

Dolomit, Mineral Bermasalah

Oleh

Maximon Shah Arifin

SARI

Dolomit dikenal sebagai salah satu jenis mineral karbonat yang mempunyai struktur rhombohedral. Mineral ini relatif mudah diidentifikasi dan biasanya ditemukan bersama batu gamping dan batuan sedimen lainnya di alam.

Batuan karbonat yang komposisi dolomitnya dominan juga disebut dolomit. Endapan-endapan mineral timah, bauksit dan perak sering ditemukan berasosiasi dengan dolomit. Dalam 50 tahun terakhir ini dolomit semakin bertambah penting perannya karena dia juga merupakan batuan induk dan reservoir untuk hidrokarbon.

Tidak kurang dari 4 (empat) model. Regional telah diajukan untuk menerangkan asal usul dolomit, antara lain hypersaline, mixed water, deep burial brines dan normal seawater, namun masing-masing model masih mempunyai keterbatasan dalam menjawab asal-usul dolomit secara regional. Salah satu sebab mengapa hal ini terjadi, karena dolomit tidak seperti batugamping, tidak terbentuk sebagai sedimen. Dolomit merupakan produk ubahan dari kalsit dan aragonit. Hal lain dari teka-teki dolomit adalah bahwa sampai saat ini dolomit belum bisa ditiru di laboratorium di suhu rendah.

Tulisan ini mencoba mendiskusikan model-model tersebut dan beberapa pertimbangan dalam penentuan pilihan model dolomitasi.

ABSTRACT

Dolomite is known as one of the carbonate minerals with rhombohedral structure. This mineral is relatively easy to identify under microscope and is usually found associated with limestones and other sedimentary rocks in nature.

Carbonate rocks with predominantly dolomite content are often named dolomite. Tin, bauxite and silver mineral deposit are commonly found within dolomite rocks. In the last 50 years dolomite has become more important in the hydrocarbon exploration because it can either be found as reservoir or source rocks.

At least 4 regional models have been proposed to explain the origin of dolomite, i.e.: hypersaline, mixed-water, deep burial brines and normal seawater. However it is understood that each model has its limitation in answering the origin of dolomite question. One of the reasons because dolomite is not formed like sediments, dolomite is the product of diagenesis from calcite and aragonite and dolomite cannot be duplicated in the laboratories in low temperature.

This paper is aimed to discuss the proposed models of dolomite origin and some considerations in the model implementation.

I. PENDAHULUAN

Dolomit berasal dari nama seorang ilmuwan Prancis bernama Deodat de Dolomieu (Gambar 1), orang yang pertama membedakan batuan ini dari sekelompok batuan gamping yang dominan di pergunungan Alpin, Italia bagian utara. Sejak ditemukan sekitar 200 tahun yang lalu, masalah asal usul

pembentukannya merupakan teka-teki yang belum terjawab. Hal ini antara lain disebabkan karena dolomit tidak terbentuk seperti batu gamping yang tersedimentasi, dolomit umumnya berasal dari hasil perubahan kalsit dan aragonit, di samping itu dolomit sampai saat ini belum bisa dihasilkan di laboratorium dalam suhu rendah. Dolomit sebagai mineral, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

mempunyai struktur kristal yang rumit, tetapi relatif mudah diidentifikasi di bawah mikroskop.

Dolomit sebagai batuan umumnya mempunyai banyak pori-pori sehingga merupakan suatu target eksplorasi hidrokarbon. Di samping itu mineral ini juga merupakan tempat mineralisasi sulfida. Telah banyak riset yang menerangkan bahwa



dolomit dapat terbentuk dari berbagai cairan alami, antara lain: *hypersaline* (Mc Kenzie, 1981), *mixed water* (Hanshaw dkk, 1971; Dunham dan Olson, 1980), *deep burial brines* (Mattes dan Mountjoy, 1980), dan *normal seawater* (Saler, 1984; Baker dan Burns, 1985). Tulisan ini bermaksud membahas model dolomitisasi tersebut dengan beberapa aspek kondisi pembentukannya. Ada tiga kondisi yang harus dipenuhi dalam pembentukan dolomit skala besar (Gambar 2):

- a. Sumber Mg^{2+} yang cukup;
- b. Mekanisme transportasi;
- c. Komposisi cairan harus peka terhadap dolomitisasi proses.

