

**STUDI GEOKIMIA TANAH DAN HUBUNGANNYA DENGAN MINERALISASI LOGAM
DAERAH KETUNGAU HULU, KABUPATEN SINTANG, PROVINSI KALIMANTAN BARAT**

**STUDY OF SOIL GEOCHEMISTRY AND IT'S RELATIONSHIP WITH THE PRESENCE OF
METAL MINERALIZATION IN KETUNGAU HULU AREA, SINTANG REGENCY,
WEST KALIMANTAN PROVINCE**

**Nicolaus Bagus Krismantoro¹, Nurcahyo Indro Basuki¹, Hartaja Muhamad Hatta
Wicaksono², dan John Mauritz²**

¹Program Studi Sarjana Teknik Geologi, FITB-ITB

²Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

nicolausbagus98@gmail.com

ABSTRAK

Lokasi daerah penelitian berada di Dusun Aboi, Kecamatan Ketungau Hulu, Kabupaten Sintang, Provinsi Kalimantan Barat dengan luas daerah 18 km². Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil prospeksi emas yang lebih terperinci berupa deliniasi daerah prospek berdasarkan analisis geologi, geokimia, alterasi dan mineralisasi. Metoda penelitian yang dilakukan meliputi pengambilan sampel tanah dengan sistim *ridge and spur* dan sampel batuan serta analisa laboratorium yang terdiri dari geokimia, petrografi, XRD dan mineragrafi.

Geologi terdiri dari Satuan Batupasir *Greywacke*, Satuan Batupasir *Arenite*, dan Satuan Intrusi Diorit dengan struktur yang berkembang relatif berarah utara barat laut – selatan tenggara dan barat laut - tenggara. Alterasi yang berkembang berupa zona argilik dan zona propilitik. Mineralisasi ditemukan dalam urat kuarsa bertekstur *dogtooth*, *crustiform*, *colloform*, dan asikuler dengan arah orientasi relatif barat laut - tenggara dan utara timur laut – selatan barat daya yang ditandai oleh adanya mineral sulfida seperti, kalkopirit, pirit, sfalerit, kovelit dan *native Au* dengan kisaran kandungan emas 0,61 s.d 32,8 ppm. Dari sampel tanah menunjukkan anomali Au: *log* 1,90 ppb, Pb: *sqrt* 7,44 ppm, Zn: *log* 1,92 ppm, Cu: *log* 1,69 ppm, dan Mn: *log* 2,46 ppm. Anomali tersebut dikontrol oleh litologi, struktur, dan topografi. Dari analisis korelasi *Pearson* terdapat dua kelompok unsur yaitu Au dan Pb-Zn-Cu-Mn. Berdasarkan persebaran anomali dan keterdapatan mineralisasi dapat didelineasi kemungkinan empat daerah prospek yaitu prospek KU-1, KU-2, BE-1, dan BE-2.

Kata kunci: geokimia, statistik, Ketungau Hulu, mineralisasi, logam dasar, anomali

ABSTRACT

Ketungau Hulu is a gold prospect plan area in Sintang-Silantek Block on the island of Kalimantan which is a collaboration program between Indonesia (Geological Agency) and Malaysia (Jabatan Mineral and Geoscience). Administratively, the research area is located in Sintang Regency, West Kalimantan with an area of 18 km². This study aims to identify the geological conditions, structure, alteration, and mineralization of the study area as well as potential anomalies for metal elements (Au, Cu, Pb, Zn, and Mn) based on soil geochemistry data and its relationship with the presence of mineralization. The study was conducted using soil samples from 84 points in the ridge and spur areas. In addition to soil samples, 48 rock samples and one sample from pan concentrate were also obtained. Furthermore, all samples were analyzed for chemical, geochemistry, statistic, petrology, petrographic, and mineragraphy.

The research area consists of Greywacke Sandstone Unit, Arenite Sandstone Unit, and Diorite Intrusion Unit. Geological structure that developed in the area has relatively NNW-SSE and

NW-SE trends. The alteration zones present in the research area are argillic zone and propylitic zone. Mineralization is found in dogtooth, crustiform, colloform, and assicular textured quartz veins with relative orientation directions NW-SE and NNE-SSW that presence of ore minerals such as native Au, chalcopyrite, pyrite, sphalerite, covellite, and from base metal contents abundance in the rock samples. The results of soil sample analysis showed that the Au had an anomaly value of log 1.90 ppb, Pb of sqrt 7.44 ppm, Zn of log 1.92 ppm, Cu of log 1.69 ppm, and Mn of log 2.46 ppm. Base metal elements anomaly is controlled by lithology, structure, and topography. Analysis using Pearson's product on base metal elements states that there are two groups of elements i.e., Au and Pb-Zn-Cu-Mn. Based on the anomaly distribution of base metal elements in soil and the presence of mineralization, it can be interpreted that there are four prospect area i.e., KU-1, KU-2, BE-1, and BE-2 prospects.

Keywords: geochemistry, statistic, Ketungau Hulu, mineralization, base metal, anomaly

PENDAHULUAN

Penelitian ini berkaitan dengan program kegiatan prospeksi emas di daerah perbatasan dalam rangka kerja sama antara Indonesia (Badan Geologi) dengan Malaysia (*Jabatan Mineral and Geoscience*) pada Blok Sintang-Silantek di Pulau Kalimantan. Kegiatan prospeksi dilakukan untuk mengetahui kemenerusan zona mineralisasi dan prospek mineral logam di daerah perbatasan tersebut.

Hasil penelitian yang dilakukan pada tahun 2007 oleh Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) di daerah Kabupaten Sintang perbatasan dengan Malaysia menunjukkan adanya anomali geokimia unsur Au dari sampel sedimen sungai hingga lebih dari 12,30 ppb di daerah Sungai Merakai. Sedangkan di wilayah Sarawak, kehadiran anomali emas ditemukan pada daerah Gunung Merachi dan Bukit Demam dengan mineralisasi emas bertipe urat pada kelurusan barat laut-tenggara. Mineralisasi ini diperkirakan menerus hingga ke daerah Sungai Merakai.

Tujuan penelitian untuk mendapatkan hasil prospeksi emas yang lebih terperinci berupa delineasi daerah prospek berdasarkan analisis geologi, geokimia, alterasi dan mineralisasi. Lokasi daerah penelitian secara geografis terletak pada koordinat zona UTM 49 N dari 493598,104187 hingga 497616, 108688 (0°55'27.25"N - 0°59'20.14" N, 110°55'26.28"E - 110°59'30.29 "E) dengan luas area 18 km². Secara administratif, daerah penelitian

termasuk ke dalam wilayah Bukit Kumbo dan Bedawang, Dusun Aboi, Kecamatan Ketungau Hulu, Kabupaten Sintang, Provinsi Kalimantan Barat.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data sebanyak 48 sampel batuan dan 84 sampel tanah. Sampel batuan terubah dan termineralisasi diambil untuk analisis geokimia, petrografi, XRD dan mineragrafi. Sampel tanah yang diambil dengan sistem *ridge and spurs* dilakukan untuk analisis geokimia analisis geokimia unsur Au, Cu, Pb, Zn, dan Mn. Pada penelitian ini, hasil analisis geokimia sampel tanah tersebut dilakukan analisis univariat dan korelasi *Pearson*.

