

Pengkayaan Unsur Logam Tanah Jarang Kobalt (Co) pada Profil Laterit di Kecamatan Kolaka Utara

Cobalt (Co) Rare Earth Element Enrichment in the Laterite Profiles of the North Kolaka District

Ali Okto^{1*}, Bahdad², Syamsul Razak³, Sahiddin⁴, Jonas Tugo⁵

¹⁻² Jurusan Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo, Kendari

³⁻⁴ Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo, Kendari

⁵ Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Kendari

Corr Author: aliokto.geologi@uho.ac.id

ABSTRAK

Daerah penelitian secara administratif terletak di Kecamatan Batu Putih, Kabupaten Kolaka Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Diketahui saat ini perkembangan teknologi dunia mengarah ke industri yang lebih ramah lingkungan, sehingga kebutuhan akan unsur-unsur baru yang ramah lingkungan menjadi perhatian dunia internasional. Kobalt secara global juga meningkat secara signifikan dengan tingkat pertumbuhan sebesar 7-13 % per tahun hingga mencapai 390 ribu ton pada tahun 2030. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya Kobalt banyak terdapat pada lapisan profil laterit yang keberadaannya melimpah di Sulawesi Tenggara khususnya di Kabupaten Kolaka Utara. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan karakteristik profil laterit terhadap pengkayaan Kobalt laterit yang ada di daerah penelitian (1), dan untuk mengetahui persentase keterdapatan Kobalt pada lapisan profil laterit (2). Pengambilan data dilakukan dengan 2 metode yaitu metode test pit dan pemboran. Unsur yang terkandung dalam profil laterit dianalisis menggunakan metode XRF. Hasil uji XRF akan menunjukkan profil laterit didapat dibagi menjadi tiga yaitu limonit, saprolit dan *bedrock*. Zona pengkayaan kobalt ditemukan pada lapisan limonit yaitu mencapai 0.278%, sedangkan pada zona saprolit hanya sebesar 0.09%.

Kata-kata kunci: Kobalt, Profil Laterit, Kolaka Utara

ABSTRACT

The research area is administrative in batu putih distric north kolaka regency southeast sulawesi province. It is known that curently the world's technological developments are leading to industies that are more environmentally friendly. So that the need for new environmentally friendly elements is of international concern. Cobalt globally has also increased significantly with a growth rate 7-13 % in year to reach 390 thousand tons in 2030. Based on previous studies, cobalt is abundant in laterite profile layers, which are abundant in southeast sulawesi province especially in north kolaka regency. This study aims to determine the relationship between the characteristics of the laterite profile and the enrichmentof cobal laterite in study area (1), and to determine the percentage of cobalt presence in the laterite profile layers (2). Data collection wascarried out using 2 methods, namely the test pit method and drilling. The elements contained the laterite profile were analyzed using the XRF method. The result of the XRF test will show the obtained laterite profile divided into three namely limonite, saprolite, and bedrock. The cobalt enrichment zone is found in the limonite layer, which reaches 0,278% while in the saprolite zone it is only 0,09%.

Keywords : cobalt, laterite profile, north kolaka

Submitted: 27-11-2022; Revised: 04-10-2023; Accepted: 04-10-2023; Available Online: 04-10-2023

Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat

This is an open access article under the CCBYND license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

©2023, Geosapta

PENDAHULUAN

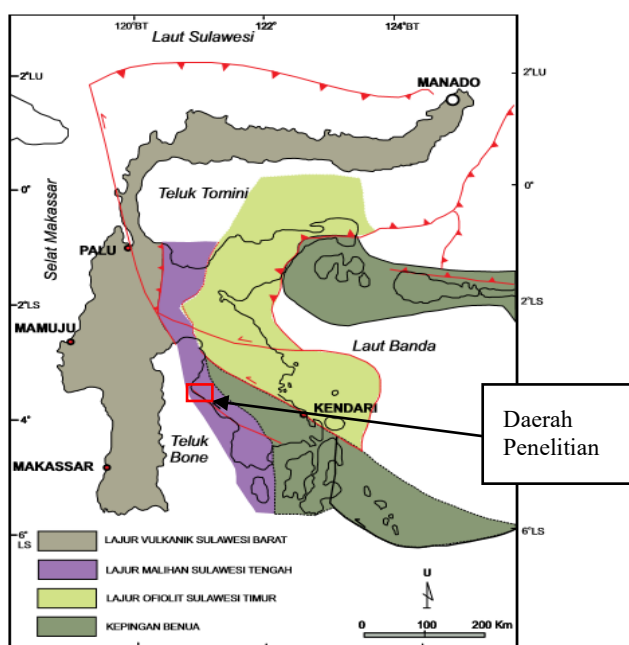
Batuan ultramafik di Sulawesi terdapat sebagai tubuh ofiolit yang menutupi sebagian besar dari bagian tengah hingga tenggara pulau Sulawesi yang masuk ke dalam East Sulawesi Ophiolite (ESO). Komposisi batuan mulai dari peridotit sampai klinopiroksenit yang masing-masing mengandung unsur kaya Mg dan Fe serta unsur kaya Ca dan Mg (Maulana, 2015). Batuan tersebut sangat mudah dipengaruhi oleh pelapukan lateritik. Proses laterisasi adalah proses pencucian pada unsur yang mudah larut pada lingkungan yang bersifat asam, sehingga membentuk konsentrasi endapan hasil pengkayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co (Sundari, 2012).

Seiring dengan trend dunia yang mengarah ke industri yang lebih ramah lingkungan, kebutuhan kobalt secara global juga meningkat secara signifikan dengan tingkat pertumbuhan sebesar 7-13 % per tahun hingga mencapai 390 ribu ton pada tahun 2030 (Alves Dias dkk., 2018). Kobalt berguna dalam berbagai aplikasi metalurgi dan kimia. Sebelum 2006 penggunaan utamanya adalah di superalloy di mesin jet dan turbin gas, meskipun aplikasi terbesar sekarang dalam bahan katoda untuk baterai lithium-ion isi ulang (LIB) (Horn dkk., 2021). Kobalt ditemukan berasosiasi dengan cebakan nikel laterit tetapi umumnya dengan kadar yang lebih rendah (Anbiyak dan Cahyaningrum, 2021)

Diketahui pernah diadakan penelitian terhadap zona kaya kobalt pada cebakan nikel laterit Indonesia yang

dilakukan pada 3 daerah yaitu cebakan nikel Sorowako, cebakan nikel Weda dan cebakan nikel laterit pulau Gag. Begitu juga penelitian yang diadakan oleh (Diana, 2021) yang membandingkan kadar unsur kobalt pada salah satu perusahaan pertambangan besi laterit di pulau sebu, menunjukkan bahwa unsur kobalt yang paling tinggi terdapat pada zona limonit baik itu yellow limonit dan red limonit.

