

**DOMAIN GEOLOGI SEBAGAI DASAR PEMODELAN ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT
PERBUKITAN ZAHWAH, SOROWAKO, KABUPATEN LUWU TIMUR, PROVINSI SULAWESI
SELATAN**

Deni Hernandi¹, Mega Fatimah Rosana², Agus Didit Haryanto²

¹PT Vale Indonesia, Tbk, Indonesia &

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

²Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung, Indonesia

Email: deni.hernandi@vale.com atau denihernandi19@gmail.com

ABSTRACT

Good quality geochemistry data (Assay) reflects on geological modeling of lateritic resource geology guaranteed. Strengthen of the geological modeling process is absolutely influenced by the Exploratory Data Analysis (EDA) process which aims to separate the geological domains of laterite deposits based on the characteristic of geochemistry, the weathering material and the lateral and vertical lithology composition of the laterite nickel deposits on Zahwah Hill study area, Sorowako, Luwu Timur Regency, South Sulawesi Province. Identification of population distribution of simple geochemical data based on graph of histogram, scatter plot and ternary diagram is a powerful tool to facilitate and separate nickel laterite domains. The impact of domain generalization will provide an overview of the geological model based on natural conditions of nickel laterite deposit, which will be constructed the process of mineral resource estimation based on zonation more reliable. Understanding nickel laterite weathering process is an essential and complementary fundamental thought dissociate geological domain of nickel laterite concept. Base on identification Zahwah hill lithology consist of ultramafic rock; harzburgit and dunit, chareterized by low serpentized into unserpentized rock. Where the content of silica is very abundant and spread evenly on study diarea. The enrichment of Nickel ore in laterite deposits is found in the -1-inch material fraction only. In general, the geological domain of nickel laterite deposit on Zahwah hills Block Model Laterite Nickel Resources are separated into 3 parts of the limonite zone, saprolite zone and bedrock zone.

Keyword: domain, geochemistry, laterite, nikel, saprolite

ABSTRAK

Kualitas data geokimia (Assay) yang baik mencerminkan terhadap penjaminan pemodelan geologi sumberdaya laterit. Kekuatan proses pemodelan geologi sangat dipengaruhi oleh proses Exploratory Data Analysis (EDA) yang bertujuan memisahkan domain geologi endapan laterit berdasarkan karakteristik geokimia, material hasil pelapukan dan litologi penyusun baik lateral maupun vertikal pada endapan Nikel laterit pada area Penelitian Perbukitan Zahwah, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Identifikasi distribusi populasi data geokimia secara sederhana berdasarkan grafik histogram, scatter plot dan ternary diagram merupakan media yang ampuh untuk memudahkan dan memisahkan domain Nikel laterit. Dampak generalisasi domain akan memberikan gambaran model geologi berdasarkan kondisi natural endapan nikel laterit sehingga akan memudahkan proses estimasi sumberdaya mineral berdasarkan zonasi. Pemahaman tentang teori pelapukan endapan nikel laterit merupakan konsep penting yang mendasar dan saling melengkapi terhadap proses memisahkan domain geologi laterit. Berdasarkan identifikasi litologi penyusun Perbukitan Zahwah merupakan batuan ultramafic yaitu batuan Harzburgit dan dunit. Dengan tingkat serpentinisasi rendah hingga tak terserpentinisasi. Dimana kandungan silika sangat melimpah dan tersebar merata diarea penelitian. Pengayaan bijih Nikel pada endapan laterite hanya terdapat pada material fraksi -1 inci. Proses domain geologi endapan nikel laterit pada Blok Medol Sumberdaya Nikel laterit Perbukitan Zahwah secara umum dipisahkan menjadi 3 bagian yaitu zona limonit, zona saprolit dan zona bedrock.

Kata kunci: domain, geokimia, laterit, nikel, saprolit

PENDAHULUAN

Penelitian dilaksanakan pada Perbukitan Zahwah, merupakan sebagian kecil dari area Kontrak Karya (KK) PT. Vale Indonesia Tbk. yang terletak di Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian dapat ditempuh dari Makassar menuju Sorowako melalui jalan darat dengan jarak tempuh ± 600 Km, selama kurang lebih 12 jam menggunakan transportasi umum ataupun kendaraan pribadi. Sedangkan melalui jalur udara yaitu dengan menggunakan pesawat terbang non-komersial perusahaan kurang lebih 1 jam.

Pemahami tentang domain geologi Nikel laterit tidak terlepas pentingnya terhadap pemahaman teori pelapukan dan pembentukan endapan laterit. Endapan nikel laterite merupakan produk pelapukan batuan mafic dan ultramafic yang mengalami proses pengayaan dalam kurun waktu geologi. Umumnya ada 2 faktor yang mempengaruhi pelapukan batuan yaitu faktor fisika dan faktor kimia. Pelapukan batuan yang diakibatkan proses fisika dipengaruhi oleh angin, air, es, tumbuhan dan binatang. Sedangkan pelapukan yang diakibatkan oleh faktor kimia disebabkan adanya kontak batuan terhadap air dalam hal ini muka air tanah, oksigen, karbon dioksida, inorganik dan organik yang memiliki sifat asam.

Topografi merupakan hal kritikal yang mengontrol terhadap pembentukan profile laterit. Umumnya akumulasi endapan nikel berkembang baik pada topografi yang relatif landai dan tidak berkembang baik pada topografi yang terjal. (Ahmad, 2009). Akibat dari proses geologi tersebut, produk geokimia endapan laterit tersebut secara vertikal memiliki karakteristik kekhasan memisahkan sifat fisik zona laterisasi. Sehingga secara umum terbagi menjadi 3 zona yaitu Limonite, Saprolit dan Badrock (Gambar 1).

Zona Batuan dasar (Bedrock), zona batuan dasar atau bedrock berada pada bagian bawah profile, merupakan batuan batuan ultramafic yang belum mengalami proses pelapukan. Komposisi kimia batuan memiliki kemiripan terhadap komposisi kimia *bedrock* yang tidak teralterasikan. Terdapat struktur *joints* dan *fracture* terjadi seiring terjadinya tekanan hydrostatic pada batuan. Sementara sirkulasi air permukaan meresep melalui *joints* dan *fracture*.

