

**KETERDAPATAN DAN GENESA CEBAKAN BIJIH BESI
DAERAH KAPAYANG, KABUPATEN TANAH BUMBU, KALIMANTAN SELATAN**

***THE OCCURENCES AND GENETIC OF IRON ORE DEPOSITS IN KAPAYANG,
TANAH BUMBU REGENCY, SOUTH KALIMANTAN***

Bambang Pardiarto dan Wahyu Widodo

Pusat Riset Sumber Daya Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional
bamb075@brin.go.id

DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v19i1.471>

ABSTRAK

Keterdapatan mineralisasi besi di bagian hulu Sungai Kusan, Kapayang, Kabupaten Tanah Bumbu bersifat indikatif yang memerlukan penelitian lanjutan untuk mengungkap karakteristik dan potensi cebakan bijihnya. Penelitian dilakukan menggunakan metode pemetaan geologi, pengambilan sampel batuan, bijih besi dan tanah laterit serta pendulangan konsentrat material bijih besi yang digerus. Analisis laboratorium meliputi petrografi, mineragrafi, mineralogi butir dan geokimia. Bijih besi di daerah penelitian terdiri dari dua tipe cebakan yaitu besi primer dan besi laterit yang genesanya berhubungan dengan proses magmatisme, metamorfosis/metasomatik dan hidrotermal. Mineral bijih besi primer dalam batuan dunit terserpentinisasi didominasi magnetit dan hematit yang berasosiasi dengan kromit hasil dari proses magmatisme dan hidrotermal. Magnetit dalam batuan sekis/gneis berasosiasi dengan garnet dan pirit hasil dari proses metasomatik. Mineral bijih besi laterit terdiri dari hematit dan gutit merupakan hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Potensi target eksplorasi besi laterit 158.264 wmt yang mempunyai kandungan Fe_{total} berkisar antara 49,45 s.d. 54,89%. Kegiatan eksplorasi geokimia tanah selanjutnya disarankan dengan metode kisi dan pengambilan sampel menggunakan bor tangan pada zona lateritisasi untuk mendapatkan potensi sumber daya yang lebih optimal.

Kata kunci: besi laterit, Kapayang, hematit, dunit, sekis

ABSTRACT

The occurrences of iron mineralisation in upper part of Kusan River, Kapayang, Regency of Tanah Bumbu are still indicative and required more research to reveal the characteristic and potency of iron ore deposits. The research was conducted with reconnaissance survey using methode of geological mapping, sampling of rock, iron ore, lateritic soil, and panning concentrate of crushed ore material. The laboratory analyses involve petrographic, mineragraphic, grain mineralogy and geochemical assay. Iron ore in the research area consist of two deposit type are primary iron and lateritic iron. The genetic is related to procces of magmatism, metamorphism/metasomatic and hydrothermal. The primary iron ore mineral in altered dunite and gneiss-schist rocks are dominated by magnetite and hematite, some chromite and garnet. While in lateritic iron as resulted from weathering of pyroxenite-peridotite rock consist of hematite magnetite and goetit. Potency of exploration target of lateritic iron is 158,264 wmt and the grade of Fe_{tot} ranging from 49.45 to 54.89%. Grid soil geochemical exploration is suggested for follow up work using hand auger to collect soil sample in laterisation zone to obtain more optimize reource potency.

Keywords: lateritic iron, Kapayang, hematite, dunite, schist

PENDAHULUAN

Bijih besi di daerah Kalimantan Selatan sangat potensial untuk dieksploitasi oleh karena jaraknya yang dekat dengan pelabuhan. Beberapa cebakan bijih besi seperti di daerah Kukusan sudah dimanfaatkan untuk pembangunan infrastruktur jalan sedangkan yang di Pulau Sebuku sudah dilakukan ekspor oleh PT. Sebuku Iron Lateritic Ores (SILO) sejak tahun 2005. Bijih besi daerah Kukusan terdiri dari *lump ore* dan *clay ore* dengan kandungan masing-masing 47,1% Fe dan 45,8% Fe (Sulistijo, 2006). Sebanyak 121 IUP - OP telah diterbitkan di Kalimantan Selatan, salah satu diantaranya adalah PT. SILO yang mengolah konsentrat besi menjadi *sponge ferro alloy* (DJMB, 2021). Di daerah sekitar Kampung Bali, Pulau Sebuku yang saat ini ditambang oleh PT Silo (Idrus et. al., 2022) dengan morfologi bergelombang, dipengaruhi kuat oleh proses pelapukan dan supergen menghasilkan lapisan tanah tebal, membentuk endapan ekonomis besi laterit.

Potensi bijih besi di Kalimantan Selatan terdiri dari dua tipe cebakan yaitu besi primer dan besi laterit. Besi laterit umumnya mempunyai sebaran yang lebih luas dibandingkan besi primer. Potensi cebakan besi primer yang terdapat di Propinsi Kalimantan Selatan mempunyai total sumber daya sebanyak 45.000.000 wmt dan total cadangan 36.000.000 wmt. Sedangkan untuk endapan besi laterit mempunyai total sumber daya sebanyak 585.000.000 wmt dan total cadangannya mencapai 444.000.000 wmt (PSDMBP, 2022). Keterdapatan besi laterit di Kabupaten Tanah Bumbu masih terbatas potensinya, yakni tersebar di Kecamatan Batulicin antara lain di Kukusan, S. Duma, Kayangan dan P. Suwangi. Sedangkan di wilayah Kecamatan Kusan Hulu keterdapatannya masih berupa indikasi, diperoleh dari hasil survey tinjau oleh PT. Andalan Tiga Berjaya (Pardiarto dan Widodo, 2006). Oleh sebab itu, masih memerlukan penyelidikan lebih lanjut untuk mengungkap besaran potensinya.

Penelitian yang dilakukan di Sungai Kusan Hulu, Desa Kapayang, Kecamatan Kusan, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan mempunyai tujuan untuk mengetahui tipe cebakan, genesa dan jenis mineral, serta potensi bijih besi di daerah penelitian, sehingga data potensi yang diperoleh ini bisa bermanfaat untuk pengembangan selanjutnya.

METODOLOGI

Metodologi penelitian yang digunakan meliputi pemetaan geologi, pengambilan sampel batuan dan tanah serta pendulangan konsentrat dari material bijih besi yang telah digerus. Sedangkan analisa laboratorium terdiri dari petrografi, mineragrafi, mineralogi butir dan geokimia yang dilakukan di laboratorium Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi, Bandung. Analisa geokimia menggunakan metoda AAS, unsur yang dianalisis yaitu Fe, Ni, dan Cr. Estimasi potensi sumber daya dilakukan pada zona lateritisasi yang menunjukkan adanya kandungan besi. Estimasi sumber daya mengacu pada SNI 4726 : 2021 menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Potensi sumber daya} = L \times t \times \rho \times K$$

Asumsi dan variabel yang digunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

- Luas zona potensi (L) adalah luas zona yang memiliki gejala lateritisasi dalam satuan m^2
- Nilai ketebalan (t) mengacu pada ketebalan rerata tanah laterit dalam satuan m.
- Massa jenis (ρ) mengacu pada massa jenis tanah laterit dalam satuan ton/m^3
- Kadar (K) didapatkan berdasarkan hasil analisis geokimia menggunakan metoda AAS pada sampel bijih besi yang diperoleh dari tanah laterit dalam satuan %.

