

Geokimia Batugamping Formasi Gumai dan Formasi Baturaja di Wilayah Muaradua, Ogan Komering Ulu Selatan, Provinsi Sumatra Selatan

Geochemistry of Limestones from the Gumai Formation and Baturaja Formation in Muaradua Area, Southern of Ogan Komering Ulu, South Sumatra Province

Ronaldo Irzon, Sigit Maryanto, dan Kurnia

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung 40122

E-mail: ronaldo_irzon@yahoo.com

Naskah diterima : 22 Januari 2016, Revisi terakhir : 11 Jul 2016, Disetujui : 1 Agustus 2016

Abstrak - Formasi Gumai dan Formasi Baturaja merupakan dua dari beberapa satuan batuan yang terdiri atas batugamping di daerah Muaradua, Ogan Komering Ulu, Provinsi Sumatra Selatan. Komposisi geokimia merupakan sisi yang dibahas dalam penelitian ini pada kelompok batugamping dari Formasi Gumai dan Formasi Baturaja. Kadar oksida utama pada contoh diketahui menggunakan perangkat XRF, sedangkan unsur jarang dan unsur tanah jarang dengan ICP-MS. *Bivariate plots*, koefisien determinasi, dan *pearson correlation coefficient* dimanfaatkan untuk membedakan batugamping dari kedua unit batuan ini. Rataan unsur tanah jarang pada batugamping Formasi Baturaja (89,79 ppm) jauh lebih tinggi dari contoh yang sama dari Formasi Gumai (33,63 ppm). Melalui studi ini dapat disimpulkan bahwa kedua kelompok batugamping memiliki proses pembentukan berbeda. Formasi Baturaja lebih banyak dipengaruhi oleh bahan klastik dengan mengacu pada komposisi Al_2O_3 , Fe_2O_3T , dan Er/Nd . Kondisi lingkungan lebih oksidatif pada batugamping Formasi Baturaja dikonfirmasi oleh anomali Ce. Pengaruh material *terrigenous* pada Formasi Baturaja dan Formasi Gumai dapat disimpulkan melalui perbandingan Y/Ho.

Kata kunci - geokimia, batugamping, Formasi Gumai, Formasi Baturaja, Muaradua

Abstract - The Gumai Formation and Baturaja Formation are two of several rock units containing limestone in Muaradua area, Ogan Komering Ulu, South Sumatra Province. Geochemical composition is the main aspect of the study about limestones from the Gumai Formation and Baturaja Formation. Major oxides of the samples were measured using XRF, whereas trace and rare earth elements by ICP-MS. *Bivariate plots*, coefficient of determination, and *pearson correlation coefficient* were used to distinguish the limestones from both geological units. Mean rare earth elements value of limestone from Baturaja Formation (89,79 ppm) was higher than the Gumai Formation (33,63 ppm). This study concluded that limestones from two different units related to different diagenetic process. The Baturaja Formation was contained more by terrigenous materials based on Al_2O_3 , Fe_2O_3T , and Er/Nd datas. The Baturaja Formation was built in more oxidative environment than the Gumai Formation confirmed by Ce anomaly. Influence of terrigenous material on both the Baturaja Formation and Gumai Formation was concluded from Y/Ho ratio.

Keywords - geochemistry, limestone, Gumai Formation, Baturaja Formation, Muaradua

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Batuan karbonat (batugamping) banyak tersingkap pada berbagai tempat di Sumatra. Batuan karbonat di bagian barat Indonesia, termasuk Sumatra, telah terbentuk sejak Oligosen Akhir (Wilson *and* Rosen. 1998). Pada beberapa lokasi di daerah Muaradua, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatra Selatan terdapat singkapan batugamping dari beberapa formasi batuan yang ada di sana. Batuan karbonat tersebut terbentuk dan terendapkan di lingkungan yang berbeda-beda, terutama di wilayah terumbu belakang hingga wilayah pasang surut (Maryanto, 2005; Maryanto dr.,2005). Wilayah penelitian merupakan bagian dari Cekungan Selatan Sumatra dengan kolom stratigrafi seperti ditampilkan pada Gambar 1 (Hermiyanto dan Ningrum, 2009).

Unsur tanah jarang (UTJ) atau *rare earth elements* (REE), adalah kelompok 15 unsur (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Tu, Yb dan Lu) yang muncul bersamaan dalam Tabel Periodik sebagai kelompok Lanthanida. UTJ dibagi dalam dua subgrup; Lanthanum hingga Samarium dalam UTJ ringan (UTJR); dan Europium hingga Lutetium dalam UTJ berat (UTJB). Walau dinamakan unsur tanah jarang, keterdapatan UTJ tidaklah sangat sedikit keberadaannya. Kelimpahan Ce hampir sama dengan Cu dan Zn yang memang lebih sering diteliti. Begitu pula beberapa elemen UTJ lain (Lu dan Tm) lebih melimpah dalam kerak bumi dari pada Cd dan Se. Pada banyak penelitian mengenai batugamping (Madhavaraju *and* Gonzalez-Leon, 2012; Hua *at.al.*, 2013; Komar *at.al.*, 2014; Abedini dan Calagari, 2015), Y diklasifikasikan sebagai bagian dari UTJ mengacu pada sifatnya yang serupa terutama dengan Ho dan Dy.

UMUR	FORMASI	LITOLOGI	MARKER	PALEONTOLOGI		SEJARAH GEOLOGI/ TEKTONIK
				FORAM	NANNO	
KUARTER	ALUVIAL					
PLIOSEN	KASAI		SEAL			 Compression and up lift
	MUARAENIM			N 12 N 11 N 10	NN 9 NN 8 NN 7	
	TENGAH	AIRBENAKAT		RESERVOIR ROCK	N 9	NN 6
		AWAL	GUMAI	SEAL + RESERVOIR ROCK	N 8	NN 5
	N 7				NN 4	
	N 6				NN 2-3	
		BATURAJA			N 5	NN 2
	TALANG AKAR			N 12 N 4 (?)	NN 1	
OLIGOSEN	LAHAT/KIKIM		SOURCES + RESERVOIR ROCK			 Grabben fill
EOSEN			INDETERMINATE	INDETERMINATE		
PALEOSEN						
PRE-TERSIER	BATUAN DASAR					

Sumber : Hermiyanto dan Ningrum, 2009

Gambar 1. Kolom stratigrafi pada Cekungan Selatan Sumatra

Perkembangan ragam dan teknik analisis turut memperluas dan memperdalam studi mengenai geologi, juga pada batugamping. Pada beberapa dekade terakhir, analisis geokimia dari unsur utama hingga UTJ telah dimanfaatkan sebagai perangkat penting dalam memahami kelakuan, model distribusi dan sejarah pengendapan batugamping (Madhavaraju and Gonzalez-Leon, 2012; Abedini and Calagari, 2015). Selain bermanfaat dalam evaluasi kontribusi relatif perlapisan batuan, UTJ pada batu gamping khususnya dapat digunakan sebagai indikator polusi lingkungan (Komar *et al.*, 2014). Lebih jauh, UTJ juga telah dimanfaatkan dalam memperkirakan sumber utama maupun bagaimana pengaruh air laut dalam pembentukan batugamping (Chen *et al.*, 2012; Abedini and Calagari, 2015).

Metode Analisis

Sembilan contoh batuan sedimen telah terkumpul dari kegiatan survei lapangan. Secara garis besar contoh dibagi atas tiga kelompok: batugamping Formasi Gumai, batu gamping Formasi Baturaja, dan contoh sedimen selain batugamping. Setelah tiba di laboratorium, contoh terpilih dicuci dengan air hasil destilasi untuk menghilangkan kontaminan. Contoh kemudian dikeringkan di bawah panas matahari. Besar butir 200 mesh dipilih sebagai ukuran contoh sebelum dianalisis secara geokimia menggunakan dua perangkat: *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS). Perangkat XRF dimanfaatkan untuk mengukur kandungan oksida utama, sedangkan ICP-MS untuk mengetahui nilai unsur jarang maupun UTJ pada contoh.

