



Kondisi Pembentukan dan Pengaruh Diagenesis Batugamping dari Wilayah Solok dan Sekitarnya Berdasarkan Kadar Geokimia

Formation Conditions and Diagenesis of Limestones from Solok and Surrounding Areas Based on Geochemical Composition

Ronaldo Irzon

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung
 email: ronaldoirzon18@gmail.com

Naskah diterima: 03 Maret 2022, Revisi terakhir: 06 Juni 2022, Disetujui: 08 Juni 2022, Online: 08 Juni 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v23.2.81-79>

Abstrak - Batugamping merupakan batuan karbonat laut dangkal yang banyak terdapat di Pulau Sumatra. Studi sebelumnya mengenai batugamping di Pulau Sumatra lebih terfokus kepada teknik pemanfaatan dan dampak lingkungannya. Belum banyak yang membahas mengenai kondisi sedimentasi maupun post-sedimentasi berdasarkan komposisi kimianya. Studi ini mengkaji komposisi kimia tiga satuan batugamping yang tersingkap di Kabupaten Solok, yaitu Formasi Silingkang, Anggota Batugamping Formasi Tuhur, dan Anggota Batugamping Formasi Kuantan untuk mempelajari kondisi pembentukan maupun diagenesisnya. Sampel batuan karbonat dianalisis menggunakan XRF dan ICP-MS. Sampel terkonfirmasi sebagai batuan karbonat dengan kadar CaO yang tinggi (22,37-53,74%). Rasio Y/Ho dan Er/Nd menunjukkan bahwa pembentukan seluruh sampel dipengaruhi oleh air tawar dan bahan dedrital. Berdasarkan rasio Mg/Ca dan Mg/Sr dapat disimpulkan bahwa batuan Formasi Silingkang telah mengalami dampak paska-sedimentasi terbesar. Anomali Ce negatif pada seluruh sampel mendukung kesimpulan pembentukan pada lingkungan laut. Pengaruh alterasi pada batuan karbonat Formasi Silingkang dan Anggota Batugamping Formasi Kuantan diperlihatkan oleh anomali Eu positif.

Katakunci: Batugamping, diagenesis, geokimia, Solok.

Abstract - Limestones are shallow marine carbonate sedimentary rocks that are widely found in Sumatra. Previous studies on limestones in Sumatra focused more on utilization techniques and environmental impacts. Only a few papers discussed the sedimentation and post-sedimentation conditions based on limestone chemical composition. This study investigates the chemical composition of three limestones units of Solok Regency, namely the Silingkang Formation, the Limestone Member of Tuhur Formation, and the Limestone Member of Kuantan Formation to predict their formation condition and diagenesis. The composition carbonate rock samples were analyzed using XRF and ICP-MS. The sample is confirmed as carbonate rock with high CaO content (22.37-53.74%). Y/Ho and Er/Nd ratios indicate that the formation of all samples is influenced by fresh water and detrital material. Based on the Mg/Ca and Mg/Sr ratios, rocks of the Silingkang Formation have experienced the biggest post-sedimentation impact. The negative Ce anomaly in all samples supports the conclusion of formation in the marine environment. The effect of alteration on carbonate rocks of the Silingkang Formation and the Kuantan Formation is shown by the positive Eu anomaly.

Keywords: Limestone, diagenesis, geochemistry, Solok.

PENDAHULUAN

Batugamping atau batukapur adalah batuan yang secara umum berwarna keputihan, berbutir halus, tersusun oleh kalsium karbonat, dan terbentuk di bawah permukaan air laut (Jamarun dkk., 2015; Madhavaraju dkk., 2016; Srivastava & Singh, 2018; Mirza dkk., 2021). Sekitar 15% dari permukaan daratan diperkirakan terbentuk oleh batugamping. Batuan ini terutama dimanfaatkan dalam pembuatan semen. Batugamping dibutuhkan dalam industri semen, keramik, pertanian, pemurnian baja, pembuatan kertas, dan gula (Choerunnisa dkk., 2019; Mastuki dkk., 2020). Beragam sisa organisme, seperti koral dan plankton, banyak terdapat pada batugamping. Fosil tersebut bermanfaat untuk mengetahui proses sementasi, litifikasi, dan alterasi selama pembentukan batugamping sehingga bermanfaat dalam studi evolusi bumi (Okuyucu dkk., 2013; Asis & Jasin, 2015). Setiap batugamping mengalami proses diagenesis yang terdiri atas pelarutan, sementasi, silisifikasi, dolomitasi, dan kompaksi sejak awal pengendapannya hingga menjadi batuan karbonat yang stabil (Maryanto & Permana, 2013; Aulia dkk., 2020).

