

## POTENSI PENGAYAAN TIMAH PRIMER DAN SEKUNDER SERTA UNSUR TANAH JARANG DI DAERAH SIMPANG PESAK, KABUPATEN BELITUNG TIMUR

MUHAMMAD MARVIN FAUZAAN<sup>1</sup>, RYAN AJI FRANS JAYA<sup>2</sup>, YAN RIZAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No. 10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Email: marvinfauzaan@gmail.com

<sup>2</sup>PT Timah Tbk, Jl. Jenderal Sudirman 51, Pangkal Pinang, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia

**Sari** - Studi pengayaan timah primer dan sekunder serta unsur tanah jarang pada studi ini dilakukan di daerah Simpang Pesak, Kabupaten Belitung Timur yang terletak pada koordinat UTM 823865 – 827977 mE dan 9653722 – 9658725 mS. Studi ini dilakukan untuk menentukan daerah potensi kandungan timah primer dan sekunder serta unsur tanah jarang pada endapan plaser dan batuan induk granit. Analisis dilakukan atas data primer yang diambil langsung di lapangan, berupa sampel batuan dan sampel endapan plaser. Analisis sampel endapan plaser dilakukan pada tiga fraksi ukuran butir, yaitu fraksi #48 (297-354  $\mu\text{m}$ ), fraksi #100 (149  $\mu\text{m}$ ) dan fraksi -100 (<149  $\mu\text{m}$ ). Analisis geokimia dilakukan dengan *X-Ray Fluorescence (XRF) portable* pada sampel batuan dan konsentrat endapan plaser untuk mengetahui kadar timah dan unsur tanah jarang. Analisis statistik univariat dilakukan untuk menentukan batas nilai anomali kadar unsur. *Grain Counting Analysis (GCA)* dilakukan juga pada sampel konsentrat endapan plaser untuk mengetahui mineral-mineral yang terkandung pada endapan tersebut. Unsur tanah jarang yang ditemukan di daerah penelitian meliputi Yttrium, Cerium, dan Lanthanum. Kadar timah yang tinggi berada di bagian Selatan dan beberapa di bagian tengah daerah penelitian. Unsur tanah jarang dengan kadar tinggi tersebar di bagian tengah daerah penelitian. Anomali timah dan unsur tanah jarang terkayakan pada morfologi undak sungai dengan jenis plaser aluvial purba. Faktor yang mempengaruhi daerah anomali unsur tersebut yaitu batuan sumber, tingkat pelapukan, transportasi dan sedimentasi. Eksplorasi lebih lanjut direkomendasikan mulai dari bagian barat ke tenggara kemudian mengarah ke utara menuju perbukitan granit di daerah penelitian.

**Kata kunci:** Belitung timur, endapan plaser, timah, unsur tanah jarang, *Grain Counting Analysis, X-ray Fluorescence portable*

**Abstract** - Enrichment studies for primary and secondary tin and rare earth elements were carried out in the Simpang Pesak area, East Belitung Regency, which is located between UTM 823865–827977 mE and 9653722 - 9658725 mS. This study was conducted to determine potential areas for primary and secondary tin content and rare earths in plaser deposits and granite source rock. The analysis was carried out on primary field data of rock and plaser sediment samples. Plaser sediment analysis of three grain size fractions, namely fraction # 48 (297-354  $\mu\text{m}$ ), fraction # 100 (149  $\mu\text{m}$ ) and fraction -100 (<149  $\mu\text{m}$ ) was carried out. Geochemical analysis using portable X-Ray Fluorescence (XRF) on rock samples and plaser sediment concentrates to be carried out to calculate the amounts of lead and rare earth elements in the samples. Univariate statistical analysis was performed to determine the limit value of elemental anomalies. Grain Counting Analysis (GCA) was also carried out on plaser sediment samples to analyse the mineral content in these deposits. Rare earth elements found in the study area are Yttrium, Cerium, and Lanthanum. High levels of lead are found in the southern part and some in the middle part of the study area. High grade rare earth elements are well known in the central part of the study area. Tin and rare earth anomalies are enriched in the morphology of river steps with ancient alluvial plaser types. The factors that influence the anomaly area are formation processes, source rock, and morphology. Further exploration is recommended for the west and southeast of the study area, towards the north to the granite hills.

**Keywords:** East Belitung, placer deposit, tin, rare earth elements, *Grain Counting Analysis, X-ray Fluorescence portable*.

## 1. PENDAHULUAN

Pulau Bangka dan Pulau Belitung merupakan daerah yang dikenal sebagai penghasil timah terbesar di Indonesia. Selain itu, kedua daerah tersebut juga memiliki kandungan unsur tanah jarang yang melimpah. Daerah tersebut dilalui oleh Zona Sabuk Timah Asia Tenggara yang membentang sepanjang Indo Cina, Semenanjung Thailand, Malaysia, Kepulauan Riau, Kepulauan Bangka Belitung hingga Kalimantan Barat. Metode analisis seperti XRF dan GCA dapat digunakan untuk mengetahui konsentrasi timah dan unsur tanah jarang yang memiliki nilai ekonomis. Berdasarkan penelitian terdahulu, Pulau Belitung memang memiliki persebaran unsur timah dan tanah jarang yang tersebar hampir ke seluruh bagian pulau tersebut, termasuk daerah Simpang Pesak, Belitung Timur. Hingga saat ini, tambang-tambang timah yang

ada di daerah Simpang Pesak, memproduksi timah tanpa melewati penelitian yang mendalam mengenai proses pengayaannya pada endapan plaser. Hanya sedikit sumber literatur yang jelas dan dapat dijadikan sebagai bahan acuan untuk penelitian selanjutnya. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebaran dan potensi unsur Timah dan tanah jarang di daerah penelitian.

Secara administratif, lokasi penelitian terletak di Kecamatan Simpang Pesak dan Kecamatan Dendang, Kabupaten Belitung Timur. Tepatnya, pada koordinat UTM 823865 – 827977 mE dan 9653722 – 9658725 mS (**Gambar 1**). Daerah penelitian memiliki ukuran sekitar 2982,4 ha dan didominasi oleh daerah bukaan tambang dalam fase reklamasi dan sisanya berupa perkebunan kelapa sawit dan hutan.



**Gambar 1.** Lokasi daerah penelitian (ditandai dengan kotak berwarna merah) dan Wilayah IUP PT. Timah (ditandai dengan kotak berwarna kuning) (diambil dari Google Earth, 18 Januari 2020 09.10 WIB).

## 2. GEOLOGI REGIONAL DAERAH PENELITIAN

### 2.1 Geologi Regional Pulau Belitung

Pulau Belitung termasuk ke dalam jajaran pulau dalam *South-East Asian Granite Tin Belt* atau Jalur Timah Asia Tenggara yang terbentang sepanjang Indo Cina, Semenanjung Thailand, Malaysia, Kepulauan Riau, Kepulauan Bangka Belitung hingga Kalimantan Barat. Hal ini menjadikan Pulau Belitung sebagai daerah yang menyimpan potensi sumberdaya unsur timah yang melimpah.

Batuan dasar granitoid berumur Pra-Tersier tersingkap luas dari Pegunungan Barisan hingga Kepulauan Bangka Belitung (Barber dkk., 2005). Sabuk timah Asia Tenggara terbagi ke dalam tiga daerah luas, yaitu: *The Western Province*, *Main Range Province*, dan *Eastern Province* (Hutchison, 1973; Schwartz dkk., 1995; Hutchison dan Tan, 2009, dalam Ng dkk., 2017). *The Western Province* terdapat di sepanjang Semenanjung Thailand hingga Myanmar. Sedangkan, *Main Range Province* terdapat pada Semenanjung Malaya dan diperkirakan mengandung granitoid tipe

“S” berumur Trias Akhir, serta berasosiasi dengan endapan Sn-W. *The Eastern Province* dan *Main Range Province* terpisahkan oleh *Paleo-Tethyan suture zone*. *The Eastern Province* diperkirakan memiliki granitoid tipe “I” berumur Perm Awal hingga Trias Akhir dan berasosiasi dengan endapan Cu-Au. Walaupun begitu, batas perpanjangan dari *Bentong-Raub Suture Zone* hingga ke Kepulauan Riau dan Bangka-Belitung, masih belum jelas. Granit tipe “I” dan tipe “S” pada daerah Belitung, khususnya, tersingkap secara acak sehingga dimasukkan ke dalam *unclassified tin granite province* (Cobbing dkk., 1986).

Barber dkk. (2005) menyatakan bahwa bagian timur Pulau Sumatera, khususnya Kepulauan Riau hingga Pulau Bangka dan Belitung, terbentuk akibat tumbukan antara Blok Sibumasu dari Gondwana dengan Blok Indocina, sehingga terbentuk Zona Sutura Bentong Raub. Zona sutura ini memisahkan sebaran granitoid yang membentuk Pulau Bangka dan Belitung.

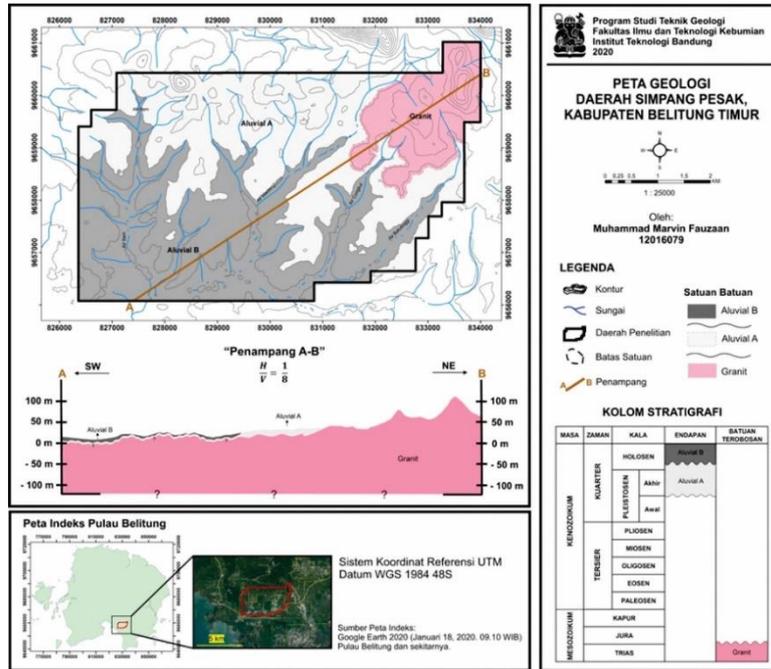
Metcalf (2011) memberikan gambaran mengenai model evolusi tektonik Dataran Sunda, termasuk Pulau Bangka dan Belitung. Evolusi ini diawali dengan proses penunjaman kerak samudera *Paleo-Tethys* pada Karbon Akhir–Permian Awal yang memisahkan Sibumasu dari Gondwana. Kemudian, pada Permian Akhir, subduksi *Paleo-Tethys* yang mencapai akhirnya, mengakibatkan runtuhnya cekungan belakang busur pada Blok Indocina. Peristiwa ini memunculkan adanya zona sutura cekungan belakang busur pada Blok Indocina. Proses subduksi ini terus berlanjut hingga pada akhirnya menimbulkan proses kolisi antara Blok Sibumasu dengan Indocina. Pada Trias Awal, kolisi yang terjadi antara Blok Sibumasu dengan Indocina, memunculkan batas Zona Sutura Bentong-Raub. Zona sutura ini diperkirakan memanjang dari Semenanjung Malaya hingga perairan Indonesia di bagian timur Pulau

Sumatera (Cobbing dkk., 1986). Pada Trias Tengah–Akhir, proses kolisi antara Blok Sibumasu dengan Blok Indocina, menimbulkan proses peleburan magma yang berbeda sumber, yang dikenal dengan *Main Range Granitoid* dan *Eastern Province Granitoid* pada Sabuk Timah Asia Tenggara (Sevastjanova dkk., 2011). Selanjutnya, akhir dari proses kolisi Sibumasu ke Indocina, ditandai dengan meleburnya magma dari kerak Sibumasu (Ko, 1986).