II. MODEL DOLOMITISASI

Dolomitisasi sedimen karbonat dapat terjadi dari beragam jenis cairan alami (*natural water*), tergantung pada kondisi di mana proses dolomitisasi terjadi (Folk dan Land, 1975). Cairan pembentuk dolomit biasanya berhubungan erat dengan kadar salinitas dan perbandingan MgCa (Gambar 3). Secara umum cairan dolomitisasi dapat dikelompokkan ke dalam 4 (empat) jenis, yaitu *hypersaline*, *mixing water*, *deep burial brines* dan *seawater*.

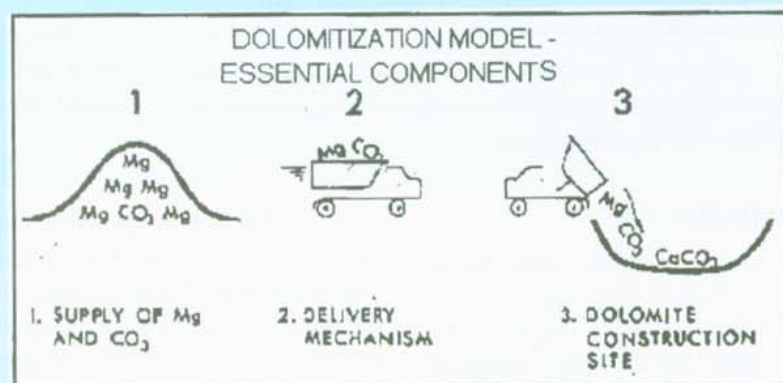
Hypersaline

Dolomitisasi yang melibatkan jenis cairan ini ditemukan di lingkungan *tidal flats* (*lagoon* dan *sabkha*). Mekanisme proses dolomitisasinya dikenal dengan reflaks dan evaporatif (Gambar 4 dan 5). Ciri-ciri dolomit yang terbentuk di *tidal flat* adalah berbutir sangat halus (3 mikrometer), tinggi kandungan kalsit, berasosiasi dengan algalmat, *mudcracks* dan stromatolit.

Prinsip mekanisme ini adalah bahwa berat jenis (BD) air laut akan bertambah dengan makin tingginya kandungan garam akibat proses evaporitisasi. Hal ini menyebabkan bertambah beratnya cairan dan kemudian merembes ke bawah



Gambar 1
Penemu mineral bermasalah



Gambar 2
Analogi kondisi-kondisi yang harus dipenuhi dalam proses dolomitisasi

melalui sedimen yang *permeable*. Karena kemiringan lapisan sedimen ke arah laut, maka cairan-cairan tersebut cenderung bergerak kembali ke arah laut. Proses yang menerus inilah yang membuat suplai Mg tetap dan mencapai perbandingan dengan Ca 9:1 (Morrow, 1980). Kondisi ini yang diperkirakan menjadi penyebab terbentuknya dolomit di *tidal flats*.

