

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Endapan nikel laterit merupakan hasil dari proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti dunit, peridotit, dan Serpentin. Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik yang banyak mengandung mineral olivin, piroksin, magnesium silikat dan besi silikat dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0,30% (Maulana, 2017).

PT. Vale Indonesia Tbk, merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan dan pengolahan nikel. Perusahaan ini mengoperasikan tambang nikel Open Pit dan pabrik pengolahan berada di Sorowako, dan saat ini menjadi produsen nikel terbesar di Indonesia yang menyumbang pasokan nikel dunia. Dalam eksplorasi dan penambangan nikel laterit, pengambilan sampel merupakan langkah penting untuk menentukan kadar dan distribusi nikel. Sampel yang diambil harus dipreparasi untuk memastikan representativitas dan keakuratan analisis.

Sebelum melakukan proses analisis dengan menggunakan XRF, beberapa sampel dapat langsung dianalisis, namun terdapat pula sampel yang perlu dipreparasi. Terdapat beberapa teknik preparasi sampel untuk analisis menggunakan XRF, diantaranya *Pressed Pellet* dan *Fused Bead*. *Pressed Pellet* merupakan salah satu metode preparasi sampel berbentuk serbuk dengan menekan serbuk dibawah tekanan yang sangat tinggi menjadi pelet. Pelet kemudian diukur dan dianalisis, sedangkan *fused bead* ialah teknik preparasi sampel serbuk yang ditambahkan *flux* lalu dilebur pada suhu tinggi sehingga didapat berupa *glass beads* (Brouwer, 2010).

Namun, untuk mendapatkan hasil yang akurat, preparasi sampel yang baik sangat penting. Maka dari itu penulis melakukan penelitian mengenai perbandingan hasil analisis geokimia dari metode *pressed pellet* dan metode *fused bead* berdasarkan analisis XRF, serta menentukan metode mana yang memberikan hasil paling yang lebih efektif dalam analisis unsur dalam sampel nikel laterit.

Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan sebelumnya, terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan hasil analisis geokimia dari metode *pressed pellet* dan metode *fused bead* pada fraksi -1, -6 dan total material ?
2. Bagaimana perbandingan hasil analisis geokimia dari metode *pressed pellet* dan metode *fused bead* pada Zona Laterit dan Zona Ore?
3. Apa metode yang lebih representatif dalam analisis unsur pada sampel nikel?

Maksud dan Tujuan

Studi khusus ini dimaksudkan untuk analisis Geokimia dari Hasil Perbandingan Metode *Pressed Pellet* Dan *Fused Bead* Pada Endapan Nikel Laterit Blok X Pt.Vale Indonesia Tbk menggunakan XRF. Adapun tujuan dilakukannya penelitian sebagai berikut.

1. Membandingkan hasil analisis geokimia dari metode *pressed pellet* dan metode *fused bead* pada fraksi -1, -6 dan total material.
2. Membandingkan hasil analisis geokimia dari metode *pressed pellet* dan metode *fused bead* pada Zona Laterit dan Zona Ore.
3. Merekomendasikan metode yang lebih representatif dalam analisis unsur pada sampel nikel.

Batasan Masalah

Pembatasan masalah akan dibatasi pada hal-hal yang berkenaan dengan penelitian, antara lain :

1. Penelitian ini hanya membandingkan dua metode preparasi sampel, yaitu *pressed pellet* dan *fused bead*.
2. Penelitian ini hanya melihat perbedaan relatif keduanya.
3. Parameter geokimia yang dianalisis dibatasi pada unsur Ni, Fe, SiO₂ dan MgO.

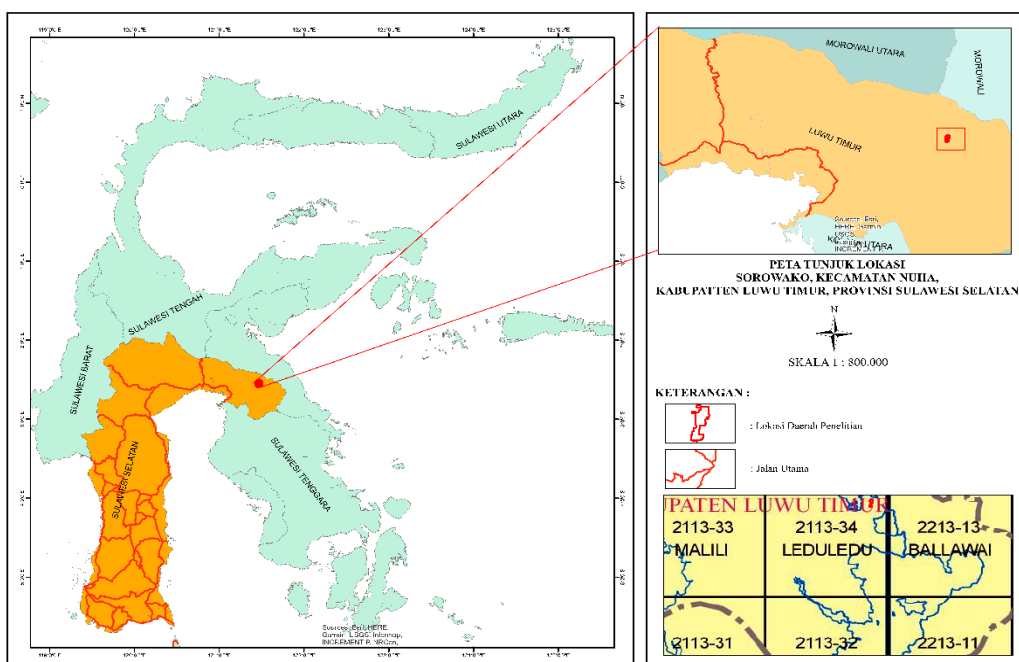
Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang keunggulan dan keterbatasan dari masing-masing metode (*Pressed Pellet* dan *Fused Bead*). Dengan mengetahui kelebihan dan kekurangan dari masing-masing metode, sehingga dapat memilih metode yang lebih efisien dan akurat untuk analisis geokimia di PT. Vale Indonesia Tbk.

Letak dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah kawasan PT. Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Sorowako, Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah penelitian pada peta yaitu peta geologi Lembar Malili, Sulawesi Selatan skala 1:250.000 (1979).

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai September, dimana Daerah penelitian ini dapat dicapai dengan menggunakan sarana transportasi darat beroda beroda empat.



Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian yang berada pada wilayah kawasan PT. Vale Indonesia Tbk, Kabupaten Luwu Timur, Sorowako, Provinsi Sulawesi Selatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Lembar Malili terletak diantara koordinat 120° - $121^{\circ}30'$ BT dan $2^{\circ}00'$ - $3^{\circ}00'$ LS, dan meliputi daerah seluas 21.000 Km^2 . Lembar ini di utara dibatasi oleh Lembar Poso, di timur oleh Lembar Bungku, di selatan oleh Lembar Kendari, Teluk Bone dan Lembar Majene, dan di barat oleh Lembar Mamuju. Bagian selatan lembar termasuk Kabupaten Luwu, Propinsi Sulawesi Selatan, sedangkan bagian utara termasuk Kabupaten Poso, Propinsi Sulawesi Tengah.