GEOLOGI

Berdasarkan peta geologi regional Lembar Kota Baru, Kalimantan sekala 1: 250.000 (Rustandi, dkk., 1995) daerah Kabupaten

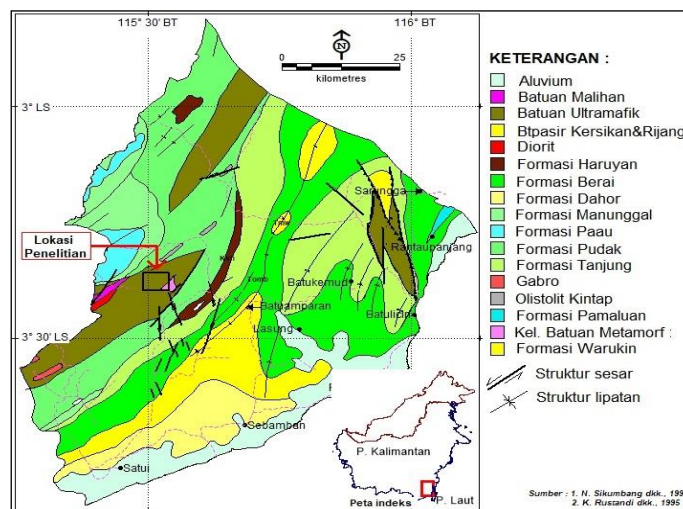
Tanah Bumbu secara tektonik posisinya menempati cekungan Barito dari sistem fisiografi pegunungan Meratus yang membentang timurlaut - baratdaya. Kegiatan tektonik daerah ini diduga telah dimulai sejak zaman Jura yang mengakibatkan bercampurnya batuan ultrabasa (harzburgit, peridotit, serpentinit dan gabro), batuan sekis garnet amfibolit dan batupasir terkarsikan (Gambar 1). Aktifitas vulkanik Kapur Bawah-Atas menghasilkan beberapa formasi batuan, yaitu: Formasi Haruyan (lava basaltik, berstruktur aliran), Formasi Pitab (perselingan batupasir, lanau, batu lempung, breksi polimik, rijang, batu gamping dan lava basalt), Formasi Batununggal (batu gamping kelabu kehitaman). Aktifitas magma menghasilkan batuan granitik yang disebut Batang Alai Granit dan batuan granodiorit, sedangkan aktifitas magma Kapur Akhir menghasilkan intrusi diorit yang menerobos Formasi Pitab. Secara tidak selaras di atas batuan Pra-Tersier diendapkan batuan sedimen Tersier dari Formasi Tanjung, Formasi Berai, Formasi Warukin, Formasi Dahor dan endapan aluvial.

Struktur lipatan berupa antiklin di sepanjang pegunungan Meratus dengan sumbu berarah tenggara - baratlaut, sejajar dengan struktur ini terdapat sesar naik berarah baratdaya - timurlaut miring ke arah baratlaut yang dimulai dari selatan

Pleihari ke arah timur hingga ke Sungai Sampanahan. Berdasarkan data geofisika antiklinorium Meratus – Samarinda kemiringan sumbu berarah umum utara dan dari struktur regional zona patahan serta jurus batuan secara umum dapat dibagi menjadi tiga blok yaitu blok utara, tengah dan selatan (Heryanto, dkk., 1994).

Blok utara telah mengalami pengangkatan pada sayap sebelah barat antiklinorium di sepanjang utara zona sesar yang disebut sebagai zona sesar Tanjung. Blok tengah terletak antara zona sesar Tanjung dan zona Sesar Klumpang yang dicirikan oleh munculnya batuan intrusif granitik dan batuan ultrabasa sepanjang zona sesar. Sedangkan blok selatan dicirikan oleh perkembangan yang luas dari sesar yang berarah timur laut yang dikontrol oleh kompleks batuan intrusif diorit dan ultrabasa.

Sejumlah sesar berarah tenggara - baratlaut yang berasosiasi dengan endapan magnetit di wilayah Pleihari dapat diamati di daerah ini dan munculnya sistem sesar yang berpotongan dari semua blok di atas memberikan potensi untuk melokalisir endapan bijih magnetit yang potensial di daerah ini. Di daerah Tanah Bumbu struktur geologi dijumpai berupa antiklin dan sinklin berarah hampir utara –selatan, serta struktur sesar turun dan sesar naik yang berarah timurlaut-baratdaya.



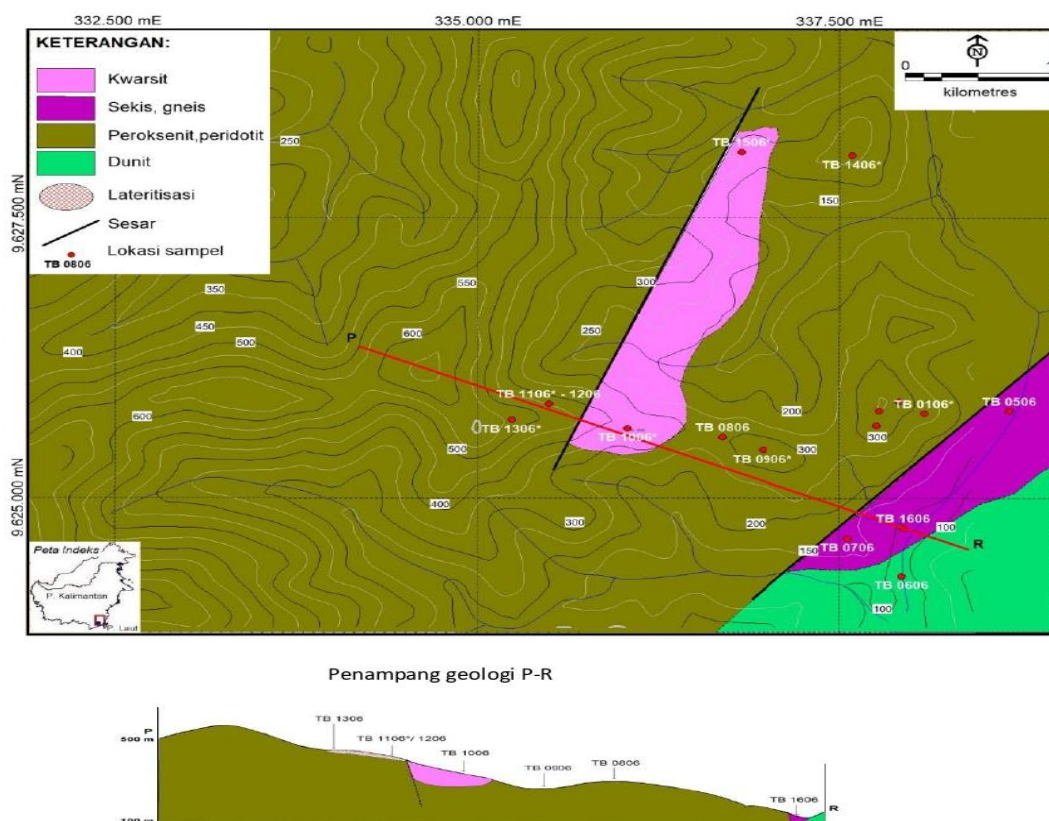
Gambar 1. Peta Geologi Regional Kabupaten Tanah Bumbu (Rustandi, dkk., 1995)

Litologi di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi empat satuan batuan, yaitu satuan dunit, satuan piroksenit-peridotit, satuan kwarsit dan satuan sekis-gneis. Keempat satuan batuan tersebut diduga berumur Jura (Rustandi, dkk., 1995). Sebaran satuan batuan terlihat pada Gambar 2.