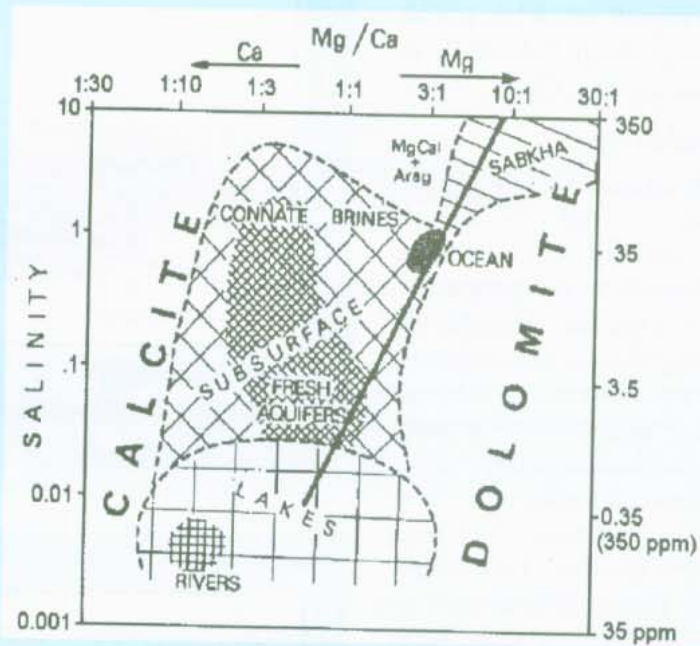
Beberapa contoh model dolomitisasi *hypersaline* dalam runtunan stratigrafi adalah : Bonaire (Deffeyes dkk., 1965; Murray, 1969), *Permian reef complex*, Texas (Adam dan Rhodes, 1960), Arabian Gulf Sabkhas (Mc Kenzie, 1980; Patterson dan Kinsman, 1982) .

Mixing Water

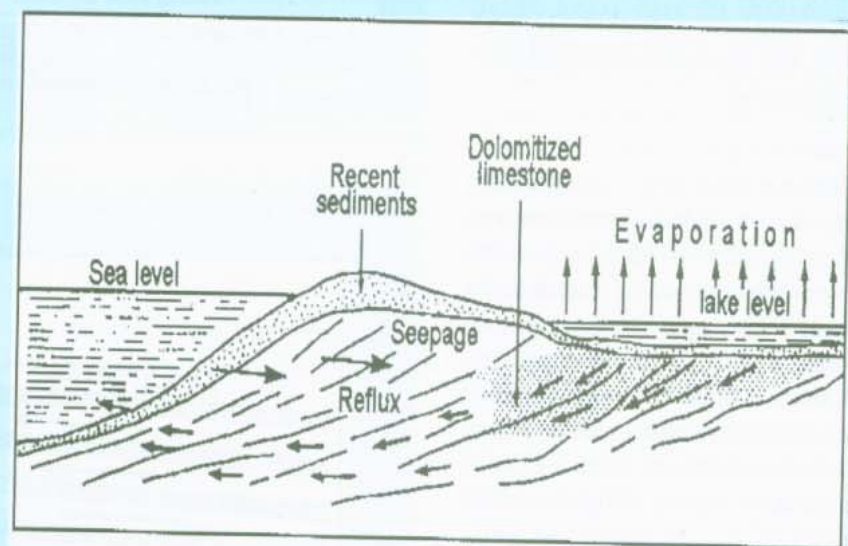
Secara geokimia, proses pembentukan dolomit dari percampuran air tawar dan air asin mendapat sambutan yang positif dari banyak ahli sedimentologi, walau proses pembentukannya lambat. Prinsip dari model ini adalah bahwa suatu larutan yang encer akibat proses percampuran menjadi berkurang kadar salinitasnya secara progresif (90-95% air tawar dan 10-5% air laut). Namun walau larutan tersebut kurang jenuh terhadap kalsit tetapi cukup jenuh terhadap dolomit, sehingga mempermudah proses dolomitisasi. Ini disebabkan karena dolomit dapat terbentuk pada perbandingan Mg/Ca yang rendah, mendekati 1 : 1 (Gambar 3). Model ini diperkenalkan oleh Hanshaw dkk. (1971).

Dua hal utama yang dapat digambarkan model ini yaitu: air laut yang mensuplai Mg^{2+} bercampur dengan air tanah dan menghasilkan larutan dolomitisasi; dan pergerakan yang progresif dari larutan dolomitisasi tersebut melalui rongga batu gamping (Gambar 6).

Dolomit yang terbentuk oleh *mixing water* ini berciri: *rhombic*, berukuran 50 mikrometer, dan



Gambar 3
Komposisi air alami berdasarkan kandungan Mg, Ca dan salinitas



Gambar 4
Model dolomitisasi *hypersaline* cara *reflux*, dari Zenger (1972)



umumnya berbentuk limpid, dapat merupakan semen atau produk ubahan. Contoh dari dolomit ini dari runtunan stratigrafi antara lain adalah batu karbonat Awal Paleozoik di Nevada (Dunham dan Olson, 1980).

