

**MINERALISASI ENDAPAN SINABAR DAERAH BUKIT TEMBAGA  
KECAMATAN HUAMUAL, KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT, MALUKU**

**MINERALIZATION OF CINNABAR DEPOSIT AT TEMBAGA HILL,  
HUAMUAL DISTRICT, WESTERN SERAM REGENCY, MALUKU**

**Herfien Samalehu<sup>1</sup>, Arifudin Idrus<sup>2</sup>, dan Nugroho Imam Setiawan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral, Pemerintah Daerah Provinsi Maluku,

<sup>2</sup>Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta  
ferhin2001@yahoo.com

**ABSTRAK**

Wilayah Iha – Luhu terletak di bagian barat Pulau Seram, Provinsi Maluku yang berada pada elevasi 9 s.d. 341 meter diatas permukaan laut serta menempati batuan metamorf Kompleks Taunusa. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kontrol geologi, karakteristik mineralisasi serta geokimia bijih endapan sinabar di Iha - Luhu. Metode penelitian dimulai dengan kajian studi pustaka, kegiatan investigasi dilapangan (*fieldwork*) untuk pengambilan sampel, pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi serta analisis laboratorium yang meliputi sayatan poles, geokimia bijih (FA/AAS dan ICP-AES, XRF) dan *elemental mapping* (Micro-XRF).

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik endapan sinabar di Iha – Luhu terbentuk dalam dua jenis urat (*fracture-related mineralization*) dan diseminasi (*disseminated*) dalam *host* batuan metapelitik dan filit kuarsa-muskovit yang dikontrol oleh sesar - sesar berarah utara barat laut - selatan menenggara dan timur laut - barat daya. Mineralisasi terdiri dari sinabar ( $\pm$ metasinabar), arsenopirit, stibnit, sfalerit, hematit, *minor* pirit $\pm$ pirhotit dengan *gangue* terdiri dari kuarsa, illit, smektit dan kaolinit. Bijih sinabar mengandung kelimpahan Zn, Sb, Fe, As, menunjukkan kehadiran logam mulia (Au) serta kandungan merkuri (Hg) mencapai 72,4%.

**Kata kunci:** Mineralisasi sinabar, geokimia bijih, *fracture-related mineralization*, *disseminated*, alterasi argilik

**ABSTRACT**

*Iha – Luhu is located in the western part of Seram Island, Maluku which is placed at an elevation of 9 up to 341 meters above sea level and occupies Taunusa Metamorphic Complex. This study aims to study geological control, mineralization characteristics and ore geochemistry of cinnabar deposit in Iha - Luhu. Research method applies a literature review, fieldwork for sampling, geological mapping, alteration & mineralization and laboratory analysis including polished section, ore geochemistry (FA/AAS and ICP-AES, XRF) and elemental mapping (Micro-XRF).*

*The results showed that characteristics of cinnabar deposits in Iha – Luhu were formed in two type of veins (fracture-related mineralization) and disseminated in metapelites and quartz-muscovite phyllite hostrocks and controlled by NNW-SE and NE- SW trending faults. Mineralization consists of cinnabar ( $\pm$ metacinnabar), arsenopyrite, stibnite, sphalerite, hematite, minor pyrite $\pm$ pyrrhotite with gangue minerals consisting of quartz, illite, smectite and kaolinite. Cinnabar ore contains an abundance of Zn, Sb, Fe, As, indicating presence of precious metal (gold) and mercury (Hg) content reaching 72.4%.*

**Keywords:** Cinnabar mineralization, ore geochemistry, *fracture-related mineralization*, *disseminated*, *argillic alteration*

## PENDAHULUAN

Secara administratif lokasi penelitian terletak di Bukit Tembaga, Desa Iha - Luhu, Kecamatan Huamual, Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku (Gambar 1). Wilayah penelitian tersusun atas batuan metasedimen dan batuan metamorf berderajat rendah dengan protolith merupakan batuan pelitik (Tjokrosapoetro dkk, 1993 ; Pownall, 2013;2017). Merembaknya eksploitasi sinabar oleh masyarakat pada tahun 2014 mendorong untuk dilakukannya penelitian untuk mengetahui tipe dan karakteristik endapan sinabar yang kemungkinan terindikasi membawa logam emas (*Au - bearing cinnabar*). Selain itu, penelitian pendahuluan mengenai endapan ini belum pernah dilakukan.

Kondisi geologi dan keberadaan mineralisasi di Bukit Tembaga, desa Iha - Luhu dikontrol oleh adanya orientasi struktur geologi yang berarah barat laut-tenggara dan timur laut-barat daya dengan mekanisme regime *transpression* dan *compressional*. Samalehu (2021) menyatakan bahwa endapan di daerah Iha - Luhu dan sekitarnya merupakan tipe orogenik yang berada pada zona epizonal - mesozonal dengan periode mineralisasinya diperkirakan terbentuk pada kala Miosen akhir - Pliosen. Terangkatnya batuan metamorf ke permukaan melalui mekanisme sesar naik yang kemudian diikuti dengan naiknya larutan magmatik/hidrothermal yang mengisi rekahan dan foliasi batuan metamorf menjadi pemicu keterdapatan endapan ini.

Beberapa endapan sinabar di dunia yang berasosiasi dengan sabuk orogenesis antara lain di Almaden (Hernandez dkk., 1999; Jebrak dan Hernandez, 1995), Levigliani dan Ripa di Italia (Dini dkk., 2021) dan Horny Luby di Ceko (Velebil dan Zacharias, 2013). Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji kontrol geologi, karakteristik mineralisasi serta geokimia bijih endapan sinabar di daerah Iha - Luhu.