Geomorfologi Regional

Geomorfologi regional yang meliputi daerah penelitian dan sekitarnya dapat dibagi dalam daerah pegunungan, daerah perbukitan, daerah karst dan daerah pedataran (Simandjuntak, dkk, 1991).

Di bagian barat terdapat 2 rangkaian pegunungan: Pegunungan Tineba dan Pegunungan Koro-Ue yang memanjang dan Baratlaut - Tenggara, dengan ketinggian antara 700-3016 m di atas permukaan laut dan dibentuk oleh batuan granit dan malihan. Sedangkan di bagian tenggara lembar peta terdapat Pegunungan Verbeek dengan ketinggian antara 800 - 1346 m di atas permukaan laut, dibentuk oleh batuan ultramafik dan batugamping.

Daerah Pebukitan menempati bagian tengah dan Timurlaut lembar peta dengan ketinggian antara 200 - 700 m di atas permukaan laut dan merupakan pebukitan yang agak landai yang terletak di antara daerah pegunungan dan daerah pedataran. Pebukitan ini dibentuk oleh batuan vulkanik, ultramafik dan batupasir.

Daerah Karst menempati bagian timurlaut lembar peta dengan ketinggian antara 800 - 1700 m dari permukaan laut dan dibentuk oleh batugamping. Daerah ini dicirikan oleh adanya dolina, Sinkhole dan sungai bawah permukaan.

Daerah Pedataran menempati daerah selatan lembar peta, melampar mulai dari utara Palopo, Sabbang, Masamba sampai Bone-Bone. Daerah ini mempunyai ketinggian hanya beberapa meter di atas permukaan laut dan dibentuk oleh endapan aluvium

Stratigrafi Regional

Berdasarkan himpunan batuan, struktur dan biostratigrafi, secara regional Lembar Malili termasuk Mendala Geologi Sulawesi Timur dan Mendala Geologi Sulawesi Barat, dengan batas Sesar Palu Koro yang membujur hampir utara-selatan. (Simandjuntak, dkk, 1991).

Secara garis besar geologi Sulawesi dapat dibedakan menjadi empat mandala atau kompleks geologi (Ahmad, 2005) yaitu :

1. Zona Bagian Barat (Sulawesi bagian selatan dan utara) terdiri dari basement kompleks akibat subduksi pada zaman mesozoik, endapan tersier, dan kompleks vulkanik tersier dengan beberapa intrusi granitik.
2. Zona Bagian Timur (Sulawesi bagian Timur dan Tenggara) terdiri dari fragmen ofiolit dan kompleks subduksi ke arah Barat pada masa neogen hingga kuartar..
3. Zona Bagian Tengah, terutama terdiri dari jalur batuan metamorf dan *Ophiolite Melange*.
4. Fragmen batuan Kontinental meliputi Banggai Sula dan Tukang Besi

Berikut urutan stratigrafi pada daerah penelitian berdasarkan Geologi Lembar Malili daerah Sorowako sebagai berikut:

1. Komplek Ultrabasa (MTosu): Harzburgit, lherzolit, wherlit, websterit, serpentinit, dunit, gabro dan diabas. Diperkirakan terendapkan pada Kapur Awal-Eosen Akhir. Sekuen ini tersingkap dengan baik di bagian utara, sedangkan di bagian tengah dan selatan, komplek ofiolit ini umumnya tidak lengkap lagi dan telah terombakkan atau terdeformasi.
2. Formasi Matano (Kml): Diatas ofiolit diendapkan tidak selaras Formasi Matano yang berupa batugamping kalsilit, rijang, argilit dan batulempung napalan, sedangkan bagian bawah dicirikan oleh rijang radiolaria dengan sisipan kalsilit yang semakin banyak ke bagian atas. Terbentuk/terendapkan pada Kapur Akhir - Paleosen Awal.
3. Formasi Malange Wasuponda (MTmw) : malange ini terdiri atas fragmen batugamping, batuan ultrabasa, amphibolit, sekis, pilit, eklogit, dan serpentinit yang terdapat dalam matriks lempung merah.
4. Larona (Tpls): Batupasir, konglomerat dan batulempung dengan sisipan

tufa. Diperkirakan terendapkan pada Pliosen Awal-Akhir.

5. Endapan Danau(QI) berupa endapan komponen: yang terdapat di daerah sekitar Danau Matano, Danau Towuti dan Danau Mahalona.
6. Sedangkan endapan- endapan aluvial dapat ditemui di sekitar daerah aliran Sungai yang terdiri dari Lumpur, lempung, pasir, kerikil dan kerakal terendapkan pada Plistosen Tengah-Holosen Akhir (Simandjuntak, dkk, 1991).

Struktur Geologi

Struktur geologi Lembar Malili memperlihatkan ciri kompleks tumbukan dari pinggiran benua yang aktif. Berdasarkan struktur, himpunan batuan, biostratigrafi dan umur, daerah ini dapat dibagi menjadi dua kelompok yang sangat berbeda, yaitu *Alohton* yang terdiri dari Ofiolit dan Malihan, sedangkan *Autohton* terdiri dari batuan gunungapi dan pluton Tersier dari pinggiran Sunda land, serta kelompok Molasa Sulawesi (Simandjuntak dkk, 1991).

Struktur geologi penting di daerah ini meliputi sesar, lipatan, dan kekar. Sesar di daerah ini terdiri dari sesar naik, sesar sungkup, sesar geser, dan sesar turun, yang diperkirakan terbentuk sejak Mesozoikum dan beberapa sesar utama tampaknya aktif kembali. Sesar Matano dan Sesar Palu Koro, yang berarah barat laut-tenggara dan bergerak mengiri, diduga masih aktif hingga kini dan bersatu di bagian barat laut. Kedua sesar ini terbentuk sejak Oligosen dan terkait dengan Sesar Sorong dalam sistem sesar transform. Sesar lain yang lebih kecil terbentuk bersamaan atau setelah sesar utama.

Beberapa sesar utama tampaknya aktif kembali. Sesar Matano dan sesar Palu-Koro merupakan sesar utama berarah barat laut-tenggara, dan menunjukkan gerak mengiri. Diduga kedua sesar itu masih aktif sampai sekarang (Tjia 1973; Ahmad, 1975), keduanya bersatu di bagian barat laut Lembar. Diduga pula kedua sesar tersebut terbentuk sejak Oligosen, dan bersambungan dengan sesar Sorong sehingga merupakan satu sistem sesar *transform*. Sesar lain yang lebih kecil berupa tingkat pertama atau kedua yang terbentuk bersamaan atau setelah sesar utama tersebut. Dengan demikian sesar-sesar ini dapat dinamakan Sistem Sesar Matano-Palu-Koro.

Geologi Daerah Sorowako

Pada daerah Sorowako dan sekitarnya termasuk dalam zona Sulawesi bagian Timur yang dicirikan dengan batuan Ofiolit dan malihan yang di beberapa tempat tertindih oleh sedimen Mesozoikum (Sukanto, 1975). Singkapan Ofiolit di Sulawesi bagian Timur terjadi dalam tiga bentuk (Ahmad, 2005), yaitu :

1. Sebagai massa besar dan tidak teratur penyebarannya, ukurannya sampai beberapa ratus kilometer persegi.
2. Sebagai jalur terpotong-potong mengikuti struktur jalur subduksi.
3. Sebagai massa kecil dan tidak teratur penyebarannya, terkadang terisolasi dalam massa yang lain.

