

## Stratigrafi seismos Lembangan Penyu, Laut Cina Selatan

LIW YEN CHAI, UMAR HAMZAH, WAN ISMAIL WAN YUSUF & ABDUL RAHIM SAMSUDIN

Program Geologi  
Pusat Pengajian Sains Sekitaran & Sumber Alam  
Fakulti Sains & Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor D.E., Malaysia

**Abstrak:** Satu pendekatan stratigrafi seismos telah dilakukan keatas enapan sedimen disekitar lembangan Penyu yang terdapat dibahagian lepas pantai Pahang dilaut Cina Selatan. Pencaman yang dilakukan keatas enapan lembangan berpelantar tersebut termasuklah jujukan seismos, fasies seismos dan sekitaran pengenapan. Lembangan Penyu pada amnya berada pada sekitaran benua pada zaman Tersier Awal. Sejak Miosen Awal hingga Tengah, sekitaran lembangan pada amnya berubah kepada pantai manakala sekitaran lautan adalah dominan pada zaman Pliosen. Majoriti bahan telah dienapkan pada sekitaran benua dan pantai. Cuma sedikit sahaja dibahagian termuda adalah merupakan bahan enapan lautan. Dari kajian fasies seismos, telah ditemui sebanyak 8 pemantul utama yang membahagikan 8 jujukan seismos. Fasies seismos yang mewakili enapan cerun dan dasar lembangan dicamkan sebagai enapan kipas dan kompleks kemaraan serta enapan beting pasir garis pantai yang dicirikan oleh kehadiran lapik mara bawah yang dominan. Fasies ini ditafsirkan mewakili saluran sistem surut. Enapan saluran sistem transgresi yang menindih saluran surut dicamkan dengan permukaan transgresi, satah kebanjiran maksimum dan juga retrograd iaitu kemaraan songsang pada arah benua. Manakala saluran sistem pasang dikenali dengan meneliti lapik bawah yang menindih saluran transgresi serta lapik kemaraan. Kajian fasies seismos dan fitur-fitur enapan pula boleh dikaitkan dengan sekitaran pengendapan. Diantara fitur yang dikenal pasti termasuklah palung sungai kuno dan delta kemaraan menyerong yang berada dalam fasies kacau. Sekitaran enapan yang ditafsirkan ialah pantai yang berhampiran dengan muara sungai. Sekitaran lautan tenang yang terdiri dari enapan kaya lempung ditunjukkan oleh fasies seismos beramplitud rendah dan kurang pantulan. Penurunan paras laut maksimum yang dicirikan oleh hakisan diwakili oleh fasies seismos pangkasan erosi, satah hakisan selaras dan lembah tertoreh. Fitur delta kemaraan sigmoid juga telah ditemui di bahagian atas permukaan erosi yang boleh ditafsirkan sebagai mewakili sekitaran air cetek bertenaga rendah.

**Abstract:** A seismic stratigraphy approach has been applied to the Penyu basin sedimentary deposits, located offshore Pahang in the South China Sea. Seismic sequences, seismic facies and the depositional environments are identified in the shelf basin deposits. In the early Tertiary, the Penyu basin was under terrestrial environment. Since early to middle Miocene, it was exposed to a coastal environment and finally was dominated by a marine environment in the Pliocene age. Most of the sediments are deposited under terrestrial and coastal environments, with only some marine deposits in the youngest part of the basin. A total of 8 major reflectors dividing 8 seismic sequences are identified from the seismic facies analysis. Seismic facies representing slope and basin floor deposits are identified as fan and prograding complex deposits. Shoreline sand deposits are characterized by dominant downlaps. All of these deposits are within the lowstand system tract. Transgressive system tract deposits overlying the lowstand system tract begins from the transgressive surface which marked the retrograding and backstepping onlaps towards the continental shelf. On the other hand, highstand system tracts are marked by the downlap on top of transgressive tract and by prograding onlap. All seismic facies and sedimentary features are related to the environment of deposition. Among the features recognized include ancient river channels and oblique prograding delta embedded within the chaotic facies. These features are interpreted as representing lower coastal plain environment. Low amplitude and laterally continuous reflectors are interpreted as quiet marine environment with clay dominant deposits. Maximum sea level fall is characterized by erosional truncations, conformable erosional surfaces and incised valleys. Sigmoidal prograding delta is also found in certain seismic section overlying an erosional surface indicating shallow water low energy environment.

