

**PROFIL UNSUR TANAH JARANG GRANITOID KLABAT
DI PULAU BANGKA DENGAN ANALISIS AKTIVASI NEUTRON**

***RARE EARTH ELEMENTS PROFILE OF KLABAT GRANITOID IN BANGKA ISLAND
BY NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS***

Kurnia Setiawan Widana⁽¹⁾, Bambang Priadi⁽²⁾ dan Yustina Tri Handayani⁽³⁾

⁽¹⁾Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir – BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 9, Ps. Jumat, Jakarta 12440

⁽²⁾Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

⁽³⁾Pusat Pendidikan dan Pelatihan – BATAN

Jl. Lebak Bulus Raya No. 9, Ps. Jumat, Jakarta 12440

E-mail: kurnias@batan.go.id

Naskah diterima: 10 Maret 2014, direvisi: 18 Maret 2014, disetujui: 2 Mei 2014

ABSTRAK

Analisis Aktivasi Neutron (AAN) merupakan teknik analisis geokimia maju dengan kelebihan nondestruktif, multi unsur. AAN yang diaplikasikan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif pada granitoid Klabat yang tersebar sebagai penyusun geologi Pulau Bangka. Sejumlah 27 sampel dianalisis bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur tanah jarang, selanjutnya diharapkan dapat diaplikasikan dalam petrotektonik Granit Klabat. Unsur tanah jarang yang dianalisis adalah La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Yb dan Lu. Seluruh sampel di iradiasi di Pusat Reaktor Serba Guna “Siwabessy”, BATAN-Serpong, kemudian dicacah dengan detektor *High Purity Germanium (HPGe)* untuk analisis kualitatif dan kuantitatif menyesuaikan waktu paruh dan unsur yang akan diketahui. Analisis kuantitatifnya dengan metode perbandingan menggunakan *Standar Reference Material (SRM)* no 2710a dan 2711a yang dipublikasikan oleh *National Institute of Standard & Technology (NIST)*. Hasil yang diperoleh adalah pola diagram laba-laba yang telah dinormalisasi *chondrite* dengan karakter pengkayaan La-Sm sebagai unsur tanah jarang bersifat ringan dan sedikit penurunan Eu-Lu yang termasuk unsur tanah jarang berat, identik untuk batuan pluton yang terbentuk pada tektonik busur kerak benua.

Kata kunci: Pulau Bangka, AAN, granitoid Klabat, unsur tanah jarang

ABSTRACT

Neutron Activation Analysis (NAA) is a powerful geochemical analysis with advantages which are nondestructive and involves multi-element. NAA technique applied for qualitative and quantitative analysis on Klabat granitic rocks that distributes and compose the geology of Bangka Island. There are 27 samples analyzed which aims to determine the content of rare earth elements, which will be applied in petrotectonic of Klabat granitoid. Rare Earth Elements (REE) which analyzed, namely La, Ce, Nd, Sm, E, Gd, Tb, Yb and Lu. All of the samples irradiated in the Centre of Multipurpose Reactor "Siwabessy", BATAN - Serpong and

subsequently counted with High Purity Germanium detector (HPGe) considering half-life and elements contents that will be concerned both qualitative and quantitative analysis. The comparative quantitative analysis method conducted using Standard Reference Material (SRM) 2710a and 2711a that published by the National Institute of Standards & Technology (NIST). The results are the pattern of spider diagram with the chondrite normalized and showing the enrichment of La-Sm as light REE (LREE) and Eu-Lu slight decreasing as heavy REE (HREE), as identify of plutonic rocks that was formed in the continental arc.

Keywords: Bangka Island, NAA, Klabat granitoid, rare earth elements

PENDAHULUAN

Analisis Aktivasi Neutron (AAN) merupakan salah satu metode analisis unsur yang bersifat tidak merusak (non destruktif), multi unsur dan sangat sensitif yang telah diaplikasikan di bidang lingkungan, kesehatan dan industri. Metode analisis geokimia batuan yang dilakukan dengan spektroskopi terutama Analisis Aktivasi Neutron (AAN) terbukti sangat akurat dalam mengetahui kandungan unsur tanah jarang termasuk pada batuan granit^[1]. Kelebihannya dibandingkan metode analisis lainnya adalah bebas dari gangguan matrik dengan cuplikan sampel yang dibutuhkan sangat sedikit untuk analisis berbagai unsur mayor, minor dan jejak. Metode ini dilakukan dengan sebelumnya dilakukan iradiasi sampel untuk menghasilkan radionuklida yang akan dianalisis. Iradiasi sampel dilakukan di Pusat Reaktor Serba Guna (PRSG) "Siwabessy"-BATAN, Serpong sebagai sumber neutron utama. Radiasi gamma tunda diukur menggunakan spektrometer gamma dengan detektor HPGe.