Ofiolit di bagian timur Sulawesi terdiri atas batuan mafik dan ultramafik yang ditutupi oleh sedimen laut dalam. Batuan mafik dan ultra mafik terdiri atas peridotit dan piroksenit, serta mikrogabro

dan basal. Peridotit, yang mendominasi batuan mafik - ultramafik terdiri atas oleh dunit, harzburgit, lersolit dan piroksenit, serta mikrogabro dan basal, yang ditemukan di beberapa tempat (Surono, 2011).

Geologi Sorowako sebelumnya telah dibahas oleh Golightly (1979) Dimana salah satu hal yang memengaruhi deposit nikel yaitu pengaruh dari adanya sesar Matano sepanjang 170 km yang dinamakan berdasarkan nama danau yang dilaluinya, yaitu danau Matano. Sesar Matano ini merupakan sesar mendatar yang membentang membelah Timur Sulawesi. Sesar besar disekitar daerah ini menyebabkan relief topografi sampai 600 mdpl dan sampai sekarang aktif tererosi. Sejarah tektonik dan geomorfik di kompleks ini sangat penting untuk pembentukan nikel laterit yang bernilai ekonomis.

Danau Matano yang mempunyai kedalaman sekitar 600 m diperkirakan adalah graben yang terbentuk akibat dari sesar Matano. Danau Towuti pada sisi Selatan dari sesar diperkirakan merupakan pergeseran dari lembah Tambalako akibat pergeseran sesar Matano. Pergerakan sesar ini menutup aliran air ke arah utara sepanjang lembah dan membentuk danau Towuti dan aliran airnya beralih ke barat menuju Sungai Larona. Danau- danau yang terbentuk dari sesar Matano ini merupakan bendungan alami yang menahan laju erosi dan membantu mempertahankan deposit nikel laterit yang terbentuk di daerah Sorowako dan sekitar kompleks danau.

Pada daerah penelitian termasuk kedalam kompleks ultrabasa Sorowako yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu Blok Barat, Blok Timur, dan Petea, (Ozborne and Waraspati, 1986).

1. Blok Barat (*unserpentinized harzburgite*) secara tipikal adalah *harzburgite* dengan kandungan olivin (rata-rata 80 - 90 %) dan *orthopyroxene* (rata-rata 10 -20 %). Beberapa batuan dunit ditemukan, mengandung lebih dari 90 % olivin.
2. Blok Timur (*serpentinized lherzolite*) secara tipikal adalah *lherzolite* yang mengandung olivin (rata-rata 60 - 65 %), *orthopyroxene* (rata -rata 25 - 30 %) dan *clinopyroxene* (rata-rata 10 %). Batuan di Blok Timur mengalami serpentinisasi yang bervariasi.
3. Petea (*serpentinized harzburgite* dan *lherzolite*) adalah satu jalur endapan laterit yang memanjang sejauh 30 km dari pantai bagian timur danau Matano ke area Lampesue di bagian Timur.

Nikel Laterit

Endapan Nikel Laterit

Istilah “laterite” berasal dari bahasa Latin “later” yang berarti bata. Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh Buchanan Hamilton pada tahun 1807 untuk bongkahan-bongkahan tanah yang telah dipotong menjadi bata (bricks) untuk tujuan Pembangunan oleh orang Malabar – South Central India (Ahmad, 2006). Sekarang ini, istilah “laterite” diartikan sebagai residu tanah yang kaya akan senyawa oksida besi yang terbentuk akibat pelapukan kimia dengan kondisi air tanah tertentu.

Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengkayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder (Burger, 1996).

Menurut Ahmad (2002), Batuan Ultramafik merupakan batuan yang terdiri dari mineral-mineral yang bersifat mafik (ferromagnesian), seperti olivin, piroksin, hornblend dan mika. Semua batuan ultramafik memiliki indeks warna >70%. Perlu diperhatikan bahwa istilah “ultrabasa” dan “ultramafik”

tidak identik. Sebagian besar batuan ultramafik juga ultrabasa, sementara tidak semua batuan ultrabasa yang ultramafik. Dengan demikian batuan yang kaya akan *feldspathoid* merupakan ultrabasa namun bukan batuan ultramafik, karena tidak mengandung mineral *ferromagnesian* (Ahmad,2002).

Genesa Endapan Laterit

Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit), dimana batuan ini banyak mengandung mineral olivin, piroksen, magnesium silikat dan besi silikat, yang pada umumnya mengandung 0,30 % nikel. Batuan tersebut sangat mudah dipengaruhi oleh pelapukan lateritik (Boldt ,1967).

Air permukaan yang mengandung CO₂ dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material – material organik di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindian, dimana fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini air tanah yang kaya CO₂ akan kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral – mineral yang tidak stabil seperti olivin, serpentin dan piroksen. Mg, Si dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan memberikan mineral – mineral baru pada proses pengendapan kembali .Endapan besi yang bersenyawa dengan oksida akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah, sedangkan magnesium, nikel dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama suplai air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung. Rangkaian proses ini merupakan proses pelapukan dan pelindihan.

Pada proses pelapukan lebih lanjut magnesium (Mg), Silika (Si), dan Nikel (Ni) akan tertinggal di dalam larutan selama air masih bersifat asam . Tetapi jika dinetralisasi karena adanya reaksi dengan batuan dan tanah, maka zat – zat tersebut akan cenderung mengendap sebagai mineral hidrosilikat (*Ni-magnesium hidrosilicate*) yang disebut mineral garnierit [(Ni,Mg)₆Si₄O₁₀(OH)₈] atau mineral pembawa Ni (Boldt, 1967).

Adanya suplai air dan saluran untuk turunnya air, dalam bentuk kekar, maka Ni yang terbawa oleh air turun ke bawah, lambat laun akan terkumpul di zona air sudah tidak dapat turun lagi dan tidak dapat menembus batuan dasar (bedrock). Ikatan dari Ni yang berasosiasi dengan Mg, SiO dan H akan membentuk mineral garnierit dengan rumus kimia (Ni, Mg) Si₄O₅(OH)₄. Apabila proses ini berlangsung terus menerus, maka yang akan terjadi adalah proses pengkayaan supergen (*Supergen Enrichment*). Zona pengkayaan supergen ini terbentuk di zona Saprolit. Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat juga terbentuk zona pengkayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah, terutama tergantung dari perubahan musim.

Di bawah zona pengkayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona batuan dasar (*Bedrock*).

