

Taburan Geokimia Unsur Sedimen Kuaterner Laut Cetek Muara Sungai Kelantan hingga ke Pelantar Laut China Selatan, Semenanjung Malaysia

(Geochemical Distribution of the Quaternary Sediment Elements of Shallow Estuary Sea of Sungai Kelantan until the Platform of South China Sea, Peninsular Malaysia)

NURUL AFIFAH MOHD RADZIR*, CHE AZIZ ALI & KAMAL ROSLAN MOHAMED

ABSTRAK

Analisis geokimia menggunakan kaedah ICP-MS menunjukkan taburan geokimia unsur di kawasan kajian dipengaruhi oleh dua asalan sedimen berbeza iaitu daripada marin dan daratan. Unsur Ca dan Mg dikenal pasti sebagai unsur marin, manakala unsur Al, Fe, Mn, Na, Cu, Cr, Zn dan Ni dikenal pasti sebagai unsur daratan. Unsur Ca dan Mg dikenal pasti terhasil daripada proses penyahkapuran rangka dan hidupan marin seperti cengkerang moluska dan foraminifera. Unsur benua berasal daripada granit dari Gunung Korbu dan Gunung Stong yang disaliri oleh Sungai Nenggiri dan Sungai Galas, serta batuan argilit arenit yang berasal dari bahagian selatan dan tenggara Negeri Kelantan dari Gunung Cintawangsa dan Gunung Stong dan disaliri oleh Sungai Lebir dan Sungai Galas. Unsur daripada batuan induk membebaskan unsur kimia semasa luluhawa kimia dan telah dijerap oleh cas-cas negatif pada permukaan sedimen halus seperti lempung dan lodak sebelum dimendapkan bersama di dalam kawasan kajian.

Kata kunci: Asalan sedimen; Delta Sungai Kelantan; taburan geokimia; unsur major; unsur minor

ABSTRACT

The geochemical analysis using ICP-MS method showed that the geochemical distribution of elements influenced by two sediment origins: From marine and terrestrial. Ca and Mg were identified as marine elements, while Al, Fe, Mn, Na, Cu, Cr, Zn and Ni were identified as terrestrial elements. The Ca and Mg elements were derived from decalcification of skeletons of marine life such as mollusc and foraminifera. Continental elements might have originated from granites of Gunung Korbu and Gunung Stong which are drained by Sungai Nenggiri and Sungai Galas, while and argillaceous arenaceous rocks from the south and southeastern parts of Kelantan state which originated from Gunung Cintawangsa and Gunung Stong are being drained by Sungai Lebir and Sungai Galas. These parent rocks have released their chemical elements during a chemical weathering and the elements have been absorbed by negative charges on the surface of fine sediments such as clay and silt before being deposited in the study area.

Keywords: Geochemistry distribution; major element; minor element; sediment origin; Sungai Kelantan Delta

