

Struktur sedimen dalam Formasi Crocker di kawasan Tamparuli, Sabah

TAJUL ANUAR JAMALUDDIN
Jabatan Geologi, UKM

Abstrak : Kajian yang telah dijalankan ke atas jujukan sedimen Formasi Crocker di Kawasan Tamparuli, Sabah menunjukkan bahawa kawasan tersebut melimpah dengan berbagai-bagai jenis struktur primer. Struktur primer yang ditemui dikelaskan kepada enam kumpulan yang utama iaitu struktur linear perlapisan, struktur satah perlapisan, struktur hakisan, struktur canggaaan dan gangguan semasa pengendapan, struktur penokokan, dan struktur biogen/organik.

Sebahagian besar daripada struktur primer yang ditemui jelas mewakili sedimen jujukan turbidit fasies flysch bersekitaran pengendapan laut dalam. Bagaimanapun kehadiran struktur-struktur seperti kesan riak berayunan, rekahan lumpur, lapisan riak bertindihan, fosil kayu, lapisan nipis lignit, fosil surihan fasies *Skolithos* dan *Scoyenia*, mengimpikasikan boleh wujud bahagian yang bersekitaran samudera cetek, berair tenang hingga daratan.

PENGENALAN

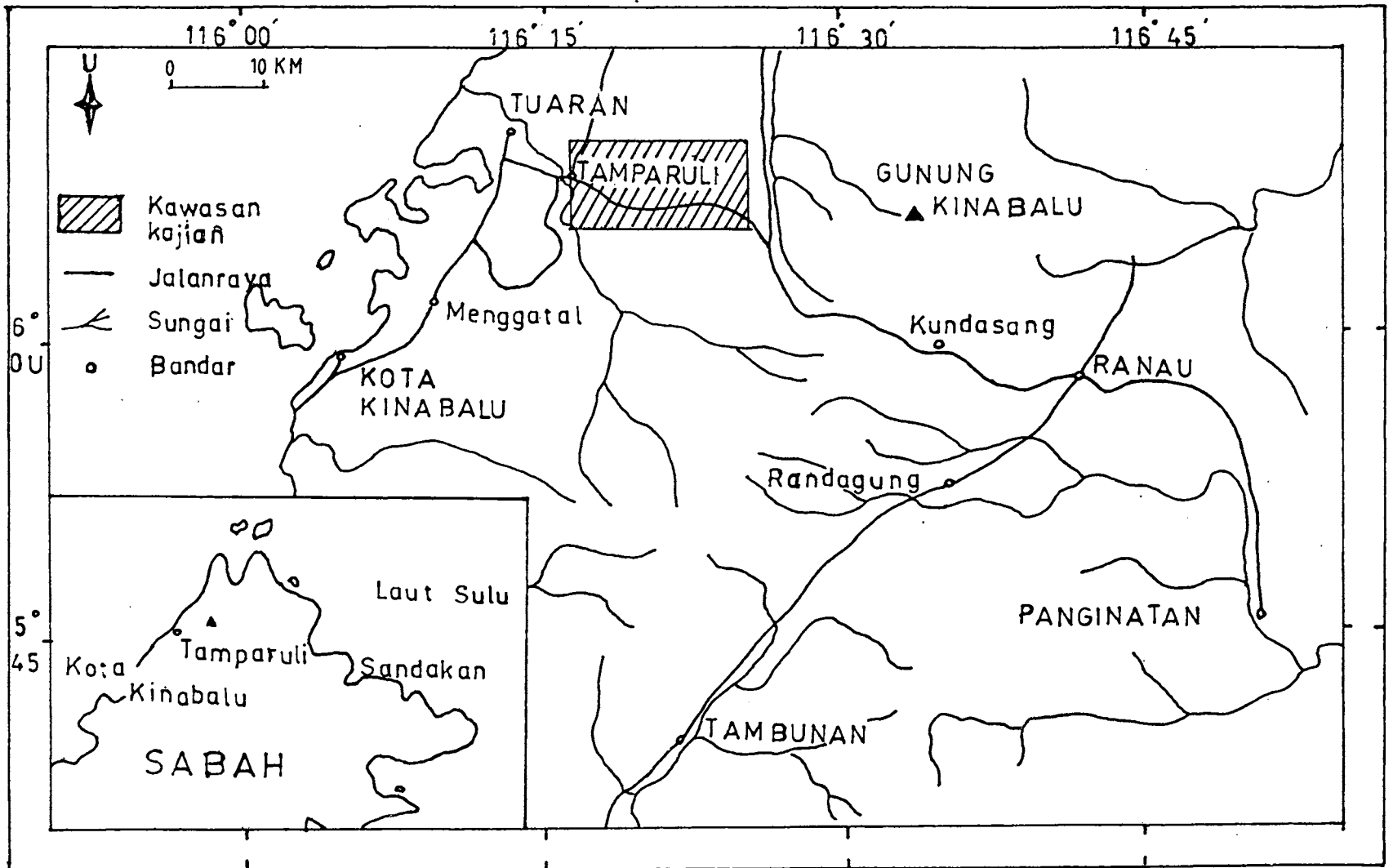
Kawasan kajian (Rajah 1) meliputi kawasan di sekitar Tamparuli dan sepanjang lebuh raya dan jalan lama ke arah Ranau. Kajian yang dijalankan ditumpukan kepada aspek litologi dan struktur primer batuan Formasi Crocker yang terdapat di kawasan ini. Kerja lapangan telah dilakukan selama 35 hari bermula dari Mei hingga awal Julai 1986.

Kebanyakan cerapan lapangan telah dijalankan sepanjang potongan lebuh raya baru di mana singkapan yang segar boleh ditemui dengan baik. Dalam kertas ini tumpuan hanya akan diberikan terhadap struktur primer yang telah dijumpai dan sedikit perbincangan mengenai sekitaran pengendapan yang boleh ditafsirkan.

KEADAAN GEOLOGI

Gambaran umum mengenai geologi kawasan kajian akan cuba dihuraikan secara ringkas di sini. Maklumat lanjut dan terbaharu boleh didapati dalam Tajul Anuar Jamaluddin (1987). Dalam hal ini, beberapa data dan laporan oleh pengkaji terdahulu juga diambilkira.

Di antara pengkaji-pengkaji yang pernah membuat liputan geologi di rantau Sabah Barat dan di kawasan kajian termasuklah Niethammer dan Hotz (1913-1915), Reinhard dan Wenk (1951), Collenette (1958), Haile (1960, 1969), Liechti *et al.* (1960), Kirk (1968), Stauffer (1968), Jacobson (1970), Tjia (1970, 1974), Hamilton (1979), Kamaludin Hassan (1980), Ahmad Kasmiran (1984), Jelani Ranggon (1984) dan Lim (1985).



Rajah 1 : Peta kedudukan kawasan kajian

Kawasan kajian digolongkan sebagai Formasi Crocker oleh Collenette (1958). Di kawasan kajian, formasi ini secara umum terdiri daripada batu pasir, batu lodak, batu lumpur dan syal. Daripada segi peralapisan, batu pasir mempunyai ketebalan yang berbagai, berubah di antara 15 hingga 60 cm, malah mencapai 2 m. Terdapat juga batu pasir yang bersifat masif dan sangat tebal serta jarang menunjukkan struktur primer. Unit batu pasir masif ini dipercayai diendapkan secara aliran jisim dan ketebalannya dianggarkan ada yang melebihi 10 m. Kajian petrografi mendapati batu pasir di kawasan kajian boleh dikelaskan sebagai greiwak litik dan greiwak feldspar.