Provinsi Sumatra Barat adalah salah satu wilayah dengan kekayaan alam berupa batubara, batugamping, dan migas yang tinggi. Deposit batugamping di Sumatra Barat terdeteksi mencapai 2 triliun ton dan tersebar di Kabupaten Pasaman, Limapuluh Kota, Sijunjung, Padang Panjang, dan Solok (Jamarun dkk., 2015). Karakter batugamping di Sumatra Barat pada umumnya adalah berwarna putih, berstruktur masif, dan memiliki tekstur kristalin (Marin dkk., 2019). Studi terdahulu mengenai batugamping di Sumatra Barat lebih terfokus pada teknik pemanfaatan dan dampak lingkungannya terhadap industri semen di sana (Jamarun dkk., 2015; Marin dkk., 2019; Mastuki dkk., 2020).

Komposisi kimia bermanfaat untuk menjelaskan lingkungan pembentukan, proses diagenesis, sumber material, dan kondisi tektonik pada pembentukan batugamping (Abou Elmagd dkk., 2018; Hood dkk., 2018; Irzon dkk., 2022). Korelasi oksida dan elemen dapat memberi kesimpulan mengenai diagenesis dan karakter sedimentasi batugamping (Al-Dabbas dkk., 2014; Abou Elmagd dkk., 2018; Ganai dkk., 2018; Usman dkk., 2018). Rasio unsur jarang, seperti V/Cr, V/(V + Ni), U/Th, dan Cu/Zn digunakan untuk memperkirakan kondisi paleo-redoks, sedangkan rasio unsur utama, yaitu Mg/Ca, Fe/Sr, dan Mn/Sr untuk menjabarkan transformasi setelah sedimentasi batugamping (Romero dkk., 2013; Irzon dkk., 2022).

Pola konsentrasi unsur tanah jarang pada batugamping telah dimanfaatkan untuk mengetahui pengaruh alterasi maupun kondisi air laut ketika sedimentasi maupun diagenesisnya (Atmoko dkk., 2018; Cao dkk., 2020; Özyurt dkk., 2020; Zeyen dkk., 2021). Studi ini bertujuan untuk membandingkan komposisi kimia batugamping pada beberapa unit batuan yang terdapat di wilayah Kabupaten Solok dan sekitarnya. Kandungan kimia tersebut dimanfaatkan untuk mempelajari kondisi pembentukan maupun diagenesis batuan karbonat tersebut.

Geologi Sumatra Barat

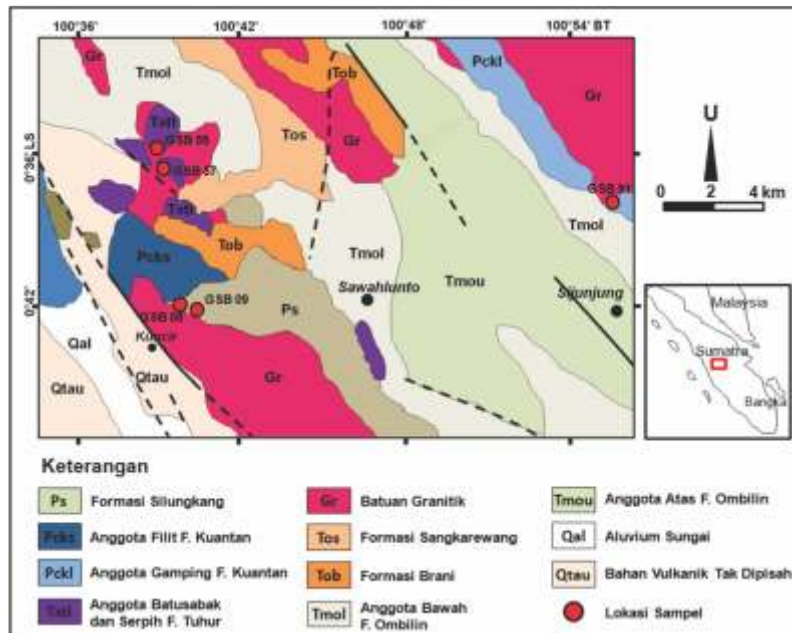
Jenis batuan beku, sedimen, maupun metamorf terdapat di daerah Sumatra. Keragaman ini disebabkan oleh sejarah panjang Pulau Sumatra yang terbentuk akibat konvergensi beberapa lempeng benua dan pembukaan-penutupan dua laut purba (Metcalf, 2013; Irzon dkk., 2021). Laut purba yang dimaksud adalah *Palaeo-Tethys* dan *Meso-Tethys*. Dengan *Medial Sumatra Tectonic Zone* sebagai garis pembatas imajiner, bagian timur Sumatra berasal dari Lempeng Sibumasu, sedangkan bagian timurnya dibentuk oleh lempeng *West Sumatra*.

