

**TINJAUAN UMUM POTENSI SUMBERDAYA MONASIT DI DAERAH KETAPANG
KALIMANTAN BARAT****Bambang Soetopo, Hery Syaeful, Anang Marzuki, Slamet Sudarto**Pusat Pengembangan Geologi Nuklir – BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 9, Pasar Jumat, Jakarta 12440

Masuk: 2 Agustus

Revisi: 26 September

Diterima: 19 Oktober

ABSTRAK

TINJAUAN UMUM POTENSI SUMBERDAYA MONASIT DI DAERAH KETAPANG KALIMANTAN BARAT. Monasit adalah salah satu mineral yang mengandung unsur thorium dan unsur tanah jarang. Secara geologi daerah penelitian terdapat indikasi mineral radioaktif yaitu monasit pada endapan aluvial yang bersumber dari batuan granit. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan perolehan informasi karakter geologi, sebaran dan potensi sumberdaya bahan galian mineral radioaktif dan perolehan informasi tersedianya area prospek mengandung monasit guna ditindak lanjuti penyelidikan eksplorasi detail. Hasil penelitian di Daerah Pangkalan Telok, Ketapang menunjukkan bahwa secara geologi batuan terdiri dari satuan lempung, satuan granit Sangiyang, satuan granit Sukadana, satuan diorit, satuan basalt dan aluvial. Akibat proses pelapukan, transportasi dan sedimentasi, maka batuan granit, mineral monasit serta zirkon terlepas dan terendapkan sebagai aluvial yang tersebar berarah Utara – Selatan. Hal ini tercermin dari nilai pengukuran radioaktivitas mineral berat, yang berkisar antara 100 – 700 c/s dan nilai radiometri soil sebesar 100 – 300 c/s. Nilai radiometri tersebut terdapat di bagian timur yang diperkirakan berasal dari granit Sukadana. Pola penyebaran radiometri soil, mineral berat dan kadar U dan Th mempunyai arah relatif barat laut – tenggara, dengan luas area 91.511.200 m² mempunyai kadar Th rata-rata 1,97 – 46,98 ppm/gram.

Kata kunci: geologi, monasit, Ketapang

ABSTRACT

GENERAL REVIEW MONAZITE RESOURCES POTENTIAL AT KETAPANG AREA, WEST KALIMANTAN. Monazite is one of the minerals that contain thorium and rare earth element (RE). Geologically at study area there are indications radioactive minerals that is monazite in alluvial sediments sourced from granitic rocks. The purpose of this study to obtain information of geological character, distribution and mining of mineral resource potential of radioactive materials and availability information area prospects containing monazite detailed in order to further follow-up exploration. The results in Pangkalan Telok Base Areas, Ketapang show that the geological rock unit consists of clay unit, Sangiyang granite unit, Sukadana granite unit, diorite unit, basalt unit and alluvial. Due process of weathering, transport and sedimentation, then the granitic rock, monazite minerals and zircon separated and deposited as alluvial directional spread North – South. This is reflected from the radioactivity measurements of heavy minerals, which ranged between 100 – 700 c/s and value of soil radiometric of 100 – 300 c/s. Radiometry values are included in the eastern part of which is predicted to originate from Sukadana granite. Patterns of distribution of soil radiometry, heavy mineral and content of U and Th have the relative direction of northwest – southeast, at area of 91,511,200 m² has an average Th content of 1.97 to 46.98 ppm/gram.

Keywords: geology, monazite, Ketapang

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Keberadaan mineral monasit di daerah penelitian telah teridentifikasi dari hasil penelitian sebelumnya. Berdasarkan analisis granulometri pada beberapa contoh mineral berat (contoh sedimen aktif), kandungan monasit dari konsentrat mineral berat pada beberapa contoh mencapai 63% dan keterdapatan zirkon pada beberapa contoh mencapai 40%. Hasil analisis butiran dari contoh batuan mengandung thorium (Th) hingga 0,11%. Keberadaan mineral radioaktif tersebut diinterpretasikan berasal dari granit alkali dengan komposisi K-felspar, kuarsa dan plagioklas^[1,2]. Mineral monasit dijumpai berasosiasi dengan zirkon, apatit dan alanit dengan nilai radioaktivitas endapan alluvial berkisar 250 – 1.000 c/s, dan nilai radioaktivitas mineral berat terambil antara 55 -1.500 c/s^[1,2]. Dari hasil tersebut perlu dilakukan penelitian yang lebih detail untuk mengetahui potensi mineral monasit serta thorium yang ada di daerah penelitian.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan informasi karakter geologi, sebaran dan potensi sumberdaya monasit dan thorium di daerah penelitian.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif termasuk dalam wilayah Desa Pangkalan Telok, Kecamatan Nanga Tayap, Kabupaten Ketapang (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Monasit adalah salah satu mineral radioaktif secara kimiawi dalam senyawa thorium pospat dan cerium dengan komposisi (Ce,La,Th,Y) PO₄. Cerium adalah unsur tanah jarang (*rare earth element*) dengan senyawa oksida dari logam lanthanium, samarium, praseodymium, neodymium, promethium dan europium. Monasit dan elemen asosiasinya, secara geologi terbentuk oleh siklus sekuen pengendapan sedimen produk endapan plaser aluvial dan pantai. Dengan kondisi tersebut, maka monasit relatif mempunyai kemudahan dalam proses eksplorasi, penambangan dan kemudahan dalam konstruksi sarana prasarana penyediaan fasilitas tambang.

