yang memiliki resistivitas makin besar, menunjukkan bahwa batuan tersebut sulit untuk dialiri oleh arus listrik. Selain resistivitas batuan, metode geolistrik juga dapat dipakai untuk menentukan sifat-sifat kelistrikan lain seperti *self potential* dan medan induksi. Resistivitas batuan dapat diukur dengan memasukkan arus listrik ke dalam tanah melalui dua titik elektroda di permukaan tanah dan dua titik lain untuk mengukur beda potensial di permukaan yang sama. Hasil pengukuran geolistrik dapat berupa peta sebaran tahanan jenis baik dengan jenis *mapping* atau horizontal maupun *sounding* atau kedalaman. Hasil pengukuran geolistrik *mapping* maupun *sounding* disesuaikan dengan kebutuhan diadakannya akuisisi data serta jenis konfigurasi yang digunakan (Kearey *et. al.*, 2002).

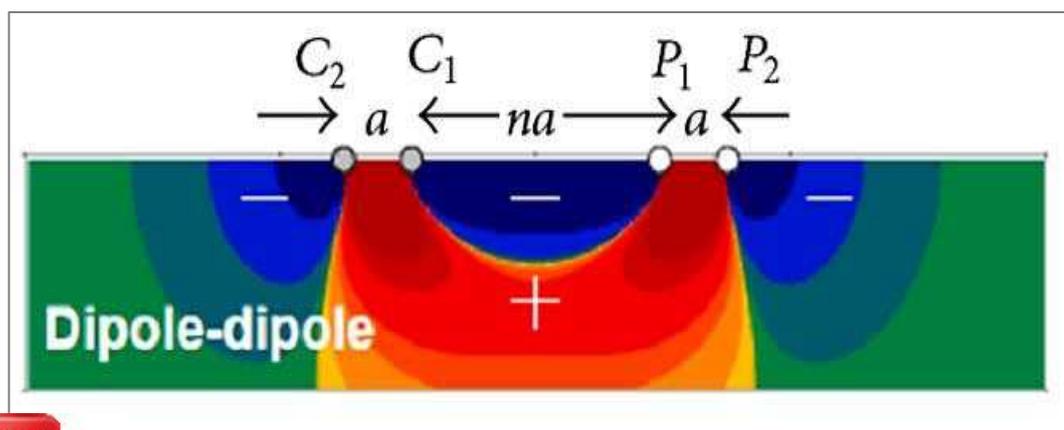


2.5 Geolistrik Konfigurasi *Dipole-Dipole*

Metode geolistrik memiliki beberapa konfigurasi seperti *Schlumberger*, *Wenner*, *pole-pole*, *pole-dipole*, dan *dipole-dipole*. Konfigurasi ini memiliki nilai K (faktor geometri) yang berbeda-beda (Telford *et. al.*, 1990). Konfigurasi *dipole-dipole* adalah konfigurasi yang elektroda arusnya diletakkan terpisah satu sama lain tergantung dari keperluan kedalaman interpretasi (Putra & Malik, 2011).

Metode geolistrik resistivitas konfigurasi *dipole-dipole* dapat diterapkan untuk tujuan mendapatkan gambaran bawah permukaan pada obyek yang penetrasinya relatif lebih dalam dibandingkan dengan metode *sounding* lainnya seperti konfigurasi *Wenner* dan konfigurasi *Schlumberger*. Metode ini sering digunakan dalam survei-survei resistivitas karena rendahnya efek elektromagnetik yang ditimbulkan antara sirkuit arus dan potensial (Loke & Barker, 1995). Konfigurasi ini memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap variasi resistivitas di bawah permukaan bumi. Sensitivitas ini berlaku baik untuk arah horizontal maupun vertikal, memungkinkan deteksi perubahan resistivitas yang lebih detail dan resolusi yang lebih baik dibandingkan dengan beberapa konfigurasi lainnya (Okpoli, 2013).

Susunan elektroda konfigurasi *dipole-dipole* dapat dilihat pada Gambar 5. Spasi antara dua elektroda arus dan elektroda potensial sama yaitu a . Konfigurasi ini mempunyai faktor lain yaitu n yang merupakan rasio jarak antara elektroda C1 dan P1 ke C2 – C1 atau P1 – P2 dengan jarak pisah a (Okpoli, 2013).