Lajur Ofiolit Sulawesi Timur diberikan oleh Simandjuntak (1986) untuk batuan mafik dan ultramafik serta sedimen pelagik penutupnya. Lajur Ofiolit Sulawesi Timur mempunyai penyebaran yang luas, mulai ujung atas Lengan Timur sampai ujung bawah Lengan Tenggara Sulawesi. Susunan ofiolit komplit, dan termasuk batuan ultramafik, mafik, lava bantal, sedimen pelagik (didominasi batugamping dengan sisipan rijang merah) dapat dijumpai pada Lengan Timur Sulawesi (Surono, 2013).



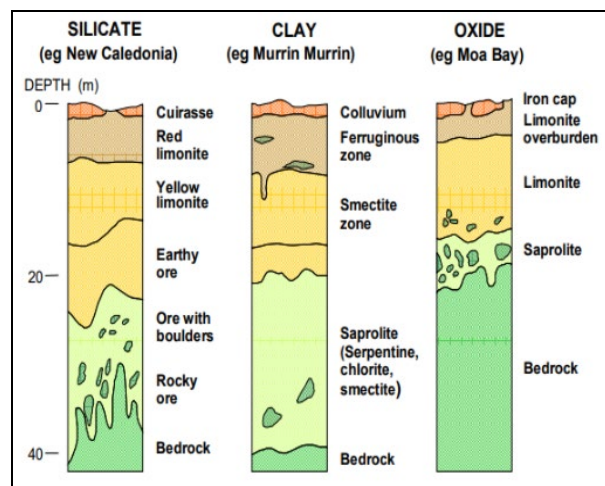
Gambar-1. Lokasi Penelitian (Surono, 2013)

Berdasarkan peta geologi lembar Lasusua-Kendari (Rusmana dkk., 1993) Sulawesi dengan skala 1:250.000 yang dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), secara umum stratigrafi pada daerah penelitian termasuk dalam Kompleks Ultramafik yang merupakan bagian Lajur Ofiolit Sulawesi Timur. Kompleks ini selalu mempunyai kontak sesar dengan kepingan benua, termasuk batuan termuda di Kepingan Sulawesi Tenggara. Batuan pembentuk lajur ini didominasi oleh batuan ultra mafik dan mafik serta sedimen pelagik. Batuan ultramafik terdiri atas harzburgit, dunit, werlit, lerzolit, websterit, serpentin, dan piroksinit (Kundig, 1956; Simandjuntak dkk., 1993a, b, c; Rusmana dkk., 1993a, b dalam Surono, 2013). Sementara batuan mafik terdiri atas gabro, basalt, dolerit, mikrogabro, dan amfibolit. Sedimen pelagiknya tersusun oleh batugamping laut dalam dan rijang radiolaria. Radiolaria yang dijumpai di Lengan Timur menunjukkan umur Senomanian (Hamilton, 1979). Umur pembentukan Kompleks ofiolit diperkirakan berumur Kapur Akhir.

Endapan laterit merupakan endapan yang dihasilkan oleh proses pelapukan batuan dasar (batuan

ultrabasa) (Nurhakim, M. Untung Dwiarmoko, Romla NH, 2011). Proses pelapukan pada batuan ultramafik biasanya akan membentuk komposisi mineral yang baru. Air menjadi media yang sangat penting dalam perubahan komposisi mineral, mineral olivin yang terkomposisi akan membentuk mineral yang kaya akan mineral nikel, besi dan kobalt yang bernilai ekonomis (Noor, 2017).

Untuk menggambarkan kisaran jenis laterit yang terbentuk diatas batuan ultrabasa dalam tiga kategori berdasarkan mineralogi dominan yang dikembangkan (Gambar 2) dalam profil laterit yang terdiri dari laterit oksida, clay laterit, dan laterit silikat.



Gambar-2. Perbedaan Skema Profil Laterit (Elias, 2002)

Dalam penelitian ini dimuat 2 tujuan utama yaitu untuk membuat model profil laterit yang ada di lokasi penelitian (1), dan untuk mengetahui zonasi pengkayaan Kobalt dan persentasenya pada profil laterit (2).

Kobalt adalah salah satu logam yang paling tidak dikenal dan dengan kelimpahan kerak hanya 25 ppm juga merupakan salah satu yang paling langka (Smith, 2001). Nama "kobalt", identik dengan "goblin", digunakan sebagai sebutan bijih dan logam untuk bijih yang meskipun penampilan luarnya menguntungkan tetapi tidak menghasilkan logam yang baik. "Cobalt", "Kobaltum" atau "Cobletum" berarti logam dengan tubuh lebih gelap dari timah dan besi, tanpa kilau logam, tetapi melebur dan dapat dipalu.

Kobalt laterit paling sering terbentuk di atas batuan beku ultrabasa yang telah mengalami berbagai tingkat serpentinisasi. Secara global, 15 persen dari laterit Ni-Co yang diketahui berkembang dari pelapukan komatit dan intrusi mafik-ultramafik berlapis, dan 85 persen berkembang dari dunit, harzburgit, dan peridotit di terrain akresi (Brand and others, 1998 dalam Elias, 2006). Mineral pembentuk kobalt yang umum, terkonsentrasi dalam mineral seperti olivin, spinel dan klorit yang merupakan sumber utama unsur penting dalam endapan laterit dan hidrotermal (Smith, 2001).

Mangan-oksida menampung sebagian besar Co di bagian atas zona lempung di atas transisi antara cakrawala lempung dan oksida profil laterit (Marsh dkk., 2013). Mineral mangan-oksida, seperti asbolana, litioforit, dan kriptomelan, terbentuk di dalam rekahan dan ruang terbuka oleh pengendapan Mn, Co, dan Ni terlarut.

Konsentrasi ekonomi kobalt dapat ditemukan dalam empat tipe geologi yang berbeda, diuraikan dalam

Tabel-1. Kobalt selalu menjadi produk sampingan atau co-produk pertambangan untuk logam tidak mulia lainnya, nikel dan tembaga utama (Hannis dan Bide, 2009).