Zona Saprolit, zona ini berada diatas batuan dasar (*bedrock*), umumnya boulder sebagai hasil proses oksidasi dan merupakan tanah penutup (*overburden*). Pada sub zona *iron capping* lapisan permukaan ini porositas buruk-sedang, sedangkan densitas material

sebagian atau seluruhnya telah mengalami pelapukan, dimana proses pelapukan tersebut terjadi pada *joint* dan *fracture boulder*. Tekstur atau fragment batuan masih dikenali dan proses pelapukan belum berlangsung dengan sempurna.

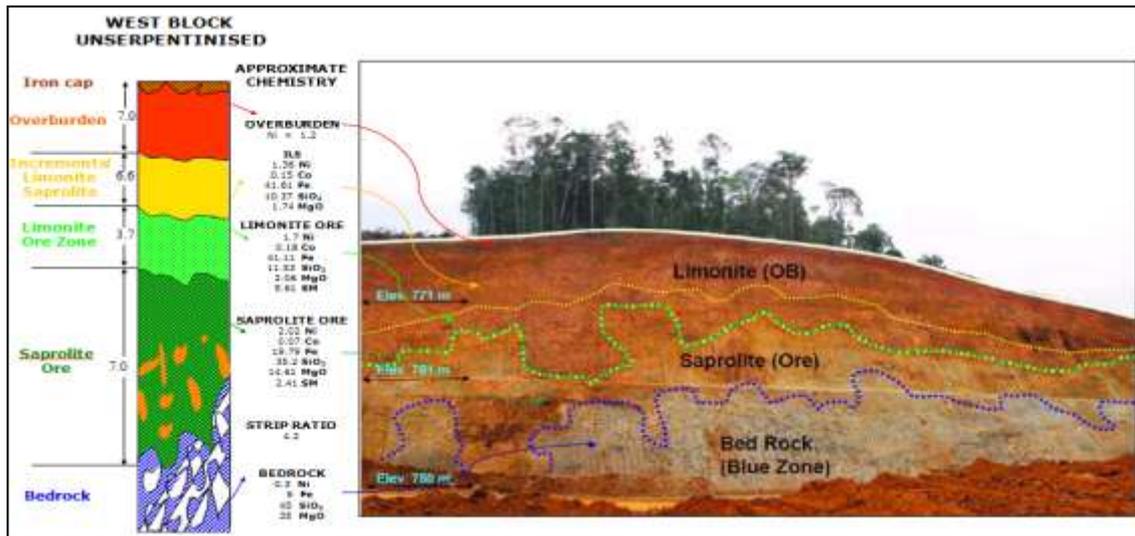
Pada batuan dengan tingkat terserpentinisasi yang tinggi proses pelapukan tidak hanya berlangsung pada *joint* dan *fracture*, tetapi terjadi pada masa batuan keseluruhan yang disebabkan lunaknya batuan yang memungkinkan muka air tanah terlibat sebagai agen pelapukan. Porositas peraliran pada zona saprolit sedang-baik, sedangkan densitas material relatif rendah.

Proses pelapukan pada *boulder* terus berlangsung meningkat dimulai dari bagian dalam hingga batas terluar batuan. Sedangkan MgO, SiO₂ dan alkali akan tercuci atau hilang, menyisakan besi Fe³⁺, Al₂O₃, Cr dan Mn. Vertikal profil menunjukkan bahwa kandungan Fe pada bagian atas lebih tinggi dibandingkan pada bagian bawah dan rata-rata cenderung memiliki kadar Fe yang rendah. Pada zona saprolite Ni merupakan produk residual, namun umumnya merupakan hasil proses pengayaan yang kedua. Hal ini disebabkan ketika alkanitas muka air tanah yang bersifat asam pada bagian atas tiba-tiba meningkat menyebabkan terpisahnya olivine dan terlepasnya magnesia, sehingga Ni pada bagian atas terlarutkan dan diendapkan pada zona saprolit.

Keterdapat mineral garnierite umumnya pada zona saprolite, merupakan zona dimana silica sebagai vein atau silica boxwork terdapat. Bijih umumnya terdapat pada zona Saprolit dan tidak semua profile secara vertikal memiliki kadar Ni yang relatif merata. Hasil proses pengayaan Ni yang kedua pada bagian bawah zona saprolit bukan merupakan bagian dari tubuh bijih dimana secara gradual menunjukkan kadar yang lebih rendah.

Zona limonit, zona ini berada pada bagian atas profile laterite dan merupakan pembentukan akhir pelapukan batuan ultrabasa serta terkonsentrasinya elemen non-mobile yang diakibatkan proses pelindian pada batuan ultrabasa. Lapisan permukaan zona limonite bagian atas tersusun oleh sub zona lapisan *iron capping*, berwarna merah disebut sebagai *red limonite*. Sub zona ini memiliki karakteristik kaya akan mineral hematite terbentuk

relatif tinggi dan kondisi asli tekstur batuan tidak teridentifikasi akibat proses pelapukan yang telah berlangsung sempurna.



Gambar 1. Profil Endapan Laterit Pada Batuan Tidak Terserpentinkan

Sedangkan dibagian bawah tanah penutup (*overburden*), merupakan zona limonit berwarna merah-coklat atau kuning dan biasa disebut sebagai sub zona *yellow* limonit atau *incremental* limonit-saprolit, mengandung mineral goethite dan besi hidroksida. Proses pelapukan relatif teramati pada tekstur perlapisan soil sedangkan kandungan SiO₂ dan MgO telah tercuci. Sedangkan residual element yang lain hadir melimpah. Pada sub zona yellow limonit atau *incremental* limonit-saprolit porositas perlapisan buruk-sedang, sedangkan densitas material relatif tinggi. Sementara pada bagian bawah sub zona yellow limonit atau incremental limonit-saprolit disebut sebagai sub zona intermediate (transisi zone) atau dikatakan sebagai limonite ore zone. Pada bagian sub zona ini kandungan kadar besi relatif tinggi dibagian atas sedangkan pada bagian bawah relatif lebih rendah. Umumnya alumina ditandai dengan adanya mineral lempung (*soft smectite clays* dan silika). Sementara Cr hadir dalam kadar yang relatif tinggi namun bisa juga kandungannya relatif sedikit. Sementara unsur Mn dan Co terlarut diendapkan pada zona limonit bagian bawah (*transition zone*). Sedangkan kandungan SiO₂ dan MgO kadar rendah terbentuk. Porositas perlapisan pada sub zona intermediate (*transisi zone*) atau dikatakan sebagai limonite ore zone. Sisa tekstur batuan masih dapat teramati yang menunjukkan proses pelapukan. Ketika konsep laterisasi telah dipahami maka dengan mudah proses domaining terhadap endapan Nikel laterit tersebut dapat diterapkan. Hal ini penting karena proses domain Geologi merupakan inti pemodelan geologi. Domain geologi menempati setidaknya 90% akurasi dalam pemodelan

sumberdaya. Kesesuaian model geologi akan memudahkan mengestimasi sumberdaya (matematika diperlukan untuk menyiapkan model sumberdaya yang sesuai) (Coombes, 2008).