Gambar 5 Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi *dipole-dipole* (Okpoli, 2013)



Pengukuran ini dilakukan dengan memindahkan elektroda potensial pada suatu penampang dengan elektroda arus tetap, kemudian pemindahan elektroda arus pada spasi n berikutnya diikuti oleh pemindahan elektroda potensial sepanjang penampang seterusnya hingga pengukuran elektroda arus pada titik terakhir di penampang itu (Reynolds, 2006).

Nilai resistivitas semu dari konfigurasi *dipole-dipole* dapat ditentukan menggunakan Persamaan (1) (Telford *et. al.*, 1990).

$$\rho = K \cdot R \quad (1)$$

dengan K adalah faktor geometri yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (2),

$$K = n(n+1)(n+2)\pi a \quad (2)$$

Keterangan:

ρ = nilai resistivitas semu atau tahanan jenis

R = resistivitas

K = faktor geometri

n = rasio jarak antara elektroda $C1$ dan $P1$ ke $C2 - C1$ atau $P1 - P2$

π = *phi*

a = spasi antar elektroda

2.6 Sifat Kelistrikan Batuan

Batuan adalah material yang mempunyai daya hantar listrik dan harga tahanan jenis tertentu. Batuan yang sama belum tentu mempunyai tahanan jenis yang sama. Sebaliknya harga tahanan jenis yang sama bisa dimiliki oleh batuan-batuan berbeda, hal ini terjadi karena nilai resistivitas atau tahanan jenis batuan memiliki rentang nilai yang bisa saling tumpang tindih (Simanjorang, 2020).

Prinsip pengukuran metode geolistrik adalah dengan mengukur sifat kelistrikan batuan (Dobrin & Savit, 1988). Survei resistivitas menggambarkan kondisi bawah permukaan berdasarkan distribusi nilai resistivitas. Resistivitas batuan adalah subjek penelitian intensif untuk menafsirkan model bawah permukaan (Suzuki *et. al.*, 2024). Resistivitas dihitung dari jarak antara elektroda, konfigurasi yang diterapkan, dan beda potensial yang diukur, berdasarkan Hukum Ohm (Suzuki *et. al.*, 2022). Interpretasi terhadap gambaran resistivitas bawah permukaan untuk menjadi sebuah gambaran geologi, sangat diperlukan



pengetahuan seperti membedakan tipe material dan kenampakan geologinya berdasarkan nilai resistivitas sangat dibutuhkan (Telford *et. al.*, 1990).

Sifat kelistrikan batuan yaitu nilai kelistrikan geologi atau batuan yang dapat diukur menggunakan metode kelistrikan. Metode resistivitas didasarkan pada hukum ohm, di mana arus listrik dialirkan ke tanah dan beda potensial listrik diukur pada berbagai titik di bawah permukaan, sehingga faktor geometri dan resistivitas listrik semu (ρ_A) dari setiap titik dapat diketahui (Cardoso *et. al.*, 2024).

Nilai resistivitas batuan dipengaruhi oleh derajat kekompakan dan kandungan fluida yang mengisi batuan. Nilai dari beberapa jenis batuan biasanya mengalami tumpang tindih. Hal ini disebabkan karena resistivitas dari batuan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kandungan lempung, ketersediaan air tanah, jenis dan karakteristik fisik batuan, mineralogi batuan, dan sebagainya (Yan *et. al.*, 2018).

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan atau mineral digolongkan menjadi tiga yaitu (Telford *et. al.*, 1990):

Konduktor baik : ($10^{-8} < \rho < 1$) Ωm

Konduktor menengah : ($1 < \rho < 10^7$) Ωm

Isolator : ($\rho > 10^7$) Ωm

Berikut ini disajikan beberapa nilai resistivitas batuan yang berhubungan dengan pembentukan endapan nikel laterit dalam Tabel 1.