PENGENALAN

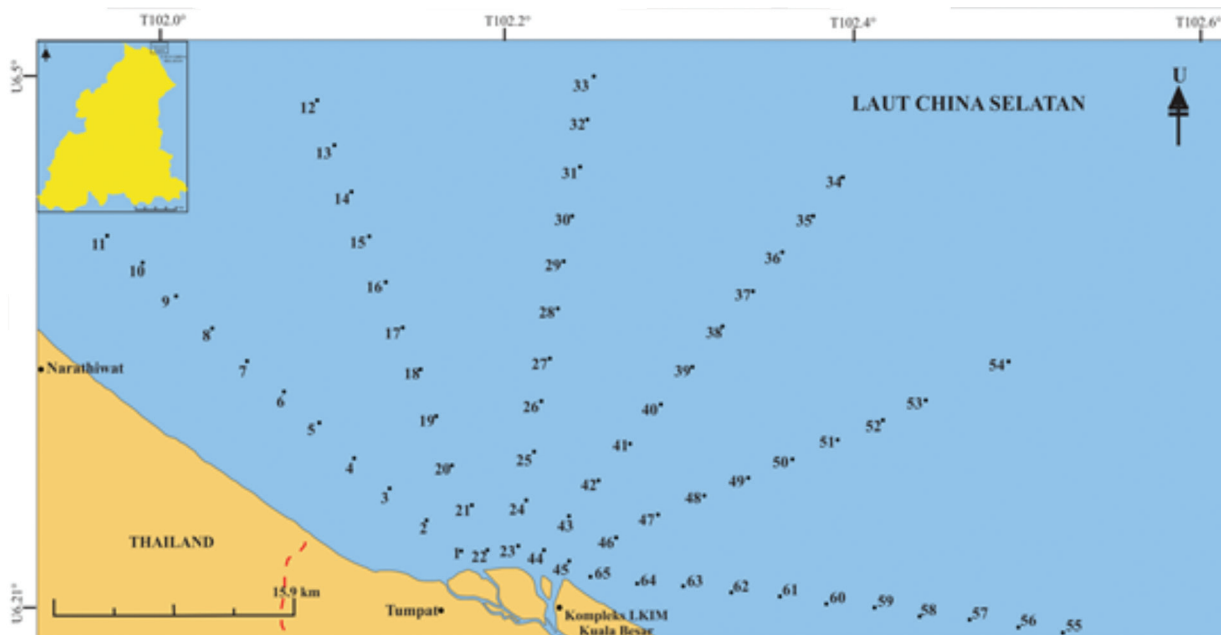
Kawasan kajian terletak di bahagian utara delta Sungai Kelantan iaitu bermula dari Kuala Besar sehingga 33 kilometer di luar pantai Laut China Selatan (Rajah 1). Kawasan ini didominasi oleh endapan sedimen Kuaterner Formasi Gula daripada ahli Matang Gelugor dan ahli Port Weld dan ditindih oleh Formasi Beruas ke arah daratan. Litologi Formasi Gula terdiri daripada pasir, lodak dan lumpur yang mempunyai kepentingan dalam penentuan asalan sedimen yang berbeza. Litologi formasi ini disumbang oleh tiga jenis sistem saliran utama iaitu saliran tertib pertama, saliran tertib kedua dan saliran tertib ketiga yang masih wujud pada masa ini (Soh 1972).

Sungai Nenggiri mengalir di atas batuan granit dan metamorf yang menyumbang kepada mineral kuarza dan feldspar, manakala Sungai Lebir dan Sungai Galas mengalir di atas batuan sedimen argilit, batu kapur, batuan piroklas/gunung berapi dan batu pasir yang menyumbang kepada pelbagai jenis sedimen dan komposisi mineral

(Kamal et al. 1997). Kepelbagaian jenis sedimen dan komposisi mineral ini turut diangkut oleh sungai-sungai kecil yang bersambung dengan Sungai Kelantan sebelum diserakkan ke kawasan lembangan laut di bahagian muara dan hadapan muara. Kajian ini bertujuan untuk mencirikan taburan unsur-unsur yang terserak di kawasan muara delta Sungai Kelantan hingga ke pelantar benua Laut China Selatan diikuti dengan pemerihalan tentang sumber asal yang menyumbang kepada kepekatan dan taburan beberapa unsur major dan unsur surih yang wujud di kawasan kajian.

BAHAN DAN KAEDAH

Sebanyak 65 sampel sedimen bersaiz kurang daripada 0.125 mm (lodak dan lempung) telah dijalankan mengikut prosedur pelarutan menggunakan kaedah yang diseragamkan oleh Environmental Protection Agency (EPA) iaitu Kaedah 3050b (Environmental Protection Agency 1996). Sebanyak 0.45 gram sampel telah diambil dan



RAJAH 1. Peta kawasan kajian dan lokaliti persampelan sedimen permukaan

dilartukan di dalam kelalang kon berisi 10 mL asid nitrik (65% HNO_3) dengan bantuan plat pemanasan bersuhu 95°C selama 15 minit tanpa mencapai takat dididih cecair. Kemudian, campuran tersebut ditambah dengan 5 mL asid nitrik (65% HNO_3) dan dipanaskan selama 30 min. Selepas 30 min, 5 mL asid nitrik (65% HNO_3) ditambah lagi bagi memastikan pelarutan sampel berlaku dengan lengkap sehingga tiada reaksi atau warna campuran tidak berubah. Suhu sampel kemudian dibiarkan menurun sehingga suhu bilik dan 2 mL air suling ditambah ke dalam sampel diikuti dengan 3 mL hidrogen peroksida (30% H_2O_2) dan kemudian dipanaskan kembali di atas kepingan pemanas sehingga tindak balas yang berlaku semakin berkurang (buih tindak balas semakin reda).