Didalam pemodelan dan estimasi sumberdaya terkait dengan proses membuat blok yang berisi informasi kadar berdasarkan pengaruh atau informasi sampel terdekat. Dimensi blok pada blok model sumberdaya berbeda-beda tergantung tingkat keyakinan geologi yang akan dibangun (Misal : Dimensi Blok 12.5 x 12.5 x 1 dan seterusnya) atau disesuaikan terhadap dimensi alat tambang yang digunakan dan merefleksikan terhadap faktor dilusi dan mineability tambang. Maka didalam menyiapkan domain geologi proses tersebut berkaitan yaitu (Coombes, 2008):

1. Menempatkan kontrol geologi terhadap proses mineralisasi sehingga membatasi dan membedakan populasi mineralisasi yang terjadi.
2. Statistik merupakan alat validasi terhadap interpretasi populasi mineral.
3. Memahami serta mendefinisikan setiap domain sebelum membuat model 3D berdasarkan data populasi sampel.

Pemahaman populasi mineral sangat dipengaruhi genesa pembentukan mineral, lithology, tipe endapan, kontrol struktur, pelapukan, pembentukan mineral dan faktor lain yang berpengaruh terhadap pemahaman, pendefinisian dan membatasi zona mineralisasi.

Data pembaron merupakan salah satu tipe data geokimia yang dapat digunakan untuk menyiapkan domain laterite. Domain laterite merupakan bagian dari proses *Exploratory Data Anaysis* (EDA). Proses ini terkait identifikasi eksistensi terhadap beberapa populasi dengan ringkasan informasi statistik

yang berbeda. Hal tersebut didasarkan atas pemahaman karakteristik statistik data, pengetahuan geologi sehingga data endapan terkelompokan menjadi domain. Hal ini dianggap lebih masuk akal dibandingkan jika menggabungkan seluruh data deposit sekaligus. Pendefinisian domain bergantung pada ketersediaan data yang cukup, sehingga akan lebih mudah menyimpulkan tiap parameter statistik dari setiap domain. Selain itu, domain tersebut harus memiliki prediktabilitas secara spasial dan tiap domain tidak boleh tumpang tindih antar satu domain terhadap domain lainnya (Rossi, M.E., Deutsch, C.V., 2014).

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Daerah telitian termasuk dalam Peta Geologi Regional Lembar Malili, merupakan bagian Mandala Geologi Sulawesi Timur. Dengan kondisi morfologi yaitu pegunungan yang berada dibagian tenggara lembar peta yaitu Pegunungan Verbeek dengan ketinggian 800 - 1.346 meter di atas permukaan laut. Tersusun oleh batuan ofiolit, batuan banchuh (*melange*) dan batugamping (Simandjuntak, dkk. 1991) (Gambar 2).

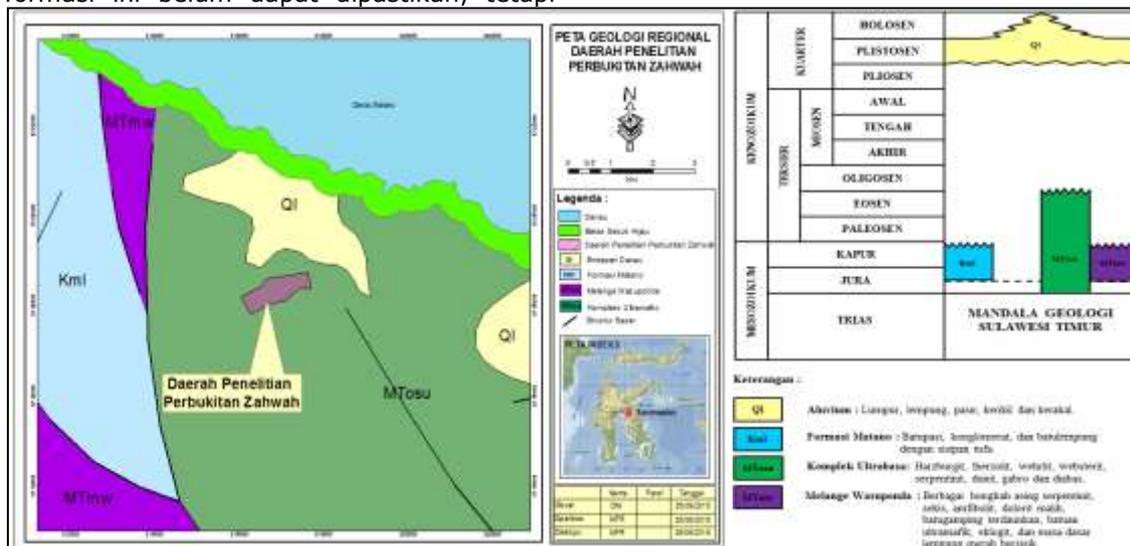
Statigrafi batuan tertua pada daerah penelitian tersusun oleh batuan ofiolit. Komplek ofiolit tersebut memanjang dari utara Pegunungan Balantak ke arah tenggara Pegunungan Verbeek merupakan Batuan Ultramafik (MTosu), tersusun oleh harzburgit, lherzolit, wherlit, websterit, serpentin, dunit, gabbro dan diabas. Umur formasi ini belum dapat dipastikan, tetapi

diperkirakan sama dengan ofiolit di lengan timur Sulawesi yang berumur Kapur-Awal Tersier (Simandjuntak, 1986; dalam Simandjuntak, dkk. 1991).