Tabel 1 Nilai resistivitas batuan

No.	Tipe batuan	Resistivitas (Ωm)
1	Peridotit	$3 \times 10^3 - 6,5 \times 10^3$
2	Serpentinit	$2 \times 10^2 - 3 \times 10^3$
3	Gabro	$10^3 - 10^6$
4	Basal	$10 - 1,3 \times 10^7$
5	Saprolit	1 – 500
6	Tanah Laterit	120 – 750

Sumber: (Palacky, 1987; Reynolds, 1997; Telford *et. al.*, 1990)



in untuk resistivitas pada setiap zona atau lapisan pada endapan nikel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai resistivitas nikel laterit

No.	Litologi	Resistivitas (Ωm)
1	Limonit <i>overburden</i>	≤ 35
2	Zona limonit	40 – 200
3	Zona saprolit	201 – 444
4	<i>Saprock</i>	246 – 645
5	<i>Boulder/bedrock</i>	645 – 3.300

Sumber: (Santoso & Subagio, 2018)

2.7 Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Pulau Sulawesi dan pulau-pulau kecil di sekitarnya mempunyai kondisi geologi yang kompleks. Hal ini disebabkan kawasan Pulau Sulawesi merupakan tempat tumbukan aktif dari tiga lempeng yaitu Lempeng Hindia-Australia yang bergerak relatif ke arah utara, Lempeng Samudera Pasifik bergerak relatif ke barat, dan Lempeng Benua Eurasia yang relatif diam (Hutchison, 1989). Tumbukan ketiganya mengakibatkan kawasan Pulau Sulawesi mempunyai struktur geologi dan stratigrafi yang rumit, serta komposisi batuan yang beragam (Villeneuve *et. al.*, 2002).

Kondisi geologi Pulau Sulawesi bagian barat berbeda dengan bagian timurnya. Bagian timurnya didominasi oleh dua kelompok besar batuan yang mempunyai asal berbeda yaitu batuan asal lempeng samudera (kepingan samudera) dan batuan asal lempeng benua (kepingan benua). Batuan asal samudera, yang diberi nama Lajur Ofiolit Sulawesi Timur atau Kompleks Ofiolit Sulawesi, yang diduga berasal dari punggung tengah Samodra (*midoceanic ridge*) merupakan Kompleks Ofiolit terluas nomor tiga di dunia, yang didominasi oleh batuan ultramafik dan mafik serta sedimen pelagik (Surono, 2010). Daratan Sulawesi Tenggara yang terbentuk karena pengaruh lempeng Eurasia yang berbeda dengan Pulau Sumatera dan Jawa (pengaruh lempeng Indo-Australia), memiliki potensi batuan yang cukup bervariasi dengan sebaran formasi geologi yang cukup beragam : yang berbeda-beda dari sejak Zaman Karbon hingga Kuartar (Holosen) (2005).



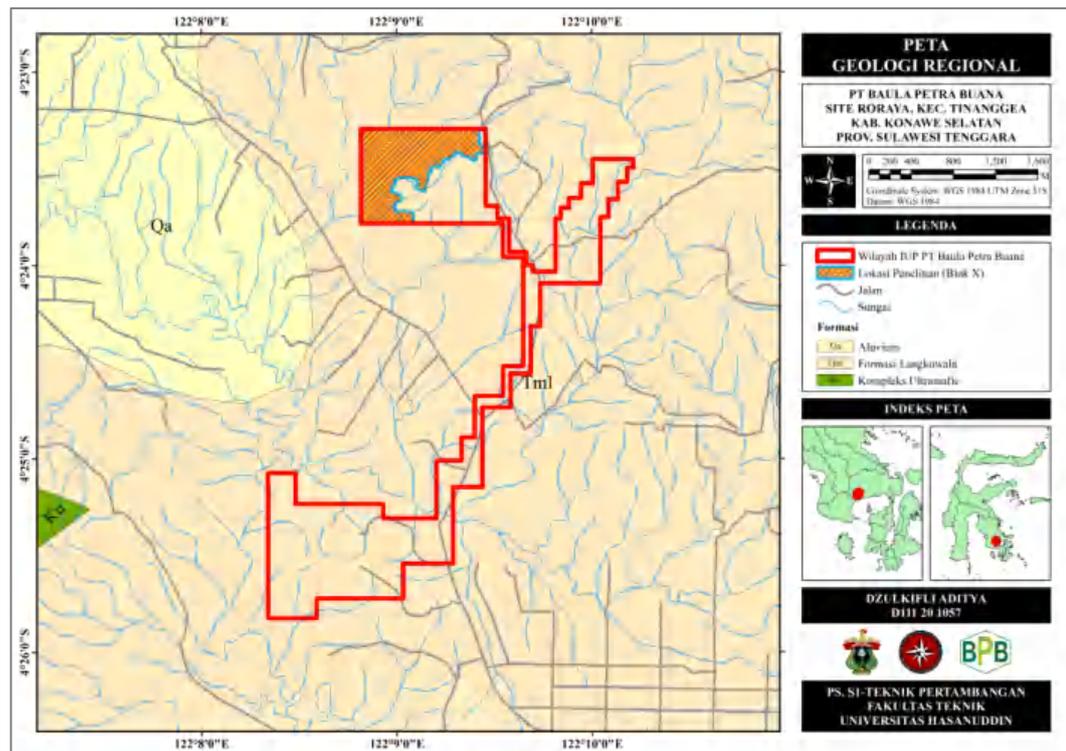
struktur geologi yang dijumpai di daerah Sulawesi Tenggara adalah sesar, dan kekar. Sesar naik ditemukan di daerah Wawo, sebelah barat Tampakura