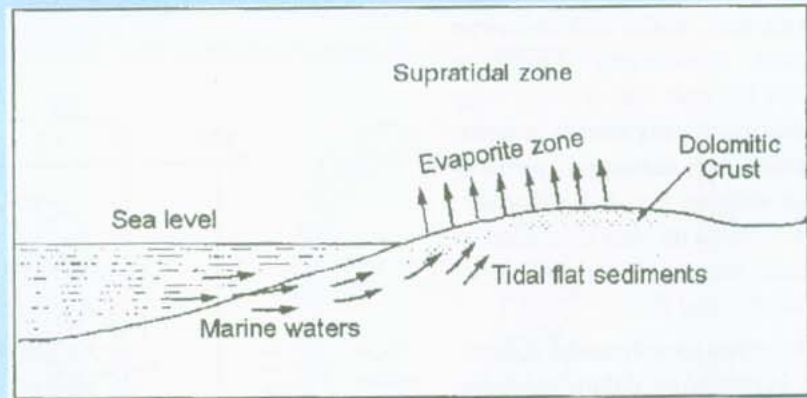
Deep Burial Brines

Prinsip utama dalam proses dolomitisasi model ini adalah kompaksi sedimen lempung yang mengeluarkan cairan dari pengecilan pori-pori. Cairan ini, yang diperkirakan mengandung Mg, mengalir melalui batuan-batuan karbonat terdekat yang terletak di tepi paparan dan menyebabkan terjadinya dolomitisasi di batuan karbonat tersebut (Gambar 7). Ditinjau dari segi temperatur, kondisi ini sangat menunjang proses dolomitisasi di penimbunan kedalaman. tetapi kalau dilihat dari sumber Mg dan jauhnya transportasi dari daerah basinal ke daerah paparan, maka sulit mengaplikasikan model ini untuk dolomitisasi skala besar. Contoh dolomitisasi model ini adalah Devonian Atas, Miette Buildup, di Alberta (Mattes dan Monntjoy, 1980).

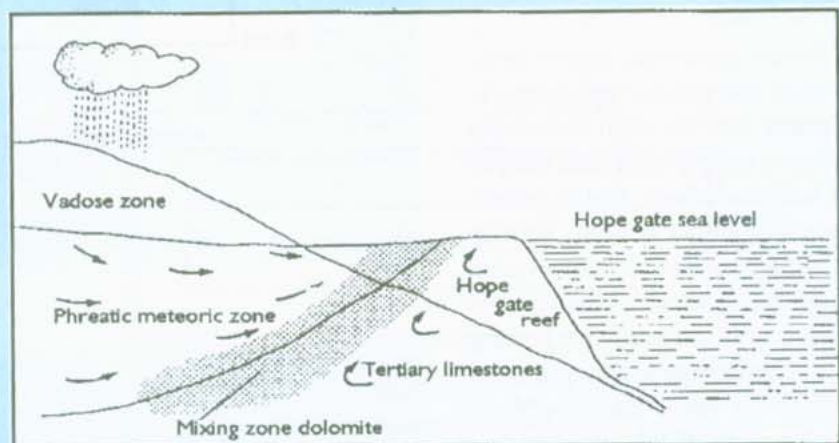
Dolomitisasi yang terjadi dari proses ini biasanya ferroan, berkrystal kasar, sering bersisi lengkung (seperti pelana), dan mempunyai pepadaman bergelombang.