### PENDAHULUAN

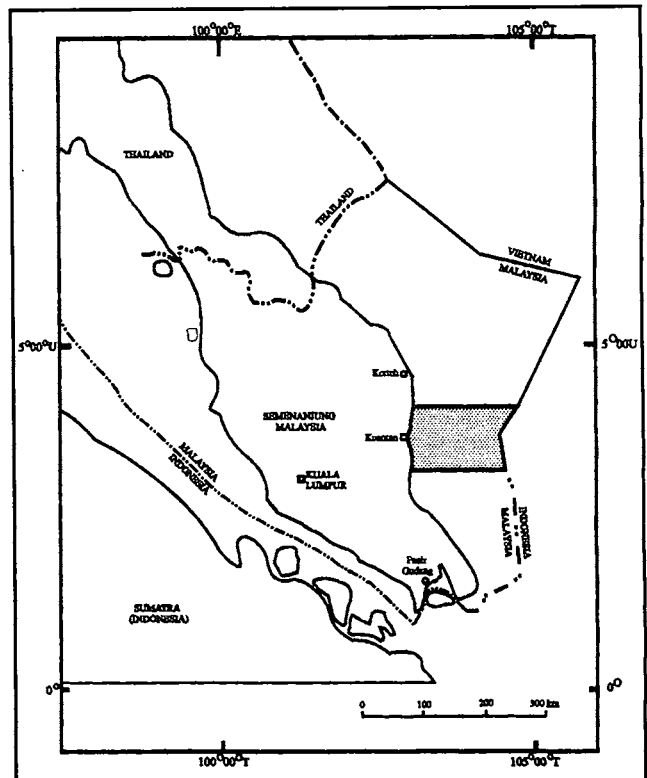
Stratigrafi seismos ialah kajian stratigrafi dan fasies enapan yang ditafsirkan dari data seismos (Sheriff, 1980). Bentuk dan sifat pantulan seismos ditafsirkan sebagai pola stratifikasi yang akan digunakan untuk pencaman dan pengkorelasi jujukan enapan, pentafsiran sekitaran enapan dan penganggaran litofasies (Mitchum *et al.*, 1977). Analisis jujukan seismos membahagikan keratan seismos kepada pakej-pakej pantulan yang selaras dan dipisahkan oleh

permukaan-permukaan yang tidak selanjat ditentukan oleh pengakhiran pantulan secara sistematik seperti pangkasan erosi, lapik mara atas, lapik mara hadapan dan lapik bawah. Pakej-pakej jujukan seismos ini ditafsirkan sebagai terdiri daripada jujukan enapan yang mempunyai perkaitan secara genetik dan dipisahkan di bahagian atas dan bawahnya oleh ketakselarasan. Vail & Mitchum (1977) juga telah menyatakan bahawa pengenapan kebanyakan jujukan utama adalah berkait rapat dengan kitar perubahan aras laut samada secara rantau atau global. Mereka juga mengatakan bahawa

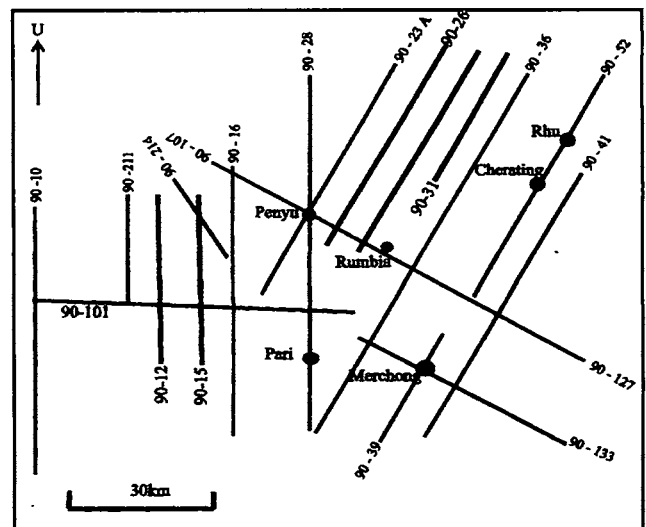
kaedah seismos pantulan adalah teknik yang paling berkesan untuk digunapakai dalam merealisasikan konsep tersebut walau pun jujukan pengenapan boleh juga dicerap melalui keratan perigi rakaman, singkapan dan teras gerudi. Oleh kerana keratan seismos adalah gabungan pantulan-pantulan individu permukaan yang memisahkan strata yang berbeza sifat-sifat akustik, pantulan-pantulan tersebut bolehlah dianggap selari dengan permukaan strata lantas mempunyai kronostratigrafi yang sama dengan permukaan strata.