Tabel-1. Tipe Genetik Kobalt (Hannis dan Bide, 2009)

Tipe	Genetik proses dari pembentukan	Nilai ekonomi yang khas	Daerah ketersediaan
Endapan Sedimen	Diagenetik proses di dalam pantai atau laguna asin sehingga lingkungan mengubah laut air sulfat menjadi sulfida dan unsur logam konsentrat yang bersumber dari sedimen.	0.10.4 %	Tenke Fungurume, Republik Demokratik Kongo; gunung Adalaha, Australia.
Hidrotermal/vulkanogenik	Pengendapan mineral dari fluida hidrotermal melewati batuan induk.	0.1 %	Bou Azzer, Maroko; keretti, Finlandia.
Magmatik sulfida	Unsur yang tidak dapat bercampur saat fase sulfida cair terkonsentrasi di dalam magma. Ini fase khusus mengumpulkan dan mengkonsentrasikan elemen logam seperti: kobalt.	0.1 %	Nonlisk, Rusia; Sudbury, Ontario, Kanada; Kambalda, Australia.
Laterit	Iklim Tropis pelapukan menyebabkan kerusakan dari kobalt silikat dan sulfida di dalam ultramafik tubuh sehingga kobalt menjadi dipertaya di dalam sisa lapukan batuan.	0,05 – 0,15%	Koniombo Massif, Baru Kaledonia.
mangan nodul dan kaya kobalt kerak	Ferromanganes oksida beton di itu dasar laut dipertaya kobalt dengan ekstraksi dari laut air dan pori cairan dari lumpur.	Ke atas ke 2.5 %	Tidak ada saat ini ekonomis

Di iklim tropis dan subtropis, pelapukan yang intens pada batuan ultrabasa dapat menyebabkan kobalt dan nikel yang signifikan. Kobalt tersebar di dalam silikat dan sulfida di dalam batuan induk diremobilisasi dan diendapkan dalam lapisan yang lapuk sebagai hidroksida dan oksida di dekat itu permukaan dan sebagai silikat pada tingkat yang lebih dalam. Endapan ini umumnya tebalnya sekitar 20 meter dengan usia berkisar tersier pertengahan ke resen. Endapan ini terutama bekerja untuk nikel dengan kobalt sebagai produk sampingan. Kobalt terkandung dalam limonit dan goethite sebagai dengan baik sebagai eritrit dan asbolit. Nilai kobalt dalam endapan laterit sangat bervariasi dalam kisaran 0.1 ke 1.5 % (Hannis dan Bide, 2009).

Logam utama, kobalt sangatlah jarang digunakan, tetapi banyak digunakan sebagai logam paduan. Itu diakibatkan karena kemampuannya untuk menghasilkan superalloy yang sangat keras dengan sifat magnetik yang berguna dan ketahanan terhadap suhu tinggi. Kobalt digunakan dalam pembuatan senyawa kimia untuk berbagai keperluan industri. Baterai isi ulang merupakan konsumen kobalt terbesar di sektor ini. Kobalt juga digunakan sebagai pigmen dalam kaca, enamel, tembikar dan porselen. tekanan mekanis dan suhu. Ketika kobalt dipadukan dengan nikel maka struktur molekul paduan akan berubah dan dengan demikian meningkatkan kekuatan suhu tinggi dan ketahanannya terhadap korosi kimia. Sifat - sifat ini membuat kobalt superalloy ideal untuk digunakan dalam mesin jet dan turbin lain di mana suhu tinggi ditemui (Hannis dan Bide, 2009)

Kobalt dapat dicampur dengan beberapa logam lain untuk menghasilkan magnet khusus, dengan aplikasi di dalam peralatan listrik kinerja tinggi. Kobalt memiliki kemampuan untuk meningkatkan sifat magnetik besi dan juga memiliki titik lebur tertinggi. Kobalt juga memiliki beberapa aplikasi lain dalam elektronik, Untuk tujuan ini

kobalt dicampur dengan silikon untuk menghasilkan silikat logam dengan resistivitas rendah, stabilitas termal tinggi dan sifat ikatan yang baik yang digunakan untuk konektor listrik pada sirkuit terpadu (Hannis dan Bide, 2009).

Kobalt digunakan dalam berbagai aplikasi kimia, mulai dari obat hingga industri. Proses katalitik menyumbang sekitar sembilan persen dari total penggunaan kobalt, setara dengan 2.700 ton kobalt per tahun. Sebagian besar dari ini dikonsumsi oleh industri petrokimia di mana Sebuah kobalt oksida digabungkan digunakan untuk menghapus belerang dari minyak mentah dalam proses kilang. Katalis berbasis kobalt juga digunakan dalam teknologi gas-ke-cair di mana gas alam diproses menjadi bahan bakar diesel sintetis; sektor yang diprediksi akan meningkat pesat di masa depan. Katalis berbasis kobalt asetat/mangan natrium bromida juga digunakan juga di dalam produksi dari plastik (Hannis dan Bide, 2009).

Pemrosesan kobalt umumnya dimulai hanya setelah logam utama (biasanya tembaga atau nikel) diekstraksi. Prosesnya seringkali unik untuk mineralogi bijih yang dieksploitasi. Ada tiga proses dasar yang digunakan untuk ekstraksi kobalt: hidrometalurgi (termasuk ekstraksi pelarut; elektrolisis dan electrowinning); pirometalurgi dan vapometalurgi. Kobalt pertama kali dipisahkan dari nikel menggunakan amonia sebagai sebuah reagen, dan kemudian itu menghasilkan larutan lalu dimasukkan ke dalam sebuah autoklaf di mana ia direduksi oleh hidrogen di bawah tekanan tinggi. Bubuk kobalt padat kemudian dipisahkan, disaring dan dikeringkan (Hannis dan Bide, 2009)

METODOLOGI

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Batu Putih, Kabupaten Kolaka Timur Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis terletak memanjang dari utara ke selatan berada di antara 2.00° Lintang Selatan dan membentang dari Barat ke Timur di antara 122.045° – 124.060° Bujur Timur.

Penelitian ini merupakan penelitian studi kasus dengan pendekatan kualitatif. Data diperoleh dari 2 metode yaitu metode test pit dna metode pemboran. Pengambilan data pada bukaan test pit dilakukan dengan interval 1 m. Sedangkan pada pengambilan data pemdoran, dilakukan dengan mengambil sapel ore laterit sampai kedalaman *badrock*, dengan interval 1 m. Selanjutnya sampel ore yang berasal dari profil laterit dilakukan identifikasi karakteristik profil laterit serta kandungan Kobalt dengan menggunakan metode XRF. Konsep utama dari penelitian ini adalah identifikasi profil laterit serta identifikasi kandungan Kobalt pada profil laterit untuk menentukan zona pengkayaan Kobalt dan besarnya persentase Kobalt pada endapan profil laterit.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

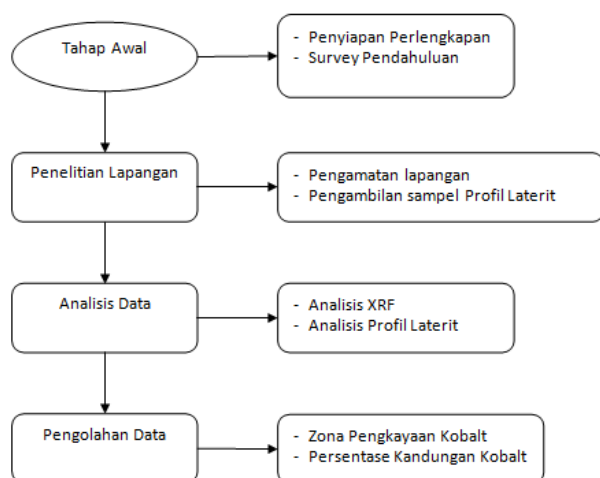
1. Tahap persiapan meliputi penyiapan perlengkapan dan melakukan survey untuk menentukan lokasi test pit dna pemboran
2. Melakukan penelitian lapangan guna mengumpulkan data berupa sampel pada endapan laterit.
3. Tahapan analisis data yaitu pengamatan sampel pada endapan laterit dianalisis di Laboratorium menggunakan metode XRF. Selanjutnya analisis XRF digunakan untuk

menentukan jumlah kandungan unsur terutama Kobalt yang terkandung pada profil laterit.