Batu lodak dan batu lumpur atau syal terdapat dalam berbagai warna. Warna utamanya merah, hijau, perang, kelabu dan kelabu gelap. Batu lodak dan batu lumpur biasanya berlaminasi dan berlapis nipis, daripada beberapa cm hingga 20 cm. Kehadiran unit argilit yang bersifat masif dan tidak berlapisan juga adalah salah satu fitur umum di kawasan kajian. Ketebalannya mencapai 15 m.

Lazimnya batuan-batuan sedimen ini wujud secara berselang lapis berirama dan membentuk jujukan yang baik. Batuan sedimen ini dikatakan mewakili endapan fasies flysch laut dalam. Formasi ini ditafsirkan diendapkan oleh arus turbidit atau arus ketumpatan di cerun hadapan Geosinklin Barat laut Borneo daripada fasa awal eugeosinklin hingga miogeosinklin (Haile, 1960; Jacobson, 1970; Stauffer, 1968; Liechi *et al.*, 1960). Bahagian dasar Formasi Crocker adalah seusia dengan Formasi Trusmadi (Pliosien). Walaubagaimanapun strata Formasi Crocker terus diendapkan sehingga ke Aquitan (Tel-4 atau Miosen Awal) (Jacobson, 1970).

Di kawasan kajian, formasi ini tidak kurang juga mengandungi zon-zon nendatan dan zon-zon canggaan. Keadaan ini ditunjukkan oleh strata terlipat, tersesar, zon-zon flaser dan zon-zon breksi berklasta batu pasir yang berbagai saiz dan bentuk yang dibendung oleh matriks argilit tericah.

Batuan igneus jenis pertengahan yang dikenal pasti sebagai mikroseinit biotit hornblend berporfirit didapati di Kapa. Ia dikatakan berusia 10 ± 1 juta tahun (Fuller, persuratan peribadi di dalam Lim, 1985).^{*}Jasad batuan ini tersingkap ke permukaan sebagai 2 buah stok kecil yang berdampingan dan menempati kawasan seluas kira-kira 0.5 km persegi. Di bahagian terbarat kawasan kajian, strata sedimen Formasi Crocker ditutupi oleh endapan aluvium Tertier dan dataran banjir.

STRUKTUR PRIMER

Berbagai struktur primer telah dicerap dalam sedimen Formasi Crocker dari pekan Tamparuli ke arah Taman Kinabalu sepanjang 22 km. Pengelasan dan penamaan struktur primer yang ditemui dibuat berdasarkan pengelasan oleh Pettijohn (1957), Connybears dan Crook (1958), Dzulynski dan Walton (1965), dan Picard dan High (1973).

Lokasi penemuan struktur primer ditunjukkan dalam Rajah 2. Rajah 3 menunjukkan turus litologi sebahagian daripada singkapan batuan sedimen Formasi Crocker di Kuari Kg. Bawang, Tamparuli.

Struktur Satah Perlapisan

Perlapisan. Sedimen Formasi Crocker di kawasan kajian ditemui dalam bentuk lapisan-lapisan yang berketebalan daripada sangat nipis (1 cm) hingga sangat tebal (> 2 m) dan bersifat masif. Perlapisan batu pasir biasanya mempunyai bahagian dasar yang tajam dan jelas. Batu lodak dan batu lumpur umumnya mempunyai perlapisan bersempadan rata dan berketebalan seragam secara berterusan. Lapisan batu lumpur yang terputus dan tidak seragam selalunya disertai dengan pembentukan klasta lutit. Lapisan begini boleh ditemui pada lapisan batu pasir yang tebal.

Laminasi. Struktur laminasi hanya terdapat pada lapisan batu pasir berbutir sangat halus, batu lodak dan batu lumpur. Laminasi yang ditemui umumnya berjenis selari, ditunjukkan oleh perubahan warna daripada perang, merah, hijau dan kelabu gelap hingga hitam. Di sekitar pekan Tamparuli, laminasi hitam di dalam batu pasir disebabkan oleh kandungan bahan berkarbon.

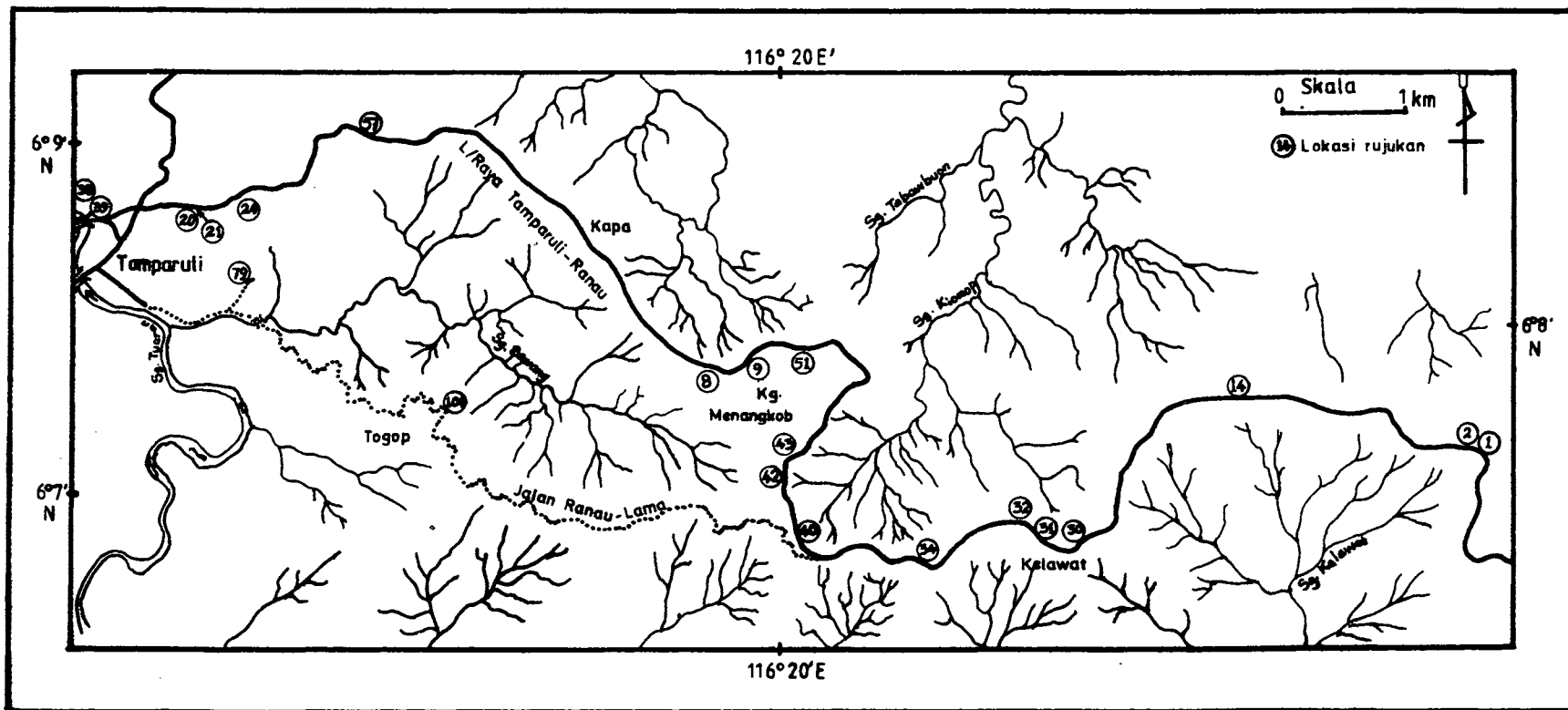
Lapisan bergred. Struktur lapisan bergred lazimnya ditemui pada lapisan batu pasir. Penggredan saiz butiran boleh mengikut urutan daripada saiz pasir kasar hingga ke lodak atau lumpur. Struktur ini boleh juga dikesan pada lapisan batu lodak yang menghalus ke atas. Struktur ini ditemui di lokasi 57.

