

Kemungkinan sebaran zirkon pada endapan *placer* di Pulau Kalimantan

DANNY ZULKIFLI HERMAN

Pusat Sumber Daya Geologi, Jln. Soekarno Hatta No. 444, Bandung

SARI

Sebagian besar aluvium yang mengandung mineral-mineral berat berharga berasal dari wilayah-wilayah paparan benua tempat proses daur ulang mineral-mineral stabil memainkan peran penting dalam transportasi dan pembentukan konsentrasi akhir mineral-mineral dimaksud. Pulau Kalimantan sebagai bagian dari paparan benua berpeluang besar menyediakan kondisi atau lingkungan pengendapan *placer* dengan kandungan zirkon karena dibentuk oleh terutama batuan beku dari seri kalk-alkali hingga alkali (granit, granodiorit, tonalit, dan monzonit) yang dianggap sebagai sumber utama pemasok mineral zirkon; memiliki stabilitas wilayah untuk periode panjang yang menjadi persyaratan utama penunjang kesinambungan proses pelapukan, transportasi dan pembentukan lingkungan pengendapan aluvium dan terletak di wilayah beriklim tropis dengan kelembaban tinggi. Dalam kondisi tersebut proses pelapukan mekanik dan kimiawi memainkan peran penting dalam pemisahan zirkon dari batuan sumbernya.

Endapan *placer* benua dari kategori sublingkungan fluvial, diperkirakan dapat membentuk sebaran antara wilayah pegunungan dan laut, dengan jangkauan luas dan dimungkinkan membentuk reservoir bervolume besar mengandung zirkon. Teridentifikasinya zirkon (berasosiasi dengan emas atau intan) dari konsentrat hasil pendulangan *placer* dari aluvium di daerah-daerah tertentu dalam wilayah Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, telah menjadi salah satu bukti betapa luasnya distribusi pengendapan zirkon pada sublingkungan fluvial dalam kedua wilayah tersebut. Informasi penting ini memberikan inspirasi tentang kemungkinan eksplorasi sebaran pengendapan *placer* mengandung zirkon pada sublingkungan fluvial di seluruh wilayah Pulau Kalimantan, tanpa mengabaikan sebaran *placer* transisi dari kategori sublingkungan garis pantai dan laut yang juga berpeluang mengandung zirkon bernilai ekonomis.

Kata kunci: zirkon, *placer*, lingkungan benua, transisi dan laut

ABSTRACT

Most alluvium with valued heavy minerals originated from regions of continental shelf, from which recycle process for stable minerals play an important role in transportation and final concentration formation of the minerals. Kalimantan Island as part of continental shelf has a great opportunity to provide condition or environment for placer deposition with zircon content due to: comprising particularly basement rock of calc-alkali to alkali series (granite, granodiorite, tonalite and monzonite) which were suggested as the main supplier sources of zircon; having a long period of regional stability as main contribution in continuation processes of weathering, transportation and forming deposition environment of alluvium and located within a tropical climate with high humidity from which mechanical and chemical weathering processes play an important role in releasing zircon from its source rocks.

Continental placer deposit of fluvial sub-environment category is suggested to have possibility to form deposition zone lying between the mountains and the seas, reaching over wide areas and forming huge volume reservoirs with content of zircon. Based on zircon identification (associated with gold or diamond) of placer pan concentrates at some areas of West Kalimantan and Central Kalimantan, these have proved how widespread of zircon deposition within fluvial sub-environments in both regions. This important information inspires an opportunity to do exploration of placer zircon deposits within fluvial sub-environments in entirely Kalimantan Island, without neglecting to the transition placer of strandline sub-environment category and marine environment which enable to have an economic deposit of zircon.

Keywords: zircon, *placer*, continental, transition and marine environment

PENDAHULUAN

Karya tulis ini dibuat berdasarkan studi literatur dan evaluasi hasil penyelidikan lapangan di daerah-daerah tertentu dalam wilayah Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, dalam upaya mengungkap keberadaan sebaran endapan *placer* mengandung zirkon di dalam aluvium. Studi terhadap *placer* dan keterjadiannya menjadi penting terutama berkaitan dengan perencanaan eksplorasi terhadap sebaran endapan zirkon bernilai ekonomis di seluruh Pulau Kalimantan. Penekanan studi adalah terhadap lingkungan pengendapan *placer* dalam wilayah paparan benua, tempat pelapukan mekanis dan kimiawi sangat berperan dalam proses pemisahan zirkon dari batuan sumbernya serta sistem aliran sungai yang memainkan peran penting dalam transportasi dan akumulasi pada cekungan-cekungan sedimen yang sesuai.

HUBUNGAN BATUAN SUMBER, ALUVIUM, DAN ZIRKON

Zirkon merupakan salah satu batuhias (*gemstone*) dengan kekerasan 7,5, beraneka warna dan berbentuk kristal tetragonal prismatic; membuat mineral ini mempunyai daya tarik tinggi. Mineral ini sering ditemukan mengandung jejak unsur radioaktif di dalam struktur kristalnya sehingga bersifat metamik dan tidak stabil, akan menjadi stabil apabila dipanaskan hingga suhu tertentu. Zirkon dengan daya tahan tinggi terhadap pelapukan dan abrasi biasanya membentuk konsentrasi bernilai ekonomis di daerah-daerah pantai dan gosong pasir yang terletak berkilo-kilometer dari sumbernya. Pada beberapa kasus, zirkon bersama mineral-mineral berat lain seperti turmalin, fluorit, rutil, dan anatase dapat terbentuk dalam batuan sedimen dolomit melalui proses autogenik; sementara apabila berkaitan dengan kelompok spesifik batuan beku dapat berasosiasi dengan lingkungan pneumatolitik dan kadang-kadang dengan proses paragenesis.

Mineral zirkon dapat ditemukan sebagai butir-butir kristal berukuran kecil di dalam sebagian besar batuan beku dan beberapa batuan metamorf, tersebar dalam jumlah jarang melebihi 1% dari total massa batuan. Secara umum konsentrasi mineral zirkon terbentuk sebagai rombakan di dalam aluvium dan

sering berasosiasi dengan mineral berat lain seperti ilmenit, monazit, rutil, dan xenotim (Tabel 1).