Analisis univariat dengan menggunakan metode statistik *Exploratory Data Analysis*, simpangan baku, dan kurva probabilitas. *Exploratory Data Analysis* (EDA) bertujuan untuk mendeteksi adanya kesalahan pada data, mengecek asumsi untuk dapat melakukan metode statistik, dan mulai menentukan model-model yang dapat digunakan dalam metode statistik (Seltman, 2018). Metode simpangan baku digunakan untuk membatasi nilai anomali dan latar belakang dengan mencari nilai rata-rata + 2 kali nilai standar deviasi pada kondisi data yang terdistribusi normal (Rose dkk., 1979). Metode kurva probabilitas digunakan untuk mencari nilai ambang dari titik belok. Nilai ambang dinyatakan dari nilai populasi latar belakang pada 2,5% frekuensi kumulatif

dengan kondisi data yang tidak normal (Sinclair, 1974).

Analisis korelasi Pearson digunakan untuk membagi unsur-unsur ke dalam kelompok asosiasi dengan melihat hubungan antar unsur secara spasial. Nilai korelasi *Pearson* dinyatakan dalam kisaran -1 (korelasi negatif) hingga +1 (korelasi positif). Korelasi yang bernilai positif menyatakan apabila suatu unsur mengalami peningkatan maka peningkatan juga terjadi pada unsur yang lain dan sebaliknya. Apabila nilai koefisien *Pearson* yang menunjukkan nilai nol diartikan bahwa kedua unsur tidak saling berhubungan.

Menurut Sidibe dan Yalcin (2019), korelasi unsur dikatakan kuat ketika nilai korelasi koefisien *Pearson* lebih dari 0,6 ($r > \pm 0,6$). Korelasi unsur dikatakan sedang ketika nilai korelasi koefisien *Pearson* berkisar 0,4 – 0,6 ($\pm 0,4 \leq r \leq \pm 0,6$). Sedangkan, korelasi unsur dikatakan rendah apabila nilai korelasi *Pearson* kurang dari 0,4 ($r < \pm 0,4$).

GEOLOGI REGIONAL

Stratigrafi regional mengacu kepada Peta Geologi Lembar Sintang (Heryanto dkk., 1993) yang telah didetailkan oleh Tim Inventarisasi Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG) pada tahun 2007. Secara lebih jelas, formasi - formasi dengan urutan dari yang berumur paling tua yaitu Formasi Kantu (Eosen Akhir), Batupasir Tutoop (Eosen Akhir – Oligosen Awal), Formasi Ketungau (Oligosen Akhir), Intrusi Sintang (Oligosen Akhir – Miosen Tengah), dan Endapan Aluvial terpecah-pecah (Holosen).

Secara regional, struktur yang berkembang berupa struktur sinklin besar dengan lebar mencapai 60 km yang berada di Cekungan Ketungau. Selain itu, sesar-sesar yang

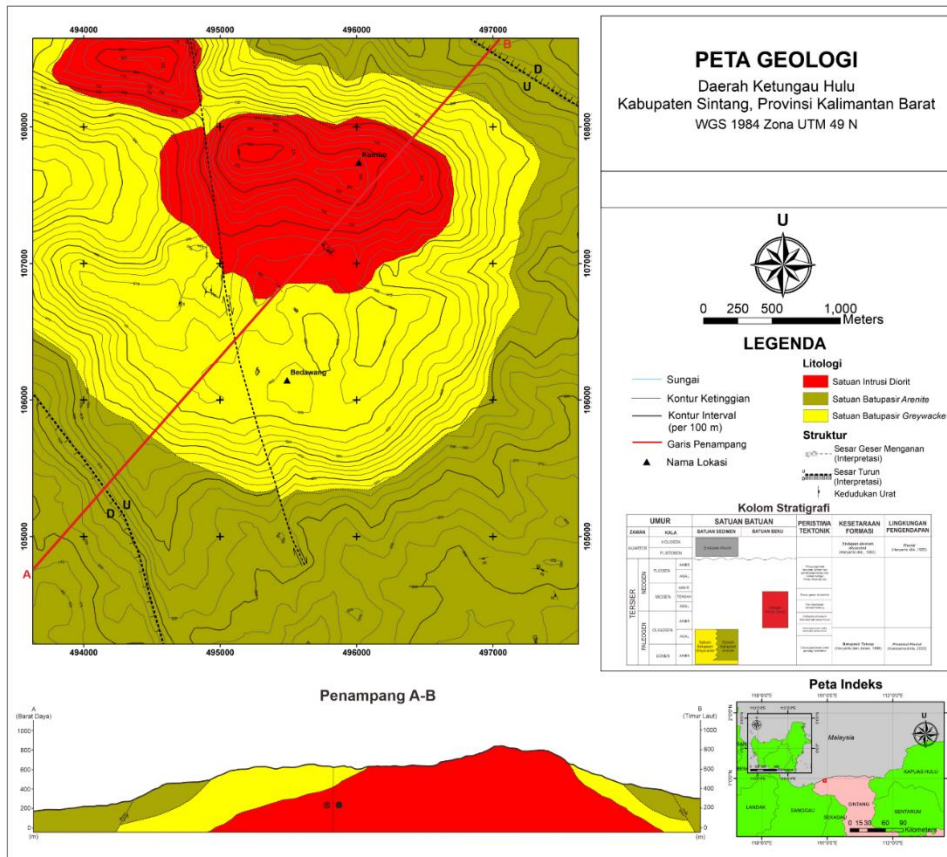
didominasi oleh sesar turun dengan tiga arah utama yaitu barat - barat laut, timur – timur laut, dan timur laut – barat daya. Bagian selatan cekungan dibatasi oleh sesar naik dari Tinggian Semitau arah relatif barat-timur sepanjang aliran Sungai Ketungau dan bagian utara juga dibatasi oleh sesar naik dari bancuh Lubok Antu (Darman dan Sidi, 2002). Kelurusan-kelurusan yang berarah timur - timur laut, timur laut – barat daya, dan setempat barat laut - tenggara hadir memotong satuan-satuan termuda seperti Intrusi Sintang. Kelurusan ini diduga muncul pada Oligosen Akhir (Heryanto dkk., 1993).

HASIL DAN ANALISIS

Geologi Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penelitian terdiri dari tiga satuan batuan yaitu Satuan Batupasir *Greywacke*, Satuan Batupasir *Arenite*, dan Satuan Intrusi Diorit (Gambar 1). Satuan pada stratigrafi daerah penelitian disesuaikan dengan stratigrafi regional daerah Sintang oleh Heryanto dkk. (1993) dan Heryanto dan Jones (1996) dengan rentang umur Eosen Akhir hingga Holosen.

Struktur geologi didapatkan dengan menggunakan analisis kelurusan gawir dengan menggunakan metode Harding (1973) yang terletak pada bagian timur laut, barat laut, dan tengah daerah penelitian. Tegasan utama berarah barat laut – tenggara (Hall dan Nichols, 2002) berdasarkan subduksi dan sabuk magmatik yang berada di Kalimantan dimana terjadi fase kompresional cenderung berarah ke timur laut – barat daya. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian adalah Sesar Turun Aboi dan Sesar Geser Menganan Bedawang.