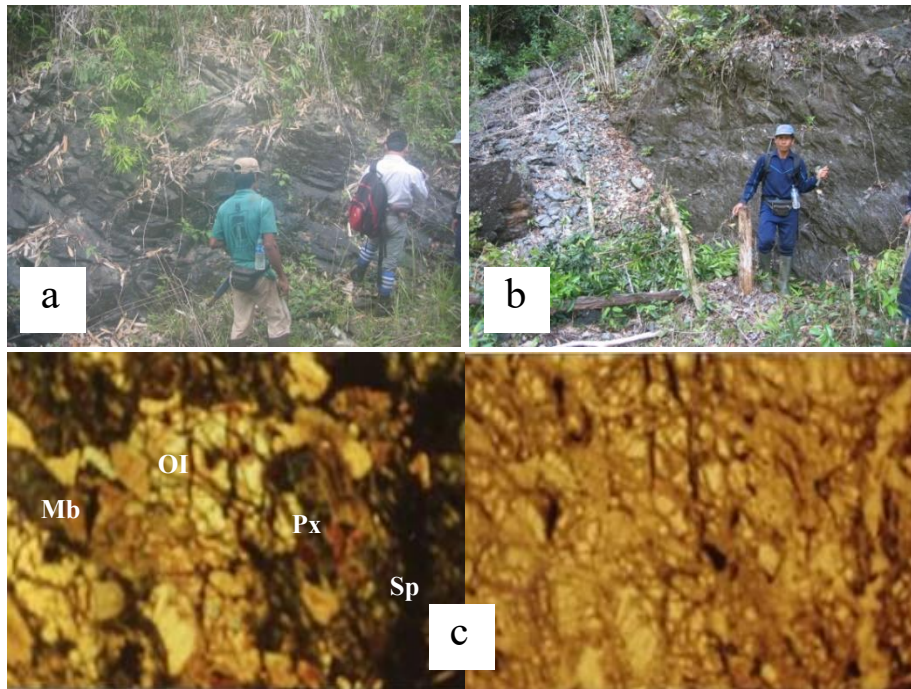
Satuan dunit merupakan batuan yang paling tua umurnya dibandingkan dengan satuan batuan lainnya. Dunit di daerah penelitian berwarna hijau kehitaman, terdapat foliasi mineral olivin sebagai akibat adanya pengaruh tektonik (Gambar 3a). Secara fisik terkekarkan sehingga mengakibatkan serpentinisasi dan bersifat magnetik kuat. Mineral magnetit dapat teramati secara megaskopis berupa urat-urat halus (*stringer*) dan lensa-lensa tipis berlapis. Batuan ini mempunyai kontak struktur berarah baratdaya - timurlaut dengan satuan gneis-sekis. Dari pengamatan petrografi batuan dunit (sampel TB 0606) telah berubah dengan tekstur holokristalin, berbutir halus –

sedang dengan bentuk butir subhedral - euhedral, hipidiomorfic granular dengan rekahan-rekahan terisi serpentin (Gambar 3c). Komposisi mineralnya terdiri dari olivin (50%), piroksin (8%), serpentin (41%) dan mineral bijih (1%).

Sebaran batuan piroksenit- peridotit menempati secara dominan yang tersingkap di daerah Bukit Belah pada lokasi TB 0806. Secara megaskopis batuan berwarna kelabu-kehijauan dengan gejala serpentinisasi sangat kuat, namun tidak memperlihatkan sifat kemagnitan yang berarti. Batuan ini tampak telah mengalami gejala struktur yang terlihat adanya zona gerusan dan terkekarkan kuat (Gambar 3b). Di daerah puncak perbukitan batuan piroksenit-peridotit umumnya telah mengalami pelapukan sangat kuat, sehingga pada beberapa daerah yang topografinya relatif datar terbentuk lapisan tanah lateritik di bagian atasnya seperti yang dijumpai pada lokasi TB 1106 dan TB 1306.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu



Gambar 3. (a) Singkapan batuan dunit terserpentinisasi di S. Kusan (lokasi TB 0606). (b) Singkapan piroksenit-peridotit dengan gejala serpentinisasi kuat di daerah Bukit Belah (lokasi TB 0806). (c) Foto mikrograf sayatan tipis batuan dunit (sampel TB 0606), memperlihatkan butiran olivin yang mengalami hancuran melalui retakan kecil yang terisi serpentin. Mineral olivin (Ol), piroksin (Px), serpentin (Sp) dan mineral bijih (Mb). Perbesaran 40x

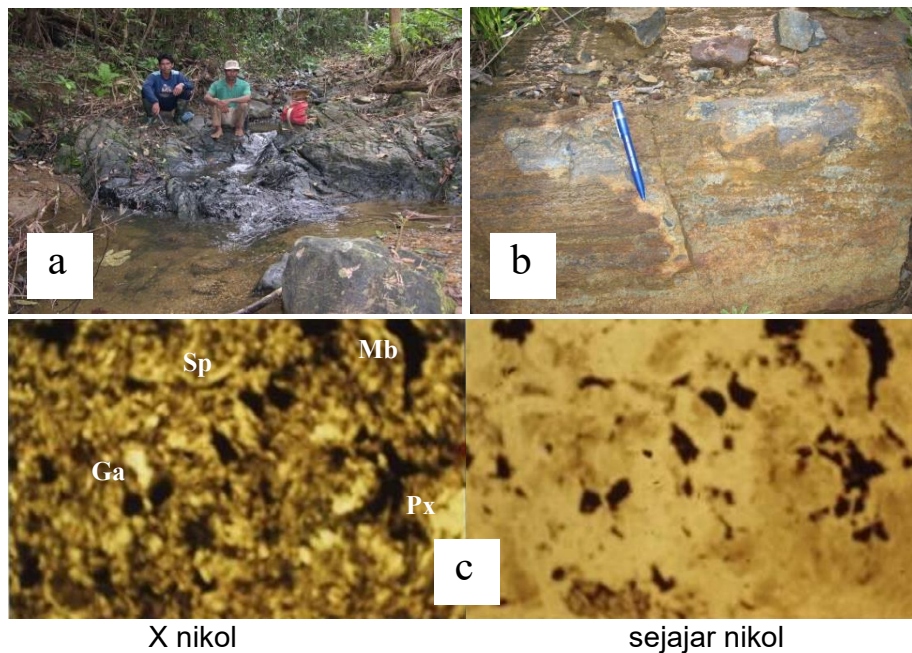
Satuan gneis-sekis berwarna hijau kehitaman, bertekstur gneisose sampai sekistose, kadang terlihat perlapisan mineral magnetit. Satuan ini mempunyai kontak struktur berarah baratdaya - timurlaut dengan batuan ultrabasa. Di cabang kiri Sungai Kusan ditemukan singkapan batuan sekis, berwarna hijau kehitaman, memperlihatkan struktur foliasi, mengalami gejala struktur dengan serpentinisasi di beberapa tempat. Secara fisik menunjukkan sifat kemagnitan yang tinggi seperti pada lokasi TB 1606 (Gambar 4a). Sedangkan pada cabang kiri S. Kusan pada lokasi TB 0506 ditemukan *subcrop* batuan gneis yang memperlihatkan tekstur berlapis dengan sifat kemagnitan sangat tinggi (Gambar 4b).

Dari pengamatan petrografi batuan sekis telah berubah dan menunjukkan tekstur sekistose, hematoblastik dengan butir halus, bentuk butir *hypidioblast*, struktur foliasi granular dengan mineral piroksin

terserpentinisasi bertekstur bastit (Gambar 4c). Pada beberapa piroksin terdapat inklusi mineral bijih. Komposisi mineralnya terdiri dari piroksin (30%), serpentin (63%), garnet (3%) dan mineral bijih (4%).

Satuan batuan kwarsit menempati bagian tengah dimana sebarannya dibatasi oleh struktur sesar berarah baratdaya - timurlaut yang diapit oleh kelompok batuan ultrabasa. Batuan berwarna putih kecoklatan, kristalin, butir kasar dengan beberapa rekahan terisi oleh limonit/oksida besi seperti yang dijumpai pada lokasi TB 1006 dan TB 1506.

Struktur umum yang dijumpai di daerah penelitian berupa patahan berarah baratdaya – timurlaut yang merupakan kontak struktur antara satuan gneis-sekis dengan batuan ultrabasa, sedangkan kekar-kekar pada zona gerusan (*sheared*) dan foliasi berkembang pada batuan sekis dan gneis.