LINGKUNGAN PENGENDAPAN *PLACER*

Placer adalah jenis spesifik aluvium yang dibentuk oleh proses sedimentasi selama periode waktu panjang dan mengandung konsentrasi pasir, kerikil, mineral-mineral logam dan batu-batu hias. Lingkungan *placer* dibedakan dari lingkungan sedimen lainnya karena sangat dipengaruhi oleh sumber batuan asal dan kondisi geomorfologi tempat pengendapannya, antara lain:

- Batuan sebagai sumber geologi, yang menentukan diendapkannya jenis-jenis mineral di dalam *placer*.
- Iklim dan kondisi kimiawi, merupakan gabungan penentu terjadinya tingkat dan bentuk mineral-mineral setelah dibebaskan dari sumbernya.
- Kondisi geometris dan batas permukaan, yang mencerminkan kendala-kendala fisik pada saat transportasi dan pengendapan.
- Unsur-unsur perubahan lingkungan, yang mengubah pola penyebaran mineral.

Sedimen pada lereng dan saluran di sekitar hulu sungai telah tersingkap oleh kekuatan subareal yang bersifat merusak hanya dalam waktu singkat, oleh karena itu terdiri atas tipe dan ukuran lanau dan koloida. Sementara endapan sedimen pantai biasanya telah mengalami perjalanan berjarak jauh dan melalui banyak daur pelapukan dan erosi, sehingga partikel sedimen di dalamnya secara garis

Tabel 1. Hubungan Batuan Sumber dengan Endapan Mineral Zirkon (Macdonald, 1983)

Batuan Sumber	Mineral Berat Ekonomis	Asosiasi Mineral
Granitoid, pegmatit, dan <i>greisens</i>	Zirkon, kasiterit, monazit, rutil, dan emas	Wolframit, K-felspar, kuarsa, topaz, beryl, spodumen, petalit, turmalin, tantalit, kolumbit, fluorit, sphene
Sienit dan pegmatit	Zirkon, REE, mineral-mineral U dan Mineral-mineral mengandung Th	Ilmenit, magnetit, fluorit, K-felspar, Apatit, felspatoid
Metamorf tingkat tinggi	Zirkon, rutil, emas, dan batuhias	Kianit, kuarsa, silimanit, garnet almandin, felspar, apatit

besar terdiri atas ukuran halus dan terpilah baik yang secara kimiawi berupa mineral-mineral tidak stabil dan partikel-partikel berukuran sangat halus yang telah terpisah, termasuk juga sejumlah variasi fragmen kerang dan bahan-bahan hasil erosi batuan yang dilaluinya.

Mengingat bahwa Pulau Kalimantan merupakan bagian dari paparan benua dan dianggap memiliki stabilitas wilayah untuk terbentuknya lingkungan pengendapan *placer* benua yang luas, maka perlu dipahami bagaimana proses keterjadian endapan tersebut. Berdasarkan keterkaitan *placer* dengan teknis eksplorasi dan penambangannya, Macdonald (1983) membagi lingkungan pengendapan *placer* atas: benua, transisi dan laut; dimana yang pertama terdiri atas: sublingkungan eluvial, koluviyal, fluvia-til, gurun, dan glasial.

- Endapan *placer* eluvial kadang-kadang disebut residual, di daerah beriklim tropis dapat membentuk laterit yaitu zona pelapukan *in situ* batuan yang terbentuk melalui proses kimiawi, mekanis, dan biologis.

- Pengendapan *placer* koluviyal berkaitan dengan pergerakan massa rombakan batuan pada lereng menjauh dari sumbernya, dikendalikan oleh gravitasi dan pergerakan air permukaan (akibat hujan).

- Endapan *placer* fluvia-til mempunyai keterkaitan dengan sistem aliran sungai masa kini, partikel-partikel mineral mengalami perubahan lingkungan berjangka panjang setelah terpisah dari batuan sumbernya.

- Endapan *placer* gurun terakumulasi di sekitar pelapukan batuan sumber, terutama oleh gaya gravitasi dan aktifitas angin. Partikel berukuran halus ditransportasi sebagai lapisan tanah *loess* di daratan dan sebagai *oozes*/lumpur di lantai samudra.

Endapan *placer* glasial merupakan hasil rombakan batuan sumber oleh pergerakan es di sepanjang lereng pegunungan bersalju, ditransportasi hingga jarak tertentu yang akhirnya terakumulasi sebagai campuran sedimen heterogen tidak terpilah berukuran tepung hingga bongkah. Pergerakan es bergantung kepada tingkat presipitasi salju dan kemiringan lereng. Sedimen rombakan tersebut dapat mengandung mineral-mineral berharga, tetapi jarang membentuk konsentrasi bernilai ekonomis.

Lingkungan pengendapan *placer* transisi dibagi

menjadi tiga sublingkungan, sebagai berikut:

- Garis pantai; endapan *placer* dibentuk oleh kerja gelombang pasang, arus, dan angin; mineral-mineral utama dengan berat jenis lebih rendah dan resistan yang diendapkan dapat terdiri atas rutil, ilmenit, zirkon, dan monazit; kadang-kadang emas, platinum, timah, dan intan; jarang yang lainnya.

- Pantai berangin; endapan *placer* terbentuk di daerah pantai tempat pasir tertiup angin; sistem gosong pasir berkembang dari gosong stasioner dan trasgresif; mineral berjenis endapan pantai tetapi dengan ukuran partikel umumnya lebih halus.

- Delta; endapan *placer* terbentuk di sekitar muara sungai yang membawa banyak sedimen. Ke arah tepi laut terdapat sedimen hasil pengendapan ulang dan pengulangan sekuen partikel berberat jenis lebih rendah.

