

SEBARAN MONASIT PADA GRANIT DAN ALUVIAL DI BANGKA SELATAN

Ngadenin

Pusat Pengembangan Geologi Nuklir (PPGN) – BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 9 Pasar Jumat, Jakarta
Tlp. 021-7691775, Fax. 021-7691977, Email: ngadenin@batan.go.id

Masuk: 3 Oktober 2011

Direvisi: 31 Oktober 2011

Diterima: 29 November 2011

ABSTRAK

SEBARAN MONASIT PADA GRANIT DAN ALUVIAL DI BANGKA SELATAN. Monasit merupakan salah satu sumber thorium (Th) yang mempunyai nilai ekonomi penting dan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif PLTN. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran monasit dan potensinya sebagai sumberdaya mineral radioaktif di Pulau Bangka, selanjutnya data akan digunakan sebagai acuan dalam pengembangan daerah eksplorasi mineral radioaktif pada tahun mendatang. Lokasi penelitian terletak di Desa Bencah dan Desa Gadung Kabupaten Bangka Selatan. Metode yang digunakan adalah pemetaan geologi, pengambilan sampel batuan untuk analisis petrografi, mineragrafi dan autoradiografi serta pengambilan sampel mineral berat untuk analisis butir. Hasil menunjukkan bahwa litologi daerah Bencah tersusun oleh satuan batulempung dan endapan aluvial, sedangkan daerah Gadung tersusun oleh granit dan endapan alluvial. Granit daerah Gadung diperkirakan sebagai granit seri ilmenita dan cenderung sebagai granit tipe S, sedangkan material aluvial daerah Bencah diperkirakan berasal dari kelompok granit Klabat. Secara umum, sebaran monasit pada aluvial lebih potensial dibandingkan pada granit sehingga pengembangan eksplorasi mineral radioaktif akan diprioritaskan pada daerah-daerah aluvial.

Kata kunci: monasit, aluvial, granit, Bangka Selatan.

ABSTRACT

DISTRIBUTION OF MONAZITE IN GRANITE AND ALLUVIAL OF SOUTH BANGKA. Monazite is one source of thorium (Th), which has significant economic value and potential as an alternative fuel of nuclear power plants. The aims of research is to find out the distribution monazite and its potential as a resource of radioactive minerals on the Bangka Island, then the data will be used as a reference in the development of radioactive minerals exploration areas in the coming year. The research location is in the Bencah and Gadung villages, South Bangka Regency. The method used is the geological mapping, sampling of rock for petrographic, mineragraphic and autoradiographic analysis and heavy mineral for grains counting analysis. The results showed that lithologic area of Bencah Village composed of claystone and alluvial deposits, while the Gadung Village composed by granite and alluvial deposits. Granite Gadung is predicted as the ilmenite series granite and tend to be of S type, while the material of Bencah alluvial is predicted come from the Klabat granite groups. In general, distribution of monazite in the alluvial slightly more potent of monazite than in the granite so that the development of radioactive minerals exploration will be prioritized in the alluvial areas.

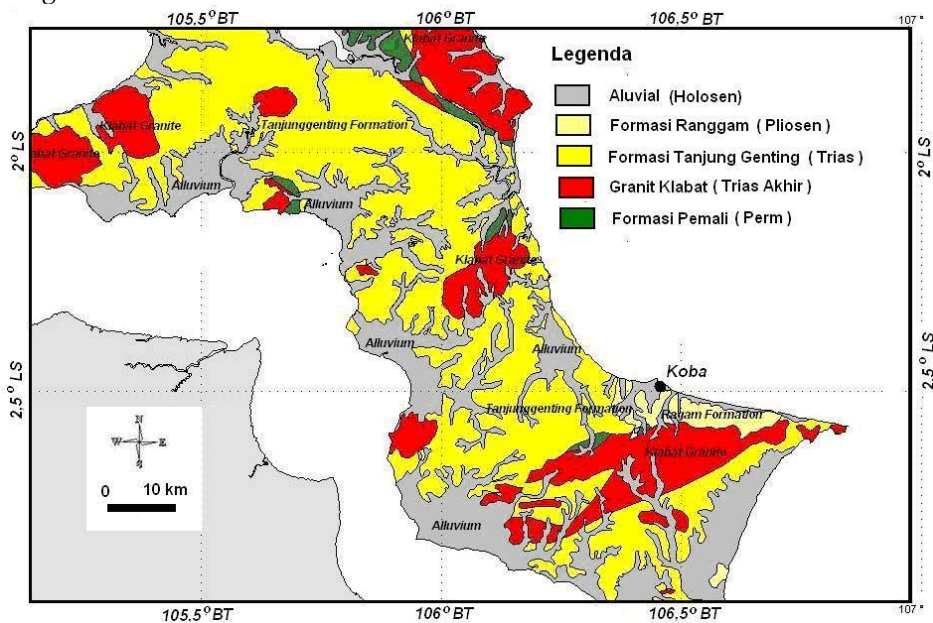
Keywords: monazite, alluvial, granite, South Bangka