Gambar 4. (a) Singkapan sekis di cabang kiri S. Kusan mempunyai sifat kemagnitan tinggi (lokasi TB 1606). (b) *Subcrop* gneis, struktur gneisose dengan perlapisan magnetit (lokasi TB. 0506). (c) Foto mikrograf sayatan tipis batuan sekis (sampel TB 1606) dengan tekstur sekistose dan struktur foliasi granular dengan mineral piroksin terserpentinisasi bertekstur bastit. Piroksin (Px), serpentin (Sp), garnet (Ga) dan mineral bijih (Mb). Perbesaran 40x

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mineralisasi

Mineralisasi bijih besi dijumpai di daerah penelitian terdiri atas dua jenis yaitu tipe primer dan tipe laterit. Bijih besi primer terdapat dalam batuan gneis – sekis dan batuan dunit, sedangkan besi laterit terdapat dalam tanah hasil pelapukan batuan piroksenit-peridotit. Sebanyak 17 sampel batuan dan bijih besi dilakukan analisis geokimia meliputi unsur Fe, Ni dan Cr (Tabel 1).

Mineralisasi besi dalam dunit berubah (sampel TB 0606) dari pemeriksaan mineragrafi menunjukkan adanya mineral kromit (1%), magnetit (5%) dan ilmenit (1%). Beberapa mineral kromit *direplace* oleh magnetit, sedangkan magnetit umumnya mengisi retakan dan berupa *veinlets* memanjang (Gambar 5a). Beberapa mineral ilmenit tumbuh bersama dengan magnetit. Genesa besi – kromit dalam batuan ini berasosiasi dengan

proses magmatisme yang diikuti oleh proses tektonik dimana muncul retakan-retakan kecil. Kemudian disusul oleh proses hidrotermal yang membentuk serpentinisasi diikuti oleh pengisian hematit pada rekahan-rekahan. Hasil analisa geokimia menunjukkan kandungan 4,99% Fe_{tot}, 0,19% Ni, dan 0,14% Cr₂O₃.

Pengamatan mineralisasi besi primer pada batuan gneis menunjukkan adanya kandungan magnetit seperti yang dijumpai pada lokasi TB 0506. Keterdapat magnetit berupa lapisan tipis terlihat agak sejajar mengikuti foliasi gneis. Sifat kemagnetan batuan sangat tinggi saat dilakukan pengetesan menggunakan *magnetic pen*. Dari pemeriksaan mineragrafi (sampel TB 0506) teridentifikasi adanya magnetit dan ilmenit dan oksida besi yang menyebar dalam *gangue* mineral klorit (Gambar 5b). Mineral bijih mengisi retakan dan sejajar dengan bidang foliasi. Komposisi mineralnya adalah magnetit (35%), ilmenit (3%), hematit (10%) dan oksida besi (1%).

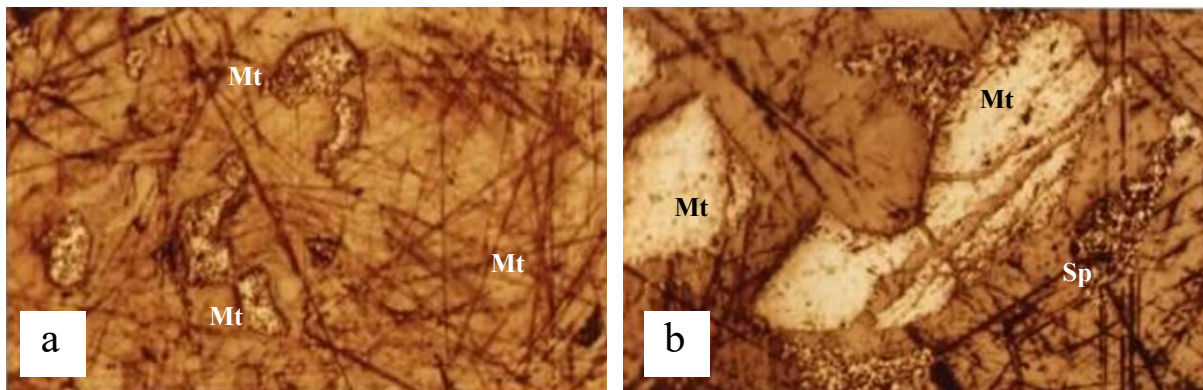
Genesa bijih besi diperkirakan sebagai hasil proses metasomatik yang terkena gejala tektonik dengan munculnya *veinlets* terisi oleh magnetit. Selain itu bijih besi terbentuk bersama-sama dengan pembentukan batuan, kemudian disusul oleh proses pelapukan yang menghasilkan magnetit berpori dan oksida besi. Dari analisa geokimia menunjukkan kandungan 9,60% Fe_{tot}, 1800 ppm Ni, dan 0,322% Cr₂O₃.

Sedangkan mineralisasi besi dalam sekis (lokasi TB 1606) dari pemeriksaan mineragrafi menunjukkan adanya mineral kromit (2%), magnetit (29%), garnet (3%) dan hematit (3%). Beberapa mineral kromit *direplace* oleh magnetit, sedangkan magnetit umumnya mengisi urat-urat halus yang sejajar dan juga berupa serabut

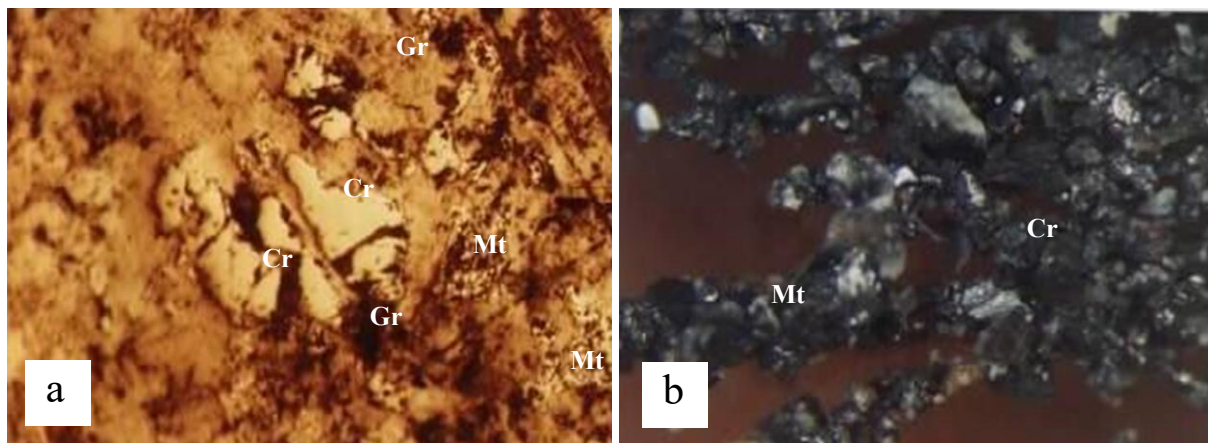
memanjang (Gambar 6a). Terdapat magnetit yang membungkus *gangue* mineral dan sebagian tumbuh bersama dengan hematit. Beberapa mineral hematit berupa serabut-serabut halus mengelompok bersama magnetit. Mineral garnet hadir sebagai *gangue* mineral yang menjadi petunjuk genesa yang berhubungan dengan proses metasomatik. Di dalam garnet dijumpai pula inklusi magnetit. Genesa bijih besi – kromit dalam batuan ini berasosiasi dengan proses metasomatik dengan hadirnya garnet yang diikuti oleh proses hidrotermal yang dicirikan oleh mineral serpentin dan terjadinya *replacement* magnetit oleh hematit. Hasil analisa geokimia menunjukkan kandungan 16,75% Fe_{tot}, 0,05% Ni dan 0.11% Cr₂O₃.