Selanjutnya tersusun oleh batuan banchu (Mélange) Wasuponda (Mtmw), terbentuk dalam lajur penunjaman Zaman Kapur. Hubungan statigrafi dengan Batuan Ultramafik dan Formasi Matano berupa persentuhan tektonik atau tidak selaras. Kemudian secara tidak selaras terendapkan Formasi Matano (Kml). Berdasarkan kandungan fosil batugamping, yaitu *Globotruncana sp* dan *Heterohelix sp*, serta radiolaria dalam rijang (Budiman, 1980; dalam Simandjuntak, dkk. 1991), Formasi Matano diduga berumur Kapur Atas dan diendapkan dalam lingkungan laut dalam. Sedangkan pada bagian atas merupakan endapan alluvium (Ql)

Berdasarkan identifikasi bahwa litologi penyusun Perbukitan Zahwah merupakan batuan ultramafik yaitu batuan Harzburgit dan dunit. Dengan tingkat serpentinisasi rendah hingga tak terserpentinisasi. Dimana kandungan silika sangat melimpah dan tersebar merata diarea penelitan. Pengayaan bijih Nikel pada endapan laterite hanya terdapat pada material fraksi -1 inci.

Sedangkan tujuan penelitan berdasarkan data Geokimia Perbukitan Zahwah yaitu mengidentifikasi domain geologi layer laterit berdasarkan data geokimia untuk menjamin kualitas dan kesesuaian blok model estimasi sumberdaya Nikel laterit.



Gambar 2. (a). Peta Geologi Regional Lembar Malili Daerah Penelitian Perbukitan Zahwah (Simandjuntak, dkk. 1991)
 (b). Kolom Stratigrafi Mandala Geologi Sulawesi Bagian Timur, Peta Geologi Regional Lembar Malili (Simandjuntak, dkk. 1991)

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Proses domain laterit geologi Perbukitan data melibatkan 395 titik data pemboran,

dengan jumlah data geokimia yaitu 13405 berdasarkan pada tiap intercept atau interval pemboran.

Metodologi yang umum digunakan saat mengidentifikasi domain geokimia endapan laterite yaitu

1. Sebelum dilakukan prose pengecekan atau *Exploratory Data Analysis* (EDA) pastikan bahwa keseluruhan data geokimia pada deposit endapan nikel laterit yang akan dilakukan pengecekan jumlah error nilai element data geokimia (*assay*) setelah melalui proses QAQC \leq 1% dari total.
2. Pastikan bahwa tidak ada duplikasi data geokimia (*assay*) yang ditandai oleh adanya nomor titik pemboran yang sama (*Holes ID*).
3. Pastikan bahwa generalisasi domain pelapisan (*layer*) geologi stratigrafi berurut dimulai dari bawah yaitu *layer* batuan dasar (*bedrock*), kemudian *layer*

saprolit dan pada bagian atas adalah *layer* limonit.

4. Identifikasi data berdasarkan distribusi histogram dan scatter plot (Mis: Ni, Fe, Co SiO₂ dan MgO) pada tiap *layer* laterite.
5. Identifikasi data berdasarkan distribusi ternary diagram terhadap nilai Oksida FE, MgO dan SiO₂

Hal lain yang perlu diperhatikan terhadap distribusi data geokimia pada saat akan dilakukan proses domain laterit yaitu

1. Pastikan jika ada data geokimia dengan nilai 0, maka nilai pada kolom harus kosongkan.
2. Jika ada nilai -999 pastikan data dirubah nilainya $\frac{1}{2}$ dari detection limit terhadap alat *assay* yang digunakan untuk memperoleh informasi kadar.

Tabel 1. Nilai Batas Minimum dan dan Maximum Pembacaan Alat X-ray fluorescence (XRF)

No	Parameter	% Kadar
1	Ni	0.01 - 15.00
2	Fe	0.1 - 60.0
3	SiO ₂	0.1 - 100.0
4	Co	0.001 - 3.000
5	MgO	0.1 - 50.0

Detection limit adalah kemampuan nilai terkalibrasi pada alat untuk membaca nilai element dari conto material endapan nikel laterit dan umumnya menggunakan alat analisis geokimia *X-ray fluorescence* (XRF) (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Vertikal Profil Laterit

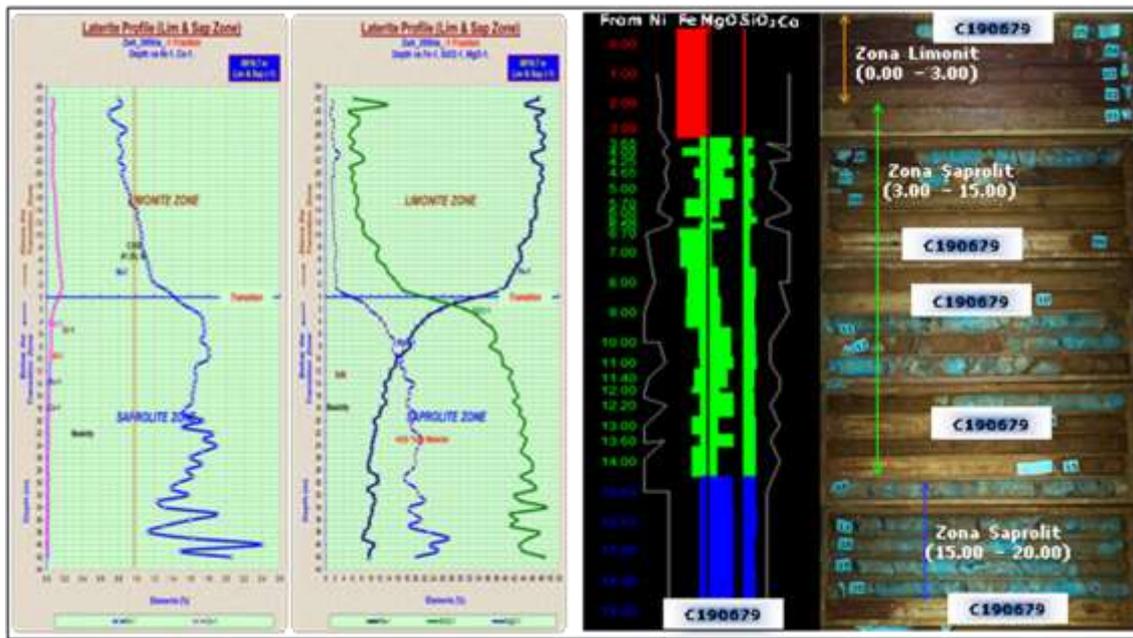
Karakteristik dan kecenderungan geokimia endapan Nikel laterit pada daerah penelitian perbukitan zahwa berdasarkan vertikal profil pada zona limonit, saprolit dan *badrock* terhadap 5 element (%Ni, %Co, %Fe, %MgO dan %SiO₂) yang digunakan untuk memisahkan domain geologi daerah penelitian berdasarkan data geokimia pemboran, gradual menunjukkan bahwa %kadar Ni akan meningkat perlahan mulai dari zona limonit hingga zona saprolite, sedangkan pada zona batuan dasar (*bedrock*) %kadar Ni akan berkurang. Kemudian %kadar Co relatif meningkat pada zona limonit hingga zona transisi yaitu perbatasan antara zona limonit dan zona saprolit, dan sangat rendah pada zona *badrock*. Pada Zona limonit proporsi %kadar Fe sangat tinggi, ketika memasuki zona Saprolite maka %Fe rendah dan akan terlihat berkurang tajam pada Zona *Badrock*. Sementara identifikasi terhadap %kadar MgO dan %kadar SiO₂, setelah melewati

zona transisi perlahan mulai meningkat pada zona saprolit hingga optimum meningkat signifikan ketika memasuki zona batuan dasar (*bedrock*) dibandingkan pada zona limonit (Gambar 3).