Kemudian, 1 mL hidrogen peroksida (30% H_2O_2) ditambah dan dibiarkan sehingga buih tindak balas semakin menurun (tiada buih tindak balas lagi). Pemanasan sampel diteruskan pada suhu 95°C sehingga isi padu sampel di dalam kelalang kon berkurang menjadi lebih kurang 5 mL. Seterusnya sampel disejukkan dan dituras dengan menggunakan kertas penuras Whatman No. 41 dan dimasukkan ke dalam kelalang isi padu untuk dicairkan sehingga 100 mL menggunakan air suling.

Hasil pencairan sampel dimasukkan ke dalam tiub dan dianalisis dengan menggunakan Perkin Elmer Sciex ICP-Mass Spectrometer Elan 9000. Hasil bacaan data yang diambil dilakukan pengiraan dan data dipersembahkan di dalam bentuk peta taburan isopleth.

HASIL

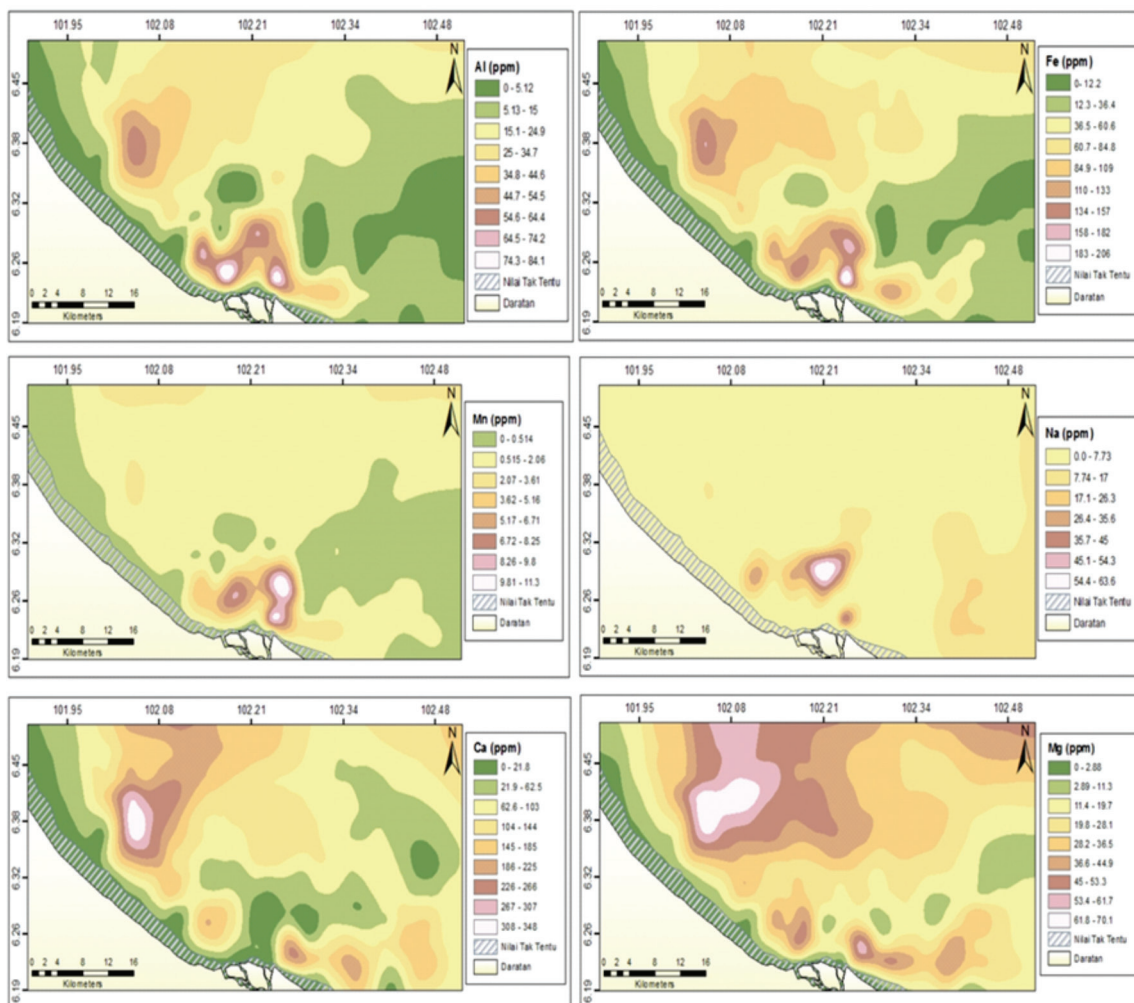
Unsur major adalah unsur yang wujud dengan banyak dan bergabung dengan unsur oksida dan unsur minor untuk membentuk mineral. Unsur-unsur major adalah penting