Analisis *Loss on Ignition* (LOI) dimulai dengan memanaskan cawan porselen pada temperatur 300°C dalam *furnace*. Selesai pemanasan, cawan didinginkan dalam desikator untuk kemudian ditimbang guna mendapatkan berat cawan kosong. 1 gram contoh dimasukkan dalam cawan kosong tersebut. Cawan berisi contoh dimasukkan dalam *furnace* dengan temperatur 1000°C selama 1 jam. Setelah pendinginan dalam desikator, cawan kembali ditimbang untuk mendapatkan berat cawan+residu. Persamaan perhitungan LOI adalah sebagai berikut:

$$LOI = \frac{(\text{berat cawan+contoh}) - (\text{berat cawan+residu})}{(\text{berat cawan+contoh}) - (\text{berat cawan kosong})} \times 100\%$$

Studi ini turut menghitung besaran koefisien determinasi dan *pearson correlation coefficient* pada kelompok contoh batugamping dari Formasi Gumai maupun Formasi Baturaja. Koefisien determinasi (R²) dimanfaatkan dalam mempelajari hubungan antar oksida utama. Pada sisi lain, *pearson correlation*

coefficient (r) kemudian digunakan untuk melihat lebih dalam hubungan antar unsur jarang terhadap UTJ. Program Microsoft Excel dimanfaatkan untuk mempermudah perhitungan dalam penelitian ini. Kandungan UTJ pada contoh dinormalisasi terhadap besaran *Post-Archean Australian Shale* (PAAS) (Taylor and McLennan, 1985) dalam pembuatan diagram laba-laba. Formula Abedini dan Calagari (2015) diaplikasikan dalam perhitungan anomali Ce pada studi ini, yaitu:

$$Ce/Ce^* = 2CeN / (LaN + PrN)$$

Geologi

Keadaan geologi daerah penelitian yang berada di wilayah Muaradua, Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatra Selatan. Daerah ini telah dipetakan oleh Gafoer dr. (1994) pada Peta Geologi Lembar Baturaja, Sumatra dengan skala 1:250.000. Geologi daerah ini terdiri atas batuan malihan, sedimen, dan batuan beku (intrusif maupun ekstrusif). Pluton Garba merupakan satuan batuan beku intrusif sedangkan Vulkanik Dempo sebagai satuan batuan gunung api di wilayah ini. Sebagai satuan batuan malihan, Formasi Tarap tersusun oleh filit, sekis, batusabak, kuarsit, dan sedikit marmer. Penyederhanaan peta geologi dan lokasi pengambilan contoh pada daerah studi dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada wilayah ini banyak terdapat sedimen Tersier yang terbentuk di atas batuan Pra-Tersier. Sedimentasi Tersier diawali oleh siklus pengendapan transgresi dan ditutup dengan siklus regresi (Maryanto, 2005). Formasi Lahat, Formasi Talangakar, Formasi Baturaja, dan Formasi Gumai terendapkan pada fasa transgresi. Pada sisi lain, siklus regresi mengendapkan Formasi Airbenakat, Formasi Muaraenim dan Formasi Kasai hingga Kuartar Awal (Cahyono dan Radja, 2001). Formasi Baturaja sebagai salah satu fokus pada studi ini berumur Miosen Awal terdiri atas batugamping terumbu, kalkarenit dengan sisipan serpih gampingan dan napal dengan ketebalan 220 m (Maryanto dr., 2005; Maryanto, 2014). Batugamping dari Formasi Baturaja secara umum terendapkan pada lingkungan belakang terumbu pada Miosen Awal dengan perlapisan yang dapat ditelusuri di sepanjang lintasan Air Rambangnia (Maryanto, 2008). Formasi Gumai, yang mana empat buah contoh pada studi ini diambil, terbentuk oleh serpih gampingan, napal, batulempung dengan sisipan serpih gampingan, menyebar dari arah timurlaut dan timur sampai ke Paparan Sunda. Formasi Gumai terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Baturaja dan terendapkan pada lingkungan laut terbuka lebih dangkal daripada Formasi Baturaja (Hermyanto dan Ningrum, 2009).

Banyak studi telah dilaksanakan menyangkut batugamping di wilayah Indonesia, namun masih sedikit yang memanfaatkan kandungan geokimia dalam menganalisis proses pembentukannya. Pada studi ini dibahas mengenai penggunaan data geokimia untuk membedakan dua unit batugamping pada satu wilayah. Pengaruh material bahan *terrigenous* (klastik), dan kedalaman laut saat pembentukan kedua unit batugamping tersebut diungkap melalui kandungan unsur tanah jarangnya. Sebagai perbandingan, tiga contoh batuan sedimen selain batugamping turut dipelajari selain enam contoh batugamping dari Formasi Gumai maupun Formasi Baturaja.

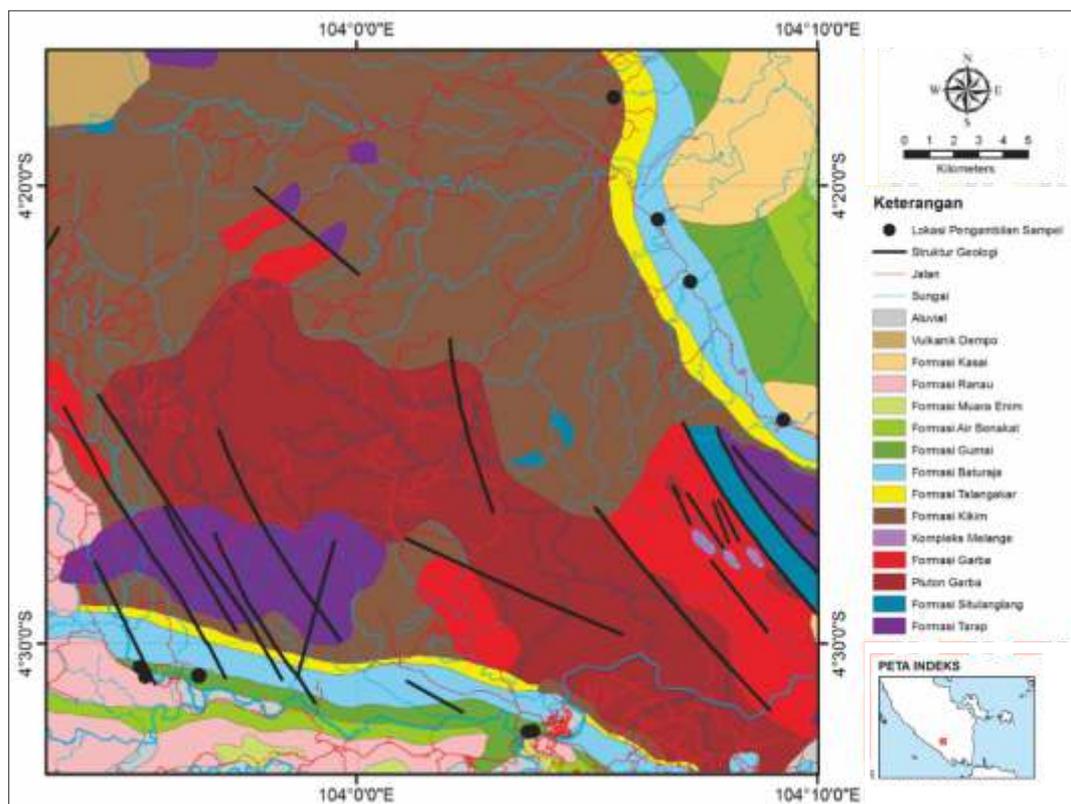
HASIL PENELITIAN

Deskripsi Megaskopis

Tiga contoh batugamping yang berada pada domain Formasi Gumai (Gafoer dr., 1994) telah diambil dan diteliti, yaitu: MDRS 01, MDRS 02, dan MDRS 09 seperti tampak pada Gambar 2. Contoh pertama (MDRS 01) merupakan batugamping terpilah buruk dengan kepingan ganggang koralina berukuran cukup besar. Singkapan pada contoh pertama ini mempunyai

ketebalan 200 cm, berwarna bening hingga keruh kecoklatan, dengan besar butir berukuran sedang. MDRS 02 merupakan batugamping bioklastika yang terpilah buruk dan diambil kira-kira 100 m arah tenggara dari MDRS 01. Secara makroskopis, contoh ini berwarna bening hingga keruh kecoklatan dengan ukuran butir sedang (antara 0,05-20,00 mm) dengan tebal lapisan 100 cm. Batugamping dengan ciri megaskopis agak lempungan dapat diamati pada lokasi MDRS 09. Contoh ketiga diambil dari lapisan dengan ketebalan 10-140 cm., berwarna abu-abu kecoklatan, tidak keras, agak plastis, pejal dengan beberapa sisipan batupasir yang umumnya gampingan.

MDRS 25, MDRS 37, dan MDRS 40 merupakan contoh batugamping yang diperoleh pada lokasi domain Formasi Baturaja (Gafoer dr., 1994). Batugamping bioklastika halus *wackestone* lempungan, abu-abu terang bergaris karena pengarahannya yang cukup banyak, agak padat, agak keras merupakan kenampakan megaskopis MDRS 25 dengan tebal lapisan >100 cm. MDRS 37 merupakan batugamping kedua dari Formasi Baturaja dengan warna abu sangat terang dengan ketebalan sekitar 130 cm. Moluska, ganggang dan foraminifera dengan ukuran mencapai 5



Sumber : modifikasi dari Gafoer dr. (1994)

Gambar 2. Lokasi penelitian yang merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Baturaja

cm dapat teramati pada singkapan MDRS 37. Contoh batugamping kedua dari formasi ini (MDRS 40) berbentuk kristalin halus dengan warna khakhi keabuan, padat, dan keras. MDRS 40 ini memiliki kenampakan khusus, yakni struktur konsentris memanjang mengikuti bidang pengendapan vadose. MDRS 25, MDRS 37, dan MDRS 40 merupakan bagian dari Formasi Baturaja, oleh sebab itu kemudian disebut sebagai batugamping Formasi Baturaja.