4. Melakukan analisis hasil XRF untuk pembuatan profil laterit

5. menentukan zona pengkayaan Kobalt dan besarnya persentase kobalt yang terkandung dalam profil laterit.

Dari serangkaian pengerjaan yang dilakukan, maka bila diurut alur pengerjaan dapat dilihat pada Gambar-3.

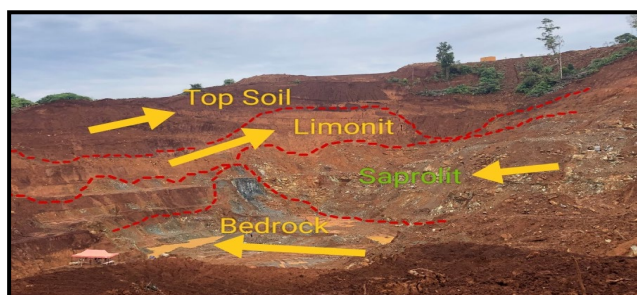


Gambar-3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

1. Profil Endapan Laterit

Kondisi kemiringan lereng dan morfologi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses laterisasi (ahmad, 2001) dimana bentuk morfologi suatu daerah sangat mempengaruhi ketebalan horizon endapan nikel laterit. Perbedaan bentuk morfologi setiap daerah yang berbeda akan menentukan bentuk dan ketebalan profil laterit. Pada morfologi landai akan menghasilkan endapan profil laterit yang cukup tebal, sedangkan pada morfologi curam akan menghasilkan endapan laterit yang tipis. Hal ini disebabkan oleh proses sedimentasi dan laju infiltrasi air yang berbeda. Lokasi penelitian memiliki morfologi miring sampai curam, sehingga menghasilkan profil laterit yang relative tipis (Gambar-4)



Gambar-4. Profil Laterit pada Daerah Penelitian

Pada profil laterit di atas menunjukkan endapan laterit pada daerah penelitian tersusun atas 4 satuan yaitu top soil (tanah penutup), Limonit, Saprolit dan Bedrock (Batuan Dasar). Profil tersebut tersusun secara baik yang menunjukkan bahwa proses pelapukan berjalan dengan baik.

Pada umumnya lapisan top soil atau tanah penutup merupakan lapisan paling atas yang dicirikan dengan warna merah kecoklatan, banyak mengandung

humus/lapisan organik atau akar pohon, dan fragmen lepas seperti Fe Oksida (Mineral Hematit dan sedikit mineral Geotit) serta kandungan mineral Ni yang relative rendah.

Lapisan ke dua yang berada di bawah lapisan top soil adalah Limonit. Lapisan ini umunya dicirikan dengan warna yang beragam seperti kuning kecoklatan atau merah kecoklatan. Lapisan ini memiliki tekstur berupa lempung hingga lanau. Pada lapisan ini kehadiran mineral geotit lebih banyak dibandingkan dengan mineral hematit. Selain itu kemunculan mineral seperti mangan dan semakin bertambahnya nilai kadar Ni.

Lapisan berikutnya merupakan lapisan Saprolit yang ditandai dengan perubahan warna kuning kehijauan atau kuning kecoklatan. Degradasi warna tersebut menjadi indikasi batas antara lapisan limonit dan saprolit. Pada lapisan ini dijumpai kehadiran degradasi lapisan ukuran butir yang semakin kebawah semakin kasar. Biasanya kehadiran mineral-mineral geotit dan hematit akan semakin sedikit dibandingkan dengan lapisan yang ada di atasnya. Pada lapisan ini, kehadiran mineral Mangan dan Ni semakin besar yang diikuti dengan penurunan mineral Fe.

Batuan badrock menjadi lapisan paling bawah dari profil laterit. Kehadiran lapisan badrock dicirikan dengan munculnya fragmen-fragmen batuan asal yang berukuran boulder. Pada lapisan ini dicirikan dengan kenampakan lapisan atau batuan yang berwarna abu sampai hijau dan banyak ditemukan rekahan-rekahan pada batuan dan tidak sedikit dijumpai rekahan yang telah diisi oleh silika. Lapisan ini tersusun atas mineral utama seperti Olivin dan Piroksin, dengan kandungan Ni yang relative rendah.

Selain itu, profil laterit juga ditunjukkan dengan survey yang dilakukan menggunakan alat berat (metode test pit). Metode test pit dilakukan sebagai Langkah awal dalam melakukan eksplorasi endapan nikel laterit. Metode test pit ini dilakukan selain biayanya yang relatif murah, juga membutuhkan waktu yang relatif cepat. Adapun metode test pit yang dilakukan di lokasi penelitian terdapat pada Gambar 5.



Gambar-5. Hasil Bukaan dengan Metode Test Pit

Pada gambar-5 memperlihatkan bukaan dengan menggunakan metode test pit yang memiliki kedalaman 7 m. Kenampakan profil laterit pada gambar di atas memperlihatkan lapisan top soil dan limonit yang cukup tebal. Kehadiran lapisan saprolit mulai terlihat yang

ditandai dengan tekstur batuan yang berubah dari lempung menjadi kerikil. Hal ini sejalan dengan hasil analisis laboratorium dengan meningkatnya kadar Ni pada kedalaman 5 m.

metode test pit selain memiliki kelebihan terhadap biaya dan efisiensi waktu, juga memiliki kekurangan karena kedalaman yang bisa dicapai yaitu hanya sekitar 7-8 m. hal ini menyebabkan informasi terhadap ketebalan profil laterit juga sedikit. Selain metode test pit, dalam penelitian ini juga menggunakan metode XRF dari hasil pemboran. Selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan analisis morfologi untuk mengetahui kondisi kelerangan yang berkembang. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis hasil DEM didapatkan morfologi yang berkembang ada 3 morfologi yaitu morfologi perbukitan bergelombang, morfologi perbukitan rendah dan morfologi pedataran.

2. Pengkayaan Kobalt

Pengkayaan kobalt pada daerah penelitian dilakukan dengan melakukan pengamatan pada beberapa data yang berasal dari hasil XRF lapisan profil laterit dari metode test pit dan metode pemboran.