dalam pembentukan mineral utama batuan. Taburan unsur-unsur major ditunjukkan dalam Rajah 2, dalam bentuk peta isopleth bagi unsur major yang dikaji iaitu Al, Fe, Mn, Na, Ca dan Mg. Berikut adalah antara hasil yang diperolehi:

Ca merupakan unsur yang paling melimpah dalam kawasan kajian dengan nilai maksimum adalah 224.14 ppm (purata kepekatan 95.18 ppm), diikuti dengan unsur Fe dengan nilai maksimum adalah 156.00 ppm (purata kepekatan 60.59 ppm) dan unsur Mg dengan nilai maksimum adalah 62.62 ppm (purata kepekatan 28.20 ppm) (Jadual 1). Nilai maksimum bagi unsur Al adalah 63.55 ppm (purata 22.94 ppm), unsur Mn adalah 11.31 ppm (purata 1.80 ppm) dan unsur Na adalah 62.10 ppm (purata 6.31 ppm) (Rajah 2, Jadual 1). Berdasarkan peta isopleth pada Rajah 2 dan 3, taburan unsur major dan unsur surih yang wujud di kawasan kajian dilihat wujud di kawasan bersaiz butiran antara lodak dan lempung dengan taburan sedimen bersaiz lodak mendominasi kawasan bahagian berdekatan dengan muara dengan jarak daripada muara sekitar 500 meter hingga 3 km, manakala taburan sedimen bersaiz lempung tertabur di kawasan yang hampir dengan garis pantai dan muara (Radzir 2015).

Unsur surih yang dikenal pasti terdapat di kawasan kajian adalah seperti Li, Cu, Zn, Cr dan Ni. Kesemua unsur-unsur surih yang wujud di kawasan kajian ini mempunyai nilai yang sangat rendah iaitu kurang daripada 1 ppm. Bagi unsur Cu, nilai maksimum kelimpahan unsur ini adalah antara 0.084 hingga 0.095 ppm, manakala nilai minimum kelimpahan Cu adalah 0 hingga 0.0125 ppm (purata 0.014 ppm) (Rajah 3, Jadual 1).

Kandungan unsur Zn adalah merupakan unsur surih yang paling tinggi melimpah di kawasan kajian dengan nilai maksimum antara 0.035 dan 0.40 ppm dan nilai minimum antara 0 dan 0.024 ppm (purata 0.11 ppm) (Rajah



RAJAH 2. Peta isoplet taburan unsur major aluminium (Al), besi (Fe), mangan (Mn), sodium (Na), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam ppm

