

KARAKTERISTIK UNSUR JEJAK DALAM DISKRIMINASI MAGMATISME GRANITOID PULAU BANGKA

CHARACTERISTICS OF TRACE ELEMENTS IN GRANITOID MAGMATISM DISCRIMINATION ON BANGKA ISLAND

Kurnia Setiawan Widana^{1*} dan Bambang Priadi²

¹Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir – BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No. 9 Pasar Jumat, Jakarta

²Institut Teknologi Bandung, Bandung 40191, Indonesia

*E-mail: kurnias@batan.go.id

Naskah diterima: 6 November 2014, direvisi: 27 Februari 2015, disetujui: 11 Mei 2015

ABSTRAK

Geologi Pulau Bangka disusun oleh variasi granit sebagai Granitoid Klabat yang tersebar di berbagai lokasi. Unsur jejak dapat diaplikasikan dalam diskriminasi magmatisme dalam pembentukan granitoid tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik granitoid yang tersebar di Pulau Bangka berdasarkan geokimia unsur jejak untuk diaplikasikan dalam mempelajari magmatisme, sumber dan situasi tektoniknya. Metode analisis geokimia yang diaplikasikan dengan menggunakan Analisis Aktivasi Neutron (AAN) dan *portable X-Ray Fluorescence* (pXRF) untuk analisis kualitatif dan kuantitatif pada 27 sampel dari Granitoid Klabat di Pulau Bangka. Hasil penelitian ini menyimpulkan Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan Bangka Tengah sebagai percampuran kerak-mantel dengan afinitas *Calc-Alkaline*, karakteristik Tipe I sedangkan Granitoid Bangka Selatan dan Barat asal kerak dengan afinitas *High-K Calc-Alkaline* sebagai Tipe S. Diharapkan diskriminasi magmatisme granitoid bermanfaat dalam memberikan panduan eksplorasi bahan galian nuklir di Pulau Bangka.

Kata kunci: Pulau Bangka, granitoid, unsur jejak, magmatisme, Tipe I dan S

ABSTRACT

Geology of Bangka Island consists by variation of granite as Klabat Granitoid scattered in various locations. Trace elements can be applied in magmatism discrimination of granitoid. The purpose of this study was to determine the characteristics Bangka Island granitoid based on trace element geochemistry to be applied in the study of magmatism, source and tectonic situation. Geochemical analyses method used are the Neutron Activation Analysis (NAA) and portable X-Ray Fluorescence (pXRF) for qualitative and quantitative analyses on 27 samples of Klabat granitoid on Bangka Island. This study concluded granitoid East Bangka (Belinyu) and Central Bangka as crust-mantle mixing with affinity Calc-Alkaline, characteristic of I Type while South and West Bangka granitoid crust origin with affinity high K Calc-Alkaline as S Type. Expected magmatism discrimination of granitoid helpful in providing radioactive mineral exploration guide in Bangka Island.

Keywords: Bangka Island, granitoid, trace element, magmatism, I and S Type

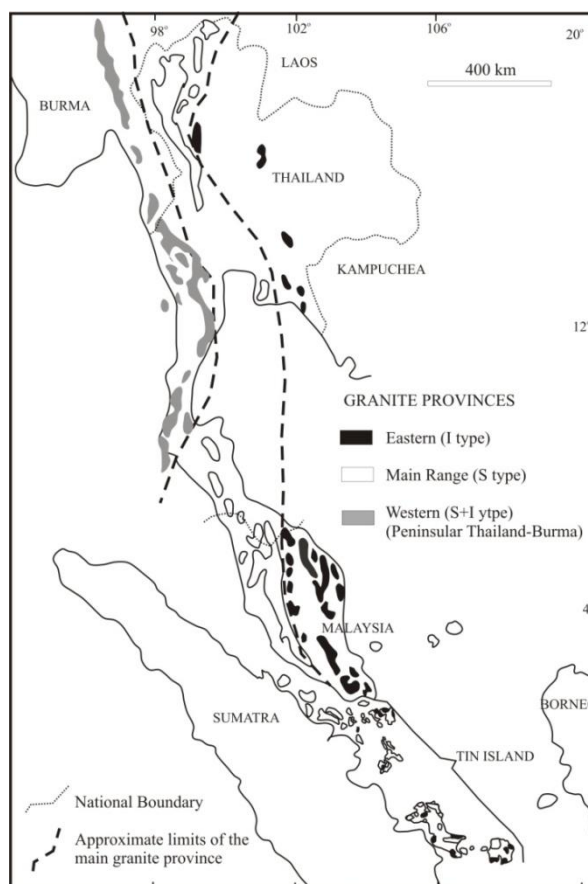
PENDAHULUAN

Geologi regional Pulau Bangka termasuk dalam provinsi granitoid bagian timur (*eastern range*) dan utama (*main range*) yang juga menyusun batuan di Semenanjung Malaya dan Sumatera. Granit berumur Trias tersebut berhubungan dengan pembentukan timah yang membentang dari Indo China-Semenanjung Thailand–Malaysia-Kepulauan Riau-Pulau Bangka & Belitung hingga Kalimantan Barat sebagai *Granite Tin Belt*^[1] (Gambar.1). Batas antara provinsi utama dan timur menerus ke selatan yang mungkin ditemui di Sumatera serta dipercaya membatasi *Tin Island* dan Sumatera bagian timur sebagai blok Sibumasu (Siam-Burma-Malaysia-Sumatera)^[2].

Karakterisasi granitoid yang tersebar di Pulau Bangka dilakukan dengan pendekatan geokimia terutama untuk mengetahui kandungan unsur jejak dan tanah jarang dalam diskriminasi granitoid di Pulau Bangka. Metode analisis geokimia batuan yang dilakukan dengan spektroskopi terutama Analisis Aktivasi Neutron (AAN) sangat akurat dalam mengetahui kandungan unsur pada sampel batuan granit^[3] serta *X-Ray Fluorescence* (XRF) dimana kedua metode analisis tersebut saling melengkapi. Hal ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengaplikasikan metode tersebut dalam menyusun *database* unsur terhadap granitoid yang menyusun Pulau Bangka dan selanjutnya dapat dikembangkan dalam petrogenesisnya.

Tinjauan pustaka tentang penelitian granit di Pulau Bangka terutama untuk data unsur-unsur utama diaplikasikan dalam berbagai diagram geokimia untuk mengetahui petrogenesisnya. Kompilasi dan publikasi penelitian mengenai pluton granit pada jalur timah di Asia Tenggara termasuk di Pulau

Bangka menyimpulkan batuanannya sebagai Granit Biotit yang dibedakan menjadi dua provinsi granitoid yaitu Provinsi Utama (*Main Range*) meliputi granit di daerah Bangka Barat (Menumbing), Bangka Utara (Belinyu), Pemali, dan Permisan sedangkan Provinsi Timur (*Eastern Range*) meliputi Bangka Tengah (Pading) dan Bangka Selatan (Toboali)^[4] (Gambar 2).



Gambar 1. Sebaran provinsi granit pada jalur timah Asia Tenggara^[1].

Tipologi granitoid menjadi tipe I dan S dipublikasikan oleh Chappel dan White berdasarkan kandungan SiO_2 , Na_2O dan K_2O . Tipe I dicirikan *metaluminous*, sedikit *peraluminous*, relatif sodik, dengan kandungan SiO_2 berkisar (56 – 77 %), sedangkan tipe S dicirikan *peraluminous*, relatif potasik, dan komposisi silika lebih

tinggi (64-77%). Tipe I dan tipe S juga mengacu pada yang berpengaruh terhadap magmatisme, berasal dari batuan beku (Tipe I) dan sedimen (Tipe S)^[5].