Menurut Baharuddin dan Sidarto (1995), Pulau Belitung tersusun oleh beberapa formasi dari tua ke muda yaitu: Formasi Kelapakampit (PCks), Formasi Tajam (PCTm), Formasi Siantu (PCsv), Granit Tanjungpandan (Trtg), Adamelit Baginda (Jma), Granodiorit Burungmandi (Kbg), Diorit Kuarsa Batubesi (Kbd), Pasir Berkarbon (Qpk), serta Endapan Aluvial dan Pantai (Qa).

## 2.2 Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan pemetaan geologi yang dilakukan, daerah penelitian yang terletak di Simpang Pesak, terdiri dari tiga satuan litologi, yaitu: Satuan Granit, Satuan Aluvial A dan Satuan Aluvial B (**Gambar 2**). Satuan Granit disetarakan dengan Formasi Granit Tanjungpandan. Baharuddin dan Sidarto (1995) menyatakan Granit Tanjungpandan termasuk dalam granitoid tipe “S”, yang mengandung mineral pembawa timah di dalamnya. Penelitian dilakukan pada endapan aluvial dan batuan granit yang tersingkap di sekitar sungai dan area tambang di daerah Simpang Pesak, Belitung Timur. Satuan Granit yang ditemukan di daerah penelitian diperkirakan berumur Trias, dan menjadi batuan dasar di daerah penelitian. Sedangkan, Satuan Aluvial A terbentuk lebih muda yang diperkirakan berumur Pleistosen Akhir hingga Holosen dan Satuan Aluvial B terbentuk pada Kala Holosen hingga sekarang.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian.

### 3. METODE PENELITIAN

Metoda yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pemetaan geologi dan pengambilan sampel untuk analisis laboratorium. Analisis laboratorium meliputi: Analisis kadar unsur pada sampel sedimen dan batuan dengan menggunakan alat *Portable XRF*. Analisis dan interpretasi data kadar unsur sampel sedimen dilakukan untuk mendeteksi keberadaan dan persentase unsur timah dan tanah jarang dalam satuan ppm. *Grain Counting Analysis (GCA)* untuk mengetahui persentase kandungan mineral yang ada pada sampel sedimen. Analisis ini dilakukan di Laboratorium Eksplorasi PT Timah (persero) Tbk. **Analisis petrografi** untuk mengetahui mineralogi dan tekstur yang terdapat pada batuan, serta mengidentifikasi nama batuan di daerah penelitian. Analisis petrografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop polarisasi di laboratorium petrografi ITB.

#### Penentuan Daerah Potensi Pengayaan

Dalam pengolahan data kadar unsur dengan metode statistik, dikenal analisis univariat sebagai bentuk pengolahan data dengan menganalisis masing-masing unsur secara terpisah. Analisis univariat bertujuan untuk mencari nilai anomali suatu unsur dengan

menggunakan metode simpangan baku. Dari metode simpangan baku akan diketahui nilai anomali kadar unsur yang dicari. Metode *kriging* juga dilakukan untuk menentukan daerah anomali kadar unsur yang menggambarkan daerah potensi pengayaan unsur tersebut.

Rose dkk. (1979) menjelaskan bahwa metode *kriging* ini bertujuan untuk mengetahui batas nilai anomali atau harga ambang, dan nilai latar belakangnya dengan memperhitungkan penjumlahan nilai rata-rata dengan dua kali nilai simpangan baku. Formula matematikanya adalah sebagai berikut:

$$\text{Harga ambang} = \bar{x} + 2 \times SD$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

dimana,

- SD = standar deviasi
- $\bar{x}$  = rata-rata populasi
- $x_i$  = data ke-*i*
- $n$  = jumlah seluruh data

Oliver dan Webster (2014) menggambarkan *kriging* sebagai metode yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai spasial secara optimal, tanpa bias, ketika data yang ada hanya menyatakan nilai pada titik-titik lokasi tertentu. *Kriging* memungkinkan estimasi nilai pada daerah yang tidak terdapat data dan menghasilkan interpolasi nilai tanpa bias. Dalam *kriging* dibutuhkan model variogram atau semivariogram (variansi yang digunakan untuk menentukan jarak antar data yang tidak berkorelasi satu dengan yang lainnya) yang tepat sesuai data yang ada.

### Penentuan Asosiasi Unsur

Analisis multivariat dikenal sebagai bentuk analisis data yang melibatkan lebih dari satu unsur. Analisis ini digunakan untuk mencari hubungan suatu unsur dengan unsur yang lainnya. Analisis multivariat yang digunakan yaitu metode korelasi Pearson. Metode ini bertujuan untuk menilai tingkat kekerabatan dari dua unsur atau lebih yang dinyatakan ke dalam koefisien Pearson (Ghazali dkk., 1986). Nilai koefisien berkisar dari -1 (korelasi negatif) hingga +1 (korelasi positif). Koefisien korelasi yang bernilai positif memiliki arti bahwa peningkatan nilai suatu unsur akan

diikuti pula oleh peningkatan nilai unsur lain, begitu pula sebaliknya (Ghazali dkk., 1986). Koefisien korelasi dengan kisaran nilai 0,5–0,7 menunjukkan sifat asosiasi sedang dan koefisien dengan nilai lebih dari 0,7 menunjukkan asosiasi yang bersifat kuat (Swan dan Sandilands, 1995).

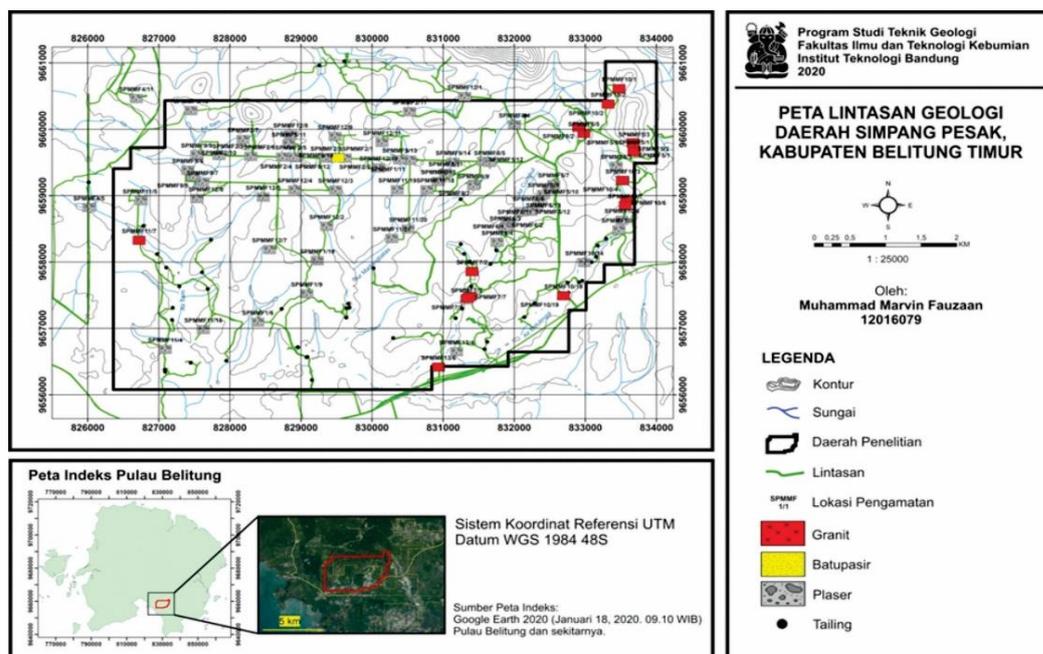
$$r_{x_i y_i} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}}$$

dimana,

- $r_{x_i y_i}$  = koefisien Pearson
- $x_i$  &  $y_i$  = unsur yang dikorelasikan
- $\bar{x}$  &  $\bar{y}$  = rata-rata masing-masing unsur
- $n$  = jumlah sampel dari masing-masing

### 4. DATA

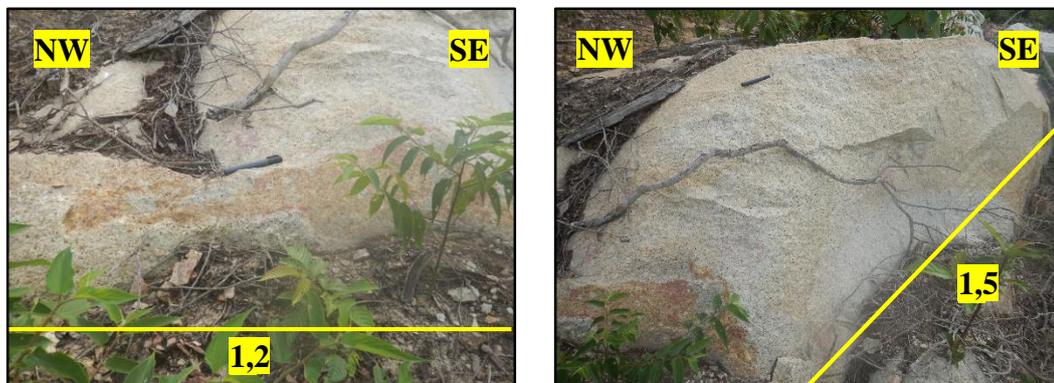
Pengambilan sampel mengikuti pola aliran sungai, mulai dari hulu hingga ke hilir. Sampel yang diambil berjumlah 75 sampel endapan plaser, 10 sampel lapukan granit, 5 sampel granit, dan 57 sampel *tailing* (Gambar 3).



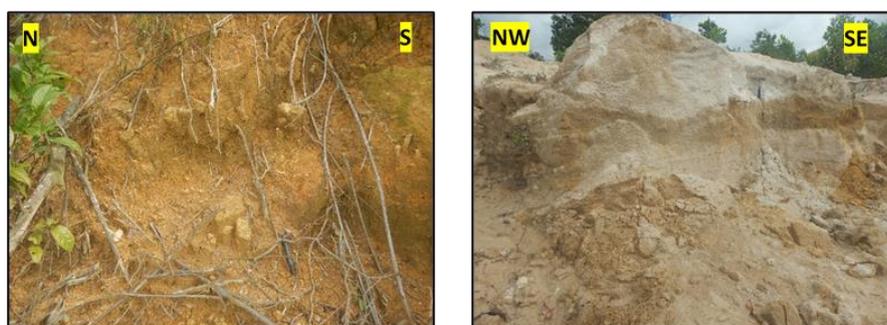
**Gambar 3.** Peta lintasan pemetaan geologi daerah penelitian.