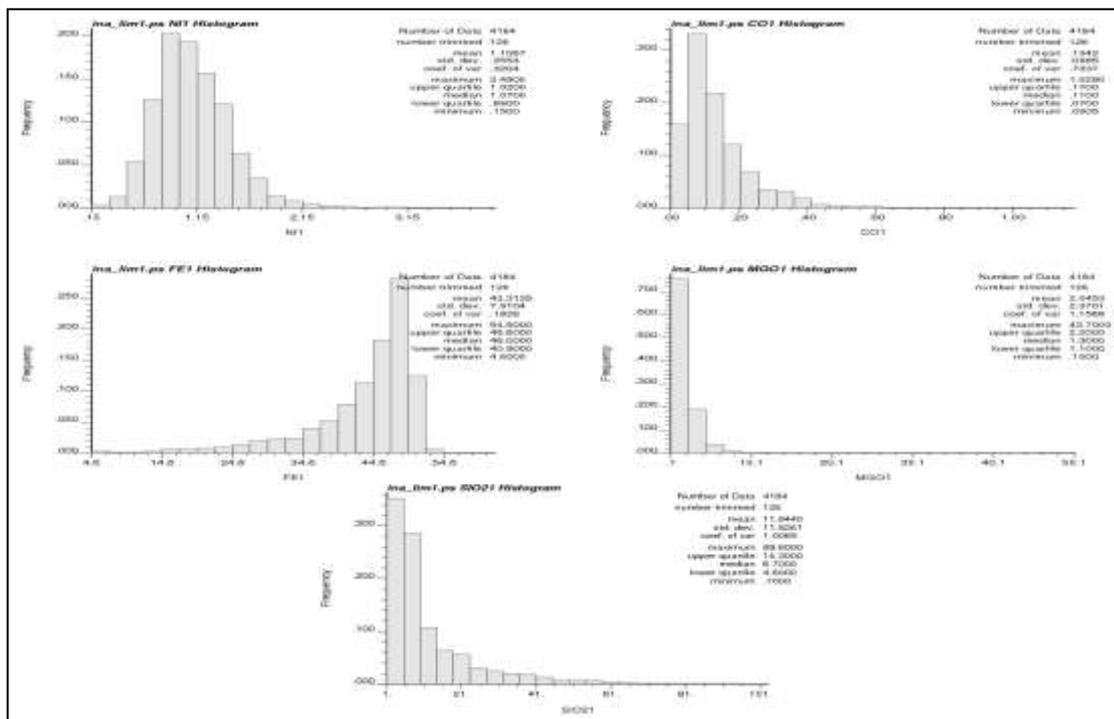
Histogram Profil Nikel Laterit

Domain geologi harus merefleksikan proses geologi. Setelah dilakukan proses validasi berdasarkan plot data nilai element geokimia pada daerah penelitian perbukitan zahwah pada histogram menunjukkan *single* populasi terhadap tiap domain.

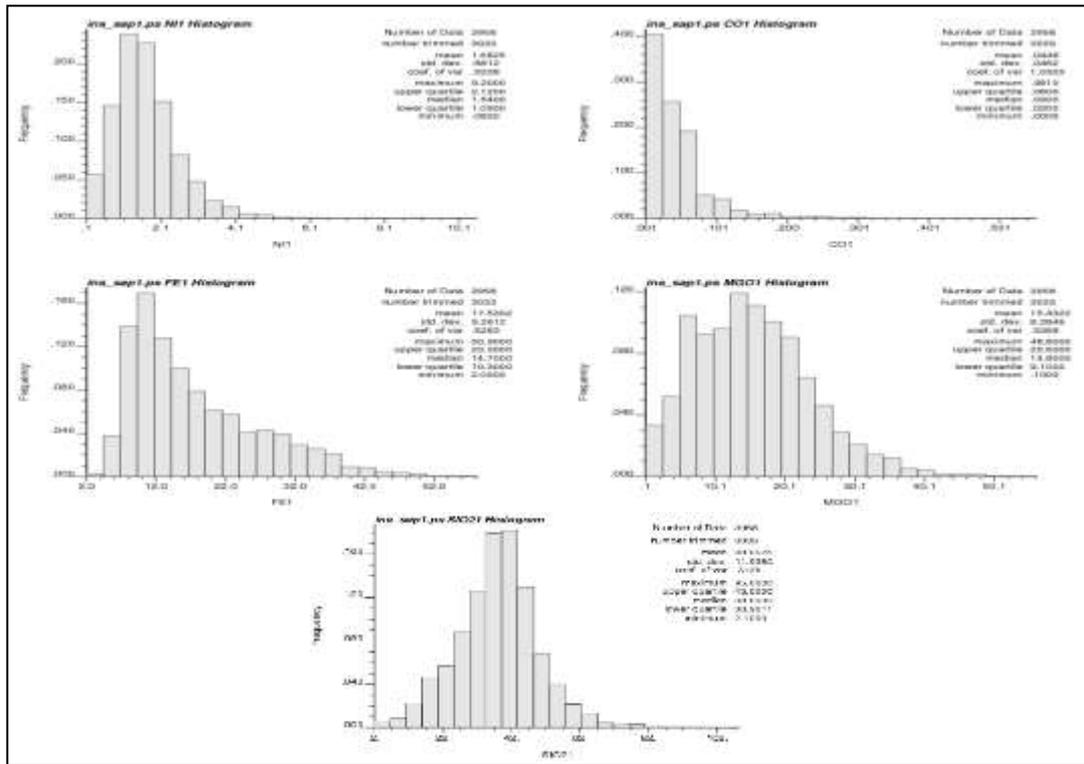
Domain limonit histogram, berdasarkan populasi karakteristik geokimia terhadap % kadar elemen Ni, Co, SiO₂ dan MgO grafik histogram menunjuk skew positif sementara %kadar pada elemen Fe skew negative (Gambar 4). Sedangkan saprolit histogram %kadar Ni, Co, Fe dan MgO menunjukkan skew positif, sementara SiO₂ adalah distribusi normal (Gambar 5). Pada batuan dasar (*bedrock*), populasi distribusi %kadar pada element Ni, Co, Fe, SiO₂ menunjukkan skew positif. Adanya distribusi silika berkadar rendah yang berada pada range %kadar SiO₂ 8.9 – 28.9 menunjukkan adanya proporsi material tanah (*soft material*), recovery \leq 15% yang berada pada zona *bedrock* dan domaining digeneralisir sebagai *layer Bedrock* (Gambar 6).