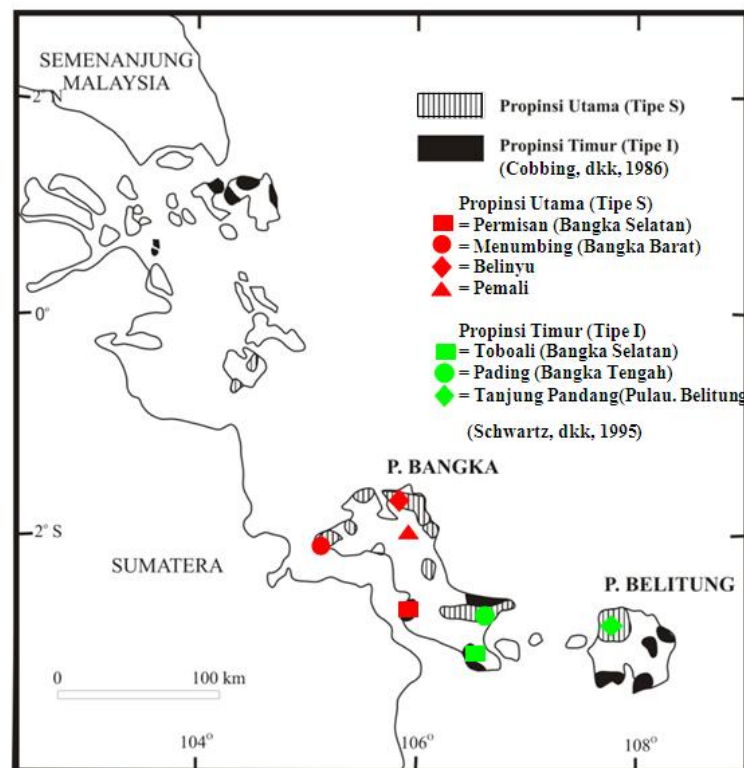
Granitoid bagian timur Sumatera termasuk bagian dari Kepulauan Timah memiliki nilai rasio $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ tinggi yang berhubungan dengan granitoid tipe S pada bagian tengah dari *terrane* Sibumasu^[6,7]. Berdasarkan rasio isotop $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$, *Granite Tin Belt* Asia Tenggara dibedakan menjadi tiga, yaitu barat (0,714-0,740), tengah (0,711- 0,719), dan timur (0,708-0,712) yang secara berurutan tipologi granitoidnya adalah *S+I*, *S*, dan *I*. Kepulauan Timah umumnya termasuk dalam granitoid tipe S berumur Trias Akhir^[4].

Penelitian lainnya mengenai Granit Pulau Bangka membedakan dua tipe granit, yaitu I dan S. Tipe I yaitu Bangka Selatan dan

Pangkal Pinang sedangkan tipe S, yaitu Bangka Barat, Bangka Tengah, dan Belinyu (Gambar 2)^[1].

Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik granitoid yang tersebar di Pulau Bangka berdasarkan geokimia untuk diaplikasikan dalam mempelajari magmatisme, sumber dan situasi tektoniknya.

Seiring dengan perkembangan penelitian petrologi dan geokimia batuan plutonik khususnya granitoid, data yang tersedia dapat dikembangkan dan diaplikasikan untuk mengetahui petrogenesisnya lebih dalam dengan dilengkapi data-data hasil analisis unsur jejak yang dilakukan dalam penelitian ini. Selain itu, dengan mengetahui secara lebih detail tipologi granitoid diharapkan dapat dikembangkan untuk eksplorasi mineral-mineral ekonomis, baik di Pulau Bangka hingga *Granite Tin Belt*.

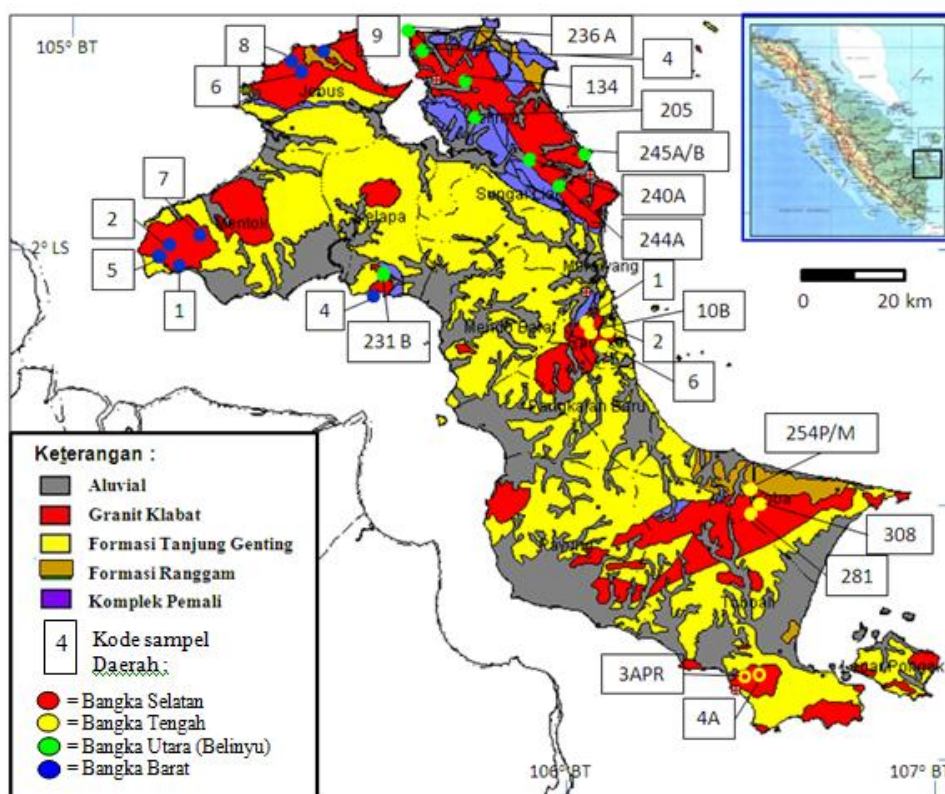


Gambar 2. Peta sebaran tipe provinsi Granitoid Pulau Bangka^[1] dan lokasi data sekunder unsur utama serta tipenya^[4].

METODOLOGI

Data primer berasal dari konsentrasi unsur jejak dari 27 sampel granit dengan metode spektroskopi, yaitu Analisis Aktivasi Neutron (AAN) dan *Portable X-Ray Fluorescence* (PXRF). Lokasi penyebaran sampel yang dianalisis diplotkan pada peta geologi lembar Bangka^[8] dalam Gambar 3. Analisis *X-Ray Fluorescence* dengan *portable XRF* tipe Delta Innov-X Premium untuk analisis unsur jejak Ba, U, Nb, Sr, Zr dilakukan di Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir sedangkan unsur-unsur yang dianalisis dengan AAN seperti Cs, Rb, Th, Sc, Ta, La, Ce, Nd, Sm, Hf, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu dilakukan di Pusdiklat-BATAN pada sampel yang sebelumnya telah diiradiasi di Pusat Reaktor Serba Guna “Siwabessy” Serpong. Pemilihan unsur-unsur tersebut saling

melengkapi masing-masing metode yang hasilnya dapat diaplikasikan dalam petrogenesis. Secara khusus dengan AAN, unsur yang dipilih terutama radionuklida dengan peluruhan menengah-panjang. Perbandingan dalam analisis digunakan *Standar Reference Material* (SRM) no 2710a dan 2711a yang dikeluarkan oleh *National Institute of Standard & Technology* (NIST). Unsur-unsur utama sebagai oksida memanfaatkan data dari Schwartz dkk^[4] yang berasal dari enam lokasi granit mewakili Granitoid Bangka pada lima lokasi, yaitu Toboali, Pading (Koba), Pemali, Belinyu, dan Menumbing. Hasil analisis kimia unsur pada Granitoid Bangka dirangkum dalam Tabel 1, 2, 3, dan 4. Pengolahan data geokimia dengan menggunakan Excel.