## METODOLOGI

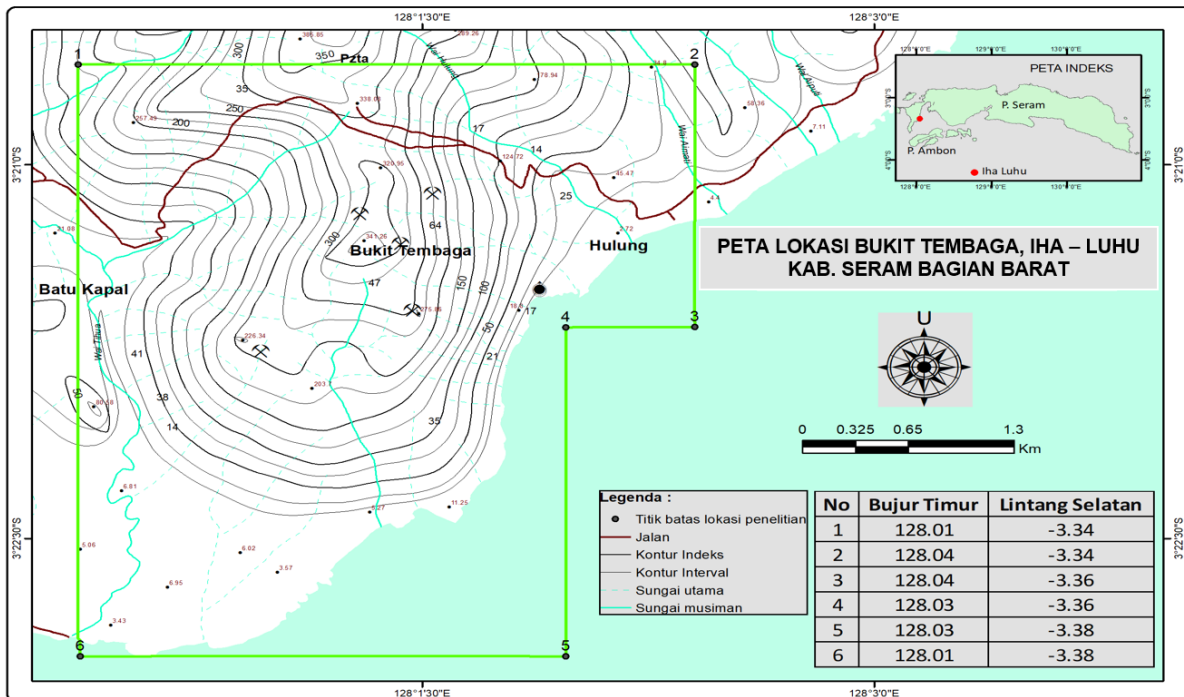
Metodologi penelitian dimulai dengan kajian studi pustaka atau studi literatur, kegiatan penyelidikan lapangan (*fieldwork*) untuk pengambilan sampel, pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi serta analisis laboratorium. Preparasi dan analisis sayatan poles dilakukan di Universitas Gadjah Mada. Untuk geokimia bijih (FA/AAS dan ICP-AES) dilakukan di ALS, Kanada sedangkan analisis XRF dan Micro-XRF melalui Laboratorium bahan galian di BATAN.

Data sekunder yang terkait dengan wilayah penelitian digunakan untuk studi literatur sebelum melakukan kegiatan lapangan (*fieldtrip*). Untuk kegiatan pemetaan geologi, alterasi dan mineralisasi dilakukan dengan pengamatan, pengukuran, perekaman serta pengambilan sampel. Setelah data lapangan diperoleh, maka dilakukan pengolahan serta analisis data yang dapat mengkaji karakteristik mineralisasi endapan sinabar di daerah penelitian.