Dua contoh sedimen non gamping diambil sebagai pembandingan pada analisis geokimia. MDRS 21 merupakan batupasir berbutir sedang-kasar berwarna abu-abu sangat terang kecoklatan, tidak tersemenkan, lepas, pejal, dengan ketebalan lapisan lebih dari 15 meter. Batuan yang diambil sebagai bahan galian kedua berupa batulempung tufan (MDRS 22) berwarna abu-abu sangat terang, berlapis sedang, berselingan dengan batulempung gampingan, padat, keras, pejal. Walaupun MDRS 65 diambil pada domain batugamping Formasi Baturaja, contoh yang dianalisis hanya berupa bagian bintal (*nodule*) saja. Keadaan lapangan saat pengambilan contoh dapat diamati pada Gambar 3.

Korelasi Oksida Utama, Unsur Jarang dan UTJ

Konsentrasi oksida utama, unsur jarang, dan UTJ pada setiap contoh disajikan di Tabel 1. Seperti halnya batugamping yang umumnya didominasi oleh mineral kalsit dan aragonit, tiga oksida utama terbesar pada kedua kelompok batugamping pada studi ini adalah CaO, SiO₂, dan Al₂O₃ dimana hanya satu contoh dengan kadar CaO lebih rendah daripada SiO₂ (MDRS 09). Sebagai bagian bintal (*nodule*) pada batugamping dari Formasi Baturaja, perbandingan kandungan SiO₂ terhadap CaO pada contoh MDRS 65 (3,73) jauh lebih tinggi dibanding dengan perbandingan yang sama terhadap batugamping dari dua formasi terpilih (0,09-1,11 pada Formasi Gumai; 0,10-0,60 pada Formasi Baturaja). Ciri megaskopis agak lempungan pada batugamping MDRS 09 dikonfirmasi oleh kandungan Al₂O₃ (6,98%) yang jauh lebih tinggi dari contoh batugamping lainnya dari Formasi Baturaja (<<2,5%). Kandungan oksida aluminium pada contoh batupasir (MDRS 21) jauh lebih tinggi dari contoh sedimen jenis lain (15,61%), sedangkan contoh batu lempung tufaan (MDRS 22) sangat didominasi oleh oksida kalsium (CaO:SiO₂ > 4,4).



Sumber : dok. Penulis

Gambar 3. a) Batugamping klastika kasar *rudstone* yang diperkirakan merupakan endapan gua dan mengandung fosfat pada lokasi MDRS 01; b) MDRS 02 sebagai Batugamping bioklastika kasar yang kaya akan fosil moluska; c) Lapisan buruk batugamping bioklastika kasar *floatstone* menindih erosional batugamping bioklastika halus *wackestone* lempungan pada MDRS 25; dan d) Perlapisan batupasir dan napal tufan (MDRS 22) yang diduga merupakan penyusun Formasi Gumai, ditindih takselaras oleh batupasir penyusun Formasi Ranau

Tabel 1. Hasil analisis geokimia contoh sedimen dari daerah Muaradua menggunakan XRF dan ICP-MS.

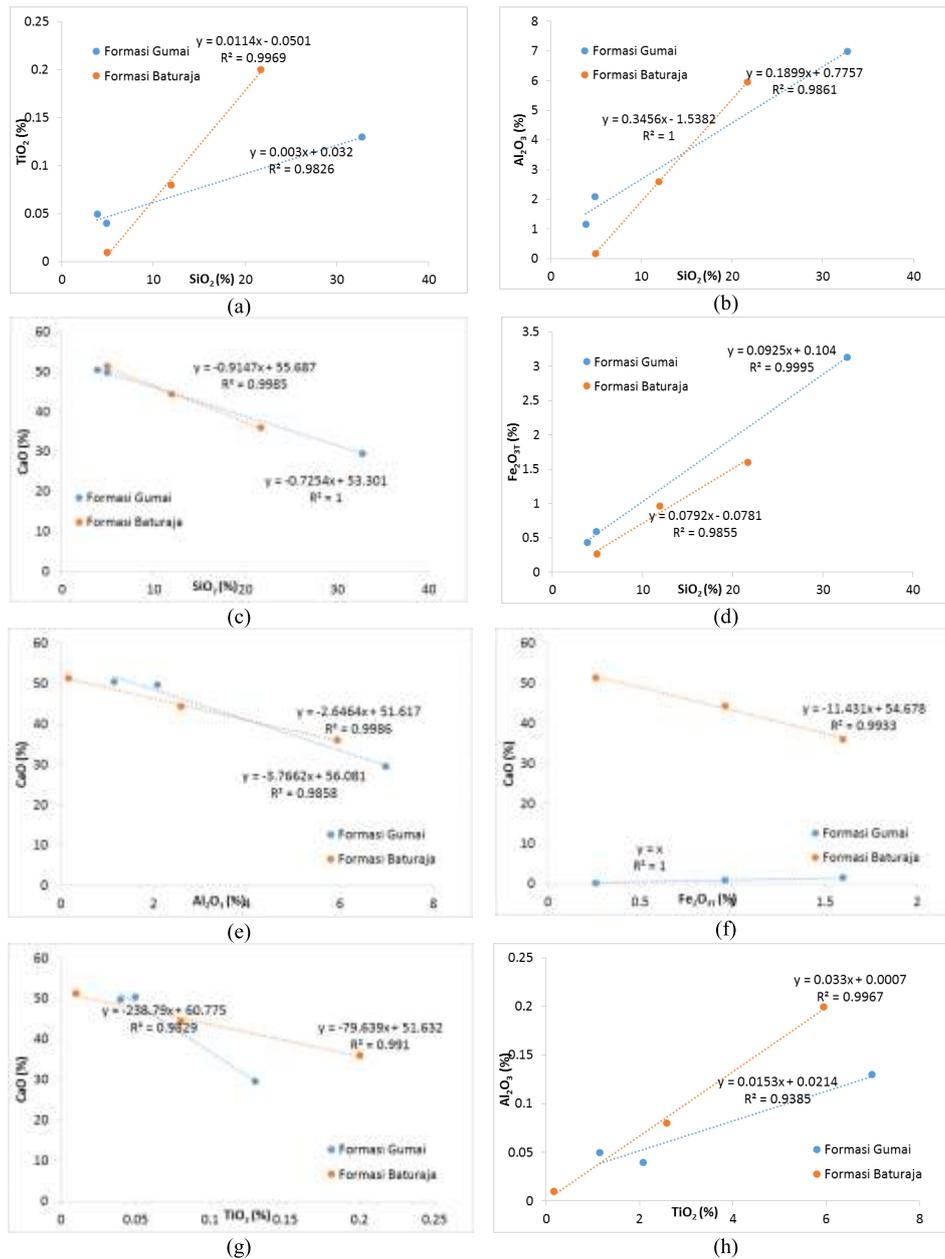
Contoh	Batugamping F.Gumai			Batugamping F.Baturaja			Sedimen non batugamping		
	MDRS 01	MDRS 02	MDRS 09	MDRS 25	MDRS 37	MDRS 40	MDRS 21	MDRS 22	MDRS 65
SiO ₂ (%)	4.89	3.88	32.74	11.93	21.67	4.95	70.31	10.88	66.74
TiO ₂	0.04	0.05	0.13	0.08	0.20	0.01	0.20	0.01	0.02
Al ₂ O ₃	2.08	1.15	6.98	2.59	5.95	0.17	15.61	0.51	0.57
Fe ₂ O _{3T}	0.59	0.43	3.13	0.96	1.60	0.26	2.21	0.25	0.45
MnO	0.28	0.04	0.24	0.01	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01
CaO	49.77	50.47	29.55	44.43	36.01	51.36	1.03	47.89	17.88
MgO	0.51	0.71	0.62	0.91	1.75	0.26	0.36	0.66	0.33
Na ₂ O	0.03	0.02	1.17	0.04	0.04	0.01	3.37	0.04	0.03
K ₂ O	0.05	0.03	0.83	0.30	0.52	0.02	3.33	0.05	0.08
SO ₃	0.27	0.01	0.01	0.01	0.26	0.01	0.01	0.01	0.36
P ₂ O ₅	0.04	0.01	<0.01	0.04	0.01	0.02	0.02	0.09	0.10
LOI	41.83	42.56	23.78	38.21	31.80	42.19	2.65	39.60	14.49
Ni (ppm)	49.50	30.33	52.50	33.50	33.00	37.50	14.84	5.00	17.50
Rb	3.01	2.64	18.57	14.22	17.19	2.88	154.21	3.63	4.52
Sr	811.53	478.76	542.45	769.01	622.59	288.53	145.54	1400.30	340.30
Zr	12.03	8.81	10.57	6.20	30.85	0.51	70.87	10.81	7.38
Nb	1.51	1.07	1.73	1.74	3.35	1.17	5.14	1.02	0.20
Cs	0.10	0.28	0.74	2.04	0.57	0.25	29.62	0.35	0.80
Ba	6.54	11.93	156.99	163.63	49.77	27.89	426.40	22.94	19.65
La	8.32	7.96	6.75	59.34	51.65	54.95	22.30	64.22	2.80
Ce	7.24	6.95	10.56	13.26	13.50	16.16	44.59	1.61	2.21
Pr	1.12	0.86	1.41	4.01	4.25	3.47	4.58	12.13	0.39
Nd	4.89	2.51	6.13	7.46	7.74	2.19	15.79	1.55	2.21
Sm	0.98	0.70	1.46	0.30	1.78	0.99	1.96	0.36	0.57
Gd	0.82	0.47	1.12	0.22	1.24	0.61	2.64	0.22	0.43
Tb	0.14	0.09	0.21	0.03	0.21	0.04	0.32	0.05	0.08
Dy	1.02	0.68	1.44	0.21	2.00	0.44	2.37	0.37	0.57
Y	4.27	8.27	7.44	5.07	12.82	1.71	14.28	3.52	4.63
Ho	0.15	0.19	0.22	0.16	0.33	0.05	0.42	0.09	0.13
Er	0.50	0.38	0.80	0.03	0.66	0.20	0.96	0.19	0.33
Tm	0.09	0.07	0.14	0.02	0.11	0.01	0.19	0.04	0.06
Yb	0.52	0.44	0.94	0.09	0.72	0.19	1.55	0.19	0.35
Lu	0.09	0.07	0.14	0.02	0.10	0.02	0.19	0.04	0.06
ΣUTJ+Y	34.19	25.92	40.78	88.93	97.04	83.39	112.14	84.58	14.82
Th	0.84	0.61	0.87	0.94	2.70	0.21	16.82	0.03	0.25
U	13.03	3.33	1.90	3.69	4.10	2.68	3.33	0.44	7.67
Y/Ho	28,47	43,52	33,82	31,68	38,85	34,2	35,67	39,11	33,07
Er/Nd	0,099	0,106	0,102	0,063	0,104	0,065	0,074	0,123	0,127