Pada daerah penelitian ditemukan sampel batuan berupa granit, yang diperkirakan sebagai batuan dasar di daerah penelitian (**Gambar 4**). Selain itu, ditemukan juga sampel lapukan batuan granit yang memiliki dua kenampakan. Dapat dijumpai lapukan granit dengan warna merah dengan bintik putih, didominasi fragmen mineral kuarsa

berukuran kerikil–bongkah dan hasil lapukan berupa mineral lempung. Selain itu, dapat juga dijumpai lapukan granit dengan warna putih keabuan, didominasi fragmen mineral kuarsa berukuran kerikil–kerakal dan hasil lapukan berupa mineral lempung (**Gambar 5**).



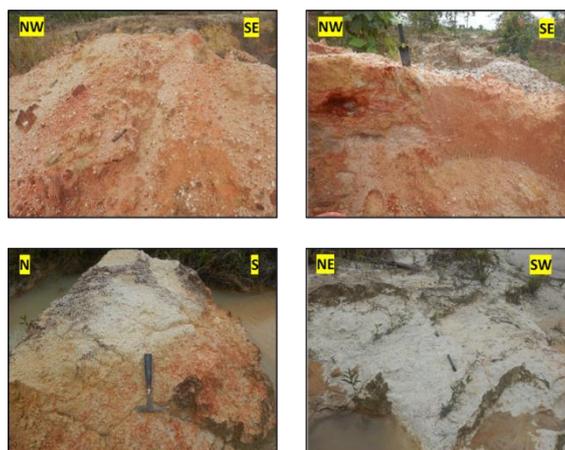
**Gambar 4.** Singkapan granit sebagai batuan dasar didaerah penelitian.



**Gambar 5.** Sampel sedimen (kiri) dan *tailing* (kanan) di daerah penelitian.

Sampel sedimen plaser dapat ditemukan hampir di seluruh daerah penelitian. Sampel sedimen plaser yang diambil merupakan

sampel plaser purba yang belum terpengaruh aktivitas manusia seperti tambang (**Gambar 6 atas**).

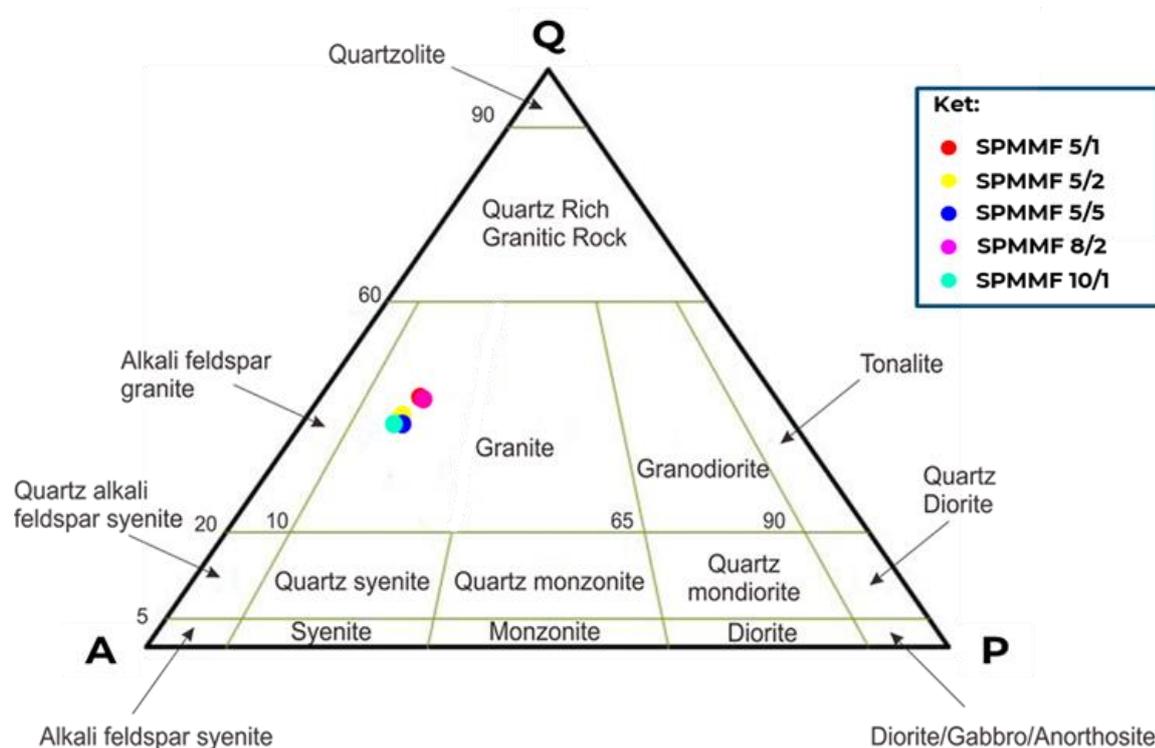


**Gambar 6.** Tailing hasil penambangan (atas) dan Singkapan granit lapuk (bawah).

Melalui pengamatan makroskopis, sampel plaser purba umumnya berwarna abu-abu, kuning-kecoklatan, dan coklat-kehitaman, serta memiliki sortasi baik dengan fragmen mineral kuarsa dan feldspar berukuran pasir halus-kerikil dan menyudut-membundar tanggung. Sampel *tailing* juga diambil di lapangan untuk menunjukkan adanya aktivitas tambang di daerah penelitian yang menyebar di bagian selatan daerah penelitian. Sampel *tailing* merupakan hasil penyucian tambang timah yang ada di daerah penelitian. Sampel *tailing* umumnya berwarna abu-abu-

kecoklatan, abu-abu kehitaman, dan kuning kecoklatan, serta memiliki sortasi buruk dengan fragmen mineral kuarsa, feldspar, batupasir dan granit, dengan ukuran pasir halus-bongkah, dan beberapa memiliki mineral lempung kehitaman.

Hasil analisis petrografi sayatan tipis dari kelima sampel batuan beku, yang kemudian dimasukkan dalam diagram QAP batuan beku plutonik Le Maitre (2002) menunjukkan bahwa kesemuanya merupakan batuan beku granit (**Gambar 7**).



**Gambar 7.** Diagram QAP batuan beku plutonik untuk penamaan batuan dasar di daerah penelitian. Q = kuarsa, A = alkasi felspar, P = plagioklas, SPMMF = kode sampel. Berdasarkan klasifikasi dari Le Maitre (2002).

Pengamatan ini juga menunjukkan kehadiran biotit dan ketidakhadiran mineral hornblenda. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ko (1986), batuan granit dengan kondisi tersebut termasuk granit tipe “S”. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Pitfield (1987) dalam Baharuddin dan Sidarto (1995) bahwa granit ini merupakan Granit Tanjungpandan yang termasuk granit tipe “S”.

### Stratigrafi

Berdasarkan pada urutan pembentukannya, satuan batuan tertua didaerah penelitian adalah satuan granit yang diperkirakan berumur Trias. Satuan granit ditutupi secara tidak selaras oleh satuan Aluvial A diperkirakan berumur Pleistosen Akhir hingga Holosen dan satuan batuan termuda adalah satuan Aluvial B yang berumur Resen. **(Gambar 8).**

Umur	Kesetaraan Formasi (Baharudin & Sidarto, 1995)	Satuan Batuan	Tebal	Simbol Litologi	Deskripsi	Lingkungan Pengendapan
Kuartar	Holosen	Endapan Aluvial dan Pantai	Aluvial B	?	Berupa endapan gosong pasir, yang terdiri dari material lepas fragmen batuan granit dan batupasir, berukuran pasir kasar hingga bongkah.	Sungai
	Pleistosen Akhir		Aluvial A	±1 - 15 m	Berupa endapan permukaan, yang terdiri dari material lepas fragmen batuan granit dan batupasir, berukuran kerikil hingga berangkal.	Sungai
Trias		Granit Tanjungpandan	Granit	?	Satuan batuan Granit merupakan batuan beku yang mengintrusi, tersusun dari batuan granit ber tekstur fanerik. Granit, abu-abu, fanerik, anhedral alotriomorfik - euhedral panidiomorfik granular, dengan mineralogi berupa kuarsa, feldspar, dan biotit, berukuran 5 mm - 7 cm.	-

**Gambar 8.** Kolom Stratigrafi daerah penelitian.

Satuan Aluvial A mengacu pada plaser purba yang diperkirakan berumur Pleistosen Akhir–Holosen, terbentuk dari proses erosi batuan

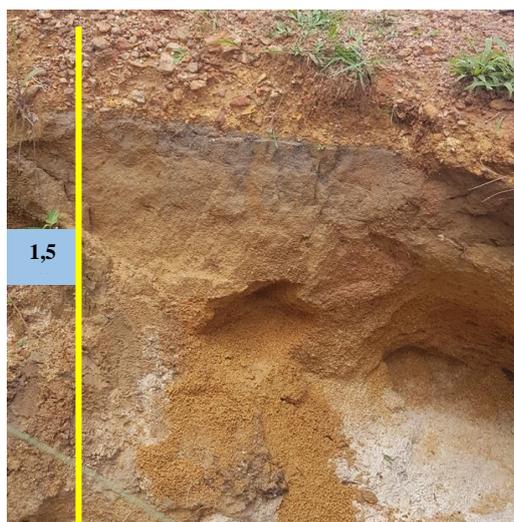
dasar granit dan terendapkan oleh sungai **(Gambar 9).**



**Gambar 9.** Singkapan plaser aktif yang berupa gosong pasir, sebagai satuan Aluvial B di daerah penelitian.

Sedangkan, satuan Aluvial B mengacu pada plaser aktif yang ditemukan di badan-badan sungai, berupa gosong pasir, aktif mengerosi satuan Aluvial A dan masih dalam proses pembentukan **(Gambar 10).** Adanya

perbedaan umur antara Aluvial A dan Aluvial B dikarenakan posisi geografis Aluvial A yang lebih tinggi dibandingkan dengan Aluvial B. Sehingga, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan fase umur pembentukan.



**Gambar 10.** Singkapan endapan plaser purba, sebagai satuan Aluvial A di daerah penelitian.

Endapan plaser yang dimaksud juga merupakan plaser purba, bukan plaser aktif. Penelitian dilakukan pada tiga kelas ukuran butir mineral yang ada pada endapan plaser, yaitu fraksi #48 (294–357  $\mu\text{m}$ ), fraksi #100 (149  $\mu\text{m}$ ), dan fraksi -100 (<149  $\mu\text{m}$ ). Pembagian fraksi ukuran butir dilakukan melalui proses granulometri pada endapan plaser purba hingga menghasilkan konsentrat sebagai hasil akhir.

GCA dilakukan dengan tujuan untuk menentukan mineral-mineral yang terkandung dalam sampel endapan plaser purba. Lebih jauh, analisis ini digunakan untuk memperkirakan mineral pembawa unsur timah dan tanah jarang yang ada di daerah

penelitian. Berdasarkan hasil GCA, dari 25 sampel konsentrat alluvial purba (**Tabel 1**) ditemukan beberapa mineral berat, seperti: kasiterit, ilmenit, turmalin, zirkon, dan oksida besi. Selain itu, dapat ditemukan juga mineral lain seperti mineral pirit dan kuarsa.