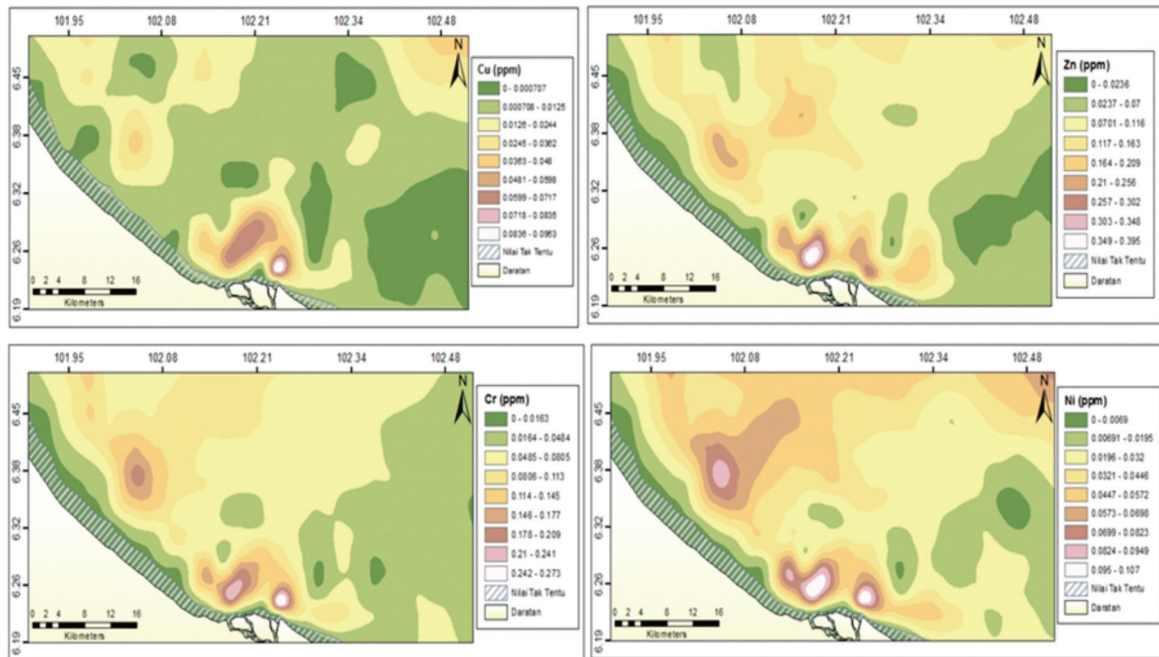
3, Jadual 1). Unsur Cr pula menunjukkan kandungan maksimum yang sangat sedikit dengan nilai 0 hingga 0.27 ppm sahaja dengan nilai purata adalah 0.07 ppm (Rajah 3, Jadual 1). Bagi unsur Ni, nilai maksimumnya adalah 0.107 ppm, manakala nilai minimum kelimpahan Ni adalah 0 ppm dengan purata 0.04 ppm (Rajah 3, Jadual 1). Unsur surih mendominasi kawasan hadapan muara dengan taburan sedimen adalah bersaiz lempung dan lodak (Radzir 2015) dengan sedimen yang bersaiz kurang daripada 0.125 mm adalah berpotensi tinggi untuk memerangkap unsur semasa proses pengendapan (Shumo et al 2014; Zakir et al 2008).

PERBINCANGAN

Berdasarkan analisis geokimia, taburan unsur di kawasan kajian adalah dipengaruhi oleh dua jenis kumpulan iaitu unsur lautan dan unsur daratan. Menurut Radzir et al. (2017), terdapat dua jenis asalan sedimen yang wujud di kawasan lembangan Delta Sungai Kelantan hingga ke pelantar Laut China Selatan iaitu sedimen resen kerana sedimen ini telah mengalami proses geologi, diangkut dan

dilepaskan ke dalam lembangan dan sedimen sub-arkos lautan iaitu sedimen yang dienapkan sejak 5000 tahun yang lampau semasa perubahan paras air laut ketika usia Holosen.