Kertas kerja ini membentangkan hasil kajian menggunakan pendekatan stratigrafi seismos yang dilakukan keatas enapan sedimen yang terdapat dalam lembangan Penyau. Pendekatan yang telah diambil termasuklah analisis jujukan seismos untuk membahagikan keratan seismos kepada pakej-pakej pantulan selaras yang dipisahkan oleh sempadan ketakselarasan dan mentafsirkan mereka sebagai jujukan pengendapan. Disamping itu analisis fasies seismos juga turut dilakukan untuk mengenal pasti susunatur, keselajaran, amplitud dan frekuensi pola pantulan. Pola pantulan ini akan digunakan dalam pentafsiran persekitaran kuno dan penganggaran jenis litologi.

Rajah 1 menunjukkan kedudukan lembangan Penyau yang terletak bersebelahan dengan lembangan Melayu dan Natuna barat. Lembangan Penyau ini menganjur sepanjang 200 km sepanjang timur-barat dan 100 km sepanjang utara-selatan (Madon, 1995). Tjia (1994) menganggarkan lembangan ini bersambung kearah barat sehingga kebahagian bawah delta sungai Pahang. Beliau menyatakan ketiga-tiga lembangan tersebut terbentuk bermula dari wujudnya satu titik panas pada Akhir Kapur yang telah menonjolkan kerak benua di bahagian utara Pentas Sunda membentuk semacam kubah. Akhirnya rabung kubah tersebut telah pecah kepada tiga lengan lurah yang merupakan tapak pengendapan sedimen ketiga-tiga lembangan tersebut. Aktiviti titik panas berakhir pada Eosen Tengah dimana lembangan-lembangan tersebut menerima pengendapan sedimen muda berusia Oligosen Akhir setebal 6 hingga 12 kilometer. Serentak dengan penerimaan bahan sedimen, lembangan juga mengalami proses amblesan secara perlahan-lahan. Pada masa yang sama perlanggaran subkeping India dengan Asia telah menolak kepingan kerak Asia Tenggara pada arah tenggara di sepanjang sesar perengkoh utama berjurus barat-laut. Pergerakan sisi kiri di sepanjang zon sesar tersebut menghasilkan graben-paruh berjurus timur-barat yang bertindak sebagai pusat enapan dalam lembangan. Semasa Miosen Tengah, pergerakan kearah barat keping Pasifik tidak lagi disekat oleh pemuaiian lembangan laut Cina Selatan. Pergerakan kebarat keping tersebut telah menyongsangkan pergerakan keping di sepanjang sesar perengkoh yang juga telah membentuk struktur kesongsangan yang lain. Sesar-sesar tersebut sekarang bergerak secara sisi kanan dan sedimen dalam graben-paruh terancang membentuk antiklin timur-barat dan sesar sungkup miring kearah selatan.



Rajah 1. Lokasi lembangan Penyau.



Rajah 2. Lokasi keratan seismos.