Stratifikasi silang. Struktur stratifikasi silang yang ditemui cuma terhad berskala kecil dan berjenis perlapisan silang satah. Unit-unit individunya berketebalan beberapa mm hingga 3 cm membentuk permukaan yang seakan-akan satah. Stratifikasi silang jenis ini dikenali juga sebagai stratifikasi silang mudah (Reineck dan Singh, 1973). Struktur ini kerap ditemui di kebanyakan lokasi dalam kawasan kajian; umpamanya di lokasi 51 dan 79.

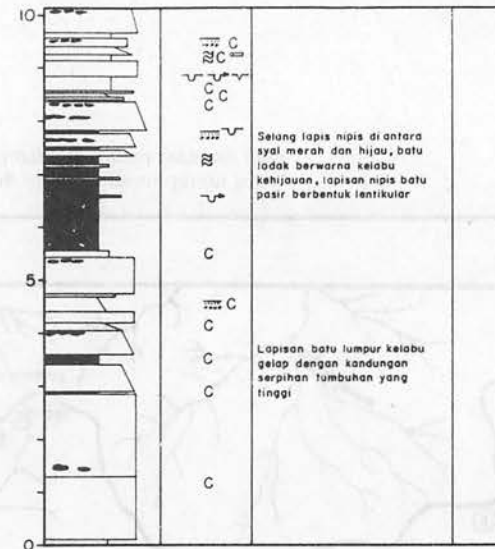
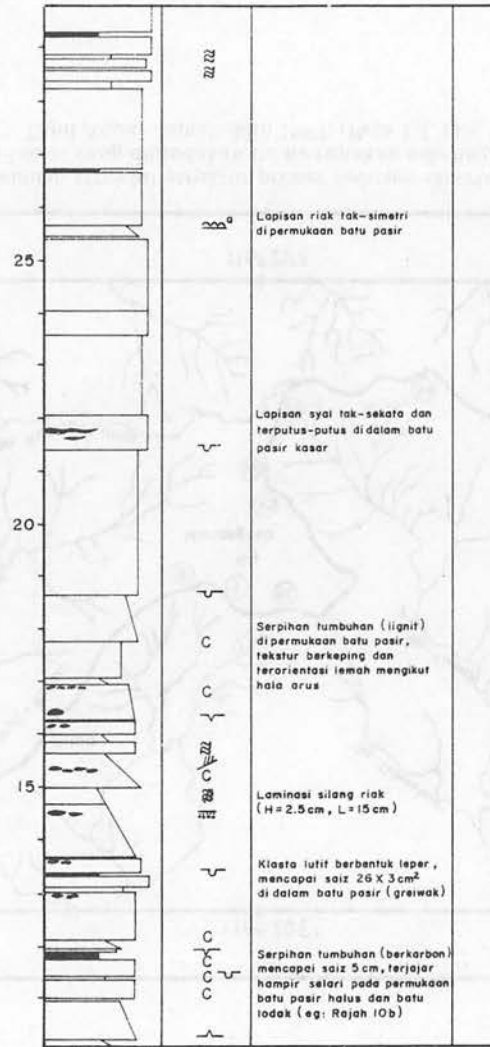
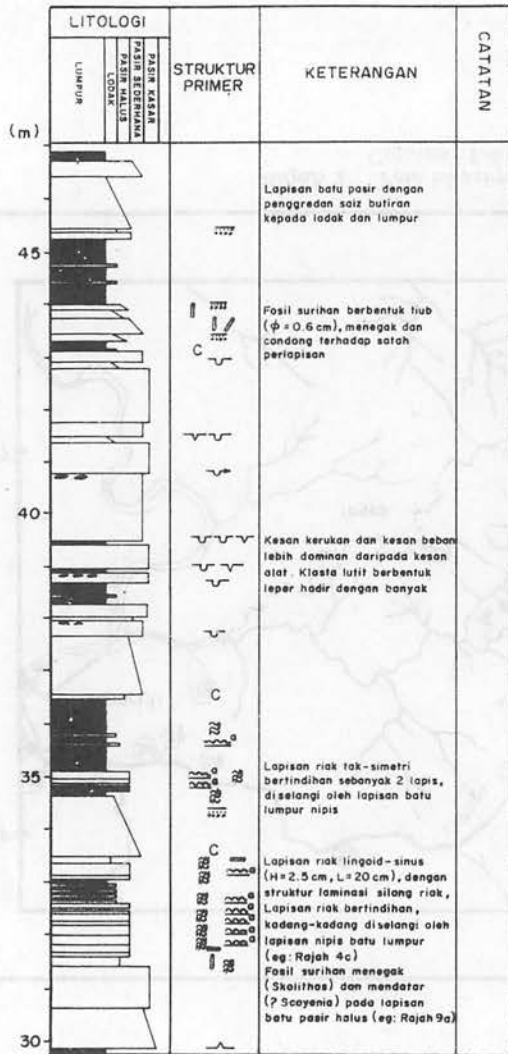
Laminasi riak. Struktur laminasi riak berskala kecil ditemui pada lapisan-lapisan batu pasir berbutir sederhana hingga halus. Struktur laminasi riak memanjat juga boleh ditemui. Struktur ini dibezakan daripada stratifikasi silang oleh permukaan satah unit individunya yang cembung di kedua-dua sisi. Struktur ini boleh ditemui di lokasi 21, 39 dan 79.

Struktur Linear Perlapisan

Kesan riak ayunan. Kesan riak ayunan atau kesan riak simetri ditemui di kuari Kg. Bawang (Lokasi 79) dan singkapan berhampiran Jambatan Baru Tamparuli (lokasi 39). Profil menegaknya memperlihatkan bentuk simetri dan berpuncak membulat. Panjang riak antara 9.5 hingga 10 cm dan ketinggian antara 2 hingga 2.5 cm (indeks riak 4 hingga 5). Struktur ini tidak memperlihatkan permatang dan palung yang bersambungan dan terbentuk di permukaan batu pasir sederhana hingga halus yang berketebalan antara 3 hingga 10 cm (Rajah 4a, b).

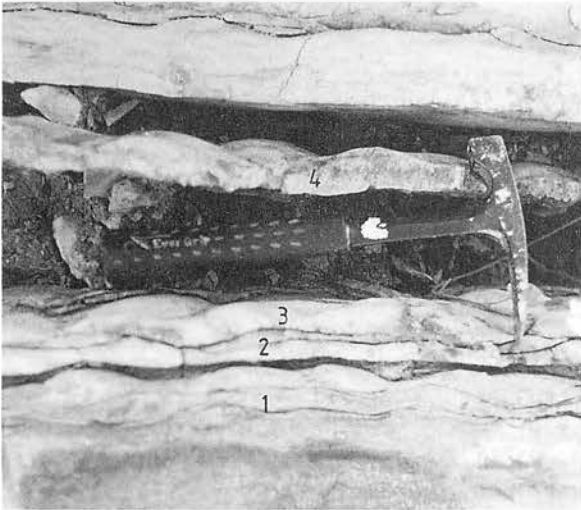


Rajah 2 : Peta lokasi penemuan struktur-struktur primer sedimen seperti yang dibincangkan dalam teks.
 Catatan : Lokasi-lokasi yang ditandakan ini merupakan sebahagian daripada lokasi cerapan oleh
 Tajul Anuar Jamaluddin 1987, (Peta 1.3, m.s. 9a)



PETUNJUK	
SIMBOL	STRUKTUR PRIMER
	Acuan beban
	Kesan flut
	Kesan alur / kesan alat
	Struktur injeksi lumpur
	Kesan riak tak-simetri
	Kesan riak simetri
	Laminasi bergelombang
	Laminasi silang riak (< 5mm tinggi)
	Stratifikasi silang skala kecil
	Lapisan bergred
	Klusta lutif
	Lubang korekan / Fosil surihan
	- Mendatar dan kedudukannya terhadap perlipisan
	- Condong
	- Menegak
	Serpihan tumbuhan / lignit

Rajah 3 : Turus litologi sebahagian daripada singkapan batuan sedimen di lokasi 79 (Kuari Kg. Bawang, Tamparuli)



a.



b.



c.



d.