Keberadaan sedimen Kuartar di daerah Pangkalan Telok dan sekitarnya sangat dipengaruhi oleh material lepas hasil pelapukan, proses transportasi - sedimentasi, lingkungan pengendapan, keberadaan dan jarak dengan batuan sumber granitik mengandung mineral radioaktif^[3]. Berkaitan dengan kondisi keberadaannya tersebut maka untuk mendeliniasi area potensial mengandung mineral radioaktif adalah dengan mempertimbangkan beberapa parameter sebagai berikut^[3]: keberadaan batuan sumber yang tersusun oleh batuan granit *felsic* atau hidrothermal atau *pneumatolitic quartz injection* yang terdapat pada suatu tinggian berjarak > 50 m, di daerah kajian terdapat di bagian sekitar aluvial. Pada daerah kajian terdapat indikasi adanya konsentrasi mineral berat disekitar batas batuan intrusi granit. Adanya indikasi proses pelapukan kimia yang intensif, dalam dan berkembang lanjut sangat membantu dalam proses pengkayaan mineral berat.

Secara ekonomis, penangkapan bijih konsentrat mineral berat sekunder telah mengalami transportasi dengan jarak 1.5 - 3 km dari sumber. Transportasi yang terjadi pada jarak yang jauh lebih dari 8 km dapat menghasilkan konsentrasi mineral berat di daratan pantai. Mineral berat endapan eluvial terdapat pada bedrock dengan sebaran yang luas dan mempunyai bentuk butir menyudut dan secara umum berasosiasi dengan sedimen kuartar

PERALATAN DAN TATAKERJA

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa perlengkapan lapangan dan laboratorium antara lain; kompas geologi, kamera digital, palu geologi, peta geologi, GPS, dulang, detektor gamma SPP 2 NF, timbangan, mikroskop binokuler dan voltametri.

Tatakerja

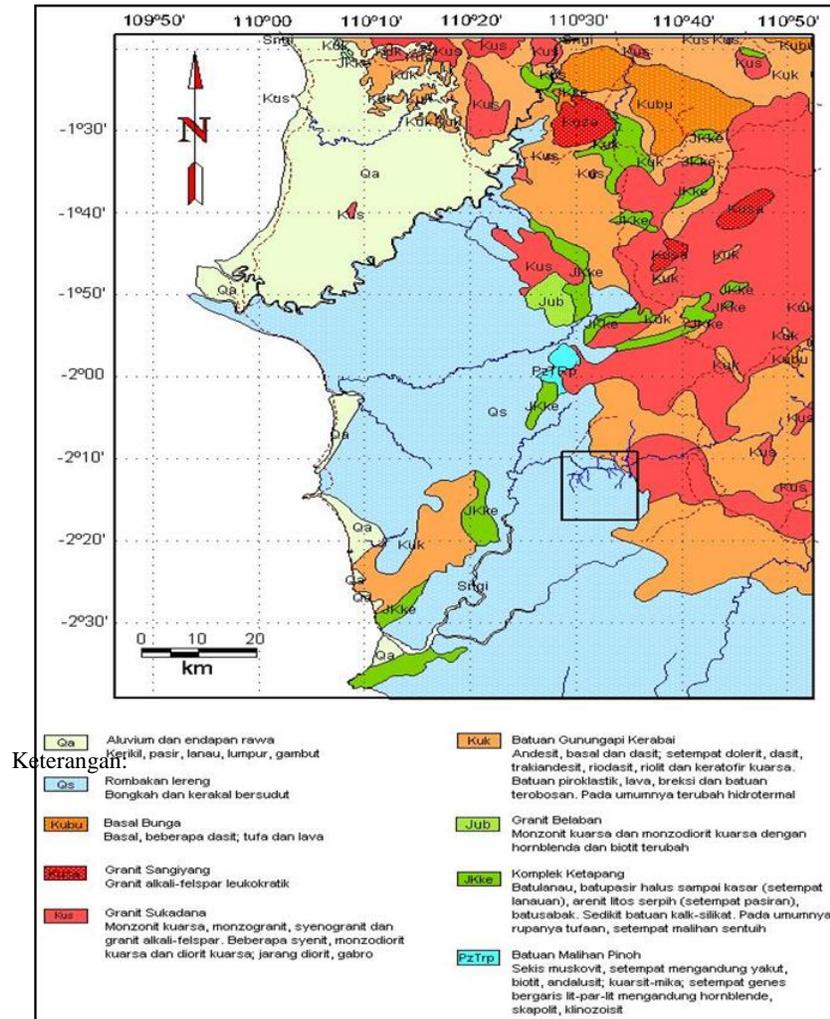
1. Tahap persiapan meliputi ijin kepada pemerintah setempat, analisis data sekunder dan penentuan daerah target.
2. Pengambilan data lapangan meliputi pengambilan posisi geografis lokasi pengamatan menggunakan GPS, pemetaan geologi, pembuatan parit uji berdasarkan hasil pemetaan geologi, pengukuran radioaktivitas, dan pengambilan contoh batuan serta mineral berat.
3. Analisis laboratorium, meliputi analisis kimia kualitatif dan kuantitatif contoh mineral berat guna mengetahui kadar Th, dan analisis mikroskopis guna mengetahui mineral monasit, zirkon dan asosiasi mineral lainnya.
4. Evaluasi data lapangan dan laboratorium