Kehadiran unsur geokimia di dalam kawasan kajian wujud dalam kuantiti yang berbeza dan tertabur secara rawak disebabkan tindak balas oleh pelbagai agen dan menyebabkan terhasilnya unsur ini. Dominasi unsur Ca dan Mg di bahagian utara sehingga barat laut kawasan kajian menunjukkan adanya pengaruh biodegrasi kerangka hidupan laut seperti serpihan cengkerang moluska atau foraminifera. Menurut Calvert (1976) dan Karageorgis (1997), Ca dan Mg yang wujud di lautan kebiasaannya berasal daripada hidupan lautan dan boleh dikelaskan sebagai kumpulan biogenik. Pemecahan kumpulan biogenik ini adalah melalui proses penyahkalsitan atau terhasil daripada tindakan pemecahan batuan karbonat secara perlahan di dasar laut (Dissard et al. 2010). Selain itu, proses pemecahan unsur yang membentuk rangka organisma laut seperti Ca dan Mg berlaku dengan aktif apabila suhu dan kepekatan CO_2 adalah tinggi di dalam air laut. Pengayaan kedua-dua unsur ini secara hipotesis



RAJAH 3. Peta isoplet taburan unsur minor (unsur surih) kuprum (Cu), zink (Zn), kromium (Cr) dan nikel (Ni) dalam ppm

JADUAL 1. Data kepekatan unsur major dan unsur minor dalam sampel sedimen yang dikaji

	Unsur	Maksimum	Minimum	Purata
Unsur major	Al	63.55	0.04	22.94
	Fe	156.00	0.04	60.59
Unsur minor	Mn	11.31	0.00	1.80
	Na	62.10	0.00	6.31
	Ca	224.14	0.00	95.18
	Mg	62.62	0.00	28.21
	Cu	0.07	0.02	0.01
	Zn	0.32	0.01	0.11
	Cr	0.21	0.01	0.07
	Ni	0.10	0.01	0.04

terbentuk daripada tindak balas rangka ($\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$), manakala unsur Mg akan bergabung bersama semasa proses kalsifikasi-asidifikasi yang berlaku di dalam air laut tersebut. Kehadiran kedua-dua unsur ini hasil tindak balas yang berlaku di dasar laut dikelaskan sebagai unsur lautan. Organisma benthik, foraminifera, plankton dan terumbu karang yang wujud di dasar laut merupakan penyumbang secara langsung kepada kepekatan taburan unsur Mg dan Ca. Organisma ini bertindak balas dengan air laut dengan cara melarut di dalam air laut yang mempunyai nilai pH yang semakin meningkat serta kemasinan air laut yang tinggi. Proses kimia lautan yang berlaku dengan kemasukan CO_2 juga membantu mempercepatkan pelarutan organisma hidupan laut kepada Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan meningkatkan pengumpulan unsur di dalam kawasan tersebut.

Penjerapan sedimen bersaiz halus seperti lodak dan lempung dengan unsur-unsur Mg^{2+} dan Ca^{2+} berlaku secara aktif di kawasan ini menunjukkan kehadiran

hidupan laut yang menyumbang kepada Ca dan Mg. Menurut Shamsudin et al. (1997), peratusan kelimpahan mikroplankton termasuk dinoflagellate dan foraminifera adalah sangat tinggi di kawasan berdekatan Teluk Chao Phraya (Thailand) dengan peratusan daripada 63% hingga 91%. Manakala kawasan berdekatan dengan perairan luar pesisir Thailand (kawasan yang berdekatan dengan laut dalam Laut China Selatan di bahagian Negeri Kelantan) mempunyai peratusan kehadiran organisma benthik ini antara 51% hingga 76%. Peratusan kelimpahan organisma laut ini menunjukkan taburan Mg dan Ca adalah berpunca daripada kumpulan biogenik tersebut dan boleh dikelaskan sebagai unsur lautan.