Tabel 1 Peran beberapa elemen selama pelapukan laterit(Ahmad,2009)

Element	Exists in the ulframafics as	Role during lateritic weathering
Ca	Cpx>Opx>Oliv	Highly mobile. Leaced away
Na	Very little	Highly mobile. Leaced away

Mg	Oliv>Opx>Cpx	Highly mobile. Mostly leached away. some stays behind as clay minerals
K	Very little	Highly mobile. Mostly leached away. some stays behind as clay minerals
Si	Opx>Cpx>Oliv	Highly mobile. Mostly leached away. some stays behind as clay minerals and silica boxwork.
Mn	Oliv>Opx>Cpx	Semi-mobile. Mostly leached away. some stays behind as clay minerals and silica boxwork.
Co	Oliv>Opx>Cpx	Semi-mobile. Follows manganese
Ni	Oliv>Opx>Cpx	Semi-mobile. Forms nickel serpentine, nickel talc, nickel chlorite and nickel clays
Al	Cpx>Opx>Oliv	Non-mobile. Stays behind as boehmite, bauxite & gibbsite
Cr	Cpx>Opx>Oliv	Non-mobile. Stays behind as chromite
Fe	Oliv>Opx>Cpx	Non-mobile. Stays behind as oxides (hematite & maghemite) and hydroxides (turgite, goethite, hydrogoethite, limonite, ferrihydrite, xanthosiderite, & esmeraldaite)

- Ca. Kalsium memiliki sifat yang sangat larut dalam air tanah di daerah tropis.
- Mg. Magnesium sangat larut dalam air tanah. Dalam kondisi tropis basah, magnesium dapat dengan cepat keluar dari profil laterit. Namun, di bawah kondisi iklim basah-kering, beberapa magnesium dalam bentuk lempung dalam profil laterit mungkin terhambat.
- Si. Silika memiliki kelarutannya lebih rendah dari magnesium, silika sering kali dapat diendapkan dalam zona saprolitik dari profil laterit di mana magnesium secara aktif masuk ke dalam larutan.
- Fe. Kelarutan zat besi sangat bervariasi tergantung pada keadaan valensinya, dimana zat besi (Fe^{++}) cukup larut dalam air tanah sedangkan zat besi (Fe^{+++}) sangat tidak larut.
- Al. Alumina adalah salah satu unsur yang tidak bergerak yang ada dalam profil laterit selama air tanah berada pada kisaran pH 4,5 hingga 9,5 (sebagian besar air tanah memang termasuk dalam kisaran ini)
- Cr. Kromium dalam kromit tidak larut dalam air tanah dan sangat stabil, bertahan sebagai kromit di zona limonit laterit.
- Mn dan Co memiliki mobilitas agak rendah di perairan asam dan cenderung bergerak ke bawah profil laterit. Namun, mereka mencapai Tingkat ketidaksuburan mereka lebih cepat (dan lebih awal dari nikel) dan diendapkan baik di bagian bawah zona limonit atau di bagian atas zona saprolit. Konsentrasi kobalt umumnya mengikuti mangan dalam profil laterit.

Profil Laterit

Menurut Golightly (1979) profil laterit dibagi menjadi beberapa zona yaitu:

1. Overburden/Iron Cap

Overburden atau iron cap merupakan lapisan berukuran lempung, dengan warna coklat kemerahan, terletak paling atas dari pelapisan, pada lapisan ini masih terdapat sisa-sisa tumbuhan,

lapisan ini memiliki kandungan besi yang cukup tinggi, namun kadar Ni yang sangat rendah dikarenakan lapisan ini merupakan laterit residu yang terbentuk pada bagian atas ari profil dan melindungi endapan nikel laterit yang berada dibawahnya (Golightly, 1979).

2. Zona Limonit

Zona ini terletak setelah lapisan iron cap, maka dari itu pada lapisan ini amsih dipengaruhi oleh aktivitas permukaan yang kuat. Zona ini tersusun oleh humus dan limonit. Adapun mineral-mineral yang Menyusun lapisan ini yaitu geotit, hematit, tremolite, dan mineral lain yang terbentuk pada suasana asam yang dekat dengan permukaan dengan relief yang datar.

3. Zona Medium Grade Limonit

Pada zona ini tidak jauh berbeda dengan zona limonit dan overburden. Tesktur sisa dari *bedrock* sudah dapat ditemukan meskipun dalam bentuk fragmen yatu peridotit atau serpentinite yang rata-rata berukuran 1-2 cm dalam jumlah sedikit. Tebal zona ini berkisar dari 0-5 meter, yang membedakan zona ini dengan zona limonit dan saprolite yaiitu hadirnya kuarsa, lihopirit, dan opal (Golightly, 1979).

4. Zona Saprolit

Zona ini berada setelah zona lomonit pada profil laterit, dimana pada lapisan ini lah proses pengayaan unsur Ni lebih tinggi dibanding zona lainnya. Hal ini dapat terjadi karena pada saat proses laterisasi, air yang menjadi penyuplai mineral pembawa unsur Ni mengalir masuk melalui kekar batuan adan akan membawa unsur Ni turun ke bawah dan seiring berjalannya waktu akan terkumpul di zona *permeable* yang tidak dapat menembus *bedrock*, yang jika proses ini berlansung di zona ini maka akn terjadi pengayaan supergen. Pada zona ini juga dapat dijumpai tekstur sisa dari *bedrock* dalam bentuk boulder yang kaya akan unsur Ni (Ahmad, 2002).

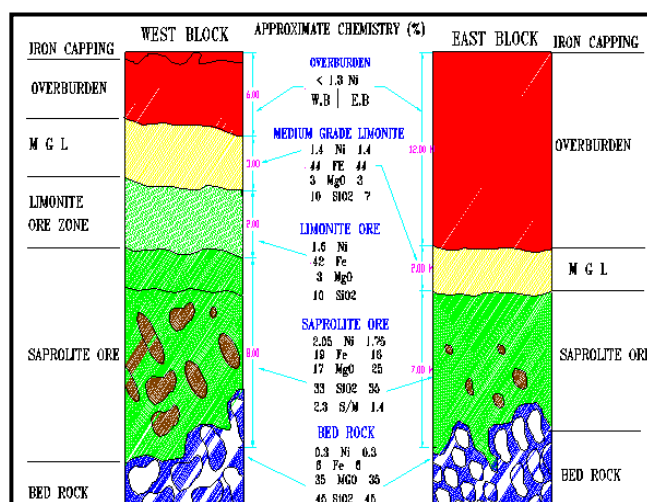
Berdasarkan kandungan fragmen batuan, zona saprolite dibagi menjadi dua jenis yaitu :

- *Soft saprolite* yang mengandung fragmen boulder kurang dari 25%.
- *Rocky saprolite* yang mengandung fragmen boulder lebih dari 50%.

5. Bedrock

Zona *bedrock* berada paling bawah dari profil laterit. *Bedrock* ini merupakan batuan yang masih fresh dengan pengaruh proses pelapukan yang sangat kecil. *Bedrock* tersusun atas bongkah yang lebih besar dari 75 cm dan blok batuan dasar, dan secara umum sudah tidak memiliki kandungan mineral ekonomis lagi.

Zona ini terfrakturisasi kuat, kadang-kadang membuka dan terisi oleh mineral garnierite dan silikaan. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi factor munculnya *root zone of weathering* (zona akar pelapukan), *bedrock* biasanya berupa peridotit, dunit, dan serpentinit (Ahmad, 2002).



Gambar 2 Profil Endapan Nikel Laterit (Ahmad, 2009).

Faktor Pembentukan Nikel Laterit

Menurut Ahmad (2009) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan deposit nikel laterit, antara lain :

1. Batuan Induk

Adanya batuan induk merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan nikel laterit, macam batuan induknya adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada batuan ultra basa tersebut:

- a. Terdapat elemen Ni yang paling banyak diantara batuan lainnya
- b. Mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil seperti olivine dan piroksine
- c. Memiliki komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel

2. Iklim

Pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar akan membantu terjadinya pelapukan mekanis, yaitu akan terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.

3. Reagen-reagen kimia dan vegetasi .

Yang dimaksud dengan reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO₂ memegang peranan penting di dalam proses pelapukan kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan. Asam-asam humus ini erat kaitannya dengan vegetasi wilayah. Dalam hal ini vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan mudah dengan mengikuti jalur akar pepohonan serta akumulasi air hujan bertambah banyak.