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Sebagai salah satu sumber thorium (Th), monasit mempunyai nilai ekonomi penting. Sebagai bahan bakar alternatif PLTN, Th juga lebih aman dibanding uranium (U) dan Plutonium (Pu), jumlahnya pun lebih banyak di alam dan tidak diperlukan proses pengayaan. Monasit adalah salah satu mineral radioaktif yang mengandung unsur tanah jarang (REE), fosfat (PO_4), thorium (Th) dan uranium (U). Secara umum rumus kimia monasit adalah $(Ce,La,Y,Th)(PO_4)$. Uranium adalah bahan baku untuk pembuatan bahan bakar nuklir, thorium adalah bahan baku untuk pembuatan bahan bakar nuklir masa depan sebagai pengganti uranium sedangkan unsur tanah jarang adalah bahan sebagai campuran dalam pembuatan superkonduktor bersuhu tinggi.

Secara geologi monasit terbentuk dalam batuan beku asam hingga menengah, batuan malihan derajat sedang hingga tinggi dan batuan sedimen terutama batupasir serta endapan alluvial hasil rombakan ketiga kelompok batuan tersebut.^[1] Batuan penyusun pulau Bangka terdiri dari Komplek Pemali (filit dan sekis dengan sisipan kuarsit dan lensa batugamping) berumur Perm, Formasi Tanjung Genting (perselingan batupasir malih, batupasir, batupasir lempungan dan batulempung dengan lensa batugamping dan oksida besi) berumur Trias, granit Klabat (granit, granodiorit, adamelit, diorit dan diorit kuarsa) berumur Trias Akhir, Formasi Ranggam (perselingan batupasir, batulempung, batulempung tufan dengan sisipan tipis batulanau dan batuan organik) berumur Pliosen dan aluvial (material berukuran bongkah, kerakal, kerikil, pasir, lempung serta gambut) berumur Holosen.^[2] (Gambar 1) Karena di Bangka Belitung terdapat granit dan aluvial, diperkirakan terdapat monasit pada kedua batuan tersebut. Sebaran monasit pada kedua batuan tersebut belum diketahui secara pasti sehingga penelitian ini dilakukan guna mengetahui sebaran monasit pada granit dan aluvial serta potensinya untuk pengembangan eksplorasi mineral radioaktif di masa mendatang.



Gambar 1. Peta Geologi Pulau Bangka

1.2. Dasar Teori

Bangka Monasit merupakan mineral ikutan dalam penambangan timah (kasiterit) di Bangka Belitung baik penambangan timah primer pada batuan granit maupun penambangan timah sekunder pada alluvial. Cebakan monasit primer terbentuk melalui

beberapa fase yaitu pertama fase pneumatolitik, selanjutnya fase kontak pneumatolitik-hidrotermal tinggi dan fase terakhir adalah hipotermal – mesotermal. Fase yang terakhir ini merupakan fase terpenting dalam penambangan karena mempunyai arti ekonomis dimana larutan yang mengandung timah dan monasit dengan komponen utama silica (SiO_2) mengisi perangkap pada jalur sesar, kekar dan bidang perlapisan.