Mineral kasiterit ( $\text{SnO}_2$ ) diperkirakan sebagai mineral pembawa timah di daerah penelitian. Mineral kasiterit umumnya berwarna coklat kehitaman dan coklat kemerahan, serta banyak ditemukan dengan bentuk butir menyudut–menyudut tanggung hingga membundar tanggung. Hal ini menunjukkan bahwa endapan plaser purba yang ada di daerah penelitian belum mengalami transportasi yang terlalu jauh dari sumbernya.

**Tabel 1.** Mineral yang terkandung dalam 75 sampel konsentrat aluvial purba di daerah penelitian, sebagai hasil dari *Grain Counting Analysis* (GCA) (dalam % Berat Konsentrat).

Jenis Mineral	Fraksi Ukuran Butir	Max	Min	Rata-Rata Kandungan
<i>Cassiterite</i>	48#	4.56	0.41	0.26
	100#	2.27	0.62	0.10
	-100	1.97	0.33	0.01
<i>Pyrite</i>	48#	0.00	0.00	0.00
	100#	0.81	0.81	0.01
	-100	0.94	0.40	0.04
<i>Ilmenite</i>	48#	2.74	0.08	0.62
	100#	4.44	0.39	1.41
	-100	7.58	0.08	1.26
<i>Zircon</i>	48#	0.00	0.00	0.00
	100#	0.59	0.45	0.02
	-100	1.95	0.19	0.25

<i>Xenotime</i>	48#	0.00	0.00	0.00
	100#	0.00	0.00	0.00
	-100	1.53	1.53	0.02
<i>Limonite</i>	48#	1.06	0.76	0.02
	100#	1.91	0.36	0.03
	-100	0.35	0.35	0.01
<i>Tourmaline</i>	48#	0.95	0.03	0.12
	100#	1.09	0.24	0.34
	-100	4.10	0.03	0.45
Oksida besi	48#	0.68	0.08	0.05
	100#	2.24	0.39	0.14
	-100	1.27	0.12	0.04
<i>Quartz</i>	48#	57.71	5.62	34.71
	100#	87.81	19.53	40.13
	-100	34.37	1.80	19.58

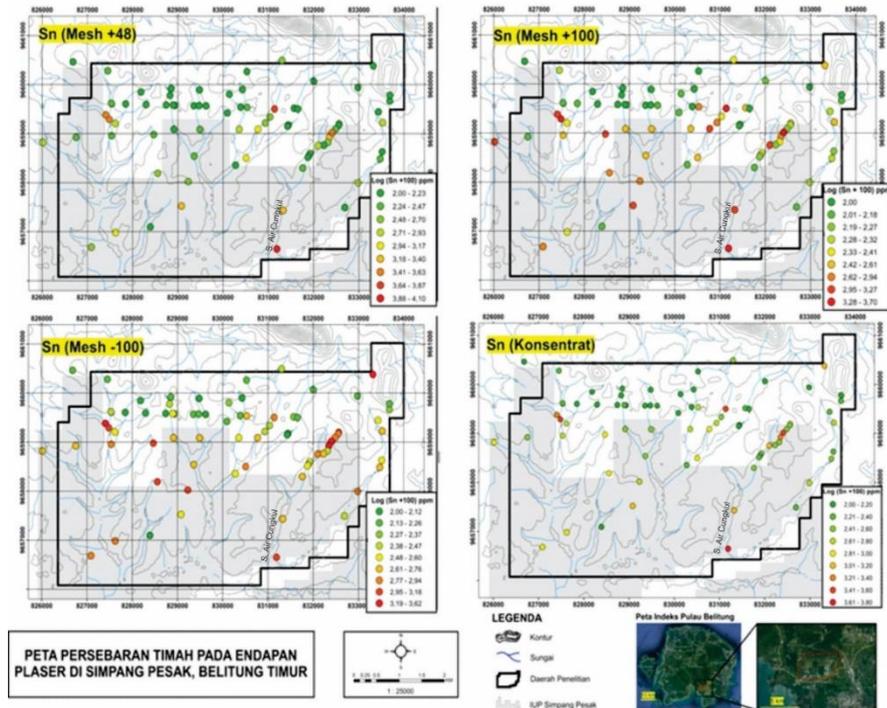
Mineral Zirkon diperkirakan dapat membawa unsur tanah jarang dengan rumus kimia (Zr, REE) SiO<sub>4</sub>, yang dikenal dengan *silicate REE bearing minerals* (Anthony dkk., 2001; Long dkk., 2010; Rosenblum dan Brownfield, 1999; dalam Jordens dkk., 2013). Selain itu, mineral Turmalin juga dapat membawa unsur tanah jarang (King dan Kerrich, 1988; Čopjaková dkk., 2013). Sedangkan, untuk unsur tanah jarang seperti *Yttrium (Y)* dapat dibawa oleh mineral Xenotim (YPO<sub>4</sub>) (Chen, 2011; Long dkk., 2010; dalam Jordens dkk., 2013). dan dikenal dengan *phosphate REE bearing minerals* (Anthony dkk., 2001; Long dkk., 2010; Rosenblum & Brownfield, 1999; dalam Jordens dkk., 2013).

## 5. HASIL

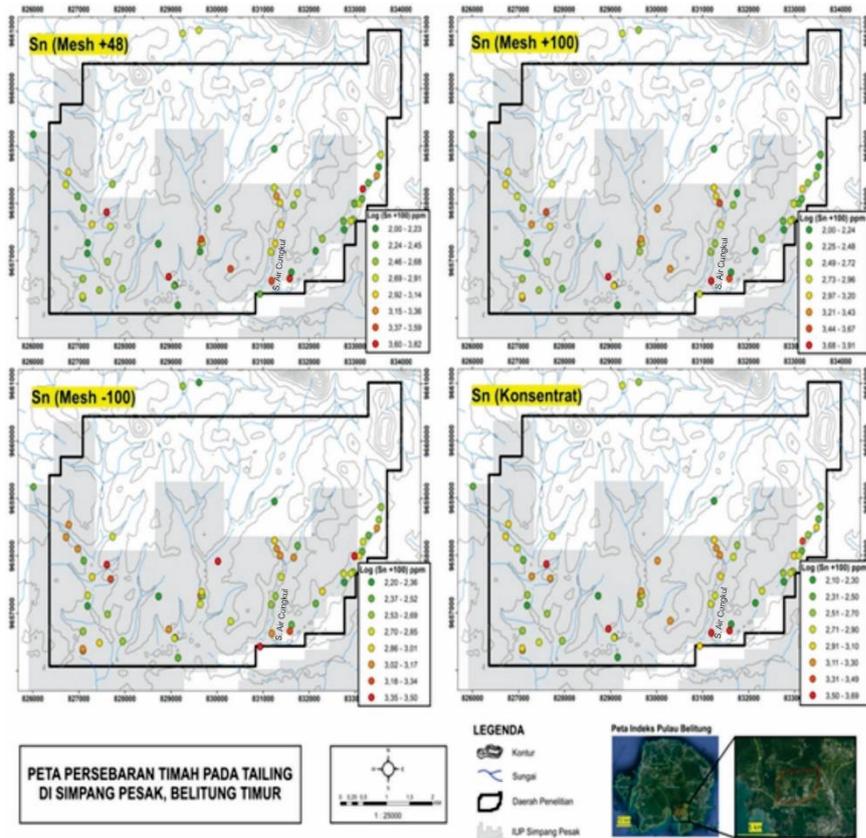
### 5.1 Persebaran Unsur Timah (Sn)

Kadar unsur timah cukup beragam dalam persebarannya (**Gambar 11**). Kadar timah yang cukup tinggi tersebar di bagian selatan daerah penelitian, tepatnya dekat dengan hilir Sungai Air Cungkul. Untuk fraksi #100, kadar unsur timah pada endapan plaser memiliki

rentang nilai dari 0 hingga 4921 ppm. Persebarannya juga cukup beragam, namun kadar yang cukup tinggi banyak ditemukan di bagian tengah hingga ke selatan daerah penelitian. Pada fraksi -100, didapati kadar unsur timah pada endapan plaser yang diteliti memiliki rentang nilai dari 0 hingga 4024 ppm. Persebaran kadar timah yang cukup tinggi juga terdapat pada bagian selatan daerah penelitian. Dapat dilihat bahwa kadar unsur timah yang cukup tinggi lebih tersebar pada fraksi #100 dan -100, dibanding pada fraksi #48. Selain itu, masih terdapat juga persebaran timah pada tailing (**Gambar 12**). Dapat diketahui bahwa masih terdapat kadar unsur timah yang cukup tinggi pada tailing dengan rentang 0-6460 ppm pada fraksi #48, rentang 0-8080 ppm pada fraksi #100, dan rentang 0-3050 ppm pada fraksi -100. Persebaran unsur Sn di dalam sedimen diperkirakan berasal langsung dari batuan induk granit, karena *specific gravity* dari timah ini tinggi (7,2 – 7,5) dan dengan bentuk mineralnya yang menyudut sampai menyudut tanggung, dapat ditafsirkan transportasi timah ini masih dekat sumbernya.



**Gambar 11.** Peta persebaran unsur timah (Sn) endapan plaser purba di daerah penelitian. Dilakukan transformasi logaritmik berupa  $\text{Log}(x + 100)$ , dengan nilai  $x$  berupa kadar unsur yang sebenarnya.



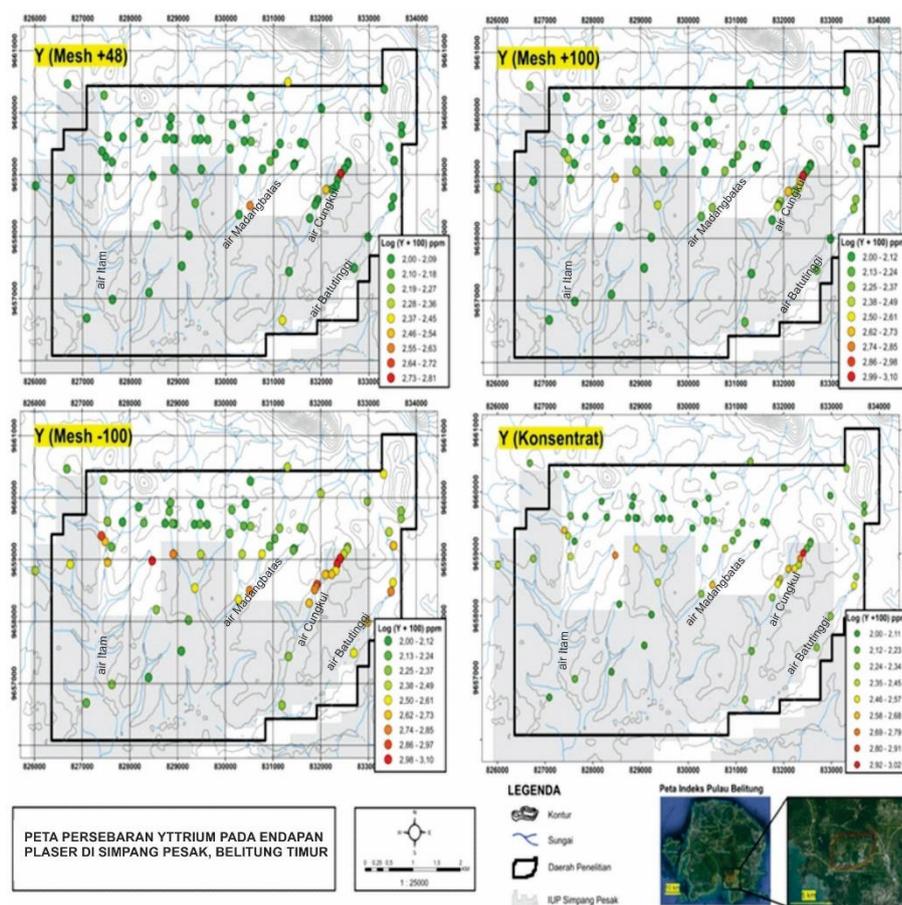
**Gambar 12.** Peta persebaran unsur timah (Sn) pada sampel tailing di daerah penelitian.