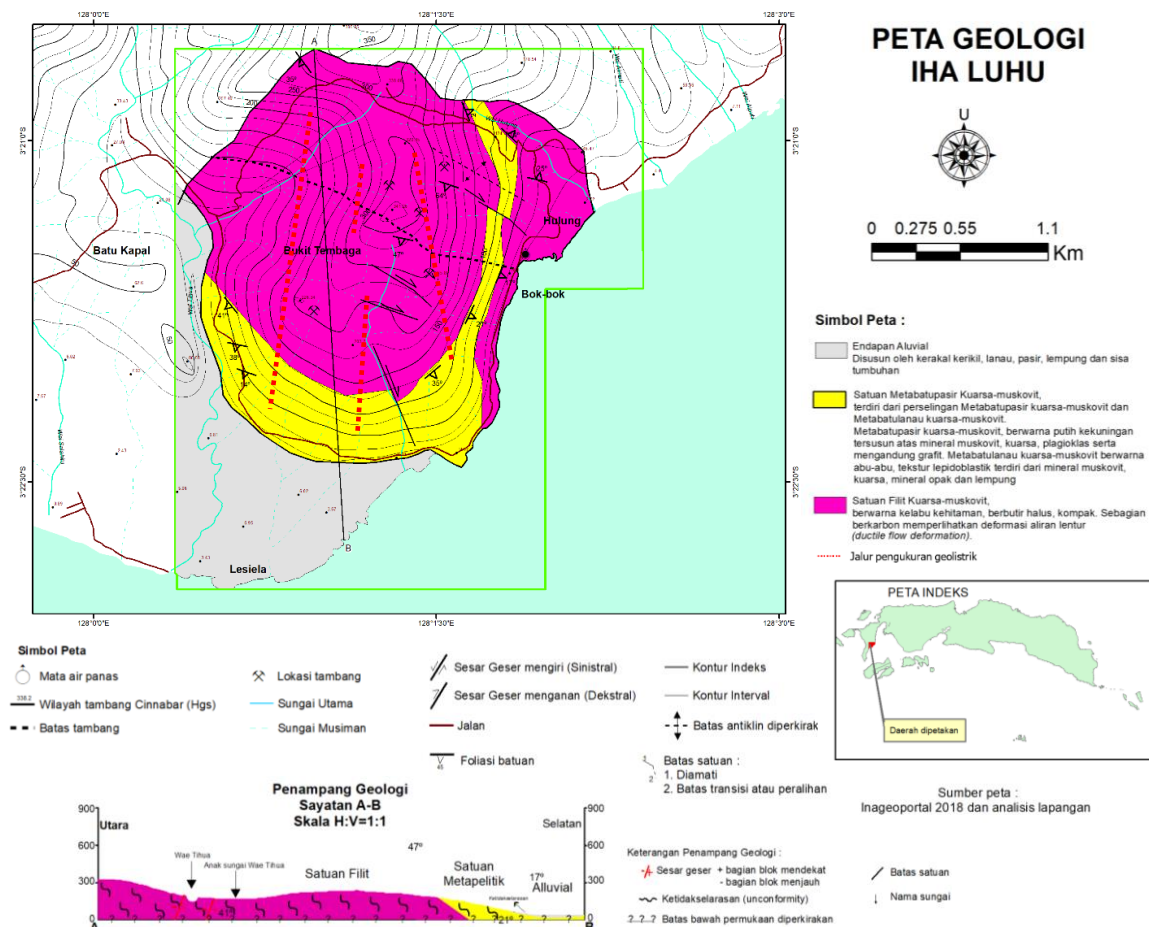
## GEOLOGI

Pulau Seram dan Busur Banda dikenal sebagai zona interaksi antara Lempeng Australia dan Lempeng Eurasia yang merupakan salah satu daerah yang paling menarik karena batas konvergen Busur Banda yang membentuk geometri berbentuk "U" (Patria dan Hall, 2018). Proses deformasi dan metamorfisme di Pulau Seram serta vulkanisme di Pulau Ambon masih sulit untuk dijelaskan dengan model subduksi yang sederhana (Patria dan Hall, 2018).

Stratigrafi Pulau Seram terdiri dari batuan metamorf, sedimen serta batuan terobosan (Tjokrosapoetro dan Budhitrisona, 1982 ; Tjokrosapoetro dkk., 1993 ; Pownall dkk., 2017). Batuan tertua di Pulau Seram merupakan batuan Kompleks Taunusa dan Kompleks Tehoru yang berumur Perm hingga endapan Alluvial.



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian di Bukit Tembaga, Iha-Luhu, Kabupaten Seram Bagian Barat, Provinsi Maluku



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Iha-Luhu (Samalehu, 2021)

Selain itu, Kemp dan Mogg (1992) menguraikan secara rinci mengenai tatanan stratigrafi Pulau Seram yang dibagi menjadi batuan Seri Australia (*Australian Series*) dan batuan Seri Seram (*Seram Series*).

Morfologi Iha – Luhu terdiri dari perbukitan berlereng curam hingga landai menempati luas sekitar 9.67 km<sup>2</sup>. Penyebaran satuan ini pada bagian utara Bukit Tembaga dan wilayah perbukitan yang memanjang barat - timur dengan ketinggian elevasi rata-rata antara 50 s.d. 341 meter dan persentase kelerengan 30 s.d. 40 %. Litologi penyusunnya yaitu filit dan perselingan batuan metapelitik.

Satuan pedataran rendah memanjang timur - barat yang umumnya merupakan morfologi pedataran pantai. Persentase kelerengan berkisar 0% s.d. 2% dan meliputi daerah Bok-bok, Iha, Batukapal dan Dusun Hulung serta meliputi sungai - sungai utama yaitu Wae Aeputi, Wai Hulung, Wae Airmati, Wae Samhitu dan Wae Tihua (Samalehu, 2021).

Tatanan stratigrafi Iha - Luhu dibagi menjadi satuan Filit kuarsa – muskovit, satuan Meta-batupasir kuarsa-muskovit serta satuan endapan alluvial (Gambar 2).

Filit kuarsa – muskovit berwarna putih kelabu kehitaman, berbutir halus tersusun atas plagioklas, kuarsa, serisit, muskovit, opak, tekstur kristaloblastik - lepidoblastik serta di beberapa tempat bersisipan dengan urat kuarsa. Di Dusun Hulung, perselingan filit kuarsa – muskovit dan Meta-batupasir kuarsa – muskovit memperlihatkan deformasi aliran lentur (*soft - ductile flow deformation*).

Satuan Metabatupasir kuarsa – muskovit disusun oleh batuan pelitik yang termetamorfisme tingkat rendah dan tersusun atas perselingan Meta-batupasir kuarsa – muskovit dan Meta-batulanau kuarsa – muskovit. Satuan ini menyebar relatif barat laut – tenggara dan umumnya tersingkap baik disepanjang punggung

Bukit Tembaga dan bagian selatan daerah Iha – Luhu.