GEOLOGI REGIONAL

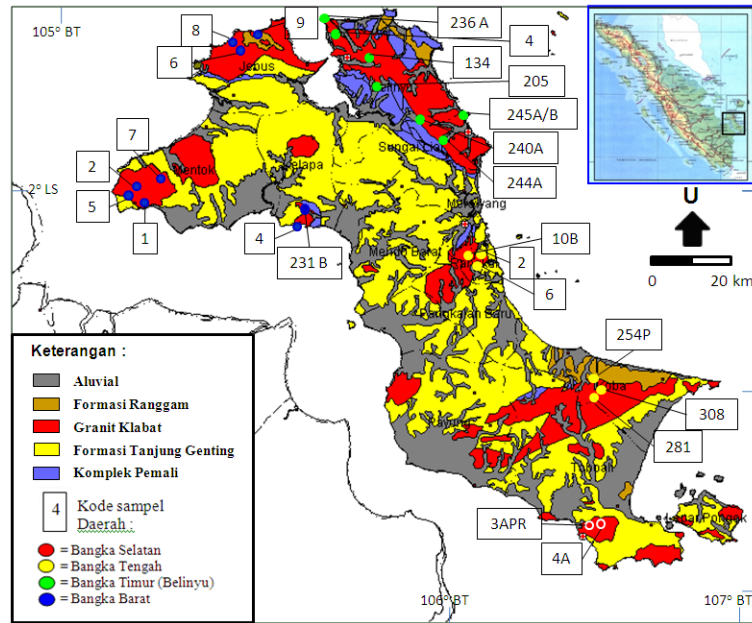
Geologi penyusun Pulau Bangka disusun secara dominan batuan beku sebagai Granit Klabat berupa granit, granodiorit, adamelit, diorit, dan diorit kuarsa (Gambar 1)^[2], sedangkan secara petrografi berkisar

dari *alkali feldspar granite – syeno granite*^[3,4]. Variasi tipe Granit Klabat yang terdapat di Pulau Bangka, berdasarkan proporsi kwarsa alkali felspar dan plagioklas, sehingga secara umum dapat disebut sebagai granitoid di daerah Klabat^[5].

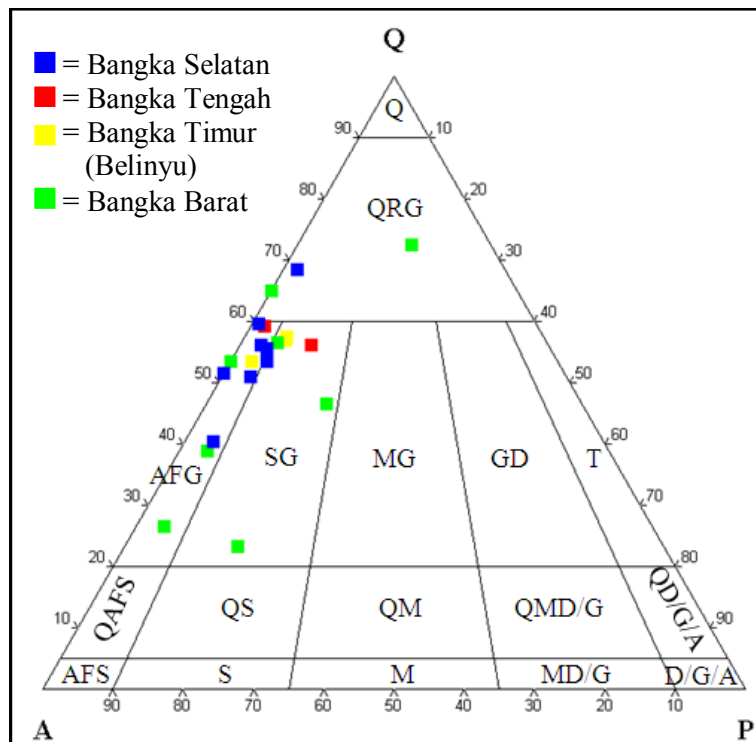
Granit Pulau Bangka terdiri atas dua tipe granit yaitu tipe I dan tipe S dimana, secara umum tipe I yaitu Bangka Selatan dan Pangkal Pinang, sedangkan tipe S yaitu Bangka Barat, Bangka Tengah dan Belinyu^[6].

Petrografi

Sejumlah 23 sampel batuan mewakili granitoid yang tersebar di Pulau Bangka dianalisis petrografi di Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir-BATAN. Kode sampel dibedakan berdasarkan daerah/kabupaten yaitu Bangka Selatan (merah), Bangka Tengah-Pangkal Pinang (kuning), Bangka Timur/Belinyu (hijau) dan Bangka Barat (biru) (Gambar 1). Karakter petrografi granitoid Pulau Bangka dirangkum dalam Tabel 1. Hasil analisis petrografi dengan klasifikasi batuan plutonik IUGS menunjukkan dominan 2 tipe granitoid di Pulau Bangka berupa *Alkali Feldspar granitoid* dan *Syeno Granite* (Gambar 2)^[3,4]. Secara mineralogi, granitoid Klabat dominan sebagai granit biotit terutama yang menyusun Bangka Selatan, Bangka Tengah dan Bangka Barat^[4].



Gambar 1. Peta geologi dan lokasi pengambilan sampel granitoid Klabat di Pulau Bangka.