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Ketungau Hulu Kabupaten Sintang, Provinsi Kalimantan Barat

Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal merupakan suatu proses yang kompleks melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi, dan tekstur yang disebabkan oleh interaksi fluida panas dengan batuan yang dilaluinya dalam kondisi evolusi fisio-kimia. Proses alterasi terjadi akibat pertukaran komposisi kimia antara cairan dengan batuan dinding atau biasa disebut metasomatisme (Pirajno, 2012). Interaksi antara fluida hidrotermal dengan batuan yang dilewatinya (batuan dinding) menyebabkan mineral primer akan berubah menjadi mineral sekunder akibat interaksi tersebut. Faktor yang mempengaruhi alterasi hidrotermal adalah karakter batuan dinding, karakter fluida (Eh dan pH), kondisi tekanan dan temperatur pada saat reaksi berlangsung, konsentrasi dan lama aktivitas hidrotermal

Zona Alterasi Kuarsa + Kaolinit ± Illit

Zona alterasi ini ditemukan pada kenampakan batuan teroksidasi sedang –

tinggi. Kehadiran alterasi ini dikontrol oleh keberadaan Sesar Geser Menganan Bedawang yang berarah utara - barat laut, dan urat yang berarah barat laut - tenggara dan utara - timur laut. Hasil perajahan temperatur mineral berdasarkan Morrison (1997), zona ini terbentuk pada kisaran suhu 140-260°C. Berdasarkan Corbett dan Leach (1998), zona ini termasuk kedalam Zona Argilik.

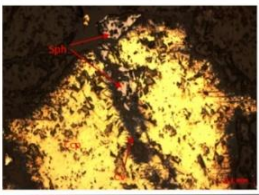
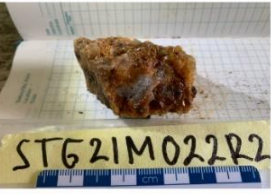
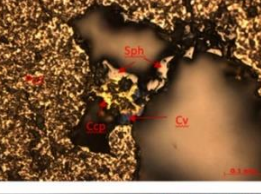

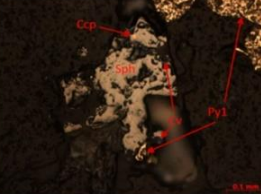
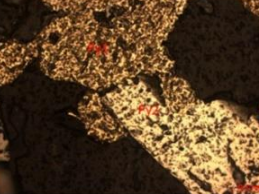

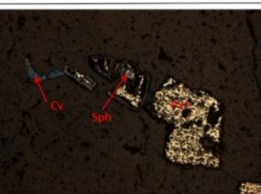



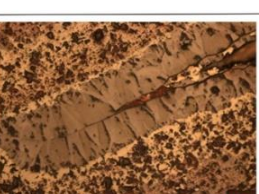
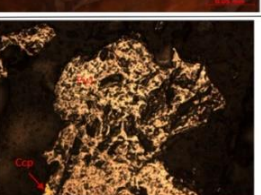
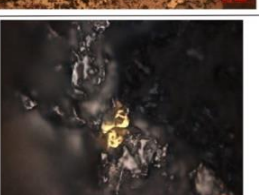
Zona Alterasi Klorit

Zona alterasi ini ditemukan pada pengamatan secara megaskopis sampel STG21M332R memperlihatkan warna kehijauan yang merupakan mineral klorit dan pengamatan mikroskopis pada sampel STG21M015R menunjukkan kehadiran mineral klorit. Hasil perajahan temperatur mineral berdasarkan Morrison (1997), zona ini terbentuk pada kisaran suhu 120-310°C. Berdasarkan Corbett dan Leach (1998), zona alterasi ini termasuk kedalam Zona Propilitik.

Mineralisasi Daerah Penelitian

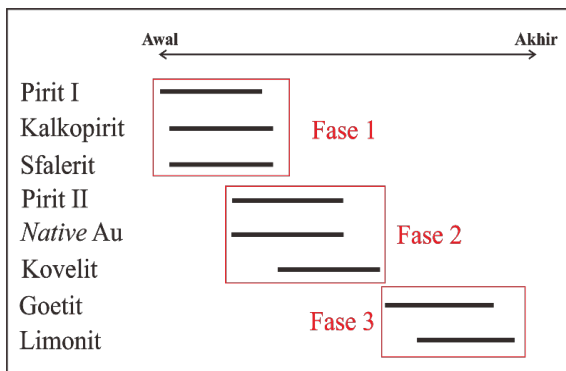
Mineralisasi emas ditemukan terdapat pada urat kuarsa, dan dari hasil pendulangan di sungai. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa mineralisasi terdapat pada urat kuarsa berorientasi barat laut - tenggara dan

utara – timur laut. Keseluruhan mineralisasi berada di zona alterasi kuarsa + kaolinit ± illit. Tekstur urat kuarsa yang dijumpai antara lain *crustiform*, *colloform*, *dogtooth*, dan asikuler dengan yang mengandung unsur Au, Cu, Pb, Zn, dan Mn (Gambar 2).

HS	Kadar Unsur	Mineragrafi	
	Cu : 4.200 ppm Pb : 168 ppm Zn : 104 ppm Mn : 11 ppm Au : 0,61 ppm		
	Cu : 60 ppm Pb : 167 ppm Zn : 48 ppm Mn : 39 ppm Au : 0,96 ppm		
	Cu : 441 ppm Pb : 1.820 ppm Zn : 282 ppm Mn : 18 ppm Au : 7,79 ppm		
	Cu : 579 ppm Pb : 2.890 ppm Zn : 229 ppm Mn : 18 ppm Au : 6,18 ppm		
	Cu : 642 ppm Pb : 2.680 ppm Zn : 63 ppm Mn : 1.840 ppm Au : 32,08 ppm		
	Cu : 175 ppm Pb : 249 ppm Zn : 25 ppm Mn : 26 ppm Au : 7,18 ppm		
	Cu : 1.300 ppm Pb : 883 ppm Zn : 4 ppm Mn : 61 ppm Au : 18,90 ppm		

Gambar 2. Kenampakan mineralisasi berupa urat dengan berbagai macam tekstur dan kehadiran mineral sulfida dan oksida besi

Paragenesa pembentukan mineralisasi disusun berdasarkan keterdapatannya mineral sulfida dan oksida besi, hubungan antar mineral, dan tekstur mineral (Gambar 3). Pembentukan mineralisasi terjadi dalam tiga fase pengayaan. Fase pertama berawal dari fluida hidrotermal yang mengalami *boiling* naik ke arah permukaan melalui zona permeabilitas berupa struktur. Fluida tersebut mengalami kontak dengan batuan sampling dan mengendapkan urat kuarsa serta mineral sulfida berupa pirit I, kalkopirit, dan sfalerit. Selanjutnya fase mineralisasi kedua hadir berupa pirit II yang menggantikan mineral pirit I dan emas mulai terbentuk pada fase ini. Karena oksidasi mineral kovelit kemudian terbentuk serta menggantikan kalkopirit dan sfalerit. Fase ketiga merupakan fase pengayaan supergen yang diperkirakan mineral bijih sulfida mengalami *leaching* akibat kontak dengan muka air tanah sehingga terjadi oksidasi berupa pelepasan unsur Fe^{+} menyebabkan terbentuknya mineral goetit dan limonit. Fase supergen ini juga menginisiasi pembentukan zona alterasi argilik (kuarsa+kaolinit±illit) di sekitar daerah struktur. Emas masih tetap terbentuk pada fase ini karena emas merupakan mineral yang resisten.



Gambar 3. Paragenesa pembentukan mineralisasi yang terbagi menjadi 3 fase

Geokimia Tanah

Pengambilan sampel tanah sebanyak 84 sampel dilakukan saat kegiatan lapangan berlangsung dengan menggunakan metode pengambilan pada area punggung dan lereng. Tanah diambil pada titik perencanaan dengan spasi sebesar 125 m dan kedalaman 35-50 cm.

Berdasarkan teori distribusi *Gaussian*, data yang terdistribusi normal memiliki nilai rata-rata (*mean*) plus atau minus dari 1, 2, atau 3 kali nilai standar deviasi (Seltman, 2018).

