

BAB I PENDAHULUAN

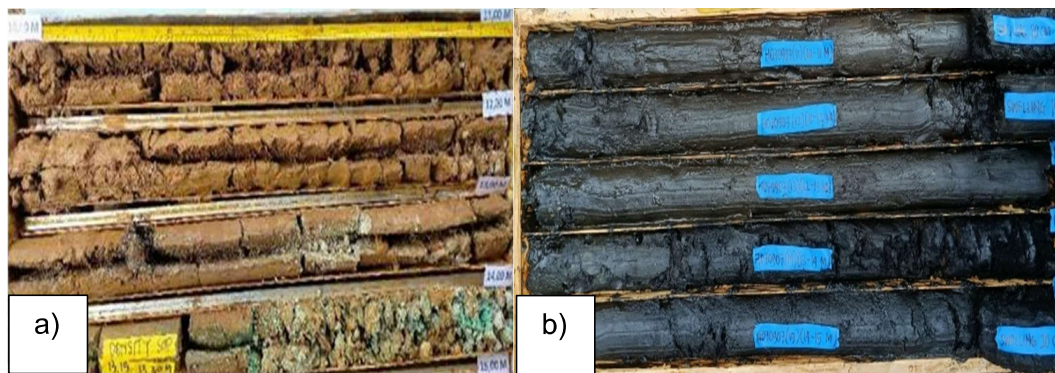
1.1 Latar Belakang

Endapan nikel laterit terbentuk melalui pelapukan kimia intensif dari batuan mafik hingga ultramafik di lingkungan tropis (Ito et al., 2021). Laterit merupakan batuan yang mengalami pelapukan pada permukaan bumi yang mengakibatkan beberapa mineral primer yang tidak stabil dengan keberadaan air akan larut atau hancur dan mineral baru yang lebih stabil akan terbentuk (König, 2021). Proses laterisasi akan mengakibatkan terkonsentrasinya beberapa unsur, salah satunya yaitu mineral logam nikel. Proses laterisasi adalah proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan silika dari profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam, hangat, dan lembab, serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengkayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni, dan Co (Ghaneswara et al., 2023).

Profil laterit menggambarkan lapisan tanah laterit secara berurutan yang secara umum terdiri atas lapisan dari bawah ke atas yaitu lapisan batuan dasar (*bedrock*), saprolit, limonit, dan *top soil*. Pada profil laterit, lapisan atau zona paling bawah merupakan lapisan dimana pelapukan batuan terjadi dalam intensitas yang paling sedikit jika dibandingkan dengan lapisan yang berada di atasnya. Berbagai faktor seperti iklim, topografi, drainase, tektonik, jenis batuan induk, struktur geologi dan vegetasi mempengaruhi dalam perkembangan profil laterit serta ketebalan dan keberadaan dari setiap zona pada profil laterit (Hasria dan Septiana, 2024). Kandungan Ni umumnya lebih tinggi di lapisan saprolit daripada di lapisan limonit. Lapisan limonit didominasi oleh *goethite* dengan sedikit *hematite*, sementara lapisan saprolit didominasi oleh *serpentine* dan *garnierite* dengan sedikit *goethite* (Tamehe et al., 2024).

Profil *black saprolite* merupakan salah satu horizon dalam urutan laterit nikel yang ditemukan di Cerro Matoso, Kolombia, umumnya berasosiasi dengan lapisan tachylite dan zona sesar. Lapisan ini berwarna hijau gelap hingga hitam, dengan beberapa bagian menunjukkan bercak merah akibat oksidasi lokal. Secara mineralogi, *black saprolite* didominasi oleh *magnetite* lebih dari 50% yang hadir dalam bentuk urat tipis, serta disertai mineral lain seperti *gibbsite*, *chamosite*, *siderite*, *magnesite*, dan oksida besi amorf (Gleeson and Herrington, 2004).