Gambar 2. Diagram terner, dimodifikasi hanya batuan plutonik untuk granitoid di Pulau Bangka^[4]. Keterangan : AFS=Alkali Feldspar Syenite, QAFS=Quartz Alkali Feldspar Syenite, AFG=Alkali Feldspar Granite, QRG=Quartz Rich Granitoid, Q=Quartzolite, SG=Syeno Granite, QS=Quartz Syenite, S=Syenite, MZ=Monzonite, QZ=Quartz Monzonite, MG=Monzo Granite, GD=Granodiorite, QMD=Quartz Monzo Diorite/Gabro, MD/G=Monzo Diorite/Monzo Gabbro, QD/G/A=Quartz Diorite/Gabbro/Anorthosite, D/G/A= Diorite/Gabbro/ Anorthosite dan T=Tonalite.

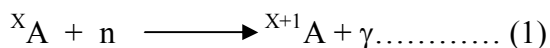
Tabel 1. Ringkasan Hasil Analisis Petrografi dan Proporsi Mineral Granitoid Pulau Bangka^[4]

Daerah	Lokasi	Tipe	Proporsi Mineral Primer								
			Qtz	Kfs	Pl	Bt	Ms	Zrn	Mnz	Crd	
Bangka Selatan	Toboali	AFG-SG	Granit Biotit	+++	+++	++	++		+		
Bangka Tengah	Pangkal Pinang	SG	Granit 2 Mika	+++	+++	+++	+++	++	+		
	Koba/Pading	AFG		+++	+++	++	+++	++	+		
Bangka Timur (Belinyu)	Romodong	SG	Granit 2 mika	+++	+++	+++	+++	+	+	+	
	Penyamun	QRG	Granit eutaxitic	+++	+++						
	Pemali	AFG	Granit 2 Mika	+++	+++	+++		+++			
Bangka Barat	S. Liat	AFG	-	+++	+++	++	+	+		+	
	Menumbing			+++	+++	++	+++	+	+		+++
	Tempilang Parit 3/	AFG	Granit Biotit	+++	+++	+++	+++	+	+		+++
	Jebus			+++	+++	++	+++	+			+++

Keterangan : AFG = Alkali Felspar Granit, SG = Syeno Granite, QRG = Quartz Rich Granitoid
+++ = mineral mayor, ++ = mineral minor, + = mineral asesoris, Qtz = kwarsa, Kfs = K-felspar, Pl = Plagioklas, Bt = Biotit, Ms = Muskovit, Zrn = Zirkon, Mnz = Monasit, Crd = Kordierit

TEORI DAN TAHAPAN ANALISIS AKTIVASI NEUTRON

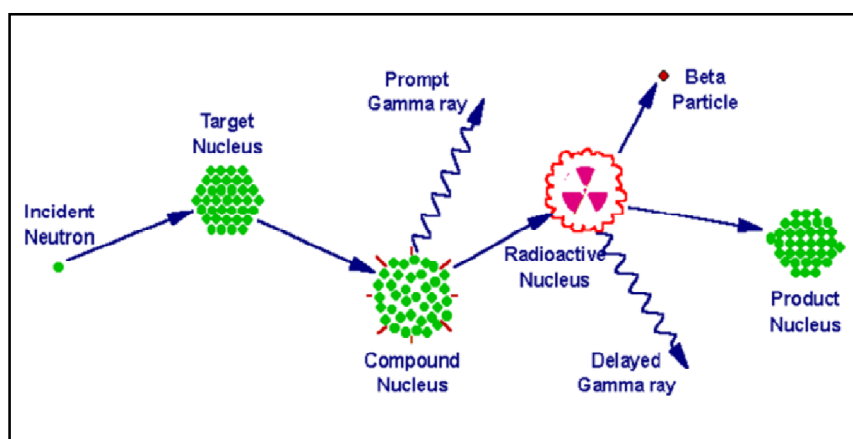
Secara singkat reaksi nuklir yang terjadi apabila suatu nuklida diiradiasi dengan neutron termal menghasilkan radionuklida yang tidak mengalami perubahan jumlah proton kecuali neutronnya bertambah satu. Iradiasi dengan neutron termal diikuti dengan emisi radiasi γ -prompt sebagai reaksi penangkapan neutron (n,γ) atau sebagai berikut:



Keterangan :

- A = nuklida
- X = nomor massa
- n = neutron

Seiring dengan meluruhnya ${}^{X+1}_A$ disertai pancaran salah satu atau gabungan dari radiasi γ , partikel α , β^+ , β^- . Radiasi γ yang menyertai peluruhan tersebut sebagai radiasi γ -tunda (*delayed- γ*) yang menghasilkan nuklida baru yang stabil atau juga masih radioaktif. Jenis radiasi yang dibebaskan dari peluruhan radionuklida produk aktivasi merupakan salah satu karakteristik dari radionuklida tersebut (Gambar 2). Diantara keempat radiasi nuklir tersebut, radiasi γ yang di deteksi dan menjadi karakteristik radionuklida yang diaplikasikan dalam teknik AAN.



Gambar 3. Ilustrasi reaksi penangkapan neutron^[7].