## 5.2 Persebaran Unsur Tanah Jarang (*Yttrium, Serium dan Lanthanum*) di Daerah Penelitian

Analisis sampel konsentrat endapan plaser dan *tailing* dengan XRF portabel menunjukkan keberadaan unsur timah dan tanah jarang. Unsur tanah jarang yang terdeteksi oleh XRF portabel adalah unsur *Yttrium* (Y), *Cerium* (Ce), dan *Lanthanum* (La).

Persebaran unsur *Yttrium* (Y) pada endapan plaser aluvial purba dengan ukuran butir mineral fraksi #48 memiliki rentang nilai kadar unsur 0–542 ppm. Persebaran dengan

kadar yang cukup tinggi ditemukan pada bagian tengah dan timur daerah penelitian (**Gambar 13**). Pada fraksi ukuran butir #100, kadar unsur Y didapatkan pada rentang nilai 0–1154 ppm. Kadar Y yang cukup tinggi tersebar di bagian tengah dan timur daerah penelitian. Sedangkan, untuk fraksi ukuran butir -100, kadar unsur Y berada pada rentang nilai 0–1148 ppm. Persebaran kadar yang cukup tinggi lebih beragam dan tersebar dibandingkan fraksi #48 dan #100. Kadar yang cukup tinggi terkonsentrasi di bagian timur daerah penelitian.



**Gambar 13.** Peta persebaran unsur *Yttrium* (Y) endapan plaser purba di daerah penelitian.

Selain itu, masih terdapat juga persebaran *Yttrium* dengan kadar yang cukup tinggi pada *tailing* (**Gambar 14**) dengan rentang nilai 0–335 ppm pada fraksi #48, rentang nilai 0–1058 ppm pada fraksi #100, dan rentang 0–1326 ppm pada fraksi -100.

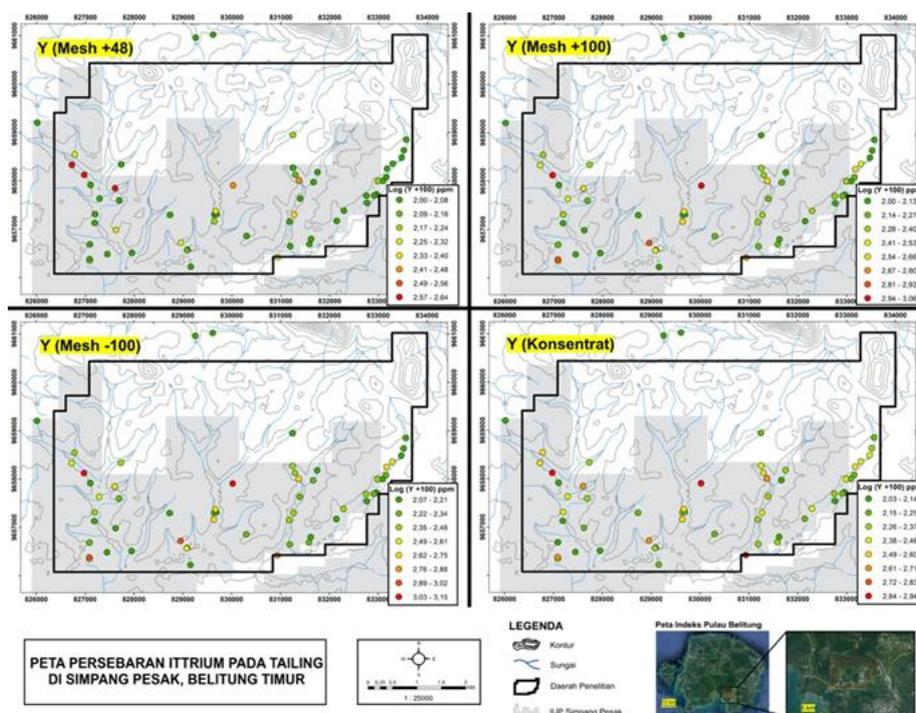
Keberadaan unsur *Yttrium* ini diperkirakan berkaitan erat dengan mineral pembawanya Xenotime, berdasarkan analisis GSA

kandungan Xenotime sangat kecil, hal ini dapat terjadi dimana unsur *Yttrium* yang terdapat dalam contoh berasal dari mineral Xenotime yang telah hancur akibat transportasi karena *Xenotime* mempunyai tingkat kekerasan yang rendah (4,5). Dengan specific gravity 4,4 – 5,1 dan jumlah Xenotime yang sangat kecil dapat ditafsirkan

bahwa keberadaan Yttrium dalam batuan sedimen cukup jauh dari sumbernya.

Persebaran unsur tanah jarang *Cerium* (Ce) pada endapan plaser dengan ukuran butir fraksi #48 memiliki rentang nilai 0–1140 ppm. Kadar yang cukup tinggi tidak tersebar secara merata dan ditemukan di bagian timur daerah penelitian (**Gambar 15**). Untuk fraksi #100, kadar unsur Ce yang ditemukan memiliki rentang nilai 0–4300 ppm. Kadar Ce yang cukup tinggi lebih tersebar di bagian tengah dan timur daerah penelitian. Sedangkan, untuk unsur Ce pada fraksi -100

memiliki rentang nilai 0–5050 ppm. Persebaran kadar yang cukup tinggi lebih tersebar merata dan cukup beragam di bagian tengah dan timur daerah penelitian dibanding fraksi #48 dan #100. Dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran butirnya, kadar unsur Ce akan lebih meningkat dan tersebar. Selain itu, masih terdapat juga persebaran Cerium dengan kadar yang cukup tinggi pada *tailing* (**Gambar 16**) dengan rentang nilai 0–1430 ppm pada fraksi #48, rentang nilai 0–4920 ppm pada fraksi #100, dan rentang 0–5470 ppm pada fraksi -100.



Gambar 14. Peta persebaran unsur *Yttrium* (Y) sampel *tailing* di daerah penelitian

Kadar unsur *Lanthanum* (La) pada endapan plaser dengan ukuran butir fraksi #48 memiliki rentang nilai 0–503 ppm. Kadar yang cukup tinggi tersebar di bagian timur daerah penelitian (**Gambar 17**). Untuk fraksi #100, kadar La yang ditemukan berkisar pada rentang 0–1701 ppm. Persebaran kadar yang cukup tinggi berada pada bagian timur daerah penelitian. Sedangkan, untuk fraksi -100 memiliki rentang nilai antara 0–1951 ppm.

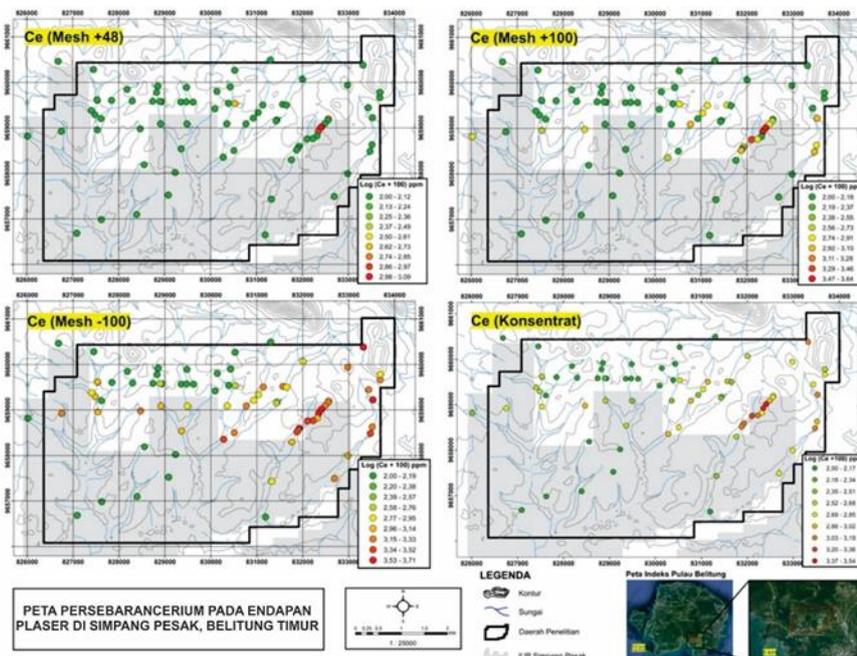
Persebaran kadar yang cukup tinggi pada fraksi -100 lebih merata dan beragam dibanding fraksi #48 dan #100. Persebarannya berada pada bagian tengah daerah penelitian mulai dari bagian barat dan semakin tinggi

kadarnya di bagian timur. Dapat dilihat juga bahwa semakin kecil ukuran fraksi butirannya, semakin tinggi kadar unsur *Lanthanum* yang ditemukan. Selain itu, masih terdapat juga persebaran *Lanthanum* dengan kadar yang cukup tinggi pada *tailing* (**Gambar 18**) dengan rentang nilai 0–451 ppm pada fraksi #48, rentang nilai 0–1964 ppm pada fraksi #100, dan rentang 0–2345 ppm pada fraksi -100.