Pada umumnya, zona saprolit memiliki warna kehijauan hingga coklat kemerahan, namun pada lokasi penelitian di Blok Putemata, PT Bumanik, Morowali Utara, Sulawesi Tengah, dijumpai kondisi yang sedikit berbeda, yaitu keberadaan lapisan saprolit dengan warna dominan hitam. Menurut Gleeson and Herrington, (2004) perbedaan warna berkaitan dengan variasi mineralogi, khususnya tingginya kandungan mineral-mineral besi yang ditemukan dalam jumlah dominan pada saprolit biasa. Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik profil endapan nikel laterit berdasarkan karakterisasi mineralogi dan kimia. Hasil karakteristik profil endapan nikel laterit kemudian dilakukan rekonstruksi untuk melihat gambaran jelas mengenai susunan vertikal daerah penelitian.



Gambar 1 a) Sampel saprolit coklat kemerahan (Ghaneswara et al., 2020),
b) Sampel saprolit hitam (lokasi daerah penelitian)

1.2 Rumusan Masalah

Profil nikel laterit menggambarkan lapisan secara berurutan dari bawah ke atas yaitu *bedrock*, saprolit, limonit, dan *top soil* serta memiliki kandungan mineral yang mendominasi lapisan tersebut. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis mineral-mineral penyusunnya dan bagaimana karakteristik geokimia pada setiap zona profil serta bagaimana rekonstruksi profil vertikal endapan nikel laterit di daerah penelitian.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis-jenis mineral penyusun dan menganalisis karakteristik geokimia yang terkandung serta merekonstruksi profil endapan nikel laterit di daerah penelitian agar diperoleh gambaran yang jelas mengenai susunan vertikal, ketebalan, dan ciri khas dari setiap lapisan penyusunnya.

1.4 Kajian Teori

Profil endapan nikel laterit umumnya terdiri dari top soil, zona limonit, zona saprolit, dan batuan dasar (Hutuba *et al.*, 2024). Profil laterit nikel dipengaruhi oleh kelarutan mineral dan aliran air tanah. Pelapukan pada peridotit mendorong pengayaan sisa dan sekunder dari unsur-unsur dengan mobilitas rendah, seperti Ni, Fe, dan Co. Nikel laterit paling sering ditemukan di daerah tropis, di mana topografi, gaya tektonik, batuan induk, dan struktur geologi semuanya berkontribusi terhadap pelapukan (Bakri *et al.*, 2022). Zona limonit terdapat konsentrasi residu elemen kimia *non-mobile* seperti Fe, Al, Mn, sementara elemen *mobile* seperti Ca, Na, K, Mg, dan Si sedang mengalami pencucian kimia. Zona limonit terbagi menjadi dua yaitu limonit kuning yang kaya akan mineral *goethite*, sementara limonit merah yang kaya akan hematit. Zona saprolit berwarna coklat kekuningan, coklat kehijauan, dan kuning kehijauan. Saprolit adalah zona yang sangat teralterisasi dengan baik. Dasar untuk klasifikasi zona saprolit berdasarkan elemen kimia, yaitu Fe (<25%), MgO(>8%), dan Ni (>1.5%). Batuan dasar atau *bedrock* memiliki warna hitam keabu-abuan, hitam kehijauan atau tergantung pada komposisi batuan. Komposisi

terdiri dari batuan asli (Dunit, Peridotit, atau batuan ultrabasa lainnya). Zona ini tidak mengandung mineral ekonomis lagi (Bargawa et al., 2020).