Wilayah studi merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Solok (Gambar 1) berdasarkan hasil pemetaan Silitonga & Kastowo (1995). Berdasarkan peta tersebut, unit batuan berdasarkan urutan pembentukannya adalah Formasi Kuantan, Formasi Silungkang, Granit, Formasi Tuhur, Formasi Brani, Formasi Sangkarewang, Formasi Ombilin, Bahan Vulkanik Tak Terpisahkan, dan Aluvium Sungai. Unit batuan sedimen tertua di daerah ini adalah Formasi Kuantan yang berumur Permo-Karbon dengan Anggota Batugamping (PCK1) dan Anggota Filit dan Serpih (PCKs). Anggota Batugamping terdiri atas batugamping, batusabak, filit, serpih terkersikkan, dan kuarsit, sedangkan Anggota Filit dan Serpih terbentuk oleh serpih, filit, sisipan batusabak, kuarsit, batulanau, rijang, dan aliran lava. Andesit hornblende, andesit augit, meta-andesit, batugamping pasiran, batupasir gampingan, dan serpih lempung membentuk Formasi Silungkang (Ps) yang berumur Perem (Harahap, 2011; Irzon dkk., 2021)

Granit (Gr) di Kabupaten Solok membeku ketika Trias dan telah termotifikasi dengan beberapa nama terkait perbedaan sejarah pembentukan (Irzon dkk., 2021). Formasi Tuhur terendapkan pada jaman Trias dengan Anggota Batusabak dan Serpih serta Anggota Batugamping (TRt1). Anggota Batusabak dan Serpih terdiri atas batusabak, serpih, serpih napalan, radiolarit, dan *greywacke* termetamorfosakan, sedangkan batugamping pasiran dan batugamping konglomeratan membentuk Anggota Batugamping Formasi Brani (Tob)

dan Formasi Sangkarewang (Tos) terbentuk pada kala Oligosen. Formasi Brani terbentuk oleh konglomerat dan sisipan batupasir, sedangkan Formasi Sangkarewang terdiri atas serpih napalan, serpih arkose, dan breksiandesit. Silitonga & Kastowo (1995) memisahkan Formasi Ombilin yang berumur

Miosen di sekitar area studi menjadi Anggota Bawah dan Anggota Atas. Anggota Bawah (Tmol) terdiri atas batupasir kuarsa, serpih lempungan, konglomerat kuarsa, dan batubara, sedangkan Anggota Atas (Tmou) tersusun oleh batulempung, napal, dan sisipan batupasir. Stratigrafi di sekitar wilayah ini terangkum pada Tabel 1.



Gambar 1. Batuan karbonat yang dipelajari berada di wilayah Peta Geologi Lembar Solok. Satu sampel (GSB 91) diambil dari domain Anggota Batugamping F. Kuantan (Pckl), dua sampel (GSB 08 dan GSB 09) dari Formasi Silungkang (Ps), dan dua lainnya (GSB 55 dan GSB 57) dari Anggota Batugamping F. Tuhur (TRtl). Modifikasi dari Silitonga & Kastowo (1995).

Tabel 1. Stratigrafi di wilayah studi yang merupakan bagian dari Peta Geologi Lembar Solok (Silitonga & Kastow, 1995)

Era	Periode	Waktu	Sedimen dan End. Permukaan	Vulkanik	Intrusif
Kenozoikum	Kuartar	Holosen	Qal		
		Pleistosen		Qtau	
	Neogen	Pliosen			
		Miosen	Tmou Tmol		
	Paleogen	Oligosen	Tob Tos		
		Eosen			
Paleosen					
Mesozoikum	Kapur				
	Jura				
	Trias		TRtl		Gr
Paleozoikum	Perem		PCks	Ps	
	Karbon		Pckl		

METODOLOGI

Deskripsi Megaskopis

Sampel-sampel batugamping telah dikumpulkan selama pekerjaan lapangan di daerah Solok dan sekitarnya. Dua sampel yang berasal dari domain Formasi Silungkang, satu sampel dari Anggota Batugamping Formasi Kuantan, dan dua sampel dari Anggota Batugamping Formasi Tuhur dipilih untuk dianalisis kadar kimianya. GSB 08 dan GSB 09 adalah sampel dari wilayah Paninjauan dan merupakan bagian dari Formasi Silungkang (Gambar 2a). Kedua sampel berada tidak jauh dari jalan raya dan terpisah sekitar 1 km. Kedua sampel telah tersilisifikasi dan dapat dilihat bahwa sampel GSB 09 berwarna lebih gelap daripada GSB 08 secara megaskopis.

GSB 55 dan GSB 57 merupakan dua sampel yang mewakili Anggota Batugamping Formasi Tuhur dari wilayah X Koto Diatas (Gambar 2b). Keduanya dideskripsikan sebagai batugamping kristalin yang berwarna putih keabu-abuan dan masif. Tekstur milonitik yang tampak pada GSB-55 (Gambar 2c) dapat disebabkan karena keberadaan zona sesar (Marjiyono dkk., 2013; Vauchez dkk., 2013; Zucali & Chateigner, 2020). Sampel GSB 91 diambil dari Muaro Silokek, Kabupaten Sijunjung yang merupakan representasi dari Anggota Batugamping Formasi Kuantan. Sampel tersebut merupakan batugamping kristalin, berwarna keabu-abuan, masif, padat, dan terdapat urat kuarsa pada singkapannya.