Perkembangan akumulasi nikel pada lapisan profil nikel laterit biasanya terdiri dari kombinasi tiga lapisan utama, kecuali pengkayaan nikel pada daerah yang sudah tererosi (Freyssinet et al., 2005). Pengkayaan nikel yang berkembang di daerah tropis khususnya Indonesia terdiri dari tipe cebakan oksida dan hydrous Mg silicate. Cebakan tipe oksida biasa juga dikenal dengan lapisan limonit (Prasetyo, 2016). Pembentukan cebakan profil nikel laterit menurut Butt dan Cluzel (2013) dipengaruhi oleh faktor-faktor di bawah ini adalah sebagai berikut:

1. litologi batuan dasar;
2. tatanan tektonik;
3. struktur geologi;
4. umur pelapukan;
5. iklim; dan
6. kondisi geomorfologi

Berdasarkan dari tabel klasifikasi (Elias, 2002) maka selanjutnya dibuat pembagian profil laterit dari hasil metode test pit. Metode test pit dilaksanakan dengan pengambilan sampel pada lapisan top soil, limonit dan saprolite (Tabel-2).

Profil laterit pada umumnya terbagi atas 3 lapisan utama yaitu limonit, saprolite dan *badrock*. Lapisan limonit ditandai dengan kadar Ni rendah dan Fe yang tinggi, sedangkan lapisan saprolite ditandai dengan peningkatan kadar Ni dan penurunan kadar Fe. Hal ini juga mempengaruhi peningkatan dan pengurangan mineral lain termasuk Kobalt. Pada lapisan limonit, kobalt terkonsentrasi dengan kadar 0.12 % sedangkan pada lapisan Saprolit kobalt terkonsentrasi dengan kadar 0.06-0.15% (STP_01). Pada stasiun pengamatan yang lain rata-rata terlihat dengan jelas persentase penurunan kadar kobalt pada lapisan saprolit semakin jelas.

Penurunan kadar kobalt ini sama dengan peningkatan kadar Ni. Ketika kadar Ni meningkat, maka kadar Kobalt akan menurun. Hal ini memperlihatkan zona pengkayaan kobalt terkonsentrasi pada zona lapisan Limonit. Pengkayaan Kobalt yang berbanding terbalik dengan pengkayaan kadar Ni dapat dijadikan sebagai salah satu kunci dalam estimasi zona-zona lapisan yang memiliki akumulasi kobalt yang banyak. Daerah-daerah

dengan zona lapisan limonit tebal secara tidak langsung memiliki cebakan mineral kobalt yang cukup besar. Hal ini dapat menjadi salah satu titik terang dalam pemanfaatan lapisan limonit di masa depan.

Untuk lebih memperkuat hasil analisis di atas maka dilakukan analisis terhadap lapisan profil laterit dengan menggunakan metode pemboran. Pengambilan data pemboran dilakukan pada 3 lubang bor (TB1, TB2, dan TB 3). Metode pengambilan sampelnya dilakukan dengan mengambil sampel ore pada setiap 1 meter kedalaman dari permukaan sampai zona *badrock*. Selanjutnya sampel ore tersebut dianalisis menggunakan metode XRF (Tabel-3).

Tabel-2. Hasil analisis XRF pada Profil Laterit menggunakan metode *test pit*

STP 01	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
1-2	19.89	0.99	7.47	0.12	Limonit
2-3	10.53	1.69	17.36	0.06	Saprolit
3-4	9.98	1.12	19.68	0.06	Saprolit
6-7	24.68	1.64	3.92	0.15	Saprolit
STP 02	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	25.5	2.01	10.97	0.17	Limonit
1-2	24.89	2.17	9.27	0.16	Saprolit
2-3	10.86	1.97	19.19	0.07	Saprolit
STP 03	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	26.67	1.65	3.87	0.16	Limonit
1-2	20.15	1.42	9.03	0.13	Limonit
2-3	21.09	1.42	8.3	0.14	Limonit
3-4	24.23	1.69	8.11	0.15	Saprolit
STP 04	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
2-3	26.56	1.45	3.53	0.16	Limonit
3-4	19.46	2.46	9.94	0.12	Saprolit
4-5	25.1	2.66	8.98	0.15	Badrock
STP 05	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	31.39	1.6	6.17	0.19	Limonit
1-2	19.58	2.46	8.44	0.12	Saprolit
2-3	41.96	1.06	2.45	0.23	Saprolit
3-4	46.32	1.14	2.54	0.35	Saprolit
4-5	48.24	1.31	1.12	0.28	Saprolit
7	28.2	1.6	6.95	0.19	Saprolit
STP 06	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	22.27	1.26	7.34	0.14	Limonit
2-3	17.54	0.91	7.66	0.11	Limonit
2-3					

STP_07	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	47.95	1	1.1	0.26	Limonit
1-2	14.2	1.45	15.28	0.09	Limonit
2-3	9.26	1.69	18.9	0.05	Saprolit
STP_08	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	19.72	0.96	9.66	0.13	Limonit
1-2	19.03	1.09	8.89	0.12	Limonit
2-3	16.37	0.98	10	0.11	Limonit
STP_09	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	19.08	1.86	10.24	0.12	Limonit
1-2	17.32	1.73	12.31	0.11	Saprolit
2-3	17.4	1.71	11.64	0.11	Saprolit
3-4	15.82	1.7	13.82	0.1	Saprolit
STP_10	Fe	Ni	MgO	Co	Keterangan
0-1	13.07	1.09	3.44	0.21	Limonit
2-3	24.65	1.14	6.65	0.15	Limonit
3-4	25.61	1.13	6	0.16	Limonit
4-5	23.79	1.15	6.93	0.14	Limonit
5-6	19.35	1.1	7.99	0.11	Limonit