Karakteristik geologi endapan nikel laterit Morowali terletak di lengan tenggara Sabuk Ophiolit Sulawesi Timur. Profil laterit endapan nikel yang ada di Morowali berkembang di atas batuan induk yang dibedakan menjadi beberapa zona lapisan. Lapisan-lapisan tersebut diklasifikasikan berdasarkan warna dominan, mineralogi, dan teksturnya (Choi et al., 2021). Gabungan antara mineral *serpentine* dan mineral *talc* yang dikenal sebagai garnerit umum ditemukan di zona saprolit dari endapan nikel yang ada di Sorowako, Kolonodale, dan Morowali di Indonesia. Meskipun kandungan Ni yang tinggi terlihat pada garnerit yang ditemukan di lapisan saprolit. Nikel secara prefensial diperkaya dalam mineral yang berasosiasi dengan *talc* dari pada mineral yang berasosiasi dengan *serpentine*. Kandungan Ni umumnya lebih tinggi di lapisan saprolit daripada limonit, dimana lapisan limonit didominasi oleh *goethite* dengan hematit sekunder, sementara lapisan saprolit didominasi oleh *serpentine* dan *garnierite* (Tamehe et al., 2024). Kondisi lingkungan seperti curah hujan, tingkat erosi, dan sistem drainase sangat memengaruhi karakteristik profil laterit. Daerah tropis dengan pelapukan intensif dan drainase baik cenderung menghasilkan saprolit dengan kadar Ni lebih tinggi, sementara daerah kering dengan pelapukan terbatas lebih sering menghasilkan tipe *clay* atau limonit berkadar rendah. Penelitian ini menegaskan bahwa karakterisasi profil laterit nikel tidak hanya ditentukan oleh faktor mineralogi, tetapi juga oleh faktor iklim dan proses supergenik yang mengontrol distribusi kadar Ni antar lapisan laterit (Zappala et al., 2023).

Karakteristik profil endapan nikel laterit Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi yang meliputi geomorfologi, litologi, struktur geologi, serta distribusi dan karakteristik profil endapan nikel laterit. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut meliputi pemetaan geologi permukaan, pemerian inti bor, analisis sayatan tipis, dan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun atas satuan harzburgit, satuan dunit, dan endapan aluvial, serta geomorfologi yang terbagi ke dalam tiga satuan bentuklahan, yaitu struktural, denudasional, dan fluvial. Profil laterit yang terbentuk terdiri atas empat zona utama, yaitu tanah penutup dengan kadar Ni 0,619–1,028%, zona limonit dengan kadar Ni 0,426–1,186%, zona saprolit dengan kadar Ni 0,204–1,631%, dan zona batuan dasar dengan kadar Ni 0,162–0,583%. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kadar Ni tertinggi dijumpai pada zona saprolit, sedangkan unsur Fe dan Al_2O_3 cenderung menurun dengan bertambahnya kedalaman, hal ini berkaitan dengan sifat unsur Ni, MgO, dan SiO_2 yang bersifat *mobile*, sedangkan Fe dan Al bersifat *immobile* (Martadiastuti et al., 2023).

Penelitian yang dilakukan Natua et al (2024) mengenai karakteristik nikel laterit Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah. Metode yang digunakan meliputi survei geologi, *logging* bor, dan analisis petrografi untuk mengetahui geomorfologi, litologi, dan karakteristik profil endapan nikel laterit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki geomorfologi berupa satuan antropogenik perbukitan dengan kemiringan lereng landai hingga sangat curam.

Litologi penyusunnya adalah peridotit dan harsburgit yang telah mengalami proses serpentinisasi. Profil laterit di daerah ini terdiri atas empat zona utama, yaitu *top soil*, limonit, saprolit, dan *bedrock*. Zona *top soil* tersusun oleh material pasir lempung berwarna kehitaman dengan kandungan organik yang tinggi, namun memperlihatkan kadar nikel yang relatif rendah. Zona limonit memiliki ketebalan 3 hingga 7 meter, berwarna coklat kehitaman, mengandung hematit dan *goethite* serta unsur seperti aluminium, mangan, dan kromium, dengan kadar nikel sekitar 0,4–1,2%. Zona saprolit memiliki ketebalan 3–6 meter, ditandai oleh variasi warna coklat muda, hijau muda, abu-abu, hingga kuning, serta mengandung mineral piroksen, *serpentine*, antigorite krisotil, garnierite, dan asbes. *Bedrock* berada pada bagian terbawah profil, berupa bongkah batuan dasar berukuran lebih dari 60 cm. Penelitian ini menegaskan bahwa zona saprolit menjadi bagian yang paling prospektif dalam profil nikel laterit karena keberadaan mineral pembawa nikel seperti *garnierite*.