Sementara itu, kehadiran unsur asas pembentuk kumpulan mineral alumino-silikat (Al, Fe, Mn) dengan unsur surih seperti Cu, Zn, Cr dan Ni menunjukkan bahawa unsur ini disumbangkan oleh batuan induk di kawasan daratan yang mengalami proses luluhawa dan

pemecahan secara kimia yang diangkut dan dilepaskan di kawasan lembangan ini. Bischoff et al. (1979) menjelaskan bahawa unsur seperti Al adalah berasal daripada daratan yang membentuk kumpulan alumino-silikat dan diangkut melalui pengangkutan secara ampaian ke dalam persekitaran lautan. Unsur utama pembentuk kumpulan alumino-silikat ini berkemungkinan berpunca daripada batuan sedimen, batuan igneus dan batuan metamorf yang disaliri oleh Sungai Nenggiri di bahagian selatan negeri yang berpunca daripada Gunung Korbu dan Gunung Stong. Unsur ini dijerap oleh cas-cas negatif permukaan sedimen bersaiz halus seperti lodak dan lempung selepas proses pemecahan secara kimia berlaku dan dibawa bersama semasa proses pengangkutan sedimen ke kawasan lembangan laut.

Selain itu, kehadiran unsur Na di dalam sedimen yang dikaji berkemungkinan disumbangkan oleh pecahan batuan jenis vulkanik felsik, Na-plagioklas dan kehadiran mineral lempung dalam sedimen karbonat (Amer 2010). Unsur ini adalah berpunca daripada batuan sedimen seperti batu pasir, argilit, batu kapur dan batu vulkanik yang terdapat di bahagian timur dan selatan-barat Negeri Kelantan berpunca daripada Gunung Cintawangsa yang disaliri oleh Sungai Lebir.

Sebaran geokimia unsur di kawasan kajian ini mendominasi kawasan yang hampir dengan garis pantai hingga sekitar 3 km daripada muara sungai. Ia dilihat tersebar di kawasan yang didominasi oleh sedimen bersaiz lodak dan lempung dan saiz sedimen ini mempunyai had keupayaan yang tinggi untuk memerangkap unsur semasa proses pengendapan. Sebaran ini juga berkemungkinan mempunyai kaitan dengan proses hidrosedimentasi dan tindakan morfodinamik yang berlaku di kawasan kajian dengan pengendapan sedimen halus adalah di hadapan muara sungai berbanding sedimen bersaiz kasar dan sederhana di kawasan yang lebih jauh daripada muara sungai Kelantan (Radzir et al. 2016). Proses ini berkemungkinan menjadi salah satu faktor penyumbang kepada sebaran geokimia yang mendominasi kawasan garis pantai dan hadapan muara Sungai Kelantan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis geokimia yang dijalankan, sedimen yang diambil dari permukaan dasar laut yang bermula dari kawasan laut cetek Delta Sungai Kelantan sehingga ke kawasan pelantar Laut China Selatan menunjukkan bahawa taburan geokimia di kawasan kajian adalah dipengaruhi oleh dua asalan yang berbeza. Ia dijelaskan dengan kehadiran unsur Ca dan Mg di bahagian utara sehingga barat laut kawasan kajian yang ditafsir berpunca daripada biodegradasi rangka hidupan laut semasa proses penyah-kalsitan. Manakala kehadiran unsur kimia yang membentuk kumpulan mineral alumino-silikat dengan unsur surih boleh membezakan asalan sebaran geokimia di kawasan kajian. Kehadiran kumpulan ini menjelaskan bahawa taburan unsur ini adalah berpunca daripada proses pengangkutan sedimen daripada batuan punca seperti

Gunung Korbu, Gunung Stong dan Gunung Cintawasa. Proses batuan punca ini terurai akibat proses luluhawa dan hakisan berterusan dan diangkut melalui saluran tertib pertama, saluran tertib kedua dan saluran tertib ketiga sebelum dilepaskan ke kawasan lembangan. Selain itu, sedimen turut disumbangkan oleh batuan yang terhampar di dasar saluran-saluran utama seperti batuan argilit, batuan volkano dan batu pasir yang dihakis secara berterusan dan diangkut oleh Sungai Galas dan Sungai Lebir di kawasan hulu Negeri Kelantan sebelum sedimen diaplikasikan di bahagian hilir sungai dan laut cetek.

PENGHARGAAN

Penulis merakamkan terima kasih kepada staf Program Geologi, Fakulti Sains & Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia atas bantuan dalam kerja makmal kajian ini.