Selain itu data yang terdistribusi normal juga menunjukkan nilai *mean*, median, dan modus yang relatif sama. Nilai *skewness* menunjukkan ukuran asimetri dari data. Distribusi data akan semakin baik apabila nilai *skewness* nya mendekati nol. *EDA* dengan menggunakan grafik bertujuan untuk mengetahui pola distribusi data. Langkah ini dilakukan dengan membuat histogram dan *boxplot*. Histogram, seperti rangkuman statistik, akan menunjukkan *central tendency* data. Histogram juga akan menunjukkan *skewness* dan kurtosis dari data. *Box plot* juga dapat menunjukkan *central tendency* dari data. Namun, *box plot* mampu menunjukkan adanya *outlier* pada data.

Penelitian ini menggunakan data persebaran unsur logam dasar yaitu Au, Pb, Zn, Cu, dan Mn. Berdasarkan rangkuman statistik dan histogram, data menunjukkan kondisi tidak terdistribusi normal (Tabel 1) sehingga diperlukan transformasi data untuk memenuhi kriteria asumsi data normal. Transformasi yang digunakan adalah transformasi logaritma dan akar karena nilai *skewness* dari kelima unsur menunjukkan nilai yang positif. Hasil dari transformasi data menunjukkan unsur Pb, Zn, dan Mn sudah memenuhi distribusi normal dengan bentuk histogramnya yang sudah cenderung berbentuk lonceng atau *gaussian* sedangkan unsur Au dan Cu masih belum.

Nilai anomali unsur Au, Cu, Pb, Zn, dan Mn dalam tanah dinyatakan dalam Tabel 2. Anomali unsur Pb, Zn, dan Mn didapatkan menggunakan metode simpangan baku karena kondisi data pada ketiga unsur ini terdistribusi normal. Sedangkan, nilai anomali unsur Au dan Cu didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan metode kurva probabilitas karena kondisi data cenderung tidak terdistribusi normal.

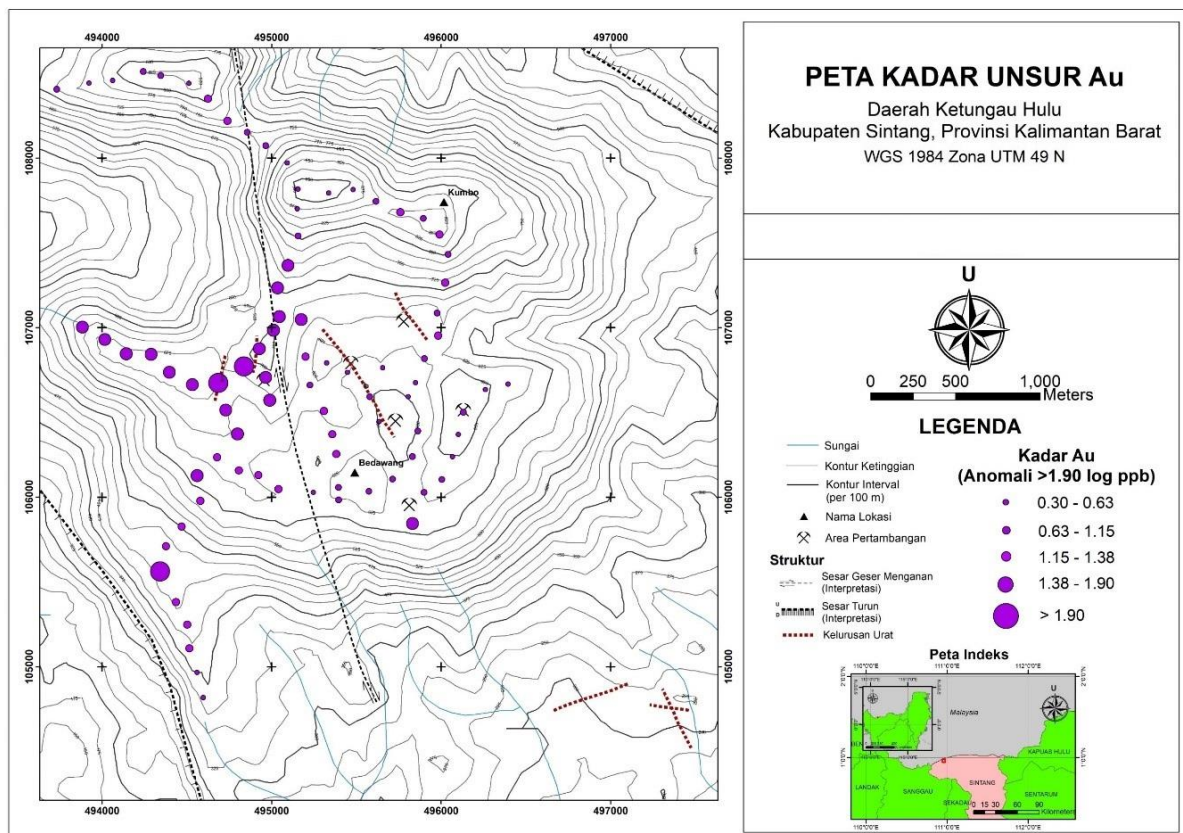
Tabel 1. Parameter asumsi statistik yang merupakan gabungan dari rangkuman statistik dan histogram sebelum dilakukan transformasi

Jenis Unsur	Parameter Asumsi Statistik						Jumlah Sampel	Kondisi Data
	Mean	Median	Modus	Standar Deviasi	Skewness	Histogram		
Au	18,88	14,00	2,00	20,87	2,66	Tidak Gaussian	84	Tidak Normal
Pb	26,74	26,50	32,00	12,83	1,83	Tidak Gaussian	84	Tidak Normal
Zn	25,36	20,00	11,00	21,27	2,66	Tidak Gaussian	84	Tidak Normal
Cu	17,83	13,00	12,00	15,13	1,84	Tidak Gaussian	84	Tidak Normal
Mn	63,49	36,00	13,00	101,25	4,83	Tidak Gaussian	84	Tidak Normal

Tabel 2. Parameter asumsi statistik yang merupakan gabungan dari rangkuman statistik dan histogram setelah dilakukan transformasi. Selain itu juga ditunjukkan nilai ambang dari kelima unsur

Jenis Unsur	Parameter Asumsi Statistik						Jumlah Sampel	Kondisi Data	Nilai Ambang (dalam ppm)	
	Mean	Median	Modus	Standar Deviasi	Skewness	Histogram			Mean + 2SD	Kurva Probabilitas
	<i>log Au</i>	1,05	1,15	0,30	0,46	-0,16			Tidak Gaussian	84
<i>sqrt Pb</i>	5,03	5,14	5,66	1,20	0,27	Gaussian	84	Normal	7,44	-
<i>log Zn</i>	1,29	1,30	1,04	0,32	-0,04	Gaussian	84	Normal	1,92	-
<i>log Cu</i>	1,12	1,11	1,08	0,33	-0,02	Tidak Gaussian	84	Tidak Normal	1,79	1,69
<i>log Mn</i>	1,54	1,55	1,11	0,46	0,15	Gaussian	84	Normal	2,46	-

*Unsur Au dalam ppb



Gambar 4. Peta sebaran kadar unsur Au dengan nilai anomali mencapai *log* 1,90 ppb