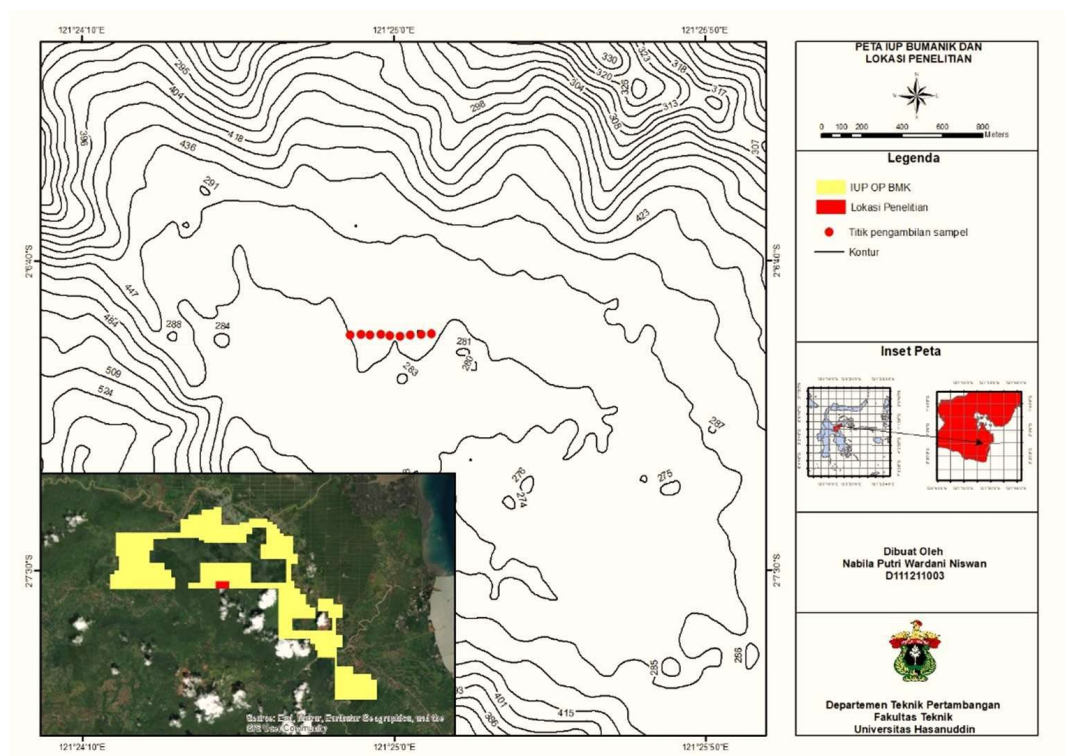
Profil nikel laterit di Cerro Matoso, Kolombia menjelaskan bahwa profil pelapukan laterit terdiri atas beberapa horizon, salah satunya adalah *black saprolite* yang ditandai dengan warna hijau tua hingga hitam. Lapisan ini berasosiasi dengan zona sesar (*fault zones*). Secara mineralogi, *black saprolite* didominasi oleh oksida besi, sepiolit, smektit, dan kuarsa, serta berbeda dari saprolit hijau yang menjadi zona utama konsentrasi nikel. Selain itu, penelitian tersebut juga menekankan adanya horizon tambahan yang awalnya salah dikategorikan sebagai tachylite. Horizon ini digambarkan berwarna coklat tua hingga hitam, sangat halus, bertekstur kaca, serta tersusun oleh fase amorf dan oksida besi yang terkait dengan zona sesar (Tobon, 2020).