Gambar 3. Peta Geologi Lembar Bangka^[8] yang telah dimodifikasi dan lokasi pengambilan sampel pada Granitoid Klabat di Pulau Bangka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis unsur jejak yang telah dinormalisasi dengan *chondrite*^[9] diplot ke dalam diagram laba-laba (*spider*) untuk melihat pola, rasio, dan pengelompokan granitoidnya. Berdasarkan rerata rasio (Ce/Yb) yang telah dinormalisasi atau (Ce/Yb)_N, umumnya didapat nilai kurang dari 10 yang menunjukkan pola menurun hingga landai pada *Heavy Rare Earth Elements (HREE)*, yaitu Europium-Lutetium (Eu-Lu) terhadap *Light Rare Earth Elements (LREE)*, yaitu Lantanum-Samarium (La-Sm). Unsur jejak yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi unsur-unsur *Large Ion Lithophile*

(LILE), seperti Cs, Rb, Ba, Sr dan unsur-unsur *High Field Strength Elements (HFSE)*, seperti REE, Zr, Nb, Hf, Th, U, dan Ta. Pemanfaatan unsur-unsur tersebut disesuaikan dengan aplikasi dan tujuannya masing-masing.

Afinitas magma Granitoid Pulau Bangka dapat diketahui berdasarkan kandungan unsur HFSE, seperti Zr, Y dan rasionya^[10] dengan nilai pendekatan analisis unsur-unsur tersebut pada Granitoid Provinsi Utama dan Timur di Semenanjung Malaya^[11]. Nilai pendekatan afinitas magma, hasil analisis, rasio perhitungan dan rerata Granitoid Pulau Bangka ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 1. Hasil analisis unsur jejak di Pulau Bangka^[4].

| | Belitung | Bangka Selatan | | Bangka Barat | Bangka Tengah | Bangka Utara | |
|-------|----------------|----------------|----------|--------------|---------------|--------------|--------|
| | Tanjung pandan | Toboali | Permisan | Menumbing | Pading | Belinyu | Pemali |
| Unsur | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm | ppm |
| Ba | 286 | 188 | 325 | 265 | 502 | 508 | 58 |
| Rb | 355 | 324 | 321 | 510 | 284 | 309 | 551 |
| Sr | 79 | 75 | 60 | 61 | 75 | 128 | 59 |

Tabel 2. Hasil analisis unsur jejak pada Granitoid Bangka Selatan dan Bangka Barat.

| Kode | Bangka Selatan (BASEL) | | | | Bangka Barat (BABAR) | | | | | |
|------|------------------------|------|------|------|----------------------|------|------|------|------|------|
| | 3 APR | 4A | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Cs | 12,6 | 11,5 | 108 | 71,4 | 1,8 | 36,3 | 61,8 | 58,3 | 36,7 | 25,7 |
| Rb | 321 | 430 | 1060 | 509 | 51,7 | 464 | - | - | 506 | 328 |
| Ba* | 85 | 167 | 209 | 322 | 37 | 359 | 636 | 272 | 660 | 1004 |
| Th | 43,2 | 80,4 | 123 | 105 | 66 | 98,5 | 453 | 204 | 82,0 | 166 |
| U* | 5,2 | 4,5 | 21 | 13 | 15 | 7,0 | 10 | 18,0 | 6,0 | 3,0 |
| Ta | 2,3 | 1,9 | 0,5 | 3,1 | 0,02 | 2,9 | 1 | 0,6 | 0,5 | 0,7 |
| Nb* | 15,8 | 13,7 | 22,6 | 13,6 | 22,6 | 11,3 | 12,3 | 14,9 | 14,1 | 14,4 |
| La | 57,6 | 62,7 | - | 139 | - | 84,2 | - | - | 36,6 | 31,6 |
| Ce | 175 | 227 | 237 | 257 | 6,6 | 266 | 256 | 383 | 179 | 104 |
| Sr* | 53,4 | 54,8 | 34 | 64,6 | 24,7 | 65,4 | 120 | 56,8 | 127 | 160 |
| Nd | 60,5 | 92,2 | 98,3 | 85,2 | - | 58,5 | - | - | 70,5 | - |
| Zr* | 147 | 149 | 243 | 284 | 157 | 250 | 215 | 305 | 226 | 322 |
| Hf | 5,2 | 5,3 | 10,5 | 11 | 0,8 | 8,3 | 26,4 | 13,7 | 179 | 104 |
| Sm | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Eu | 0,4 | 0,5 | 2,1 | 0,9 | 0,02 | 0,9 | 1,2 | 1,0 | 3,1 | 1,6 |
| Gd | 3,6 | 5,97 | 0,2 | 4,2 | 0,3 | 4,0 | 11 | 10,9 | 3,5 | 1,6 |
| Tb | 1,2 | 2,3 | 3 | 2,7 | 0,2 | 2,7 | 3,2 | 4,2 | 1,8 | 1,0 |
| Y* | 49,3 | 59,5 | 99 | 63,7 | 51,6 | 57,5 | 34,5 | 68,6 | 40,5 | 32,3 |
| Yb | 6,4 | 8,95 | 17,3 | 10,2 | 0,8 | 6,5 | - | - | 6,3 | 4,2 |
| Lu | - | - | 2,5 | 0,1 | - | 0,1 | - | - | 0,9 | - |
| Sc | 4,0 | 2,8 | 4,8 | 5 | 0,2 | 4,7 | 10 | 6,6 | 5,5 | 7,7 |

*) analisis dengan XRF

(dalam ppm)

Tabel 3. Hasil analisis kimia pada sampel Granitoid Bangka Utara (Belinyu).

| Kode | Belinyu (BLN) | | | | | | | | |
|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 4 | 134 | 205 | 231B | 236A | 240A | 244A | 245A | 245B |
| Cs | 27,3 | 16,9 | 35,3 | 25,9 | - | 46,4 | 53,1 | 28,4 | 27,3 |
| Rb | 313 | - | 635 | 410 | 123 | - | 1554 | 488 | 313 |
| Ba* | 479 | 38 | - | 111 | 19 | 497 | - | 49 | 479 |
| Th | 54,1 | 11 | 47,2 | 44,3 | 50,8 | 46,7 | 24,6 | 55,4 | 54,1 |
| U* | 6,6 | 13,8 | 7 | 5,3 | 92 | 3,9 | 8,8 | 8,5 | 6,6 |
| Ta | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| Nb* | 13,5 | 22,5 | 22,5 | 20,7 | 15,3 | 13,8 | 25 | 23,7 | 13,5 |
| La | - | - | 17,8 | 46,0 | 16,8 | - | 255 | 46,9 | - |
| Ce | 98,7 | 31,4 | 67,4 | 67,6 | 70,4 | 72 | 348 | 73,4 | 98,7 |
| Sr* | 81,5 | 18,4 | 14,8 | 44,7 | 4,4 | 95,3 | 4,1 | 22,1 | 81,5 |
| Nd | - | - | 21,9 | 22 | - | - | 298 | 8,9 | - |
| Zr* | 200 | 108 | 110 | 130 | 603 | 181 | 53,6 | 123 | 200 |
| Hf | 6,3 | 2,9 | 4,9 | 4,4 | 13,1 | 4,8 | 4,5 | 2,6 | 6,3 |
| Sm | - | - | 8,2 | 6,4 | 1,0 | - | 72,6 | 10,6 | - |
| Eu | 0,7 | - | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,1 | 5,4 | - | 0,7 |
| Gd | 2,7 | 0,8 | 1,9 | 1,9 | 3,7 | 2,1 | 1,2 | 2,3 | 2,7 |
| Tb | 1,3 | - | 1,7 | 1,2 | 1 | - | 5,1 | - | 1,3 |
| Y* | 41,1 | 156 | 62 | 35,5 | 15,2 | 27,3 | 252 | 58,1 | 41,1 |
| Yb | - | - | 9,8 | 5,2 | 2,5 | - | 39,6 | - | - |
| Lu | - | - | 1,3 | 0,6 | - | - | 4,2 | 1,4 | - |
| Sc | 5 | 3,2 | 2,6 | 3,8 | 3,3 | 3,4 | 7,7 | 4,1 | 5 |

*) analisis dengan XRF

(dalam ppm)

Tabel 4. Hasil analisis kimia pada sampel Granitoid Bangka Tengah dan Pangkal Pinang.