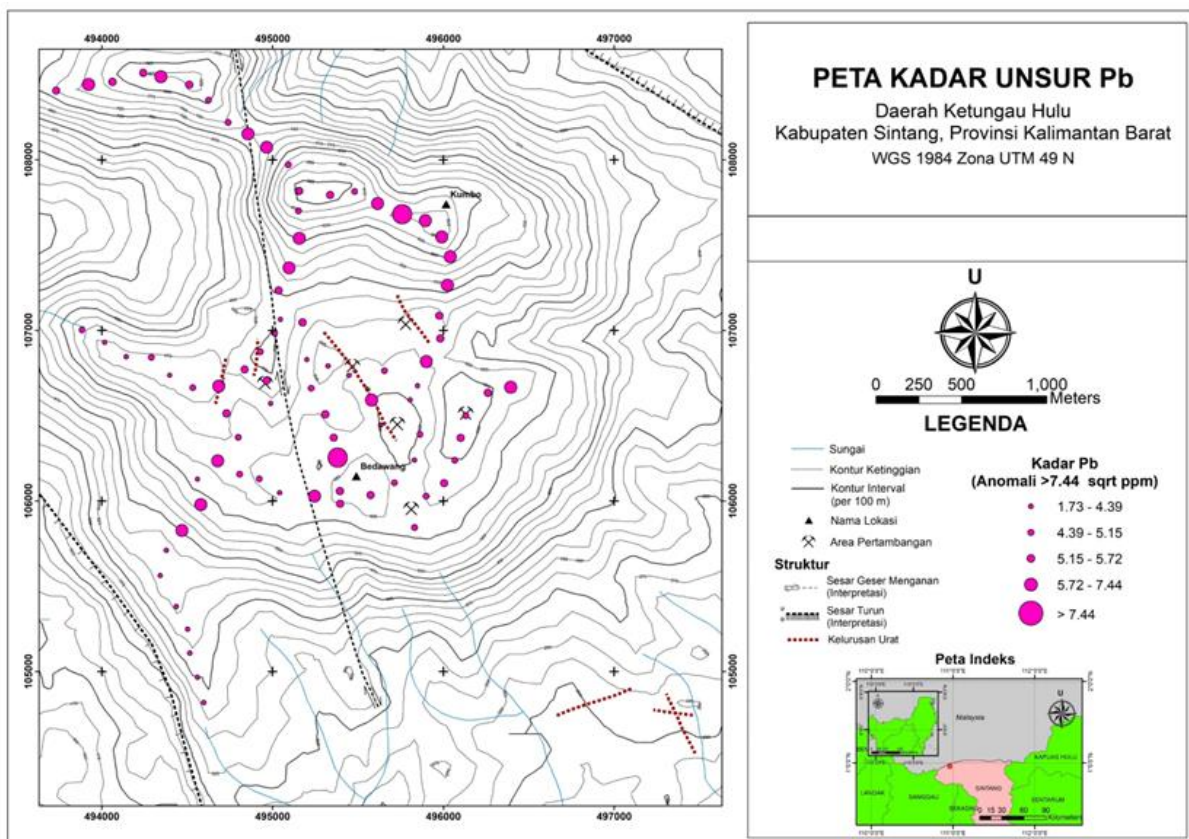
Unsur Au dalam tanah memiliki nilai kadar berkisar dari 2 hingga 109 ppb atau *log* 0,30 hingga *log* 2,04 ppb dengan nilai anomali mencapai *log* 1,90 ppb. Berdasarkan peta sebaran kadar unsur Au dalam tanah, anomali unsur terdapat pada bagian tengah dari Bukit Bedawang dan berjumlah tiga titik lokasi yaitu pada sampel STG21M047S, STG21M048S, dan STG21M121S (Gambar 4).

Unsur Pb dalam tanah memiliki nilai kadar berkisar dari 3 hingga 91 ppm atau *sqrt* 1,73 hingga *sqrt* 9,54 ppm dengan nilai anomali mencapai *sqrt* 7,44 ppm. Berdasarkan peta sebaran kadar unsur Pb dalam tanah, anomali unsur terdapat pada bagian tengah dari Bukit Bedawang dan juga pada Bukit Kumbo berjumlah dua titik lokasi yaitu pada sampel STG21M225S dan STG21M305S (Gambar 5).

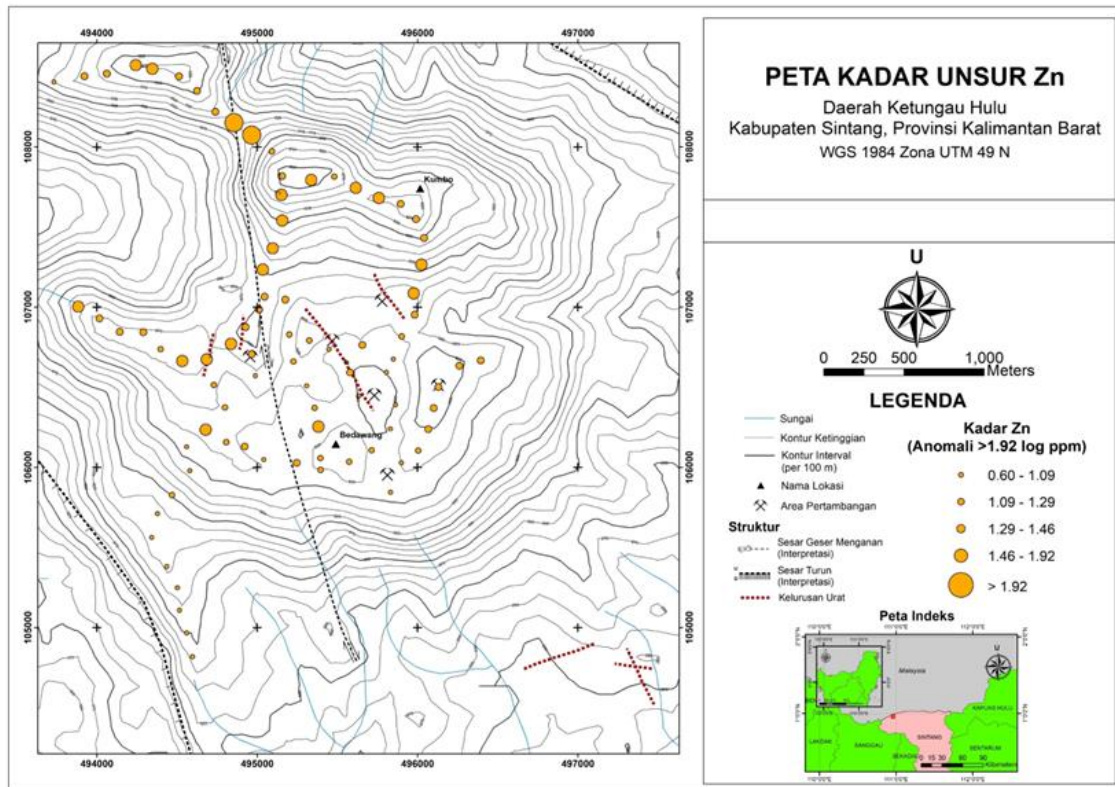
Unsur Zn dalam tanah memiliki nilai kadar berkisar dari 4 hingga 132 ppm atau *log* 0,60

hingga *log* 2,12 ppm dengan nilai anomali mencapai *log* 1,92 ppm. Berdasarkan peta sebaran kadar unsur Zn dalam tanah, anomali unsur terdapat pada utara daerah penelitian yaitu kaki Bukit Kumbo dan berjumlah dua titik lokasi berjumlah dua titik lokasi yaitu pada sampel STG21M0313S dan STG21M314S (Gambar 6).