Sumber : olahan Penulis

LOI pada seluruh contoh menunjukkan perbedaan antara batuan sedimen (>>2%) dengan batuan beku segar. Nilai LOI pada kedua kelompok batugamping meningkat sesuai dengan kenaikan kadar CaO pada kedua kelompok batugamping karena besaran LOI memang lazim dijadikan acuan mengenai kandungan bahan organik maupun karbonat pada contoh sedimen (Heiri *et al.*, 2001). Kadar LOI yang kecil ditunjukkan oleh MDRS 21 yang bermakna bahwa kandungan CaO maupun bahan organik pada contoh ini tergolong sedikit. Kemudian, LOI pada MDRS 65 (14,49%) jauh lebih kecil dari rata-rata batugamping (36,4%) meski berasal dari domain Formasi Baturaja (Gafoer *dr.*, 1994) yang mencirikan perbedaan antara bagian bintal (*nodule*) dan batugamping.

Bivariate plots antara pasangan oksida utama menunjukkan korelasi positif yang kuat antara SiO₂ – TiO₂, SiO₂ – Al₂O₃, SiO₂ – Fe₂O_{3T}, dan TiO₂ – Al₂O₃ pada batugamping dari Formasi Gumai maupun Formasi Baturaja (Gambar 4(a), (b), (d), (h)) dengan nilai kuadrat dari *pearson's correlation coefficient* (R², juga dikenal sebagai koefisien determinasi) pada pasangan tersebut >0,9385.

Sebaliknya korelasi negatif kuat dapat diamati pada *bivariate plots* antara SiO₂ – CaO, Al₂O₃ – CaO, TiO₂ – CaO (Gambar 3(c), (e), (g)). Kemudian, terdapat perbedaan pada kurva korelasi Fe₂O_{3T} – CaO yang jelas dimana batugamping dari Formasi Gumai mengalami kenaikan kadar CaO dengan meningkatnya kadar Fe₂O_{3T}



Sumber : olahan Penulis

Gambar 4. Bivariate plots oksida utama terpilih pada batugamping dari Formasi Gumai dan Formasi Baturaja

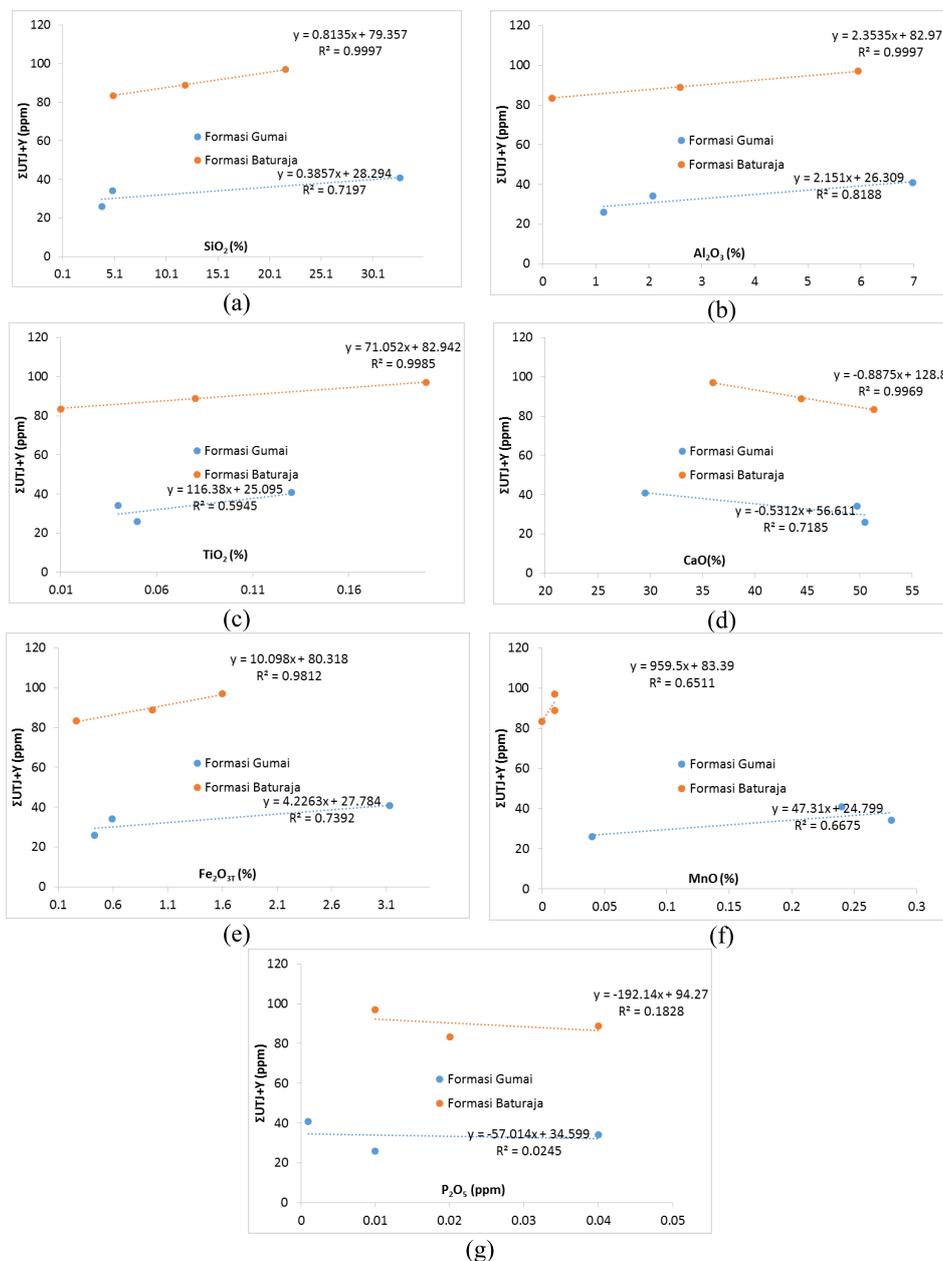
(Gambar 4(f)), sebaliknya bahwa CaO pada Formasi Baturaja menurun terhadap kenaikan Fe_2O_3 . Berdasarkan kumpulan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa oksida utama Formasi Baturaja berasal dari sumber yang berbeda dari oksida utama pada Formasi Gumai. Lebih lanjut, rangkaian diagram ini memperjelas bahwa sumber oksida utama pada batugamping dari masing-masing formasi berasal dari satu sumber berbeda dengan nilai $R^2 > 0,93$ bahkan terdapat sepasang $R^2 = 1$. Fakta menarik adalah kadar unsur utama pada MDRS 65. Sebagai *nodule* pada batugamping dari Formasi Baturaja, perbandingan

kandungan SiO_2 terhadap CaO pada contoh ini (3,73) jauh lebih besar dibanding dengan perbandingan yang sama terhadap batugamping dari dua formasi terpilih (0,09-1,11 pada Formasi Gumai; 0,10-0,60 pada Formasi Baturaja) yang menunjukkan kemungkinan bahwa contoh ini telah tersilisifikasi.