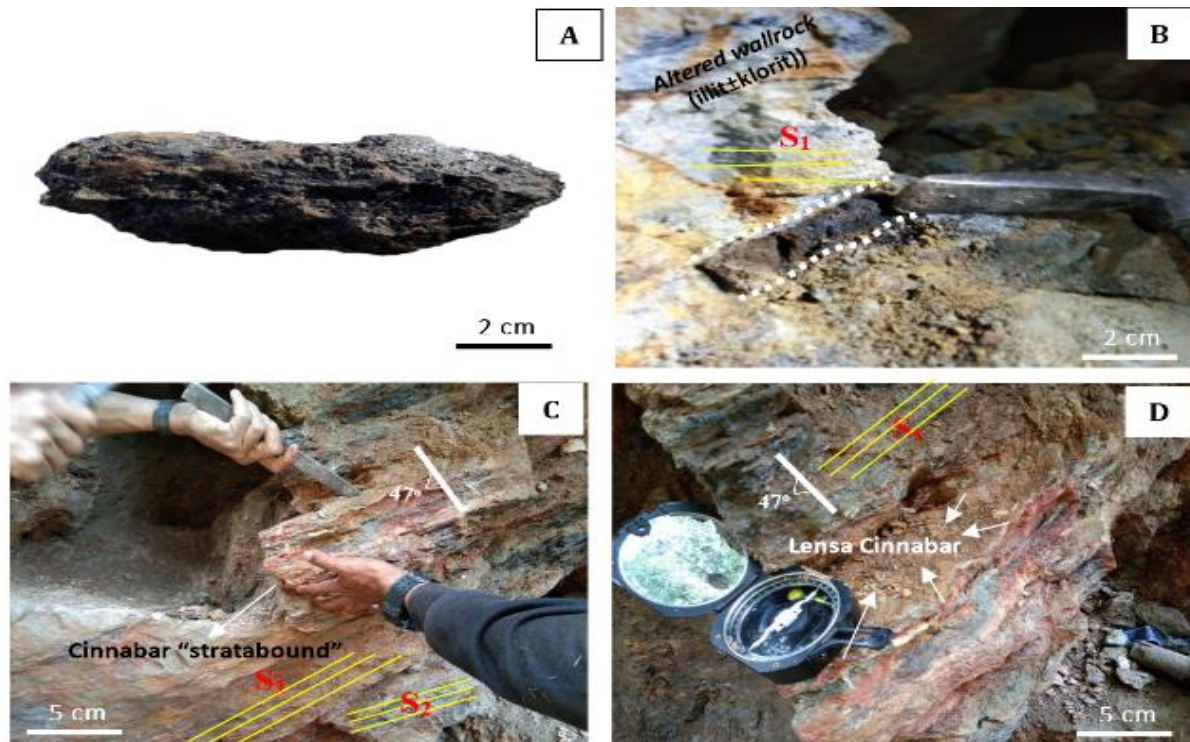
Meta-batupasir kuarsa - muskovit memperlihatkan warna putih kekuningan, berlapis dengan jurus perlapisan (*strike*) berarah timur laut – barat daya dan kemiringan 17 s.d. 41 derajat, ukuran butir pasir halus, tekstur kristaloblastik-lepidoblastik dan terdiri dari komposisi mineral muskovit, kuarsa, lempung dan grafit. Sedangkan ciri fisik lanau malihan berwarna segar abu – abu kehitaman dan coklat kemerahan pada kondisi lapuk, ukuran butir sangat halus (*silt*), tekstur kristaloblastik-lepidoblastik serta tersusun atas komposisi mineral muskovit, kuarsa, dan lempung.

Endapan alluvial merupakan material sedimen dengan ukuran lempung hingga kerakal serta mengandung material sinabar. Warna endapan berwarna abu - abu kecoklatan hingga kemerahan terutama disekitar Dusun Hulung. Karakteristik endapan alluvial bersifat *loose*, terpilah buruk dan lunak yang sebagian besar merupakan material rombakan dengan intensitas pelapukan tinggi serta berkembangnya alterasi argilik.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL

Di wilayah Iha-Luhu, mineralisasi sinabar dominan terbentuk dalam urat (*fracture-related mineralization*) dan diseminasi (*disseminated*) dalam *host* batuan metapelitik dan filit kuarsa-muskovit yang dikontrol oleh sesar - sesar berarah utara barat laut - selatan tenggara dan timur laut - barat daya yang terbentuk selama fase orogenesis Miosen Tengah – Pliosen. Mineralisasi terdiri dari sinabar ( $\pm$ metasinabar), arsenopirit, stibnit, sfalerit, hematit, *minor* pirit  $\pm$  pirhotit dengan mineral *gangue* terdiri dari kuarsa, illit, smektit dan kaolinit. Bijih sinabar mengandung kelimpahan unsur Zn, Sb, Fe, As, kehadiran logam mulia Au dan kandungan merkuri (Hg) mencapai 72,4%.



**Gambar 3.** Mineralisasi di Bukit Tembaga, Iha – Luhu : **A.** Urat metasinabar dengan ketebalan 2 cm, kilap logam, terpetakan pada koordinat pit 128°01'48.7" BT dan 03°21'42.8" LS **B.** Urat metasinabar cenderung memotong foliasi (*cleavage plane*, S<sub>1</sub>) dengan ketebalan terukur 2 cm kedalaman 4,4 m pada koordinat *pit* 128°01'48.7" BT dan 03°21'42.8" LS **C.D.** Bijih sinabar terdiseminasi sejajar foliasi (S<sub>1</sub>) serta membentuk inklinasi terhadap bidang foliasi (S<sub>2</sub>) yang diselimuti (*coated*) oleh limonit, *replacement* pada filit kuarsa-muskovit dengan kedudukan 47°, N122°E difoto ke arah timur laut.