Rajah 4 : Struktur linear perlapisan dan struktur hakisan

- a) lapisan riak bertindan (Lokasi 39)
- b) kesan riak ayunan (Lokasi 79)
- c) kesan riak tak-simetri (Lokasi 79)
- d) kesan flut di dasar lapisan batu pasir (Lokasi 24), jenis kon (a) dan jenis 'skru-gabus' (b)

Kesan riak tidak simetri. Kesan riak tidak simetri lebih umum ditemui. Melalui pandangan pelan, struktur kesan riak tidak simetri ini boleh dibahagikan kepada 2 corak : corak berpermatang lingoid-sinus dan corak berpermatang lurus.

Kesan riak berpermatang lingoid-sinus mempunyai indeks riak antara 10 hingga 12 (Rajah 4c). Di lokasi 79 ia ditemui dalam bentuk lapisan yang bertindih-tindihan hingga mencapai sebanyak 8 lapis dalam sesuatu jujukan (lihat Rajah 3) terdapat juga kesan riak yang serupa hadir pada satu atau 2 lapisan batu pasir sahaja, contohnya di lokasi 32, 30 dan 34. Kesan riak berpermatang lurus yang ditemui mempunyai indeks riak kira-kira 9 dan terbentuk pada permukaan batu pasir nipis di lokasi 40.

Struktur Hakisan

Kesan flut. Kesan flut ditemui dalam berbagai saiz, daripada 5 cm hingga 20 cm dan daripada berjasad timbul rendah hingga tinggi. Berdasarkan morfologinya, berberapa jenis kesan ini dapat dibezakan, iaitu jenis kon, "skru-gabus" (Rajah 4d), memanjang simetri dan lingoid (mengikut Dzulynski dan Walton, 1965). Seringkali kesan flut ini bersekutuan dengan struktur kerukan yang lain, seperti kesan alur dan kesan kerukan merentas-lintang. Struktur ini boleh ditemui di lokasi 24 dan 42.

Kesan kerukan merentas-lintang. Struktur kerukan merentas-lintang buat pertama kalinya dilaporkan daripada jujukan Flysch Carpathian dan merupakan struktur ubahan daripada kesan flut normal (Dzulynski dan Walton, 1965). Morfologinya yang melebar yagn dibentuk oleh aliran yang menganjur dalam siri gulingan mengufuk (Rajah 5a). Struktur ini cuma ditemui di dasar lapisan batu pasir di lokasi 79 dan 1.

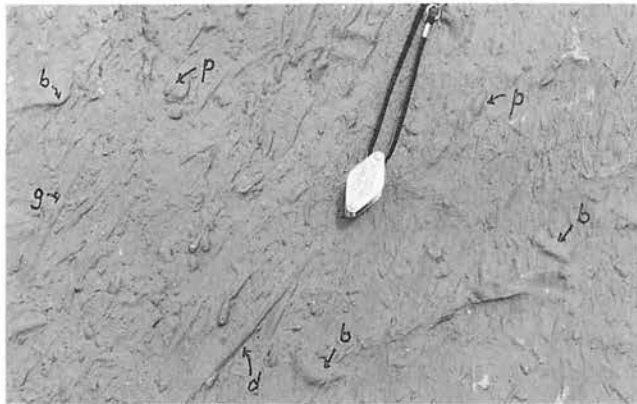
Kesan alur-alir. Struktur ini boleh ditemui di lokasi 8 dan lokasi 79. Ianya dicirikan oleh struktur-struktur kerukan sempit yang tidak bersampungan secara berterusan, kelihatan sedikit bermeander dan memanjang selari dengan arah aliran arus. Percabangan alur-alur kerukan arus boleh wujud di kedua-dua bahagian hulu dan hilir, tetapi percabangan di bahagian hulunya lebih kerap (Rajah 5b).

Permatang dan alur memanjang. Penamaan yang digunakan ini meliputi kesemua kesan kerukan yang bersambung rapat-rapat memanjang dan selari dengan arah aliran arus dan terbentuk secara berirama di atas satah perlapisan (Dzulynski dan Walton, 1965).

Di kawasan kajian, struktur ini ditemui di lokasi 31 dan diperhatikan terdiri daripada permatang-permatang kecil yang dipisahkan secara tak seragam oleh alur-alur sempit. Jarak pisahannya berbagai, daripada 3 hingga 10 mm, dengan purata 5 hingga 6 mm. Terdapat dua jenis utama corak penga-



b.



d.



c.

Rajah 5 : Contoh beberapa jenis struktur hakisan

- a) struktur kerukan arus merentas-lintang bertindanan dengan kesan alur (G) dan kesan loncatan (S) (Lokasi 79)
- b) kesan alur-alir (Lokasi 8)
- c) struktur permatang dan alur memanjang bercorak 'fleur-de-lys' (f) dan 'L' (L) (lokasi 31), dan
- d) kesan alat seperti alur (g), seretan (d), prod (p) dan berus (b) (Lokasi 79)

turannya : corak permatang “L” dan corak “fleur-de-lys”: sebagaimana yang dijelaskan oleh Craig dan Walton (1962) (Rajah 5c). Struktur ini dapat digunakan untuk menafsirkan arah arus kuno dengan baik.

Kesan kerukan bentuk bantal. Kesan kerukan bentuk bantal ini kelihatan seakan-akan tidak serasi dengan sebarang struktur kerukan arus. Sesetengahnya tidak dapat dibezakan dengan acuan beban yang diutarakan oleh Bouma (Dzulynski dan Walton, 1965). Saiznya berubah-ubah daripada beberapa cm hingga kira-kira 10 cm. Lazimnya struktur ini ditemui bersekutuan dengan kesan flut. Jasad timbulnya membulat dan menonjol, membayangkan peralihan daripada kesan kerukan kepada kesan beban.

Kesan alur. Kesan alur mudah dikenali di lapangan. Bentuknya menyerupai permatang-permatang kecil yang memanjang dan lurus. Kelebarannya berjulat daripada 0.5 cm hingga 3 cm, malah ada yang mencapai 30 cm. Panjangnya berjulat daripada puluhan cm hingga mencapai 2 m. Struktur ini boleh hadir secara tunggal atau bersama-sama dengan kesan kerukan atau kesan alat yang lain. Alat yang bertanggung jawab dalam pembentukan kesan alur tersebut tidak dijumpai walaupun pada kesan-kesan alur yang boleh dikesan sehingga ke penghujungnya. Struktur ini boleh ditemui di lokasi 1, 2, 9, 38, 39, 43, 79 dan 104.