Pada lingkungan pengendapan laut, *placer* diendapkan di bawah permukaan air laut dalam kondisi transisi atau benua; terdiri atas sedimen hasil rombakan batuan sumber berasal dari daerah pantai, sungai, lereng dan glasiasi yang telah mengalami perombakan ulang selama periode penenggelaman. Lingkungan ini meluas ke arah laut, dari garis pecahnya ombak pada kedalaman air di bawahnya tempat jatuhnya orbit gelombang. Tempat pengendapan di antara paparan dan lereng benua memiliki kisaran lebar dari beberapa kilometer hingga 100 km dan kedalaman maksimum 500 meter. Di daerah lepas pantai kemungkinan ditemukan endapan *placer* mengandung rutil, zirkon, monazit, dan ilmenit serupa dengan yang dijumpai di daratan.

GEOLOGI PULAU KALIMANTAN

Pulau Kalimantan sebagai bagian dari Paparan Sunda dibentuk oleh batuan beku granitik, terobosan batuan beku dari seri kalk-alkali hingga alkali (tonalit, granodiorit, monzonit, granit ribeckit), sebagian kecil metamorfik dan sedimen; berumur dari Paleozoikum hingga Kuartar yang dapat diterangkan sebagai berikut (Gambar 1), yaitu:

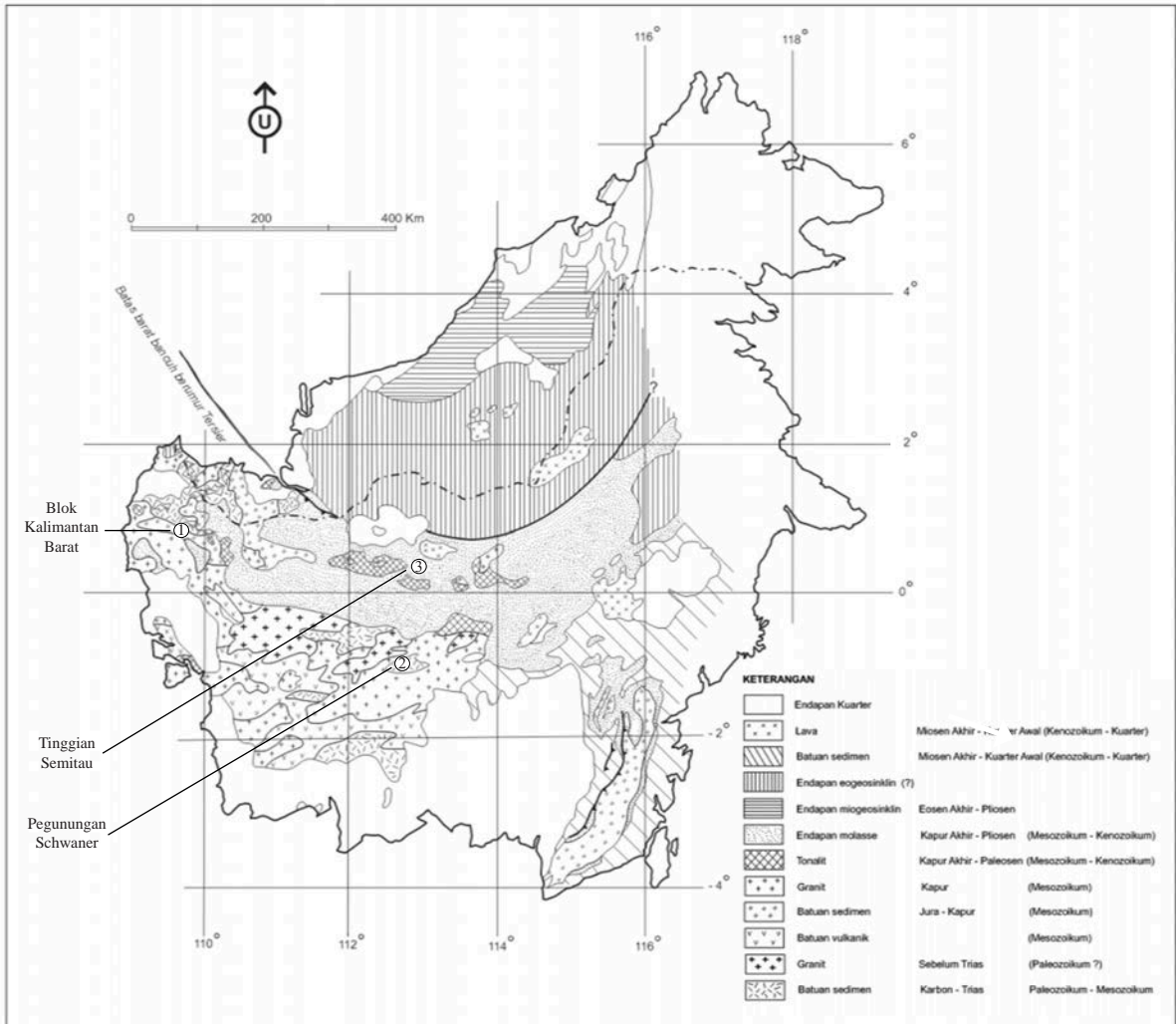
1. Periode Paleozoikum - Mesozoikum

Bagian tengah Kalimantan (Pegunungan Schwaner/*Schwaner High*). Wilayah ini telah menjadi bagian kerak bumi yang relatif stabil (*craton*) sesudah proses pengulangan sedimentasi, orogenesis dan

penerobosan granit tua selama periode Paleozoikum (Karbon) – Mesozoikum Awal (Trias).