Seawater

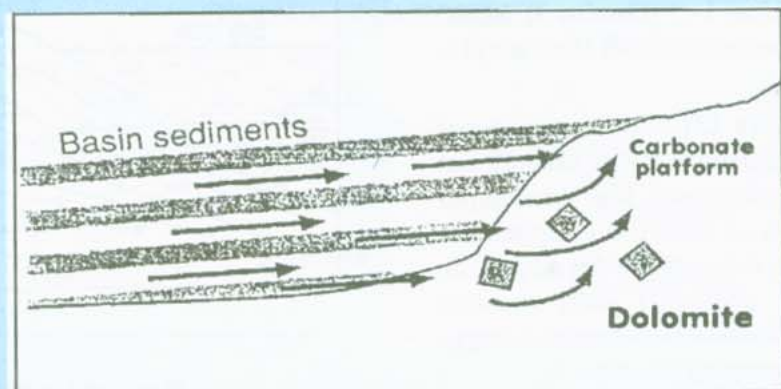
Kebanyakan dari model yang dibicarakan terdahulu, mendapatkan sumber Mg^{2+} dari air laut dan masalah kinetika dalam pembentukan dolomit dari air laut dapat diatasi dengan memperencer larutan atau penguapan. Jelas sumber Mg^{2+} dan kinetika adalah merupakan persoalan utama dalam proses dolomitisasi. Land (1985) menyatakan bahwa dengan sedikit modifikasi dan pemompaan yang efisien ke dalam sedimen karbonat, air laut dapat merupakan cairan utama untuk pembentukan dolomit. Kastner (1984) mendukung model dolomitisasi air laut, hanya jika kandungan SO_{42} berkurang. Dasar model ini



Gambar 5
Model dolomitisasi *hypersaline* cara *evaporite*, dari Zenger (1972)



Gambar 6
Model dolomitisasi *mixing water*, dari Land (1973)



Gambar 7
Model dolomitisasi *deep burial brines*, dari Folwes (1961)

adalah pergerakan cairan yang diakibatkan oleh perbedaan densitas, seperti yang diajukan oleh Kohout (1967). Sirkulasi air laut dari kedalaman yang suhunya relatif lebih dingin ke arah tepi paparan, menggantikan cairan pori yang lebih hangat menyebabkan munculnya mata air di tepi paparan (Gambar 8).

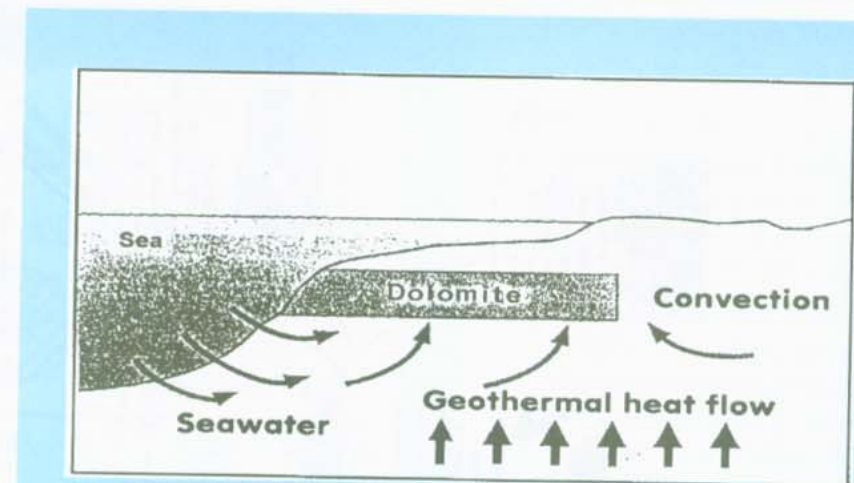
Pergerakan air (konveksi) biasanya terjadi di kedalaman air laut yang berkisar dari 1-3 km (Simms, 1984). Umumnya di mana air laut dingin ini tidak jenuh terhadap kalsit yang berkadar Mg tinggi dan aragonit tetapi jenuh terhadap kalsit, atau tidak jenuh terhadap ketiga mineral karbonat tetapi jenuh terhadap dolomit dapat dipompakan melalui tepi paparan karbonat. Contoh dari model ini adalah *continental shelf* di Florida bagian Barat (Fanning dkk., 1981).

III. BEBERAPA PERTIMBANGAN DALAM APLIKASI MODEL

Ciri umum yang sering digunakan untuk mengaplikasikan model dolomitisasi adalah berdasarkan pertimbangan stratigrafi, petrografi dan geokimia. Ciri ini sebaiknya tidak berdiri sendiri, penggabungan banyak data akan lebih memudahkan dalam menentukan pilihan model.