Kesan pucuk rebung. Kesan pucuk rebung jarang ditemui. Di lapangan struktur ini ditemui di lokasi 79 sebagai zon individu linear yang berketebalan antara 3 hingga 5 cm dan dengan jasad timbul yang tidak melebihi ketinggian 1 cm. Zon corak pucuk rebung ini dibentuk oleh keredut-keredut dalam satu arah. Ia dijadikan penunjuk arah arus yang baik kerana lengkungan pahatan dengan sisi cembungnya menghadap ke arah hulu arus.

Kesan prod. Kesan prod yang ditemui berbentuk bonjolan-bonjolan kecil tidak simetri dan separa kun yang membujur mengikut hala arus. Kesan prod mempunyai kedudukan paruh yang bertentangan arah dengan kedudukan paruh kesan flut. Struktur ini selalunya bersekutuan dengan kesan-kesan alat yang lain (Rajah 5d). Struktur ini ditemui di lokasi 79.

Kesan berus. Struktur kesan berus yang lazim dicirikan oleh acuan loncatan alat dengan lekukan berbentuk bulan sabit pada hujung hilirnya (Rajah 5d). Struktur ini ditemui bersekutuan dengan kesan-kesan alat yang lain.

Kesan seretan. Kesan seretan hampir menyerupai kesan alur. Ia dibezakan daripada kesan alur oleh permatangnya yang lebih kecil dan sempit. Kelebarannya antara 5 hingga 10 mm dan sedikit berlekok. Kadang-kadang struktur ini dikenali juga sebagai kesan mikroalur (Rajah 5d).

Kesan alat lain. Kesan alat yang lain ada ditemui tetapi tidak begitu jelas pembentukannya. Struktur-struktur yang dimaksudkan ini mungkin boleh dinamakan sebagai kesan loncatan, kesan striasi dan (?) kesan “frondescent”. Struktur primer ini ditemui bertindanan atau bersekutuan antara satu sama lain (Rajah 5d).

Kesan alat beralur-alir. Kesan alat beralur-alir (Dzulynski dan Walton, 1965) dicirikan oleh permatang-permatang kecil tak seragam yang diselangi oleh alur-alur sempit dan bercabang-cabang. Kehadiran permatang-permatang kecil yang berkeredut membezakannya daripada kesan alur-alir (Rajah 6a). Struktur ini juga ditemui di lokasi 79.

Struktur ini menggambarkan tindakan hakisan oleh alat yang dibawa oleh arus ke atas substratum yang lembut. Tindakan pengelaran seperti ini lazimnya disertai dengan ubahsuaian terhadap kesan-kesan kerukan. Dengan itu aliran arus mengambil tempat dalam bentuk alur-alur kecil pada tepian kesan alat tersebut. Struktur ini ditemui di dasar lapisan batu pasir halus.

Struktur Canggaaan dan Gangguan Semasa Pengendapan

Acuan beban. Struktur acuan beban merupakan struktur yang kerap ditemui di bahagian dasar lapisan batu pasir yang tebal yang menindahi lapisan syal. Ia boleh ditemui dalam bentuk bulbus-bulbus tak sekata atau fitur-fitur mirip puting. Ditemui juga acuan beban yang berbentuk perantaraan atau peralihan daripada kesan flut dan lain-lain struktur kerukan arus yang besar.

Konvolusi beban-riak. Di lokasi 39 ditemui struktur lapisan riak setebal beberapa cm yang terlipat seakan-akan antiklin-sinklin kecil. Sebahagian daripadanya terputus-putus (Rajah 6b). Canggaaan beban yang selanjutnya menyebabkan struktur tersebut bergulung dan mengubah morfologi menjadi struktur yang dinamakan konvolusi beban-riak (Dzulynski, 1965). Struktur laminasi silang riak masih boleh dikesan pada struktur ini.

Daik pasir. Di lokasi 79, struktur daik pasir yang ditemui berskala kecil. Ia berupa sebuah daik kecil yang tertusuk masuk secara hampir menegak ke dalam lapisan batu pasir yang lebih kasar di atasnya. Ketebalan daik pasir tersebut berjulat antara 3 hingga 10 cm, dan di antaranya terbentuk juga struktur acuan beban (Rajah 6c).

Konglomerat intraformasi berpebel-leper. Istilah yang digunakan ini merujuk kepada lapisan -lapisan batu pasir yang mengandungi klasta-klasta syal berbentuk keper. Klasta syal tersebut bersaiz daripada beberapa cm hingga 30 cm. Klastanya terorientasi lemah mengikut hala arus (Rajah 7a). Klasta leper syal tersebut dipercayai terbentuk hasil daripada serpihan dalam air akibat daya arus deras terhadap lapisan lumpur. Pengendapan pasir yang deras memerangkap cebisan-cebisan lumpur di dalamnya. Struktur ini boleh ditemui pada lapisan batu pasir di lokasi 79.

Klasta lutit. Kadangkala di bahagian dasar batu pasir masif ditemui klasta-klasta syal berbentuk kepingan-kepingan separa bulat hingga bulat dan berkeratan rentas ceper. Pandangan pelannya mengingatkan kita akan bentuk cakera. Lantaran itu dicadangkan penamaan *cakera syal* untuk struktur primer ini (Rajah 7b). Diameter cakera syal berjulat daripada 5 cm hingga 20 cm.



a.



b.



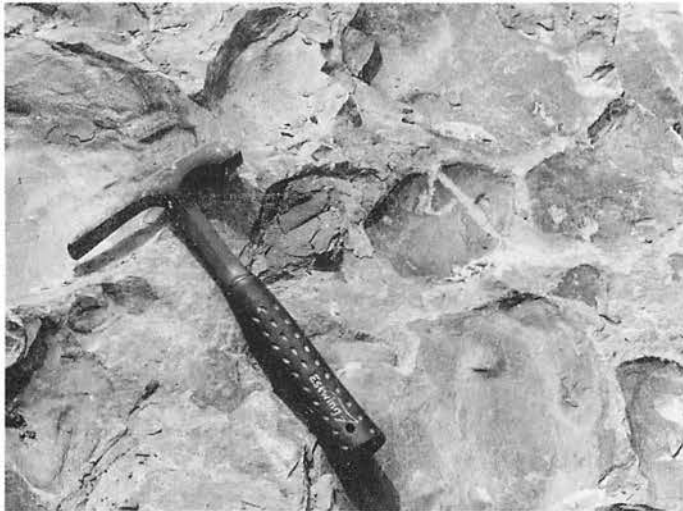
c.

Rajah 6 : Struktur hakisan dan gangguan semasa pengendapan

- a) kesan alat beralur-alir (Lokasi 79)
- b) struktur konvolusi beban-riak (Lokasi 39)
- c) struktur daik pasir atau injeksi (Lokasi 79)



a.



b.

Rajah 7 : Struktur gangguan semasa pengendapan
a) konglomerat intraformasi berpebel leper (Lokasi 79)
b) Cakera syal di dasar lapisan batu pasir (Lokasi 79)

Cakera-cakera syal ini umumnya tersusun secara mendatar terhadap perlapisan batu pasir. Struktur ini boleh dicerap dengan baik di lokasi 79.

Selain daripada klasta terbentuk cakera, klasta berbentuk sferoid dan bersudut boleh juga dijumpai. Saiz klasta yang terbesar boleh mencapai diameter 50 cm.