Wilayah bagian utara dan selatan Pegunungan Schwaner. Wilayah ini dibentuk oleh batuan sedimen flysh yang tebal, vulkanik asam – menengah dan lelehan berumur Trias – Jura; yang kemudian diterobos oleh granit berumur Kapur. Terutama di bagian selatan ditutupi secara luas oleh kelompok batuan vulkanik asam dan menengah (Kompleks Matan; Bemmelen, 1949); yang telah diterobos oleh batolit granit berumur Kapur, sehingga mengakibatkan kontak metamorfisme. Sementara di bagian utara pegunungan tersebut tersebar luas andesit, dasit, dan piroklastika yang juga berumur Trias – Jura; yang

diterobos batuan granitik berumur Kapur. Sebagian besar batolit di bagian utara berkomporsi tonalit dan granodiorit seri kalk-alkali yang sebarannya dibagi menjadi dua bagian yaitu di sebelah barat atau ke arah hilir Sungai Kapuas disebut Blok Kalimantan Barat (*West Kalimantan Block*) dan ke bagian hulu Sungai Kapuas membentuk tinggian Semitau (*Semitau High*). Sementara komposisi batolit di bagian selatan disusun oleh batuan granitik seri alkali berupa monzonit atau kadang-kadang granit ribeckit. Menurut Hamilton (1978) sebaran batuan granit merupakan bagian dari kegiatan penerobosan batuan beku yang erat kaitannya dengan penunjaman (*subduction*) lempeng litosfir dari sebelah utara.



Gambar 1. Peta geologi regional Pulau Kalimantan (Haile, 1968; Pupilli, 1973; dan Hamilton, 1978).

2. Periode Mesozoikum - Tersier

Pada periode Kapur Akhir – Miosen Awal di sebelah utara Pegunungan Schwaner diduga terjadi penerobosan batuan-batuan beku terhadap batuan-batuan granitik dan dasit. Lebih jauh lagi bahwa bagian hulu aliran Sungai Kapuas telah diendapkan secara luas batuan sedimen *molasse* Kelompok Plateau untuk membentuk geosinklin Borneo barat laut selama periode Kapur Akhir – Miosen Tengah.

Wilayah Serawak Malaysia. Pada wilayah ini terbentuk jalur Ofiolit Lupa, secara tektonik dapat disebut sebagai zona *mélange* yang diduga merupakan indikasi terjadinya penunjaman berarah barat daya dari lempeng samudera China selatan ke bawah lempeng benua Kalimantan selama periode pergerakan geosinklin Borneo (Katili, 1973 & 1981; Hamilton, 1978; Hutchison, 1973 & 1975 dan Haile *et al.*, 1977). Pada bagian utara zona Ofiolit Lupa yang memanjang sejauh >250 km sepanjang perbatasan Malaysia – Indonesia diendapkan lapisan batuan sedimen Kelompok Rajang (terdiri atas batuan argilit, gresak dan rijang radiolaria) dan Kelompok Baram (terdiri atas batupasir, serpih dan batugamping), yang dihasilkan dari proses sedimentasi pada saat pergerakan geosinklin selama periode Kapur Akhir – tersier (Haile, 1968). Kelompok Rajang disertai oleh ofiolit, rijang radiolarian dan batugamping dengan struktur perlipatan dan sesar bergenting yang disebut *mélange* (Hamilton, 1978).

Pengendapan sedimen kemungkinan berlanjut hingga Pliosen dengan peningkatan pembentukan komponen berukuran kasar (*arenaceous component*) yang menghasilkan endapan-endapan pasir mengandung kuarsa dan kaya akan zirkon dengan sisipan-sisipan lempung, konglomerat kerakal kuarsa dan kerikil batupasir yang sering memperlihatkan ciri perlapisan silang-siur menandakan bahwa sedimen berasal dari sumber di sebelah timur laut.

3. Periode Kuartar

Sedimen berumur Plistosen hingga Resen diendapkan dalam lingkungan dataran banjir dan sungai. Periode terakhir pengendapan sedimen berlangsung dari Holosen hingga sekarang dan terbentuk selama dua siklus transgresi dan regresi laut, yang menyebabkan pembentukan daratan dan pantai. Saat ini sebagian besar sungai (seperti yang ditunjukkan oleh Sungai Katingan) umumnya memotong bagian bawah cekungan Barito. Banyak

ditemukan bahwa keberadaan dan geomorfologi mineral aluvium saat ini kemungkinan berkaitan dengan peristiwa di atas. Partikel-partikel emas aluvium ditemukan paling sedikit dalam dua satuan yang diendapkan secara tidak selaras di atas sedimen berumur Plistosen dan aluvium yang berada di bawah aliran sungai sekarang.

DISKUSI

Batuan Sumber Zirkon di Kalimantan

Terdapat beberapa parameter yang dapat dijadikan penunjang terjadinya kondisi atau lingkungan pengendapan *placer* mengandung zirkon di Pulau Kalimantan, antara lain:

1) Bahwa pulau ini merupakan kerak bumi yang relatif stabil (*craton*) dan bagian dari paparan benua yang dibentuk terutama oleh batuan beku seri kalk-alkali – alkali (granit, granodiorit, tonalit, dan monzonit) berumur Paleozoikum – Mesozoikum, dianggap sebagai sumber utama pemasok mineral zirkon; meskipun tidak menutup kemungkinan batuan sumber lain berumur lebih muda yang berasal dari hasil ubahan dan rombakan batuan sumber utama. Sebagai pembanding bahwa di Asia Tenggara tercatat penemuan konsentrasi zirkon berskala besar di dalam aluvium yang berasal dari batuan-batuan berumur Pramesozoikum yaitu terutama dalam kompleks batuan berumur Prakambrium (Tabel 2).

2) Letaknya di wilayah beriklim tropis dengan kelembaban tinggi sehingga proses pelapukan mekanis dan kimiawi berlangsung intensif dan menjadi faktor-faktor penentu terjadinya tingkat dan bentuk mineral-mineral setelah dipisahkan dari sumbernya.

3) Pulau ini termasuk ke dalam lingkungan pengendapan benua, sehingga *placer* yang terbentuk akan ditandai oleh tingginya nilai satuan mineral dan rasio limbah: produk serta lebarnya kisaran ukuran, bentuk dan sebaran partikel. Ukuran partikel mineral-mineral logam dan batuhias (*gemstone*) berkisar dari mikron hingga kristal atau *nugget*, dengan bahan-bahan limbah terdiri atas campuran koloida, lempung, pasir, kerikil, dan bongkah. Pengendapan mineral-mineral berharga dengan berat jenis lebih tinggi terjadi secara selektif dan diendapkan di sekitar lingkungan batuan sumbernya, sementara

mineral-mineral berharga dengan berat jenis lebih ringan akan menempuh perjalanan lebih jauh dan dapat terkonsentrasi dalam proporsi ekonomis di lingkungan berbeda.