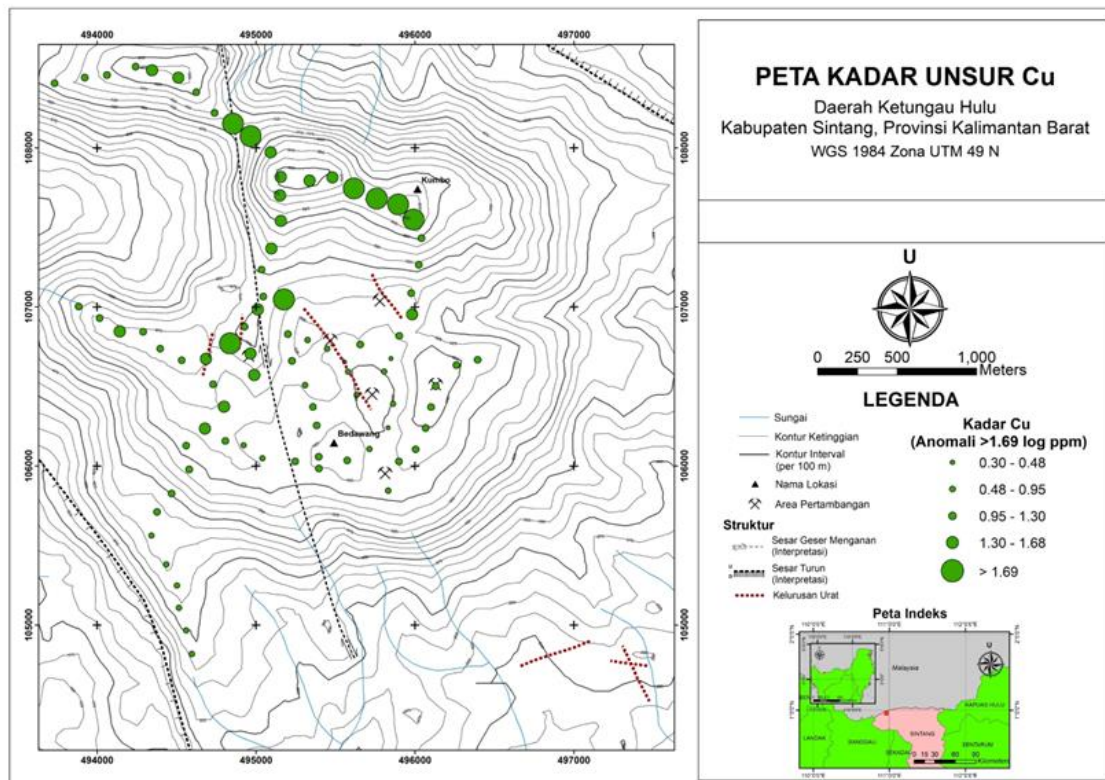
Unsur Cu dalam tanah memiliki nilai kadar berkisar dari 2 hingga 69 ppm atau *log* 0,30 hingga 1,84 ppm dengan nilai anomali *log* 1,69 ppm. Berdasarkan peta sebaran kadar unsur Cu dalam tanah, anomali unsur terdapat pada bagian puncak dan kaki Bukit Kumbo serta bagian tengah dari Bukit Bedawang dengan jumlah delapan titik lokasi yaitu pada sampel STG21M047S, STG21M055S, STG21M121S, STG21M304S, STG21M305S, STG21M306S, STG21M307S, STG21M313S, dan STG21M314S (Gambar 7).



Gambar 5. Peta sebaran kadar unsur Pb dengan nilai anomali mencapai *sqrt* 7,44 ppb



Gambar 6. Peta sebaran kadar unsur Zn dengan nilai anomali mencapai \log 1,92 ppm

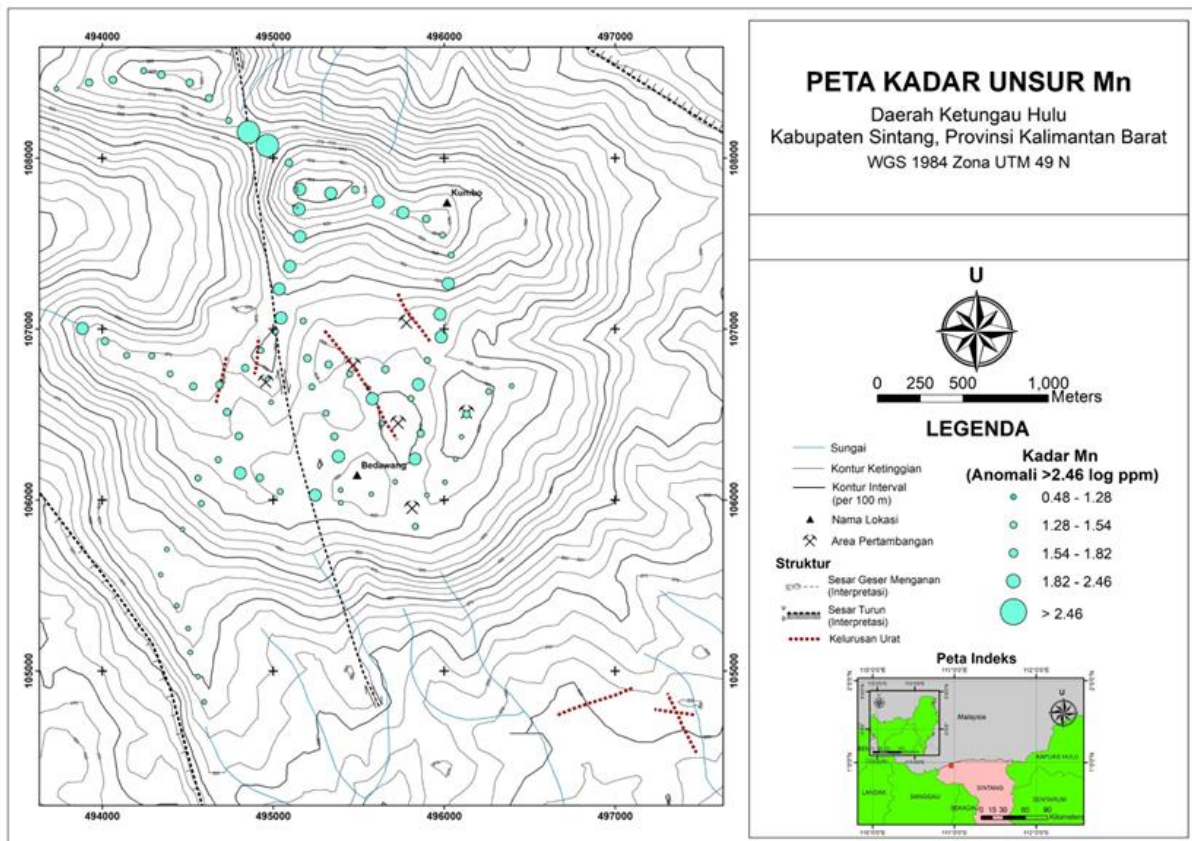


Gambar 7. Peta sebaran kadar unsur Cu dengan nilai anomali mencapai \log 1,69 ppm

Unsur Mn dalam tanah memiliki nilai kadar berkisar dari 3 hingga 765 ppm atau \log 0,48 hingga \log 2,89 ppm dengan nilai ambang \log 2,49 ppm. Berdasarkan peta sebaran kadar unsur Mn dalam tanah, anomali unsur terdapat pada utara daerah penelitian yaitu kaki Bukit Kumbo dan berjumlah dua titik lokasi yaitu pada sampel STG21M0313S dan STG21M314S (Gambar 8).