Rekahan lumpur. Struktur rekahan lumpur hanya ditemui di satu lokasi sahaja iaitu pada singkapan berhampiran jabatan baru Tamparuli (lokasi 39) terpelihara sebagai acuan daripada struktur rekahan lumpur asal, dan sebahagian berbentuk poligon. Acuan ruang rekahan lumpur tersebut berkelebaran daripada beberapa cm hingga 10 cm (Rajah 8).

Walaupun acuan rekahan berbentuk baji tidak dapat diperhatikan dengan jelas, namun berdasarkan bukaan rekahannya yang luas dan penemuannya di singkapan berhampiran dengan kesan riak simetri dan fosil kayu, maka struktur ini berkemungkinan sebagai rekahan lumpur akibat pengeringan di subaerial.

Struktur Penokokan

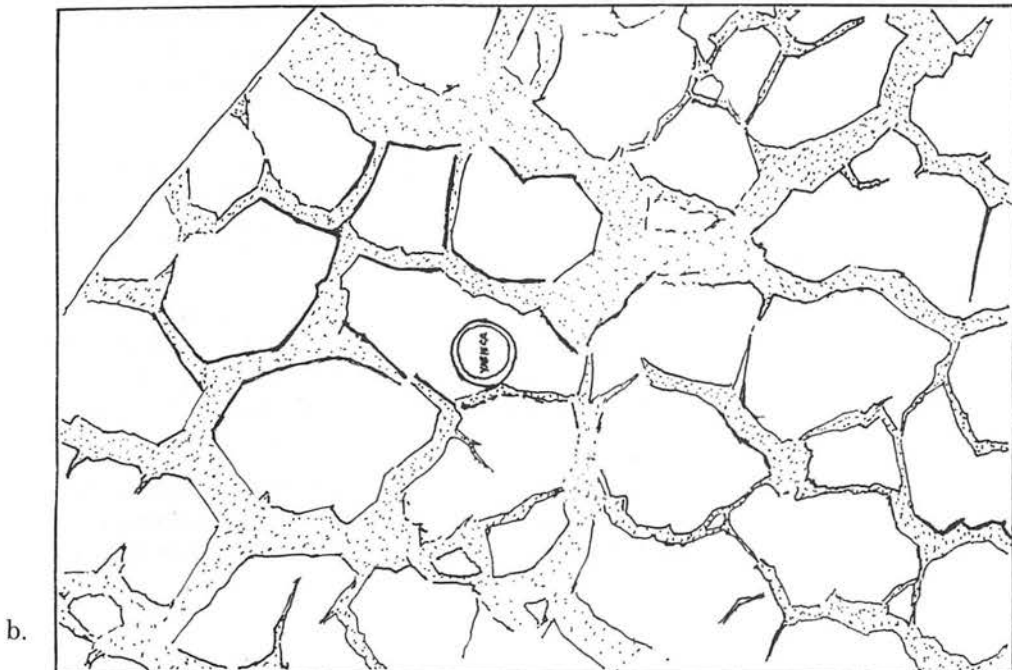
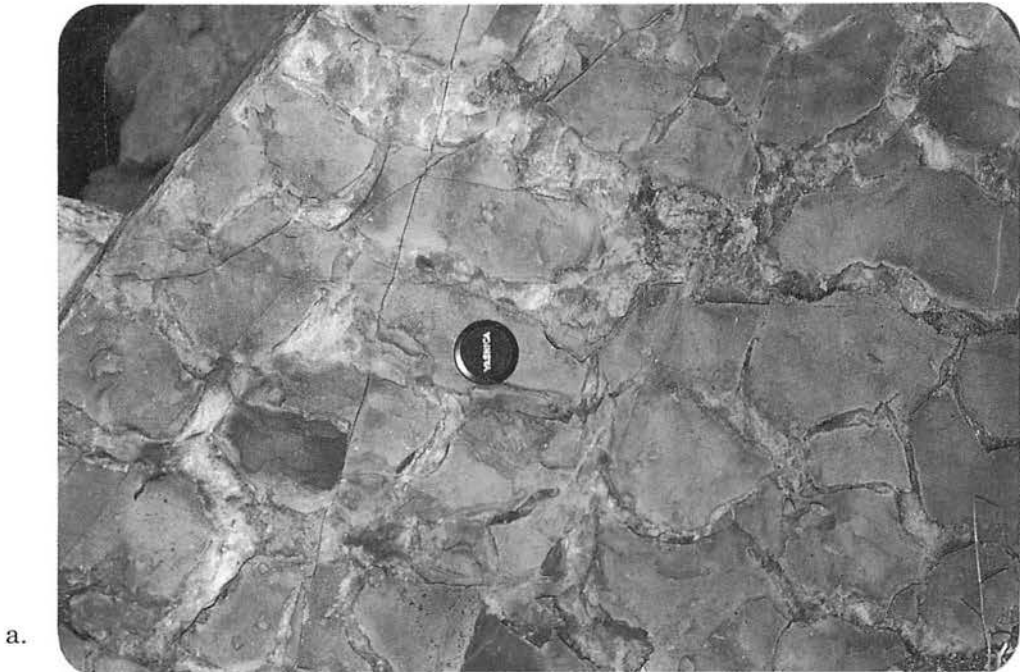
Konkresi pasir. Di lapisan batu pasir masif boleh ditemui bebola pasir yang berdiameter antara 50 hingga 70 cm. Collenette (1958) di dalam laporannya menyifatkan konkresi pasir ini sebagai bungkah-bungkah batu pasir berbentuk sferoid yang tidak begitu difahami asalnya. Sempadan sentuhannya yang tajam dan ditandai oleh seakan-akan garis satah yang memisahkannya daripada batuan pengepung menggambarkan ia terbentuk semasa atau sejurus selepas pengendapan. Struktur ini ditemui di lokasi 14.

Konkresi lumpur. Konkresi lumpur berbentuk separa sferoid hingga sferoid ditemui di lokasi 79 (di lantai kuari Kg. Bawang). Kedudukan sebenarnya di dalam jujukan selang lapis batu pasir syal tidak diketahui. Konkresi lumpur diandaikan terbentuk secara primer. Andaian ini dibuat berdasarkan permukaannya yang licin berkilat dan terdapat kesan-kesan seperti *pengecutan kulit*. Diameternya berjulat antara beberapa cm hingga 10 cm.

Struktur Biogen/Organik

Skolithos. Fosil surihan berupa bekas lubang-lubang korekan menegak dan hampir menegak terhadap satah perlapisan. Lubang-lubang tersebut diisi oleh pasir dan berbentuk tiub. Diameternya berjulat antara 5 hingga 7 mm (Rajah 7a).

Fosil surihan *Skolithos* ini ditemui di dalam lapisan batu pasir halus dan batu lodak di lokasi 79, Kuari Kg. Bawang, terutama pada serpihan-serpihan batuan yang telah dikuari. Bagaimanapun kedudukan beberapa contoh daripada fosil ini di dalam jujukan boleh dilihat dalam Rajah 3. Iknogenus *Skolithos* ini tergolong di dalam fosil surihan berfasies bebas yang cenderung hadir di dalam jujukan batu pasir-syal air cetek (Crimes dan Harper, 1971).



Rajah 8 : Struktur acuan rekahan lumpur (Lokasi 39)

a) fotograf, dan b) lakaran

?*Scoyenia*. Fosil surihan berbentuk kesan jejak mendatar, umumnya linear dan kadang-kadang sedikit bermeander. Bentuknya seakan-akan tali yang terbenam secara mengufuk di permukaan batu pasir, membentuk permatang-permatang cembung memanjang yang berdiameter antara 7 hingga 10 mm dan berketinggian antara 2 hingga 4 mm. Seringkali permatang-permatang tersebut bertindanan antara satu sama lain dan bercabang-cabang. Bila menghilang daripada permukaan, ia meninggalkan bentuk permatang yang semakin melandai dan tipis (Rajah 9a).