Yttrium (Y) dimasukkan ke dalam kelompok UTJ karena memiliki kemiripan dengan anggota UTJ lain, terutama Ho dan Dy, terkait dengan radius ion dan muatan listriknya (Hua *et al.*, 2013; Abedini and Calagari, 2015).

Rataan $\Sigma UTJ+Y$ pada kelompok batugamping dari Formasi Baturaja (89,79 ppm) jauh lebih tinggi dari kelompok batuan serupa dari Formasi Gumai (33,33 ppm). Kandungan UTJ ini tidak dapat dikatakan tinggi karena memang tidak termasuk dalam jenis batuan dengan deposit UTJ tinggi (Castor and Hedrick, 2006). *Bivariate plots* $\Sigma UTJ+Y$ terhadap oksida utama terpilih dapat teramati pada Gambar 5. Pada rangkaian diagram perbandingan oksida utama terhadap $\Sigma UTJ+Y$ kedua kelompok batugamping memperlihatkan korelasi positif terhadap beberapa oksida utama yakni: SiO_2 ,

Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , T (Gambar 5(a), (b), (c), (e)) dan berkorelasi negatif terhadap CaO (Gambar 4(d)) walau dengan tingkat koefisien determinasi berbeda. Perbedaan koefisien korelasi positif $\Sigma UTJ+Y$ terhadap Si , Al , dan Ti ($0,9812 \leq R^2_{F.Baturaja} \leq 0,9997$ dan $0,5945 \leq R^2_{F.Gumai} \leq 0,8188$), dilengkapi perbedaan korelasi negatif $\Sigma UTJ+Y$ terhadap CaO ($R^2_{F.Baturaja} = -0,9969$; $R^2_{F.Gumai} = -0,7185$) dapat dijadikan petunjuk bahwa kandungan UTJ dan Y pada Formasi Baturaja lebih kuat dipengaruhi oleh bahan detrital dibandingkan dengan Formasi Gumai (Abedini and Calagari, 2015).



Sumber : olahan Penulis

Gambar 5. Bivariate plots $\Sigma UTJ+Y$ terhadap oksida utama terpilih pada studi batugamping ini.

Sumber UTJ pada Batugamping

Pola distribusi UTJ pada batugamping dan bauksit tergantung pada beberapa faktor penting seperti pengaruh mineral *terrigenous* (klastik), level oksigen pada air laut, kandungan biogenik laut, maupun produktifitas permukaan (Madhavaraju *and* Lee, 2009; Garasic *and* Jurkovic, 2012; Hua *et al.*, 2013). Secara lebih khusus, bahan klastik yang dimaksud adalah mineral yang terbentuk dari oksida Mn, Fe, dan P (Abedini *and* Calagari, 2015). Nilai korelasi positif kuat Fe terhadap $\Sigma\text{UTJ}+\text{Y}$ pada batugamping dari Formasi Baturaja ($R^2=0,9821$) menunjukkan adanya pengaruh kuat oksida besi sebagai sumber kandungan UTJ+Y. Sebaliknya pada batugamping dari Formasi Gumai, meski berkorelasi positif, nilai koefisien determinasi yang lemah ($R^2=0,7392$) belum dianggap valid dalam menarik kesimpulan yang sama.

Kurva perbandingan oksida mangan maupun fosfat memang memiliki $R^2 \ll 0,9$ (Gambar 5(f) dan (g)) sehingga belum dapat menopang hipotesis faktor *terrigenous* sebelumnya. Konsentrasi dua oksida tersebut sangat kecil ($<0,01-0,28\%$) dan rentan terhadap gangguan *background* saat analisis, sehingga angka tersebut belum kuat untuk dijadikan pijakan dan pembahasan pada studi ini.

Konsentrasi oksida aluminium pada batugamping ditengarai sangat berhubungan dengan kandungan *alumino-phyllsilicate* (utamanya adalah lempung) didalamnya sebagai *background* pelapukan batuan lain yang kemudian menjadi serpih (Komar *et al.*, 2014). Oleh karena itu, Al_2O_3 pada batugamping dalam studi ini dapat dijadikan acuan adanya kontaminasi serpih (Abedini *and* Calagari, 2015). Rataan Al_2O_3 pada batugamping dari Formasi Baturaja adalah 2,9% yang jauh lebih tinggi dari rataan *siliciclastic-contaminated carbonates* (Madhavaraju *and* Lee, 2009). Keterdapatannya kontaminan tersebut pada Formasi Baturaja dikonfirmasi dengan angka koefisien determinasi yang tinggi antara Al_2O_3 terhadap total UTJ+Y ($R^2 = 0,9998$). Pada sisi lain, Al_2O_3 terhadap $\Sigma\text{UTJ}+\text{Y}$ memang berkorelasi positif, namun nilai $R^2 < 0,9$ menafsirkan kontaminasi serpih pada batugamping Formasi Gumai meski rataan kandungan Al_2O_3 adalah 3,4%.

Koefisien Korelasi Pearson (r) dihitung untuk mempelajari lebih dalam keterkaitan unsur jarang dan masing-masing unsur tanah jarang terhadap $\Sigma\text{UTJ}+\text{Y}$ (Tabel 2). Nilai $r \geq 0,86$ atau $r \leq -0,86$ dijadikan tumpuan bahwa dua kelompok data mempunyai korelasi yang baik (Papastergios *et al.*, 2009). Pada Tabel 2a dapat diperhatikan bahwa Ni, Nb, dan Th berkorelasi positif

dengan $r > 0,86$ terhadap $\Sigma\text{UTJ}+\text{Y}$ pada batugamping dari Formasi Gumai. Ni terkait dengan seluruh unsur anggota tanah jarang, kecuali La, Nb dan Th berkorelasi baik terhadap lebih dari setengah unsur tanah jarang. Hal ini bermakna bahwa mineral dengan kandungan unsur jarang Ni, Nb, dan Th dikategorikan sebagai mineral sumber UTJ dan Y pada batugamping dari Formasi Gumai. Lebih lanjut, terdapat keterkaitan sangat kuat antara seluruh unsur anggota UTJ, kecuali Lanthanum, terhadap kadar total UTJ dan Yttrium.

Sebaliknya, mineral dengan unsur jarang Rb, Zr, Nb, Th dan U disimpulkan sebagai mineral sumber UTJ+Y pada batugamping Formasi Baturaja (Tabel 2b). Ni memang berkorelasi kuat terhadap UTJ+Y, namun karena korelasinya negatif maka tidak dapat ditarik kesimpulan apapun antara Ni dan UTJ+Y. Mineral mengandung Rb dan U berkorelasi sama, yakni menaikkan kadar Pr dan Nd. Sedangkan mineral dengan kandungan Zr, Nb, dan Th dapat disimpulkan sebagai sumber tujuh elemen anggota UTJ, yakni: Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb dan Lu. Berbeda dengan contoh dari Formasi Gumai, keterkaitan antar unsur UTJ pada batugamping Formasi Baturaja bernilai rendah, yang mana hanya empat dari empat belas unsur tanah jarang memiliki $r > 0,86$ terhadap $\Sigma\text{UTJ}+\text{Y}$.

Anomali dan Perbandingan pada Unsur Tanah Jarang

Jumlah UTJ+Y pada batugamping Formasi Gumai berada pada rentang yang jauh lebih lebar (25,92 ppm hingga 40,78 ppm) dibandingkan pada Formasi Baturaja (83,39,67 ppm hingga 97,04 ppm) namun dengan nilai rata-rata yang lebih rendah, yakni 33,63 ppm berbanding 89,79 ppm secara berurutan. La, Ce, dan Nd menjadi unsur paling dominan dibandingkan unsur tanah jarang lain pada seluruh contoh batugamping. Kandungan UTJ ringan pada kelompok batugamping Formasi Gumai maupun Formasi Baturaja jauh lebih tinggi dari UTJ berat (termasuk Y), yaitu dengan rataan rasio 5,04 dan 20,78 secara berurutan. Kadar UTJ+Y pada contoh batuan klastik lain dari Formasi Gumai jauh lebih tinggi dari pada nilai pada batugampingnya, yakni 112,14 ppm pada batupasir (MDRS 21) dan 84,58 ppm pada batulempung tufaan (MDRS 22). Pada sisi lain, bagian bintal pada batugamping Formasi Baturaja (MDRS 65) berkadar UTJ+Y yang relatif rendah, yakni 14,82 ppm.