Hasil perhitungan korelasi *Pearson* terhadap unsur-unsur logam Au, Pb, Zn, Cu, dan Mn menunjukkan bahwa unsur Au memiliki korelasi unsur yang rendah

terhadap empat unsur yang lain ditunjukkan dengan nilai koefisien yang rendah (Tabel 3). Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh adanya pengayaan unsur Au pada fase mineralisasi ketiga dimana terjadinya peristiwa pengayaan supergen yang mengakibatkan terjadinya oksidasi. Mineral-mineral bijih yang kaya akan unsur Pb, Zn, Cu, dan Mn mengalami pelarutan dan membentuk mineral oksida besi. Sedangkan mineral emas (*native Au*) tidak mengalami pelarutan karena sifatnya yang resisten.



Gambar 8. Peta sebaran kadar unsur Mn dengan nilai anomali mencapai \log 2,46 ppm

Tabel 3. Hasil analisis korelasi *Pearson*

<i>Pearson</i>	\log Au	$\sqrt{\text{Pb}}$	\log Zn	\log Cu	\log Mn
\log Au	1				
$\sqrt{\text{Pb}}$	-0,04	1			
\log Zn	0,07	0,67	1		
\log Cu	0,17	0,65	0,65	1	
\log Mn	-0,04	0,77	0,77	0,40	1

Keterangan :

- Korelasi Kuat ($r > \pm 0.6$)
- Korelasi Sedang ($\pm 0.4 \leq r \leq \pm 0.6$)
- Korelasi Lemah ($r < \pm 0.4$)

PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan anomali unsur dikontrol oleh tiga faktor yaitu litologi, struktur, dan topografi. Faktor litologi yang merupakan faktor utama dimana keberadaan Satuan Intrusi Diorit diperkirakan merupakan batuan pembawa unsur-unsur logam sehingga terdapat pengayaan kadar pada sampel tanah yang terletak dibagian Intrusi Diorit dan sekitarnya.

Struktur geologi juga berperan sebagai faktor pengontrol keberadaan nilai anomali unsur dalam tanah. Keberadaan sesar merupakan jalur permeabilitas dimana fluida hidrotermal dapat naik ke permukaan dan mengendapkan unsur-unsur logam pada kondisi tertentu. Sesar Geser Menganan Bedawang merupakan pengontrol keberadaan anomali unsur ditunjukkan dengan cukup banyak anomali unsur disekitar sesar tersebut.

Faktor ketiga yang menyebabkan terjadinya nilai anomali unsur adalah kondisi topografi. Tanah merupakan produk hasil dari pelapukan batuan dimana pengayaan unsur yang ada pada titik sampel dapat terjadi akibat adanya dispersi geokimia. Dispersi geokimia merupakan proses menyeluruh tentang transpor dan atau fraksinasi unsur-unsur. Dispersi dapat terjadi secara mekanis (pergerakan pasir di sungai) dan kimiawi (disolusi, difusi dan pengendapan dalam larutan).

Nilai anomali unsur pada tanah hadir pada kemiringan lereng yang cenderung landai hingga curam (2-30%) berdasarkan pengamatan dengan peta hubungan anomali unsur dalam tanah terhadap kemiringan lereng. Dispersi geokimia akan *insitu* apabila berada di daerah dengan topografi yang cenderung datar. Unsur-unsur tersebut akan mengalami transportasi bila berada di daerah dengan kondisi topografi yang terlalu terjal. Selain itu, daerah penelitian merupakan daerah

dengan iklim tropis dimana tingkat pelapukan dan erosi sangat tinggi. Daerah dengan topografi terlalu curam dapat membuat intensitas erosi yang semakin tinggi sehingga menyebabkan anomali yang ada juga akan berpindah atau hilang.

Berdasarkan hasil penggabungan antara sebaran nilai anomali unsur logam dasar dalam tanah dengan lokasi keberadaan sampel batuan termineralisasi, maka dapat didelineasi kemungkinan daerah prospek. Terdapat empat daerah prospek yaitu daerah KU-1, KU-2, BE-1, dan BE-2 ditunjukkan pada peta anomali unsur dalam tanah dan kenampakan mineralisasi (Gambar 9).

Daerah prospek BE-1 terletak di bagian barat Bukit Bedawang yang merupakan prospek untuk unsur Au, Cu dan Pb dengan pengontrol berupa litologi dan topografi. Pengayaan unsur Au ditunjukkan oleh kadar Au yang tinggi pada sampel STG21M048R (18,90 ppm Au) dan STG21M038R (7,18 ppm Au). Pengayaan unsur Cu pada sampel STG21M048R (1300 ppm Cu) dan pengayaan unsur Pb pada sampel STG21M048R (883 ppm Pb). Pada daerah ini ditemukan mineral emas, goetit, limonit, kalkopirit, kovelit dan pirit.

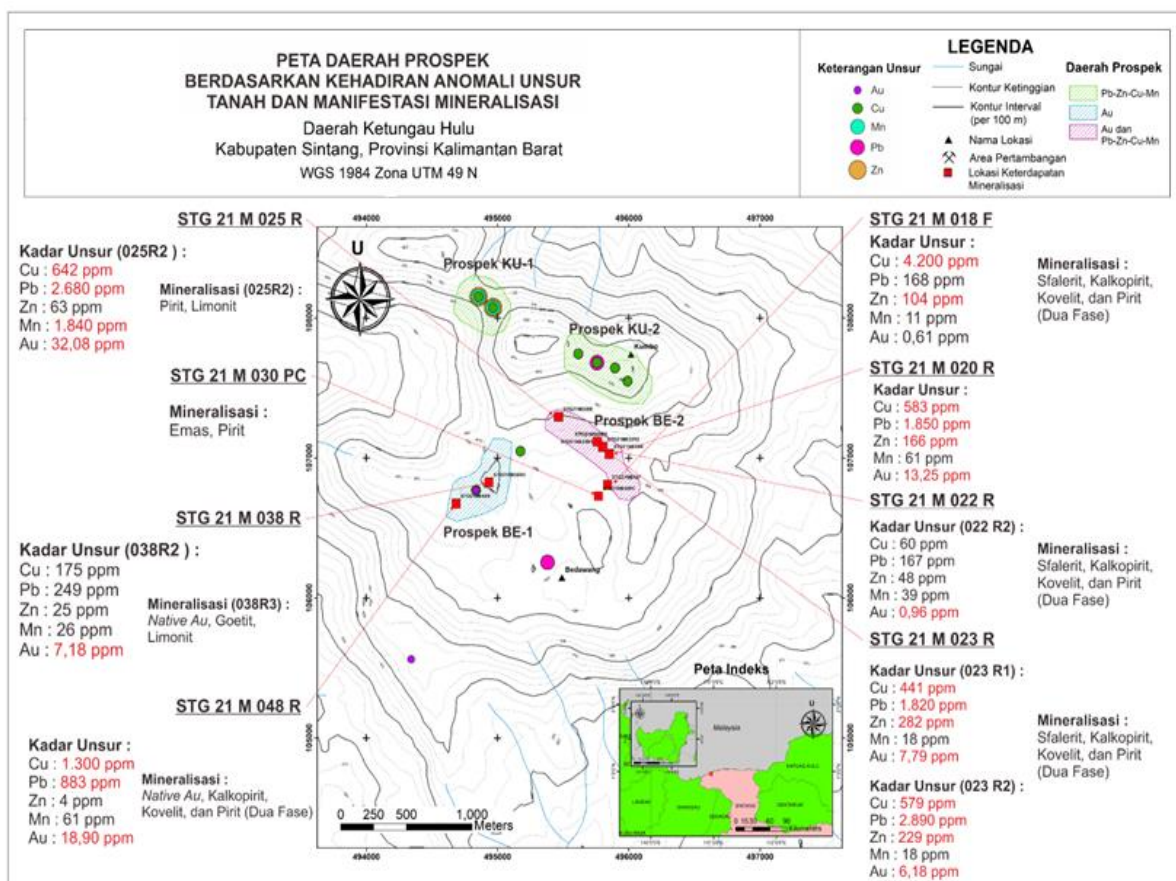
Daerah prospek BE-2 terletak dibagian tengah Bukit Bedawang namun letaknya lebih timur dari prospek BE-1. Daerah ini merupakan prospek untuk unsur Au dan Pb-Zn-Cu-Mn dengan pengontrol yang lebih dominan berupa litologi dan topografi. Pengayaan unsur Au ditunjukkan oleh kadar Au yang tinggi pada sampel STG21M020R (13,25 ppm Au), STG21M022R (0,96 ppm Au), STG21M023R1 (7,79 ppm Au), STG21M023R2 (6,18 ppm Au), dan STG21M025R (32,08 ppm Au). Pengayaan unsur Pb ditunjukkan dengan tingginya kadar Pb pada sampel STG21M020R (1.850 ppm Pb), STG21M023R1 (1820 ppm Pb), STG21M023R2 (2.890 ppm Pb), dan STG21M025R (2.680 ppm Pb). Pengayaan unsur Zn ditunjukkan pada sampel