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Regional

Secara regional, geologi Daerah Ketapang terdiri dari satuan batuan malihan Pinoh yang

berumur Pra Tersier - Tersier, satuan kompleks Ketapang yang berumur Jura, satuan granit Belaban yang berumur Jura, satuan batuan gunung api Kerabai yang berumur Kapur, Satuan granit Sukadana berumur Kapur, satuan granit Sangiyang berumur Kapur, satuan basal Bunga berumur Kapur, satuan rombakan lereng berumur Kuartar dan satuan Aluvium berumur Kuartar (Gambar 2)^[4].

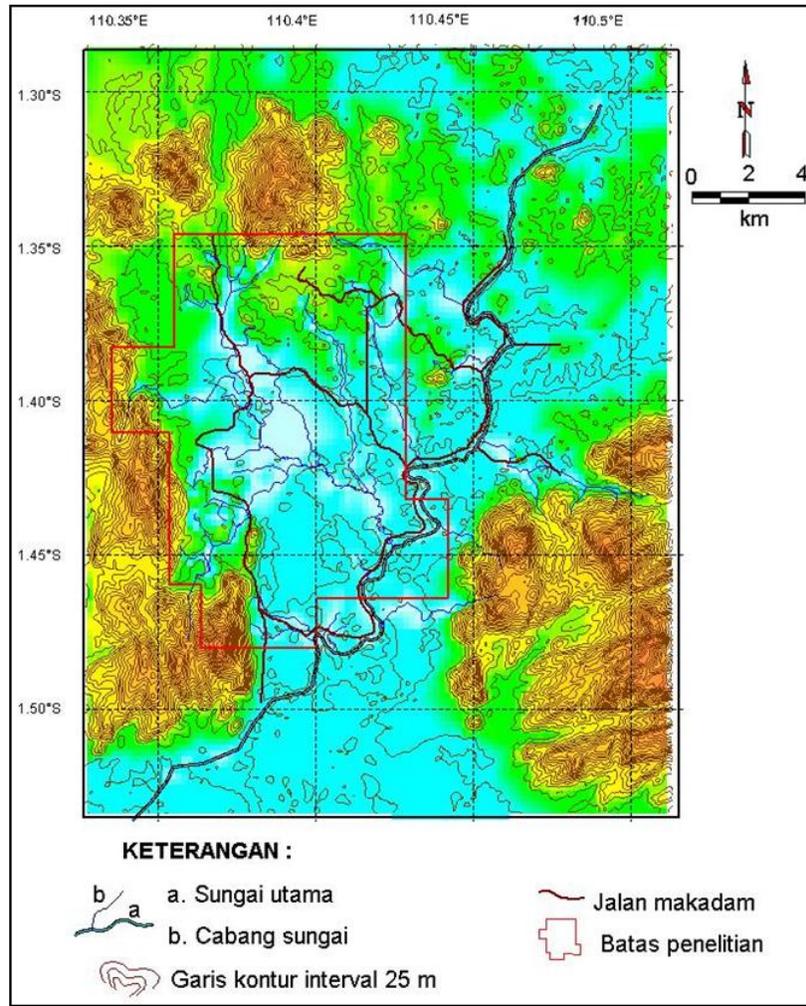


Gambar 2. Peta Geologi Regional daerah Ketapang dan sekitarnya^[4]

Geologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah penelitian merupakan perbukitan bergelombang dengan kemiringan sudut lereng 10° – 40° menempati bagian timur dan barat daerah penelitian. Di beberapa tempat pada bagian tengah daerah penelitian merupakan dataran dan rawa, dengan kemiringan relatif datar (5° – 10°). Pola aliran yang berkembang dentritik dengan sungai utama Sungai Pawan dan

memperlihatkan berbentuk uranium (U). Hal ini menunjukkan bahwa erosi lateral lebih berkembang dibandingkan erosi vertikal. Morfologi dataran tersebut mencerminkan intensitas erosi dan sedimentasi intensif dengan berstadia tua (Gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Peta Topografi Daerah Penelitian