Perhitungan kadar pada Analisis Aktivasi Neutron yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan metode pembandingan. Metode pembandingan yaitu dengan melakukan iradiasi sampel dan standar bersama-sama untuk mendapatkan kondisi yang sama. Selanjutnya kadar unsur dalam sampel diketahui dengan membandingkan aktivitas sampel (A_{smpel}) dengan aktivitas standar (A_{std}) yang diketahui kadarnya. Perhitungan kadar unsur dihitung dengan persamaan berikut:

$$W_{smpel} = W_{std} \frac{A_{smpel}}{A_{std}} \dots\dots\dots (2)$$

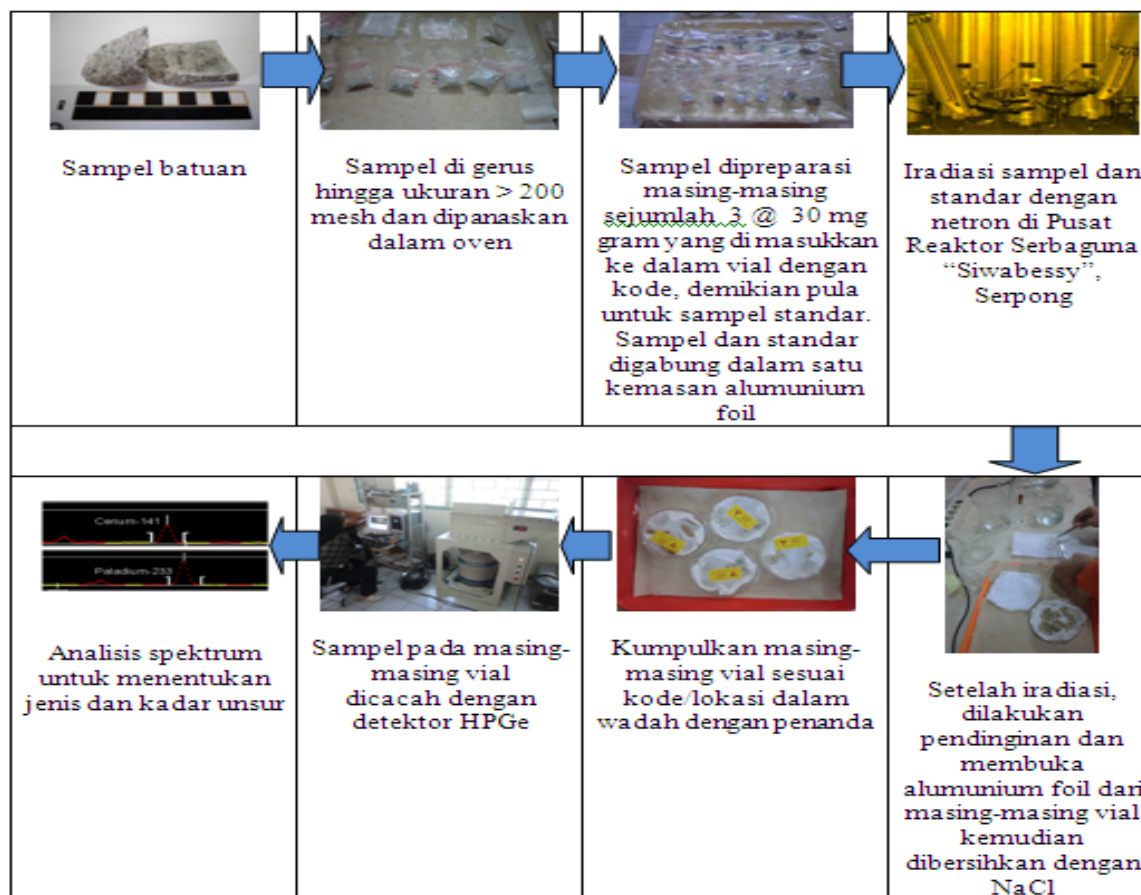
dimana W_{smpel} adalah berat sampel sedangkan W_{std} adalah berat standar.

Preparasi sampel, Iradiasi dan Pencacahan

Sejumlah 27 sampel dipreparasi yang mewakili granitoid Klabat yang tersebar di Pulau Bangka. Sampel digerus hingga berukuran > 200 mesh, kemudian dipanaskan pada temperatur 100° C. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam kapsul polietilen seberat sekitar 30 mg. Sebagai pembandingan digunakan *Standar Reference Material* (SRM) no 2710a dan 2711a yang dikeluarkan

oleh *National Institute of Standard & Technology (NIST)*. Iradiasi sampel dilakukan di Pusat Reaktor Serba Guna, BATAN-Serpong yang memiliki energi flux neutron 7×10^{13} n/cm². Tujuan penelitian ini sampel dilakukan iradiasi dengan waktu 1-2 menit untuk radionuklida berwaktu paruh pendek, sedangkan untuk radionuklida menengah dan panjang selama 1 jam. Sampel yang diiradiasi selama 1-2 menit, langsung dicacah dengan menggunakan spektrometer sinar gamma selama 1- 2 menit, sedangkan sampel yang diiradiasi selama 1 jam dilakukan pendinginan (*cooling*) sebelum pencacahan. Pencacahan sampel dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan, pertama setelah *cooling* 3 hari untuk radionuklida menengah dan berikutnya setelah *cooling* 14 hari untuk radionuklida panjang, dengan waktu pencacahan selama 1 jam yang dilakukan di Pusdiklat BATAN. Tahapan preparasi dan Analisis Aktivasi Neutron diringkas dalam Tabel 1. Pengukuran menggunakan alat detektor *High Purity Germanium* (HPGe) dikarenakan akurasi yang tinggi untuk identifikasi radionuklida, sedangkan *software* yang digunakan dari Genie 2000 Canberra.