**Tabel 1.** Kadar bijih sinabar (Bulk) di wilayah Iha – Luhu menggunakan ICP – AES dan Fire Assay

Sampel ID	Hasil analisis unsur																
	Au ppm	Ag ppm	As %	Bi %	Ca %	Co %	Cu %	Fe %	Mg %	Mn %	Mo %	Ni %	p %	S %	Sb %	Zn %	Hg* %
CNB-LH.01 (urat)	<0,005	1	0,244	0,005	0,01	<0,001	0,003	8,33	0,01	<0,005	0,001	<0,001	0,01	8,76	0,274	0,314	58,94
CNB-LH.02 (urat)	<0,005	1	0,648	0,005	0,01	<0,001	0,001	8,40	<0,01	<0,005	0,001	<0,001	0,01	9,42	1,345	0,335	62,28
CNB-LH.03 (urat)	<0,005	1	0,275	0,005	0,01	0,001	0,002	3,47	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	11,75	0,513	0,360	71,71
CNB-LH.04 (urat)	0,011	1	0,154	<0,005	0,01	0,001	0,007	2,64	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	13,30	0,588	0,405	72,47
CNB-LH.05 (urat)	0,018	1	0,068	<0,005	0,01	0,001	0,003	1,23	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	14,15	0,146	0,374	54,99
CNB-LH.06 (urat)	0,020	2	0,103	<0,005	0,01	0,001	0,004	1,91	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	13,80	0,251	0,363	55,35
CNB-LH.07 (urat)	0,395	6	0,337	<0,005	0,01	0,001	0,006	8,89	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	0,01	11,65	0,063	0,371	62,17
CNB-IHA.01 (urat)	<0,005	1	0,268	0,005	0,01	<0,001	0,003	6,39	0,01	<0,005	0,001	<0,001	<0,01	9,41	1,895	0,209	60,13
CNB-IHA.02 (urat)	<0,005	1	0,197	0,005	0,01	<0,001	0,002	7,33	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	12	0,152	0,525	68,84
CNB-IHA.03 (urat)	0,124	1	0,269	<0,005	0,001	0,001	<0,001	4,24	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,01	11,40	0,244	0,381	69,53
CNB-IHA.04 (urat)	<0,005	1	0,406	0,005	0,01	<0,001	0,002	7,02	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	0,01	10,85	0,273	0,342	67,74
CNB-IHA.05 (urat)	0,010	1	0,147	<0,005	0,01	<0,001	0,001	7,53	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	12,20	0,049	0,567	60,13
CNB-IHA.06 (urat)	0,033	2	0,658	<0,005	0,01	0,001	0,001	8,45	<0,01	<0,005	0,002	0,001	0,01	11,15	1,035	0,450	68,84
CNB-IHA.10 (diseminated)	<0,001	1	0,246	<0,005	0,01	<0,001	0,001	5,56	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	0,01	<0,05	0,198	<0,002	0,13
CNB-IHA.11 (diseminated)	0,002	1	0,158	<0,005	0,01	<0,001	0,001	4,14	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	0,01	0,05	0,117	<0,002	0,16
RMT.01 (urat)	<0,005	1	0,443	0,005	0,01	<0,001	0,007	17,80	0,01	<0,005	0,001	0,001	<0,01	0,22	0,204	0,005	13,57
ARK-02 (urat)	0,026	4	0,130	<0,005	0,01	<0,001	0,001	2,85	<0,01	<0,005	<0,001	<0,001	<0,01	13,20	0,123	0,292	7,27

Ket : - \* Nilai Hg berdasarkan analisis XRF semikualitatif yang dilakukan di BATAN  
 - Kadar Cd < 0.001% sedangkan Pb dan Ti < 0.005%

Urut – urat sinabar di Bukit Tembaga berkembang dalam bentuk mineralisasi vein dan *stockwork* serta menipis ke kedalaman dangkal dengan ketebalan 3 s.d. 12 cm, urat metasinabar cenderung memotong foliasi (*cleavage plane*,  $S_1$ ) dengan ketebalan terukur 2 s.d. 5 cm (Gambar 3A-B), sedangkan biji *disseminated* membentuk endapan *stratabound* yang sejajar dengan foliasi batuan metamorf. Pada beberapa singkapan dipermukaan bijih sinabar *disseminated* mengisi foliasi filit kuarsa - muskovit dengan ketebalan  $\pm 2$  cm dan diselimuti (*coated*) oleh limonit, *replacement* pada batuan samping (*wall-rock*) dan menunjukkan zona oksidasi (Gambar 3C-D). Tabel 1. menunjukkan kadar bijih sinabar (*bulk*) di wilayah Iha – Luhu menggunakan ICP - AES dan Fire Assay.

## PEMBAHASAN

### Karakteristik urat mineralisasi dan tekstur bijih Iha – Luhu

Jenis urat yang ditemukan di wilayah Iha – Luhu merupakan urat sinabar /metasinabar dan urat kuarsa yang berasosiasi dengan alterasi argilik (Samalehu dkk., 2021). Urat kuarsa yang hadir pada batuan merupakan urat yang berasal dari aktivitas hidrotermal. Urat kuarsa yang merupakan mineral *gangue* endapan sinabar berbentuk masif, kristalin dan melensa. Urat yang dijumpai memiliki karakteristik berwarna cerah - *milky*, ketebalan 5 s.d. 20 cm, dan beberapa urat berukuran kecil yang menunjukkan arah orientasi yang cenderung sejajar (*concordant*) serta memotong (*discordant*) foliasi batuan metapelitik dan filit kuarsa-muskovit.

Berdasarkan pengukuran dilapangan, arah sebaran urat-urat sinabar menunjukkan penyebaran timur laut-baratdaya (umumnya  $N47^\circ E$ ,  $N50^\circ E$ ,  $N60^\circ E$ ), saling memotong (*cross-cutting*), *irreguler vein* (*stockwork*) dengan kemiringan 35 s.d. 40 derajat dan ketebalan urat 3 s.d. 12 cm. Secara umum, pelamparan zona

mineralisasi sinabar di Bukit Tembaga terbagi 4 zona mineralisasi dengan luas masing-masing 230 m, 500 m, 800 m dan 1 km. Luasnya mineralisasi di Bukit Tembaga seiring dengan intensitas alterasi yang terbentuk di daerah penelitian. Urat – urat sinabar yang dominan memotong foliasi batuan memiliki karakteristik berasosiasi dengan alterasi illit±klorit. Berdasarkan data penggalian bawah permukaan (*pit/shaft*), kedalaman bijih pada zona/kedalaman vertikal didominasi pada kedalaman 100 meter, 85 meter hingga kedalaman dangkal < 20 meter (Samalehu, 2021).