Sedangkan untuk cebakan monasit sekunder terbentuk dari cebakan monasit primer yang mengalami pelapukan, tererosi, transportasi dan terendapkan sebagai endapan kolumial, kipas alluvial, alluvial sungai maupun alluvial lepas pantai.

Endapan monasit primer pada umumnya terdapat pada batuan granit daerah sentuhannya, sedangkan endapan monasit sekunder kebanyakan terdapat pada sungai-sungai tua dan dasar lembah baik yang terdapat di darat maupun di laut.

Secara umum jalur potensial monasit di Indonesia mengikuti jalur endapan timah terkaya di dunia, yang membujur mulai dari Cina Selatan, Birma, Muangthai, Malaysia dan berlanjut ke Indonesia. Jalur di Indonesia mengarah dari utara ke selatan yaitu dari pulau Karimun, P. Kundur, P. Singkep, P. Bangka, Bangkinang (Sumatera bagian tengah) serta terdapat tanda-tanda di kepulauan Anambas, Natuna dan Karimata.³¹

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian untuk mengetahui sebaran monasit pada granit dan aluvial serta potensinya sebagai sumberdaya mineral radioaktif di Pulau Bangka. Data tersebut akan digunakan sebagai acuan dalam pengembangan eksplorasi mineral radioaktif di masa mendatang agar lebih mengarah pada batuan favorabel monasit.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemetaan geologi berskala 1: 50.000, pengambilan sampel mineral berat untuk analisis butir dilakukan di daerah Gadung dan Bencah, pengambilan sampel batuan untuk analisis petrografi, mineragrafi dan autoradiografi dilakukan di daerah Gadung.

2.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pemetaan geologi menggunakan bahan berupa peta dasar yaitu peta topografi digital skala 1 : 50.000 lembar Jeruk dan Air Bara
- Analisis petrografi menggunakan bahan yaitu sampel batuan, kaca preparat dan bahan kimia yang terdiri dari balsam kanada, entelen, xilol dan alkohol
- Analisis mineragrafi menggunakan bahan yaitu sampel batuan, kaca preparat dan bahan kimia yang terdiri dari gamma dan alpha mikropolis alumina, serbuk silikon karbida dan transoptik
- Analisis autoradiografi menggunakan bahan yaitu sampel batuan, kaca preparat, plastik CN 85 dan KOH
- Analisis butiran menggunakan bahan yaitu mineral berat dan bahan kimia tetrabromoethan.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah GPS (*global positioning system*), kompas geologi, palu geologi, kaca pembesar, komparator butir, kamera dan alat pendulang mineral berat. Selain itu juga digunakan peralatan laboratorium, yaitu mikroskop polarisasi sinar pantul dan sinar tembus serta perangkat radiografi.

2.2. Tata Kerja

Tata kerja pada penelitian ini meliputi :

- Pemetaan geologi berskala 1 : 50.000, dengan cara pengamatan singkapan dan pengambilan sampel batuan pada lokasi yang mewakili di sepanjang lintasan yang telah ditentukan. Sampel batuan selanjutnya dianalisis petrografi, mineragrafi dan autoradiografi guna mendapatkan nama batuan dan komposisi mineral yang terkandung di dalamnya. Ketiga analisis tersebut hanya dilakukan pada batuan granit.
- Pengambilan sampel mineral berat dilakukan dengan cara *channel sampling* pada lokasi-lokasi tambang atau bekas tambang timah baik pada granit di desa Gadung maupun aluvial di desa Bencah. Sampel hasil *channel sampling* selanjutnya didulang untuk mendapatkan mineral berat yang selanjutnya diamati menggunakan mikroskop untuk menentukan jenis mineral bijih dan persentasenya.

2.3. Lokasi Penelitian

Penelitian sebaran monasit pada granit dilakukan di lokasi penambangan timah primer pada batuan granit di sekitar Desa Gadung sedangkan sebaran monasit pada aluvial di lokasi penambangan timah sekunder di daerah sekitar Desa Bencah. Kedua desa tersebut terletak di Kecamatan Toboali, Kabupaten Bangka Selatan. (Gambar 2) . Morfologi daerah Gadung merupakan perbukitan landai denudasional dengan ketinggian berkisar antara 10 hingga 140 meter sedangkan morfologi daerah Bencah merupakan dataran bergelombang denudasional dengan ketinggian berkisar antara 0 hingga 52 meter di atas muka laut.