Berdasarkan kondisi geologi Pulau Kalimantan (Gambar 1) dan acuan sebaran mineral berat di Wilayah Asia Tenggara (Tabel 2), maka yang dapat berperan sebagai sumber utama pemasok mineral zirkon di Pulau Kalimantan adalah batuan-batuan granitik berumur Paleozoikum hingga Mesozoikum yang sebarannya berada di wilayah-wilayah: Pegunungan Schwaner, Blok Kalimantan Barat, dan Tinggian Semitau. Batuan sumber utama dari ketiga wilayah tersebut pada umumnya merupakan batuan beku dari seri kalk-alkali hingga alkali yang terdiri atas granit, granodiorit, tonalit, dan monzonit walaupun tidak menutup kemungkinan bahwa batuan-batuan sedimen yang berasal dari hasil rombakan dan daur

ulang batuan sumber utama kemudian menjadi tempat terkonsentrasinya mineral zirkon dan mineral berat lainnya.

Lingkungan Pengendapan Zirkon di Pulau Kalimantan

Terutama lingkungan pengendapan *placer* benua dari sublingkungan fluvial mempunyai keterkaitan dengan sistem aliran sungai masa kini yang sebarannya berada antara wilayah pegunungan dan laut, dengan sedimen yang menjangkau zona luas dan dapat membentuk suatu reservoir bervolume besar mengandung mineral-mineral berharga, di antaranya zirkon. Kemungkinan endapan yang terbentuk sangat beragam yaitu berupa kipas aluvium, dataran banjir, *braid bar* dan pulau-pulau, *point bar* dan teras.

Kipas aluvium diendapkan di lingkungan da-

Tabel 2. Sebaran Mineral Berat dan Kaitannya dengan Umur Geologi dan Batuan Sumber di Wilayah Asia Tenggara (Noakes, 1976 dalam Macdonald, 1983)

Umur Geologi	Batuan Sumber	Mineral Berat	Ciri Khusus
Prakambrium	Kompleks termasuk granitik, genes, dan sekis	Zirkon, ilmenit, monazit, dan sedikit rutil	Kemungkinan sebaran hingga China
Prakambrium s.d. Paleozoikum	s.d.a.	Zirkon, ilmenit, monazit, dan rutil	Terutama zirkon
Terutama Paleozoikum	Batuan metamorfik tingkat rendah umur Paleozoikum dan Devon Awal yang diterobos granit Hercynian (Karbon Bawah)	Zirkon, ilmenit, monazit, dan sedikit rutil	Diperlukan penyelidikan lebih jauh
Terutama Mesozoikum	Terobosan granit	Tidak ada catatan keberadaannya dalam batuan induk	Kemungkinan daur ulang melalui sedimen berumur Mesozoikum
Karbon Akhir s.d. Trias	(a) Granit biotit berbutir kasar (b) Granit bermika berbutir halus - menengah (c) Adamelit	Kasiterit berasosiasi dgn <i>leucoxene</i> , jejak zirkon, monazit, xenotim, tanto kolumbit	(a) Paling sesuai dengan Kasiterit (b) Berpeluang kecil untuk kasiterit (c) Berpeluang paling kecil untuk kasiterit
Paleozoikum	Andesit dan basal hingga metasedimen dan granit	Titano-magnetit, ilmenit dan <i>leucoxene</i> , jejak zirkon dan rutil	
Mesozoikum: Batuan Tersier dan vulkanik Kuartar	- Sedimen, vulkanik, dan terobosan batuan beku menengah berumur Kenozoikum dgn. setempat batuan sedimen, granit dan basa berumur Mesozoikum. -Vulkanik asam sampai ultrabasa berumur Mesozoikum.	Titano-magnetit	Vulkanik Kuartar, umumnya dengan kandungan tinggi Ti dibanding batuan berumur lebih tua. Berkaitan dengan perkembangan busur kepulauan

taran sebagai hasil kerja sungai yang mengalir dari wilayah pegunungan, terbentuk sebagai formasi sedimen terdiri atas *lag gravel*, yaitu kerikil yang diendapkan di bagian dasar sungai melalui proses menggelinding (*rolled*) dan seretan (*dragged*) serta fasies fluvial dari bagian hilir sungai.

Sedimen dataran banjir diendapkan di bagian batas sungai selama sungai mengalami banjir, biasanya mengandung partikel halus logam emas dan mineral-mineral berharga dengan jumlah yang signifikan. Dataran sungai yang berasosiasi dengan suatu lembah diperkirakan menyediakan wadah/tempat sementara untuk terkonsentrasinya mineral-mineral berharga berkadar rendah yang suatu saat berkembang menjadi bernilai ekonomis.

Braid bar atau pulau-pulau yang dibentuk oleh aliran sungai teranyam (*braided stream*) disusun terutama oleh partikel sedimen berukuran kasar yang diendapkan di bagian tengah sungai dan memungkinkan mengandung asosiasi mineral-mineral berharga seperti zirkon. Sedimen pada *bar* dan pulau-pulau sungai ini dibangun oleh akresi vertikal dan berbentuk lensa-lensa beraneka ukuran.

Point bar merupakan endapan sedimen yang terbentuk secara bertahap melalui proses akresi setempat di bagian dalam *meander* sungai yang berbelok-belok (*sinuous channel*). Karakteristik sekuen endapan ini beragam dan dikendalikan oleh ukuran lebar saluran sungai, tetapi terutama ditentukan oleh dalamnya saluran sungai. Pada bagian dasar saluran sungai diendapkan bahan-bahan sedimen berbutir paling kasar pembentuk *point bar* yang disebut *channel-floor lag* terdiri atas kerikil, kepingan-kepingan batulumpur, potongan kayu dan tulang, serta bahan-bahan *debris* berbutir kasar. Sementara bagian atasnya berubah menjadi pasir berukuran halus - sangat halus dengan tekstur gelembur - gelombang dan laminasi. Ketebalan endapan ini dapat terbentuk dalam beragam ukuran dan disusun oleh satu lapisan atau lebih, bergantung pada kedalaman saluran sungainya, sedangkan luas sebaran dikendalikan oleh bentuk belokan (*sinuosity*) saluran sungai (Friedman dan Sanders, 1978)

Teras sungai merupakan hasil rombakan dan pengendapan ulang sedimen mengandung mineral-mineral berharga tersebar, dapat terbentuk secara tunggal atau berpasangan.