Arah urat menunjukkan bahwa pembentukan urat – urat sinabar yang tersebar secara luas di Bukit Tembaga memiliki keterkaitan dengan sesar – sesar dilokasi penelitian yang berarah utara barat laut - selatan tenggara dan utara timur laut - selatan barat daya.

Berdasarkan hasil analisis mikroskopis bijih, terdapat 3 tekstur bijih endapan sinabar yaitu *intergrowth*, pengisian rongga/retakan (*open space filling*) dan penggantian (*replacement*). Tekstur pengisian rongga/retakan terbentuk pada sfalerit yang mengisi retakan stibnit dan sinabar. Bentuk pengisian rongganya berbentuk acak dan menyelubungi sinabar. Tekstur *intergrowth*, terbentuk pada stibnit dengan batas kristal dengan sinabar serta tekstur *replacement* dimana sfalerit terlihat mengganti sinabar pada bagian tepi (*fringe*).

### Mineralisasi bijih Iha - Luhu (Bukit Tembaga)

Mineralisasi sinabar di wilayah Iha - Luhu yang berlokasi pada Bukit Tembaga terbentuk dominan pada urat dan *stockwork* serta *disseminated*. Mineralisasi *disseminated* pada endapan sinabar sejajar dan mengisi foliasi filit kuarsa-muskovit serta hadir mengisi porositas batuan metapelitik. Tubuh bijih sinabar yang terdiseminasi pada *host-rock* menunjukkan *replacement* dan fase transisi.

Veblil dan Zacharias (2013) menyatakan bahwa fase transisi pada mineralisasi sinabar terjadi karena kontak tubuh bijih sinabar dengan batuan *host* yang termineralisasi lemah. Lensa bijih *disseminated* berlapis, sejajar bidang foliasi dengan ketebalan mencapai < 45 cm dan tersingkap baik pada punggung Bukit Tembaga. Sebaran lensa bijih ini searah dengan *strike* filit kuarsa-muskovit 47°, N122°E yang terukur pada stasiun IHA-18 dan LH.10 (Gambar 3C-D). Pada fase mineralisasi, porositas dan permeabilitas dalam meta-batupasir kuarsa-muskovit serta foliasi pada filit kuarsa-muskovit yang terbentuk sejajar tubuh biji menentukan luasan endapan sinabar. Hal ini menunjukkan bahwa tubuh bijih urat, *stockwork* dan *disseminated* yang terbentuk sangat tergantung pada porositas dan permeabilitas batuan induk. Selain itu, endapan sinabar berskala besar dipengaruhi oleh luasan sebaran batuan tudung atau *seal* yang berasosiasi dengan lipatan (Rytuba, 1986 ; Rytuba dkk., 1988). Oleh sebab itu, zona antiklin dibagian timur bukit Tembaga diperkirakan memiliki ketebalan endapan *disseminated stratabound* yang intensif, tebal dan luas pada sayap lipatan.

Mineralisasi bijih sinabar di Bukit Tembaga Iha – Luhu berdasarkan analisis sayatan poles menunjukkan kehadiran mineral Sinabar (HgS), Stibnit ( $Sb_2S_3$ ), Sflerit (ZnS), Pirit ( $FeS_2$ ), Pirhotit ( $FeS_x$ ), dan mineral oksida limonit ( $FeO(OH).nH_2O$ ). Limonit sebagai mineral oksida dominan mengganti sulfida-Fe seperti pirit dan pirhotit atau unsur minor Fe pada sinabar.

Pada analisis mikrokopis biji belum ditemukan mineral arsenopirit dan emas namun mineral ini kemungkinan hadir dengan jumlah yang terbatas. Hal ini berdasarkan analisis kimia bijih sinabar (Tabel.1) dan data XRD menunjukkan kehadiran mineral tersebut. Hasil analisis mikroskopi bijih dan *elemental mapping* disajikan pada Gambar 4.

### Analisis kadar dan kimia bijih sinabar

Berdasarkan analisis data geokimia bijih Sinabar di Bukit Tembaga menunjukkan bahwa variasi kadar Hg mencapai 0,13% - 72,47% (Tabel.1) dengan asosiasi logam mulia emas (Au) dan perak (Ag) mencapai 0,395 ppm dan 6 ppm. Kadar logam mulia tertinggi terdapat pada sampel CNB-LH.07. Pengayaan logam mulia tidak diikuti dengan kenaikan kadar logam dasar dimana menunjukkan nilai yang cenderung rendah khususnya timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sedangkan kadar Seng (Zn) dapat mencapai 0,0525 % atau 525 ppm. Selain itu, kadar antimoni (Sb) dan beberapa unsur minor dalam sinabar juga mengalami peningkatan. Kadar antimoni (Sb) bervariasi dari 0,049 s.d. 1,895%, Fe mencapai 17.80%, As memiliki kadar tertinggi 0,658%, sedangkan belerang (S) bervariasi dari 0.22 s.d. 14.15%.

Pada bijih sinabar tipe urat menunjukkan pengayaan unsur merkuri (Hg) yang bervariasi mencapai 7,27% s.d. 72,74% sedangkan bijih sinabar tipe *disseminated* menunjukkan kadar merkuri (Hg) rendah berkisar 0,13 s.d. 0,16%. Kadar merkuri (Hg) yang rendah pada tipe *disseminated* disebabkan keberadaan endapan berada diatas permukaan yang dipengaruhi oleh proses pengayaan *supergen* atau pelapukan yang intensif. Selain itu, kedudukan muka air tanah yang dangkal memungkinkan merkuri (Hg) dapat kemudian larut dipermukaan tanah.