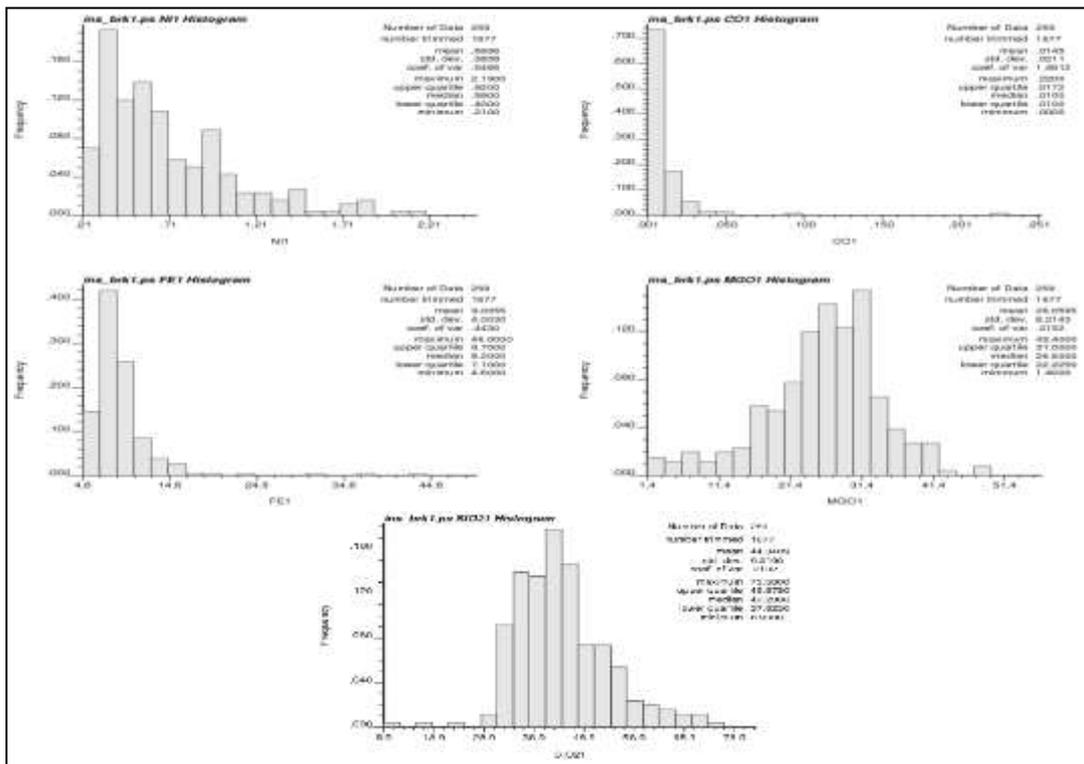
Gambar 3. Geokimia Laterit Profil Perbukitan Zahwah
 (a) General laterit profile zona limonit dan saprolit
 (b) Individual vertikal data geokimia laterit profile terhadap contoh inti pemboran



Gambar 4. Histogram Zona Limonit



Gambar 5. Histogram Zona Saprolit



Gambar 6. Histogram Zona Bedrock

Scatter Plot Profil Nikel Laterit

Berikut identifikasi distribusi scatter plot Ni laterit yang dibanding terhadap % kadar Co, Fe, SiO₂ dan MgO pada tiap zona (Gambar 7), yaitu :

1. Scatter plot Ni Laterit pada zona limonit terhadap %kadar Co dalam batasan %kadar yang normal dan pengayaan %kadar Co cenderung pada zona transisi atau zona limonit. Sedangkan %kadar Fe pada range 4.0-20 dan %kadar MgO

pada range 26.1–44.1, evaluasi menunjukkan adanya fraksi kasar (*boulder*) pada fraksi halus (*soft material*) atau natural fraksi halus mix terhadap fraksi kasar (*boulder*) yang relative belum mengalami pelapukan secara sempurna (Gambar 8).