Tabel 1. Tahapan Preparasi Sampel dengan Analisis Aktivasi Neutron



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemilihan energi puncak radionuklida hasil iradiasi sampel (Tabel 2), pencacahan dengan gamma spektroskopi HPGe serta hasil

analisis kuantitatif unsur tanah jarang granitoid Klabat Pulau Bangka, secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Unsur Tanah Jarang dan Radionuklida yang Dianalisis dengan Gamma Spektroskopi HPGe

Isotop stabil	Produk aktivasi	Waktu luruh ($T_{1/2}$)	Energi δ (KeV)
La	La-140	40,2 jam*	1596
Ce	Ce-141	32,5 hari	145,5
Nd	Nd-147	11 hari	91
Sm	Sm-153	47 jam	103
Eu	Eu-152	13,3 tahun	344
Tb	Tb-160	72 hari	86,8
Yb	Yb-169	32 hari	198
Lu	Lu-177	160,9 hari	208,5

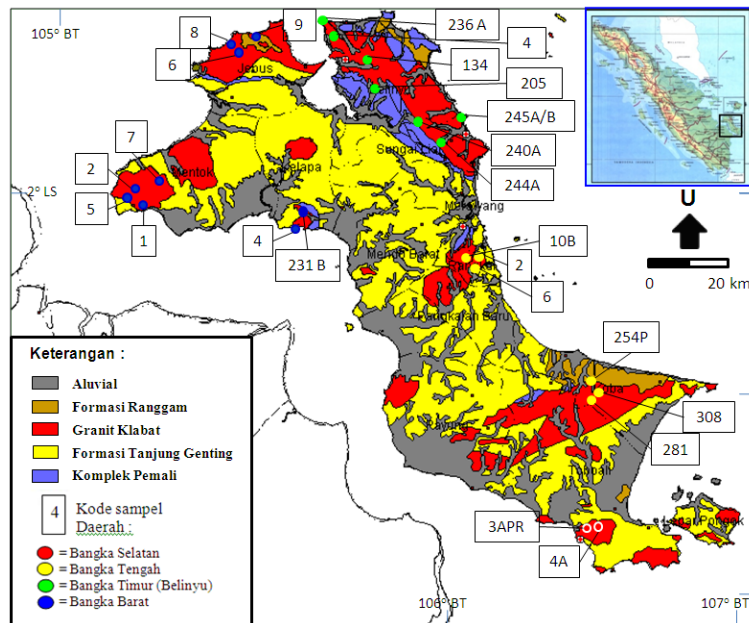
*) untuk analisis La hasil iradiasi menengah

Tabel 3. Hasil Analisis Unsur Tanah Jarang pada Granitoid Klabat di Pulau Bangka dengan Teknik Analisis Aktivasi Neutron (AAN)

	Bangka Selatan /BASEL (ppm)				Bangka Barat /BABAR (ppm)					
	3 APR	4A	1	2	4	5	6	7	8	9
La	57,6	62,7	-	138,7	-	84,2	-	-	36,6	31,6
Ce	175,0	227,1	237,0	257,3	6,6	266,3	255,7	383,0	179,4	104,2
Nd	60,5	92,2	98,3	85,2	-	58,5	-	-	70,5	-
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	11,0	10,9	3,5	1,6
Tb	1,2	2,3	3,0	2,7	0,2	2,7	3,2	4,2	1,8	1,0
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	-
Belinyu/BLN (ppm)										
	4	134	205	231B	236A	240A	244A	245A	245B	
La	-	-	17,8	46,0	16,8	-	255,0	46,9	-	
Ce	98,7	31,4	67,4	67,6	70,4	72,0	347,5	73,4	98,7	
Nd	-	-	21,9	22,0	-	-	297,7	8,9	-	
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	1,0	-	5,1	-	1,3	
Yb	-	-	9,8	5,2	2,5	-	39,6	-	-	
Lu	-	-	1,3	0,6	-	-	4,2	1,4	-	
Bangka Tengah/BATENG – Pangkal Pinang/PKP (ppm)										
	254P	254M	281	308	PKP/1	PKP/2	PKP/6	PKP/10B		
La	66,1	60,5	-	105,5	49,8	61,0	68,3	29,3		
Ce	196,4	203,6	156,1	290,3	3,3	188,3	107,2	111,0		
Nd	64,4	58,5	-	72,0	-	-	56,6	42,7		
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	3,0	5,2	0,2	4,2	0,7	0,8		
Tb	2,4	2,6	2,0	2,2	0,1	1,9	2,1	3,1		
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		

Hasil analisis unsur tanah jarang yang telah dinormalisasi dengan *chondrite*^[8] 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)^[9].



Gambar 4. Peta geologi dan lokasi pengambilan sampel granitoid Klabat di Pulau Bangka^[2].