Tabel-3. Hasil XRF pada Lubang Bor TB 1

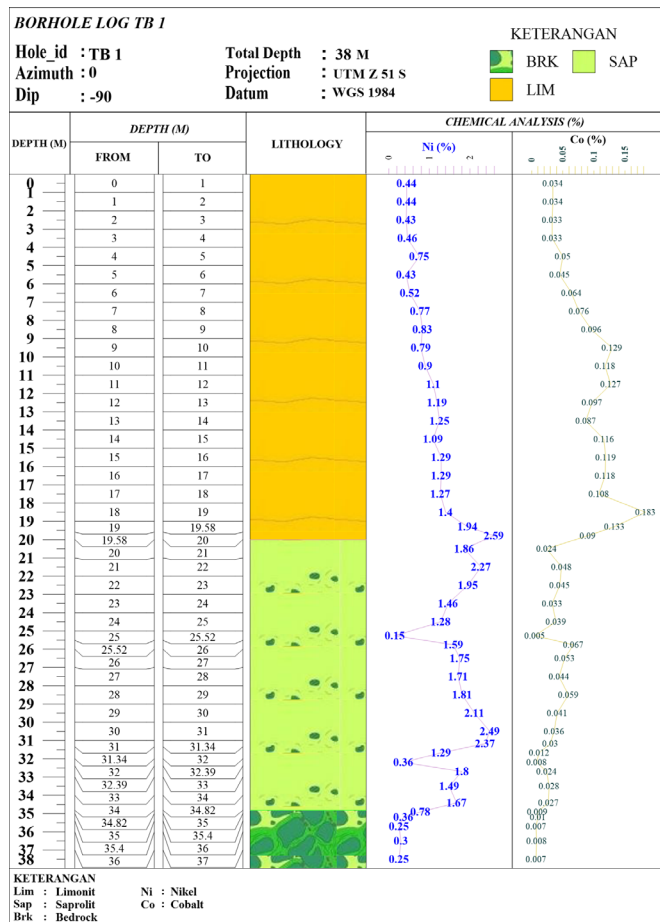
Hole_Id	Depth	Ni	Co	Fe	Layer
TB 1	0-1	0.44	0.034	45.16	LIM
TB 1	1-2	0.44	0.034	44.66	LIM
TB 1	2-3	0.43	0.033	44.55	LIM
TB 1	3-4	0.46	0.033	44.39	LIM
TB 1	4-5	0.75	0.05	42.25	LIM
TB 1	5-6	0.43	0.045	45.68	LIM
TB 1	6-7	0.52	0.064	45.77	LIM
TB 1	7-8	0.77	0.076	44.88	LIM
TB 1	8-9	0.83	0.096	44.09	LIM
TB 1	9-10	0.79	0.129	44.49	LIM
TB 1	10-11	0.9	0.118	43.46	LIM
TB 1	11-12	1.1	0.127	43.22	LIM
TB 1	12-13	1.19	0.097	42.11	LIM
TB 1	13-14	1.25	0.087	43.15	LIM
TB 1	14-15	1.09	0.116	42.55	LIM
TB 1	15-16	1.29	0.119	46.44	LIM
TB 1	16-17	1.29	0.118	48.78	LIM
TB 1	17-18	1.27	0.108	41.67	LIM
TB 1	18-19	1.4	0.183	36.49	LIM
TB 1	19	1.94	0.133	40.65	LIM
TB 1	19.58	2.59	0.09	36.61	SAP

TB 1	20-21	1.86	0.024	12.28	SAP
TB 1	21-22	2.27	0.048	20.5	SAP
TB 1	22-23	1.95	0.045	19.16	SAP
TB 1	23-24	1.46	0.033	14.38	SAP
TB 1	24-25	1.28	0.039	16.34	SAP
TB 1	25	0.15	0.005	5.62	SAP
TB 1	25.52	1.59	0.067	28.58	SAP
TB 1	26-27	1.75	0.053	21.54	SAP
TB 1	27-28	1.71	0.044	18.45	SAP
TB 1	28-29	1.81	0.059	25.62	SAP
TB 1	29-30	2.11	0.041	17.97	SAP
TB 1	30-31	2.49	0.036	15.87	SAP
TB 1	31-32	2.37	0.03	14.2	SAP
TB 1	31.34	1.29	0.012	8.2	SAP
TB 1	32-	0.36	0.008	5.45	SAP
TB 1	32.39	1.8	0.024	11.8	SAP
TB 1	33-34	1.49	0.028	13.1	SAP
TB 1	34	1.67	0.027	12.33	SAP
TB 1	34.82	0.78	0.009	6.01	BRK
TB 1	35	0.36	0.01	6.62	BRK
TB 1	35.4	0.25	0.007	5.49	BRK
TB 1	36-37	0.3	0.008	4.9	BRK
TB 1	37	0.25	0.007	4.99	BRK

TB 1 (Lubang Bor 1) memiliki kedalaman 37 m yang artinya analisis XRF dilakukan pada 37 sampel ore. Hasil analisis XRF tersebut selanjutnya dilakukan analisis penentuan zona lapisan profil laterit yang dibagi atas limonit, saprolite dan badrock. Zona lapisan profil laterit ini merupakan hasil lapukan dari batuan beku ultrabasa yaitu Peridotit dan Dunit. Dari ke tiga lubang bor, lapisan limonit memiliki ketebalan bervariasi yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah tingkat pelapukan dan morfologinya.

Pada TB 1 ketebalan zona lapisan limonit yaitu 19 m dan zona lapisan saprolit yaitu 15 m. pada lapisan limonit dan saprolite kadar Ni bervariasi dari 0.4 – 1.94 dengan kadar Fe tinggi >40%. Sedangkan pada lapisan Saprolit kadar Ni juga bervariasi 0.15 – 2.59 dengan kadar Fe yang menurun <30%. Kadar kobalt pada lapisan limonit cukup tinggi mencapai 0.129 %. Sedangkan pada zona lapisan Saprolit kadar Kobalt yang tertinggi hanya mencapai 0.09. Kadar Kobalt yang ada pada TB 1 juga sama dengan yang ditunjukkan dari hasil analisis XRF pada metode test pit yaitu semakin besar nilai kadar Ni, maka semakin kecil nilai kadar Kobalt. Sebaliknya semakin kecil nilai Kadar Ni, maka akan semakin besar nilai kadar Kobalt (Gambar-6).

Selanjutnya analisis dilakukan pada TB 2 (Lubang Bor 2) yang memiliki kedalaman 27 m yang artinya analisis XRF dilakukan pada 27 sampel ore. Zona Lapisan limonit memiliki ketebalan 17 m dan zona lapisan saprolite memiliki ketebalan 8 m (Tabel-4).



Gambar-6. Profil Laterit TB 1

Tabel 4. Hasil XRF Lubang Bor TB 2

Hole_Id	Depth	Ni	Co	Fe	Layer
TB 2	0-1	0.75	0.098	41.37	LIM
TB 2	1-2	0.74	0.14	42.28	LIM
TB 2	2-3	0.85	0.112	41.5	LIM
TB 2	3-4	1.06	0.117	41.6	LIM
TB 2	4-5	0.99	0.15	41.62	LIM
TB 2	5-6	0.86	0.162	40.4	LIM
TB 2	6-7	1.03	0.278	39.28	LIM
TB 2	7-8	1.23	0.174	40.21	LIM
TB 2	8-9	1.28	0.137	38.81	LIM
TB 2	9-10	0.98	0.128	33.85	LIM
TB 2	10-11	1.1	0.137	37.67	LIM
TB 2	11	0.75	0.073	38.98	LIM
TB 2	11.59	0.58	0.057	17.81	LIM
TB 2	12-13	0.31	0.033	10.51	LIM
TB 2	13-14	0.97	0.074	28.51	LIM
TB 2	14-15	1.21	0.107	36.24	LIM
TB 2	15-16	1.05	0.08	26.83	LIM
TB 2	16-17	1.24	0.081	30.86	LIM
TB 2	17-18	1.3	0.084	31.93	LIM
TB 2	18-19	1.68	0.073	28.43	SAP