Prosedur Analisis Geokimia

Lima sampel yang diperoleh dari kegiatan survei lapangan dikirim untuk dianalisis ke Laboratorium Pusat Survei Geologi. Setelah dikeringkan di bawah terik matahari selama setidaknya sehari kerja, pengotor-pengotor pada sampel dipisahkan. Sampel dihancurkan dan diayak hingga mendapatkan besar butir 200 mesh yang kemudian dipakai untuk analisis geokimia. Perangkat *X-Ray Fluorescence* (XRF) dimanfaatkan untuk pengukuran kadar oksida utama, sedangkan *Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry* (ICP-MS) untuk analisis kandungan unsur jejak dan unsur tanah jarang (UTJ). Hasil studi sebelumnya diadaptasi untuk preparasi hingga analisis XRF dan ICP-MS (Irzon & Maryanto, 2017; Irzon dkk., 2020).

Studi ini juga menghitung *Loss on Ignition* (LOI) pada sampel batugamping untuk mengetahui jumlah zat yang hilang akibat pembakaran (Irzon & Abdullah, 2018). Analisis tersebut diawali dengan pemanasan cawan porselen pada temperatur 300°C dalam *furnace*. Cawan kemudian dikeluarkan dan didinginkan dalam desikator untuk kemudian ditimbang guna mendapatkan berat cawan kosong. Sejumlah 1 gram sampel dimasukkan dalam cawan kosong tersebut. Cawan berisi sampel dimasukkan kembali ke dalam *furnace* dengan temperatur yang diatur pada 1000°C selama 1 jam. Setelah pendinginan dalam desikator, cawan kembali ditimbang untuk mendapatkan berat cawan berikut residu. Hasil analisis geokimia terangkum dalam Tabel 2.



Gambar 2. a) Kondisi pada lokasi pengambilan sampel batugamping representasi dari Formasi Silungkang di Paninjauan (GSB 08); b) Keadaan singkapan pada titik pengambilan sampel batugamping dari Formasi Tuhur di X Koto Diatas (GSB 55); dan c) struktur milonitik pada lokasi GSB 55 di Muaro Silokek (Formasi Tuhur).

Tabel 2. Komposisi oksida utama, unsur jarang, dan unsur tanah jarang dari sampel batugamping dari wilayah Kabupaten Solok dan sekitarnya

Sampel	GSB 08	GSB 09	GSB 91	GSB 55	GSB 57
Oksida utama (%)					
SiO ₂	35,56	32,72	2,58	2,54	5,11
TiO ₂	0,67	0,59	0,04	0,07	0,06
Al ₂ O ₃	12,34	10,40	0,39	1,55	1,45
Fe ₂ O _{3T}	6,69	5,84	0,35	0,94	1,01
MnO	0,15	0,11	0,06	0,02	0,03
CaO	22,37	24,28	52,50	53,74	52,05
MgO	6,18	3,86	2,30	0,85	0,68
Na ₂ O	2,69	3,77	0,13	0,08	0,11
K ₂ O	0,35	0,32	0,16	0,16	0,21
P ₂ O ₅	0,25	0,14	0,05	0,02	0,02
SO ₃	0,05	0,18	0,05	0,06	0,08
LOI	12,74	17,67	40,93	39,42	38,79
Unsur jejak (ppm)					
Ga	8,62	8,01	0,13	2,32	1,23
Sr	170,1	164,7	222	3196	1083
Nb	2,13	2,19	0,59	2,66	2,01
Cs	0,31	0,37	1,17	1,67	0,45
Ba	87,32	74,54	14,84	63,6	42,9
Tl	0,05	0,08	0,29	0,26	0,25
Unsur tanah jarang (ppm)					
La	6,47	5,72	11,02	7,68	6,56
Ce	5,87	4,51	11,21	6,19	5,25
Pr	1,97	1,61	2,38	1,50	3,04
Nd	9,15	7,57	8,13	6,16	9,01
Sm	2,23	1,97	1,07	1,24	3,33
Eu	0,50	0,45	0,15	0,25	1,77
Gd	0,89	0,80	1,36	0,50	1,26
Tb	0,27	0,26	0,38	0,15	1,89
Dy	2,16	2,16	2,12	1,14	3,46
Ho	0,42	0,43	0,89	0,24	1,17
Er	1,22	1,23	1,09	0,72	1,10
Tm	0,17	0,16	0,22	0,11	2,37
Yb	1,17	1,16	0,99	0,78	3,33
Lu	0,16	0,16	0,21	0,09	1,94
Y	12,78	13,58	16,81	4,16	6,41
UTJ- Σ	45,43	41,77	58,03	30,91	51,89

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis

Seluruh sampel menunjukkan kadar CaO yang cukup tinggi sebagai penanda batugamping dengan rentang 22,37% hingga 53,74%. Silisifikasi pada batugamping Formasi Silungkang dikonfirmasi oleh kadar SiO₂ nya yang tinggi, yaitu 32,72% (GSB 09) dan 35,56% (GSB 08). Pada sisi lain, jumlah SiO₂ sampel lainnya berada dalam kisaran 2,54% hingga 5,11% yang menunjukkan tingkat silisifikasi rendah. Anomali lainnya pada sampel dari Formasi Silungkang adalah kadar Al₂O₃ dan Fe₂O₃total yang tinggi dengan rerata 11,37% dan 6,27% secara berurutan. Sampel yang dipelajari mengandung bahan yang hilang akibat pembakaran antara 12,74% hingga 40,93%.