4. Struktur

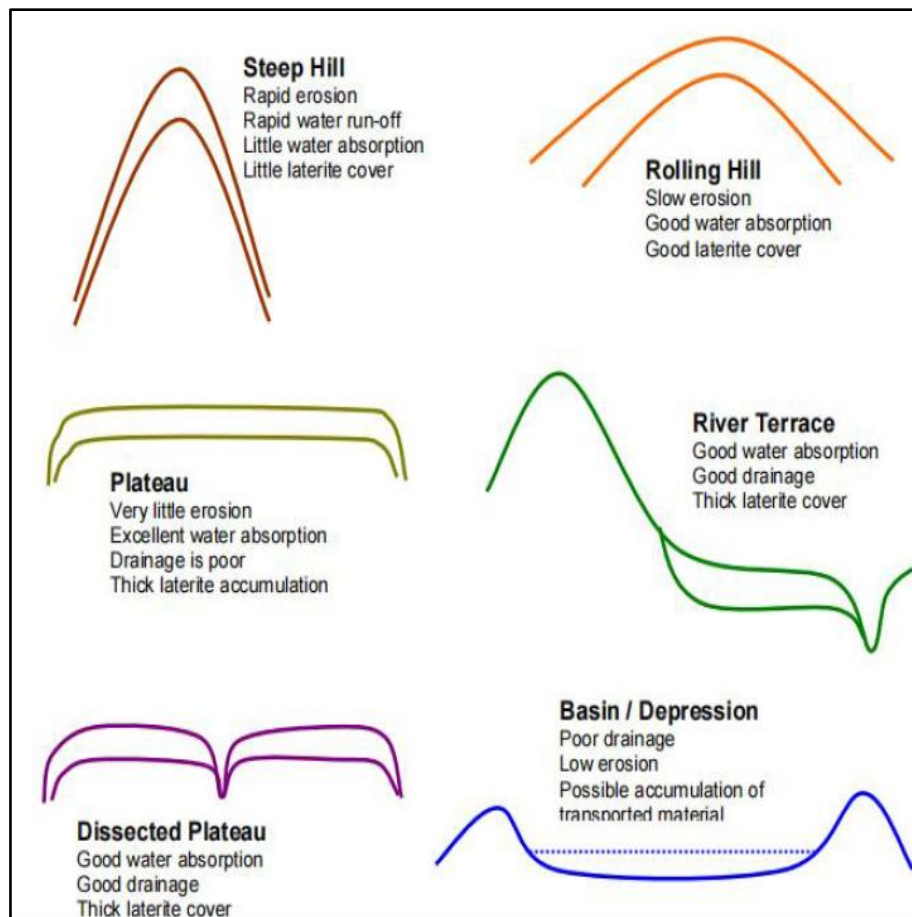
Struktur yang sangat dominan adalah kekar (*joint*) dibandingkan terhadap struktur patahannya. Seperti diketahui, batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya rekahan-rekahan tersebut akan lebih memudahkan masuknya Pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan air dan berarti proses pelapukan menjadi lebih intensif.

5. Waktu

Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi. Waktu lateritisasi tiap ketebalan 1 mm membutuhkan waktu sekitar 100 tahun, (Ahmad, 2009).

6) Topografi

Keadaan topografi setempat sangat mempengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air yang mengalir lebih banyak daripada air yang meresap, sehingga dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.



Gambar 3 Klasifikasi antara bentuk lahan dan proses laterisasi (Ahmad, 2009)

Tipe Nikel Laterit Sorowako

Menurut Ahmad (2005) tipe endapan nikel laterit di daerah Sorowako pada dasarnya dibagi menjadi 2, yaitu Sorowako *West Block* dan Sorowako *East Block*. Pembagian tipe endapan ini berdasarkan parameter utama yaitu :

1. Tipe batuan ultrabasa
2. Derajat serpentinisasi
3. Kandungan kimia bijih
4. Fraksi batuan
5. Tingkat kesulitan dalam penambangan
6. Derajat penetrasi dengan auger drilling

7. Kandungan Olivin

Tabel 2 Tipe endapan bijih di *West Block* dan *East Block* Sorowako(Ahmad,2005)

Parameter	Tipe West Block			Tipe East Block			
	(-1") Type 1	(-1") Type 2	(-1") Type 3	(-1") High Olivin	(-1") Low Olivin	(-6")	(-18")
Batuan dasar	Batuan dasar Dominasi Harzburgit serta Dunit			Dominasi Lherzolite			
Derajat serpentinisasi	Sangat rendah <5%	Rendah 5-10%	Rendah 10-15%	Rendah 10-15%	Menengah 15-25%	Tinggi 30-60%	Sangat Tinggi 60-100%
Sifat kemagnetan	Sangat rendah			Rendah		Sangat Tinggi	
Rasio SiO ₂ /MgO	22-26			1.8-2.0	1.6-1.8	14-16	
Kandungan Fe	Tinggi 20-24%			Tinggi 20-24%		Rendah 15-18%	
Ukuran alat pemisah	(-1)			(-1)	(-1)	(-6)	(-18)
Kekerasan bongkah	Sangat-Sangat keras	Sangat keras		Menengah	Menengah	Lemah	Lemah
Intensitas rekahan	Sangat rendah	Menengah	Menengah	Menengah	Tinggi	Sangat Tinggi	Sangat Tinggi
Tingkat kesulitan penambang	Tinggi	Menengah (+)	Menengah (-)	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Ketebalan saprolit olch atiger	<1.5 m	15-45	4.5 m	Tidak digunakan			
Kandungan Olivin pada zona pengayaan Ore	Menengah	Menengah	Menengah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Kandungan Olivin pada fraksi kasar	Tinggi			Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Ketebalan tanah penutup (verburden)	Menengah			Tebal			
Ketebalan Ore	Tebal			Menengah			

Pada daerah Blok Barat batuan didominasi oleh harzburgit dengan beberapa batuan dunit yang kaya olivin. Kandungan olivin tinggi dan piroksen yang hadir umumnya orthopiroksen. Batuan di daerah ini umumnya tidak terserpentinisasi atau sedikit terserpentinisasi. Sifat material yang relatif keras menyebabkan kesulitan dalam penambangan, namun batuan di daerah ini menunjukkan rasio silika magnesia yang relatif lebih tinggi dibanding Blok Timur.

Daerah Blok Timur di dominasi oleh lherzolite dengan kandungan olivin yang rendah dan mengandung orthopiroksen maupun klinopiroksen. Peningkatan derajat serpentinisasi di daerah ini didukung juga oleh peningkatan kandungan magnetik dalam material batuan. Sifat batuan relatif lebih lunak dan menunjukkan rasio silika magnesia yang lebih rendah dibandingkan Blok Barat.