## BAHAN DAN METODOLOGI

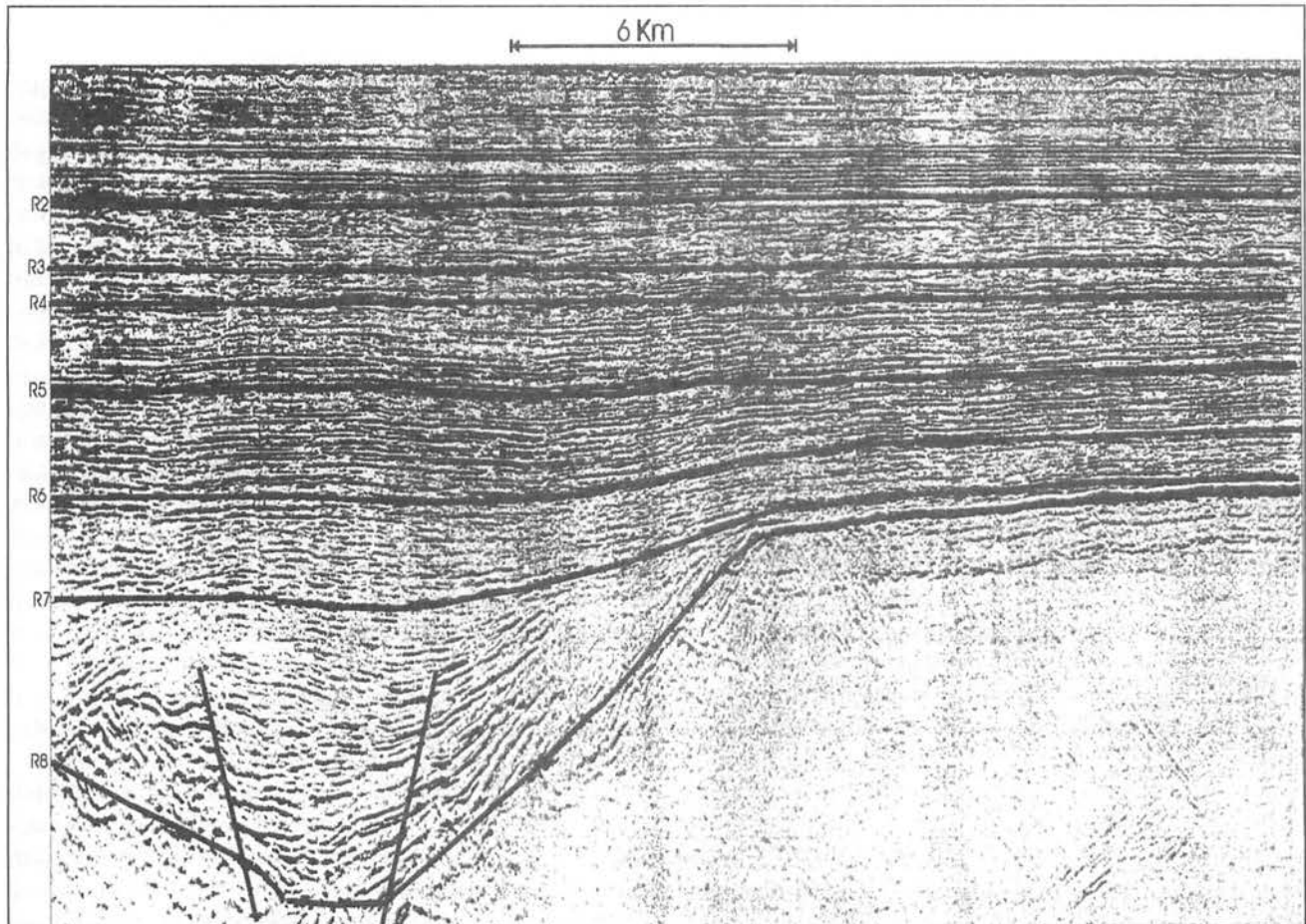
Bahan-bahan yang digunakan dalam kajian ini ialah beberapa keratan seismos (Rajah 2) yang diperolehi disekitar lembangan Penyau, data masa-kedalaman dan data biostartigrafi daripada beberapa perigi rakaman. Ciri-ciri pantulan telah diperhalusi untuk menentukan sempadan ketakselarasan. Disamping itu fitur-fitur tersebut juga digunakan dalam penentuan sekitaran pengendapan jujukan tersebut. Surihan juga telah dilakukan keatas pantulan dalam

keratan seismos untuk analisis arah pengangkutan bahan sedimen untuk mengaitkan jujukan sedimen dengan kenaikan dan penurunan aras laut kuno. Data rakaman perigi gamma juga dicerap untuk membantu dalam pentafsiran sekitaran pengendapan jujukan sedimen.