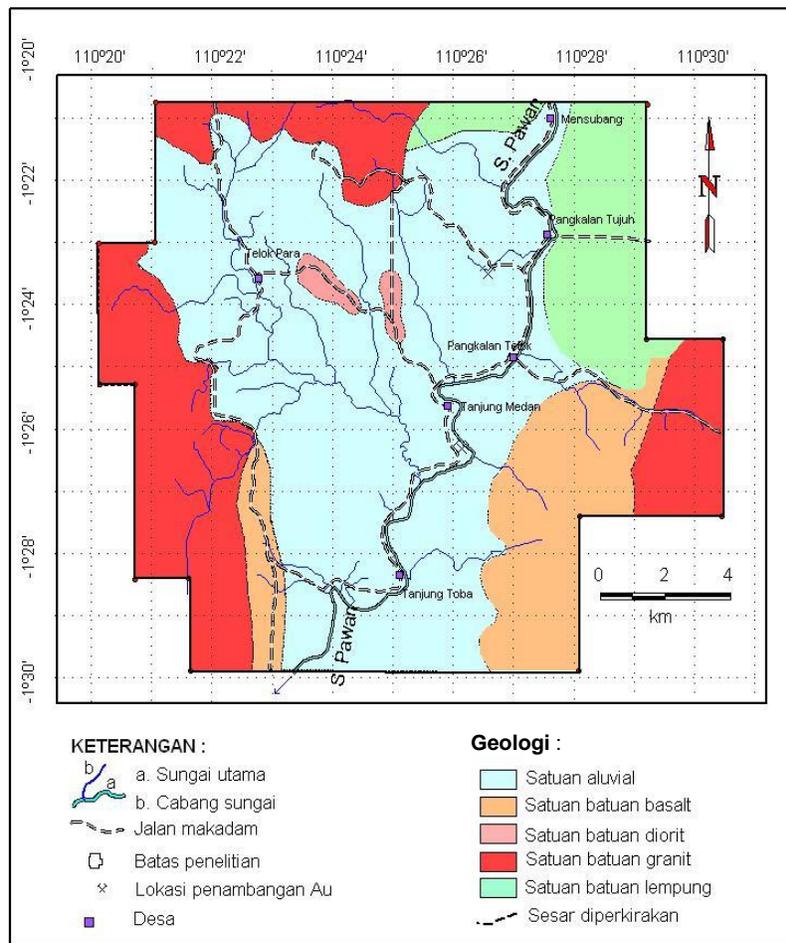
Litologi terdiri dari satuan batulempung, satuan batupasir, terobosan granit, terobosan basal, diorit dan satuan aluvial (Gambar 4).

Rincian masing-masing satuan batuan adalah sebagai berikut:

a. Satuan batulempung

Satuan batulempung merupakan satuan batuan yang tertua, dijumpai di lokasi penelitian yang terdiri dari batupasir dan batulempung. Batupasir warna putih abu-abu, ukuran pasir halus-kasar,

membulat tanggung, terdiri dari kuarsa, feldspar, klorit dan mineral mafik. Batulempung warna abu-abu putih, ukuran lempung, batuan tersebut mendominasi pada satuan lempung. Satuan ini terdapat pada bagian utara daerah penelitian, satuan tersebut merupakan batuan yang tertua. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Satuan tersebut diterobos oleh diorit. Secara geologi regional satuan batulempung tersebut berumur Jura Akhir- Kapur Awal (sekitar 160 – 120 juta tahun yang lalu) ^[4].



Gambar 4. Peta Geologi Daerah Penelitian

b. Terobosan granit Sukadana

Granit warna coklat kemerahan – putih abu-abu, holokristalin, porpiritik, komposisi mineral terdiri dari kuarsa, k feldspar, feldspar, turmalin, monasit, zirkon dan mineral mafik. Secara morfologi batuan granit tersebut menempati daerah perbukitan dan dataran, yaitu daerah sebelah barat sekitar sungai Semandah, sungai Badau, dan sungai Peganggung sampai sungai Bidadari dan Desa Cali. Batuan granit tersebut merupakan batuan yang mengandung mineral monasit dan zirkon yang diindikasikan nilai radioaktivitas relatif tinggi 150 – 500 cps. Batuan granit tersebut

diterobos oleh basal yang mengisi retakan dengan tebal 20 – 70 cm, arah N 220° E miring 82° kearah utara. Berdasarkan nilai radiometri yang mempunyai kisaran dari 150 - 500 cps, dapat diinterpretasikan bahwa granit yang terdapat di daerah ini merupakan plutonik granit yang termasuk dalam kelompok granit alkali yang terbentuk pada fasa pegmatitik (*pegmatitic stage*) pada suhu 550 – 600 °C^[5]. Hasil determinasi K-Argon terhadap biotit dan hornblende diketahui bahwa kelompok batuan granit alkali yang terdapat di daerah penelitian berumur 77 – 15 jtl (Yura – Kapur Akhir)^[6].

c. Satuan granit Sangiyang

Satuan granit Sangiyang yang dijumpai berupa granit, warna putih kemerahan putih abu-abu, porpiritik, komposisi terdiri dari kuarsa, K-feldspar, feldspar, biotit, mineral mafik. Batuan tersebut menempati area timur daerah penelitian yaitu di hulu sungai Aur, dan hulu sungai Miangkat. Satuan granit ini diintrusi oleh basal menurut hasil penelitian terdahulu batuan tersebut berumur Kapur Akhir (sekitar 90 juta tahun)^[4].