Keadaan yang dijelaskan ini hampir sepadan dengan iknogenus *Scoyenia* yang dijelaskan oleh Chamberlain (dalam Basan, P.B. (ed.), (tiada bertarikh), m.s. 134, Rajah 53- 54) dan iknospesis *Scoyenia gracilis* oleh Hantzchel (dalam Moore, C.R. (ed.) , 1962, m.s. w215, Rajah 132.5). Bagaimanapun menurut pengkaji-pengkaji tersebut fosil surihan ini boleh didapati dalam bentuk menegak.

Fosil surihan ini ditemui pada batu pasir di lokasi 79, biasanya ditemui bersama *Skolithos*. *Scoyenia* dilaporkan mewakili sekitaran dataran pasang-surut oleh Chamberlain. Seilacher, 1967 (dirujuk oleh Howard di dalam Basan, P.B., (tidak bertarikh), m.s. 34) pula melaporkannya sebagai bersekitaran daratan.

Helminthoida labyrinthica. Fosil bekas telapak, bentuknya hampir sepadan dengan penjelasan dan rajah oleh Heer dan Schufhaul (dirujuk oleh Ksiazkiewicz, m.s. 294-298, pl. 3, Rajah 2; di dalam Crimes dan Harper, 1971).

Bekas telapak ini terpelihara dalam bentuk alur-alur halus berkelebaran antara 2 hingga 3 mm yang berlingkar rapat-rapat dan bermeander secara tidak begitu seragam. Kadang-kadang ianya saling bertindanan antara satu sama lain (Rajah 9b).

Fosil kesan ini ditemui di permukaan batu pasir berlodak pada jujukan selang lapis batu pasir syal di lokasi 57, Kg. Kapa. *Helminthoida* dikelompokkan sebagai beriknofasies *Nereites* yang mencirikan sekitaran bati hingga abis (Seilacher, 1967; Frey, 1971).

Cosmoraphe fuschi. Fosil surihan berupa bekas telapak mendatar yang sepadan dengan keterangan dan fotograf oleh Ksiazkiewicz, 1970. Ia dicirikan oleh permatang-permatang halus, berdiameter kira-kira 1 hingga 2 mm bermeander tidak begitu rapat dan secara tak sekata. Meander-meandernya juga pendek dan kadang-kala menghilang secara tiba-tiba (Rajah 9c).

Fosil surihan ini ditemui di dalam batu pasir halus di antara jujukan selang lapis batu pasir syal di lokasi 79. Iknospesis *C. fuschi* dikatakan sebagai pra-pengendapan (Ksiazkiewicz di dalam Crimes dan Harper, 1971) dan digolongkan sebagai beriknofasies *Nereites* (Frey, 1971).



a. 0 2 4 cm



b. 0 2 4 cm.



c. 0 1 2 cm.



d. 0 2 4 cm

Rajah 9 : Beberapa jenis fosil surihan yang ditemui

- a) *Skolithos* (A) dan ?*Scoyenia* (B) (Lokasi 79)
- b) *Helminthoida labyrinthica* (Lokasi 57)
- c) *Cosmoraphe fuschi* (Lokasi 79) dan
- d) *Taphrelminthopsis auricularis* (Lokasi 40)

Taphrelminthopsis auricularis. Fosil surihan ini sepadan dengan keterangan dan fotograf oleh Sacco, 1888 (m.s. 172, pl. 2, Rajah 3; dirujuk oleh Ksiazkiewicz, di dalam Crimes and Harper, 1970, m.s. 292, pl. 2e-g). Bentuknya berlingkar secara bebas, mengingatkan kita akan bentuk seperti telinga manusia (Rajah 9d). Fosil surihan jejukan ini terdiri daripada 2 permatang lateral yang dipisahkan oleh alur penengah yang cetek. Kelebaran permatangnya kira-kira 9 hingga 11 mm dan panjangnya yang ditemui kira-kira 25 cm. Ia ditemui di permukaan batu pasir halus pada jujukan selang lapis nipis batu pasir dan syal di lokasi 40.

Iknospesis ini dipercayai sebagai kesan telapak organisma yang menjalar di lumpur. Ia juga digolongkan dalam iknofasies *Nereites* yang bersekitaran zon abis (Crimes dan Harper, 1970).

?*Thalassinoides* sp. Fosil kesan berupa bekas mendatar yang bercabang-cabang dalam bentuk 'Y'. Ia terdapat dalam dua saiz utama, iaitu yang kecil bersaiz antara 0.5 hingga 1 mm, manakala yang besar bersaiz kira-kira 2 hingga 3 mm. Permatang-permatang itu saling bertindanan antara satu sama lain (Rajah 10a). Walaupun tidak begitu pasti genesisnya, namun keadaan fosil surihan yang ditemui ini hampir menyerupai keterangan dan rajah untuk iknogenus *Thalassinoides*, Ehrenberg (1944) oleh Frey dan Howard (di dalam Crimes dan Harper, 1970, m.s. 163, Rajah 7j).

Fosil kesan ini ditemui di dasar lapisan batu pasir berbutir halus di lokasi 20, km 2 Lebuhraya Tamparuli. *Thalassinoides* bersaiz kecil dilaporkan dari Boulonnais, Perancis Utara sebagai bersekitaran inter-tidal (Kager dan Wallace, di dalam Crimes dan Harper, 1970). Ia juga digolongkan ke dalam iknofasies *Cruziana* yang bersekitaran sublitoral cetek oleh Frey (1971).

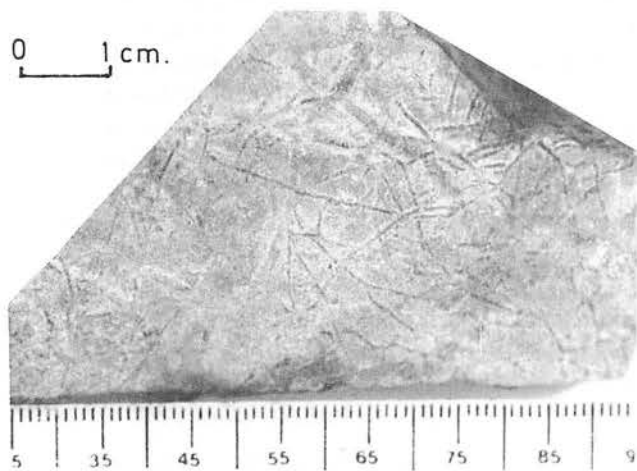
Serpihan tumbuhan. Serpihan tumbuhan ditemui dengan agak meluas di permukaan batu pasir halus dan batu lodak pada jujukan selang lapis batu pasir syal di lokasi 79. Ia hadir sebagai lapisan sangat nipis (1 hingga 2 cm atau laminasi di dalam batu pasir. Saiz serpihan tumbuhan boleh berbagai, daripada beberapa mm hingga 10 cm (Rajah 10b).

Fosil bungkah kayu bersaiz 23 cm x 18 cm yang terawet di dalam lapisan batu pasir tebal ditemui pada singkapan di lokasi 39. Fosil kayu ini telah berubah menjadi batu arang (Rajah 10c).

SEKITARAN PENGENDAPAN

Batuan sedimen di kawasan kajian pada umumnya boleh ditafsirkan sebagai bersekitaran endapan fasies flysch laut dalam, yang diendapkan oleh arus turbidit.