| Kode | Bangka Tengah – Pangkal Pinang (BATENG - PKP) | | | | | | | |
|------|--|------|------|------|-------|-------|-------|---------|
| | 254P | 254M | 281 | 308 | PKP/1 | PKP/2 | PKP/6 | PKP/10B |
| Cs | 39,3 | 23,7 | 17,9 | 12,1 | 4,3 | 37,1 | 43,6 | 44,8 |
| Rb | 527 | 493 | 2673 | 261 | 37,2 | 631 | 787 | 809 |
| Ba* | 65 | 59 | 33 | 127 | 12 | 79 | 65 | - |
| Th | 95 | 82,6 | 74 | 71,4 | 38 | 54,4 | 71 | 99,2 |
| U* | 144 | 227 | 24 | - | 25 | 21 | 216 | 681,0 |
| Ta | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,4 | - | 0,5 | 0,4 | 0,7 |
| Nb* | 17,3 | 20,6 | 20,8 | - | - | 28,3 | 28,2 | 103 |
| La | 66,1 | 60,5 | - | 106 | 49,8 | 61 | 68,3 | 29,3 |
| Ce | 196,4 | 204 | 156 | 290 | 3,3 | 188 | 107 | 111 |
| Sr* | 20,3 | 17,9 | 17,6 | 57,1 | 14,8 | - | 23,1 | 6,1 |
| Nd | 64,4 | 58,5 | - | 72 | - | - | 56,6 | 42,7 |
| Zr* | 218 | 217 | 166 | 241 | 196 | 168 | 175 | 237 |
| Hf | 7,4 | 6,8 | 6,7 | 7,4 | 0,4 | 5,7 | 8,6 | 8,8 |
| Sm | 12,3 | - | - | - | 14,2 | 9,6 | 10,4 | 16,6 |
| Eu | 0,6 | 0,4 | 0,4 | 0,7 | - | 0,51 | 0,7 | 0,7 |
| Gd | 5,5 | 6,1 | 3 | 5,2 | 0,2 | 4,2 | 0,7 | 0,8 |
| Tb | 2,4 | 2,6 | 2 | 2,2 | 0,1 | 1,9 | 2,1 | 3,1 |
| Y* | 239 | 284 | 176 | 38,8 | 99 | 270 | 300 | 441 |
| Yb | 13,3 | 12,6 | - | 5,7 | 0,8 | 9,1 | 22,2 | 22,8 |
| Lu | 1,9 | - | - | 0,9 | - | 1,3 | 2,2 | 2,5 |
| Sc | 5,0 | 6,8 | 3,8 | 6,1 | 0,4 | 4,2 | 5,6 | 8,6 |

*) analisis dengan XRF

(dalam ppm)

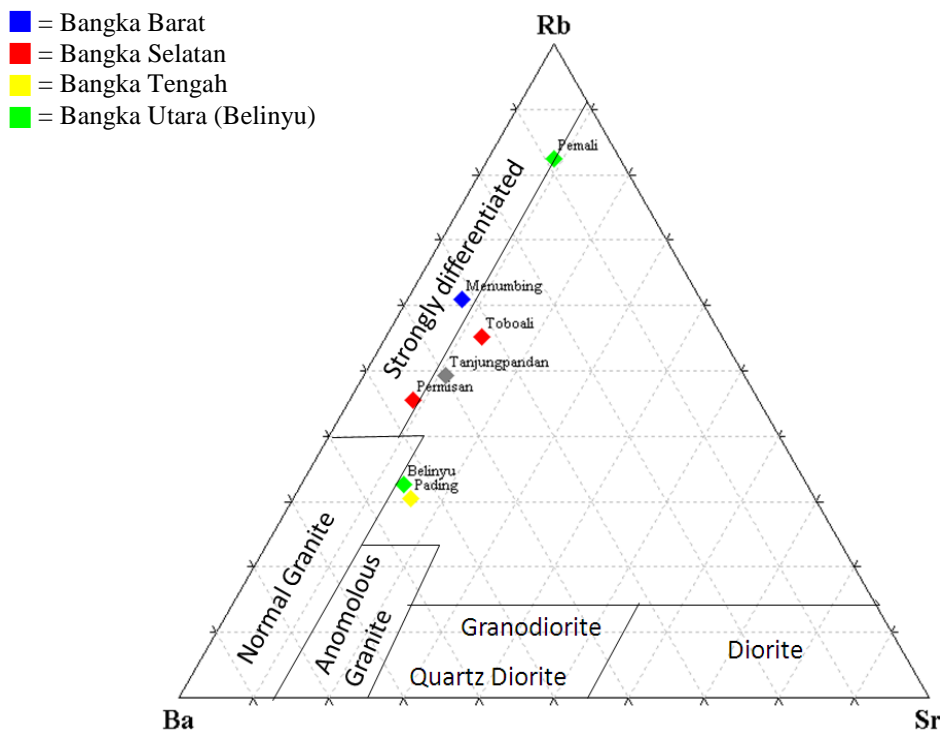
Tabel 5. Rerata dan rasio konsentrasi HFSE yang menunjukkan afinitas magma Granitoid Pulau Bangka berdasarkan nilai pendekatan hasil analisis granitoid di Semenanjung Malaya^[11].

| | Barret dan McLean ^[10] dengan modifikasi data Ghani dkk ^[11] | | Granitoid | | | |
|------|--|--|-----------------------------|--------------|----------------------|------------------------|
| | Provinsi Utama (<i>High K Calc Alkaline</i>) | Provinsi Timur (<i>Calc-Alkaline</i>) | Bangka Selatan | Bangka Barat | Bangka Tengah | Bangka Utara (Belinyu) |
| Zr/Y | 3 - 7 | > 6,8 | 2,7 | 5,0 | 12,6 | 6,9 |
| | Afinitas | | <i>High K Calc Alkaline</i> | | <i>Calc-Alkaline</i> | |

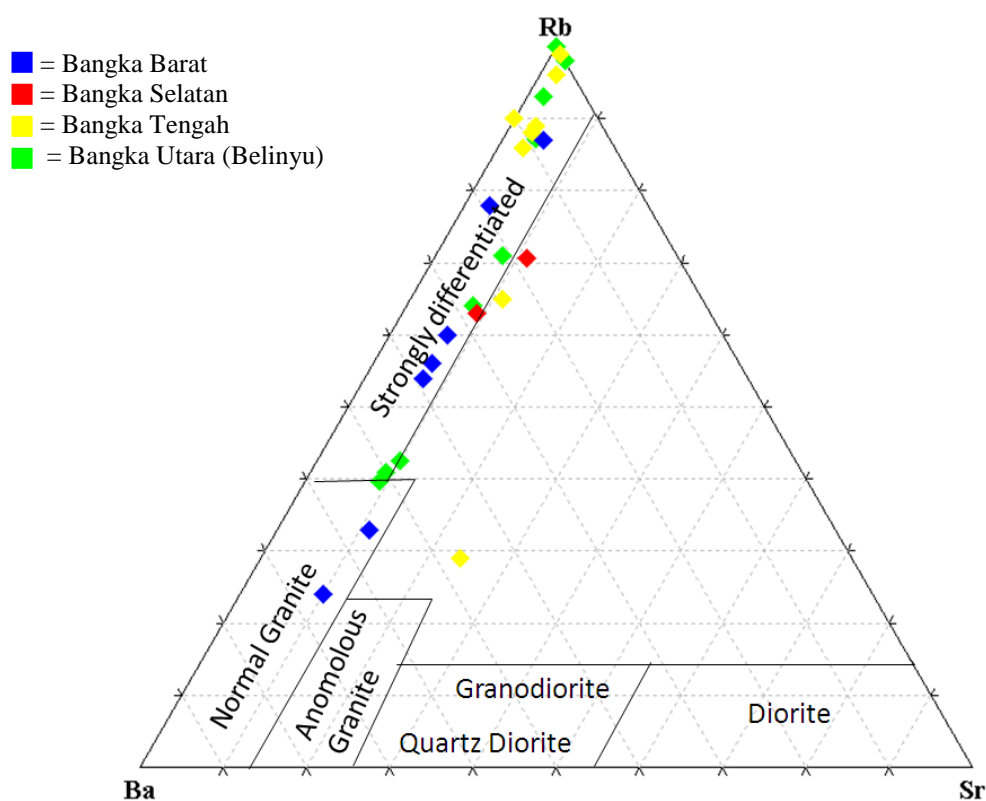
Berdasarkan data dan model dari Ghani, dkk^[11], proporsi unsur Zr dan rasio Zr/Y Granitoid Pulau Bangka, yakni Bangka Tengah dan Timur (Belinyu) memiliki afinitas magma *Calc-Alkaline*, sedangkan Bangka Selatan dan Barat termasuk *High K Calc-Alkaline*. Pada diagram Terner Rb-Ba-Sr^[11] semua granit berada pada kelompok terdiferensiasi kuat, kecuali kode sampel BABAR 6 dan 9 (Granit Jebus), 281 (Koba), dan beberapa sampel dari Granitoid Belinyu yang berada di dalam dan batas granit normal (Gambar 4 dan 5) sehingga Granitoid Bangka secara umum telah berkembang dan

mengalami fraksinasi lanjut dengan kandungan SiO₂ dan unsur-unsur LILE, yaitu Rb dan Ba yang tinggi.