d. Satuan diorit

Satuan diorit yang dijumpai berupa batuan diorit warna abu-abu putih – kecoklatan, porpiritik, komposisi mineral terdiri dari K feldspar, feldspar, turmalin, kuarsa, mineral mafik. Batuan tersebut tersingkap sebagai *dome* kecil yang terpisah satu dengan lainnya yang mengintrusi satuan batulempung. Menurut hasil penelitian terdahulu batuan tersebut berumur Kapur Akhir sampai Paleosen Awal (sekitar 90 sampai 60 juta tahun)^[4].

e. Satuan basalt

Satuan basalt yang dijumpai berupa batuan basalt warna abu-abu hitam, afanitik, komposisi terdiri dari feldspar, biotit, klorit, turmalin. Batuan tersebut tersingkap di S. Miangkat, S. Mio, S. Badau dan Sungai Semandah. Menurut hasil penelitian terdahulu batuan tersebut berumur sama dengan Satuan Diorit yaitu Kapur Akhir sampai Paleosen Awal^[4].

f. Satuan aluvium

Satuan aluvium yang terdapat di daerah penelitian berupa aluvial, batupasir lempungan dan batupasir. Hasil pengamatan pada 8 buah parit uji ketebalan satuan aluvium berkisar 1,5 – 3 m. Aluvial, warna coklat kehitaman, ukuran lanau - lempung, tersusun oleh kuarsa, felspar, mineral berat, mengandung material karbon, tebal 20 cm, radiometri berkisar antara 135 – 140 cps. Pasir lempungan, warna coklat, ukuran lempung - lanau, masif, tersusun oleh kuarsa, felspar, mineral berat dan material karbon, tebal 20 – 80 cm, radiometri berkisar antara 150 – 200 cps. Pasir, warna abu-abu putih, ukuran pasir sedang - halus, masif, lunak, dapat diremas, tersusun oleh kuarsa, feldspar, mineral berat dengan radiometri berkisar antara 180 – 210 cps. Satuan aluvium tersebut merupakan hasil rombakan dari batuan granit yang mengandung monasit yang terendapkan di daerah sekitar sungai. Namun mengingat selang waktu pengendapan yang sangat lama dari Kapur – saat ini, tidak menutup kemungkinan telah terbentuk paleoplaser didaerah dataran. Satuan aluvium yang mempunyai nilai radiometri relatif tinggi berkisar 50 – 150 c/s sedang radiometri mineral berat berkisar antara 150 – 700 c/s yang terdapat di S. Semandah dan S. Badau. Hal tersebut disebabkan jarak yang tidak terlalu jauh dari litologi asal batuan granit yang mengandung monasit, zirkon menempati daerah pegunungan disekitar daerah barat lokasi penelitian.

Selain itu endapan aluvium pada Sungai Pawan yang dapat diamati secara langsung adalah disekitar bekas tambang emas Sungai Pawan. Sedangkan dibagian sungai lainnya diperkirakan terdapat cukup dalam pada kedalaman lebih dari 7 m, sehingga memerlukan peralatan khusus seperti mesin bor sebagai alat bantu identifikasi.

Dari pengamatan dan pengukuran lapangan serta didukung dari Analisis citra landsat dan SRTM diketahui bahwa struktur yang berkembang daerah penelitian secara umum berarah utara-selatan, baratlaut-tenggara, timurlaut-baratdaya dan timur barat.

Identifikasi Mineral Monasit

Pengukuran radiometri dilakukan pada singkapan batuan dan soil, bersamaan dengan pengamatan geologi. Pengukuran dilakukan dengan menempelkan bagian probe pada batuan yang tidak tertutup oleh lumut atau air sehingga didapatkan nilai radiometri yang sebenarnya. Pengukuran radioaktivitas menggunakan alat detektor SPP 2 NF. Hasil pengukuran radioaktivitas pada 50 singkapan batuan berkisar antara 25 c/s – 550 c/s, secara rinci pengukuran radioaktivitas batuan lihat tabel 1.