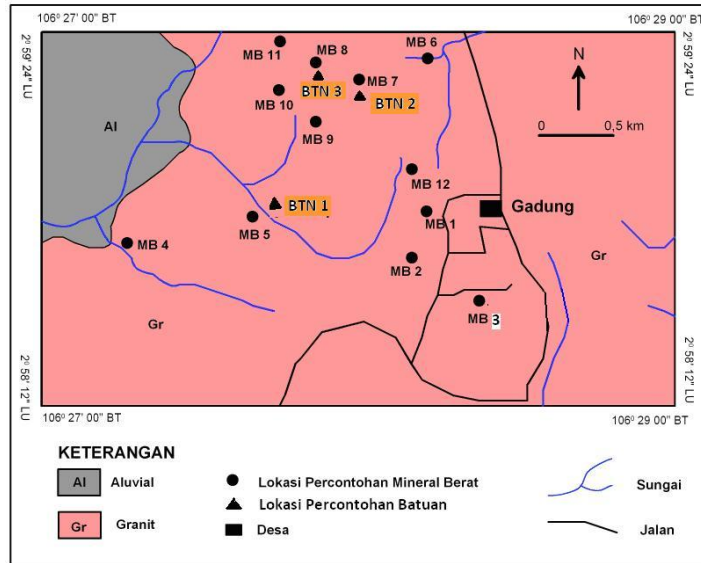


Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

3. HASIL

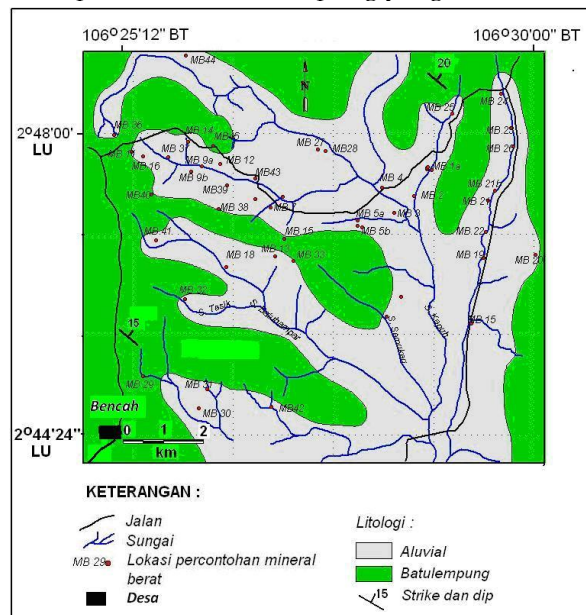
3.1. Pemetaan Geologi

Hasil pemetaan geologi di desa Gadung ditunjukkan pada Gambar 3. Litologi daerah Gadung menunjukkan bahwa daerah tersebut tersusun oleh granit dan aluvial. Granit, segar berwarna abu-abu kehitaman, lapuk abu-abu kemerahan. Hasil analisis petrografi menunjukkan granit bertekstur holokristalin, berbutir sedang-kasar, komposisi mineral kuarsa, ortoklas, plagioklas, hornblenda, biotit, mineral opak dan monasit. Secara regional granit daerah Gadung termasuk kelompok Granit Klabat yang berumur Yura. Aluvial tersusun oleh material berukuran kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung yang berumur Holosen.



Gambar 3. Peta Geologi dan Lokasi Pengambilan Sampel Mineral Berat dan Batuan di Desa Gadung dan sekitarnya, Toboali, Bangka Selatan