dan di Tanjung Labuandala di selatan Lasolo, yaitu beranjaknya batuan ofiolit ke atas Batuan Metamorf Mekonga, Formasi Meluhu dan Formasi Matano. Singkapan batuan ultramafik pada kelompok Lengan Timur dan Tenggara Sulawesi hadir dalam tiga bentuk, yaitu (Van Leeuwen & Pieters, 2011):

1. Sebagai sebuah tubuh besar dengan bentuk tidak beraturan yang mencapai ratusan kilometer, yang terbesar adalah daerah-daerah danau masif yang menutupi beberapa ratus kilometer persegi daerah ultramafik.
2. Sebagai lapisan-lapisan terimbikasi mengikuti pola-pola umum struktur zona Melange subduksi.
3. Berupa tubuh-tubuh kecil ultramafik tidak beraturan dan terisolir yang umumnya muncul secara terbatas yang memanjang mengikuti kemenerusan regional berarah timur laut seperti di Sua-Sua, Pao-Pao dan Pomalaa.

Geologi regional pada daerah penelitian termasuk dalam peta geologi lembar Kolaka Sulawesi Tenggara. Secara geologi regional, Sulawesi Tenggara bagian selatan memiliki susunan stratigrafi yaitu Kompleks Metamorf, Kompleks Ofiolit dan ditutupi oleh Molasa Sulawesi (Formasi Langkowala, Formasi Boepinang, Formasi Eemoiko, dan Formasi Pandua) serta sebagian Alluvial (Simandjuntak *et. al.*, 2011). Daerah Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan merupakan bagian dari Sulawesi Tenggara bagian selatan hampir seluruhnya ditutupi oleh Molasa Sulawesi. Namun di sisi lain daerah ini banyak dijumpai endapan nikel laterit yang dibuktikan dengan keberadaan perusahaan tambang yang bergerak dalam penambangan nikel laterit seperti PT Ifishdeco dan PT Baula Petra Buana (Raivel & Firman, 2020). Lokasi penelitian bertempat di IUP PT Baula Petra Buana *Site* Roraya, Kecamatan Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kondisi geologi regional pada daerah penelitian dapat dilihat pada peta yang disajikan pada Gambar 6.