STG21M018F (104 ppm Zn), STG21M020R (166 ppm Zn), STG21M023R1 (282 ppm Zn), dan STG21M023R2 (229 ppm Zn) serta keterdapatan mineral sfalerit. Pengayaan unsur Cu ditunjukkan dengan keterdapatan mineral kalkopirit dan kovelit pada sampel STG21M018F, STG21M022R, STG21M023R1, dan STG21M023R2. Selain itu, pengayaan Cu juga ditunjukkan dengan tingginya kadar Cu pada sampel STG21M018F, STG21M023R1, STG21M023R2, STG21M025R, dan STG21M048R. Pengayaan unsur Mn ditunjukkan dengan tingginya kadar Mn pada sampel STG21M025R mencapai 1.840 ppm.

Daerah prospek KU-1 terletak di kaki Bukit Kumbo yang merupakan prospek unsur Pb-

Zn-Cu-Mn dengan kontrol utama diperkirakan berupa topografi dan struktur. Prospek ini merupakan daerah yang diperkirakan memiliki mineralisasi namun di lapangan tidak ditemukan manifestasi mineralisasi. Pengayaan ditunjukkan dengan adanya titik anomali unsur Zn, Cu, dan Mn pada sampel tanah STG21M313S dan STG21M314S.

Prospek KU-2 yang terletak di puncak Bukit Kumbo yang merupakan prospek unsur Pb-Zn-Cu-Mn menunjukkan ada anomali unsur dengan pengontrol utama diperkirakan berupa topografi dan litologi. Pengayaan ditunjukkan dengan keberadaan titik anomali unsur Cu dan Pb pada sampel tanah STG21M305S.



KESIMPULAN

Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi tiga dari yang paling tua yaitu Satuan Batupasir *Greywacke*, Satuan Batupasir *Arenite*, dan Satuan Intrusi Diorit dengan struktur geologi yang berkembang berupa Sesar Turun Aboi dan Sesar Geser Menganan Bedawang.

Alterasi pada daerah penelitian terdiri atas dua zona yaitu zona alterasi kuarsa + kaolinit ± illit dan zona alterasi klorit dengan mineralisasi berupa urat kuarsa berarah barat laut - tenggara dan utara – timur laut yang terdapat hanya pada zona alterasi kuarsa+kaolinit±illit. Kenampakan Mineralisasi primer berupa mineral sulfide seperti pirit, kalkopirit, kovelit, sfalerit dan mineral oksida besi seperti goetit dan limonit. Hasil analisis univariat nilai anomali unsur logam dalam sampel tanah menunjukkan Au: *log* 1,90 ppb, Pb: *sqrt* 7,44 ppm, Zn: *log* 1,92 ppm, Cu: *log* 1,69 ppm, dan Mn: *log* 2,46 ppm. Keberadaan anomali ini dikontrol oleh litologi berupa Satuan Intrusi Diorit, struktur berupa Sesar Geser Menganan Bedawang, dan terletak pada topografi dengan kemiringan lereng yang landai hingga curam (2-30%). Hasil analisis menggunakan metode *Pearson* menunjukkan terdapat dua kelompok unsur yaitu Au dan Pb-Zn-Cu-Mn.

Terdapat empat daerah prospek yaitu daerah prospek KU-1 berupa asosiasi unsur Pb-Zn-Cu-Mn, prospek KU-2 yang merupakan prospek asosiasi unsur Pb-Zn-Cu-Mn, prospek BE-1 yang merupakan prospek unsur Au-Cu-Pb dan daerah prospek BE-2 berupa prospek asosiasi unsur Au-Pb-Zn-Cu-Mn.

DAFTAR PUSTAKA

Corbett, G.J. dan Leach, T.M., 1998. *Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization*. Society of Economic Geologists. 6, 240 h.

Darman, H. dan Sidi, F.H., 2000. *An outline of the geology of Indonesia*. Indonesian Association of Geologists, h.69-81.

Hall, R. and Nichols, G., 2002. *Cenozoic sedimentation and tectonics in Borneo: climatic influences on orogenesis*. Geological Society, London, Special Publications, 191(1), h. 5-22.

Harding, T. P., Wilcox, R. E., dan Seely, D. R., 1973. *Basic wrench tectonics*. Bulletin of Association of American Petroleum Geologist, 57(1), h.74-96.

Hartono, U., 2006. *Petrogenesis of The Sintang Intrusives and Its Implications for Mineralization In Northwest Kalimantan*. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, 16, h.210-219.

Heryanto, R., Harahap, B.H., Sanyoto, P., Williams, P.R., dan Pieters, P.E., 1993. *Peta Geologi Lembar Sintang Kalimantan Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.

Heryanto, R. dan Jones, B.G., 1996: *Tectonic development of Melawi and Ketungau Basins, Western Kalimantan, Indonesia*. Bull. Geol. Res. Dev. Centre, Bandung, 19, h.151–179.

Kingston Morrison Ltd., 1997. *Imporant hydrothermal minerals and their significance*. Geothermal and Mineral Services Division Kingston Morrison Limited, Australia, 7, h.76.

Pirajno, F., 2012. *Hydrothermal mineral deposits: principles and fundamental concepts for the exploration geologist*. Springer Science & Business Media, 692 h.

Rose, A. W., Hawkes, H. E., dan Webb, J. S., 1979. *Geochemistry in mineral exploration*. Academic Press, U.S.A., 657 h.

Sinclair, A. J., 1974. *Selection of threshold values in geochemical data using probability graphs*. Journal of Geochemical Exploration, 3(2), h.129-149.

Seltman, Howard J., 2018. *Experimental Design and Analysis*, Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

Tim Inventarisasi PSDG. 2007. *Inventarisasi dan Penyelidikan Mineral dan Batubara Daerah Perbatasan Sintang, Provinsi Kalimantan Barat – Malaysia*. Pusat Sumber Daya Geologi Bandung.

Van Zuidam, R., 1985. *Guide to geomorphic aerial photographyc interpretation and mapping*. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), The Hague, 325 h.

Diterima	: 20 Mei 2022
Direvisi	: 11 Juli 2022
Disetujui	: 31 Agustus 2022