Hasil pemetaan geologi di desa Bencah ditunjukkan pada Gambar 4. Litologi daerah Bencah tersusun oleh satuan batulempung dan endapan aluvial. Satuan Batulempung terdiri dari perselingan batulempung, batupasir lempungan dan batupasir. Batulempung, lapuk berwarna abu-abu kehijauan, ukuran butir lempung, terdiri dari mineral lempung. Batupasir lempungan, lapuk berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir lempung-pasir halus, komposisi mineral kuarsa, feldspar dan mineral lempung. Batupasir, lapuk berwarna abu-abu kekuningan, ukuran butir pasir halus-kasar, bentuk butir membulat, kemas terbuka, komposisi mineral kuarsa dan feldspar. Secara regional satuan ini termasuk Formasi Tanjung Genting yang berumur Trias Akhir. Endapan aluvial tersusun oleh material berukuran kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung yang berumur Holosen



Gambar 4. Peta Geologi dan Lokasi Pengambilan Sampel Mineral Berat di Desa Bencah dan sekitarnya, Toboali, Bangka Selatan

3.2. Analisis Mineragrafi dan Autoradiografi

Analisis mineragrafi dan autoradiografi dilakukan pada sampel granit dari Desa Gadung, dan hasil ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis mineragrafi dan autoradiografi.

Kode sampel	Nama batuan	Radioaktivitas	Komposisi Mineral/ Kadar (%)	Keterangan
BTN.1	Granit	450 c/s(MB5)	Sphalerit: 0,10 Pirit: 0,25 Galena: 0,02 Khalkopirit: 0,01 Pyrrhotit: 0,01 Khalkopyrrhotit: 0,01 Monasit: 0,01 Mineral transparan: 99,59	Autoradiografi (7x24jam) terdapat jejak partikel alfa yang berasal dari monasit
BTN.2	Granit	320 c/s(MB7)	Kassiterit: 96,70 Rutil: 0,02 Monasit: 0,02 Stannit: 0,01 Galena: 1,25 Mineral transparan: 2	Autoradiografi (7x24jam) ditemukan jejak partikel alfa dari monasit
BTN.3	Granit	350 c/s (MB8)	Ilmenit : 0,15 Khalkopirit: 0,25 Pyrrhotit: 0,01 Khalkopirit : 0,01 % Magnetit: 0,10 Monasit: 0,01 Mineral transparan: 99,48	Autoradiografi (7x24jam) memperlihatkan adanya jejak partikel alfa, keberadaannya pada retakan mineral monasit

3.3. Analisis Butir Mineral Berat

Hasil analisis butir sampel mineral berat dari Desa Gadung dan Bencah ditunjukkan pada Tabel 2 dan 3 serta Gambar 5 dan 6.

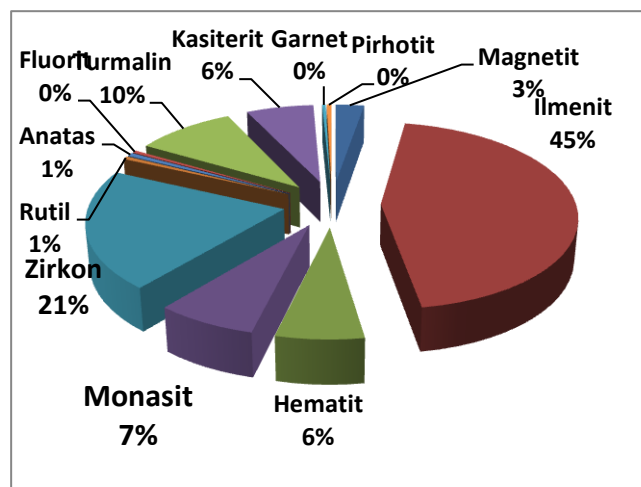
Tabel 2. Hasil Analisis Butir Sampel Mineral Berat Desa Gadung dan sekitarnya.