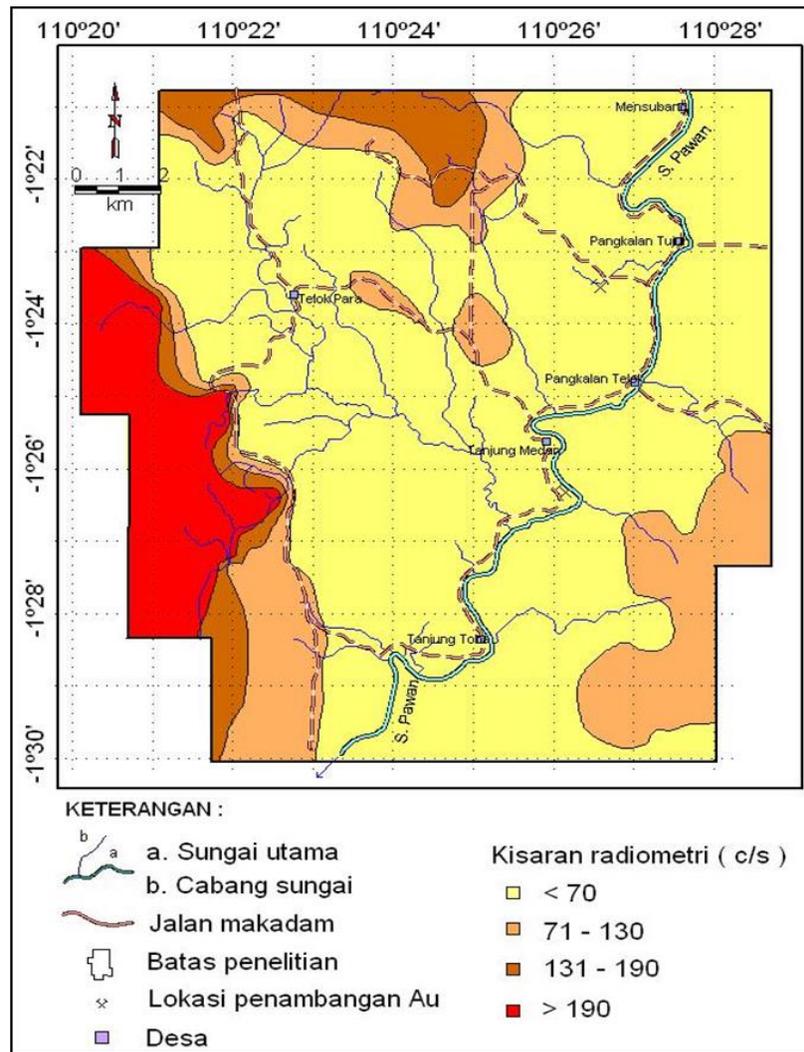
Di lokasi penelitian jarang terdapat singkapan batuan sehingga pengukuran radioaktivitas dilakukan pada soil. Hasil pengukuran radioaktivitas soil pada 125 lokasi menunjukkan nilai radiometri berkisar antara 25 – 75 c/s. Hasil pengukuran radioaktivitas tersebut dibuat peta kesamaan nilai radiometri berupa kontur untuk mengetahui atau mendapatkan gambaran pola sebaran batuan yang mengandung mineral radioaktif (monasit, zirkon). Hasil interpretasi pada isoradiometri soil menunjukkan bahwa pola sebaran mineral radioaktif berarah baratlaut tenggara dan daerah yang prospek pada bagian timur daerah penelitian (Gambar 5).

Tabel 1. Pengukuran Radioaktivitas batuan

No.	Nama Batuan	Radioaktivitas	Anomali Radioaktivitas
1.	Batulempung	25 – 80 cps	-
2.	Granit Sukadana	160 – 200 cps	750 cps
3.	Granit Sangiyang	100 – 150 cps	-
4.	Diorit	75 – 100 cps	-
5.	Basalt	60 – 100 cps	-
6.	Aluvial	40 – 110 cps	-

Contoh mineral berat diperoleh dengan cara melakukan pendulangan sedimen pada beberapa sungai baik di sungai utama maupun pada cabang sungai dan pada parit uji yang dianggap mewakili cakupan area terhadap 125 lokasi. Hasil pengukuran radioaktivitas mineral berat menunjukkan nilai berkisar antara 75 – 800 c/s, nilai radiometri yang tinggi terdapat di Sungai Badau, Sungai Semandah, Sungai Penguluran dan Sungai Pengganggung. Untuk mengetahui pola sebaran mineral berat (monasit) dilakukan pembuatan isoradiometri mineral berat yang didasarkan pada hasil perhitungan statistik radioaktivitas. Hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa nilai rata-rata (M) 78,64 c/s, standart deviasi (S) 71,09 c/s, anomali > 80 c/s dari perhitungan tersebut diketahui bahwa pola kontur radiometri berarah baratlaut tenggara yang mengelompok pada bagian barat (Gambar 6).