Pembagian Fraksi Sampel Nikel Laterit

Pembagian ukuran fraksi pada sampel nikel laterit di daerah penelitian merupakan langkah penting untuk memahami karakteristik material pada berbagai tingkat pelapukan, yang berguna dalam menentukan zonasi serta komposisi geologi. Berikut adalah pembagian ukuran fraksi dan deskripsi material yang menyusunnya:

1. Fraksi-1

Ukuran fraksi -1 mengacu pada material dengan ukuran kurang dari 1 inci, atau setara dengan kurang dari 2,54 cm. Material pada fraksi ini terutama terdiri dari limonit dan saprolit. Material dalam fraksi ini cenderung memiliki tekstur halus dan sangat terlapukkan. Pelapukan yang sempurna menyebabkan material mengalami proses penghancuran hingga butir halus. Pada zona pelapukan laterit, limonit biasanya terbentuk di bagian atas profil pelapukan, sedangkan saprolit berada di lapisan bawah limonit. Limonit kaya akan oksida besi dan memberikan warna kekuningan hingga coklat tua pada material.

2. Fraksi +1-2

Fraksi ini meliputi material dengan ukuran lebih besar dari 1 inci tetapi kurang dari 2 inci ($2,54 \text{ cm} < m < 5,08 \text{ cm}$). Material dalam fraksi ini umumnya didominasi oleh zona saprolit, yang merupakan lapisan yang sedikit lebih dalam dari limonit dalam profil laterit. Saprolit terbentuk dari batuan induk yang mengalami pelapukan tetapi masih mempertahankan struktur aslinya. Pada ukuran ini, material saprolit mulai menunjukkan tekstur yang lebih kasar dibandingkan fraksi -1, namun masih cukup terlapukkan sehingga tidak ada bentuk kristal yang utuh. Saprolit kaya akan magnesium silikat yang terbentuk dari pelapukan mineral silikat primer.

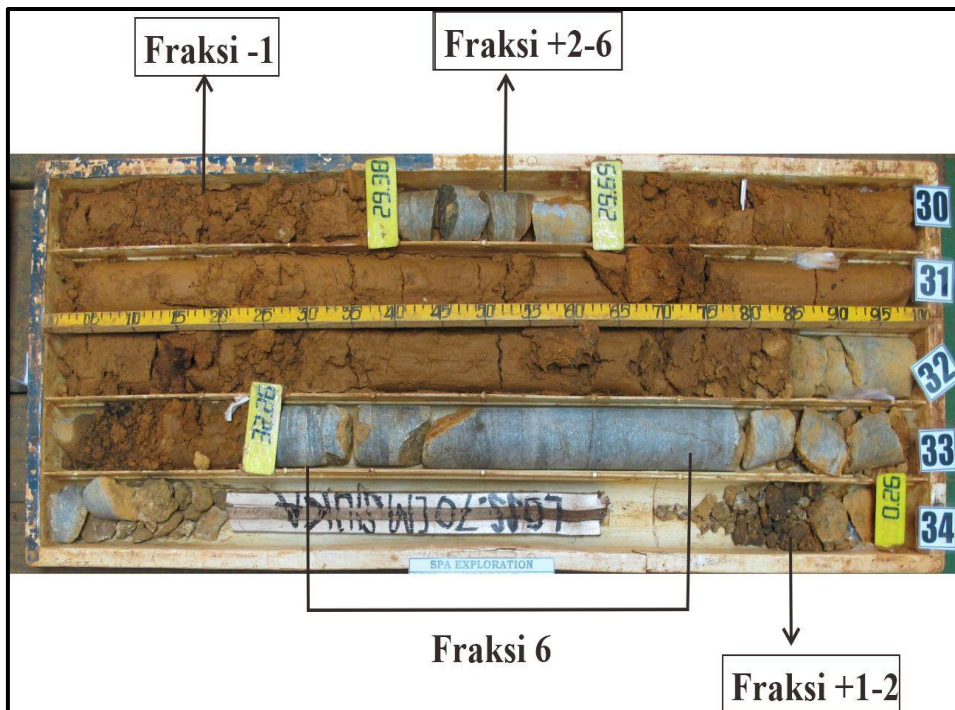
3. Fraksi +2-6

Ukuran fraksi +2 -6 mencakup material dengan ukuran antara 2 inci dan 6 inci ($5,08 \text{ cm} < m < 15,24 \text{ cm}$). Material pada fraksi ini umumnya memiliki struktur yang lebih kasar, dan terdiri dari potongan saprolit yang lebih besar yang telah terlapukkan secara sebagian. Pada fraksi ini, butiran tidak sepenuhnya halus, dan struktur batuan masih terlihat cukup jelas meski telah mengalami pelapukan. Kehadiran potongan saprolit besar ini dapat menunjukkan bahwa pelapukan belum terlalu dalam sehingga material masih mempertahankan sebagian bentuk aslinya.

4. Fraksi 6

Fraksi ini merujuk pada material dengan ukuran lebih dari 6 inci ($m > 15,24 \text{ cm}$). Material dalam fraksi ini umumnya berupa bongkahan besar batuan yang berasal dari batuan induk yang belum terlapukkan sempurna. Material pada fraksi ini sering kali terdiri dari batuan yang masih solid dan keras, dengan sedikit pelapukan. Batuan ini biasanya berada di lapisan paling bawah dari profil laterit dan bisa berperan sebagai indikator kedalaman profil pelapukan. Fraksi ini mungkin masih menyimpan tekstur dan mineral primer, sehingga tidak menunjukkan banyak perubahan kimiawi akibat pelapukan.

Pembagian fraksi ini membantu dalam mengidentifikasi proses pelapukan dan zonasi dari permukaan hingga lapisan bawah. Pembagian ukuran ini juga berhubungan dengan perubahan kimia dan mineralogi yang menunjukkan tingkat pelapukan dan jenis material (Nesbitt & Young, 1982).

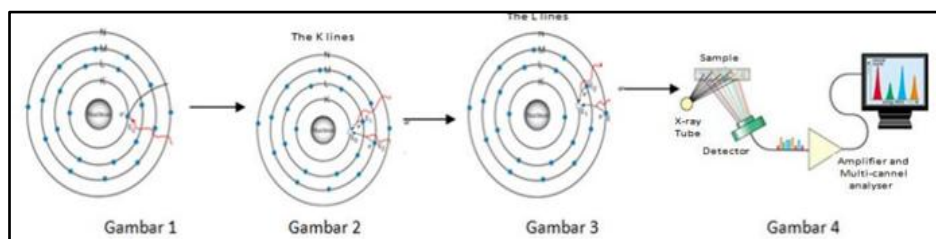


Gambar 4 Ukuran fraksi pada sampel nikel laterit

XRF (Fluorescence Spectrophotometer)

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sample dengan menggunakan metode spektrometri. Analisis unsur dilakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan (Takahashi, 2009).

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan karakteristik sinar-X yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target pada sample terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). berikut penjelasannya :



Gambar 5 (1) Elektron Tereksitasi Keluar (2) Pengisian Kekosongan Elektron (3) Pelepasan Energi (4) Proses analisis data (Sumantry, T., 2002)

1. Elektron di kulit K terpental keluar dari atom akibat dari radiasi sinar X yang datang. Akibatnya, terjadi kekosongan/vakansi elektron pada orbital
2. Elektron dari kulit L atau M "turun" untuk mengisi vakansi tersebut disertai oleh emisi sinar X yang khas dan meninggalkan vakansi lain di kulit L atau M.
3. Saat vakansi terbentuk di kulit L, elektron dari kulit M or N "turun" untuk mengisi vakansi tersebut sambil melepaskan Sinar X yang khas.
4. Spektrometri XRF memanfaatkan sinar-X yang dipancarkan oleh bahan yang selanjutnya

ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam bahan.