Secara umum pola normalisasi *chondrite* pada unsur-unsur tanah jarang granitoid Klabat, Pulau Bangka menunjukkan pengkayaan *LREE* terhadap *HREE* yang landai (Gambar 5a-e). Rasio Ce/Yb yang dinormalisasi menunjukkan nilai 1-10,7 yang dipisahkan menjadi 2 kelompok yaitu rasio $(Ce/Yb)_N$ bernilai 1-7,5 pada granitoid Bangka Tengah, Belinyu (Bangka Timur) dan Tempilang (Bangka Barat) dengan pola *HREE* agak naik terhadap *LREE* dan rasio $(Ce/Yb)_N$ bernilai 6,5 – 10,7 pada granitoid Toboali (Bangka Selatan), Jebus, Menumbing (Bangka Barat) dengan pola *HREE* landai dan cenderung turun. Pola landai dipengaruhi oleh proses hidrotermal dengan sedikit pengkayaan pada *HREE*. Pengkayaan moderat *LREE* terhadap *HREE* yang ditunjukkan dengan pola landai pada semua sampel granit menunjukkan fraksional kristalisasi pada bagian kerak atas. Rasio $(Eu/Eu^*)_N$ menunjukkan nilai Europium anomali negatif (kurang dari 1) dengan

kisaran nilai 0,15-0,85 dipengaruhi fraksinasi plagioklas. Beberapa sampel granitoid mempunyai pola berbeda seperti pada granitoid Pangkal Pinang (PKP 1), Penyusuk (BLN 236A), Tanjung Pesona-S. Liat (BLN 245A) dengan pola masing-masing defleksi Ce dan Nd serta pengkayaan Eu (Gambar 5.b.). Gabungan pola unsur tanah jarang granitoid Klabat yang dibedakan berdasarkan daerah/ kabupatennya dirangkum dalam Gambar 6. Rangkuman karakter geokimia unsur granitoid Pulau Bangka berdasarkan hasil analisis unsur jejak disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakter Geokimia Unsur Tanah Jarang Granitoid Pulau Bangka

Daerah	Lokasi	Spider Diagram
Bangka Barat	Menumbing	$(Ce/Yb)_N = 2,2-10,7$
	Tempilang	
	Jebus	
Bangka Selatan	Toboali	$(Ce/Yb)_N = 6,7-7,2$
Bangka Tengah	Pangkal Pinang	$(Ce/Yb)_N = 1-5,4$
	Koba/Pading	
Bangka Timur (Belinyu)	Pemali	$(Ce/Yb)_N = 1,8-7,5$
	S. Liat	
	Penyamun	
	Romodong (Belinyu)	

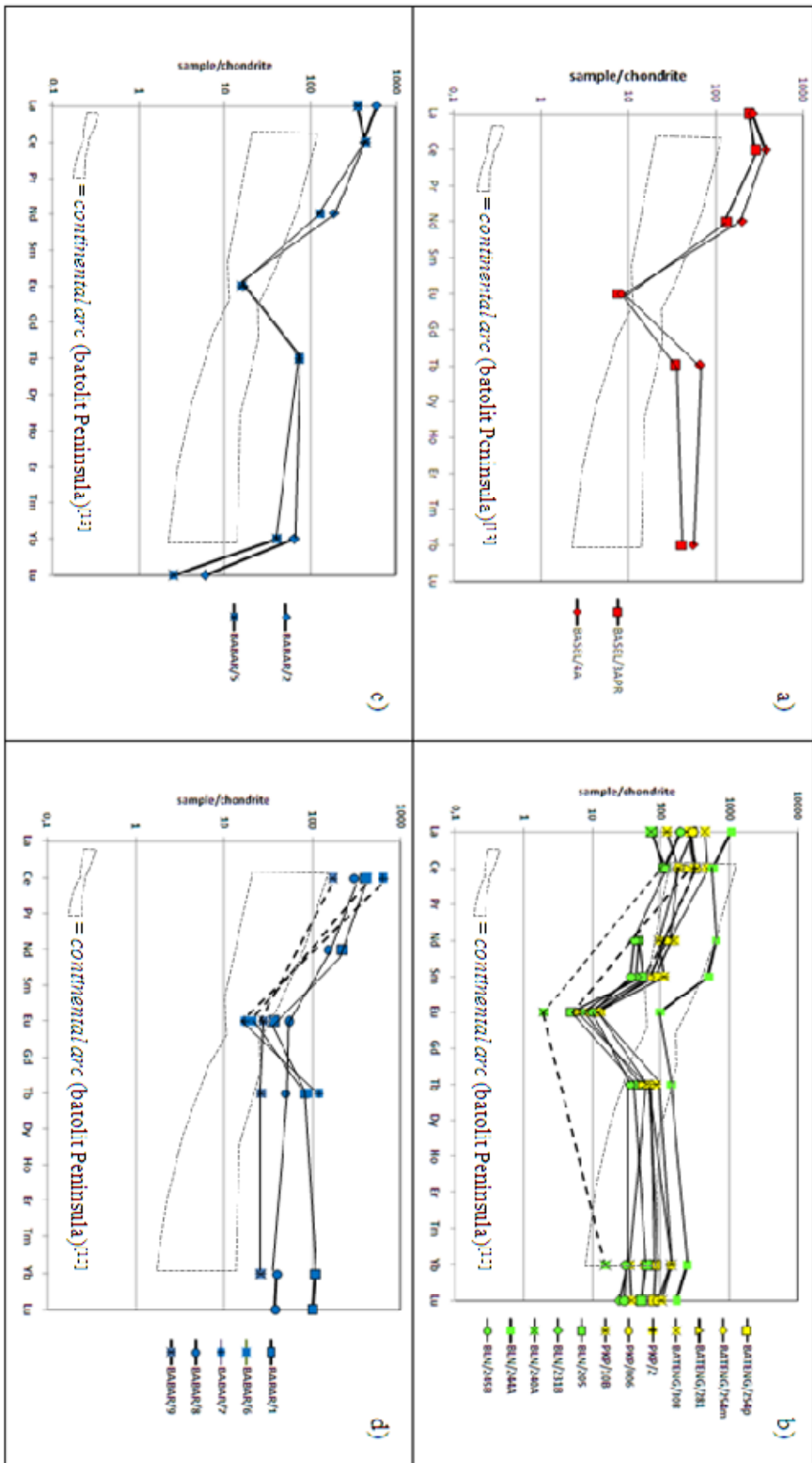
Interpretasi Data Geokimia Unsur Tanah Jarang