## HASIL DAN PERBINCANGAN

Sebanyak 8 pemantul utama iaitu R1 hingga R8 telah dicerap pada keratan-keratan seismos yang dikaji. Pemantul-pemantul seismos tersebut dianggap sebagai sempadan – sempadan jujukan yang membahagikan 8 jujukan pengendapan (Rajah 3). Usia-usia anggaran sempadan jujukan tersebut telah ditentukan menggunakan data perigi rakaman. Fenomena yang ditunjukkan oleh jujukan-jujukan seismos membayangkan bahawa lembangan berpelantar ini telah mengalami tiga peringkat pembangunan iaitu pelurahan, amblesan dan kemaraan sedimen. Pelurahan dijangka berlaku pada Kapur Akhir hingga Paleosen (Xu, 1990; Tjia, 1994). Pergerakan ketimur sempadan benua berterusan hingga Eosen. Sub-lembangan mengalami persesaran di bahagian timur dan menunjukkan kemiringan yang agak landai di bahagian barat. Semasa Oligosen, lembangan berpelantar mengalami penurunan secara perlahan-lahan.

Sempadan jujukan R1 ialah dasar laut moden yang berusia resen manakala sempadan jujukan R2 yang terletak pada kedalaman 400 meter berusia Miosen Akhir – Pliosen Awal. Keratan seismos menunjukkan sempadan jujukan ini ialah satu ketakselarasan berdasarkan pangkasan erosi yang berlaku terhadap palung sungai kuno. Sempadan jujukan R3 yang diperolehi dari keratan seismos ialah pada masa dua-hala di sekitar 670 milisaat iaitu pada kedalaman disekitar 720 meter. Data biostratigrafi menunjukkan kedalaman ini adalah satu ketakselarasan di zaman Miosen Atas. Sempadan jujukan R4 ditemui pada kedalaman 800 meter yang menunjukkan usia berjulat Miosen Tengah-Awal berdasarkan data biostratigrafi. Walaupun pada keratan seismos tidak didapati ciri-ciri erosi yang jelas, beza impedans yang besar ditunjukkan oleh pemantul ini memungkinkan juga bahawa ianya merupakan satu satah hakisan yang boleh dikaitkan dengan satu regresi kecil. Sempadan jujukan R5 berusia Miosen Awal terletak pada kedalaman 1150 meter. Sempadan jujukan R6 merupakan satu ketakselarasan pada keratan seismos dimana mengikut TEXACO (1992) ketakselarasan besar telah berlaku pada usia 25 Ma iaitu sempadan diantara Oligosen dan Miosen. Sempadan jujukan ini dikesan pada kedalaman 1700 meter pada perigi rakaman komposit yang berusia 25Ma pada data biostratigrafi. Usia regresi



Rajah 3. Lokasi pemantul-sempadan jujukan pada keratan seismos.

Kedalaman (m)	STRATIGRAFI	LITOLOGI	SEKITARAN	JUJUKAN SEISMOS	FASIES SEISMOS	CIRI-CIRI FASIES SEISMOS	SALURAN SISTEM PENGENDAPAN
0							
420 (250ms)	FORMASI PILONG (Pliosen)		Laut ( pelantar laut transgresif)		FL1	Selari; berfrekuensi tinggi, berkeselajaran tinggi	Saluran Sistem Transgresif
961 (500ms)	FORMASI PARI (Miosen Awal-Miosen Tengah)		Pantai ( delta dan kawasan paya )		FL2 FL3 FL4 FL5	Selari, subselari, mencapah; secara umumnya berfrekuensi sederhana tinggi hingga tinggi dan berkeselajaran tinggi	Saluran Sistem Pasang
1697 (750ms)	FORMASI TERENGGANU (Miosen Awal)		Dataran ( dataran banjir dan dataran alluvium )		FL6	Subselari, mencapah, sedikit perbukitan; berfrekuensi rendah, berkeselajaran tinggi	Saluran Sistem Transgresif
2575 (1000ms)			Dataran ( fluvial dan dataran alluvium )		FL7	Selari dan subselari; frekuensi semakin rendah keselajaran masih tinggi	
3318 (1250ms)	FORMASI PENYU (Oligosen)				FL8		Saluran Sistem Pasang
3866 (1500ms)			Dataran		FL9	Perbukitan dan klotik; frekuensi dan keselajaran yang rendah atau kurang	Saluran Sistem Transgresif
4287 (1750ms)					FL9a	Dicirikan oleh kipas alluvium dan runtuhan	Saluran Sistem Surut
4630 (2000ms)	BATUAN DASAR (Praterter)		Dataran		FL10	Klotik; mempunyai frekuensi dan keselajaran yang paling rendah atau kurang.	