Tabel 1. Analisis geokimia sampel batuan (metoda AAS)

No sampel	Fe _{tot} (%)	Ni (%)	Cr ₂ O ₃ (%)	Keterangan
TB 0106	-	-	-	Limonit, frag. peridotit
TB 0206	4,09	0,054	0,313	Gosan/Fe oksida
TB 0306 A	-	-	-	Limonit, frag. hem/gutit
TB 0306	49,45	0,222	1,176	Bongkah hematit/gutit
TB 0406	3,94	0,060	0,336	Peridotit, serpentinisasi
TB 0506	9,60	0,180	0,032	Genis, magnetik kuat
TB 0606	4,99	0,194	0,145	Dunit - terubah, magnetik lemah
TB 0706	4,83	0,210	0,309	Sekis-klorit, mag. lemah
TB 0806	5,06	0,216	0,234	Peridotit, serpentinisasi
TB 0906	10,91	0,018	0,041	Limonit, frag. peridotit
TB 1006	3,28	0,005	0,016	Limonit, fragmen silika
TB 1106	48,56	0,452	0,906	Limonit, frag. hem/gutit
TB 1206	54,89	0,300	1,103	Bongkah hematit/gutit
TB 1306	48,29	0,494	1,081	Limonit, frag. hem/gutit
TB 1406	44,89	0,346	0,429	Limonit, frag. hem/gutit
TB 1506	2,87	0,004	0,013	Limonit, fragmen silika
TB 1606	16,75	0,054	0,109	Sekis piroks, mag. kuat



Gambar 5. (a) Fotomikrograf sayatan poles bijih besi dalam dunit (sampel TB 0606) memperlihatkan relik-relik magnetit dengan pori-pori halus (Mt) dan retakan terisi serpentin (Sp). (b) Fotomikrograf sayatan poles bijih besi dalam gneis (sampel TB 0506) memperlihatkan mineral magnetit subhedral (Mt) dan relik-relik magnetit dengan pori-pori halus (Mt) dan retakan terisi serpentin (Sp). Perbesaran 50x.

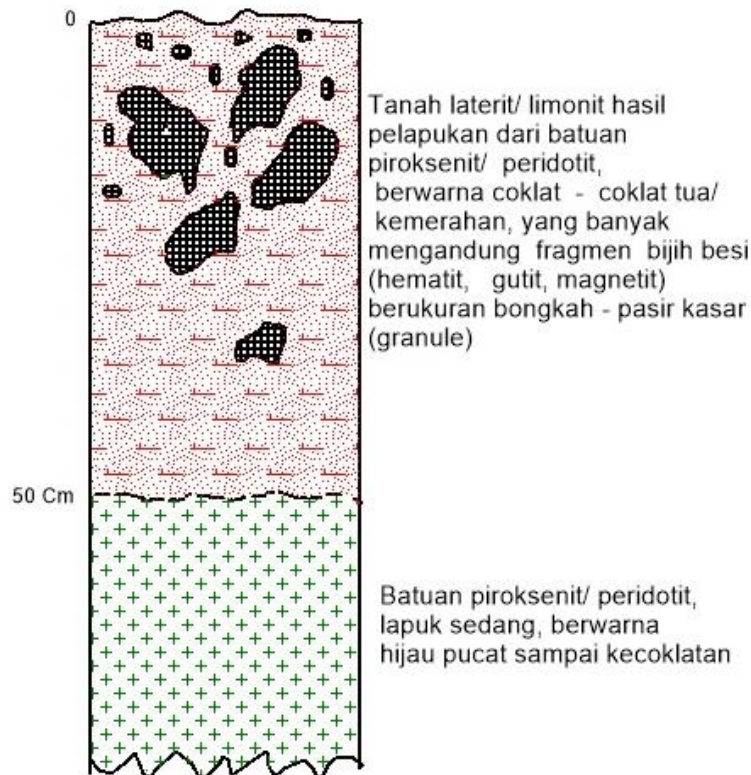


Gambar 6. (a) Fotomikrograf sayatan poles bijih besi (sampel TB 1606) memperlihatkan hancuran tekstur kataklastik dan kromit bentuk subhedral (Cr) dan magnetit (Mt) dan garnet (Gr). Perbesaran 50x. (b) Fotomikrograf konsentrat dari gerusan bijih besi dalam batuan dunit (sampel TB 0606) memperlihatkan ilmenit (Il) dominan dan kromit (Cr).

Pemeriksaan mineralogi butir dari sampel bijih besi pada batuan dunit TB 0606 (Gambar 6b) yang digerus menunjukkan beberapa mineral antara lain magnetit (8,3%), Ilmenit (7,95%), kromit (trace), rutil (trace), oksida besi (trace), piroksin (47,5%), zircon (6,8%) dan fragmen batuan (28,95%).

Endapan besi laterit sebarannya menempati pada bagian puncak perbukitan yang kemiringannya relatif datar atau kurang dari 10%. Umumnya endapan besi ini berhubungan erat dengan proses pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Oleh karena kemiringan lereng relatif kecil, maka dari pengaruh air tanah dan cuaca

mengakibatkan proses pelapukan berjalan intensif. Akibatnya terbentuk tanah lateritik/limonit yang kadang-kadang masih mengandung bongkahan bijih besi berupa hematit/gutit/magnetit dengan ukuran bongkah – pasir kasar (*granule*). Tanah lateritik umumnya berwarna coklat – kehitaman dengan ketebalan tanah bervariasi antara 10 s.d 50 cm. Sebaran tanah laterit secara lateral tidak luas, karena mengikuti sebaran luas puncak perbukitannya. Di daerah ini telah teridentifikasi adanya tiga zona lateritik yaitu Zona A, Zona B dan Zona C (Gambar 2). Secara umum sketsa profil laterit ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sketsa profil laterit di daerah penelitian

Zona A: Pada daerah ini zona lateritik berada pada puncak perbukitan di daerah sekitar Bukit Belah dimana masih banyak terlihat bongkah-bongkah bijih besi berukuran 5 s.d 20 cm (Gambar 8a). Luas zona lateritik sekitar 117.900 m², dengan ketebalan tanah laterit berkisar 10 s.d 50 cm dan prosentase bongkahan diperkirakan kurang dari 2%. Bijih besi terdiri dari hematit, gutit dan magnetit. Di daerah ini proses pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit menghasilkan tanah laterit yang berwarna coklat tua. Hasil analisa geokimia sampel batuan nomor TB 1206 menunjukkan kandungan 54,89% Fe_{tot}, 0,3 % Ni dan 1,10 % Cr₂O₃. Sedangkan dari sampel tanah laterit (sampel TB. 1106) yang diambil pada lokasi yang sama dengan lokasi bongkahan ini menunjukkan kandungan 48,56% Fe_{tot} : 0,45 % Ni dan 0,90 % Cr₂O₃.

Zona B: Pada daerah puncak perbukitan bagian utara terdapat zona lateritik dengan luas sebaran sekitar 143.800 m² dan

ketebalan tanah laterit berkisar antara 15 s.d 50 cm. Pada permukaan tanahnya masih terlihat kumpulan dari bijih besi berukuran *granule* berupa hematit dan gutit pada lokasi TB 1408 (Gambar 8b). Hasil analisa geokimia sampel TB 1408 menunjukkan kandungan 44,69 % Fe_{tot}, 0,34 % Ni dan 0,42 % Cr₂O₃.

Zona C: Zona laterit ini berada pada lokasi perbukitan yang terletak di sebelah timur zona A dan sebelah selatan zona B pada lokasi TB 0306. Pada permukaan tanah laterit terlihat bongkahan bijih besi berdiameter 10 s.d 20 cm, berwarna coklat kehitaman. Luas tanah laterit sekitar 3.458 m² dengan ketebalan tanah berkisar antara 15 s.d 25 cm. Bongkahan bijih besi berupa hematit dan gutit dengan prosentase dibawah 2% dari luas sebaran tanah lateritnya (Gambar 8c). Hasil analisa geokimia bongkah bijih besi menunjukkan kandungan 49,45% Fe_{tot}, 0, 22% Ni dan 1,17% Cr₂O₃.