Rasio K/Rb bermanfaat dalam evaluasi tingkat fraksinasi peleburan. Diagram K/Rb-SiO₂ (Gambar 6) dikembangkan dari data granit tipe I dan S dalam Blevin^[13]. Diagram tersebut menghubungkan tingkat fraksinasi dan evolusi granit dengan posisi tektoniknya. Tingkat evolusi mulai *unevolved*, *moderate* dan *strongly evolved* masing-masing mengindikasikan tektonik *island arc*, *continental margin*, dan *continental arc*.



Gambar 4. Diagram Terner Ba-Rb-Sr oleh El Bouseily dan El Sokkary^[12] menunjukkan sejumlah granit yang mewakili Pulau Bangka^[4].



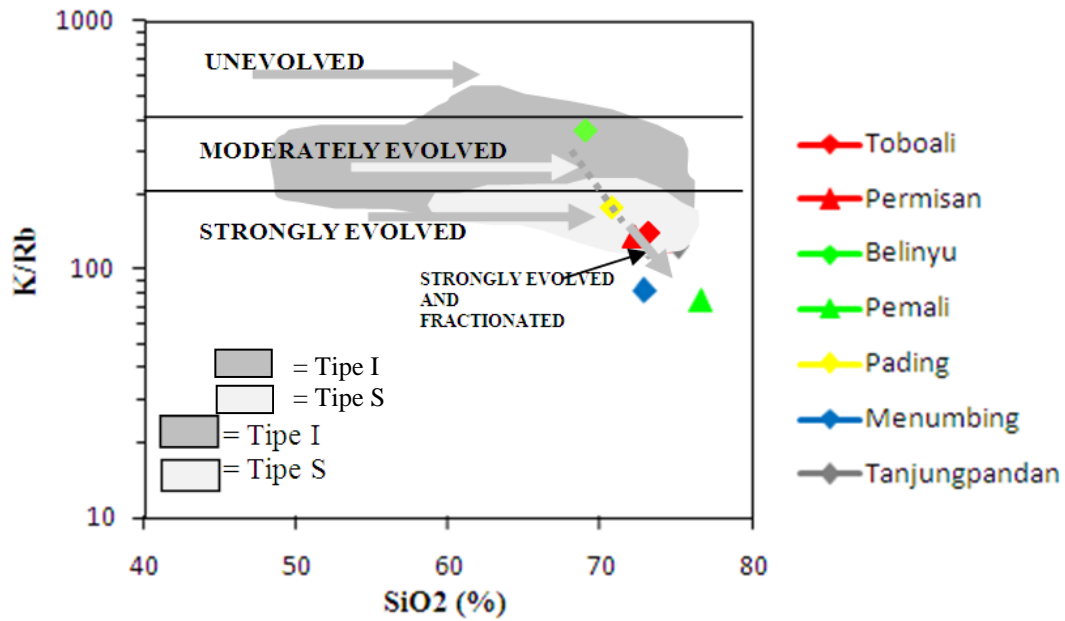
Gambar 5. Diagram Terner Ba-Rb-Sr oleh El Bouseily dan El Sokyary^[12] menunjukkan Granitoid Pulau Bangka dominan diferensiasi yang kuat.

Blevin dan Chappell^[14] melakukan observasi pada Lachlan Fold Belt, Australia dimana granit dengan fraksinasi dan *highly evolved* sebagai granit tipe S. Hal yang sama ditunjukkan pada batholit Amerika Utara Cordillera dan California^[15] yang berada pada tektonik *continental arc*.

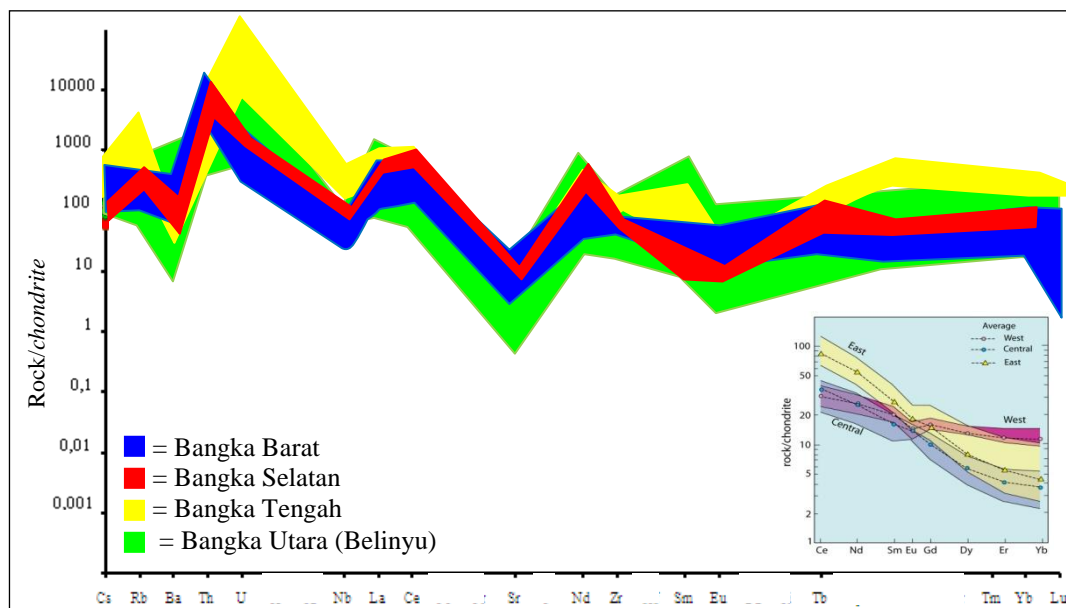
Plot data pada digram Terner Rb-Ba-Sr diperkuat dengan klasifikasi rasio K/Rb dimana Granitoid Pulau Bangka umumnya menunjukkan penurunan rasio K/Rb yang telah berkembang dan mengalami fraksinasi lanjut, kecuali Granitoid Belinyu (Bangka Utara). Proses evolusi magma dengan

karakter *strongly evolved* mencirikan tipe S yang ditunjukkan pada Granit Menumbing (Bangka Barat) dan Toboali (Bangka Selatan) sedangkan *moderately evolved* pada Granit Belinyu (Bangka Utara) sebagai granit tipe I (Gambar 6).

Analisis unsur jejak dengan perajahan diagram laba-laba dilakukan dengan sebelumnya melakukan normalisasi hasil analisis unsur jejak dengan menggunakan *chondrite*. Pemilihan *chondrite* dikarenakan asumsi sebagai materi asal pembentuk bumi sehingga normalisasi lebih representatif.



Gambar 6. Klasifikasi rasio K/Rb dari Blevin^[13] menunjukkan semua Granitoid Pulau Bangka pada kelompok *strongly evolve* sebagai Tipe S.



Gambar 7. Diagram laba-laba multi unsur normalisasi *chondrite*^[9] pada semua sampel Granitoid Pulau Bangka. Diagram laba-laba unsur tanah jarang batolit Penisula, Cascade, Amerika Utara^[15](insert).

Pada diagram laba-laba multi unsur yang dinormalisasi *chondrite*^[9] menunjukkan variasi pada unsur-unsur LILE terutama Ba, Sr, dan Rb serta unsur-unsur HFSE terutama unsur Th dan U. Pemiskinan Ba dan Sr yang dikarenakan fraksinasi plagioklas dijumpai sangat dominan pada semua granitoid.