TB 2	19	1.32	0.034	15.48	SAP
TB 2	19.85	0.55	0.008	5.54	SAP
TB 2	20-21	0.96	0.008	5.96	SAP
TB 2	21-22	0.78	0.007	6.09	SAP
TB 2	22-23	0.92	0.005	5.35	SAP
TB 2	22.2	1.69	0.006	6.15	SAP
TB 2	22.75	1.17	0.008	6.13	SAP
TB 2	23-24	0.38	0.004	4.76	BRK
TB 2	24-25	0.34	0.008	5.5	BRK
TB 2	25-26	0.55	0.007	6.05	BRK
TB 2	26-27	0.34	0.008	6.38	BRK
TB 2	27	0.36	0.007	5.74	BRK

Pada lapisan limonit dan saprolite kadar Ni bervariasi dari 0.31 – 1.28 dengan kadar Fe tinggi yang bervariasi antara 10.51% - 40.4%. Sedangkan pada lapisan Saprolit kadar Ni juga bervariasi 0.5 – 1.68% dengan kadar Fe yang menurun <15%. Kadar kobalt pada lapisan limonit cukup tinggi mencapai 0.278 %. Sedangkan pada zona lapisan Saprolit kadar Kobalt yang tertinggi hanya mencapai 0.034. Kadar Kobalt yang ada pada TB 2 juga sama dengan yang ditunjukkan dari hasil analisis XRF pada metode test pit yaitu semakin besar nilai kadar Ni, maka semakin kecil nilai kadar Kobalt. Sebaliknya semakin kecil nilai Kadar Ni, maka akan semakin besar nilai kadar Kobalt (Gambar-7).

Terakhir pada TB 3 (Lubang Bor 3) memiliki kedalaman 23 m yang artinya jumlah sampel yang dianalisis menggunakan metode XRF sebanyak 23 sampel. Zona lapisan limonit memiliki ketebalan 11 m sedangkan zona lapisan saprolite memiliki ketebalan 10 m (Tabel-5)

Pada lapisan limonit dan saprolite kadar Ni bervariasi dari 0.77 – 1.77 dengan kadar Fe tinggi yang bervariasi antara 34.77 – 44.49 %. Sedangkan pada lapisan Saprolit kadar Ni juga bervariasi 0.27 – 1.47% dengan kadar Fe yang menurun antara 5.9 – 26.32%. Kadar kobalt pada lapisan limonit cukup tinggi mencapai 0.19 %. Sedangkan pada zona lapisan Saprolit kadar Kobalt yang tertinggi hanya mencapai 0.054%. Kadar Kobalt yang ada pada TB 3 juga sama dengan yang ditunjukkan dari hasil analisis XRF pada metode test pit yaitu semakin besar nilai kadar Ni, maka semakin kecil nilai kadar Kobalt. Sebaliknya semakin kecil nilai Kadar Ni, maka akan semakin besar nilai kadar Kobalt (Gambar-8).

KESIMPULAN DAN SARAN

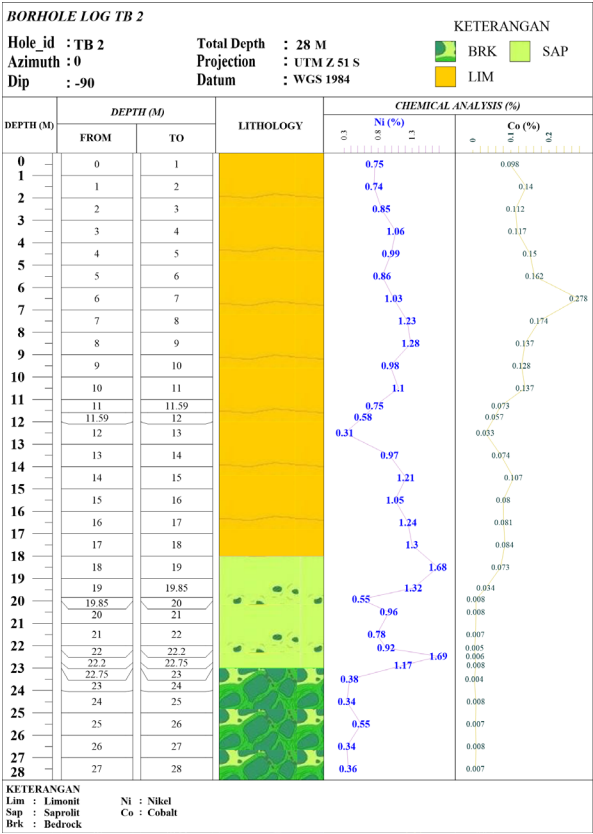
KESIMPULAN

1. Pada daerah penelitian profil laterit terbagi atas tiga zona yaitu limonit, saprolite dan *badrock*. Kobalt terkayakan pada zona limonit yang memiliki karakteristik kadar Ni rendah dan Fe tinggi.
2. Persentase kadar kobalt cukup tinggi pada lapisan limonit yaitu mencapai 0.278%, sedangkan pada lapisan saprolite kadar kobalt hanya mencapai 0.09%.

SARAN

Diperlukan penelitian lebih jauh terutama faktor-faktor utama yang mempengaruhi pengkayaan Kobalt pada Zona

Liminit. Selain itu, perlu adanya analisis terhadap pengkayaan Kobalt di daerah lain mengingat sebaran nikel laterit di Sulawesi Tenggara cukup luas.