Gambar 8. (a) Bongkahan bijih besi pada zona lateritik A berupa hematit/gutit/magnetit di daerah Bukit Belah lokasi TB. 1206. (b) Fragmen bijih besi berupa hematit/gutit berukuran *granule* pada zona laterit B lokasi TB 1408. (c) Bongkahan bijih besi berupa hematit/ goetit pada zona lateritik C lokasi TB. 0306.

Secara geomorfologi lokasi endapan bijih besi primer yang ditemukan di daerah menempati relatif pada bagian bawah, sedangkan besi laterit menempati daerah puncak dari sebagian perbukitan pada kondisi lereng yang relatif landai.

Potensi Target Eksplorasi

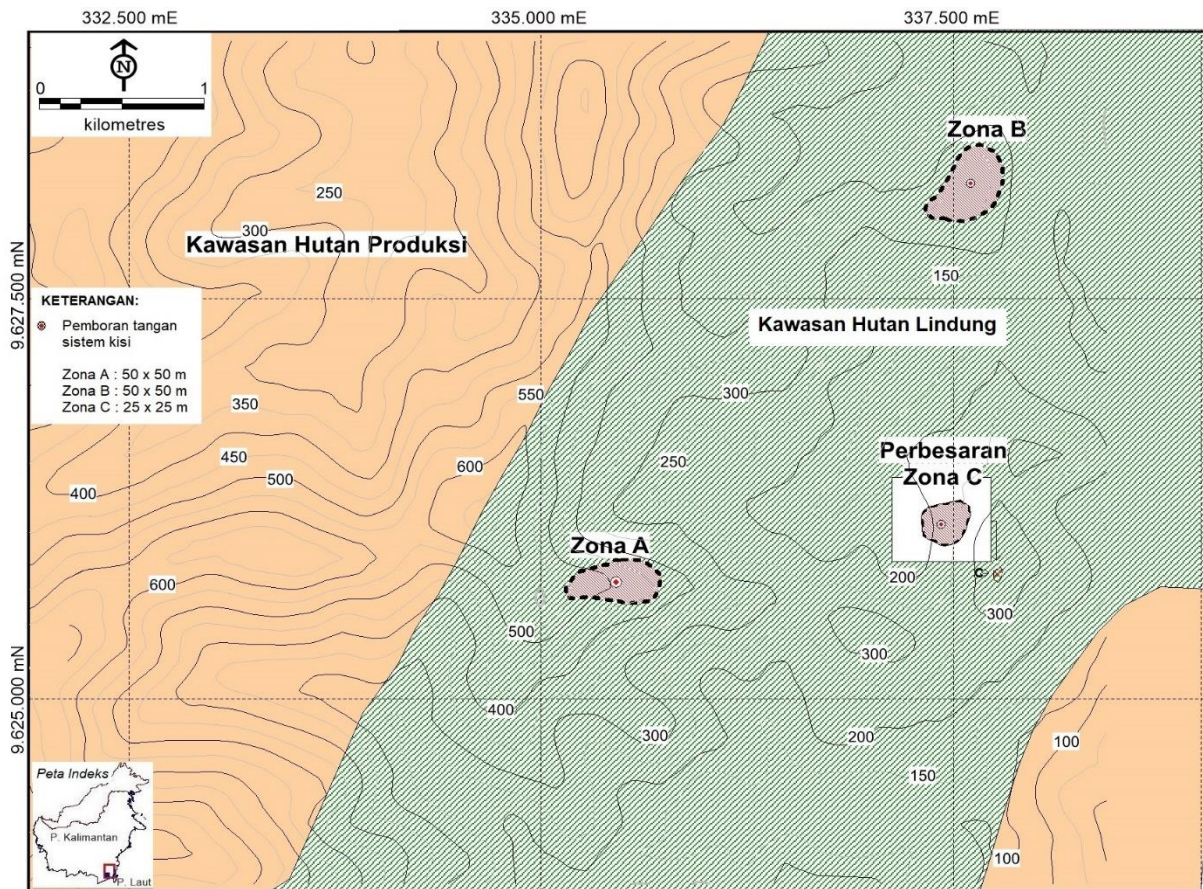
Endapan besi laterit yang ditandai oleh tanah berwarna kemerahan (*lateritic soil*) merupakan hasil pelapukan batuan piroksenit-peridotit yang keberadaannya disertai dengan adanya kumpulan fragmen bijih besi berupa hematit/gutit/magnetit berukuran bongkah – pasir kasar. Pada peta geologi (Gambar 2), dari tiga lokasi zona lateritisasi yang ditemukan masing-masing mempunyai luas sebaran 117.900 m² (Zona A), 143.800 m² (Zona B) dan 3.458 m² (zona C). Total luas zona lateritisasi seluruhnya adalah 265.158 m² dengan ketebalan rerata 0,5 m. Hasil analisa geokimia tanah lateritik menunjukkan kisaran kandungan 44,69 s.d. 49,45% Fe_{total} atau rerata 47,75% Fe_{total}. Berdasarkan asumsi massa jenis (ρ) tanah laterit 2,5 ton/m³ (Muzaidi, dkk., 2023), maka estimasi sumber daya dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Sumber daya (wmt)} = \text{Luas (m}^2\text{)} \times \text{tebal (m)} \times \rho \text{ (ton/m}^3\text{)} \times \text{kadar rerata Fe}_{\text{tot}} \text{ (\%)}$$

Maka untuk masing-masing zona lateritisasi mempunyai sumber daya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Zona A} &: (117.900 \times 0,5 \times 2,5 \times 47,75) = 70.371 \text{ wmt} \\ \text{Zona B} &: (143.800 \times 0,5 \times 2,5 \times 47,75) = 85.830 \text{ wmt} \\ \text{Zona C} &: (3.458 \times 0,5 \times 2,5 \times 47,75) = 2.063 \text{ wmt} \\ \text{Jumlah} &= 158.264 \text{ wmt} \end{aligned}$$

Dalam SNI 6606 : 2001 klasifikasi potensi termasuk sumber daya hipotetik, namun mengacu pada Kode KCMi 2011 dalam SNI 4726 : 2019 sumber daya hipotetik ditiadakan. Sebagai gantinya dipakai istilah yang disesuaikan dengan praktek industri (CRIRSCO), sehingga sumber daya hipotetik diidentikan dengan target eksplorasi (Ernowo, 2020). Jadi potensi target eksplorasi bijih besi lateritik di daerah penelitian sebesar 158.264 wmt. Kegiatan lanjutan dari hasil deliniasi zona lateritisasi yang telah dipetakan disarankan untuk melakukan kegiatan eksplorasi geokimia tanah dengan metoda kisi yang diikuti dengan pengambilan sampel tanah menggunakan bor tangan, agar supaya memperoleh ketebalan tanah laterit yang maksimal. Eskplorasi geokimia tanah dilakukan pada Zona A dan Zona B dengan interval pengeboran 50m x 50 m, sedangkan pada Zona C interval pengeboran 25m x 25 m (Gambar 9). Pemetaan zona lateritisasi yang belum terpetakan juga perlu dilakukan. Dengan demikian perolehan nilai sumber daya akan lebih optimal.



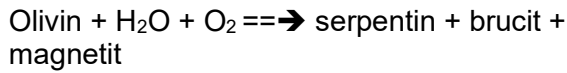
Gambar 9. Peta usulan eksplorasi metode pemboran tangan di daerah Kusan Hulu

Genesa

Secara umum cebakan besi yang terdapat di daerah penelitian terdiri dari dua tipe yaitu bijih besi primer dan besi laterit. Bijih besi primer yang terdiri dari magnetit, hematit, dan kromit terdapat dalam batuan dunit berubah dan gneis-sekis dimana secara fisik batuan menunjukkan sifat kemagnitan yang relatif kuat. Sedangkan bijih besi laterit yang terdiri dari hematit dan gutit terdapat dalam tanah lateritik hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit. Dari kedua tipe tersebut yang mempunyai kandungan besi lebih tinggi adalah bijih besi tipe laterit .