Pola diagram laba-laba unsur jejak yang dinormalisasi terhadap *chondrite*^[9] pada Granitoid Pulau Bangka secara umum menunjukkan deplesi pada unsur-unsur LILE seperti Cs, Ba, Sr, dan pengayaan pada unsur-unsur HFSE seperti Th, Zr kecuali Ta dan Nb. Pola konsisten pada semua granitoid

ditunjukkan dengan deplesi Sr dan sedikit pengayaan Th, La, Ce, Nd, dan Tb sedangkan pada sampel dari Bangka Tengah relatif pengayaan U lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya (Gambar 7). Deplesi Ba, Sr, dan pengayaan Rb sesuai dengan analisis petrografi yang menunjukkan melimpahnya K-felspar pada sampel Granitoid Pulau Bangka^[16,17].

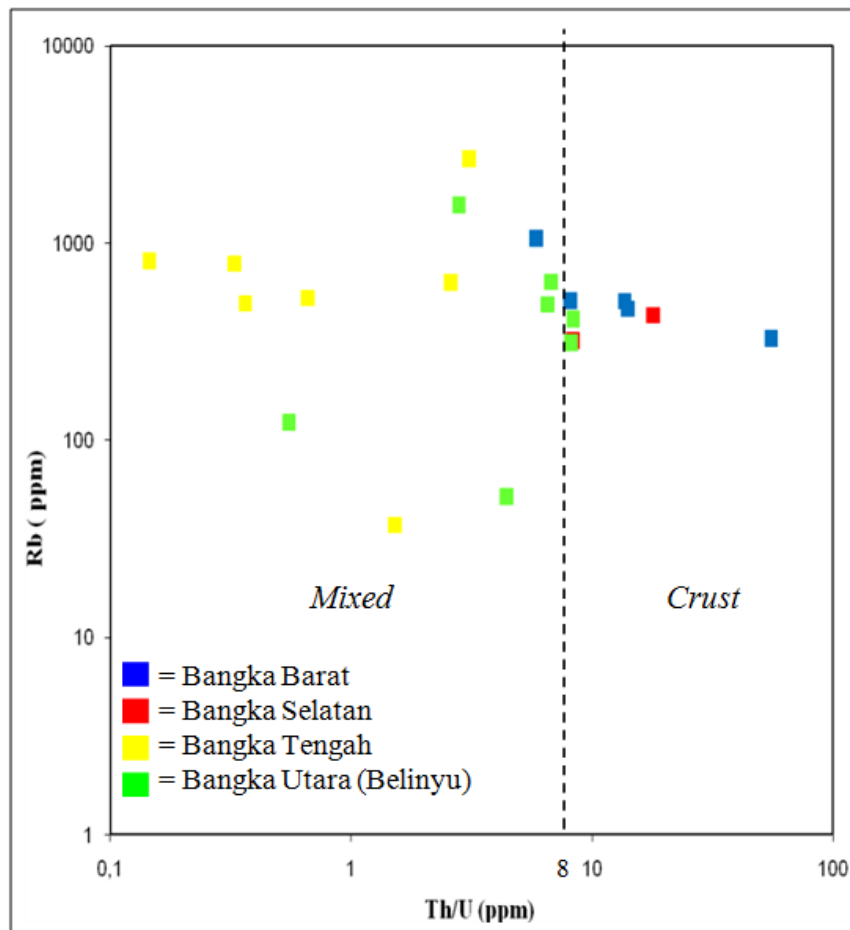
Pola diagram laba-laba unsur jarang Granitoid Pulau Bangka serupa dengan bagian barat batolit Peninsula, Cascade Range, Amerika Utara dengan karakter sedikitnya pemiskinan HREE. Tataan tektonik batolit tersebut berada pada busur benua dengan tipologi granitoid yang terbentuk sebagai tipe I berdasarkan rasio isotop $^{87}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} < 0,706$ ^[15].

Kombinasi unsur LILE terutama Rb dengan unsur HFSE seperti Th, U, dan Y diaplikasikan untuk mengetahui karakter granitoid. Pengayaan Rb dan Th yang mempunyai sifat *incompatible* terhadap mantel sehingga terkayakan pada proses di kerak^[17], terutama dijumpai pada sampel Granitoid Bangka Barat dan Selatan. Hasil yang berbeda pada unsur U yang mengalami pengayaan hanya pada sampel Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan Bangka Tengah.

Kisaran konsentrasi Th dan U masing-masing 10-15 ppm dan 3-4 ppm^[18] dengan rasio Th/U pada kisaran 3-7^[19] sebagai material kerak benua. Aplikasinya untuk Granitoid Pulau Bangka, rasio Th/U > 8 sebagai batas karakter kerak benua (Gambar 8). Rasio tersebut membedakan Granitoid Bangka Barat dan Selatan yang dipengaruhi oleh kerak.

Tipologi granitoid dengan unsur jejak, yaitu dengan membandingkan proporsi unsur Y dan Rb dapat mengetahui tipologi granit. Kenaikan Y terhadap Rb menunjukkan afinitas granit tipe I^[20]. Granitoid Bangka Tengah yang menunjukkan pola kenaikan Y terhadap Rb relatif linier mengindikasikan afinitas granit tipe I (Gambar 9). Hasil tersebut memperkuat tipologi Granitoid Bangka Tengah dengan karakter *mixed* sebagai tipe I.

Kombinasi Gambar 8 dan 9 memperlihatkan Granitoid Bangka Tengah dan Timur (Belinyu) cenderung mempunyai komposisi *mixed* (percampuran material kerak dan mantel) dengan Granitoid Bangka Tengah lebih didominasi komposisi mantel sehingga memberikan kecenderungan tipe I (Gambar 9). Rangkuman karakter geokimia Granitoid Pulau Bangka berdasarkan hasil analisis unsur jejak disajikan pada Tabel 7.



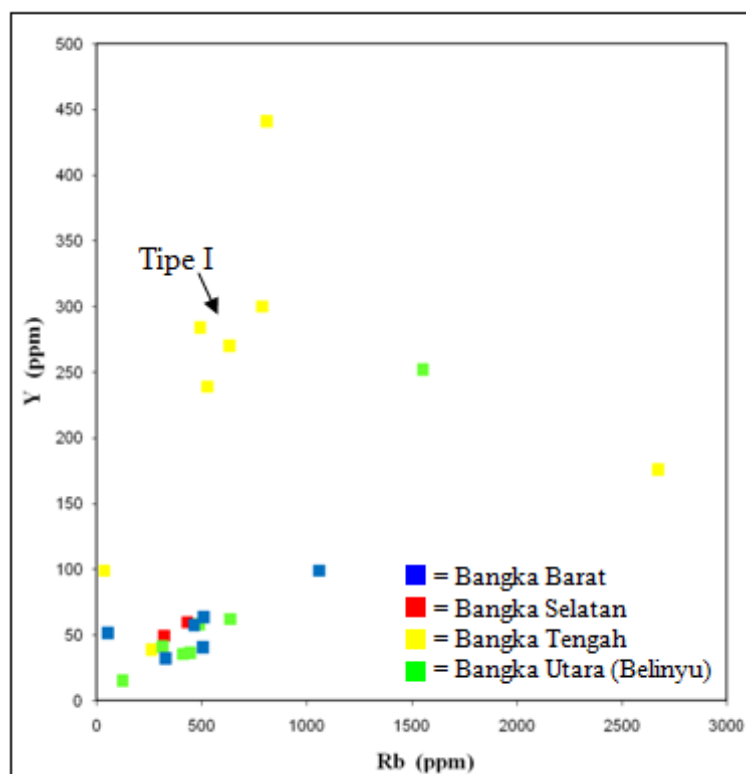
Gambar 8. Diagram Rb vs Th/U menunjukkan secara umum Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan Bangka Tengah dan menunjukkan rasio Th/U < 8 dengan karakter *mixed*.