Mengacu pada bentuk pola aliran sungai di Pulau

Kalimantan (Gambar 2), maka diperkirakan terdapat beberapa sungai utama yang berperan penting dalam membentuk lingkungan pengendapan dan konsentrasi mineral zirkon, yaitu:

- Sungai Sambas, Sungai Landak dan Sungai Kapuas di wilayah Blok Kalimantan Barat, dengan batuan sumber zirkon yang dilewatinya berupa granit dan tonalit.
- Sungai Kapuas di wilayah Tinggian Semitau yang memotong batuan sumber tonalit.
- Sungai Melawi, Sungai Pembuang, Sungai Sampit, Sungai Katingan, Sungai Kahayan, dan Sungai Barito di wilayah Pegunungan Schwaner yang melewati batuan sumber granit, granodiorit, tonalit, dan monzonit.

Endapan-endapan *placer* yang mengandung zirkon di Pulau Kalimantan teridentifikasi dari hasil pendulangan aluvium untuk mendapatkan emas dan intan (Rodiana, 2007), yang hingga saat ini masih terbatas di daerah-daerah tertentu dalam wilayah Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah (Gambar 2), sebagai berikut:

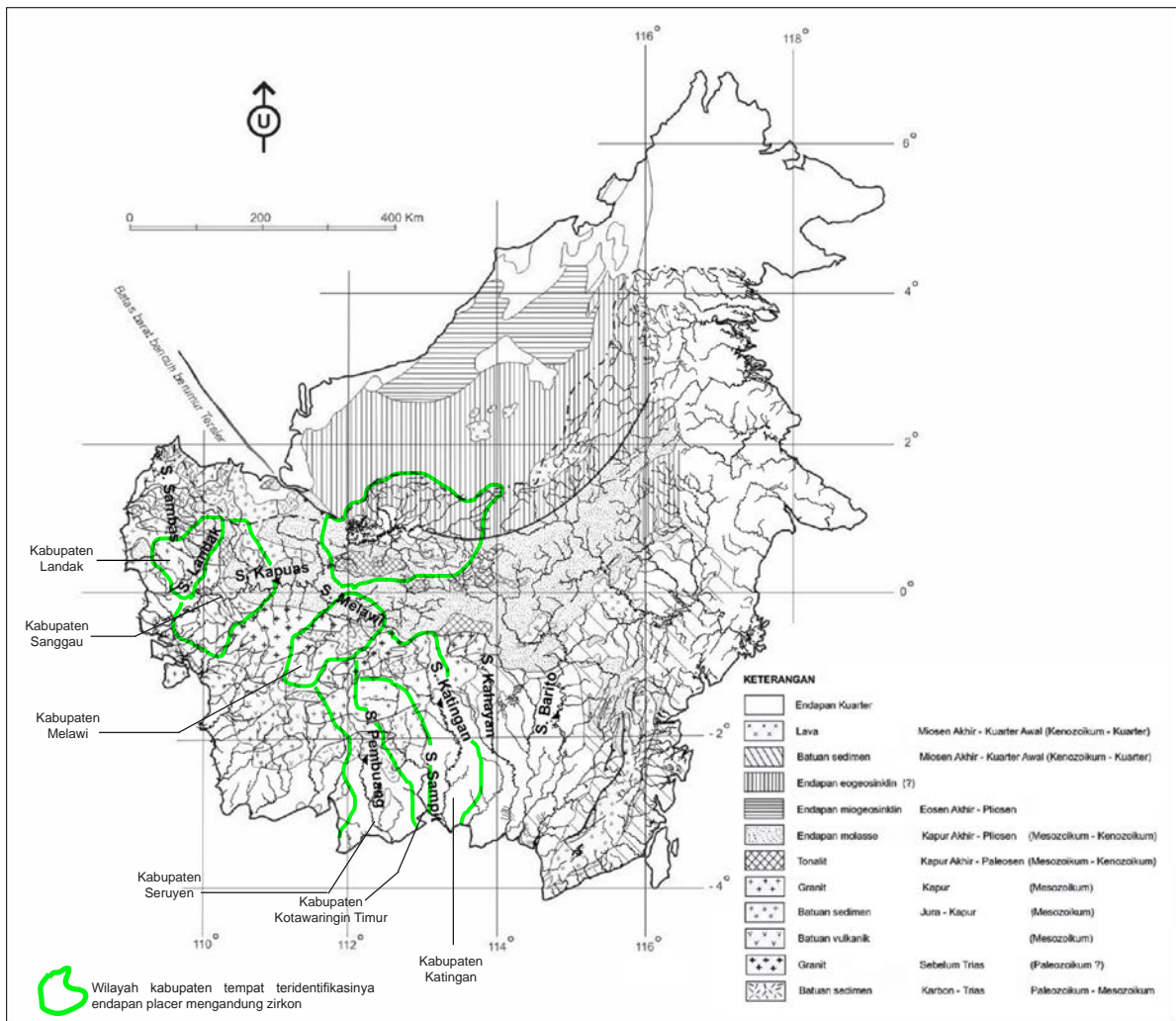
Kalimantan Barat

Kabupaten Kapuas Hulu

Zirkon berasosiasi dengan emas ditemukan dalam endapan *placer* dari jenis *point bar* yang teridentifikasi sebagai bagian dari aluvium purba, tersebar di wilayah-wilayah pertambangan rakyat di desa Nanga Sangan, Riam Mengelai dan Nanga Betung, Kecamatan Boyan Tanjung. Aluvium purba dapat dikenali dengan mudah karena membentuk bentang alam dataran aluvial, sementara ketebalan endapan *point bar* yang dapat teridentifikasi dari bukaan penambangan berkisar antara 6 hingga 10 meter (Gambar 3). Volume kandungan zirkon berdasarkan hasil analisis butir mineral dapat mencapai 10% dari volume total konsentrat hasil pendulangan (Tim Konservasi Kapuas Hulu-PMG, 2006), diduga merupakan hasil rombakan dari batuan sumber tonalit yang membentuk Tinggian Semitau.