A. Ciri-ciri Stratigrafi

Ukuran dan bentuk dolomit yang terdiri atas intraformasi kecil, mungkin terjadinya dari sumber Mg^{2+} lokal. Tetapi dolomitisasi seluruh formasi atau sebagian besar dari formasi memerlukan sumber Mg^{2+} yang besar pula. Kalau struktur lapisan pada batuan dolomit tidak terganggu menandakan dolomitisasi sebelum penimbunan. Tetapi kalau dolomitisasi memotong perlapisan atau berasosiasi dengan breksi runtunan, ini menandakan dolomitisasi setelah penimbunan (Collins dan Smith, 1977). Beberapa hal yang perlu diperhatikan:



Gambar 8
Model dolomitisasi sea water, dari fowles (1991)

a. Asosiasi dengan evaporit dan serpih

Batuan evaporit yang berdekatan secara lateral atau vertikal dengan batuan karbonat, dapat merupakan sumber Mg^{2+} untuk dolomitisasi, secara *seepage refluxion*. Demikian juga cairan yang dikeluarkan dari serpih akibat penimbunan.

b. Ketidakselarasan

Ketidakselarasan biasanya menyebabkan *karst* yang memperbesar porositas karbonat di bawahnya. Larutan dolomitisasi akan mudah merembes ke bawah dan membentuk dolomit. Dolomitisasi yang berhubungan dengan ketidakselarasan, mudah diterangkan dengan model *mixing water* (Collins dan Smith, 1975).

c. Facies

Contoh dolomitisasi yang sejalan dengan perkembangan facies ini di *sabkha* dan *lagoon*. Di *sabkha*, dolomitisasi umumnya merupakan *displacement* dari anhidrit dalam urutan peritidal sedimentasi. Sedangkan di *lagoon*, walau urutan peritidal ini serupa tetapi tanpa evaporit.

B. Ciri-Ciri Paleogeografi

Daerah paparan biasanya tersingkap ke permukaan pada saat

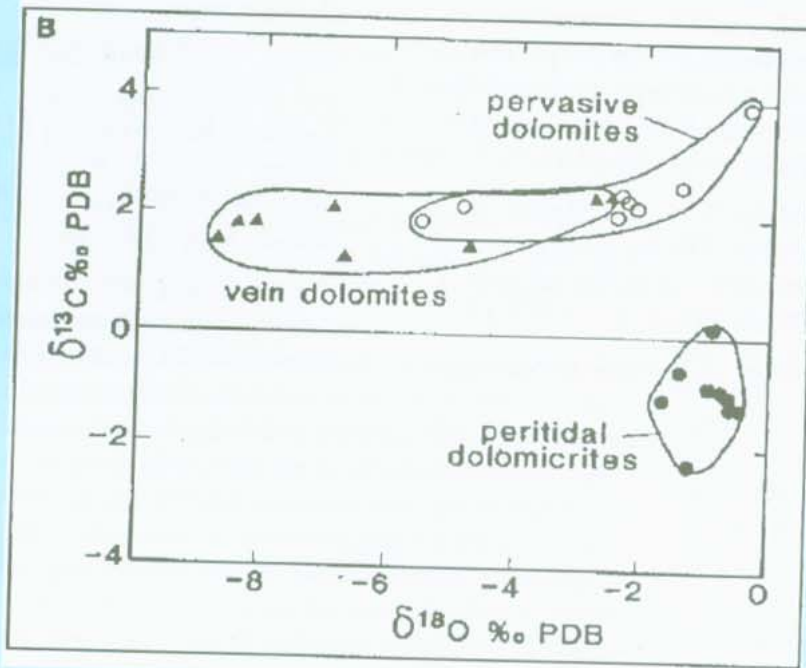
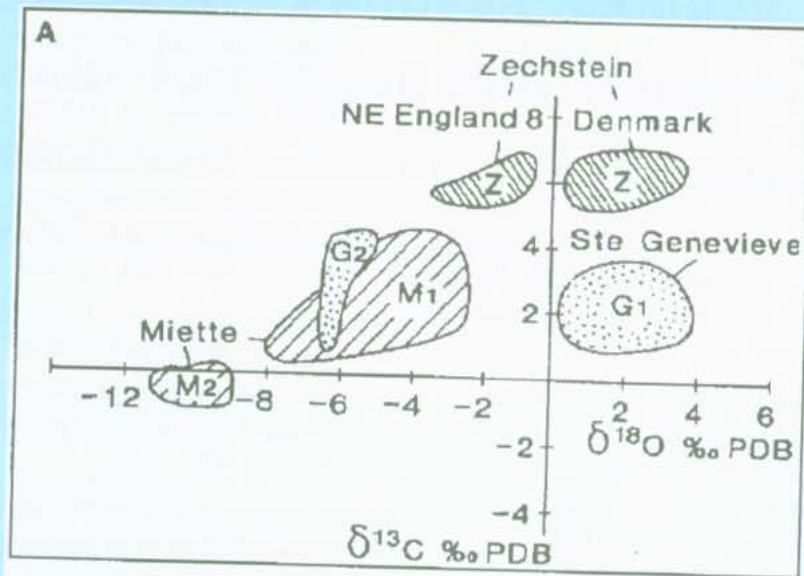
regresi dan ini menyebabkan adanya kontak dengan air tawar dan percampuran air tawar dengan air asin, sehingga memacu terjadinya dolomitisasi. Dolomitisasi model ini tentu tidak mungkin terjadi terhadap batuan karbonat yang terdapat di laut yang lebih dalam dan tidak pernah tersingkap ke permukaan.