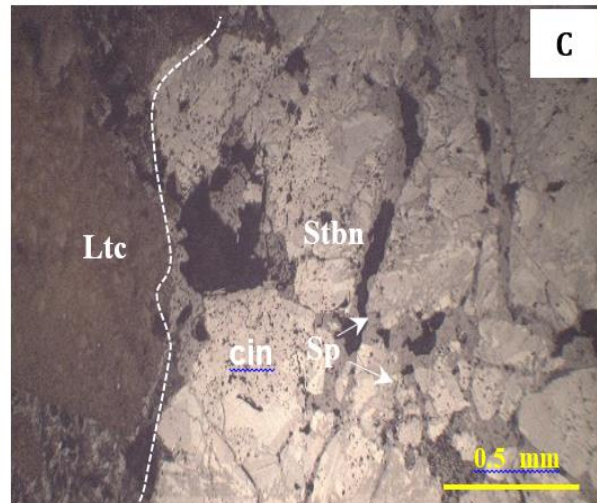
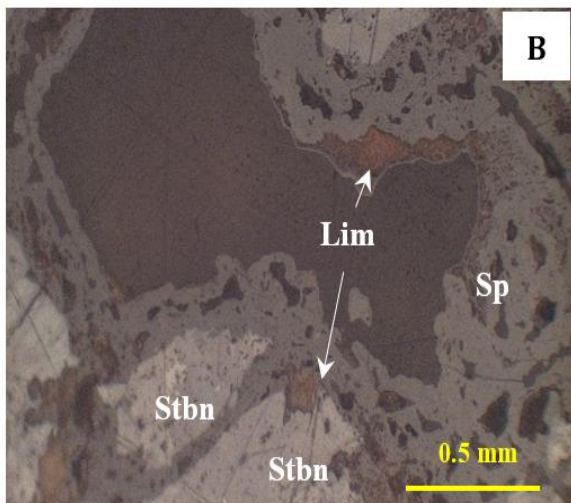
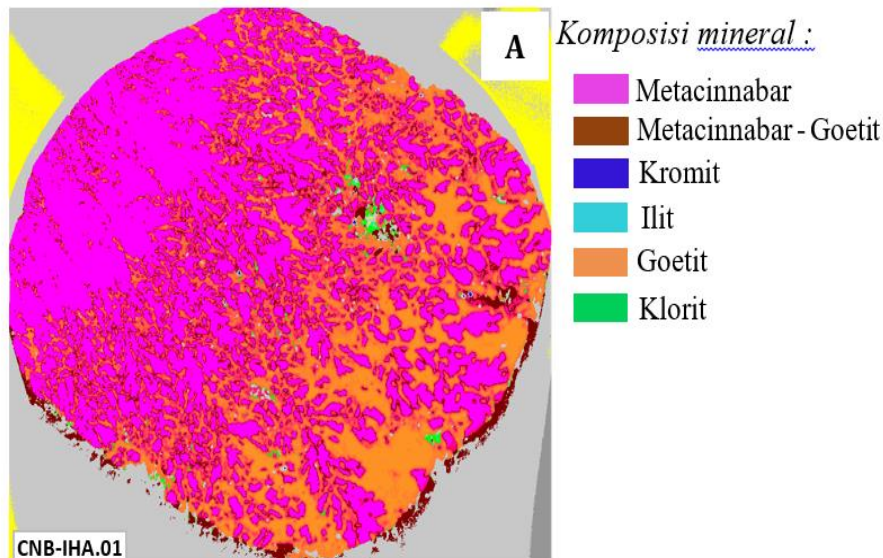
### Paragenesa

Berdasarkan analisis tekstur dan *elemental mapping* endapan biji sinabar maka tahapan paragenesa mineralisasi urat di Iha – Luhu dapat diinterpretasi dan disajikan pada Gambar 5. Tekstur pengisian rongga/retakan (*open space filling*) pada sflerit dan pirit yang mengisi retakan stibnit dan sinabar mengindikasikan sinabar dan stibnit terbentuk terlebih dahulu daripada sflerit

dan pirit. Tekstur *intergrowth* pada stibnit dan sinabar mengindikasikan paragenesa pembentukannya sama. Keberadaan pirit dan pirhotit menunjukkan *interlocking* sehingga paragenesa pirit dan pirhotit bersamaan. Paragenesa emas dan arsenopirit belum memiliki korelasi dengan sinabar, namun paragenesanya dianggap simultan dengan pembentukan bijih sfalerit. Tekstur *replacement* terhadap

pengayaan *supergen* terbentuk pada gutit yang menggantikan pirit serta kehadiran hematit, limonit dan gutit yang terbentuk pada fase akhir (zona *supergen*).

Selain itu, adanya mineral kromit yang terdeteksi dari *elemental mapping* diperkirakan karena adanya interaksi endapan ini dengan batuan ultramafik (JKU).



**Gambar 4.** Mikroskopi bijih di Bukit tembaga, Iha – Luhu. **A.** *Elemental mapping* sampel CNB-IHA.01 yang menunjukkan kehadiran mineral kromit yang berasosiasi dengan alterasi ilit±klorit di Iha – Luhu. **B.** Sfalerit yang hadir mengisi *fracture* dalam sinabar dan stibnit serta limonit hadir sebagai mineral oksida menggantikan sfalerit dan sinabar pada sampel CNB-IHA.06. **C.** Sfalerit mengisi *fracture* pada stibnit dan sinabar pada sampel CNB-LH.02. Sp = Sfalerit, Stbn = Stibnit, Cin = sinabar, Lim=limonit, Po = Pirhotit, Py = pirit, Ltc = *Lithick*.