Rajah 4. Kedudukan sempadan jujukan, tafsiran geologi dan sekitaran pengendapan salah satu keratan seismos yang dikaji.

ini pada carta Haq *et al.* (1987) adalah 24 Ma. Sempadan jujukan R7 terletak pada kedalaman 2200 meter dan dijangkakan berusia Oligosen juga dicamkan sebagai satu ketakselarasan berdasarkan pangkasan erosi palung sungai dalam keratan rentas. Merujuk pada carta oleh Haq, dizaman Oligosen telah berlaku satu penurunan aras laut yang utama pada usia 30 Ma. Dengan ini dapatlah disetarakan usia ketakselarasan sempadan jujukan R7 sebagai 30 Ma. Xu (1990) juga menyatakan bahawa perubahan eustatik yang terbesar dalam laut Cina Timur berlaku dipertengahan Oligosen. Sempadan jujukan R8 hanya diperolehi dari tafsiran keratan seismos perigi rakaman Pari-1 sahaja. Keratan seismos menunjukkan ianya merupakan satu pangkasan erosi khususnya pada keratan seismos 90133. Oleh kerana jenis ketakselarasan ialah satu pangkasan erosi, ini bermakna telah berlaku satu regresi yang agak besar secara global. TEXACO (1992) mentafsirkan sempadan jujukan ini sebagai berusia Mesozoik Akhir. Xu (1990) dalam kajian stratigrafi seismos bagi lembangan di laut Cina timur mentafsirkan sempadan jujukan ini berusia diantara 49-50 Ma iaitu Eosen Awal. Walaupun menurut Haq *et al.* (1987) terdapat beberapa regresi kecil diantara 30 hingga 50 Ma, namun regresi utama ialah pada Eosen Awal iaitu zaman berakhirnya pergerakan keping. Armitage & Viotti (1977) dalam mengkaji lembangan Melayu bahagian selatan juga telah menemui satu lapisan erosi pada usia sempadan diantara Oligosen dan Eosen.

Sekitaran pengendapan yang berlaku di kawasan kajian ditafsirkan merangkumi sistem fluvial, dataran pantai, muara sungai dan laut cetek. Amplitud dan kesinambungan pemantul serta beberapa parameter lain telah digunakan sebagai ciri-ciri untuk mentafsirkan fasies seismos. Satu regresi aras laut yang besar telah berlaku disempadan Oligosen-Eosen atau diawal Eosen dan telah menyingkapkan enapan Pretercier kepada sekitaran benua yang mengakibatkan berlakunya erosi. Ini dibuktikan dengan terbentuknya ciri-ciri pangkasan erosi dan juga lembah tertoreh pada pemantul R8. Pada masa ini juga aktiviti hakisan dan pengangkutan bahan enapan ngarai (*canyon*) menjadi sangat aktif sehingga bahan dienapkan di bahagian dataran aluvial. Proses ini telah menghasilkan enapan sistem kipas aluvial dan juga sistem delta-kipas aluvial. Enapan kipas tersebut ialah pada keratan melintang dengan arah pengangkutan bahan sedimen dan kelihatan bahawa kipas tersebut bertindan diantara satu sama lain. Kedudukan tersebut menunjukkan enapan berlaku di bahagian kipas-tengah pada lantai atau dasar dataran aluvial (*mid-fan*). Fitur-fitur bonggol (*mound*) juga dicerap dan boleh ditafsirkan mewakili fenomena kipas aluvial.