Sr dan Ba adalah dua unsur jejak berkadar tinggi pada seluruh sampel dengan rerata masing-masing 967

ppm dan 56 ppm. Pada studi ini dianggap Yttrium sebagai anggota UTJ karena kemiripan karakternya dengan anggota deret lantanida lainnya. Batugamping bukan merupakan sumber utama UTJ untuk menjelaskan kadar UTJ+Y yang rendah, yaitu pada kisaran antara 30,19 ppm hingga 53,19 ppm. Unsur dari deret lantanida pada sampel didominasi oleh Neodinium (Nd), Lantanum (La), dan Cerium (Ce) dengan rerata masing-masing 7,6 ppm, 7,49 ppm, dan 6,61 ppm secara berurutan (Tabel 2).

Pembahasan

Berdasarkan komposisinya, maka batugamping Formasi Silungkang (GSB 08 dan GSB 09) tidak memenuhi syarat untuk menjadi bahan baku semen maupun *precipitated calcium carbonate* (PCC) dengan komposisi CaO < 50% (Jamarun dkk., 2015; Choerunnisa dkk., 2019). Pada sisi lain, rendahnya kadar SiO₂ dan tingginya kadar CaO menunjukkan bahwa sampel batugamping Formasi Kuantan (GSB 91) dan Formasi Tuhur (GSB 55 dan GSB 57) dapat dipakai dalam industri karena tidak merusak *kiln* (Rao dkk., 2011). Keterdapat batuan tersilisifikasi adalah salah satu petunjuk mengenai aktifitas hidrotermal (Atmoko dkk., 2018; You dkk., 2018). Terdapat beragam manifestasi aktifitas hidrotermal, salah satunya adalah mineralisasi. Keberadaan mineralisasi Cu di wilayah Sulit Air yang berjarak kurang lebih 5 km dari titik sampling dapat mengkonfirmasi aktifitas hidrotermal di sekitar area sampel GSB 08 dan GSB 09 yang merepresentasikan Formasi Silungkang. Peningkatan konsentrasi SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃total yang seiring dengan penurunan senyawa CaO dipengaruhi oleh suplai bahan detrital (Choerunnisa dkk., 2019).

Rasio Y/Ho digunakan untuk menjelaskan bahan dasar pembentukan batugamping. Telah diketahui bahwa air laut memperlihatkan rasio Y/Ho pada kisaran ~44-74, sedangkan bahan terrigenous dan debu vulkanik dengan rasio yang relatif konstan pada ~28 (Madhavaraju dkk., 2016; Tobia dkk., 2020). Rerata rasio Y/Ho batugamping Formasi Silungkang, Anggota Batugamping Formasi Kuantan, dan Anggota Batugamping Formasi Tuhur adalah 31,01, 34,31, dan 9,96 secara berurutan (Tabel 3). Hasil tersebut menjelaskan bahwa bahan pembentukan batugamping ketiga formasi berasal dari air laut dengan modifikasi air tawar dengan Y/Ho < 44. Lebih lanjut, rasio ini menunjukkan bahwa pembentukan batugamping pada Anggota Batugamping Formasi Tuhur paling dipengaruhi oleh air tawar yang berasal dari aliran sungai, meteorik, maupun estuarin.

Tabel 3. Rasio-rasio elemen sampel batuan karbonat pada studi ini

Sampel	GSB 08	GSB 09	GSB 91	GSB 55	GSB 57
Y/Ho	30,43	31,58	18,89	17,33	5,48
Er/Nd	0,13	0,16	0,13	0,12	0,12
Mg/Ca (molar)	0,39	0,22	0,06	0,02	0,02
Mn/Sr konsent	6,83	5,17	2,02	0,48	0,21

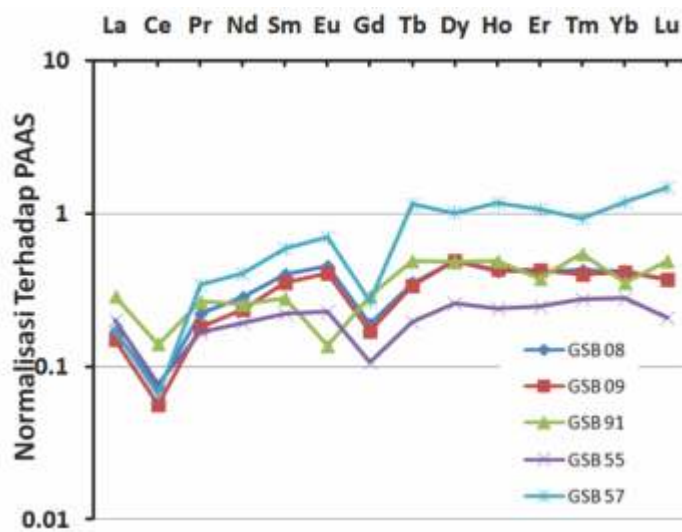
Pengaruh detrital pada batuan karbonat dapat dideteksi melalui rasio Er/Nd (Ganai dkk., 2018; Tobia dkk., 2020). Rasio tersebut pada air laut adalah 0,27. Semakin banyak pengaruh detrital pada batuan karbonat, maka rasio tersebut akan semakin menurun akibat preferensi konsentrasi Nd relatif terhadap Er. Rasio Er/Nd seluruh sampel dalam studi ini berada pada rentang 0,12 – 0,16 (Tabel 3) yang menunjukkan bahwa batuan karbonat telah dipengaruhi oleh bahan detrital pada intensitas beragam.