Gambar 6 Peta geologi regional pada lokasi penelitian

2.7.1 Geomorfologi

Berdasarkan relief, ketinggian, batuan penyusun wilayah Kabupaten Konawe Selatan secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua satuan morfologi yaitu Satuan Perbukitan Tinanggea dan Satuan Pedataran Tinanggea. Satuan perbukitan menempati 60% perbukitan dari lokasi blok Izin Usaha Pertambangan dan tersebar di beberapa lokasi yaitu daerah Palangga, Kolono, Konda, Landono serta Tinanggea yang memiliki ketinggian di atas 75 mdpl. Satuan ini tertutup oleh lahan perkebunan seperti kakao, cengkeh, mente, vanili dan tanaman lainnya dan sebagian masih merupakan hutan yang bervegetasi sedang hingga lebat. Satuan pedataran menempati 20% pedataran dari lokasi blok Izin Usaha Pertambangan, pedataran ini tersebar cukup luas di sekitar Daerah Tinanggea, pesisir pantai, Kolono, Roda, Landono, Palangga, Lainea, Konda dan Ranomeeto dengan ketinggian di bawah 75 mdpl. Satuan morfologi pedataran dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai lahan persawahan, pertambangan, perkebunan, dan pemukiman

& Purba, 2021).



2.7.2 Stratigrafi

Berdasarkan ciri fisik yang dijumpai di lapangan serta kesebandingan yang dilakukan terhadap peta geologi regional lokasi penelitian, batuan penyusun di daerah penelitian dan sekitarnya dapat dikelompokkan menjadi tiga satuan atau formasi batuan yang terdiri dari batuan muda ke batuan lebih tua sebagai berikut:

a. Satuan Aluvium (*Qa*)

Satuan ini tersebar di sekitar aliran sungai besar, pantai dan rawa di wilayah Konawe Selatan. Endapan aluvial yang ada merupakan endapan sungai, pantai, dan rawa berupa kerikil, kerakal, pasir, lempung, dan lumpur. Endapan aluvial merupakan satuan batuan penyusun yang paling muda dan menindih secara tidak selaras seluruh batuan yang berada di bawahnya berumur Resen dengan ketebalan tidak lebih dari 20 meter (Syahrul & Purba, 2021).

b. Formasi Langkowala (*Tml*)

Formasi Langkowala merupakan formasi geologi yang terdapat di wilayah Sulawesi Tenggara, Indonesia. Formasi ini merupakan salah satu dari bagian Molasa Sulawesi yang terdiri atas batuan sedimen berumur Tersier, termasuk batupasir dan konglomerat yang kaya akan kuarsa. Hadirnya formasi ini menyebabkan jaranginya dijumpai lapisan limonit pada endapan nikel laterit di lokasi penelitian, dikarenakan proses endapan nikel laterit terjadi setelah proses pengendapan Molasa Sulawesi (Hasria & Septiana, 2024).

c. Kompleks Ultramafik (*Ku*)

Kompleks Ultramafik tersebar di bagian selatan wilayah Konawe Selatan yaitu di sekitar daerah Torobulu, Moramo, dan daerah Trans Tinanggea bagian selatan. Batuan ultramafik ini diperkirakan merupakan batuan tertua dan alas di Mandala Sulawesi Timur dan diduga berumur Kapur Awal. Satuan ini bersentuhan secara tektonik dengan batuan Mesozoikum dan Paleogen dan secara tak selaras tertindih oleh batuan sedimen tipe Molasa Neogen dan Kuartar. Satuan ini terdiri dari peridotit, dunit, gabro, basal, dan serpentinit.

kompleks ultramafik memiliki beberapa karakteristik yang mendukung terbentuknya endapan nikel laterit, seperti tingginya kandungan mineral *omagnesian* seperti olivin dan piroksen yang mengandung nikel dan



mineral-mineral dalam batuan ultramafik mudah terurai dan bereaksi dengan air dan oksigen, mempercepat proses pelapukan kimia (Simandjuntak, 1993).

2.7.3 Struktur Geologi

Struktur geologi yang dijumpai di daerah Konawe Selatan, meliputi lipatan, kekar dan sesar. Lipatan dapat dijumpai di beberapa tempat di mana batupasir malih tersingkap, namun sangat sulit untuk menentukan arah sumbu lipatannya karena telah terombakkan (Surono, 2013). Kekar dijumpai hampir seluruh satuan batuan penyusun daerah ini, kecuali aluvium dan batuan kelompok batuan Molasa yang tidak terkonsolidasi dengan baik. Sesar utama yang terjadi di daerah ini dapat dijumpai di daerah Kolono yang mana sesar Kolono ini hampir memotong seluruh batuan kecuali aluvial (Syahrul & Purba, 2021).