No	No Contoh	Kasiterit	Monasit	Zirkon	Magnetit	Ilmenit	Hematit	Rutil	Anatas	Turmalin	Fluorit	Garnet	Kalkopirit	Biotit	Homblenda	Kuarsa
1	MB1	0	2.66	24.62	0.54	34.18	17.54	0.48	0.58	0	0	0	0	0.52	9.43	9.46
2	MB2	1.39	2.97	23.65	0.06	22.39	42.21	0.39	0.69	0	0	0	0	0	4.97	1.3
3	MB3	2.05	5.14	38.23	0.41	20.7	18.03	1.25	0.86	0.46	0	0	0.38	0	5.15	7.34
4	MB4	2.01	1.98	34.12	0.21	47.3	4.4	0.9	0.59	0	0.19	0	0	0	4.37	3.93
5	MB5	13.62	13.76	15.09	0.3	22.2	28.27	1.02	0.51	0	0	0.41	0	0	3.19	1.62
6	MB6	7.66	6.18	58.2	0.54	10.9	3.13	3.55	0	0	0.33	0	0	0	5.31	4.2
7	MB7	4.11	6.06	44.82	0.45	17.7	19.95	0.59	0.55	0	0.31	0.52	0	0	2.06	2.86
8	MB8	4.58	6.47	50.9	0.42	14.18	13.87	0.92	1.14	0	0	0.35	0	0.32	5.31	1.54
9	MB9	12.53	4.02	50.92	0.21	15.47	2.19	2.75	0.61	0.59	0	0	0	0.37	5.29	3.05
10	MB10	34.38	9.29	3.05	0.52	0.74	1.16	0	0.51	0	0	0	0	0	49	1.35
11	MB11	11.87	1.95	1.07	0.44	2.94	6.97	0.36	0	0	0	0	0	0	61.06	13.32
12	MB12	95.02	0.33	0.24	0.3	0.26	1.92	0	0	0	0	0	0	0	0.05	1.88
		191.22	60.81	344.93	4.4	208.96	159.64	12.21	6.04	1.05	0.83	1.28	0.38	1.21	155.19	51.87
	Rata2	17.38	5.07	28.74	0.37	17.41	13.30	1.11	0.67	0.53	0.28	0.43	0.38	0.40	12.93	4.32

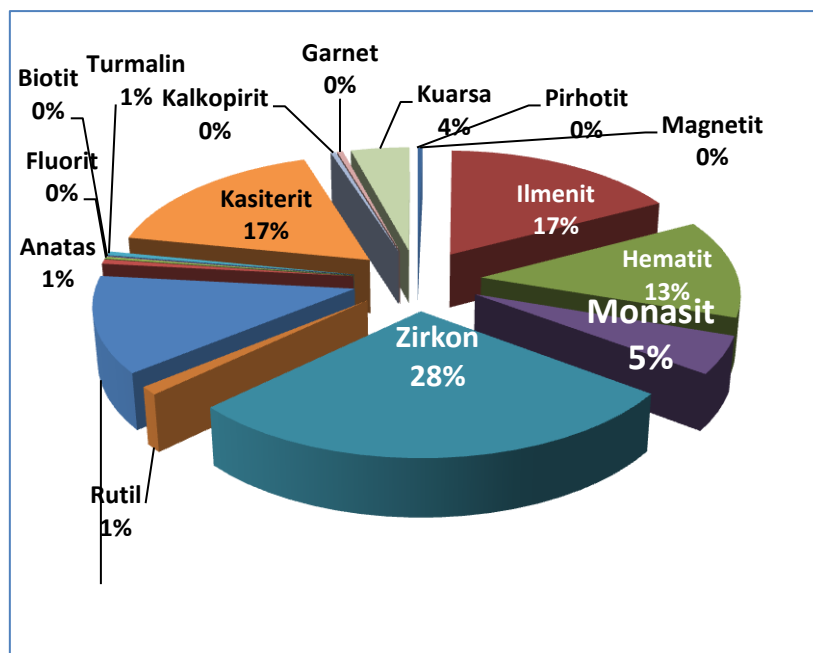
Hasil analisis butir sampel mineral berat hasil pendulangan aluvial dari desa Bencah dan sekitarnya menunjukkan bahwa jumlah monasit adalah 7% (Gambar 5), sedangkan mineral berat hasil pendulangan granit lapuk dari desa Gadung dan sekitarnya hanya 5% (Gambar 6).