Penurunan paras laut yang berlaku telah membentuk satah hakisan yang ditunjukkan oleh pangkasan erosi keatas bahan yang dienapkan. Satah ketakselarasan dicirikan dengan enapan lembangan tasik kuno yang telah dipancung oleh hakisan semasa regresi. Regresi yang berlaku pada Miosen Awal tersebut telah menghasilkan sempadan

jujukan R6. Delta ini terbentuk beberapa ketika setelah berlakunya transgresi air laut dan sekitaran yang boleh ditafsirkan sebagai fasies pantai. Kenaikan aras laut berterusan sehingga kesempadan jujukan R5 dan R4. Selepas itu berlaku pula maraan sistem pasang diakhiri dengan regresi seterusnya pada aras hakisan R3. Ciri hakisan ini ditunjukkan oleh palung kuno yang terpancung. Sempadan jujukan R2 juga merupakan satah erosi dimana terdapat fitur-fitur bonggol yang mewakili enapan delta. Oleh kerana fasies seismos diantara R3 hingga R2 pada keseluruhannya bersifat kacau, ianya ditafsirkan terletak pada sekitaran pantai dan muara. Kenaikan aras laut berikutnya bermula pada sempadan jujukan R2 iaitu satah erosi keenam yang dapat dikesan pada keratan seismos dilembangan Penyu. Dari fasies seismos yang bersifat lurus dan bersambung serta beramplitud kecil, ianya jelas dapat ditafsirkan sebagai enapan disekitaran laut cetek dan tenang atau bertenaga rendah. Rajah 4 menunjukkan kedudukan sempadan-sempadan jujukan, tafsiran geologi dan sekitaran pengendapan umum salah satu keratan rentas yang dikaji.

## KESIMPULAN

Berdasarkan fasies seismos, terdapat tiga sekitaran yang mengawal enapan sedimen dalam lembangan Penyu. Sekitaran enapan yang paling dominan ialah fluvial dan tasik air tawar. Sekitaran benua ini dicirikan oleh fitur-fitur enapan seperti palung-palung sungai kuno yang bertingkat (*stacked channels*), lembangan tasik, dan kompleks maraan yang terdiri dari sistem delta-kipas aluvial. Bahagian dasar dari enapan tersebut ditunjukkan oleh ciri-ciri hakisan yang jelas membuktikan wujudnya sekitaran benua. Sekitaran enapan kedua ialah dataran pantai bawah

dan fluviomarin pantai. Sekitaran ini termasuklah muara dan pantai laut serta paya bakau. Fasies seismos dominan sekitaran ini ditunjukkan oleh fasies kacau yang mengandungi palung kuno dan delta serong sekitaran tenaga tinggi. Sekitaran termuda ialah laut cetek neritik pangkal yang dicirikan oleh pantulan lurus beramplitud rendah yang mewakili keadaan pegenapan tenaga rendah.

## RUJUKAN

- ARMITAGE, J.H. & VIOTTI, C., 1977. Stratigraphic nomenclature-Southern End Malay basin. *Proceeding of 6<sup>th</sup> Annual Conference of Indonesian Petroleum Association*, 69-94.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic to present. *Science* 235, 1156-1167.
- MADON, M.B., 1995. *Structural evolutions of Malay and Penyu Basin*. PhD. Theses, University of Oxford, U.K.
- MITCHUM, R.M., VAIL, P.R. & THOMPSON, S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 2: The depositional sequence as the basic unit for stratigraphy analysis. In: Payton, C.E. (Ed.), *Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration*. AAPG Memoir 26, 53-62.
- SHERIFF, R.E., 1980. *Seismic Stratigraphy*. IHRDC, Publishers, Boston.
- TEXACO, 1992. *Malaysia PM-14 Exploration potential (preliminary report)*. TEXACO Exploration Penyu, Inc.
- TJIA, H.D., 1994. Origin and tectonic development of Malay-Penyu-West Natuna basins. *Proceeding of PRSS Seminar for Business Excellent*, Kuala Lumpur, 1-11.
- VAIL, P.R. & MITCHUM, R.M. JR., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea-level, Part 1: Overview. In: Payton, C.E. (Ed.), *Seismic stratigraphy-applications to hydrocarbon exploration*. AAPG Memoir 26, 51-52.
- XU, S., 1990. Seismic stratigraphy of East China Sea. *CCOP Technical Bulletin* 21, 59-72.