RUJUKAN

- Amer, M.I. 2010. Geochemical studies and diagenesis of tertiary black shales in west Sabah, Malaysia. PhD Thesis, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi (tidak diterbitkan).
- Bischoff, J.L., Piper, D.Z. & Quintero, P. 1979. Nature and origin of metalliferous sediments in Doenes Site C, Pacific Manganese Nodule Province. Dlm *La Genèse des Nodules de Manganèse*, disunting oleh Lalou, C. Paris: CNRS. hlm. 119-137.
- Calvert, S.E. 1976. The mineralogical and geochemistry of nearshore sediments. In *Chemical Oceanography*, 2nd ed. Vol. 6, Chapter 33, edited by Riley, J.P. & Chester, R. London: Academic Press. pp. 187-280.
- Dissard, D., Nehrke, G., Reichart, J. & Bijma, J. 2010. Impact of seawater pCO₂ on calcification and Mg/Ca and Sr/Ca ratios in benthic foraminifera calcite: Results from culturing experiments with *Ammonia tepida*. *Biogeosciences* 7: 81-93.
- Environmental Protection Agency. 1996. Acid digestion of sediments, sludges and soils. *Revision 2*: 1-12.
- Kamal, R.M., Che, A.A. & Usop, S. 1997. Perubahan dan perkembangan morfologi delta Kelantan. *Laporan Penyelidikan UKM S/5/96*.
- Karageorgis, A.P., Angnostou, C.L., Sioulas, A.I., Kassoli-Fournaraki, A.E. & Eleftheiadis, G.E. 1997. Sedimentology and geochemistry of surface sediments in a semi-enclosed marine area. *Central Aegean-Greece. Oceanologica Acta* 20(3): 513-520.
- Radzir, N.A.M. 2015. Morfologi dasar, sedimentologi dan geokimia sedimen kuaterner laut cetek muara Sungai Kelantan hingga pelantar Benua Laut China Selatan Semenanjung Malaysia. Tesis MSc, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi (tidak diterbitkan).
- Radzir, N.A.M., Ali, C.A. & Mohamed, K.R. 2017. Pencirian mikroskopi butiran kuarza laut cetek muara Sungai Kelantan hingga pelantar benua Laut China Selatan, Semenanjung Malaysia. *Sains Malaysiana* 46(9): 1521-1529.
- Radzir, N.A.M., Ali, C.A. & Mohamed, K.R. 2016. Pemetaan batimetri lantai laut cetek Delta Sungai Kelantan, Malaysia hingga pelantar Benua Laut China Selatan. *Sains Malaysiana* 45(12): 1843-1848.
- Shamsudin, L., Hamid, A.Y., Abdul, S.R. & Shukri, M.Y. 1997. Mikroplankton (including Dinoflagellate and Foraminifera) in the South China Sea, Area I: Gulf of Thailand and Peninsular

- Malaysia. *Proceedings of the First Technical Seminar on Marine Fishery Resources Survey in the South China Sea Area I: Gulf of Thailand and East Coast of Peninsular Malaysia*. pp. 24-26
- Shumo, M.I., Taha, K.K., Ahemad, A.Y., Hamid, H.B.A. & Abdullah, M.P. 2014. Digestion with $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ mixture for determination of trace elements in sediment using inductive coupled plasma-mass spectrometry. *Journal of Applied and Industrial Sciences* 2(2): 85-92.
- Soh, Z.A. 1972. Morphometry of part of Kelantan River catchment. *Sains Malaysiana* 1(1): 59-76.
- Zakir, H.M., Shikazono, N. & Otomo, K. 2008. Geochemical distribution of trace metals and assessment of anthropogenic pollution in sediments of Old Nakagawa River, Tokyo, Japan. *American Journal of Environmental Sciences* 6: 661-672.

Program Geologi
Pusat Pengajian Sains Sekitaran dan Sumber Alam
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: nurulafifah.mradzir@yahoo.com

Diserahkan: 18 November 2017
Diterima: 23 Februari 2018