Tabel 3. Hasil Analisis Butir Sampel Mineral Berat Desa Bencah dan sekitarnya

No	Kode sampel	Kasiterit (%)	Monasit (%)	Zirkon (%)	Magnetit (%)	Ilmenit (%)	Hematit (%)	Rutil (%)	Anatas (%)	Turmalin (%)	Fluorit (%)	Garnet (%)	Pirhotit (%)
1	MB4	5.83	4.96	23.38	1.67	58.49	3.09	1.1	0.75	0	0.38	0.35	0
2	MB5A	6.24	7.76	10.41	0.26	73.74	0.78	0.21	0.08	0	0	0.28	0.24
3	MB10	12.27	11.94	48.34	0.34	18.18	5.54	0.3	0.85	1.5	0.37	0.37	0
4	MB14	13.86	10.86	4.76	0.68	39.61	25.94	1.07	0.52	1.84	0.33	0.53	0
5	MB18	3.63	8.04	16.9	0.34	69.26	0.28	0.34	0.25	0	0	0.28	0.68
6	MB22	5.89	6.37	48.04	0	30.01	4.98	0.78	0.66	2.42	0.57	0.28	0
7	MB23	1.34	3.35	12.88	0.12	73.16	7.41	0.08	0.7	0.82	0.14	0	0
8	MB31B	4.39	7.29	8.76	16.41	12.68	4.72	0.67	1.23	42.86	0.99	0	0
Jumlah		53.45	60.57	173.47	19.82	375.13	52.74	4.55	5.04	49.44	2.78	2.09	0.92
Rata-rata		6.68	7.57	21.68	2.83	46.89	6.59	0.57	0.63	7.06	0.35	0.35	0.31



Gambar 5. Komposisi Mineral dalam Mineral Berat di Aluvial Bencah



Gambar 6. Komposisi Mineral dalam Mineral Berat di Granit Gadung

4. PEMBAHASAN

Hasil pemetaan geologi dan analisis petrografi menunjukkan bahwa batuan penyusun daerah Gadung adalah granit dan aluvial sedangkan daerah Bencah tersusun oleh satuan batulempung dan aluvial. Secara regional granit daerah Gadung diperkirakan termasuk ke dalam kelompok granit Klabat yang berumur Trias Akhir sedangkan satuan batulempung daerah Bencah secara regional diperkirakan termasuk ke dalam Formasi Tanjung Genting yang berumur Trias, sedangkan aluvial di daerah Gadung maupun Bencah merupakan aluvial sungai yang berumur Holosen.

Hasil analisis mineragrafi dan autoradiografi dari tiga sampel granit daerah Gadung menunjukkan bahwa pada ke tiga sampel batuan tersebut mengandung mineral radioaktif berupa monasit tetapi dalam jumlah yang sangat kecil yaitu kurang dari 1%, disamping itu satu sampel menunjukkan terdapat kasiterit sebesar 96,70 %. Data ini memberikan indikasi bahwa granit di daerah Gadung adalah granit pembawa timah yang berasosiasi dengan mineral radioaktif.⁴⁾

Hasil analisis butir dari sampel mineral berat yang diambil dari aluvial daerah Bencah menunjukkan bahwa secara umum mineral-mineralnya sama dengan yang terdapat pada mineral berat pada granit Gadung (Tabel 2 dan 3) sehingga diperkirakan material aluvial di daerah Bencah berasal dari material kelompok granit Klabat karena mineral hasil analisis butir di daerah Bencah mempunyai kemiripan dengan mineral hasil analisis butir dari granit Gadung yang secara regional termasuk ke dalam kelompok granit Klabat yang berumur Trias Akhir.

Hasil analisis butir dari 12 sampel mineral berat yang diambil dari kawasan granit daerah Gadung menunjukkan bahwa rata-rata keterdapatan mineral ilmenit adalah 17,41% lebih dominan dibanding mineral magnetit yang hanya 0,37% (Tabel 2). Selain itu, dari 12 sampel mineral berat yang dianalisis juga memperlihatkan keterdapatan monasit pada setiap sampel, selain itu juga terdapat mineral kasiterit pada 11 sampel dan mineral fluorit pada 3 sampel. Dengan keterdapatan mineral monasit, kasiterit dan fluorit serta mineral ilmenit lebih dominan dibanding mineral magnetit maka diperkirakan bahwa granit di daerah Gadung cenderung sebagai granit seri ilmenit atau granit tipe S yang umumnya sebagai sumber mineral radioaktif terutama monasit yang berasosiasi dengan kasiterit.⁵⁾