Rasio molar Mg/Ca dan rasio komposisi Mg/Sr sering dipakai untuk memperkirakan jarak pembentukan batugamping terhadap garis pantai maupun tingkat preservasinya. Studi terdahulu menjelaskan bahwa batugamping yang terbentuk semakin jauh dari garis pantai akan mengalami penurunan rasio molar Mg/Ca. Oleh sebab itu, Mg/Ca yang semakin rendah juga menandakan bahwa tingkat preservasi batuan karbonat tersebut lebih tinggi (Choerunnisa dkk., 2019; Ganai dkk., 2018). Selain itu, batuan karbonat diklasifikasikan memiliki kadar preservasi tinggi dengan rasio Mn/Sr 0,2. Sampel dari Formasi Silungkang memiliki tingkat preservasi yang rendah dengan rerata Ma/Ca 0,30, sedangkan sampel lain dengan rerata 0,03. Berdasarkan rasio Mn/Sr > 0,2 maka seluruh sampel tampak telah dipengaruhi oleh

faktor diagenesis, dengan Formasi Silungkang sebagai yang terdampak paling besar.

Hasil normalisasi kadar sampel terhadap *Post Archean Australian Shale* (Taylor & Maclennan, 1981) ditampilkan pada Gambar 3. Seluruh sampel memperlihatkan karakter menaik dari UTJ-ringang menuju UTJ-berat dengan anomali Ce negatif. Ce trivalen (Ce (III)) dapat teroksidasi menjadi Ce (IV) yang tidak bersifat tidak stabil dan mudah teradsorpsi oleh Mn oksida maupun Fe hidroksida. Fenomena tersebut menyebabkan deplesi Ce pada air laut sehingga menghasilkan anomali Ce negatif pada batugamping secara umum yang juga dapat diamati pada seluruh sampel (Atmoko dkk., 2018; Özyurt dkk., 2020; Tobia dkk., 2020; Mirza dkk., 2021; Zeyen dkk., 2021).

Anomali Eu positif adalah hal yang tidak biasa terdapat pada air laut. Namun demikian, anomali Eu positif pada batuan karbonat dapat berkorelasi dengan larutan hidrotermal, proses diagenesis yang intensif, pengayaan plagioklas, atau sedimentasi yang berasal dari alterasi bersuhu tinggi (Cao dkk., 2020; Mirza dkk., 2020). Anomali Eu positif diperlihatkan oleh batuan karbonat Formasi Silungkang maupun Anggota Batugamping Formasi Tuhur, sedangkan Anggota Batugamping Formasi Kuantan dengan anomali Eu negatif. Berdasarkan kondisinya yang telah tersilisifikasi, maka anomali Eu positif pada sampel dari Formasi Silungkang adalah akibat alterasi. Pada tingkat yang berbeda, batuan pada Anggota Batugamping Formasi Tuhur juga telah mengalami metamorfose (pemalihan) berdasarkan keberadaan struktur milonit sehingga menyebabkan adanya anomali Eu positif.



Gambar 3. Hasil normalisasi kadar unsur tanah jarang dari sampel terhadap komposisi *Post Archean Australian Shales* (PAAS). Seluruh sampel memperlihatkan anomali Ce negatif dan sebagian besar dengan anomali Eu positif.

KESIMPULAN

Analisis geokimia terhadap lima sampel batugamping pada tiga unit batuan berbeda yang terdapat di Kabupaten Solok dan sekitarnya telah dilakukan. Seluruh sampel dapat diklasifikasikan sebagai batugamping berdasarkan tingginya kadar CaO (22,37%-53,74%) dan anomali Ce negatif setelah normalisasi terhadap PAAS. Kenaikan kadar SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ total yang disertai dengan penurunan senyawa CaO menandakan pengaruh suplai bahan detrital. Batuan karbonat ini dipengaruhi oleh air tawar dan bahan dedrital ketika pembentukannya berdasarkan rasio Y/Ho dan Er/Nd. Rasio Mg/Ca dan Mg/Sr menyimpulkan bahwa sampel pada Formasi Silungkang mengalami proses diagenesis terbesar

apabila dibandingkan dengan sampel lain. Alterasi pada batuan karbonat Formasi Silungkang dan Anggota Batugamping Formasi Kuantan dipertegas dengan keterdapatannya anomali Eu positif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas izin publikasinya. Bapak Kurnia, Dr. Purnama Sendjaja, dan Bapak Verry Edi Setyawan yang telah memberi banyak masukan mengenai kondisi geologi Sumatra Barat. Ibu Irfanny Agustiani dan Bapak Asep Rohiman telah membantu mendampingi proses analisis sampel.