Genesa cebakan besi primer berhubungan erat dengan adanya proses serpentinisasi batuan dunit, kemudian terjadinya tektonik yang kuat mengakibatkan batuan dunit terganggu yang kenampakan dari hasil pemeriksaan mineragrafi terlihat banyak magnetit mengisi pada retakan-retakan sebagaimana terlihat pada sampel TB.

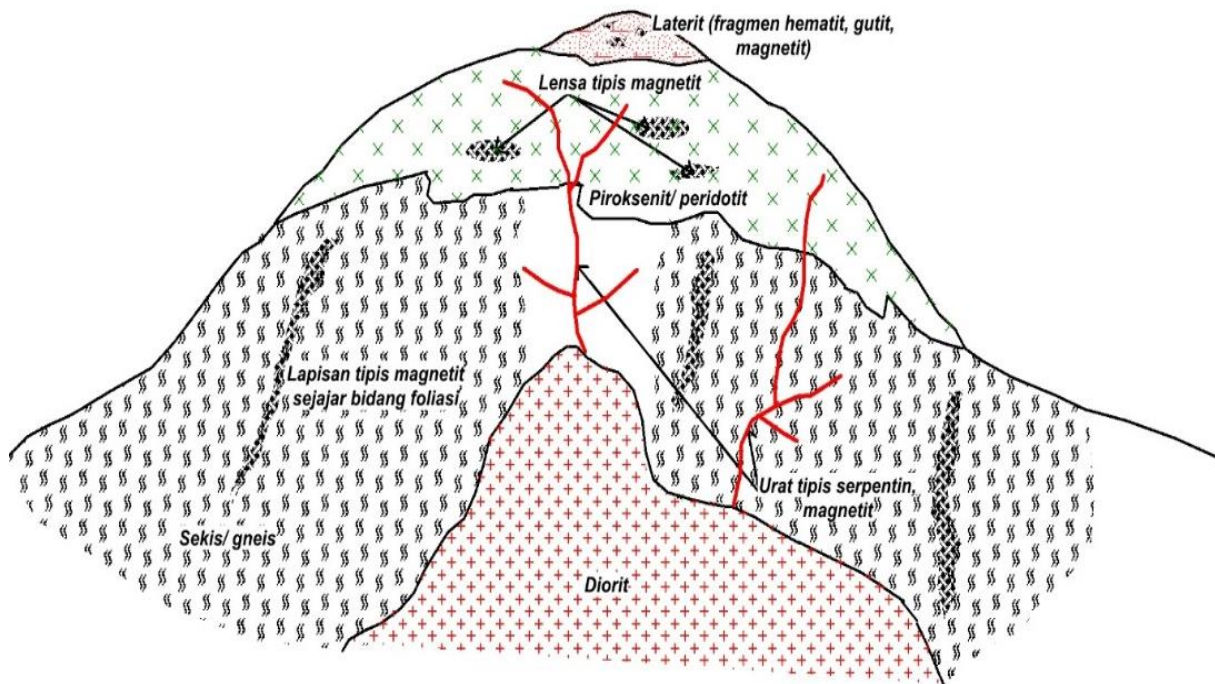
0606 (Gambar 5a). Pembentukan bijih besi dalam batuan dunit di daerah penelitian menyerupai keterjadian magnetit dalam batuan ultrabasa (harzburgit – dunit) yang terserpentinisasi kuat di daerah Latowu, Sulawesi dimana olivin dan piroksin berubah menjadi serpentin sebagaimana hasil penelitian oleh Sufriadin,dkk., (2021). Pembentukan oksida besi terutama magnetit selama serpentinisasi batuan ultra basa mungkin berasal dari oksidasi besi *ferrous* (Fe^{2+}) ke besi *ferric* (Fe^{3+}) dalam olivin dan/piroksin (Huang, et.al., 2017). Beberapa kemungkinan reaksi dikemukakan terkait pembentukan magnetit selama proses serpentinisasi dalam batuan ultrabasa. Pada lingkungan temperatur rendah (50-300°C) produk paling banyak adalah lizardit (Evans, et.al., 2010). Hidrasi olivin adalah proses utama dalam batuan ultrabasa yang membentuk serpentin, brucit, magnetit dan hidrogen melalui beberapa reaksi berikut ini (Collon, et.al., 2020) :



Sedangkan cebakan besi dalam batuan metamorf di daerah penelitian diakibatkan adanya gejala tektonik pada batuan ultrabasa, sehingga mengalami proses metamorfosa/metasomatik dan terbentuk batuan gneis dan sekis yang dicirikan oleh hadirnya mineral garnet sebagai penciri dari proses metamorfosis/metasomatik derajat sedang. Aktifitas hidrotermal merupakan proses paling akhir yang menyertai proses metamorfosis/metasomatik, dimana dicirikan oleh munculnya mineral alterasi berupa serpentin dan rekahan-rekahan terisi oleh kwarsa yang disusul pengisian hematit berupa *veinlets* memotong foliasi pada batuan sekis dan terkadang diikuti munculnya pirit. Dari analisa geokimia pada sampel batuan sekis (TB 0706) dan gneis (TB 0506) masing-masing juga terdeteksi adanya kandungan Ni dan Cr. Dalam kaitan ini Nadoll et.al (2014) menyatakan bahwa sebagai pembeda

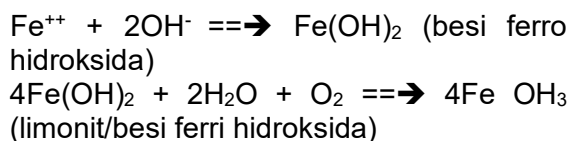
unsur utama Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, dan Ga umumnya hadir terdeteksi dan memperlihatkan variasi sistematis yang dapat digunakan sebagai petunjuk genesa magnetit pada cebakan bijih hidrotermal. Proses hidrotermal di daerah penelitian kemungkinan diakibatkan oleh suatu intrusi batuan diorit yang tidak tersingkap. Namun secara regional terdapat suatu tubuh batuan intrusi diorit yang cukup luas yaitu di sebelah barat daya daerah penelitian. Interpretasi model skematik genesa bijih besi di daerah penelitian digambarkan sebagai berikut (Gambar 10).

Endapan bijih besi tipe laterit di daerah penelitian yang merupakan endapan residu hasil dari proses pelapukan batuan peridotit-piroksenit yang mengalami dekomposisi, pengendapan kembali dan konsentrasi secara kimiawi. Bijih besi tipe laterit umumnya terdapat di daerah puncak perbukitan yang landai dengan kondisi kemiringan lereng dibawah 10%, sehingga menyebabkan proses pelapukan secara kimiawi akan lebih besar dari pada proses mekanik.