C. Ciri-Ciri Petrografi Ukuran kristal

Kristal dolomit yang berukuran lebih kecil dari 20 mikronmeter biasanya merupakan produk ubahan awal sebelum sedimen tertimbun (*prenecontemporaneous*). Dolomit yang lebih kasar biasanya membentuk mozaik (*succrosic*). Proses dolomitisasi ini umumnya terjadi setelah penimbunan. Jenis ketiga yang lazim ditemukan adalah *saddle dolomite* yang kerap berasosiasi dengan mineralisasi sulfida. Kebanyakan dari dolomit ini merupakan penutup pori-pori (semen). Ukuran *saddle dolomite* ini biasanya mencapai beberapa sentimeter (Radke dan Mathis, 1980).

D. Ciri-Ciri Geokimia

Hal yang harus diperhatikan dalam hal ini komposisi elemen utama (Ca dan Mg), elemen tambahan atau trace (Fe, Sr, Na, Mn, Ba, Si, S, Zn dan Pb) dan komposisi isotop C dan O.



Gambar 10
Nama $\delta^{13}\text{C}$ dan $\delta^{18}\text{O}$ untuk beberapa jenis dolomit,
lihat Tucker (1991)

faktor tersebut tidak boleh berdiri sendiri.

KEPUSTAKAAN

1. Adams, J.E. dan Rhodes, M.L. (1960); Dolomitization by seepage refluxion. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 44, 1912-1920.
2. Barker, P.A. dan Burns, S.J. (1985); The occurrence and formation of dolomite in organic-rich continental margin sediments. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 69, 1917-1930.
3. Collins, J. A., dan Smith, L. (1977); Zinc deposits related to diagenesis and intracarcstic sedimentation in the Lower Ordovician St. George Formation, Western Newfoundland : Canadian Soc. Petrol. Geol. Bull., 23, 393-427.
4. Deffeyes, K.S., Lucia, F.J. dan Weyl, P.K. (1965); Dolomitization of Recent and Plio-Pleistocene sediment by marine evaporite waters on Bonaire, Netherland Antilles. In Dolomitization and Limestone Diagenesis a Symposium (L.C. Pray dan R.C. Murray Ed.,) Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner. 13, 71-88.
5. Dunham, J.B. dan Olson, E.R. (1980); Shallow subsurface dolomitization of subtidally deposited carbonate sediments in the Henson Creek Formation (Ordovician - Silurian) of Central Nevada. In Concepts and Models of Dolomitization (D.H. Zenger, J.B. Dunham dan R.L. Ethington Ed.,) Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner. 28, 139-161.
6. Fanning, K.A., Byrne, R.H., Breland, J.A., W.S. Elsnger, R.J. dan Pyle, T.E. (1981); Geothermal springs of the west Florida continental shelf evidence for dolomitization and radionuclide enrichment. Earth planet. Sci. Letts. 52, 345-354
7. Folk, R.L. dan Land, L.S. (1975);