Unsur Tanah Jarang perlu dinormalisasi terhadap besaran tertentu untuk menghilangkan *Oddo-Harkins effect* dan melihat pola distribusinya secara lebih lanjut.

Tabel 2. Hasil perhitungan koefisien korelasi Pearson (r) terhadap a) contoh batugamping dari F.Gumai; dan b) contoh batugamping dari F.baturaja. Nilai dengan $r \geq 0,86$ atau $r \leq -0,86$ diberi warna (□) yang menunjukkan adanya korelasi yang kuat.

(a)

	Ni	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	U	ΣUTJ+Y
Ni		0.84	0.24	0.97	0.60	0.99	0.65	0.81	-0.69	0.87	1.00	0.99	0.98	1.00	0.99	0.99	0.94	0.95	0.95	0.91	0.95	0.94	-0.05	1.00
Rb			-0.32	0.69	0.08	0.77	0.96	1.00	-0.97	1.00	0.89	0.78	0.94	0.85	0.92	0.90	0.98	0.97	0.97	0.99	0.97	0.61	-0.58	0.84
Sr				0.47	0.92	0.36	-0.58	-0.37	0.53	-0.27	0.15	0.35	0.03	0.22	0.09	0.12	-0.12	-0.06	-0.06	-0.19	-0.06	0.56	0.96	0.24
Y					0.77	0.99	0.45	0.65	-0.50	0.73	0.94	0.99	0.90	0.97	0.92	0.93	0.83	0.85	0.85	0.78	0.85	0.99	0.18	0.97
Zr						0.69	-0.22	0.02	0.17	0.13	0.52	0.69	0.41	0.58	0.46	0.49	0.28	0.33	0.33	0.20	0.33	0.84	0.77	0.60
Nb							0.55	0.73	-0.59	0.80	0.98	1.00	0.94	0.99	0.96	0.97	0.88	0.91	0.91	0.84	0.91	0.97	0.07	0.99
Cs								0.97	-1.00	0.94	0.72	0.56	0.80	0.66	0.76	0.74	0.88	0.85	0.85	0.91	0.85	0.35	-0.79	0.65
Ba									-0.98	0.99	0.87	0.74	0.92	0.83	0.90	0.88	0.97	0.95	0.95	0.98	0.95	0.56	-0.62	0.81
La										-0.96	-0.76	-0.60	-0.83	-0.70	-0.80	-0.78	-0.90	-0.88	-0.88	-0.93	-0.88	-0.40	0.76	-0.69
Ce											0.91	0.81	0.96	0.88	0.94	0.92	0.99	0.98	0.98	1.00	0.98	0.65	-0.54	0.87
Pr												0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	0.97	0.98	0.98	0.94	0.98	0.90	-0.15	1.00
Nd													0.95	0.99	0.96	0.97	0.89	0.91	0.91	0.85	0.91	0.97	0.06	0.99
Sm														0.98	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	0.98	1.00	0.84	-0.27	0.98
Gd															0.99	0.99	0.94	0.96	0.96	0.91	0.96	0.93	-0.07	1.00
Tb																1.00	0.98	0.99	0.99	0.96	0.99	0.87	-0.21	0.99
Dy																	0.97	0.98	0.98	0.95	0.98	0.89	-0.18	0.99
Ho																		1.00	1.00	1.00	1.00	0.76	-0.40	0.94
Er																			1.00	0.99	1.00	0.79	-0.35	0.95
Tm																				0.99	1.00	0.79	-0.35	0.95
Yb																					0.99	0.70	-0.47	0.91
Lu																						0.79	-0.35	0.95
Th																							0.30	0.94
U																								-0.05
ΣUTJ+Y																								

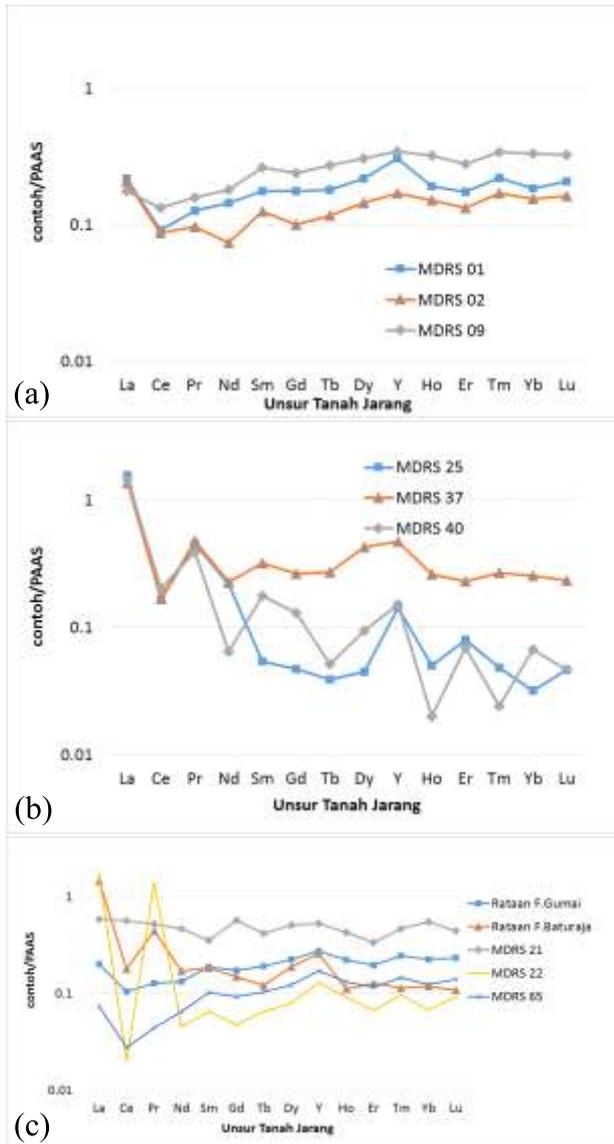
(b)

	Ni	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	U	ΣUTJ+Y
Ni		-1.00	-0.92	-0.57	-0.72	-0.77	-0.56	-0.54	0.02	0.98	-0.98	-1.00	-0.14	-0.23	-0.54	-0.49	-0.67	-0.35	-0.66	-0.46	-0.59	-0.79	-0.98	-0.86
Rb			0.88	0.64	0.78	0.83	0.48	0.46	-0.11	-0.96	0.99	0.99	0.23	0.32	0.62	0.56	0.74	0.44	0.72	0.54	0.66	0.84	1.00	0.91
Sr				0.20	0.39	0.46	0.84	0.83	0.37	-0.97	0.82	0.94	-0.26	-0.17	0.17	0.10	0.33	-0.04	0.31	0.07	0.22	0.49	0.83	0.59
Y					-1.00	-1.00	0.13	0.15	0.68	0.62	-0.87	-0.71	-0.76	-0.82	-0.96	-0.94	-0.99	-0.89	-0.99	-0.93	-0.98	-1.00	-0.86	-0.98
Zr						1.00	-0.18	-0.19	-0.71	-0.59	0.84	0.68	0.79	0.84	0.97	0.96	1.00	0.90	1.00	0.95	0.98	0.99	0.83	0.97
Nb							-0.10	-0.12	-0.65	-0.65	0.88	0.73	0.74	0.80	0.95	0.93	0.99	0.87	0.99	0.92	0.97	1.00	0.87	0.99
Cs								1.00	0.82	-0.69	0.38	0.60	-0.74	-0.68	-0.39	-0.46	-0.24	-0.58	-0.26	-0.48	-0.35	-0.06	0.40	0.06
Ba									0.83	-0.68	0.36	0.59	-0.76	-0.69	-0.41	-0.47	-0.26	-0.59	-0.28	-0.50	-0.36	-0.08	0.38	0.04
La										-0.16	-0.22	0.04	-0.99	-0.98	-0.85	-0.88	-0.75	-0.94	-0.77	-0.90	-0.82	-0.63	-0.20	-0.52
Ce											-0.93	-0.99	0.04	-0.06	-0.39	-0.32	-0.53	-0.18	-0.51	-0.30	-0.43	-0.67	-0.94	-0.76
Pr												0.97	0.34	0.43	0.70	0.65	0.81	0.54	0.80	0.63	0.74	0.90	1.00	0.95
Nd													0.08	0.18	0.50	0.43	0.63	0.30	0.61	0.41	0.54	0.76	0.97	0.83
Sm														1.00	0.91	0.93	0.83	0.98	0.84	0.94	0.88	0.72	0.32	0.62
Gd															0.94	0.96	0.88	0.99	0.89	0.97	0.93	0.78	0.41	0.69
Tb																1.00	0.99	0.98	0.99	1.00	1.00	0.94	0.69	0.89
Dy																	0.96	0.99	0.97	1.00	0.99	0.90	0.61	0.84
Ho																		0.93	1.00	0.97	0.99	0.98	0.80	0.96
Er																			0.94	0.99	0.97	0.87	0.52	0.78
Tm																				0.97	1.00	0.98	0.78	0.95
Yb																					0.99	0.91	0.61	0.85
Lu																						0.96	0.72	0.91
Th																							0.89	1.00
U																								0.94
ΣUTJ+Y																								