ACUAN

- Abou Elmagd, K., Emam, A., Ali-Bik, M.W. and Hazem, M., 2018. Geochemical Assessment of Paleocene Limestones of Sinn El-Kaddab Plateau, South Western Desert of Egypt, for Industrial Uses. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(13):1-11.
- Al-Dabbas, M.A., Awadh, S.M. and Zaid, A.A., 2014. Facies Analysis and Geochemistry of the Euphrates Formation in Central Iraq. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(5):1799-1810.
- Asis, J. and Jasin, B., 2015. Miocene Larger Benthic Foraminifera from the Kalumpang Formation in Tawau, Sabah. *Sains Malaysiana*, 44(10):1397-1405.
- Atmoko, D.D., Titisari, A.D. and Idrus, A., 2018. Geochemical Characteristics of Limestone of Wonosari-Punung Formation, Gunungkidul Regency, Yogyakarta, Indonesia. *Indonesian Journal on Geoscience*, 5(2): 79-197.
- Aulia, M. R., Putranto, T. T., dan Setyawan, R., 2020. Karakteristik Reservoir Berdasarkan Analisis Petrofisik pada Formasi Baturaja, Lapangan Aulia, Cekungan Jawa Barat Utara. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 3(1): 31-41.
- Cao, C., Liu, X.M., Bataille, C.P. and Liu, C., 2020. What Do Ce Anomalies in Marine Carbonates Really Mean? A Perspective from Leaching Experiments. *Chemical Geology*, 532: 119413.
- Choerunnisa, T., Haryanto, A.D., Kurnia Arfiansyah, F., Hutabarat, J. dan Handietri, Z., 2019. Karakteristik Kimia Batugamping Kompleks Kromong Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. *Geoscience Journal*, 3(6): 449-458.
- Ganai, J.A., Rashid, S.A. and Romshoo, S.A., 2018. Evaluation of Terrigenous Input, Diagenetic Alteration and Depositional Conditions of Lower Carboniferous Carbonates of Tethys Himalaya, India. *Solid Earth Sciences*, 3(2): 33-49.
- Harahap, B.H., 2011. Petrology and Geochemistry of the Upper Miocene Volcanics on the Western Part of Barisan Mountain Ranges, Lubuk Sikaping Regions, West Sumatra. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 21(1): 9-21.
- Hood, S.B., Cracknell, M.J. and Gazley, M.F., 2018. Linking Protolith Rocks to Altered Equivalents by Combining Unsupervised and Supervised Machine Learning. *Journal of Geochemical Exploration*, 186: 270-280.
- Irzon, R. dan Maryanto, S., 2017. Geokimia Batugamping Formasi Gumai dan Formasi Baturaja di Wilayah Muaradua, Ogan Komring Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 17(3): 125-138.
- Irzon, R. and Abdullah, B., 2018. Element Mobilization During Weathering process of Ultramafic Complex in North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Based on a Profile from Asera. *Indonesian Journal on Geoscience*, 5(3): 277-290.