Kabupaten Landak

Di daerah lingkungan Demuan, Sei Ruang Baam dan Sei Pantek; Desa Tebedak, Kecamatan Ngabang, zirkon ditemukan di dalam aluvium yang diduga merupakan hasil rombakan batuan granitik dan tonalit berasal dari Blok Kalimantan Barat. Zirkon teridentifikasi berukuran butir sangat halus bersama mineral berat lain dengan volume kandungan



Gambar 2. Peta lokasi sejumlah wilayah kabupaten di Pulau Kalimantan, tempat teridentifikasinya endapan *placer* mengandung zirkon.

berkisar 0,0001% hingga 0,14% di dalam endapan aluvial masa kini dan purba yang masing-masing mempunyai luas sebaran antara 165 hingga 360 ha, ketebalan rata-rata antara 2,75 hingga 8,5 m.

Kabupaten Sanggau

Placer mengandung zirkon di wilayah kabupaten ini terdapat di dua lokasi: Saeh Miru, Bayan Beruang, Sei Tekam, Desa Malenggang, Kecamatan Sekayam dan daerah Empado, Maengkok Sei Menduk, Desa Sejotang, Kecamatan Tayan Hilir. *Placer* merupakan bagian dari aluvium masa kini dan purba, hasil rombakan batuan granitik dan tonalit berasal dari Pegunungan Schwaner yang dibawa oleh aliran

Sungai Kapuas dan Sungai Tayan. Luas sebaran mencapai lebih dari 300 ha, ketebalan rata-rata berkisar antara 3,25 hingga 4,5 m dan mengandung 0,0001 – 0,00015% zirkon, berasosiasi dengan emas yang hingga saat ini masih ditambang dengan cara pendulangan.

Kabupaten Melawi

Zirkon di dalam *placer* berasosiasi dengan emas di daerah-daerah bekas penambangan emas aluvial, ditemukan di 12 lokasi yang tersebar di lima wilayah kecamatan: Nanga Pinoh, Nanga Ella Hilir, Menukung, Nanga Sayan, dan Nanga Sokan. Mineral terdiri atas butiran berukuran halus – sedang,



Gambar 3. Endapan *point bar* mengandung zirkon, emas, magnetit, dan ilmenit bagian dari aluvium purba di wilayah penambangan emas rakyat Desa Nanga Sangan, Kecamatan Boyan Tanjung, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat (Tim Konservasi Kapuas Hulu-PMG, 2006).

warna bervariasi, bentuk butir menyudut tanggung dengan volume kandungan zirkon umumnya <7% dan dapat mencapai hingga 34,48% dari volume total konsentrat. Sama halnya dengan yang terjadi di Kabupaten Sanggau, bahwa zirkon dalam *placer* di wilayah ini diduga merupakan hasil rombakan batuan sumber granit dan tonalit berasal dari Pegunungan Schwaner.

Kalimantan Tengah

Kabupaten Katingan

Endapan zirkon di daerah ini diduga bagian dari rombakan terutama batuan sumber granitik dan tonalit yang membentuk Pegunungan Schwaner, diendapkan di lingkungan sungai dan pantai; berasosiasi dengan pasir kuarsa dan mineral-mineral berat seperti hematit, rutil dan magnetit. Zirkon juga ditemukan di dalam batuan sedimen, berupa

butiran berukuran halus yang membentuk lapisan tipis berwarna kehitaman. Kandungan zirkon dalam aluvium terdeteksi secara kimiawi berkisar 2,691 hingga 12 ppm dan pernah mencapai 11%.

Kabupaten Seruyan

Mineral zirkon di wilayah ini ditemukan dalam aluvium dan merupakan hasil rombakan dari batuan granitik berasal dari Pegunungan Schwaner, berukuran butir halus berasosiasi dengan kuarsa dan kasiterit. Sebaran aluvium mengandung mineral ini ditemukan di desa-desa Pematang Tambat, Sungai Bakau Pal 7 dan Sungai Pucuk, Kecamatan Seruyan Hilir; desa Sembuluh I, Kecamatan Danau Sembuluh dan desa Asam Baru (Air Kuning), Kecamatan Hanau.

Kabupaten Waringin Timur

Salah satu jenis zirkon di wilayah ini teridentifikasi mempunyai titik lebur sekitar 2430° C dan

dimanfaatkan untuk bahan refraktori tinggi, sementara zirkon lainnya digunakan untuk pelapis dan perhiasan. Sebaran zirkon ditemukan di wilayah Kecamatan Mentaya Hilir Selatan dan Kecamatan Mentaya Hulu, teridentifikasi berada di dalam aluvium hasil rombakan terutama batuan sumber granit yang berasal dari bagian tepi Pegunungan Schwaner.

Terdapat kemungkinan lain keberadaan zirkon di dalam endapan *placer*, yaitu pada lingkungan transisi. Jenis ini memiliki ketergantungan pada kegiatan erosi air laut di sepanjang perbatasan daratan dan laut yang dipengaruhi variasi besarnya gaya tarik matahari dan bulan. Kedua gaya tarik tersebut akan menciptakan kekuatan dan tingginya gelombang pasang untuk meningkatkan percepatan kegiatan erosi dan pembentukan ulang garis pantai. Mineral-mineral berharga terkonsentrasi pertama kali di sekitar batas terbentuknya gelombang dan yang terpenting bahwa endapan pantai terjadi sebagai tubuh melensa pada bagian dasar gosong pasir. Endapan *placer* transisi dari sublingkungan garis pantai menarik untuk dievaluasi karena dibentuk oleh kerja gelombang pasang, arus, dan angin. Endapan mineral-mineral utama dengan berat jenis lebih rendah dan resistan dapat terdiri atas rutil, ilmenit, zirkon, dan monazit; kadang-kadang berasosiasi dengan emas, platinum, timah, dan intan bergantung pada batuan sumbernya.