Komposisi-komposisi tersebut dapat memberi informasi asal cairan, kegaraman, suhu, dan lain-lain. Contoh dari komposisi-komposisi di atas disarikan dalam Gambar 9 dan Gambar 10.

IV. KESIMPULAN

1. Proses pembentukan dolomit bersifat kompleks.

2. Dolomit dapat terjadi dari berbagai jenis cairan antara lain: hypersaline, *mixing water*, *deep burial brines*, dan *seawater*.

3. Dalam menentukan model untuk dolomitisasi beberapa faktor harus dipertimbangkan; hal yang utama antara lain: sumber Mg, mekanisme pengangkutan, komposisi cairan yang sesuai, faktor-



- Mg/Ca ratio and salinity, two controls over crystallization of dolomite. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* 59, 60-68.
8. Fowler, J. (1991); Dolomite: the mineral that should not exist. *New Scientist.* 38 – 42.
 9. Hanshaw, B.B., Back, W. dan Dieke, R.G. (1971); A geochemical hypothesis for dolomitization by groundwater. *Econ. Geol.* 66, 710-724.
 10. Kastner, M. (1984); Control of dolomite formation. *Nature* 311, 410-411.
 11. Kohout, F.A. (1967); Groundwater flow and the geothermal regime of the Floridan plateau. *Trans. Gulf-Cst. Ass. Geol. Socs.* 17, 339-354.
 12. Land, L.S. (1985); The origin of massive dolomite. *J. Geol. Educ.* 33, 112-125.
 13. Mattes, D.H. dan Mountjoy, E.W. (1980); Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette buildup, Jasper National Park McKenzie, J.A. (1981) Holocene dolomitization of calcium carbonate sediments from the costal sabkhas of Abu Dhabi, UEA: a stable isotope study. *J. Geol.* 89, 185-198.
 14. McKenzie, J.A. (1981); Holocene dolomitization of calcium carbonate sediments from the coastal sabkhas of Abu Dhabi, UEA: a stable isotope study. *J. Geol.* 89, 185 – 198.
 15. Murray, R.C. (1969); Hydrology of South Bonaire, Netherland Antilles a rock selective dolomitization model. *J. Sedim. Petrol.* 15, 987- 1035.
 16. Peterson, R.J. dan Kinsman, D.J.J. (1982); Formation of diagenetic dolomite in costal sabkhas along the Arabian (Persian) Gulf. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.* 66, 28-43.
 17. Radke, B.H. dan Mathis, R.L. (1980); On the formation and occurrence of saddle dolomite. *J. Sedim. Petrol.* 50, 1149-1168.
 18. Saller, A.H. (1984); Petrologic and geochemical constrains on the origin of subsurface dolomite, Enewwtak Atoll: an example of dolomitization by normal sea water. *Geology* 12, 217-220.
 19. Scoffin, T.P. (1987); An introduction to carbonate sediments and rocks, Blackie, USA : Chapman & Hall, New York, pp. 274
 20. Simms, M. (1984); Dolomitization by groundwater-flow systems in carbonate platforms. *Trans. Gulf-Cst. Ass. Geol. Socs.* 34, 411-420.
 21. Tucker, M.E. dan Wright, V.P. 1990; Carbonate Sedimentology. *Blackwell Scientific Publication* Oxford London.
 22. Tucker, M.E. (1990); Dolomites and dolomitization models, in : Carbonate Sedimentology (M.E. Tucker dan V.P. Wright, Ed. 1990) *Blackwell Scientific Publication* 8, pp. 365-396.
 23. Zenger, D.H. (1983); Dolomitization and uniformitarianisme. *J. Geol. Educ.* 20, 107 – 124. □