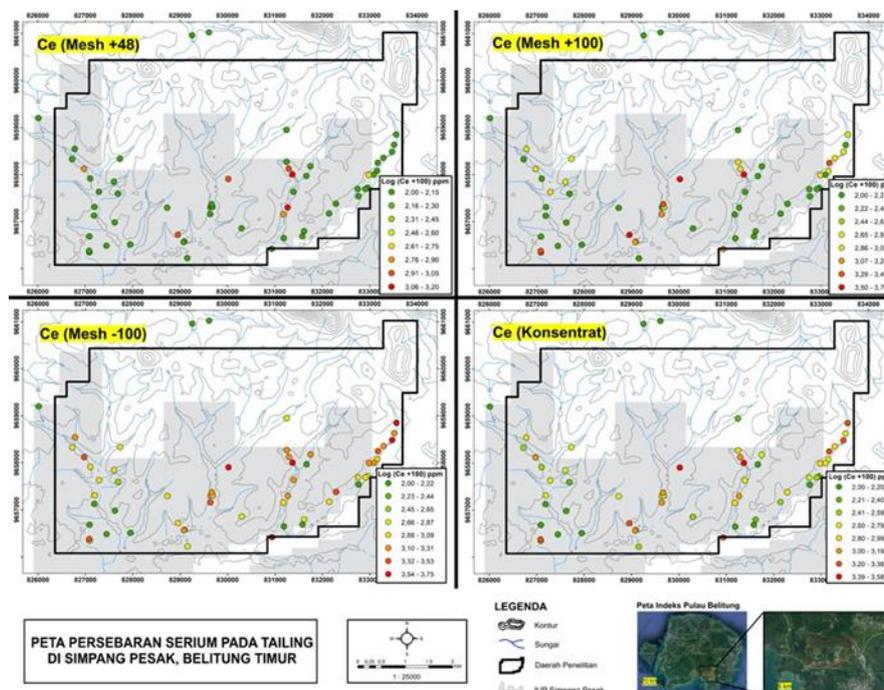
Keberadaan Cerium dan Lanthanum dalam sedimen sangat erat kaitannya dengan mineral pembawanya. Mineral utama pembawa unsur Cerium dan Lanthanum di daerah Kalimantan Barat adalah Monazit, Zirkon, Turmalin

(Soetopo dkk., 2011). Berdasarkan hasil analisa GSA didaerah penelitian tidak dijumpai adanya mineral Monazit. Hal ini dapat terjadi dimana Monazit telah hancur akibat transportasi, karena tingkat kekerasan Monazit hanya 5 – 5.5 skala Mohr. Sehingga

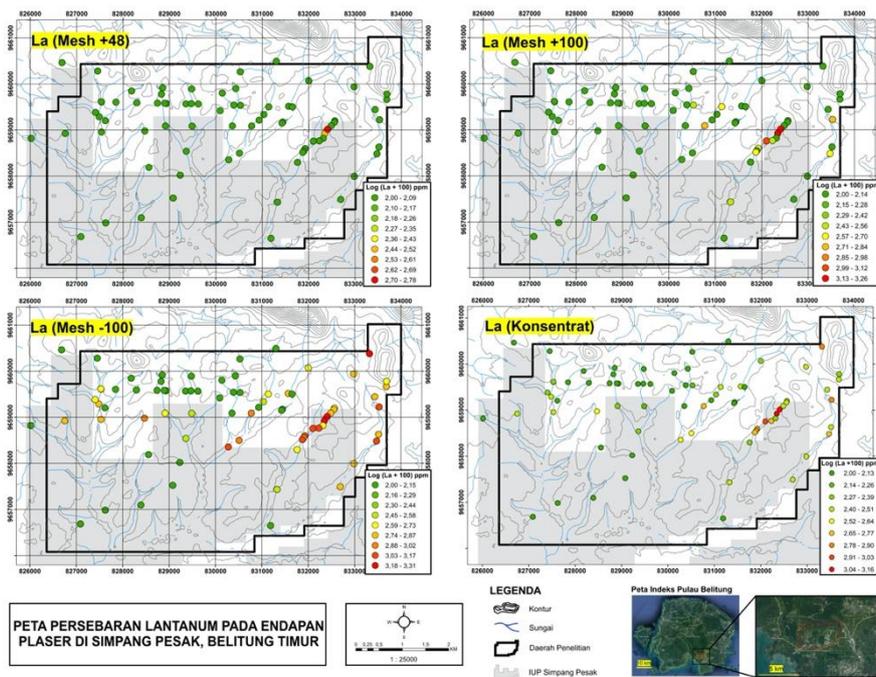
keberadaan kandungan unsur Ce dan Lanthanum yang terdapat dalam sedimen berasal dari hancuran Monazit serta bawaan dari Turmalin dan Zirkon yang telah mengalami transportasi cukup jauh.



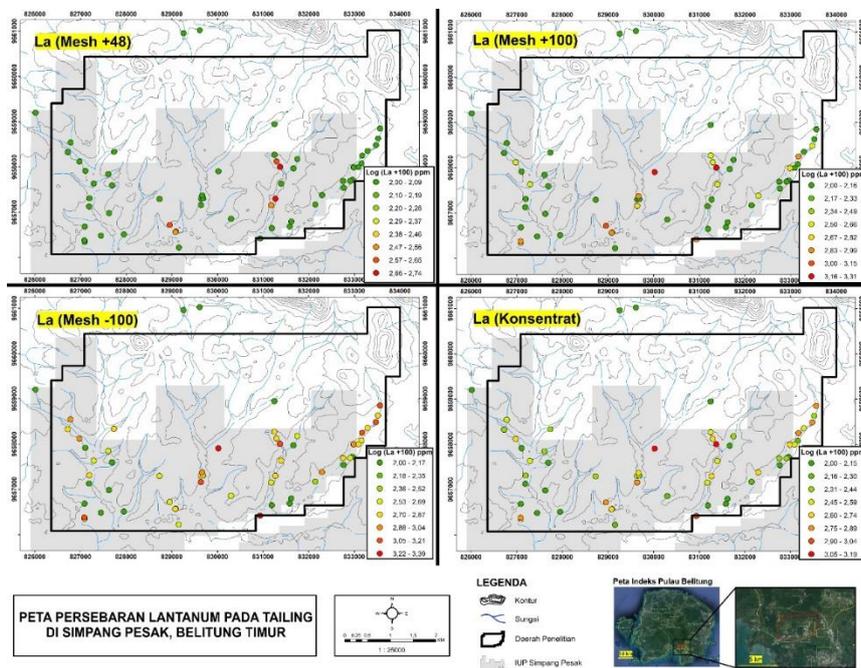
Gambar 15. Peta persebaran unsur Cerium (Ce) sample endapan plaser di daerah penelitian.



Gambar 16. Peta persebaran unsur Cerium (Ce) sampel tailing di daerah penelitian.



Gambar 17. Peta persebaran unsur *Lanthanum* (La) endapan plaser purba di daerah penelitian



Gambar 18. Peta persebaran unsur *Lanthanum* (La) pada *tailing* di daerah penelitian.

### 5.3 Daerah Potensi Pengayaan

Daerah potensi pengayaan pada endapan plaser ditentukan dari nilai kadar unsur yang melebihi harga ambangnya masing-masing. Harga ambang tiap unsur dan fraksi ditentukan berdasarkan metode simpangan baku analisis univariat, yaitu dengan menghitung nilai rata-rata ditambahkan

dengan dua kali standar deviasi dari seluruh data yang digunakan. Data kadar yang digunakan merupakan hasil analisis XRF portabel pada 75 sampel konsentrat endapan plaser yang telah ditransformasi hasilnya secara logaritmik, berupa  $\text{Log}(x + 100)$ , dengan nilai  $x$  sebagai kadar unsur sebenarnya. Hasil dari perhitungan harga

ambang tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut:

**Tabel 2.** Nilai harga ambang pada masing-masing unsur dan fraksi.

<i>Unsur</i>	<i>Fraksi Ukuran Butir</i>	<i>Mean (ppm)</i>	<i>Nilai Maksimum (ppm)</i>	<i>Nilai Minimum (ppm)</i>	<i>Simpangan Baku (ppm)</i>	<i>Harga Ambang (ppm)</i>
<i>Sn</i>	#48	2,41	4,10	2,00	0,50	3,42
	#100	2,41	3,70	2,00	0,44	3,29
	-100	2,54	3,62	2,00	0,38	3,30
<i>Y</i>	#48	2,06	2,81	2,00	0,14	2,34
	#100	2,16	3,10	2,00	0,21	2,57
	-100	2,39	3,10	2,00	0,27	2,94
<i>Ce</i>	#48	2,05	3,09	2,00	0,20	2,46
	#100	2,25	3,64	2,00	0,44	3,13
	-100	2,69	3,71	2,00	0,59	3,88
<i>La</i>	#48	2,02	2,78	2,00	0,11	2,23
	#100	2,12	3,26	2,00	0,29	2,70
	-100	2,43	3,31	2,00	0,45	3,32

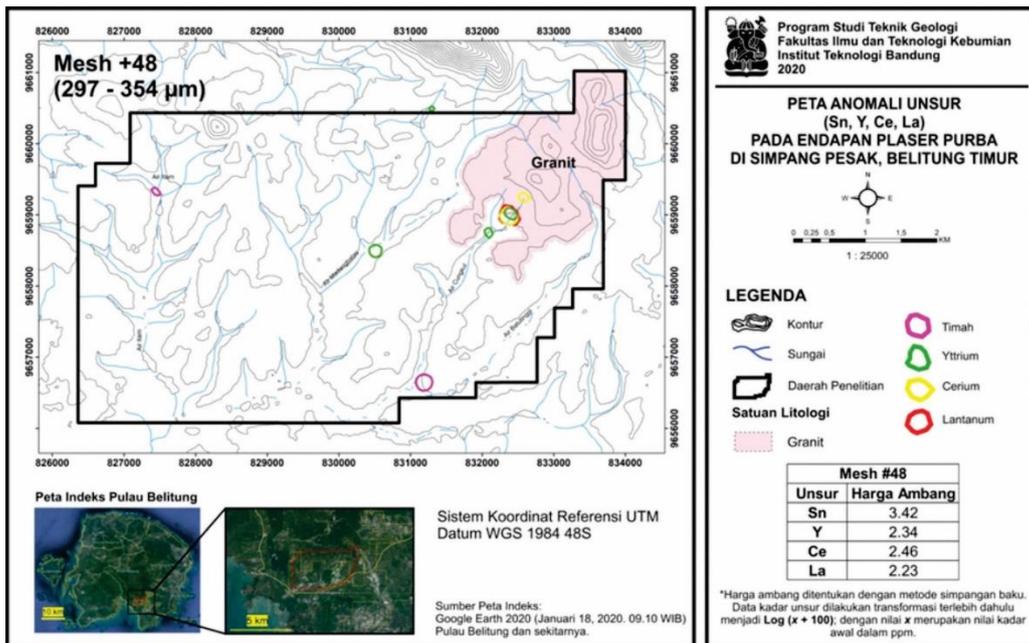
Daerah potensi pengayaan unsur timah dengan nilai melebihi harga ambangnya pada fraksi #48 dan #100 berada pada bagian selatan, tepatnya dekat pertemuan Sungai Air Cungkul dan Air Batutinggi, dan beberapa di bagian tengah daerah penelitian, yaitu di bagian tengah Sungai Air Itam dan Sungai Air Madangbatas. Sedangkan, untuk ukuran fraksi -100 yang lebih halus, daerah potensi pengayaan berada di bagian timur daerah penelitian, tepatnya di bagian hulu Sungai Air Cungkul, dekat perbukitan granit. Daerah potensi pengayaan berada pada morfologi undak sungai dengan jenis aluvial purba.

Untuk unsur itrium (Y) dengan fraksi #48 (**Gambar 19**), daerah anomali berada di bagian tengah daerah penelitian, yaitu di bagian tengah Sungai Air Madangbatas, dan di bagian timur daerah penelitian, tepatnya di bagian hulu Sungai Air Cungkul. Sedangkan, untuk fraksi #100 dan -100 (**Gambar 20, 21**), daerah anomali berada di bagian timur daerah penelitian, yaitu di bagian hulu Sungai Air Cungkul. Daerah anomali berada pada morfologi undak sungai dengan jenis aluvial purba.