Hasil analisis butir sampel mineral berat dari wilayah batuan granit daerah Gadung menunjukkan bahwa rata-rata keterdapatan monasit pada granit adalah sebesar 5,07 % sedangkan analisis butir sampel mineral berat dari wilayah aluvial daerah Bencah menunjukkan keterdapatan rata-rata monasit adalah sebesar 7,57%. Jumlah monasit di aluvial relatif lebih banyak dibanding monasit yang ada di granit karena aluvial merupakan hasil dari proses pelapukan, erosi, transportasi dan sedimentasi yang terjadi secara berulang-ulang selama jaman Kuartar sehingga jumlah monasit di aluvial relatif lebih banyak dari pada monasit yang ada di granit yang umumnya belum mengalami transportasi dan masih berupa kolumial. Menurut beberapa penelitian, secara umum jumlah monasit dalam granit hanya sekitar 1%.⁶⁾

Di beberapa negara penghasil monasit seperti China, India, Brasil, Amerika dan Australia endapan monasit yang paling prospek untuk ditambang terdapat di aluvial pantai. Batuan sumber monasit berupa batuan metamorfosa derajat tinggi dan granit yang berumur sangat tua yaitu Pra Kambrium.⁷⁾

Apabila dikaitkan dengan keberadaan mineral lain seperti kasiterit, ilmenit, zirkon dan hematit, maka secara ekonomi keterdapatan monasit pada aluvial menjadi tidak jauh berbeda dengan yang ada di granit, karena pada umumnya penambangan mineral selalu mengambil semua mineral yang mempunyai nilai ekonomis.¹⁸⁾

5. KESIMPULAN

Granit daerah Gadung diperkirakan sebagai granit seri ilmenit dan cenderung sebagai granit tipe S sehingga merupakan granit pembawa timah yang berasosiasi dengan mineral radioaktif terutama monasit. Material aluvial daerah Bencah diperkirakan berasal dari material kelompok granit Klabat. Rata-rata sebaran monasit pada aluvial adalah sekitar 7,57 % dari mineral berat terambil sedangkan pada granit adalah sebesar 5,07%, maka sebaran monasit pada aluvial dianggap lebih potensial dibanding monasit pada granit sehingga pengembangan eksplorasi mineral radioaktif akan diprioritaskan pada daerah-daerah aluvial. Namun demikian tidak menutup kemungkinan tetap melakukan eksplorasi pada daerah granit karena pada granit terdapat mineral lain yang mempunyai nilai ekonomis seperti kasiterit, zirkon, ilmenit dan hematit dalam jumlah yang cukup signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____, "Mineralogical Society Great Britain dan Ireland", Mineralogical Magazine, Vol 71, Hal.371-726, London, 2007.
2. ABIDIN H Z, PIETERS P E, SUDANA, "Peta Geologi Regional Lembar Bangka Selatan dan Bangka Utara", P3G Bandung, 1993.
3. SCHWARTZ M O, RAJAH O O, ASKURY A K, PUTTAPIBAN P, DJASWADI S, "The Southeast Asian Tin Belt" Earth Science Review, Elsevier Publisher, Volume 38, Number 2, pp. 95-293, July 1995.
4. BECKINSALE R D, "Granite Magmatism in the Tin Belt of South East Asia. In Origin of Granite Batholiths; Geochemical evidence (Eds.MP. Atherton & J. Tarney) Shiva Publ", Orpington, England, 1979
5. TAKAHASHI M , ARAMAKI S, ISHIHARA S "Magnetite-Series / Ilmenite -Series vs I-type/S-type Granitoids", Mining Geology Spec Issues No. 8. 1980
6. GUILBERT J M AND CHARLES F P JR "The Geology of Ore Deposits", Waveland Press England Inc, Illinois USA, 1986.
7. MICLE D E and GEOFFREY W M, "Geologic Characteristics of Environment Favourable for Uranium Deposits", US Departement of Energy, 1978.
8. KENNEDY B A, "Surface Mining", Society for Mining, Metallurgy and Exploration Inc., Baltimore, Maryland, USA, 1990.