- Irzon, R., Syafri, I., Ghani, A.A., Prabowo, A., Hutabarat, J., and Sendjaja, P., 2020. Petrography and Geochemistry of the Pinkish Lagoi Granite, Bintan Island: Implication to Magmatic Differentiation, Classification, and Tectonic History. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 69.
- Irzon, R., Syafri, I., Suwarna, N., Hutabarat, J., Sendjaja, P. and Setiawan, V.E., 2021. Geochemistry of Plutons in Central Sumatra and Their Correlation to Southeast Asia Tectonic History. *Geologica acta*, 19(19): 1-14.
- Irzon, R., Maryanto, S., Syafri, I., Kurnia, Jazuli, H.H. and Hartanto, P., 2022. Wackestones and Grainstones Geochemistry from Baturaja Formation, South Sumatra Province, Indonesia: Origin and Depositional Environment. *Sains Malaysiana*, 51(4): 1005-1015.
- Jamarun, N., Yuwan, S., Juita, R. and Rahayuningsih, J., 2015. Synthesis And Characterization Carbonate Apatite from Bukit Tui Limestone Padang Indonesia. *Journal of Applicable Chemistry*, 4(2): 542-549.
- Madhavaraju, J., Löser, H., Lee, Y.I., Santacruz, R.L. and Pi-Puig, T., 2016. Geochemistry of Lower Cretaceous Limestones of the Alisitos Formation, Baja California, Mexico: Implications for REE Source and Paleo-redox Conditions. *Journal of South American Earth Sciences*, 66: 149-165
- Marin, J., Winarno, T., dan Rahmadani, U., 2019. Pengaruh Intrusi Basalt terhadap Karakteristik dan Kualitas Batugamping pada Quarry Bukit Karang Putih, Indarung, Padang, Sumatra Barat. *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 2(3): 98-106.
- Marjiyono, M., Kusumawardhani, H., dan Soehaimi, A., 2013. Struktur Geologi Bawah Permukaan Dangkal Berdasarkan Interpretasi Data Geolistrik, Studi Kasus Sesar Palu Koro. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 23(1): 39-46.
- Maryanto, S. dan Permana, A. K., 2013. Mikrofasis dan Diagenesis Batugamping Berdasarkan Data Petrografi pada Formasi Nakfunu di Daerah Timor Tengah Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 23(3): 141-153.
- Mastuki, M., Brata, A.W., Istiawan, A.G., Aditya, B. and Masrufi, H., 2020. Study Experimental the Effect of CaCO₃ and Fe₂O₃ Mass Composition Ratio on Calcium Ferrite Phase Formation Base on Local Materials Iron Sand and Limestone. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 14(1): 27-31.
- Metcalf, I., 2013. Gondwana Dispersion and Asian Accretion: Tectonic and Palaeogeographic Evolution of Eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66: 1-33.
- Mirza, T.A., Karim, K.H., Ridha, S.M. and Fatah, C.M., 2021. Major, Trace, Rare Earth Element, and Stable Isotope Analyses of the Triassic Carbonates along the Northeastern Arabian Plate Margin: A Key to Understanding Paleotectonics and Paleoenvironment of the Avroman (Biston) Limestone Formation from Kurdistan Region, Northeastern Iraq. *Carbonates and Evaporites*, 36(4): 1-22.
- Okuyucu, C., Vachard, D. and Goncuoglu, M., 2013. Refinements in Biostratigraphy of the Foraminiferal Zone MFZ11 (Late Early Visean, Mississippian) in the Cebecikoy Limestone (Istanbul Terrane, NW Turkey) and Palaeogeographic Implications. *Bulletin of Geosciences*, 88(3).
- Özyurt, M., Kirmaci, M.Z., Al-Aasm, I., Hollis, C., Tasli, K. and Kandemir, R., 2020. REE Characteristics of Lower Cretaceous Limestone Succession in Gümüşhane, NE Turkey: Implications for Ocean Paleoredox Conditions and Diagenetic Alteration. *Minerals*, 10(8): 683.
- Rao, D.S., Vijayakumar, T.V., Prabhakar, S. and Bhaskar Raju, G., 2011. Geochemical Assessment of a Siliceous Limestone Sample for Cement Making. *Chinese Journal of geochemistry*, 30(1): 33-39.
- Romero, J.A.S., Lafon, J.M., Nogueira, A.C.R. and Soares, J.L., 2013. Sr Isotope Geochemistry and Pb–Pb Geochronology of the Neoproterozoic Cap Carbonates, Tangará da Serra, Brazil. *International Geology Review*, 55(2): 185-203.
- Silitonga, P. H. dan Kastow, 1995. *Peta Geologi Lembar Solok, Sumatera Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Srivastava, V.K. and Singh, B.P., 2018. Depositional Environments and Sources for the Middle Eocene Fulra Limestone Formation, Kachchh Basin, Western India: Evidences from Facies Analysis, Mineralogy, and Geochemistry. *Geological Journal*, 54(1): 62-82.

-
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1981. The Composition and Evolution of the Continental Crust: Rare Earth Element Evidence from Sedimentary Rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 301(1461): 381-399.
- Tobia, F.H., Al-Jaleel, H.S. and Rasul, A.K., 2020. Elemental and Isotopic Geochemistry of Carbonate Rocks from the Pila Spi Formation (Middle – Late Eocene), Kurdistan Region, Northern Iraq: Implication for Depositional Environment. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(18): 1-16.
- Usman, U.A., Abdulkadir, A.B., El-Nafaty, J.M., Bukar, M. and Baba, S., 2018. Lithostratigraphy and Geochemical Characterization of Limestone Deposits Around Kushimaga Area in Yobe Of North-Eastern Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*, 37(4):885-897.
- Vauchez, A., Clerc, C., Bestani, L., Lagabrielle, Y., Chauvet, A., Lahfid, A. and Mainprice, D., 2013. Preorogenic Exhumation of the North Pyrenean Agly massif (Eastern Pyrenees-France). *Tectonics*, 32(2): 95-106.
- You, D., Han, J., Hu, W., Qian, Y., Chen, Q., Xi, B. and Ma, H., 2018. Characteristics and Formation Mechanisms of Silicified Carbonate Reservoirs in Well SN4 of the Tarim Basin. *Energy Exploration & Exploitation*, 36(4): 820-849.
- Zeyen, N., Benzerara, K., Beysac, O., Daval, D., Muller, E., Thomazo, C., Tavera, R., López-García, P., Moreira, D. and Duprat, E., 2021. Integrative Analysis of the Mineralogical and Chemical Composition of Modern Microbialites from Ten Mexican Lakes: What Do We Learn about Their Formation?. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 305: 148-184.
- Zucali, M. and Chateigner, D., 2020. Crystallographic and Seismic Anisotropies of Calcite at Different Depths: A Study using Quantitative Texture Analysis by Neutron Diffraction. *Minerals*, 10(1): 26.
-