Penelitian geokimia dan mineralogi pada endapan nikel laterit Cerro Matoso, Kolombia menunjukkan identifikasi mineral utama pembawa nikel dan perbandingan mineralogi dua profil laterit (ekonomis dan tidak ekonomis). Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil pelapukan sangat bervariasi secara vertikal maupun lateral. Pada profil satu yang kaya akan nikel, memiliki urutan stratigrafinya terdiri atas peridotit terserpentinisasi, saprolit hijau (horizon bijih utama dengan kadar hingga 9% Ni), lapisan tachylite kaya oksida besi amorf, saprolit hitam, laterit kuning, laterit merah, dan *canga ferricrete*. Sedangkan pada profil 2 yang memiliki kadar Ni rendah, urutannya tidak memiliki saprolit hijau dan didominasi laterit cokelat, kuning, dan merah dengan kadar Ni subekonomis (Gleeson and Herrington, 2004).

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT Bumanik yang terletak di Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. Lokasi penelitian dilaksanakan di Blok Putemata yang berlangsung dari pertengahan bulan April 2025 hingga Akhir Mei 2025. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi penelitian

2.1 Pengolahan dan Analisis Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang terdiri dari analisis petrografi, analisis *X-Ray Diffraction* (XRD), dan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF). Analisis petrografi diperoleh dari hasil mikroskop *bedrock* dan analisis XRD dan XRF diperoleh dari hasil analisis sampel pengeboran daerah penelitian.

2.2.1 Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan untuk melakukan analisis petrografi adalah sampel *bedrock* yang berada di daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Sampel yang digunakan untuk analisis XRD dan XRF merupakan sampel hasil pengeboran dari sembilan titik bor dapat dilihat pada Gambar 4. Analisis XRD yaitu sampel diambil

berdasarkan jenis lapisan, satu sampel mewakili lapisan limonit dan satu sampel mewakili lapisan saprolit pada satu lubang bor. Sedangkan analisis XRF, sampel diambil dari seluruh interval setiap 1 meter kedalaman, mulai dari lapisan limonit hingga saprolit.



Gambar 3. Lokasi pengambilan sampel *bedrock* daerah penelitian



Gambar 4. Sampel pengeboran diambil untuk analisis XRF dan XRD

2.2.2 Preparasi Sampel

Preparasi sampel adalah proses persiapan suatu sampel agar layak untuk diuji di laboratorium. Sampel yang akan dianalisis harus memiliki ukuran yang sesuai dengan standar yang menjadi metode dalam analisis tersebut, sehingga hasil

analisis menjadi akurat dan presisi (Bagau, 2022). Preparasi sampel yang dilakukan terdiri dari dua jenis proses preparasi yaitu sampel XRD dan XRF untuk menghasilkan sampel fraksi ukuran 200 mesh dan sampel profil nikel laterit untuk menghasilkan sayatan tipis. Proses preparasi sayatan tipis dilakukan di Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin sedangkan preparasi sampel XRF dan XRD dilakukan di Laboratorium Departemen QAQC (*Quality Assurance Quality Control*), di PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama (Bumanik).

Preparasi sampel sayatan tipis merupakan kegiatan untuk mengolah sampel agar dapat diamati di mikroskop polarisasi. Preparasi sampel sayatan tipis dilakukan dengan pemilihan sampel atau *sorting*, merupakan tahapan awal untuk mendapatkan sampel yang dapat merepresentasikan seluruh conto batuan yang di dapatkan pada daerah penelitian. Sampel yang sudah di *sorting*, selanjutnya dilakukan proses pemotongan sampel yang dilanjutkan dengan pengikisan dan pengasahan batuan. Sampel dipreparasi menjadi sayatan tipis dengan menambahkan resin sebagai perekat sampel. Hasil sampel preparasi sayatan tipis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sayatan tipis

Preparasi sampel XRD merupakan kegiatan untuk mengolah sampel berukuran 200 mesh tanpa menyebabkan perubahan massa pada sampel. Kegiatan ini bertujuan agar sampel dapat dianalisis menggunakan alat XRD. Berikut proses preparasi sampel XRD dan XRF adalah sebagai berikut:

1. Pemisahan sampel pengeboran

Pemisahan sampel dilakukan untuk menyesuaikan sampel sesuai dengan Id titik bor dan menempatkannya ke plat besi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Melakukan pemisahan sampel limonit dan saprolit

2. Pengeringan sampel

Pengeringan sampel dilakukan di oven dengan suhu 105°C dalam waktu kurang lebih 10-12 jam dapat dilihat Gambar 7. Proses ini untuk menghilangkan kadar air pada sampel penelitian.