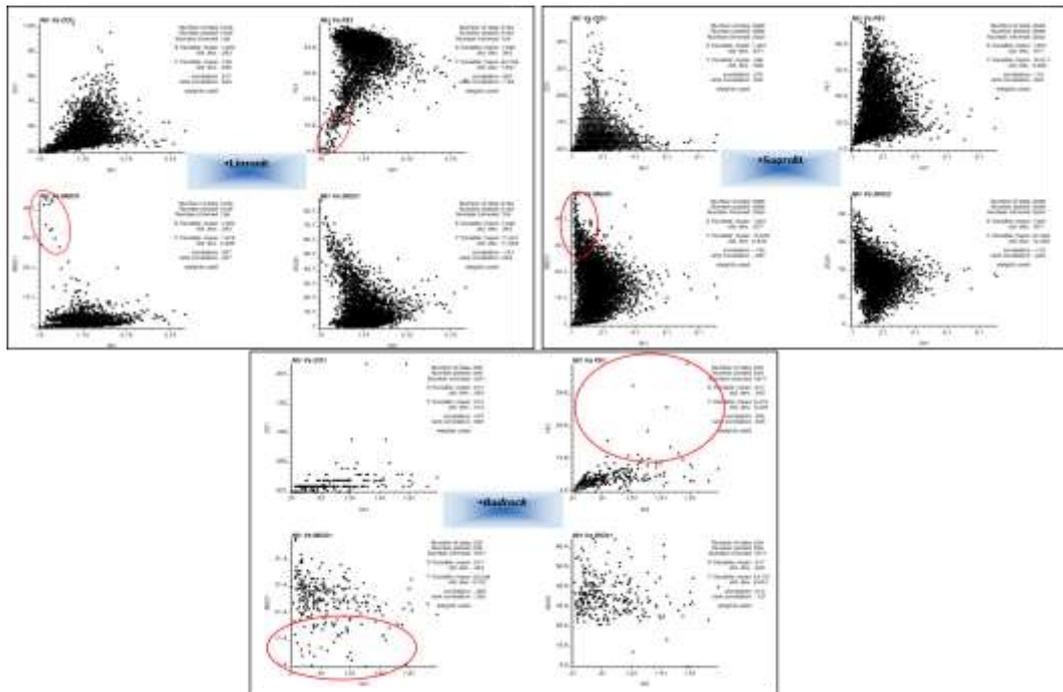
2. Scatter plot Ni Laterit pada zona saprolit terhadap %kadar co dalam batasan %kadar batas normal tidak bias karena %kadar Co mengalami pengayaan pada zona transisi atau zona limonit. Sedangkan %kadar Fe di zona saprolit umumnya memiliki populasi distribusi %kadar Fe yang tinggi, batas range normal atau tidak bias. Sementara %kadar MgO dalam batas range normal atau tidak bias. %Kadar MgO yang tinggi yaitu range %kadar MgO 24.01–48.01 lebih diakibatkan adanya fraksi kasar (*boulder*) pada fraksi halus (*soft material*) atau natural fraksi halus mix terhadap fraksi kasar (*boulder*) yang relative belum mengalami pelapukan secara sempurna. Terhadap %kadar SiO₂ daerah penelitian, pada zona saprolit memiliki variansi kadar silika yang cukup tinggi (Gambar 9).
3. Scatter plot Ni Laterit pada zona batuan dasar (*bedrock*) %kadar Co dalam batasan %kadar batas yang normal atau tidak bias karena %kadar Co tidak mengalami pengayaan pada zona bedrock. %Kadar Fe relatif normal atau tidak bias, keterdapatan %kadar Fe >14.6 lebih disebabkan adanya soft material pada zona batuan dasar dengan recovery ≤50% dan digeneralisasi sebagai zona bedrock. %Kadar MgO dan %kadar SiO₂ relatif normal atau tidak. Keterdapatan %kadar MgO <19 dan %kadar SiO₂ <28 disebabkan adanya fraksi halus (*soft material*) pada data core yang digeneralisir sebagai zona batuan dasar (*bedrock*) (Gambar 10).

Ternary Diagram Plot Nikel Laterit

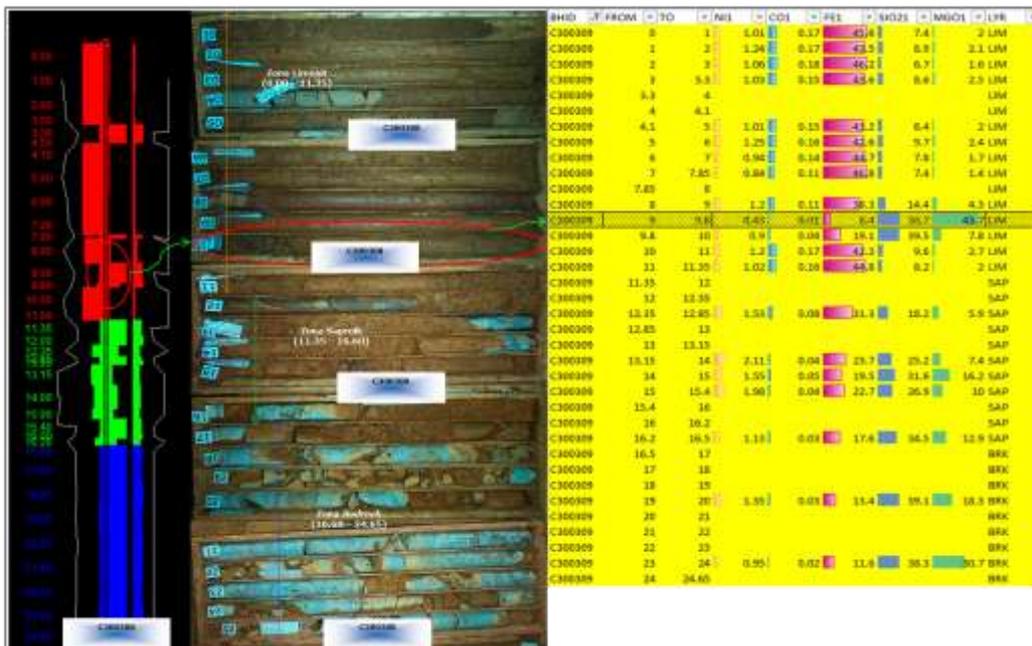
Pola ternary diagram plot pada Nikel laterit berdasarkan total oksida Fe, MgO dan SiO₂ pada zona limonit memiliki trend populasi berada pada bagian sisi kanan dari diagram ternary plot diagram zona limonit. Terdapatnya populasi yang terpisah pada zona limonit (lingkaran merah), disebabkan %kadar silika yang tinggi pada zona limonit. Sedang pola ternary plot diagram pada zona saprolit berada disepanjang bagian kanan dan kanan bawah ternary diagram plot. Distribusi populasi normal atau tidak ada bias dan merefleksikan tipikal total oksida Fe, MgO dan SiO₂ pada zona saprolit. Sementara pola ternary diagram pada zona batuan dasar (*bedrock*) memiliki trend populasi berada pada bagian bawah ternary plot diagram. Munculnya populasi yang terpisah (lingkaran merah), merupakan populasi fraksi halus (*soft material*) atau tanah dengan recovery ≤50% yang digeneralisir sebagai zona batuan dasar (*bedrock*) (Gambar 11). Untuk memastikan bahwa proses identifikasi terhadap domain nikel laterit telah sesuai maka proses visual cek harus dilakukan sehingga generalisasi domain atau *layer* tersebut tersebut telah sesuai. Ketidaksesuaian tersebut berdampak terhadap proses penjaminan estimasi dan pemodelan sumberdaya nikel laterit (Gambar 12).

KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi dan refleksi kesesuaian terhadap distribusi populasi pada histogram, scatter plot dan ternary diagram serta merujuk pada teori dasar laterisasi maka generalisasi domain laterite geologi di daerah penelitian Perbukitan Zahwah dikelompokkan atas tiga yaitu domain laterit limonit, domain laterit saprolit dan domain laterit batuan dasar (*bedrock*).