Sumber : olahan Penulis

Sebagai besaran yang telah banyak dijadikan nilai normalisasi pada berbagai penelitian terhadap batuan sedimen sebelumnya (Nagarajan *et al.*, 2007; Akarish and el-Gohari, 2011; Hua *et al.*, 2013; Komar *et al.*, 2014;), nilai *Post-Archean Australian Shale* (Taylor and McLennan, 1985) turut dimanfaatkan pada penelitian ini. Diagram laba-laba hasil normalisasi contoh penelitian terhadap PAAS terangkum pada Gambar 6.

Pada diagram laba-laba contoh batugamping dari Formasi Gumai (Gambar 5a) dapat dicermati bahwa seluruh unsur janah jarang berada dibawah nilai standar PAAS dengan kecenderungan menaik dari UTJ ringan menuju UTJ berat. Pola ketiga contoh batugamping tersebut tampak sangat mirip, yakni anomali negatif pada Ce dan Er; serta anomali positif pada Sm, Y, dan Tm.



sumber : olahan Penulis

Gambar 6. Pola diagram laba-laba UTJ+Y: a) batugamping dari Formasi Gumai; b) batugamping dari Formasi Baturaja; dan c) rata-rata batugamping dari dua formasi berbeda dan contoh sedimen lain selain batugamping

Secara alami, REE hadir dalam kondisi trivalen dengan sifat kimia hampir serupa. Namun demikian, Ce^{3+} dapat berubah menjadi Ce^{4+} sebagai isotop yang sukar terlarut akibat kondisi redoks air laut sebagai lingkungan pengendapan batugamping. Jika air laut berada dalam kondisi lebih reduktif, Ce akan tetap trivalen dengan pola REE normal tanpa anomali negatif Ce. Sebaliknya, jika air laut dalam kondisi semakin oksidatif maka semakin sedikit Ce yang tetap dalam kondisi trivalen karena sebagian telah berubah menjadi Ce^{4+} dan terserap oleh air laut sebagai CeO_2 dan $Ce(OH)_4$ (Nagendra *et al.*, 2011). Sensitifitas Ce tersebut telah dikaitkan dengan kondisi *poleo-oceanografi*, perubahan

ketinggian permukaan air laut, rekonstruksi tektonik, dan proses diagenetik (Dolenec *and* Lojen, 2000; Chen *et al.*, 2012). Bagian dari UTJ ini juga dimanfaatkan untuk memperkirakan kondisi *redoks* saat pengendapan batugamping karena solubilitas dan valensi Ce sebagai fungsi potensial *redoks* (Garasic *and* Jurkovic, 2012; Hua *et al.*, 2013; Komar *et al.*, 2014). Lebih jauh, beberapa penelitian terkait kedalaman laut saat pengendapan telah menyimpulkan bahwa anomali Ce akan semakin negatif pada sedimen yang terendapkan pada laut yang makin dalam (Sholkovitz *and* Schneider, 1991; Tanaka *et al.*, 2003). Kedua kelompok batugamping pada studi ini memiliki anomali negatif Ce, dengan contoh dari Formasi Gumai berkisar antara 0,0429 hingga 0,5541 (rata-rata = 0,2398) dan Formasi Baturaja antara 0,0231 hingga 0,1444 (rata-rata=0,0718). Nilai anomali Ce tersebut dapat dijadikan pijakan bahwa batugamping dari Formasi Baturaja terendapkan pada lingkungan dengan kondisi lebih oksidatif dari pada daripada Formasi Gumai. Kemudian, hasil ini sesuai dengan kesimpulan Hermiyanto dan Ningrum (2009) bahwa Formasi Baturaja terendapkan pada lingkungan laut yang lebih dalam (1500 m) dibandingkan dengan Formasi Gumai (1000-1500 m) melalui studi petrologi organik Cekungan Sumatra Selatan.

Kadar Lanthanum pada semua contoh batugamping dari Formasi Baturaja lebih tinggi dari nilai PAAS, sedangkan ketigabelas unsur tanah jarang lain bernilai lebih kecil (Gambar 6b). Kelompok batugamping formasi ini menunjukkan tren menurun dari UTJ ringan menuju UTJ berat, berbeda dengan kelompok dari Formasi Gumai. Meski seluruh contoh batugamping pada Formasi Baturaja menunjukkan anomali negatif pada Ce, hasil plotting pada diagram laba-laba UTJ+Y kelompok ini tidak semirip seperti pada kumpulan contoh batuan sejenis dari Formasi Gumai. Fakta ini sesuai dengan perhitungan koefisien korelasi Pearson (r) sebelumnya yang mana hanya lima dari empat belas unsur tanah jarang batugamping dari Formasi Baturaja berkorelasi kuat terhadap $\Sigma UTJ+Y$ (Tabel 2).

Lebih jauh, perbedaan pola UTJ+Y pada contoh batugamping dari dua formasi dan contoh sedimen lainnya dapat dipelajari pada Gambar 5(c). Kandungan La dan Pr pada contoh batu lempung tufaan (MDRS 22) lebih tinggi dari angka PAAS tanpa kecenderungan meningkat maupun menurun yang valid dari Nd hingga Lu. Pola tanpa tren menaik atau menurun yang jelas pada keseluruhan UTJ+Y ditunjukkan oleh batupasir yang diambil dari domain Formasi Gumai (Gafouer drr, 1994). Nodule pada batugamping dari Formasi Baturaja (MDRS 65) menghasilkan kecenderungan pola UTJ+Y yang berbeda terhadap batuan induknya.

Tren menaik dari La menuju Lu ditampakkan oleh MDRS 65, sedangkan rata-rata UTJ batugamping dari Formasi Baturaja berpola sebaliknya.

Besaran unsur tanah jarang lain yang dipergunakan dalam genesis batugamping adalah Er/Nd. Nilai ini dinilai peka terhadap pengaruh air laut dalam batuan karbonat. Bahan detritus maupun proses diagnosis dianggap mampu menaikkan kadar Nd dari pada Er, yang oleh karenanya makin menurunkan rasio Er terhadap Nd. Juga telah diketahui bahwa nilai normal Er/Nd pada air laut adalah 0,27 (Abedini and Calagari, 2015). Er/Nd batugamping Formasi Baturaja berada dalam kisaran 0,063 hingga 0,104 (rata-rata = 0,076) sedangkan dari Formasi Gumai antara 0,101 dan 0,112 (rata-rata = 0,106) (Tabel 1). Berdasarkan rasio Er terhadap Nd tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan detritus maupun proses diagenesis lebih berperan dalam pembentukan batugamping Formasi Baturaja dibandingkan dengan Formasi Gumai. Kemudian, korelasi positif antara NdN/YbN dengan Al₂O₃ (r=0,985) pada Formasi Baturaja memperkuat pengaruh material detritus terhadap kandungan UTJ (Madhavaraju and Gonzalez-Leon, 2012).

Meski Y memiliki sifat geokimia yang mirip dengan Ho, namun Y dua kali lebih lambat dapat terserap oleh air laut dibandingkan Ho. Fakta tersebut terkait dengan derajat stabilitas kompleks permukaan, dimana peningkatan jumlah partikel dan koloid akan mengakibatkan penurunan rasio *superchondritic* Y/Ho (Zhou et al., 2008). Bahan *terrigenous* dan debu vulkanik memiliki nilai Y/Ho yang relatif stabil, yakni 28. Pada sisi lain, batuan karbonat yang bebas dari pengaruh bahan *terrigenous* dicirikan dengan perbandingan Y/Ho antara 44-74 (Madhavaraju and Lee, 2009). Pengaruh material *terrigenous* pada kedua unit batugamping, diperjelas dengan nilai rata-rata Y/Ho pada batugamping Formasi Gumai dan Formasi Baturaja secara berturut-turut adalah 35,27 dan 34,91 (Tabel 1). Perbedaan Y/Ho tidak terlalu besar antara Formasi Gumai dan Formasi Baturaja, sehingga belum layak dijadikan kesimpulan bahwa bahan *terrigenous* dan debu vulkanik lebih besar pengaruhnya pada pembentukan Formasi Baturaja.