Gambar 10. Model skematik genesa bijih besi daerah penelitian (tanpa skala)

Batuan ultrabasa sumber terbentuknya endapan bijih besi laterit. Mineral-mineral olivin dan piroksen mengandung unsur besi dominan terdapat dalam batuan ini. Mineral olivin merupakan mineral silikat besi dan magnesium yang relatif mudah mengalami pelapukan, terutama pelapukan kimia. Pada saat proses pelapukan terjadi permukaan air tanah naik, sehingga garam-garam besi yang larut ke dalam air tanah diubah menjadi besi ferro hidroksida. Pada waktu musim kemarau terjadi penurunan air tanah sehingga besi feri hidroksida tertinggal di permukaan, kemudian bereaksi dengan oksigen dari udara dan air permukaan. Akhirnya ferro hidroksida diubah menjadi ferri hidroksida yang lebih stabil (Evans, 1993). Ferri hidroksida ini dikenal sebagai limonit yang umumnya berwarna coklat kekuningan dan mengendap dipermukaan. Gambaran reaksi kimianya sebagai berikut:



Struktur dan pembentukan tanah laterit dipengaruhi oleh daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah. Umumnya profil lengkap dari atas ke bawah adalah sebagai berikut: zona limonit, zona pelindian (*leaching zone*) dan zona saprolit yang terletak di atas batuan asalnya (ultrabasa). Zona pelindian yang terdapat di antara zona limonit di bagian atas dan zona saprolit di bawahnya ini hanya ada jika aliran air tanah lambat sampai pada kondisi saturasi yang diinginkan untuk membentuk endapan bijih. Pengendapan ini dapat terbentuk di daerah beriklim tropis dengan musim kering yang lama. Ketebalan zona ini sangat bervariasi dan tergantung dari fluktuasi air tanah akibat perbedaan musim kemarau dan musim penghujan. Di samping itu juga tergantung pada rekahan-rekahan yang terdapat di zona saprolit serta permeabilitas pada zona limonit. Derajat serpentinisasi batuan asal laterit akan mempengaruhi pembentukan zona saprolit, dimana peridotit-piroksenit yang sedikit terserpentinisasikan akan

memberikan zona saprolit dengan inti batuan sisa yang keras, sedangkan serpentinit akan menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen.

Akibat fluktuasi ini air tanah yang kaya CO_2 akan kontak dengan saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti serpentin dan piroksin. Mg, Si, dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan memberikan mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali. Unsur-unsur yang tertinggal seperti Fe, Al, Mn, CO, dan Ni di zona limonit terikat sebagai mineral-mineral oksida/hidroksida seperti limonit, hematit, gutit, manganit dan lain-lain. Akibat pengurangan dari unsur-unsur Mg dan Si yang sangat besar tersebut, maka zona saprolit yang masih banyak mengandung bongkah-bongkah batuan asal akan menyusut. Sehingga kadar relatif unsur-unsur residu di zona laterit bawah akan naik sampai 10 kali. Pengayaan Fe_2O_3 sampai lebih dari 72% dan *chrom-spinel* relatif naik sampai sekitar 5%.

Fakta yang ditemukan di daerah penelitian menunjang terhadap penjelasan tersebut dimana pada daerah laterit Zona A, Zona B, dan Zona C, masih banyak ditemukan bongkahan dari bijih besi berupa hematit, magnetit dan gutit. Dari hasil analisis geokimia tanah laterit maupun bijih besi menunjukkan kandungan Fe_2O_3 di atas 63% dan ada peningkatan kandungan Cr_2O_3 hingga mencapai 1,1 %Mi.

KESIMPULAN

Bijih besi di daerah penelitian terdiri dari dua tipe yaitu besi primer dan besi laterit yang proses pembentukannya berhubungan dengan proses magmatisme, kemudian diikuti dengan metamorfosis/metasomatik dan akhirnya disusul proses hidrotermal yang diperkirakan akibat intrusi batuan dioritik.

Jenis mineral bijih besi primer dalam batuan dunit terserpentinisasi didominasi magnetit dan hematit yang berasosiasi

dengan kromit hasil dari proses magmatisme dan hidrotermal. Magnetit juga terbentuk dalam batuan sekis/gneis yang berasosiasi dengan garnet dan pirit hasil dari proses metasomatik. Sedangkan mineral bijih besi laterit terdiri dari hematit dan gutit yang merupakan hasil pelapukan dari batuan piroksenit-peridotit.

Potensi target eksplorasi bijih besi laterit di daerah penelitian sebesar 158.264 wmt dan kandungan Fe_{total} berkisar antara 49,45 s.d. 54,89%. Disarankan kegiatan lanjutan melakukan eksplorasi geokimia tanah dengan metode kisi dan menggunakan bor tangan pada zona lateritisasi untuk mendapatkan nilai sumber daya yang optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Andalan Tiga Berjaya yang telah mengizinkan penggunaan data untuk keperluan publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Collon, Mc., Klein, F., Mackowitz, B., Barque, T.S., Bech, W., Templeton, A.S., 2020. Hydrogene generation and iron partitioning during experimental serpentinization of an olivine – pyroxene mixture, *Geochemica et Cosmochemica Acta*, vol. 282, pp 55-75.
- DJMB, 2021. Grand Strategy Mineral dan Batubara: Arah pengembangan hulu hilir mineral utama dan batubara menuju Indonesia maju, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara (DJMB), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ernowo, 2020, Peran Badan Geologi dalam inventarisasi dan *discovery* sumber daya mineral, FGD: Tantangan dan strategi Badan Geologi di dalam melaksanakan tugas penelitian, penyelidikan dan pelayanan bidang mineral, Bandung 17 November 2020.
- Evans, A.M., 1993. Ore geology and industrial minerals. Blackwell Scientific Publication, Oxford, 390 pp.
- Evans, B.W, 2010., Lizardite versus antigorite serpentine: magnetite hydrogen, and life (?), *Geology*, vol. 38, pp. 879-882.
- Heryanto R., Supriatna S., Rustandi E dan Baharudin, 1994. Peta Geologi Lembar Sampahan, Kalimantan Selatan, skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Huang, R., Lin, C.T., Sun, W., Ding, X., Zhen, W., Zhio, J., 2017. The production of iron oxide during peridotite serpentinization: Influence of pyroxene, *Geoscience Frontier*, vol. 8, pp. 1311-1321.
- Idrus, A., Zaccarini, F., Garuti, G., Wijaya, I.G.N.K., Swamidharma, Y.C.A. and Buer, C., 2022, Orogen of Podiform Chromitites in the Sebuku Island Ophiolite (South Kalimantan, Indonesia): Constraints from Chromite Composition and PGE Mineralogy, *Minerals* 2022, 12, 974.
- Muzaidi, I., Fitriansyah, M., Anggraini, F., Hardiani, D.P., 2023. Karakteristik sifat fisis dan mekanis tanah laterit yang distabilisasi menggunakan beberapa jenis pasir Kalimantan, *Buletin Profesi Insinyur* 6(1) 038-044.
- Nadoll, P., Angerer, T., Mauk, J.L., French, D., Walshe, J., 2014. The chemistry of hydrothermal magnetite : A Review, *Ore Geology Reviews* 61 ; 1-32.
- Pardiarto, B., dan Widodo, W., 2006. Laporan survey tinjau endapan bijih besi daerah Sungai Kusan, Kecamatan Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan, PT. Andalan Tiga Berjaya (tidak dipublikasikan).
- PSDMBP, 2022. Neraca sumber daya dan cadangan mineral, batubara dan panas bumi tahun 2022, Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara dan Panas Bumi (PSDMBP) Badan Geologi-Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

- Rustandi E, Nila E.S, Sanyoto, P and Margono V, 1995. Peta geologi lembar Kotabaru, Kalimantan skala 1 : 250.000, Puslitbang Geologi, Bandung.
- Sikumbang, N, dan Heryanto, R, 1994. Peta Geologi lembar Banjarmasin, Kalimantan Selatan, skala 1 : 250.000, Pusat Pengembangan dan Penelitian Geologi, Bandung.
- Sufriadin, Sri Widodo, Meinerni Thamrin, Akane Ito, Tsubana Otake, 2021. The Latowu ultramafic rock-hosted iron mineralization in the Southeastern Arm Sulawesi, Indonesia : Characteristic, origine and implication for beneficiation, International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology, vol. 11 no 3.
- Sulistijo, B., Indriati, T., and Andrianto, D.K., 2006. The characteristic of lateritic iron ore in Kalimantan, Procceding 9th International Symposium on Mineral Exploration, Aula Barat ITB, Bandung, Indonesia, September 19-21, 2006.

Diterima : 5 April 2024 Direvisi : 24 April 2024 Disetujui : 19 Mei 2024
--