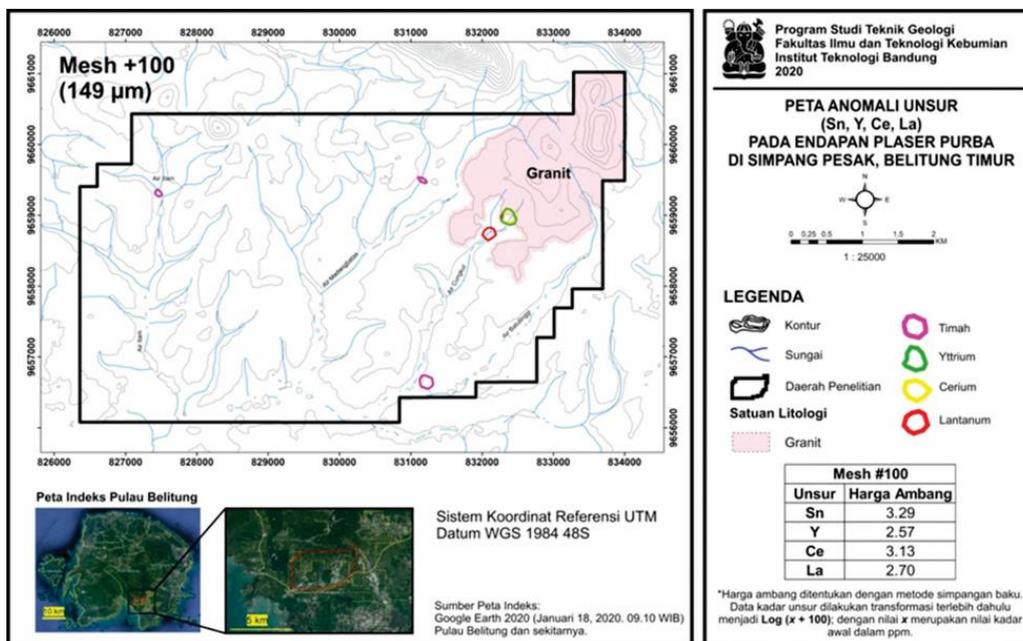
Daerah anomali unsur serium (Ce) hanya ditemukan pada fraksi #48 dan #100 (**Gambar 19, 20**). Tidak ditemukan adanya daerah anomali pada fraksi -100 (**Gambar 21**). Pada fraksi #48 dan #100, daerah anomali terkonsentrasi pada bagian timur daerah penelitian, tepatnya di bagian hulu Sungai Air Cungkul. Daerah anomali juga berada pada morfologi undak sungai dengan jenis aluvial purba.

Daerah anomali unsur lantanum (La) juga tidak ditemukan pada fraksi -100 (**Gambar 21**). Hanya terdapat daerah anomali pada fraksi #48 dan #100 (**Gambar 19, 20**). Daerah anomali fraksi #48 dan #100 juga berada di bagian timur daerah penelitian, tepatnya di bagian hulu Sungai Air Cungkul. Daerah anomali berada pada dataran aluvial dengan morfologi yang cukup landai.

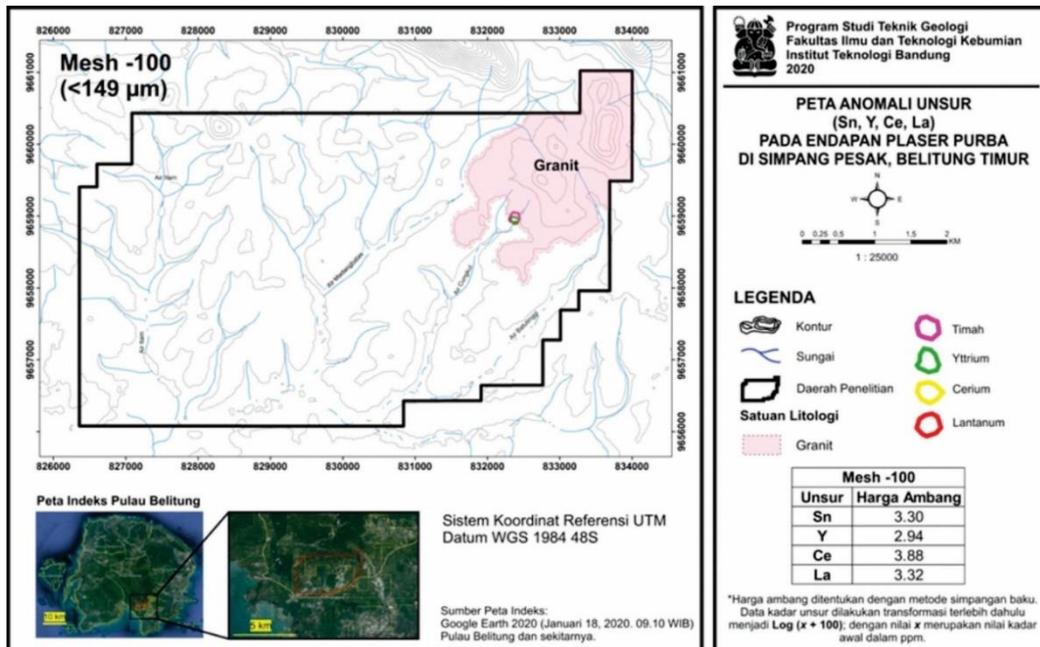
Sedangkan nilai rata-rata konsentrat secara keseluruhan di daerah penelitian hanya terdapat di dua lokasi yaitu di hulu sungai Air Cungkul dekat batuan granit dan di hilir sungai Air Cungkul (**Gambar 22**).



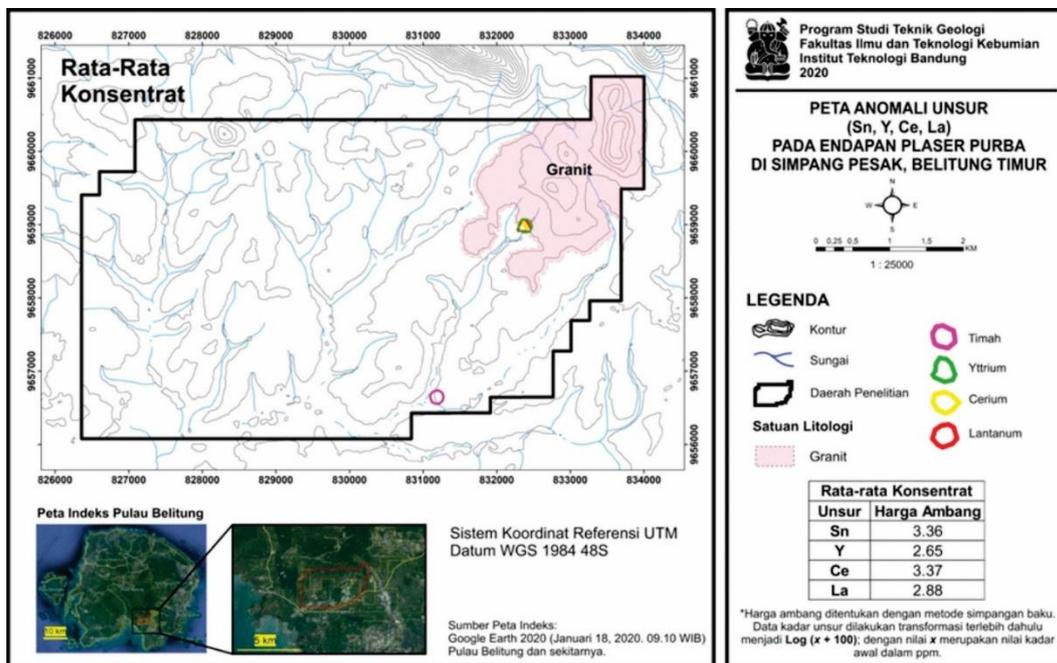
Gambar 19. Peta anomali unsur fraksi +48# di daerah penelitian.



Gambar 20. Peta anomali unsur fraksi +100# di daerah penelitian.



Gambar 21. Peta anomali unsur pada fraksi -100# di daerah penelitian.



Gambar 22. Peta anomali unsur pada fraksi rata-rata konsentrat di daerah penelitian.

#### 5.4 Asosiasi Unsur Timah dan Tanah Jarang di Daerah Penelitian

Penentuan tingkat kekerabatan antar unsur timah dan tanah jarang dilakukan dengan metode koefisien Pearson. Penentuan asosiasi dilakukan pada data yang berada di daerah anomali timah, data pada daerah anomali

unsur tanah jarang, dan data pada lapukan granit. Pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5, koefisien Pearson yang bernilai positif pada timah dan unsur tanah jarang menunjukkan bahwa kenaikan kadar timah akan bersamaan dengan kenaikan kadar pada unsur tanah jarang, begitu juga sebaliknya.

**Tabel 3.** Korelasi Pearson dilakukan pada sampel konsentrat endapan plaser purba yang ada di daerah anomali timah.

Koefisien Pearson	Sn	Y	Ce	La
Sn	1	0.27	0.21	0.23
Y		1	0.82	0.82
Ce			1	0.98
La				1

Keterangan: asosiasi sedang (0,5–0,7); asosiasi kuat (>0,7); berdasarkan Swan dan Sandilands (1995).

**Tabel 4.** Korelasi Pearson dilakukan pada sampel konsentrat endapan plaser purba yang ada di daerah anomali unsur tanah jarang.

Koefisien Pearson	Sn	Y	Ce	La
Sn	1	0.97	0.92	0.91
Y		1	0.91	0.92
Ce			1	0.99
La				1

Keterangan: asosiasi sedang (0,5–0,7); asosiasi kuat (>0,7); berdasarkan Swan dan Sandilands (1995).

**Tabel 5.** Korelasi Pearson dilakukan pada sampel lapukan granit.

Koefisien Pearson	Sn	Y	Ce	La
Sn	1	0.85	0.91	0.90
Y		1	0.91	0.93
Ce			1	1
La				1

Keterangan: asosiasi sedang (0,5–0,7); asosiasi kuat (>0,7); berdasarkan Swan dan Sandilands (1995).