Lebih jauh lagi adalah lingkungan pengendapan laut terutama *placer* di bawah permukaan air laut dengan kondisi transisi atau benua; terdiri atas sedimen hasil rombakan batuan sumber berasal dari daerah pantai, sungai dan lereng yang mengalami perombakan ulang selama periode penenggelaman. Lingkungan ini dapat membentuk sebaran luas ke arah laut, dari garis pecahnya ombak pada kedalaman air di bawahnya tempat jatuhnya orbit gelombang. Di daerah lepas pantai kemungkinan ditemukan endapan *placer* mengandung rutil, zirkon, monazit, dan ilmenit serupa dengan yang dijumpai di daratan.

Kedua jenis endapan *placer* yang disebut terakhir ini diperkirakan dapat ditemukan di bagian-bagian garis pantai dan laut dalam wilayah Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah.

KESIMPULAN

Walaupun hingga saat ini baru teridentifikasi sebaran *placer* mengandung zirkon dalam lingkungan terbatas (Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah), telah dibuktikan bahwa Pulau Kalimantan yang dibentuk terutama oleh batuan beku dari seri kalk-alkali – alkali (granit, granodiorit, tonalit dan monzonit) berumur Paleozoikum – Mesozoikum, berpeluang besar menyediakan lingkungan pengendapan *placer* benua terutama dari kategori sublingkungan fluvial. *Placer* mengandung zirkon diduga merupakan bagian dari aluvium purba (paleo-alluvium) yang diendapkan oleh sungai-sungai yang berhulu atau melewati/memotong batuan-batuan sumber mineral tersebut. Dengan demikian dapat diinterpretasikan bahwa *placer* mengandung zirkon dimungkinkan mempunyai sebaran luas yang berada antara wilayah batuan sumber dan laut, sebagai berikut:

- Wilayah aliran Sungai Sambas, Sungai Landak, Sungai Kapuas, Sungai Melawi dan sungai-sungai lain di Kalimantan Barat yang berhulu ke Blok Kalimantan Barat (*West Kalimantan Block*), Tinggian Semitau (*Semitau High*) dan Pegunungan Schwaner (*Schwaner High*).
- Wilayah aliran Sungai Pembuang, Sungai Sampit, Sungai Katingan, Sungai Katingan, dan sungai-sungai lain di Kalimantan Tengah yang berhulu ke Pegunungan Schwaner.
- Wilayah aliran Sungai Barito dan sungai-sungai lain di Kalimantan Tengah yang berhulu ke Pegunungan Schwaner dan Tinggian Semitau.

Dengan pemahaman bahwa zirkon memiliki daya tahan tinggi terhadap pelapukan dan abrasi, maka akumulasi mineral ini diharapkan dapat membentuk konsentrasi bernilai ekonomis di lingkungan pengendapan transisi sublingkungan garis pantai (*strandline sub-environment*) dan lingkungan pengendapan laut (*marine environment*), mulai dari pantai/laut di wilayah Kalimantan Barat hingga Kalimantan Timur yang mempunyai keterkaitan erat dengan aliran-aliran sungai yang berhulu ke daerah-daerah batuan sumber zirkon.

Ucapan Terima Kasih—Penghargaan yang tinggi disampaikan kepada rekan Sutrisno, M.Sc. dan Yuman Pertamina, ST yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi dan upayanya dalam penyempurnaan estetika ilustrasi pelengkap karya

tulis. Terima kasih yang tidak terhingga kepada setiap individu yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah ikhlas memberikan bantuan moril dalam proses penyusunan karya tulis ini.

ACUAN

- Friedman, G.M. and Sanders, J.E., 1978. *Principles of Sedimentology*, John Wiley & Sons, New York
- Haile, N.S., 1968. Geosynclinal Theory and Organizational Pattern of The Northwest Borneo Geosyncline. *Quarterly Journal of Geological Society, London* 124, h.171-195
- Haile, N.S., McElhinny, M.W., and McDougal, I., 1977. Paleomagnetic Data and Radiometric Ages from The Cretaceous of West Kalimantan (Borneo) and Their Significance in Interpreting Regional Structure. *Geological Society of London Quaternary Journal*, 133, h.133-144
- Hamilton, W., 1978. Tectonics of The Indonesian Region, *USGS Prof. Paper 1078*
- Hutchison, C.S., 1973. Tectonic Evolution of Sundaland: A Phenerozoic Synthesis, *Geol. Soc. Malaysia, Bulletin* 6, July, h.61-68
- _____, 1975. Ophiolite in South Asia. *Bulletin of Geological Society of America*, 86, h.797-806
- Katili, J.A., 1973. Geochronology of West Indonesia and Its Implication on Late Tectonics. *Tectonophysics* 19, h.195-212
- _____, 1981. Geology of South Asia with Particular Reference to The South China Sea. *Bulletin of the Geological Research and Development Center of Indonesia No. 4*, March 1981, h.1-12
- Macdonald, E.H., 1983. *Alluvial Mining – The geology, technology and economics of placers*, London-New York, Chapman and Hall
- Pupilli, M., 1973. Geological Evolution of South China Sea Area Tentative Reconstruction from Borderland Geology and Well Data Proceeding. *Indonesian Petroleum Association, Second Annual Convention, Proceedings*.
- Rodiana Eddy, H., 2007. Potensi Pasir Zirkon di Provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol. 2 No. 1, April 2007
- Tim Konservasi Kapuas Hulu, 2006. *Laporan Evaluasi Sumber Daya-Cadangan Bahan Galian Untuk Pertambangan Skala Kecil di Kapuas Hulu, Kalimantan Barat*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Badan Geologi, Pusat Sumber Daya Geology.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. The Hague Netherland Gov. Printing Office