Preparasi Sampel

Langkah pertama untuk mengembangkan metode analitik yang kuat adalah menentukan cara preparasi sampel yang tepat untuk mendapatkan akurasi maksimum dari intensitas XRF yang diukur harus:

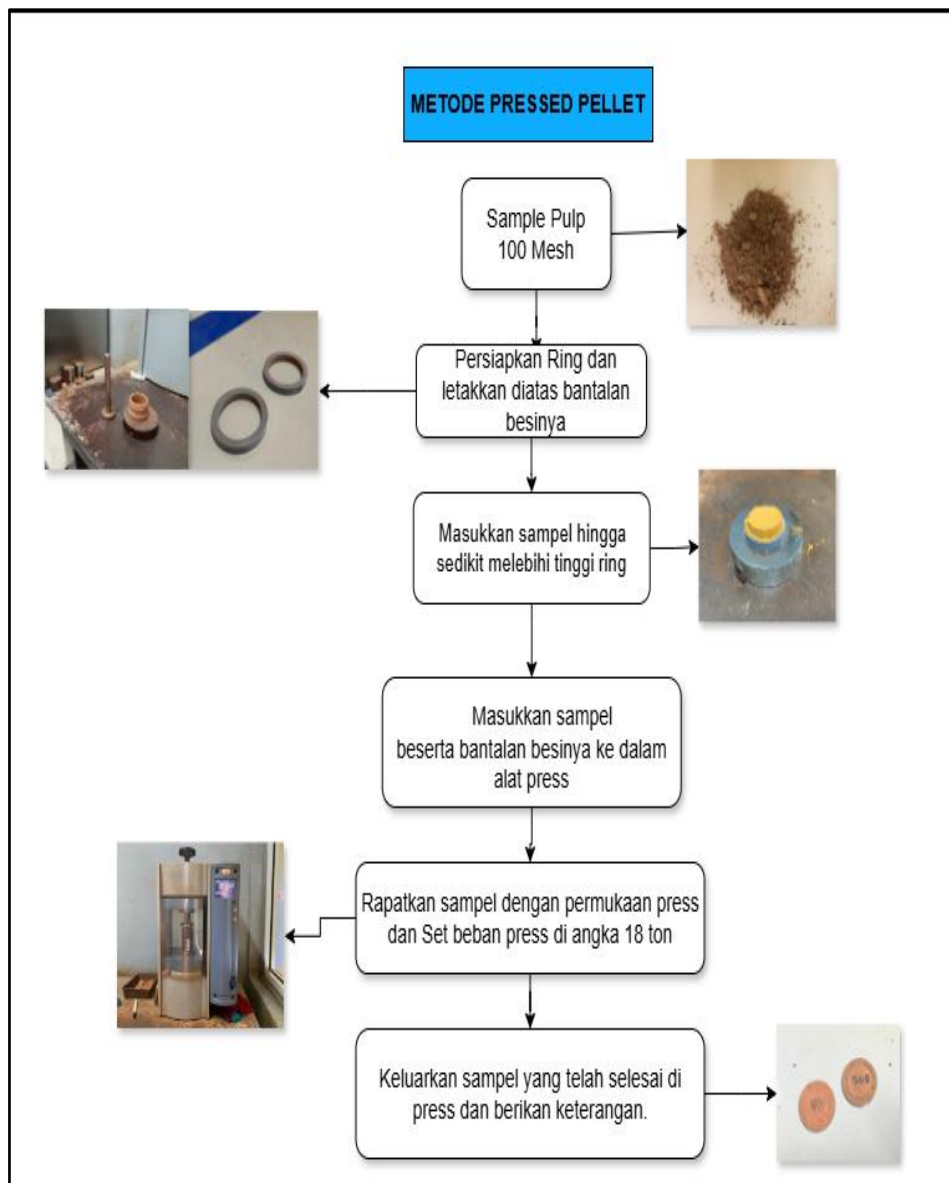
- a. Homogen sempurna.
- b. Memiliki permukaan yang rata dan halus.
- c. Memiliki ketebalan tak terbatas
- d. Preparasi spesimen harus dapat direproduksi (Rousseau, 2013)

Secara umum preparasi sampel menggunakan XRF dilakukan dengan dua metode yaitu metode *pressed pellet* dan metode *fused beads*.

Pressed Pellet

Metode *pressed pellet* adalah teknik persiapan sampel yang digunakan dalam analisis spektroskopi, seperti *X-Ray Fluorescence* (XRF). Proses ini melibatkan penghancuran dan penggilingan material sampel hingga menjadi serbuk halus, yang kemudian ditekan menjadi pelet menggunakan tekanan tinggi tanpa bahan pengikat tambahan. Pelet ini digunakan sebagai target dalam analisis XRF untuk menentukan komposisi unsur dalam sampel (Jenkins,1995).

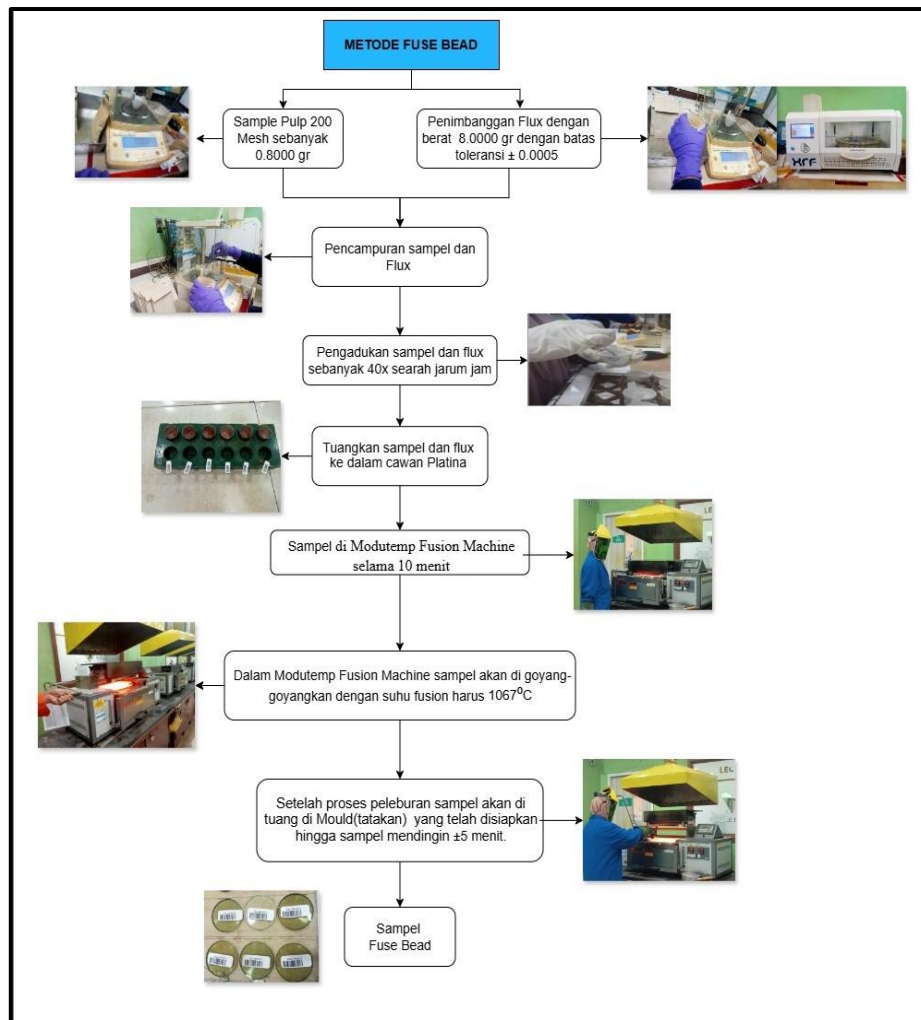
Sampel batuan berukuran 200 *mesh* ditimbang sebanyak 5 gram dengan menggunakan gelas timbang dalam neraca analitik. Setelah itu, campuran tersebut dihomogenisasi dengan dua metode yang berbeda. Metode pertama menggunakan mortar untuk membuat campuran sampel menjadi homogen dan halus. Metode kedua menggunakan shaker selama 15 menit untuk mencampur sampel. Campuran yang sudah homogen kemudian dipress menggunakan mesin press. Cincin pelet ditempatkan pada instrumen dan kemudian palang ditutup dan cincin pelet dikeluarkan dari sampel dan ditempatkan dalam wadah. Peralatan dibersihkan dengan penyedot debu dan alkohol 90%. Setelah itu, *ring pellet* yang berisi sampel diberi label (Rohiman,2020).