Berdasarkan data geokimia unsur utama jalur granit timah Asia Tenggara^[10] yang diplotkan ke dalam diagram afinitas geokimia SiO_2-K_2O ^[9] dan *Modified Alkali Lime Index (MALI)*^[11], granitoid Pulau Bangka terbentuk dari afinitas magma *calc-alkalic* hingga *high-K calc-alkaline*^[4]. Diskriminasi tektonomagmatiknya menempatkan pembentukan granitoid Pulau Bangka pada busur benua (*continental arc*), secara geodinamik yang terjadi berupa penunjaman hingga tumbukan. Diagram laba-laba unsur tanah jarang yang telah dinormalisasi *chondrite*^[8] menunjukkan pengkayaan unsur tanah jarang jenis ringan (*LREE*) dengan kisaran 1,5 hingga 10,7.

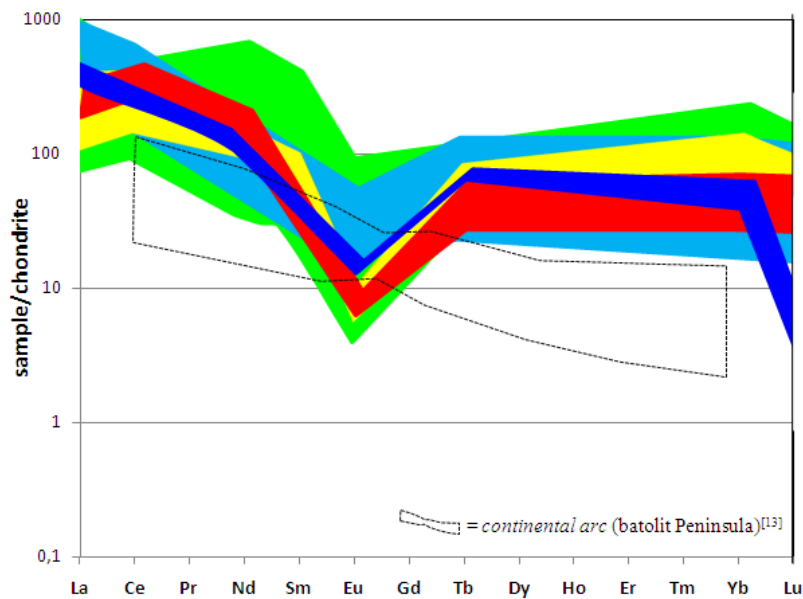
Pola diagram laba-laba unsur tanah jarang granitoid Pulau Bangka (Gambar 5 dan

Gambar 6) serupa dengan bagian barat batolit Peninsula, Cascade Range, Amerika Utara dengan karakter sedikitnya pemiskinan HREE (Gambar 7). Tataan tektonik batolit tersebut berada pada busur benua^[13], dengan tipologi granitoid yang terbentuk sebagai tipe I berdasarkan rasio isotop $^{87}Sr/^{88}Sr < 0,706$.