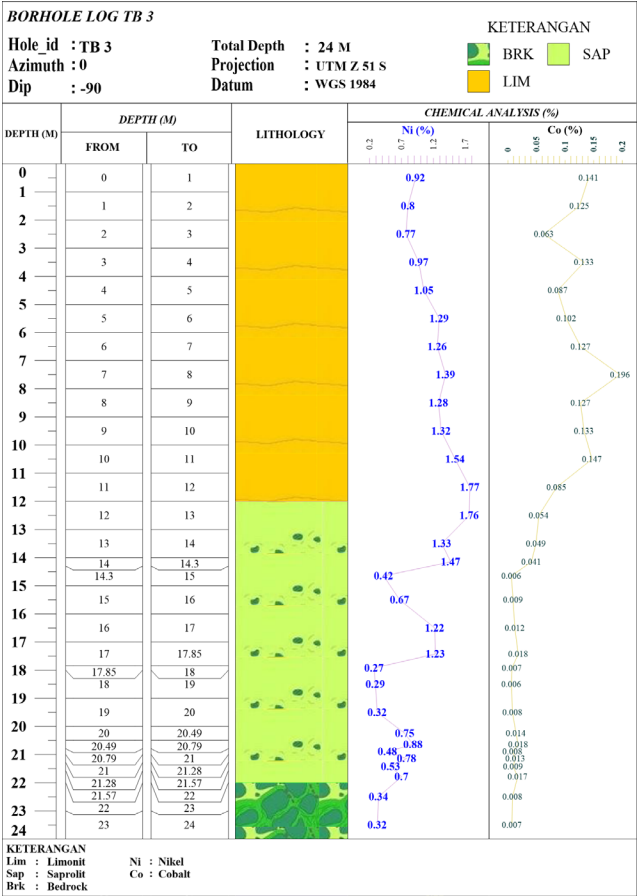


Gambar-7. Profil Laterit TB 2

Tabel 5. Hasil XRF pada Lubang Bor TB 3

Hole_Id	Depth	Ni	Co	Fe	Layer
TB 3	0-1	0.92	0.141	42.07	LIM
TB 3	1-2	0.8	0.125	41.03	LIM
TB 3	2-3	0.77	0.063	41.85	LIM
TB 3	3-4	0.97	0.133	43.35	LIM
TB 3	4-5	1.05	0.087	44.49	LIM
TB 3	5-6	1.29	0.102	42.96	LIM
TB 3	6-7	1.26	0.127	39.82	LIM
TB 3	7-8	1.39	0.196	43.14	LIM
TB 3	8-9	1.28	0.127	38.8	LIM
TB 3	9-10	1.32	0.133	40.28	LIM
TB 3	10-11	1.54	0.147	38.52	LIM
TB 3	11-12	1.77	0.085	34.77	LIM
TB 3	12-13	1.76	0.054	26.32	SAP
TB 3	13-14	1.33	0.049	22.63	SAP
TB 3	14	1.47	0.041	19.91	SAP
TB 3	14.3	0.42	0.006	6.37	SAP
TB 3	15-16	0.67	0.009	7.35	SAP
TB 3	16-17	1.22	0.012	9.04	SAP
TB 3	17	1.23	0.018	11.33	SAP

TB 3	17.85	0.27	0.007	5.9	SAP
TB 3	18-19	0.29	0.006	6.34	SAP
TB 3	19-20	0.32	0.008	6.51	SAP
TB 3	20	0.75	0.014	10.41	SAP
TB 3	20.49	0.88	0.018	12.73	SAP
TB 3	20.79	0.48	0.008	8.05	SAP
TB 3	21	0.78	0.013	9.91	SAP
TB 3	21.28	0.53	0.009	8.94	SAP
TB 3	21.57	0.7	0.017	11.3	SAP
TB 3	22-23	0.34	0.008	6.87	BRK
TB 3	23	0.32	0.007	6.86	BRK



Gambar-8. Profil Laterit TB 3

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam pengambilan data terutama perusahaan terkait yang telah bersedia memberikan data untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan.

DAFTAR ACUAN

- [1] Anbiyak, N., dan Cahyaningrum, T. (2021): Identifikasi Zona Kaya Kobalt pada Cebakan Nikel Laterit Indonesia, Indonesian Mining Professionals Journal, 2(2), hal. 75–84. DOI:10.36986/impj.v2i2.38
- [2] Butt, C. R. M., & Cluzel, D. (2013). Nickel laterite ore deposits: weathered serpentinites. Elements, 9(2), 123-128.

- [3] Diana, L. (2021): Pengayaan Kobalt (CO) pada BlokX dan Blok Y PT.Sebuku Iron Lateritic Ores (SILO), (gambar 1), hal. 27–28.
- [4] Elias, M. (2002). Nickel laterite deposits-geological overview, resources and exploitation. Giant ore deposits: Characteristics, genesis and exploration. CODES Special Publication, 4, 205-220.
- [5] Elias, M. (2006): Lateritic Nickel Mineralization of the Yilgarn Craton, hal. 195–210 dalam Nickel Deposits of the Yilgarn Craton, Society of Economic Geologists. DOI:10.5382/SP.13.07
- [6] Freyssinet, P., Butt, C. R. M., Morris, R. C., & Piantone, P. (2005). Ore-forming processes related to lateritic weathering
- [7] Golightly, F. A., Stott, F. H., dan Wood, G. C. (1979): The Relationship Between Oxide Grain Morphology and Growth Mechanisms for Fe - Cr - Al and Fe - Cr - Al - Y Alloys, Journal of The Electrochemical Society, 126(6), hal. 1035 - 1042. DOI:10.1149/1.2129170
- [8] Golightly, J., & Paul, G. J. (1981). Nickeliferous laterite deposits.
- [9] Hannis, S., dan Bide, T. (2009): Cobalt - Definition, mineralogy and deposits, hal. 19, British Geological Survey, diperoleh melalui situs internet: <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/8727>.
- [10] Marsh, E. E., Anderson, E. D., dan Gray, F. (2013): Nickel-cobalt laterites: a deposit model: Chapter H in Mineral deposit models for resource assessment, Scientific Investigations Report, Reston, VA, 49 hal. DOI:10.3133/sir20105070H
- [11] Noor, D. (2017): Perhitungan Cadangan Nikel Dengan Metoda Area Of Influence Daerah Uko Uko Kecamatan Pomalaa Kabupaten Kolaka Propinsi Sulawesi Tenggara.
- [12] Prasetyo, P. (2016). Tidak sederhana mewujudkan industri pengolahan nikel laterit kadar rendah di Indonesia sehubungan dengan UndangUndang Minerba 2009. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara, 12(3), 195-207.
- [13] Sivarajasingham, S., Alexander, L. T., Cady, J. G., dan Cline, M. G. (1962a): Laterite, hal. 1–60 dalam Advances in Agronomy, Academic Press. DOI:10.1016/S0065-2113(08)60435-6
- [14] Sivarajasingham, S., Alexander, L. T., Cady, J. G., dan Cline, M. G. (1962b): Laterite, hal. 1–60. DOI:10.1016/S0065-2113(08)60435-6
- [15] Smith, C. G. (2001): Always the bridesmaid, never the bride: cobalt geology and resources, Applied Earth Science, 110(2), hal. 75–80. DOI:10.1179/aes.2001.110.2.75
- [16] Sundari, W. (2012): Analisis Data Eksplorasi Bijih Nikel Laterit Untuk Estimasi Cadangan Dan Perancangan Pit Pada PT. Timah Eksplomin Di Desa Baliara Kecamatan Kabaena Barat Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode II, (November), hal. 1–9.
- [17] Surono (2013): Geologi Lengan Tenggara Sulawesi (2 ed.) (A. K. Nana Suwarna, Hermes Panggabean, Ed.), Badan Geologi, Kementerian ESDM, Bandung