Tahap paragenesis	Hipogen			Supergen
	<i>Fracture - related mineralization</i>		<i>Disseminated</i>	
	Bijih metacinnabar	Bijih cinnabar	Bijih cinnabar	
Mineral pengotor ( <i>Gangue</i> )	————— Qz ————— ————— Kln ————— ————— Ilt ————— ————— Sme ————— ..... Chl .....			
Mineral bijih ( <i>ore</i> )	..... Au ..... ————— Stbn ————— ..... Sp ..... ..... Py ..... ..... Apy ..... ..... Po ..... ..... Chr .....			————— Hem ————— ————— Lim ————— ————— Gth —————
Alterasi batuan samping ( <i>Wallrock alterations</i> )	————— Ilt±Chl ————— ————— Ilt±Kln±Sme ————— ————— Ilt±Kln —————			

————— Kelimpahan tinggi    ————— Kelimpahan sedang    ..... Kelimpahan rendah

Gambar 5. Tahap paragenesis mineralisasi urat di Iha – Luhu

**KESIMPULAN**

Karakteristik sinabar di Bukit Tembaga, Iha – Luhu terbentuk dalam 2 jenis urat (*fracture-related mineralization*) dan diseminasi (*disseminated*) dengan *host* batuan metapelitik dan filit kuarsa-muskovit. Secara umum keterdapatan sinabar dikontrol oleh sesar berarah utara barat laut - selatan tenggara dan timur laut - barat daya. Mineralisasi terdiri dari sinabar (±metasinabar), arsenopirit, stibnit, sfalerit, hematit, *minor* pirit±pirhotit. Bijih sinabar mengandung kelimpahan Zn, Sb, Fe, As, menunjukkan kehadiran logam mulia (Au) serta kandungan merkuri (Hg) mencapai 72,4%. Pada bijih sinabar tipe urat menunjukkan pengayaan unsur merkuri (Hg) yang bervariasi mencapai 7,27% s.d. 72,74% sedangkan bijih sinabar tipe *disseminated* menunjukkan kadar merkuri (Hg) rendah 0,13 s.d.

0,16%. Disarankan melakukan survey geolistrik tahanan jenis dimasa mendatang untuk menentukan aspek luasan endapan lebih detail.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Daerah Provinsi Maluku dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah membantu dalam pembiayaan penelitian ini. Tak lupa juga kami ucapkan terimakasih kepada Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta untuk penggunaan fasilitas Laboratorium. Selain itu, terimakasih atas dukungan Tim teknis Bidang Geologi pada Dinas ESDM Maluku, Pak Oki Verdiansyah dan Pak I Gede Sukadana yang telah membantu analisis dan kegiatan dilapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dini, A., Benvenuti, M., Lattanzi, P., Tanelli, G., 2001. Mercury deposits in metamorphic settings; the example of Levigliani and Ripa mines, Apuane alps (Tuscany, Italy). *Ore geology review*, 18, 149-167.
- Hernandez, A., Jebrek, M., Higuera, P., Oyarzun, R., Morata, D., Munha, J., 1999. The Almaden mercury mining district-Spain. *Miner Depos*, 34, 539-548
- Jebra, M., Hernandez, A., 1995. Tectonic deposition of mercury in the Almaden district, Las Cuevas deposit, Spain. *Miner Depos*, 30, 413-423.
- Kemp, G., Mogg, W., 1992. A re-appraisal of the geology, tectonics and prospectivity of Seram Island, Eastern Indonesia. *Proceedings of Indonesian Petroleum Association 21st Annual Convention*, 521-552
- Patria, A., Hall, R. 2018. Oblique Intraplate Convergence of the Seram Trough, Indonesia. *Bulletin of the Marine Geology*, 33, 41 – 58
- Pownall, J.M., Hall, R. and Watkinson, I.M. 2013. Extreme extension across Seram and Ambon, eastern Indonesia : evidence for Banda slab rollback. *Solid Earth*, 4: 277-314.
- Pownall, J.M., Forster, M.A., Hall, R., Watkinson I.M., 2017. Tectonometamorphic evolution of Seram and Ambon, eastern Indonesia: Insights from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology. *Gondwana research*, 44, 35-53
- Rytuba, J.J., 1986. Descriptive model of silica-carbonate Hg, in Cox, D.P., Singer, D.A., mineral deposit models. *U.S. geological survey bulletin* 1693, 181
- Rytuba, J.J., Rye, R.O., Hernandez, A.M., Deen, J.A., Arribas, A., Sr., 1988. Genesis of Almaden-type mercury deposits, Almaden-Spain. *28th International Geologic Congress abstracts with program*, 2-741
- Samalehu, H., 2021. Geologi, karakteristik dan mineralisasi hidrotermal batuan metamorf kompleks Tehoru dan Taunusa di Pulau Seram, Indonesia. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrosapoetro, S., Achdan, A., Suwitodirdjo, S., Rusmana, E., Abidin, H.Z., 1993. Pemetaan Geologi lembar Masohi skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tjokrosapoetro, S., Budhitrisna, T., 1982. Geology and tectonics of the northern Banda Arc. *Bulletin of the Indonesian Geological Research and Development Centre*, 6, 1-17.
- Velebil, D., Zacharias, J., 2013. Fluid inclusion study of the Horny Luby cinnabar deposit, saxothuringian Zone, Bohemian Massif : clues for the metamorphic remobilization of mercury. *Journal of geoscience*, 58, 283-298.

Diterima	: 17 Maret 2022
Direvisi	: 13 April 2022
Disetujui	: 31 Mei 2022