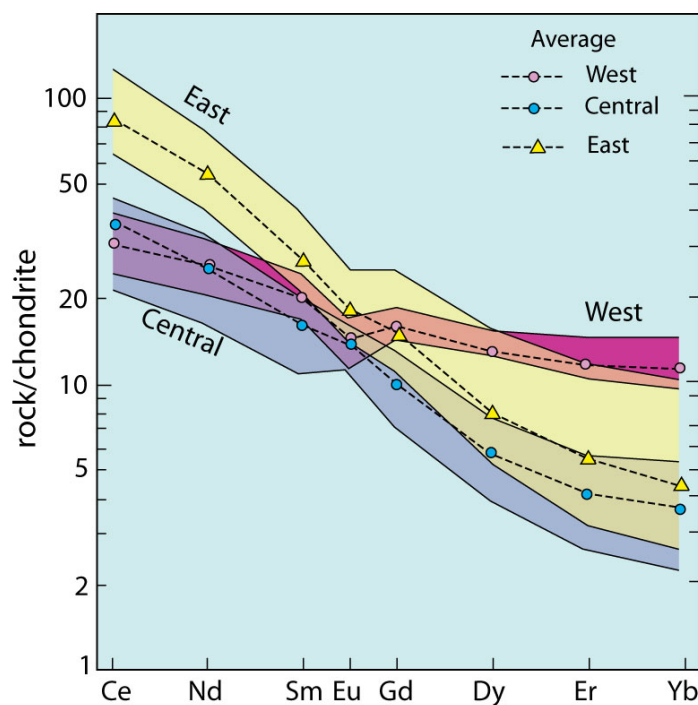
Secara spesifik pada granitoid Pulau Bangka, rasio isotop $^{87}Sr/^{88}Sr$ menunjukkan granitoid Bangka Barat, Belinyu dan Bangka Tengah termasuk Tipe S^[6,10]. Percampuran tipe I dan S pada granit penghasil timah di Indonesia tidak menunjukkan batas jelas yang membedakan kedua tipe tersebut^[14]. Percampuran tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi geodinamik yang berperan dalam pembentukan granitoid Klabat, yang dapat memungkinkan terjadinya peleburan kerak menghasilkan granit tipe S atau anateksi.



Gambar 5. Diagram laba-laba unsur tanah jarang normalisasi *chondrite*^[8] granitoid : a). Toboali, Bangka Selatan, b) Belinyu, Pangkal Pinang dan Bangka Tengah, c). Menumbing, Bangka Barat, d) Jebus, Bangka Barat.



Gambar 6. Gabungan diagram laba-laba unsur tanah jarang granitoid Pulau Bangka, nilai normalisasi *chondrite*^[8].



Gambar 7. Diagram laba-laba unsur tanah jarang normalisasi *chondrite* pada batolit Peninsula, Cascade, Amerika^[11].

KESIMPULAN

Analisis Aktivasi Neutron (AAN) merupakan metode geokimia yang sangat sensitif termasuk unsur tanah jarang yang umumnya memiliki konsentrasi rendah,

sehingga dapat diaplikasikan pada karakterisasi granit tipe I dan S. Berdasarkan data dan diagram laba-laba tanah jarang yang telah dinormalisasi *chondrite*, granitoid Pulau Bangka menunjukkan pengkayaan unsur

tanah jarang jenis ringan (*LREE*) dibandingkan jenis berat (*HREE*) yang relatif datar serupa dengan batolit Peninsula, *Cascade Range*, namun memiliki tipologi I pada situasi tektonik busur benua (*continental arc*).

DAFTAR PUSTAKA

1. TAHER, A.E., "Elemental Analysis of Granite by Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) and X-Ray Fluorescence Analysis (XRF)", *Applied Radiation and Isotope*, **70**, 350 – 354, 2012.
2. MANGGA, S.A. dan DJAMAL, B., "Peta Geologi Lembar Bangka Utara dan Bangka Selatan", Pusat Penelitian Pengembangan Geologi, Bandung, 1994.
3. BAS, M.J.L. and STRECKEISEN, A.L., "The IUGS Systematics of Igneous Rocks", *Journal of the Geological Society*, London, 148, 825-833, 1991.
4. WIDANA, K.S., "Petrografi dan Geokimia Unsur Utama Granitoid Pulau Bangka: Kajian Awal Tektonomagmatisme", *Eksplorium*, 34, 75-88, 2013.
5. GILL, "Igneous Rock and Processes : a Practical Guide", Wiley-Black Well, Malaysia, 2010.
6. COBBING, E. J., MALLICK, D.I.J., PPITFIELD, E. J. and TEOH, L.H., "The granites of the Southeast Asian Tin Belt", *Journal of the Geological Society*, 143, p537-550, 1986.
7. PEETERMANS, S., "Neutron Activation Analysis Trainingship at the Nuclear Physics Institute", *_Re_z*, CZ summer, 2010.
8. SUN, S.S., and MCDONOUGH, 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, vol. 42, 313–345, 1989.
9. ROLLINSON, H., "Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation", Longman Group UK Limited, p 352, 1993.
10. 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.
11. FROST, B.R. and FROST, C.D., "A Geochemical Classification for Feldspathic Igneous Rocks", *Journal of Petrology*, v.49, 11, 1955-1969, 2008
12. Gill, J.B., "Orogenic Andesites and Plate Tectonics", Berlin: Springer - Verlag, 1981.
13. GROMET, P., dan 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.
14. SEARLE, M.P., WHITEHOUSE, M.J., ROBB, L.J., GHANI, A.A. HUTCHISON, C. S., SONE, M.S., ROSELEE, M.H. CHUNG, S.L. and OLIVER, G.J.H., "Tectonic evolution of the Sibumasu-Indochina terrane collision zone in Thailand and Malaysia: constraints from new U - Pb zircon chronology of SE Asian tin granitoids", *Journal of the Geological Society*, 169, 489-500, 2012.