Gambar 6 Proses preparasi sampel *pressed pellet*

Fused Beads

Pada awal penggunaan XRF sekitar tahun 1948 hingga 1955, semua sampel yang akan diuji harus dihaluskan terlebih dahulu untuk menggunakan preparasi *pressed pellet* sebelum diukur. Prosedur preparasi sampel tersebut akan menimbulkan dua sumber kesalahan yang diprediksi, yaitu: permukaan yang tidak rata dan kandungan kimia pada sampel. Kedua hal ini dapat mengarah kepada rendahnya kepresisian, untuk mengatasi hal tersebut “Borax Bead Technique” dikembangkan yang oleh pemilik Claisse pada tahun 1956. Teknik ini mengandung perubahan sampel padat kepada sebuah glass disk oleh fusion (peleburan) dengan *flux*. *Glass disk* membuat sampel sempurna untuk XRF karena efek ukuran butiran sudah tidak ada lagi. Penggunaan sampel bubuk di XRF memiliki sejumlah efek yang tidak diinginkan.



Gambar 7 Proses preparasi sampel *fused bead*

Fusion adalah reaksi kimiawi yang mempermudah perubahan sampel padat menjadi larutan. Proses ini adalah reaksi kimia biasa, namun karakteristiknya berbeda dan produknya berbentuk kristal. Teknik *fused glass beads* biasanya digunakan untuk mengukur elemen utama dalam analisis XRF. Teknik ini memiliki keunggulan dalam mengurangi efek antar elemen (efek matriks) dan efek ukuran butir sampel, meningkatkan homogenitas analisis sampel, dan kekuatan untuk memecah sampel (James, 2010).

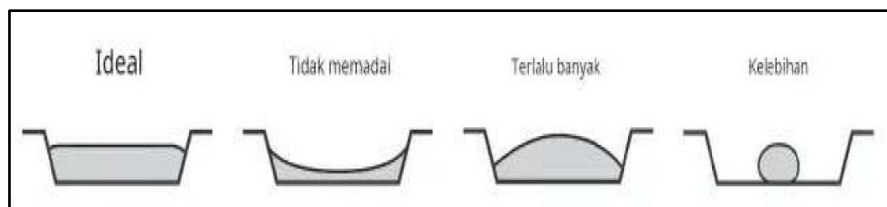
Metode *fusion beads* adalah metode analisis terdepan yang memiliki beberapa keuntungan dan dijadikan metode standar analisis internasional untuk material refraktori dan bijih besi. Beberapa keuntungan dari metode *Fusion Beads* yaitu mampu mengeliminasi efek mineralogi dan ukuran butir, mampu mengurangi efek komponen yang sama oleh efek dilusi, serta memungkinkan untuk dibuat sampel standar dari oksida sintesis. Aplikasi analisis XRF menggunakan metode *fusion beads* digunakan pada material bijih besi, batuan, debu vulkanik, semen, alumina, kaca, kaolin, dan bata tahan api.

Secara umum, *fused beads* sangat aman dan sederhana. Pada metode *fused*, suhu merupakan hal yang penting dalam prosesnya. Suhu fusi harus selalu dijaga untuk menghindari efek volatilisasi elemen dari sampel atau *flux*. Suhu antara 1000°C dan 1050°C cukup untuk melelehkan *flux*

borat dan melarutkan oksida. Dalam konteks *fused*, *flux* harus bisa meleleh pada suhu 890°C. Kemudian, sampel akan larut ke dalam *flux* cair. Untuk sampel itu sendiri, tidak perlu mencapai suhu tersebut untuk meleleh. Selama *flux* tersebut adalah cairan/meleleh, maka sampel akan larut di dalamnya. Terdapat pula beberapa senyawa, seperti SO₃ dan alkali oksida, yang bersifat agak fluktuatil dan cenderung hilang dengan volatilisasi jika suhunya terlalu tinggi. Oleh karena itu, suhu rendah dan singkat (< 1050°C) direkomendasikan, karena hanya *flux* yang perlu meleleh bukan sampel (Busaltic, 2009). Beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil preparasi dengan metode *fused beads*, yaitu :

a. *Flux*

Komposisi *flux* sangat berpengaruh terhadap kelarutan sampel. *Flux* yang lebih umum digunakan adalah *lithium tetraborate*, *lithium metaborate* dan *sodium tetraborate*. Borat digunakan karena merupakan pelarut yang baik untuk oksida. Termasuk pula hidrat, karbonat, sulfat dan nitrat, yang juga dapat larut karena merupakan kombinasi dari dua oksida yang salah satunya mudah menguap (H, O, CO, NO) atau mudah menguap. Kelembaban juga harus diperhatikan. Saat kelembaban rendah *glass beads* akan kering, dan menjadi lengket apabila kelembaban tinggi (James, 2010).



Gambar 8 Pengaruh jumlah zat pada bentuk manik-manik fusi

b. *Mold effect*

Permukaan *mold* memberikan pengaruh terhadap hasil analisis. Beberapa percobaan telah dilakukan untuk memperjelas dan mengukur efek ini. Hasil yang diperoleh membuktikan bahwa efek permukaan sangat berpengaruh terhadap presisi. Perubahan bentuk permukaan *mold* disebabkan karena pemanasan dan pendinginan yang berulang, kristalisasi *bead*, dan lain-lain. Salah satu karakteristik *mold* platina adalah *glass bead* yang dihasilkan akan memiliki permukaan yang sama dengan *mold*.

Metode *Relative Difference*

Metode *relative difference* (perbedaan relatif) sering digunakan dalam berbagai bidang untuk membandingkan perubahan atau perbedaan antara dua nilai atau kumpulan data.

Menurut Rogerson (2013), *Relative difference* adalah cara untuk mengukur perubahan antara dua nilai dengan membandingkan perbedaan absolutnya terhadap salah satu atau kedua nilai tersebut. Formula dasar untuk perbedaan relatif antara dua nilai A dan B adalah:

$$\text{Relative difference} = 100\% \cdot \frac{(a-b)}{(a+b)/2}$$