Gambar 7. Scatter Plot Ni Zona (a) Limonit (b) Saprolit (c) Bedrock



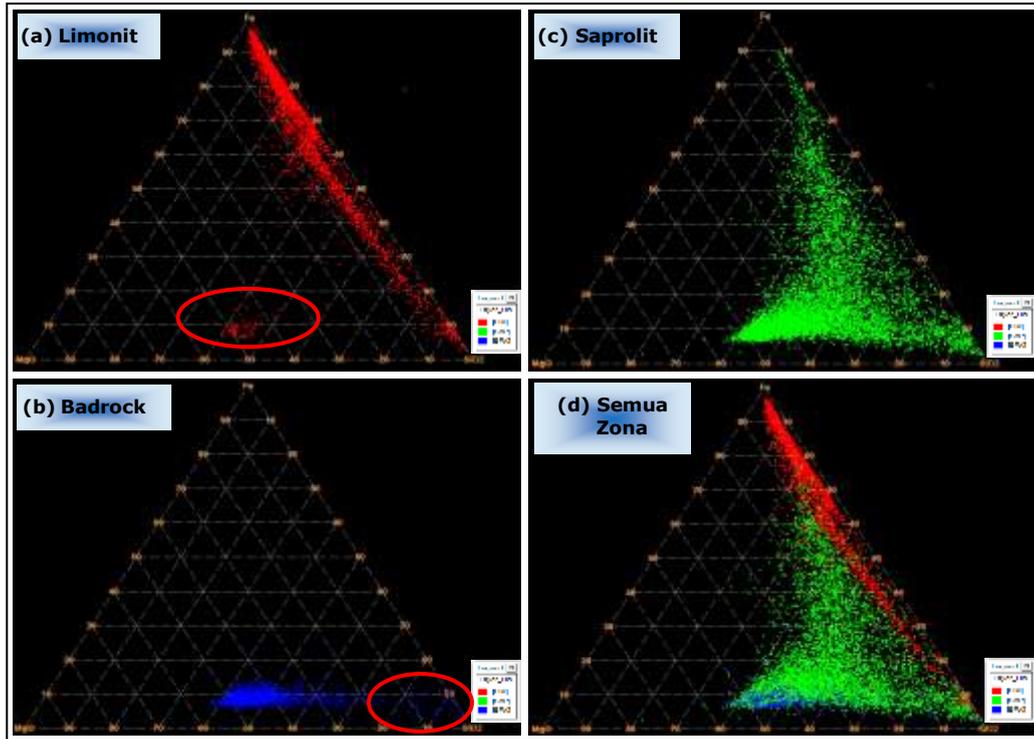
Gambar 8. Generalisir soft material sebagai domain Limonit bercampur dengan boulder yang belum mengalami proses pelapukan secara sempurna



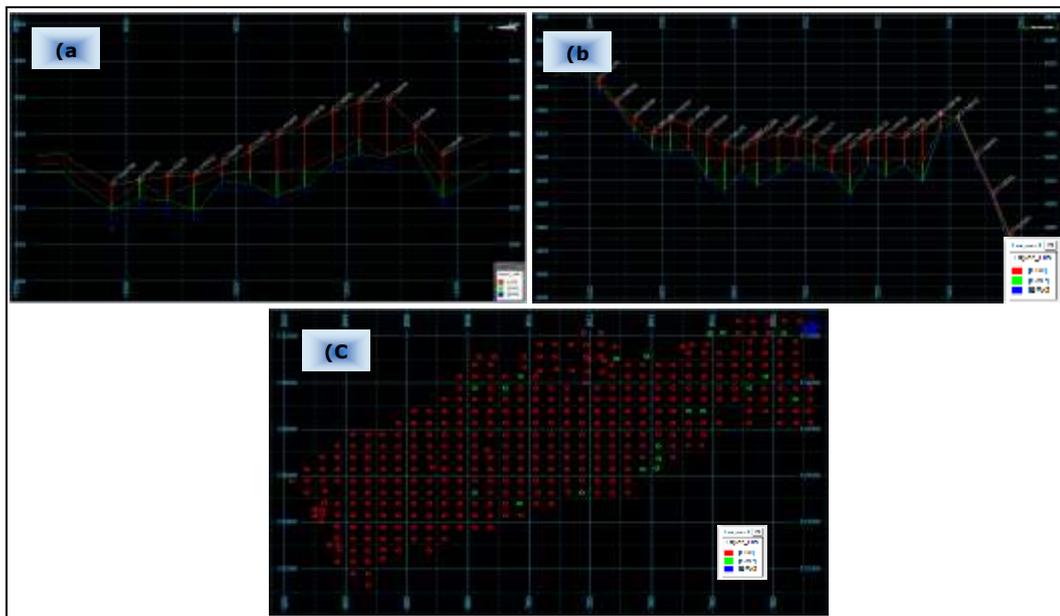
Gambar 9. Generalisir soft material sebagai domain saprolit bercampur dengan boulder yang belum mengalami proses pelapukan secara sempurna.



Gambar 10. Generalisir soft material Recovery $\leq 50\%$ sebagai domain Bedrock.



Gambar 11. Ternary Diagram Plot (a) Limonit (b) Saprolit (c) Batuan Dasar (*Badrock*) dan (d) Semua zona laterisasi



Gambar 12. Penampang Domain Laterit (a) Utara-Selatan dan (b) Barat Timur, serta (c) distribusi penyebaran titik pemboran data geokimia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Gde Handojo Tutuko, Senior Manager Explorasi dan Wannu, Supervisor Mineral Assessment and Database Geologi, PT. Vale Indonesia atas dukungan dan ijin sehingga paper mendasar terkait domain laterit sebagai pondasi dasar pemodelan endapan nikel laterit dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhitya, B. & Sahlan. 2002. Memorandum Inalahi *Geological Report*. PT. Inco Indonesia Tbk. Tidak Diterbitkan Untuk Umum
- Ahmad, W. 2009. Mine Geologi At PT. Inco Indonesia Tbk. Tidak Diterbitkan Untuk Umum.
- Coombes, J., 2008. The Art and Science of Resource Estimation. Coombes Capability, Perth p. 53-74.
- Rossi, M.E., Deutsch, C.V., 2014. Mineral Resource Estimation. Heidelberg New York London. Springer. P. 51-65.
- Simandjuntak, T.O, E. Rusmana, Surono & J.B. Supandjono, 1991. Peta Geologi Lembar Malili, Sulawesi. Skala 1 : 250.000. Lembar 2113. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.