Magmatisme Pulau Bangka

Sumber magma dan kemungkinan kontaminasinya dilakukan dengan data unsur jejak yang di plot dalam diagram Ta/Yb - Th/Yb^[21] (Gambar 10). Hal ini menunjukkan Granitoid Pulau Bangka berasal dari dua tipe sumber berbeda, yaitu shoshonitik untuk Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan Bangka Tengah, kerak untuk Granitoid Bangka Selatan dan Barat. Perbedaan sumber tersebut diinterpretasikan juga sebagai episode magmatisme dari geodinamik masing-masing yang berbeda pada

continental margin sebagai produk subduksi dan kolisi.

Sumber shoshonitik dapat terbentuk di benua sebagai *magmatic arc* atau *post-collisional* yang berhubungan dengan subduksi^[22]. Anomali negatif Nb pada Granitoid Pulau Bangka mengindikasikan pula pengaruh subduksi (Gambar 7). Pola diagram unsur tanah jarang dengan pengayaan *LREE* dan anomali negatif Eu juga tipikal granitoid yang berhubungan dengan subduksi, baik pada *island arc* atau *active continental margin*^[15].



Gambar 9. Diagram Rb vs Y dari Chappel^[20] menunjukkan Granitoid Bangka Tengah menunjukkan tipologi granit tipe I.

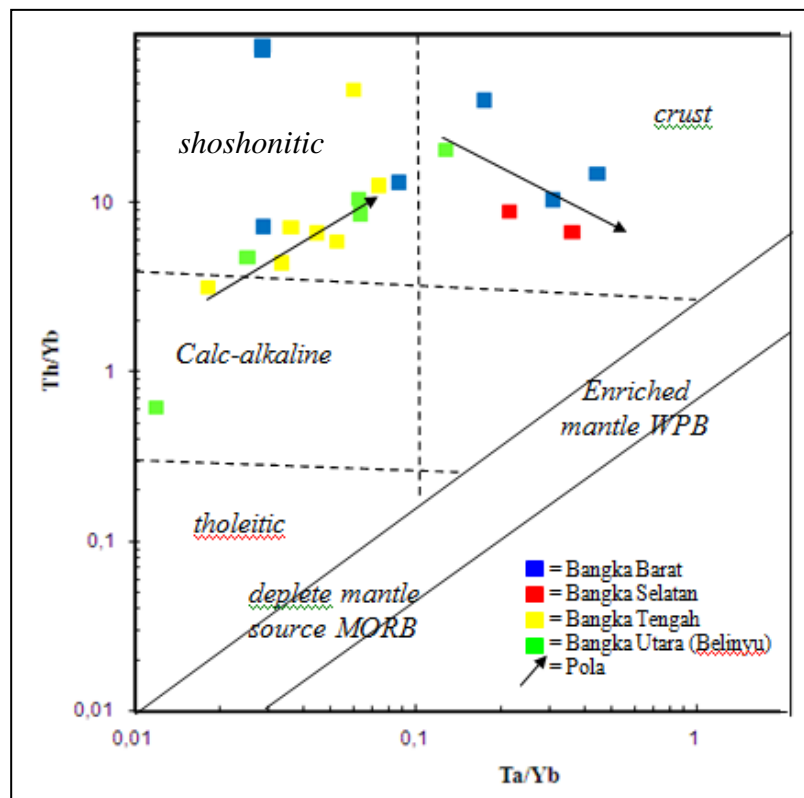
Tabel 7. Karakter geokimia unsur jejak Granitoid Pulau Bangka

| Daerah | Lokasi | HFSE (Zr/Y) | Ba-Rb-Sr (El Bouseily dan El Sökkary, 1975) | Rasio K/Rb (Blevin, 2004) | Spider Diagram | Rasio Th/U | Tipologi | |
|------------------------|--------------------|-------------------------|---|---------------------------|---|------------|----------|---|
| | | | | | | | Tipe I | Tipe S |
| Bangka Barat | Menumbing | High K Calc-Alkaline | Strongly differentiated | Strongly evolved | LILE - Rb >> Cs, Ba, Sr << | 5,8 - 55,3 | - | Strongly evolved Rasio Th/U > 8 Rb, Th tinggi |
| | Tempilang | | Strongly differentiated | - | HFSE -Th, Zr >> Nb << | | | |
| | Jebus | | Normal granite | - | | | | |
| Bangka Selatan | Toboali | | Strongly differentiated | Strongly evolved | LILE -Rb >> Cs, Ba Sr << HFSE -Th >> Zr, Nb << | 8,3 - 17,8 | - | Strongly evolved Rasio Th/U > 8 Rb, Th tinggi |
| Bangka Tengah | Pangkal Pinang | | Strongly differentiated | - | LILE -Cs, Ba dan Sr << HFSE -Th, Y, U >> Zr, Nb << | 0,1 - 3,1 | | Rasio Th/U < 8 Y meningkat terhadap Rb |
| | Koba/Pading | Strongly differentiated | Strongly evolved | | | | | |
| Bangka Utara (Belinyu) | Pemali | Calc-Alkaline | Strongly differentiated | Strongly evolved | LILE -Cs, Ba dan Sr << HFSE -Th, U >> Zr, Nb << | 0,5 - 8,3 | | Rasio Th/U < 8 Moderately evolve |
| | S. Liat | | Strongly differentiated | - | | | | |
| | Penyamun | | Strongly differentiated | | | | | |
| | Romodong (Belinyu) | | Strongly differentiated | Moderately evolved | | | | |

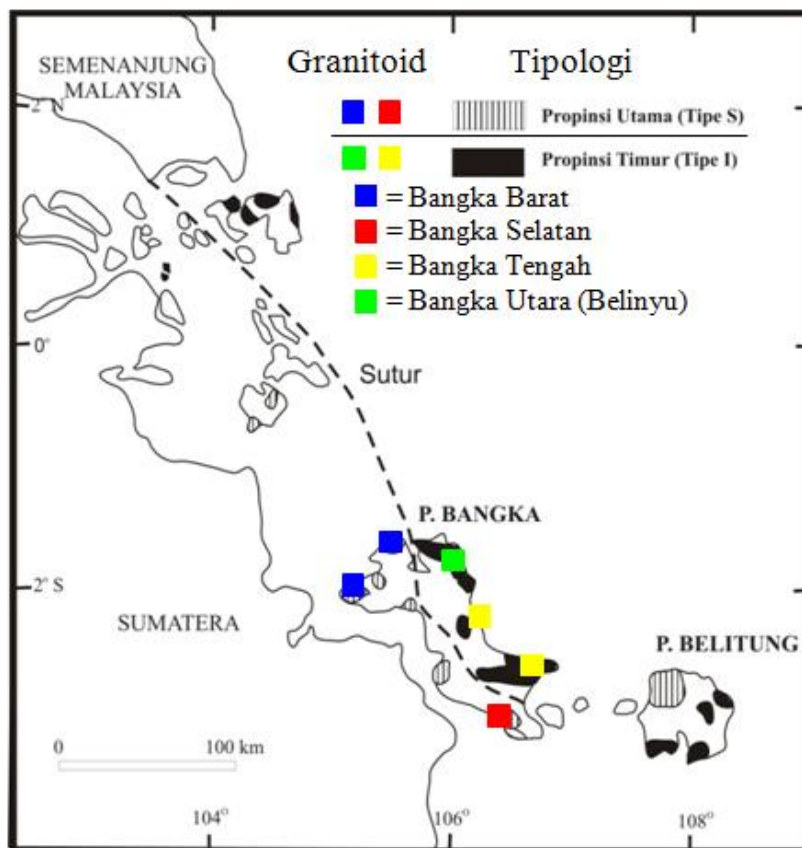
Keterdapatannya mineral-mineral pada Granitoid Bangka Barat^[16] sebagai indikasi karakter *peraluminous* sebagai tipologi granit tipe S^[23] yang sumber magmatismenya dipengaruhi kerak selaras dengan plot diagram Th/Yb-Ta/Yb^[21] (Gambar 10). Berdasarkan analisis geokimia unsur utama secara umum Granitoid Pulau Bangka tergolong *peraluminous* dengan pola diagram variasi Harker yang normal, nilai indeks SiO₂-A/CNK di bawah 1,1^[16] sebagai karakter tipe I^[23] sehingga pengaruh magmatisme asal mantel yang lebih dominan. Hasil tersebut diklarifikasi dengan analisis diagram unsur jejak lain yang lebih stabil, yaitu rasio Zr/Y dimana membagi afinitas menjadi *Calc-Alkaline* pada Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan Tengah serta *High-K Calc Alkaline*. Kombinasi rasio Th/U dengan plot diagram Th/Yb-Ta/Yb^[21] dimana Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan

Bangka Tengah berada dalam pola sumber dari *Calc-Alkaline* menuju shoshonitik dengan sumber magmatisme sebagai karakteristik magma tipe I sedangkan Bangka Selatan dan Barat dengan sumber magmatisme *crust* sebagai karakteristik magma tipe S. Plot diagram unsur jejak relatif lebih bisa diterima dikarenakan sifat unsur Ta, Th, dan Yb yang sangat stabil terhadap proses magmatik.