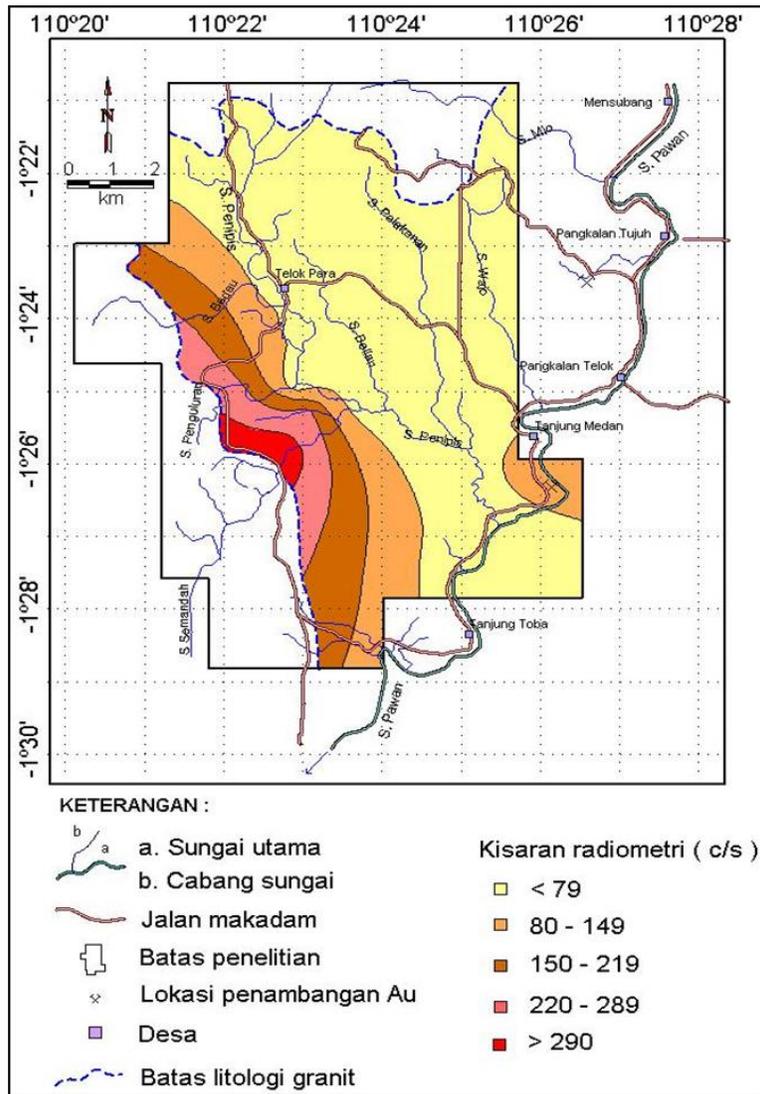
Hal ini menunjukkan bahwa nilai radiometri tertinggi mendekati batuan sumber yaitu batuan granit. Pengambilan contoh mineral berat juga dilakukan pada parit uji (*test pit*) hal ini diharapkan untuk mengetahui persentase mineral berat (monasit) yang terdapat dalam lapisan aluvial yang mengandung mineral monasit.



Gambar 5. Peta Isoradiometri Soil

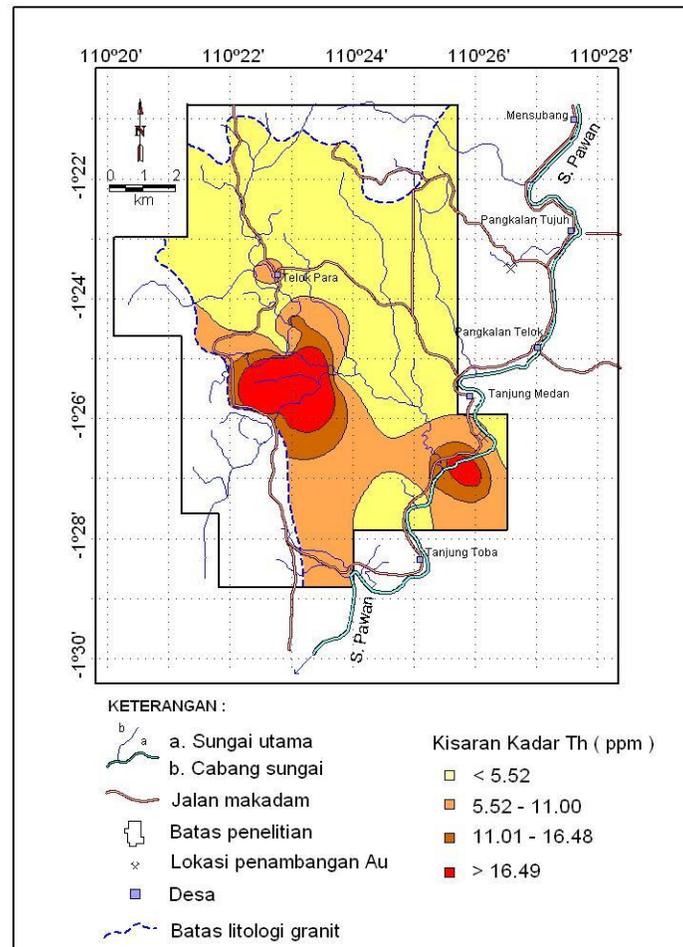
Potensi Sumberdaya Mineral Radioaktif

Batuan sumber di daerah penelitian secara geologi berupa granit yang termasuk pada jalur berumur Trias – Jura merupakan batuan granit alkali yang mengandung monazit, zirkon ilmenit hasil dari proses *pegmatitik*. Batuan ini telah mengalami desintegrasi, transportasi dan sedimentasi secara intensif selama Kuartar yang menyebabkan terbentuk endapan aluvial yang kaya akan monasit, zirkon dan mineral asosiasinya. Hasil pengamatan pada mikroskopis pada 10 contoh mineral berat (MB) terdiri dari magnetit, ilmenit, hematit, monasit, zirkon, hornblende, rutil, epidot, kasiterit, biotit, xenotim, apatit, fluorit dan anatas.



Gambar 6. Peta Isoradiometri Mineral Berat (MB) .

Pada daerah penelitian terdapat 3 lokasi granit yaitu: granit Badau, granit Mio dan granit Mangkiat. Dari 10 contoh hasil analisa granulometri menunjukkan bahwa persentase tertinggi mineral monasit terdapat pada granit Badau. Hal ini menunjukkan bahwa batuan granit Badau (granit Sukadana) sebagai sumber mineral monasit. Indikasi tersebut didukung hasil analisa petrografi batuan granit (1- 2 %) ^[5] dan pengukuran radioaktivitas mineral berat (MB).