KESIMPULAN

Kandungan geokimia terbukti dapat dipergunakan dalam membedakan batugamping dari Formasi Gumai dan Formasi Baturaja dari wilayah Muaradua. Perbedaan pola geokimia dengan jelas tampak pada bivariate plots, antara oksida utama hingga unsur tanah jarang. Pola ini dipertegas dengan koefisien korelasi dan pearson *correlation coefficient* yang baik. Mineral-mineral dengan kandungan Ni, Nb, Th merupakan sumber utama UTJ dan Y pada batugamping dari Formasi Gumai; sedangkan mineral terkait Rb, Zr, Nb, Th, dan U diperkirakan sebagai penyuplai bagi batugamping Formasi Baturaja. Batugamping Formasi Baturaja diperkirakan lebih banyak terpengaruh oleh faktor *terrigenous* (klastik) berdasarkan kandungan dan hubungan oksida Al dan Fe terhadap Σ UTJ+Y, dan rasio Er/Nd. Kondisi yang lebih oksidatif pada pembentukan batugamping Formasi Baturaja daripada Formasi Gumai didasarkan pada perbandingan anomali Ce dan menguatkan hipotesis bahwa Formasi Baturaja terbentuk pada laut yang lebih dalam. Namun demikian, pengaruh material *terrigenous* pada kedua kelompok batuan dikonfirmasi oleh rasio Y/Ho. Kesimpulan studi ini akan lebih diperkuat dengan semakin banyaknya contoh batugamping dari kedua formasi yang diuji berikut analisis kadar Eu untuk memperkirakan kondisi fisika-kimia lainnya pada lingkungan pengendapan batugamping.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang telah banyak mendorong terselainya tulisan ini. Penulis ingin menyampaikan banyak terimakasih pada Bapak Undang Sukandi, Bapak Usep Rohayat Anggawinata, dan Ibu Ernawati dalam kerjakerasnya saat pengambilan contoh. Ibu Irfanny Agustianny sangat membantu dalam proses analisis kimia maupun memvalidasi data tersebut.

ACUAN

- Abedini, A. and Calagari, A.A., 2015. Rare earth element geochemistry of the Upper Permian limestone: the Kanigorgeh mining district, NW Iran. *Turkish Journal of Earth Sciences*, v.24: 365-382.
- Akarish, A.I.M. and el-Gohari, A.M., 2011. Provenance dan Source Area Weathering Derived from the Geochemistry of Pre-Cenomanian Sandstones, East Sinai, Egypt. *Journal of Applied Sciences*, v.11, no.17: 3070-3088.
- Cahyono, E.B. dan Radja, M., 2001. *Survai Tinjau Batubara Daerah Kotanegara Kabupaten OKU, Provinsi Sumatera Selatan*. Hasil Kegiatan DIM Tahun 2001.
- Castor, S.B. and Hedrick, L.B., 2006. Rare earth elements; in Kogel, J.E, Trivedi, N.C., Barker, J.M., and Krukowski, S.T., Eds., *Industrial Minerals v.7: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration*, Littleton, Colorado: 769-792
- Chen, L., Lin, A.T.S., Da, X., Yi, H., Tsai, L.L.Y. and Xu, G., 2012. *Sea-Level Changes Recorded by Cerium Anomalies in The Late Jurassic (Tithonian) Black Rock Series of Qiantang Basin, North-Central Tibet*. *Oil Shale*, v.29, no.1: 18-35.
- Dolenec, T. and Lojen, S., 2000. Ce anomaly at Permian-Triassic boundary in the Idrijca Valley as evidence of changing redox condition at the P/Tr transition in the western Tethys (Slovenia). *Geologija*, v.43, no.1: 103-107.
- Gafoer, S., Amin, T.C. dan Pardede, R., 1994. *Geologi Lembar Baturaja, Sumatera Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Garasic, V. and Jurkovic, I., 2012. Geochemical characteristics of different iron ore types from the Southern Tomašica deposit, Ljubija, NW Bosnia. *Geologia Croatica*, v. 65, no.2: 255–270
- Heiri, O., Lotter, A.F. and Lemcke, G., 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, v.25: 101–110
- Hermiyanto, M.H. and Ningrum, N.S., 2009. Organic petrology and Rock-Eval characteristics in selected surficial samples of the Tertiary Formation, South Sumatra Basin. *Jurnal Geologi Indonesia*, v.4, no. 3: 215-227
- Hua, G., Yuansheng, D., Lian, Z., Jianghai, Y. and Hu, H., 2013. Trace and rare earth elemental geochemistry of carbonate succession in the Middle Gaoyuzhuang Formation, Pingquan Section: Implications for Early Mesoproterozoic ocean redox conditions. *Journal of Palaeogeography*, v.2, no.2: 209-221.
- Komar, D., Šmuc, N.R., Belak, Z.L., Matešić, S.S., Lojen, S., Kniewald, G., Vrhovnik, P., Dolenc, T., and Dolenc, M., 2014. Geochemical Characteristics and Distribution of Rare Earth Elements in Makirina Bay Sediments (N. Dalmatia, Republic of Croatia). *Geologica Macedonica*, v.28, no.2: 127–137
- Madhavaraju, J. and Lee, Y., 2009. Geochemistry of the Dalmiapuram Formation of the Uttatur Group (Early Cretaceous), Cauvery basin, southeastern India: implications on provenance and paleo-redox conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.26, no.2: 380–394
- Madhavaraju, J. and Gonzalez-Leon, C.M., 2012. Depositional conditions and source of rare earth elements in carbonate strata of the Aptian-Albian Mural Formation, Pitaycachi section, northeastern Sonora, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v.29, no.2: h.478-491.
- Maryanto, S., 2005. Sedimentologi Batuan Karbonat Tersier Formasi Baturaja di Lintasan Air Napalan, Baturaja, Sumatera Selatan. *Jurnal Sumber Daya geologi*, v. 15, no.1: 83-101.
- Maryanto, S., Polhaupessy, A.A., Rachmansjah, dan Limbong, A., 2005. Laporan Akhir Penelitian Reservoir Batuan Karbonat Formasi Baturaja di Daerah Muaradua, Sumatera Selatan. Laporan Teknis Intern Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung. Tidak terbit.
- Maryanto, S., 2008. Hubungan Antarkomponen Microfacies Lereng Terumbu dan Cekungan Lokal Terumbu Belakang Batugamping Formasi Baturaja di Daerah sekitar Muaradua, Sumatera Selatan. *Jurnal Sumber Daya Geologi*, v.18, no.2: 107-120

-
- Maryanto, S., 2014. Limestone Microfacies of Baturaja Formation along Air Rambangnia Traverse, South OKU, South Sumatra. *Indonesia Journal on Geoscience*, v.1, no.1: 21-34.
- Nagarajan, R., Madhavaraju, J., Nagendra, R., Armstrong-Altrin, J.S., Moutte, J., 2007. Geochemistry of Neoproterozoic shales of the Rabanpalli Formation, Bhima Basin, Northern Karnataka, southern India: implications for provenance and paleoredox conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, v.24, no.2: 150-160.
- Nagendra, R., Nagarajan, R., Bakkiaraj, D. and Armstrong-Altrin, J.S., 2011. Depositional and post-depositional setting of Maastrichtian limestone, Ariyalur Group, Cauvery Basin, South India: a geochemical appraisal. *Carbonates Evaporites*, v.26: 127–147
- Papastergios, G., Georgakopoulos, A., Fernandez–Turiel, J.L. and Gimeno, D., 2009. A Correlation Study of Major and Trace Elements in Sediment of River Nestos, Northern Greece and Comparison with Other Fluvial System. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*: 431-438.
- Sholkovitz, E.R. and Schneider, D.L., 1991. Cerium redox cycles and rare earth elements in the Sargasso Sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.55: 2737-2743
- Taylor S. R. and McLennan S. M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, ISBN-13: 978-0632011483, h.312
- Tanaka, K., Miura, N., Asahara, Y. And Kawabe, I., 2003. Rare earth element and strontium isotopic study of seamount-type limestones in Mesozoic accretionary complex of Southern Chichibu Terrane, central Japan: Implication for incorporation process of seawater REE into limestones. *Geochemical Journal*, v. 37: 163-180.
- Wilson, M.E.J. and Rosen, B.R., 1998. Implications of paucity of corals in the Paleogene of SE Asia: plate tectonics or centre of origin? in: *Hall RH (ed) Biogeography and geological evolution of SE Asia*. Backbuys Publishers, Leiden: 165–195
-