Schwartz dan Cobbing menyimpulkan dua Provinsi granitoid, yaitu Provinsi Utama (*Main Range*) atau tipe S meliputi granit di daerah Bangka Barat (Menumbing), Bangka Utara (Belinyu), Pemali, dan Permisan sedangkan Provinsi Timur (*Eastern Range*) atau tipe I meliputi Bangka Tengah (Pading) dan Bangka Selatan (Toboali)^[1,4]. Modifikasi provinsi dan tipologi Granitoid Pulau Bangka hasil penelitian ini secara grafis disajikan dalam Gambar 11.



Gambar 10. Plot diagram Ta/Yb - Th/Yb Pearce^[21] dimodifikasi oleh Bagas^[17] pada sampel granitoid Bangka yang menunjukkan sumber berasal dari shoshonitik dan kerak.



Gambar 11. Provinsi dan tipe Granitoid Pulau Bangka^[1] (dengan modifikasi).

KESIMPULAN

Berdasarkan data, diagram baik unsur jejak dan tanah jarang menunjukkan Granitoid Pulau Bangka telah mengalami fraksinasi dan evolusi lanjut sebagai karakter tipe S. Perajahan dalam diagram laba-laba menunjukkan pengayaan LREE dibandingkan HREE yang relatif datar serupa dengan batolit Peninsula, Cascade Range tetapi memiliki tipe I pada situasi tektonik *continental arc*. Data unsur jejak dan tanah jaranginya melalui kombinasi diagram Th/U dan (Th/Yb- Ta/Yb) serta Zr/Y menunjukkan karakter sumber magmatisme dan afinitas magma Granitoid Pulau Bangka dipengaruhi dari dua sumber, yaitu percampuran kerak-mantel (*mixed*) dengan afinitas *Calc-Alkaline* sebagai karakteristik magma tipe I pada Granitoid Bangka Utara (Belinyu) dan

Bangka Tengah, serta kerak (*crust*) dengan afinitas *High-K Calc-Alkaline* sebagai karakteristik magma tipe S pada Granitoid Bangka Selatan, dan Bangka Barat.

DAFTAR PUSTAKA

1. COBBING, E.J., MALLICK, D.I.J., PITFIELD, P.E.J., dan TEOH, L.H., "The Granites of the Southeast Asian Tin Belt", *Journal of the Geological Society*, **143**, 537-550, 1986.
2. WIKARNO, U., SUYAMA, D.A.D. dan SUKARDI, "Granitoids of Sumatera and The Tin Islands". In: C.S. Hutchison (Editor), *Geology of Tin Deposits in Asia and the Pacific; Mineral Concentrations and Hydrocarbon Accumulations in the ESCAP Region*. Springer, New York, NY, **3**, 571-589, 1988.

3. EL TAHER, A., “Elemental Analysis of Granite by Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) and X-Ray Fluorescence Analysis (XRF)”, *Applied Radiation and Isotope*, **70**, 350-354, 2012.
4. SCHWARTZ, M.O., RAJAH, S.S., ASKURY, A.K., PUTTHAPIBAN, P., and DJASWADI, S., “The Southeast Asian Tin Belt”, *Earth-Science Reviews*, **38**, 295-293, 1995.
5. CHAPPEL, B. W. and WHITE, A.J.R., “Two Contrasting Granite Types: 25 Years Later”, *Australian Journal of Earth Sciences*, **48**, 489-499, 2001.
6. METCALFE, I., ”Late Palaeozoic Palaeogeography of Southeast Asia: some Stratigraphical, Palaeontological and Palaeomagnetic Constraints”, *5th Reg. Cong. Geology and Mineral Resources of S.E. Asia*, Kuala Lumpur, 1984.
7. GASPARON, M., and VARNE, R., ”Sumateran Granitoids and Their Relationship to Southeast Asian Terranes”, *Tectonophysics*, **251**, 277-299, 1995.
8. ANDI MANGGA, S., dan DJAMAL, B., “Peta Geologi Lembar Bangka Utara dan Bangka Selatan”, Pusat Penelitian Pengembangan Geologi, Bandung, 1994
9. SUN, S.S., and MC DONOUGH, W.F., “Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes”, In: Saunders, A.D., Morry, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society, London, Special Publications, **42**, 313–345, 1989.
10. BARRET, T. J., MACLEAN, W.H., “Volcanic Sequences, Lithology, and Hydrothermal Alteration in Some Bimodal Volcanic-Associated Massive Sulfide Systems”, *Reviews in Economic Geology*, **8**, 101-131, 1999.
11. GHANI, A., YUSOFF, I., HASSAN, M., and RAMLI, R., “Geochemical Study of Volcanic and Associated Granitic Rocks from Endau Rompin, Johor, Peninsular Malaysia”, *Journal of Earth System Science*, **122- 1**, 65-78, 2013.
12. EL BOUSEILY, A.M., and EL SOKKARY, A. A., ”The Relation between Rb, Ba, Sr in Granitic Rocks”, *Chemical Geology*, **16**, 207-219, 1975.
13. BLEVIN, L., “Metallogeny of Granitic Rocks”, *The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis*, Geoscience Australia, 1–4, 2004.
14. BLEVIN, L. and CHAPPELL, B.W., “Chemistry, Origin and Evolution of Mineralized Granites in The Lachlan Fold Belt, Australia: The Metallogeny of I- and S-type Granites”, *Economic Geology*, **90**, 1604–1619, 1995.
15. GROMET, P. and SILVER, L.T., “REE Variations Across the Peninsular Ranges Batholith: Implications for Batholithic Petrogenesis and Crustal Growth in Magmatic Arcs”, *Journal of Petrology*, **28**, 75–125, 1987.
16. WIDANA, K.S., “Petrografi dan Geokimia Unsur Utama Granitoid Pulau Bangka: Kajian Awal Tektonomagmatisme”, *Eksplorium*, **34**, 75-88, 2013.
17. BAGAS, L., BIERLEIN, F.P., ANDERSON, J.A.C., and MAAS, R., ”Collision-Related Granitic Magmatism in The Granites–Tanami Orogen, Western Australia”, *Precambrian Research*, **177**, 212–226, 2010.
18. ADAMS, J.A.S., OSMOND, J.K., and ROGERS, J.J.W., “The Geochemistry of Thorium and Uranium”, *Physical Chemical Earth*, **3**, 298-448, 1959.

19. WASSERBURG, G.J., MACDONALD, G.J., HOYLE, F., and FOWLER, W.A., "Relative Contributions of Uranium, Thorium, and Potassium to Heat Production in the Earth", *Science*, **143**, 1964.
20. CHAPPELL, B.W., "Aluminum Saturation in I-and S-type Granites and the Characterization of Fractionated Haplogranites", *Lithos*, **46**, 535–551, 1999.
21. PEARCE, J.A., "Role of the Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Active Continental Margins". *In: Hawkesworth, C.J., Norry, M.J. (Eds.), Continental Basalt and Mantle Xenoliths*. Nantwich, UK, Shiva, 230-249, 1983.
22. GILL, R., "Igneous Rock and Processes : a Practical Guide", Wiley-Black Well, Malaysia, 2010.
23. CHAPPEL, B. W. and WHITE, A.J.R., "Two Contrasting Granite Types", *Pacific Geology*, **8**, 173-174, 1974.