Gambar 7. Peta Sebaran Kadar Th pada monasit di Daerah Pangkalan Telok Ketapang.

Sebaran mineral radioaktif sangat tergantung pada keberadaan sedimen Kuartar di daerah penelitian. Hal ini dipengaruhi oleh material lepas hasil pelapukan, proses transportasi-sedimentasi, lingkungan pengendapan, keberadaan dan jarak dengan batuan sumber granitik yang mengandung mineral radioaktif.

Mineral radioaktif yang terdapat pada daerah penelitian bersumber dari batuan granit Badau (granit Sukadana) berumur Kapur yang tersingkap di bagian barat daerah penelitian. Indikasi tersebut ditunjukkan dengan nilai radiometri mineral yang relatif tinggi yaitu > 300 c/s dan nilai radiometri batuan granit berkisar antara 150 – 500 c/s.

Dari hasil analisis 47 contoh mineral berat menunjukkan Th yang bervariasi dari 140 – 31.650,00 ppm. Berkaitan dengan kondisi keberadaan mineral radioaktif tersebut, maka untuk mendeliniasi area potensial tersebut perlu mempertimbangkan beberapa parameter, yaitu hasil pengukuran radioaktivitas dan hasil analisis kadar Th. Untuk mengetahui area potensial dilakukan perhitungan kadar Th dari contoh pasir sedimen. Dari 7.500 gram pasir sedimen yang terambil

terdapat 43, 3738 gram mineral berat, setelah dianalisis diketahui bahwa Th mempunyai kadar 982,5 ppm. Dari perhitungan tersebut diketahui bahwa 7500 gram pasir aluvial mengandung 5,68 ppm Th.

Untuk mengetahui pola sebaran dan area potensial Th dalam pasir dilakukan perhitungan statistik. Dari perhitungan statistik diketahui nilai rata-rata kadar Th (M) 5,52 ppm, standar deviasi 5,49 ppm dan nilai anomali > 5,52 ppm. Dari peta isokadar kadar Th tersebut menunjukkan pola penyebaran Th berarah barat laut - tenggara (Gambar 7), daerah potensial Th dengan kadar rata-rata 46,98 ppm luas area potensial 6.126.200 m².

Dari beberapa data pengukuran radioaktivitas soil, mineral berat dan aluvial menunjukkan bahwa pola penyebaran berarah barat laut – tenggara dengan nilai tertinggi pada bagian timur. Hal ini menunjukkan bahwa sumber mineral radioaktif berasal dari granit bagian timur sebagai granit Sukadana. Hasil analisis kadar Th pada mineral berat menunjukkan pola penyebaran barat laut – tenggara identik dengan pola penyebaran radioaktivitas soil dan mineral berat. Luas area potensial kadar Th rata-rata 1,97 – 46,98 ppm/gr adalah 91.511.200 m²

KESIMPULAN

1. Daerah penelitian secara geologi tercermin dalam bentukan morfologi dataran aluvium berumur Kuarter, tersusun oleh butiran pasir lepas berasal dari rombakan batuan granit komposisi utama adalah kuarsa, feldspar dengan mineral ikutan berupa monasit, zirkon dan kandungan mineral mafik berupa kasiterit, magnetit, ilmenit dan hematit.
2. Keberadaan monasit di daerah penelitian terindikasi oleh nilai pengukuran radioaktivitas soil, radioaktivitas mineral berat dan kadar Th.
3. Pola penyebaran radioaktivitas soil, mineral berat Th menunjukkan relatif berarah barat laut – tenggara bersumber dari granit di bagian timur (granit Sukadana) dengan luas area 91.511.200 m² mempunyai kadar Th rata-rata 1,97 – 46,98 ppm/gram.

DAFTAR PUSTAKA

1. KEYSER F. dan RUSTANDI E, Peta Geologi Lembar Ketapang, Skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian Pengembangan Geologi (PPPG), Departemen Pertambangan Dan Energi, Jalan Diponegoro 75, Bandung, 1995.
2. Soeprapto, Pengaruh Granit Tukul Ketapang Kalimantan Sebagai Sumber U, PPBGN-BATAN, 1991.
3. Suhartadi, Rahmat Iswanto, Prospeksi Terinci Daerah Hulu Sungai Pasaguan, Kalimantan Barat, PPBGN-BATAN , Jakarta, 1990
4. Tjia HD., *Workshop On Quaternary Sea-Level Changes and Related Geological Processes In Relation To Secondary Tin Deposits*, Unit Penambangan Timah Bangka, Bangka, 1989.
5. Tugijo, Geologi Terinci Daerah Semelangan Kalimantan Barat, Tim prospeksi U PPBGN-BATAN, Jakarta, 1991.
6. Williams PR., *Late Cretaceous to Early Tertiary Structure Element of West Kalimantan*, Tectonophysics, Elsevier Sciences Publisher B.V. Amsterdam, Printed in the Netherlands, 1988.