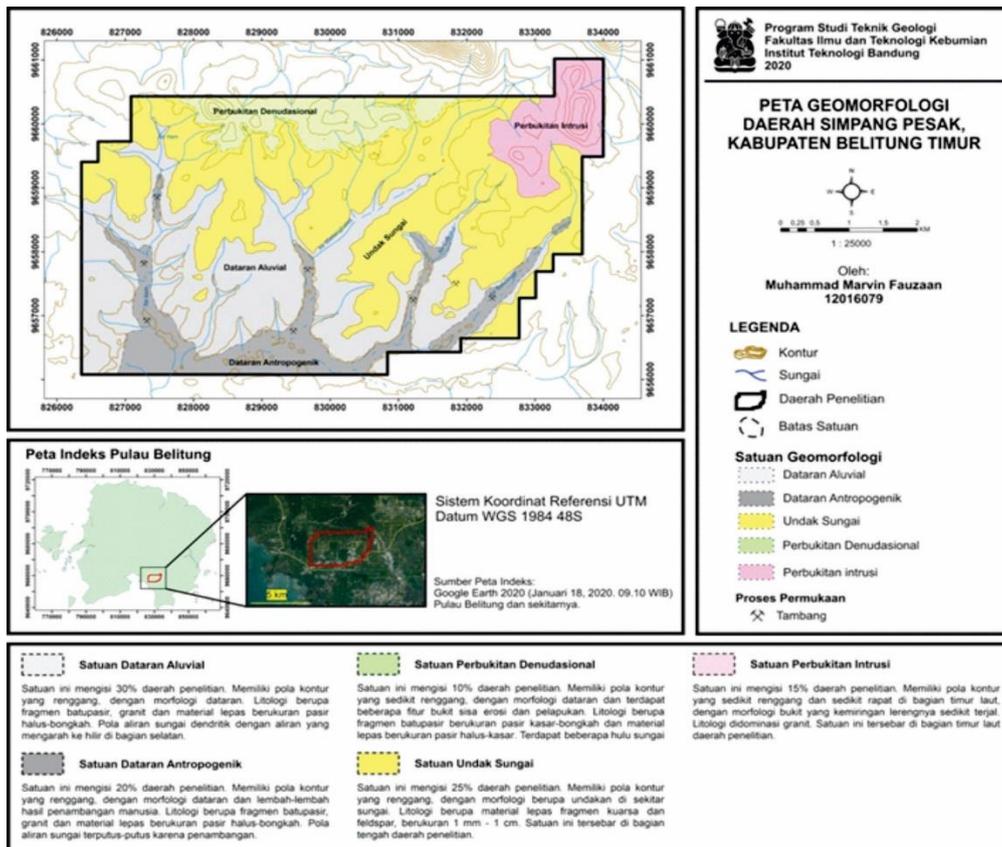
Dapat dilihat bahwa korelasi timah dan unsur tanah jarang yang ada di daerah anomali timah, memiliki asosiasi yang rendah berdasarkan nilai koefisien Pearson. Hal ini diperkirakan karena adanya perbedaan proses erosi dan transportasi pada mineral pembawa unsur tersebut. Hal ini dimungkinkan mengingat mineral kasiterit memiliki nilai *specific gravity* atau densitas yang jauh lebih berat dibandingkan mineral pembawa unsur tanah jarang seperti zirkon, xenotim, dan turmalin di daerah penelitian. Sehingga, dapat diinterpretasikan bahwa transportasi mineral yang lebih berat akan terakumulasi terlebih dahulu saat arus melemah. Sedangkan, mineral yang lebih ringan tetap akan tertransportasi hingga kecepatan arusnya semakin melemah dan memungkinkan pengendapan mineral tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan proses pengendapan dapat mempengaruhi nilai konsentrasi asosiasi mineral pembawa unsur tanah jarang.

## 6. DISKUSI

Daerah pengayaan timah dan unsur tanah jarang pada endapan plaser purba yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: batuan asal, proses pelapukan, erosi, transportasi serta kondisi morfologi daerah tersebut, juga kekerasan dan densitas mineral. Hasil GCA menunjukkan bahwa mineral-mineral yang terkandung pada endapan plaser purba dan dikenal sebagai pembawa unsur tanah jarang seperti Zirkon, Turmalin dan *Xenotime* di daerah penelitian memiliki bentuk yang umumnya menyudut hingga menyudut tanggung. Berdasarkan pada berat jenis dan kekerasan mineralnya (*Zirkon Specific*

*Gravity* (SG): 4-4.8 dengan kekerasan 7 – 7.5; Turmalin SG: 2,8 -3,3 dengan kekerasan 7-7.5 dan *Xenotime* SG: 4,4 – 5,1 dengan kekerasan 4,5) terlihat bahwa Zirkon dan *Xenotime* dapat terendapkan dengan kekuatan arus yang relatif sama, sedangkan Turmalin akan tertransportasi lebih jauh. Berdasarkan pada kekerasannya Zirkon akan dijumpai dalam bentuk yang lebih besar dibandingkan dengan *Xenotime*, sehingga akumulasi atau konsentrasi unsur tanah jarang sangat ditentukan juga keberadaan mineral pembawanya di dalam tubuh sedimen. Secara umum berdasarkan pada bentuk mineral pembawa unsur tanah jarang ini masih dalam bentuk menyudut sampai menyudut tanggung serta perkiraan adanya mineral pembawa unsur tanah jarang yang telah mengalami proses penghancuran selama transportasi maka dapat diinterpretasikan bahwa endapan plaser purba di daerah penelitian telah mengalami transportasi yang cukup jauh dari batuan sumbernya dalam hal ini batuan granit.

Daerah pengayaan timah dan unsur tanah jarang pada endapan plaser purba di daerah penelitian terdapat pada morfologi dataran yang landai dan topografi yang rendah dalam Satuan Aluvial/satuan alluvial B pada peta geologi dan Satuan Undak sungai/satuan Aluvial A pada peta geologi. (**Gambar 23**). Pada penelitian ini tidak dilakukan pemetaan khusus untuk endapan aluvial purba, sehingga pola dan arah aliran sungai purba tidak diketahui, sehingga potensi yang tergambar pada penelitian belum mencerminkan potensi yang sebenarnya, tetapi hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian detail selanjutnya.



**Gambar 23.** Peta geomorfologi daerah penelitian.

Rendahnya kandungan timah maupun unsur tanah jarang pada batuan induk (granit) dibandingkan dengan yang dijumpai pada endapan plaser, dapat disebabkan oleh belum terurainya unsur-unsur tersebut dari tubuh batuan induk sehingga akumulasi unsur-unsur tersebut masih tersebar secara tidak merata pada batuan induk, menurut Yusoff, dkk. (2013) tingkat pelapukan batuan granit mempengaruhi penguraian dan mobilitas unsur tanah jarang. Pada endapan plaser akumulasi mineralnya dapat terjadi sebagai hasil pencucian dari batuan induk yang terbawa dan tersedimentasikan didalam sungai. Sedangkan pengkayaan mineral yang terdapat pada sungai Resen didaerah penelitian didominasi oleh produk buangan hasil penambangan yang dibuang kesungai dan sebgaiian kecil berasal dari pencucian batuan dasar granit dan endapan sungai purba, sehingga tidak dapat dijadikan sebagai target pengembangan eksplorasi.

## 7. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian dan penjelasan serta diskusi diatas dapat disimpulkan bahwa persebaran kadar timah yang cukup tinggi berada di bagian selatan daerah penelitian dan beberapa di bagian tengah daerah penelitian. Persebaran unsur tanah jarang dengan kadar yang cukup tinggi berada di bagian tengah daerah penelitian, tepatnya di bagian hulu Sungai Air Cungkul. Anomali timah dan unsur tanah jarang terkayakan pada morfologi undak sungai dengan jenis plaser aluvial purba.

Saran sebelum melakukan eksplorasi lebih lanjut sebaiknya dilakukan pemetaan alur aliran sungai purba. mulai dari bagian barat ke bagian tenggara, yaitu bagian hilir Sungai Air Cungkul, dan selanjutnya mengarah ke utara menuju hulu sungai Air Cungkul dan perbukitan granit di daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih untuk pihak-pihak yang sudah mendukung keseluruhan penelitian ini antara lain Tim Divisi Eksplorasi Aluvial PT Timah Tbk., serta dengan bantuan rekan Aland Elbert Manurung atas mikroskop polarisasinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin, & Sidarto. (1995). *Peta Geologi Lembar Belitung, Sumatera*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG).
- Barber, A. J., Crow, M. J., & Milsom, J. (2005). *Sumatra: Geology, resources and tectonic evolution*. Geological Society of London.
- Cobbing, E. J., Mallick, D. I., Pitfield, P. E., & Teoh, L. H. (1986). The granites of the Southeast Asian tin belt. *Geological Society London*, 143(3), 537-550.
- Čopjaková, R., Škoda, R., Galiová, M. V., & Novák, M. (2013). Distributions of Y + REE and Sc in tourmaline and their implications for the melt evolution; examples from NYF pegmatites of the Třebíč. *Journal of Geosciences* 58, 113-131.
- Ghazali, S. A., Muchjidin, & Hariwidjaja. (1986). *Penyelidikan Geokimia Endapan Sungai Metode dan Teknik*. Bandung: Direktorat Sumberdaya Mineral.
- Hutchison, C.S., (1973). Plutonic activity. In: Gobbett, D.J., Hutchison, C.S., (Eds), *Geology of Malay Peninsula: WestMalaysia and Singapore*, Wiley Interscience, New York, 215 – 252.
- Jordens, A., Cheng, Y. P., & Waters, K. E. (2013). A review of the beneficiation of rare earth element bearing minerals. *Minerals Engineering* 41, 97-114.
- King, R. W. & Kerrich, R. W. (1988). REE distributions in tourmaline: An INAA technique involving pretreatment by B volatilization. *American Mineralogist*, 424-431.
- Ko, U. K. (1986). Preliminary synthesis of the geology of Bangka Island, Indonesia. *Geological Society of Malaysia*, 2(20), 81-96.
- Le Maitre, R. W. (2002). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks* (Second ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Metcalf, I. (2011). Paleozoic-Mesozoic history of SE Asia. *Geological Society London Special Publications*, 7-35.
- Ng, S. W., Whitehouse, M. J., Roselee, M. H., Teschner, C., Murtadha, S., Oliver, G. J., Chang, S. C. (2017). Late triassic granites from Bangka, Indonesia: A continuation of the main range granite province of the South-East Asian tin belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, 138, 548-561.
- Rose, A. W., Hawkes, H. E., & Webb, J. S. (1979). *Geochemistry in Mineral Exploration. Second Edition*. London: Academic Press.
- Schwartz, M. O., Rajah, S. S., Askury, A. K., Puttapiban, P., & Djaswadi, S. (1995). The Southeast Asian Tin Belt. *Earth Science*, 95-293.
- Sevastjanova, I., Clements, B., Hall, R., Belousova, E. A., Griffin, W. L., & Pearson, N. (2011). Granitic magmatism, basement ages, and provenance indicators in the Malay Peninsula: Insights from detrital zircon U-Pb and Hf-isotope data. *Gondwana Research*, 19, 1024-1039.
- Soetopo, B., Syaeful, H., Marzuki, A., Sudarto, S., (2011). Tinjauan Umum Potensi Sumberdaya Monasit di Daerah Ketapang Kalimantan Barat, Eksplorium Buletin Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir, Pusat Pengembangan Geologi Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta, Indonesia
- Swan, A. R., & Sandilands, M. (1995). *Introduction to Geological Data Analysis*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Yusoff, Z. M., Ngwenya, B. T., & Parsons, I. (2013). Mobility and fractionation of REEs during deep weathering of geochemically contrasting granites in a tropical setting, Malaysia. *Chemical Geology*, 71-86.

**Daftar pustaka dari situs internet:**

<https://www.webmineral.com/data/>. Diunduh pada tanggal 20 Januari 2020.

<https://www.google.com/maps/place/Simpang+Pesak,+East+Belitung+Regency,+Bangka+Belitung+Islands>. Diunduh pada tanggal 18 Januari 2020.