Gambar 7. Memasukkan sampel ke dalam oven

3. Reduksi ukuran sampel

Sampel yang telah kering akan dihancurkan menggunakan *jaw crusher* untuk mereduksi ukuran sampel dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil dari *jaw crusher* sampel akan dihaluskan menggunakan alat *pulvizer* untuk

mendapatkan sampel dalam bentuk bubuk dengan ukuran ± 200 mesh dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Mereduksi ukuran sampel dengan *jaw crusher*



Gambar 9. Mereduksi ukuran sampel dengan *pulvirizer*

4. *Sieving*

Hasil yang di dapat dari *pulvirizer* akan di *sieving* untuk memastikan sampel yang telah dihaluskan dalam bentuk bubuk memiliki ukuran partikel ± 200 mesh. Hasil dari proses *sieving* kemudian dilakukan pembagian sampel

sebanyak 5-10 gram untuk digunakan pada analisis XRF dan XRD. Proses *sieving* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pengayakan sampel limonit dan saprolit

2.2.3 Analisis Mineralogi

Analisis mineralogi yang dilakukan meliputi analisis petrografi dan analisis XRD. Sampel batuan singkapan dianalisis menggunakan metode analisis petrografi. Sedangkan sampel pengeboran limonit dan saprolit menggunakan metode XRD. Analisis petrografi dilakukan di Laboratorium Preparasi Sampel, Departemen Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin dan analisis XRD dilakukan di Laboratorium XRD dan XRF, Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin.

1. Analisis petrografi

Analisis petrografi dilakukan dengan mengamati sampel batuan secara mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 11. Pengamatan ini dilakukan menggunakan mikroskop polarisasi cahaya refraksi. Analisis ini untuk mengetahui mineral-mineral primer dan sekunder, dan juga kenampakan terkstur dan struktur pada batuan yang bisa dijadikan dasar dalam menentukan jenis dan nama batuan.

2. Analisis X-Ray Diffraction (XRD)

Analisis XRD dilakukan untuk mendeteksi senyawa mineral pada sampel masing-masing lapisan profil endapan nikel laterit. Analisis ini menggunakan alat *X-Ray Diffractometer* dapat dilihat pada Gambar 12. Setiap mineral yang terkandung di dalam sampel yang dianalisis dapat dideteksi melalui difraksi sinar-X. Metode ini digunakan karena efektif dalam mengidentifikasi dan menganalisis fasa suatu mineral.



Gambar 11. Analisis petrografi menggunakan mikroskop sampel *bedrock*



Gambar 12. Melakukan analisis XRD sampel limonit dan saprolit

2.2.4 Analisis Kimia

Analisis kimia dilakukan dengan menggunakan metode analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF). Sampel nikel laterit yang telah dipreparasi dalam bentuk bubuk kemudian dianalisis kimia dengan metode XRF. Metode ini digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Analisis XRF dilakukan di

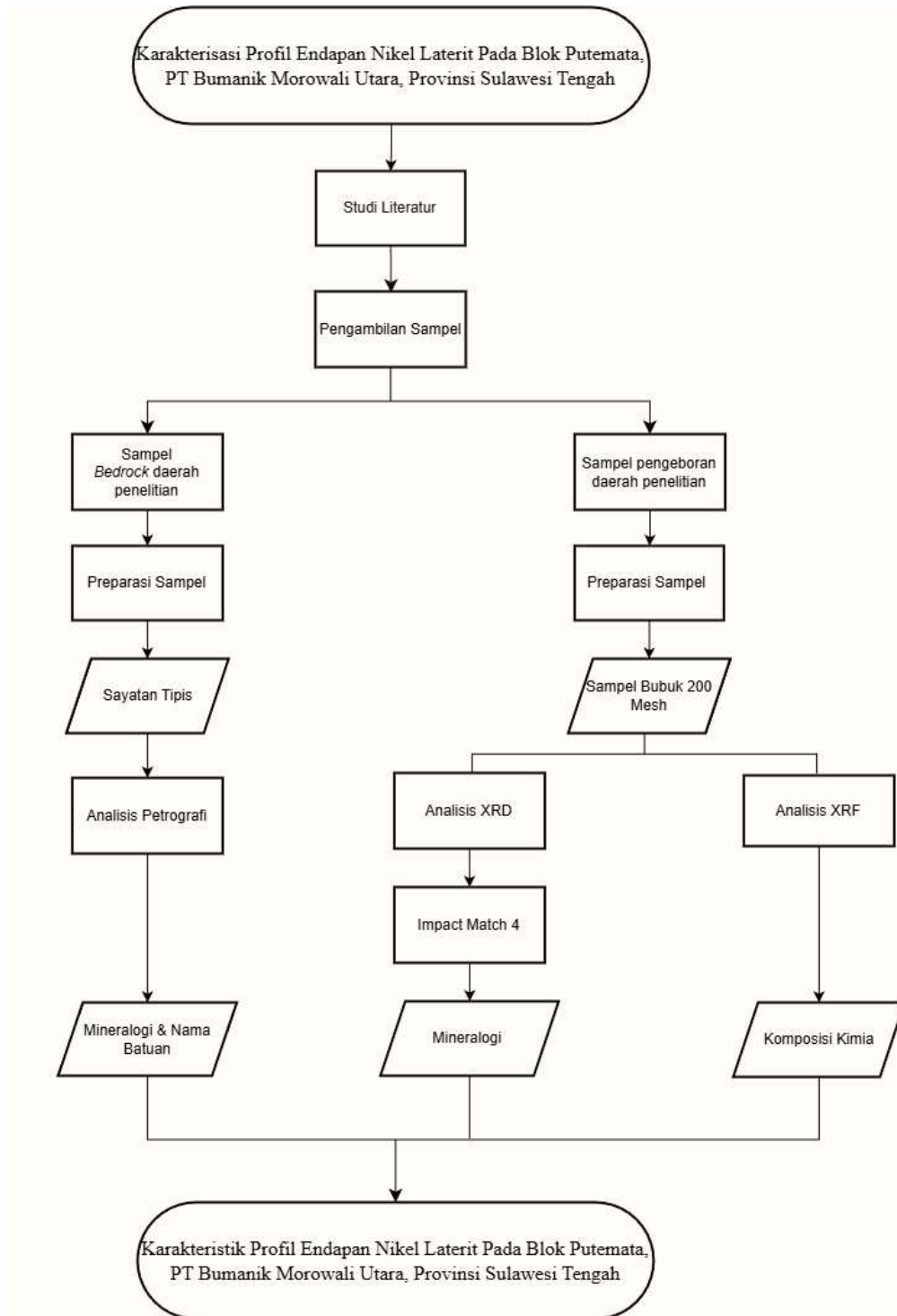
Laboratorium Departemen QAQC (*Quality Assurance Quality Control*), yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Melakukan analisis XRF sampel pengeboran

2.2 Bagan Alir

Bagan alir penelitian adalah suatu bagan yang menggambarkan alur atau tahapan penelitian secara sistematis mulai dari persiapan, pengambilan data, pengolahan, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Alur penelitian karakterisasi profil endapan nikel laterit pada blok putemata PT Bumanik Morowali Utara yang terdiri dari beberapa langkah. Langkah yang dilakukan dalam proses penyusunan penelitian ini dimulai dari studi literatur. Setelah melakukan studi literatur maka akan diperoleh bagaimana langkah pengambilan data yang dibutuhkan dan metode pengolahan data yang akan dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan data primer yaitu data sampel yang diperoleh dari lokasi penelitian. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 14 sebagai berikut.



Gambar 14. Bagan alir penelitian