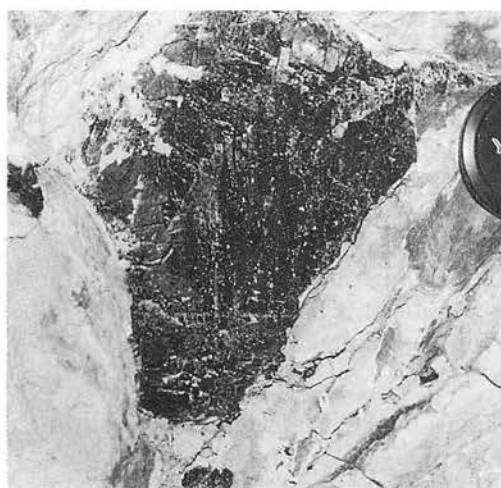
Banyak fitur-fitur diagnosis yang terdapat di kawasan kajian menyokong tafsiran ini di antaranya :



a.



b. 0 3 6 cm.



c.

0 5 cm.

Rajah 10 : Fosil surihan dan serpihan tumbuhan

- a) *?Thalassiniodes* sp. (Lokasi 20)
- b) serpihan tumbuhan telah menjadi lignit (Lokasi 79)
- c) fosil kayu (Lokasi 39)

- a) Jujukan sedimennya terdiri daripada selang lapis antara sedimen berbutir kasar (batu pasir) dan sedimen berbutir halus (syal dan batu lodak). Di antara jujukan ini boleh ditemui subfasies-subfasies yang dicirikan oleh kelimpahan sedimen berbutir kasar dan sedimen berbutir halus. Subfasies berbutir kasar dikenali sebagai subfasies berpasir (unit turbidit proksimal, unit batu pasir masif). Subfasies berbutir halus pula dikenali sebagai subfasies berlumpur (unit turbidit distal, unit argilit).
- b) Batu pasir umumnya mempunyai asingan yang buruk, mengandungi sejumlah bahan-bahan matriks atau bersaiz lempung.
- c) Batu pasir umumnya menunjukkan permukaan dasar yang kaya dengan kesan-kesan telapak (hieroglyph). Kesan-kesan telapak tersebut boleh terbentuk secara bukan organik atau organik. Permukaan atasnya pula kurang jelas dan menunjukkan peralihan daripada batu pasir ke batu lumpur atau syal.
- d) Struktur primer lapisan bergred sering ditemui pada lapisan sedimen berbutir kasar. Batu pasir halus pula menunjukkan struktur laminasi, riak-riak arus berskala kecil dan juga laminasi konvolut.
- e) Perlapisan batu pasir dan batu lumpur umumnya seragam. Lazimnya wujud secara berirama. Tidak terdapat peralihan secara mendatar ataupun menegak pada jujukan, kecuali perubahan kandungan klastik daripada batu pasir ke batu lumpur (perlapisan bergred).
- f) Struktur-struktur arah arus (kesan riak arus, struktur kerukan arus dan kesan alat) menunjukkan keseragaman dalam suatu kawasan yang luas. Arah angkutan sedimen yang ditunjukkan boleh konsisten dalam suatu jujukan yang tebal.
- g) Struktur perlapisan silang berskala besar tidak hadir.
- h) Tidak terdapat sebarang fosil fauna bentonik laut cetek yang in situ mahupun yang diangkut semula. Khususnya tidak ada biostrom atau bioherm. Bagaimanapun bahagian teratas lapisan lumpur mungkin mengandungi fosil mikro, tetapi bukti ini juga tidak ditemui.
- i) Endapan-endapan nendatan (unit nendatan) dan endapan percampuran antara blok-blok batuan yang lebih kasar di dalam matriks lumpur (unit olistostrom) boleh ditemui.

Bagaimanapun, terdapat beberapa bukti, terutama di kawasan sekitar Pekan Tamparuli, batuan sedimen di kawasan ini boleh ditafsirkan sebagai bersekitaran laut cetek berair tenang hingga ditafsirkan sebagai bersekitaran laut cetek berair tenang hingga daratan. Tafsiran ini dibuat berdasarkan bukti-bukti berikut :

- a) Kesan riak ayunan (simetri) dengan puncak membulat tanpa siri-siri palung dan permatang riak yang bersambungan. Keadaan ini menggambarkan tindakan muka air yang cetek pada kawasan berair tenang.
- b) Kehadiran struktur lapisan riak lingoid-sinus yang bertindih-tindihan. Pertindihan lapisan ini, boleh mencapai sehingga 8 lapis. Walaupun kesan riak lingoid-sinus boleh wujud dalam sela Tc jujukan Bouma, tetapi keadaan sebegini lebih menggambarkan sekitaran pengendapan dengan perbekalan sedimen pasir yang berterusan, dan selalunya terdapat pada sekitaran pantai.
- c) Kehadiran struktur primer rekahan lumpur. Sekiranya dapat dipastikan bahawa struktur yang ditemui ini sebenarnya sekahan lumpur, maka struktur ini jelas menggambarkan sekitaran yang pernah terdedah ke permukaan dan mengalami pengaruh pengeringan oleh matahari. Lim (1985) juga pernah melaporkan bekas titisan hujan dan bebola lumpur di kawasan kajian.
- d) Serpihan tumbuh-tumbuhan membentuk laminasi dan/atau lapisan nipis lignit pada batu pasir berlodak dan batu lumpur. Bungkah fosil kayu juga ditemui di dalam batu pasir. Kelimpahan serpih tumbuh-tumbuhan ini mungkin dapat menjelaskan bahawa batuan tersebut diendapkan berhampiran dengan daratan.
- e) Fosil-fosil surihan daripada iknofasies ?*Scoyenia* dan *Skolithos* juga boleh mencadangkan sekitaran pengendapan laut cetek hingga daratan.

PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN

Struktur primer yang ditemui di kawasan kajian kebanyakannya mencirikan endapan oleh arus turbidit fasies flysch laut dalam. Kenyataan ini bersetuju dengan laporan oleh pengkaji-pengkaji terdahulu. Bagaimanapun, terdapat beberapa jenis struktur primer yang menjadi persoalan dan boleh mendorong tafsiran kepada persekitaran pengendapan laut cetek, berair tenang hingga daratan. Umpamanya, struktur primer seperti kesan riak ayunan, lapisan riak bertindihan, kelimpahan serpihan tumbuhan, fosil kayu dan fosil surihan iknofasies *Skolithos* dan ?*Scoyenia*. Walaupun struktur-struktur ini boleh mengimplikasikan sekitaran pengendapan oleh arus turbidit di laut dalam tetapi ia juga boleh mengimplikasikan sekitaran pengendapan di laut cetek.

Struktur rekahan lumpur yang ditemui merupakan satu-satunya struktur primer yang menjadi pertikaian dan bercanggahan dengan pendapat yang mengatakan Formasi Crocker cuma diendapkan pada sekitaran laut dalam sahaja. Ini disebabkan struktur rekahan lumpur jelas menggambarkan sekitaran yang pernah terdedah kepada pengeringan dalam lingkungan subariel. Lim (1985) juga pernah melaporkan penemuan struktur bekas titisan hujan dan bebola lumpur yang mewakili persekitaran daratan dan berair cetek di kawasan kajian.

Dengan itu dicadangkan kajian yang lebih lanjut dan terperinci terhadap jujukan sedimen Formasi Crocker perlu dilakukan. Penemuan beberapa jenis struktur primer yang mewakili sekitaran pengendapan laut cetek hingga daratan di antara jujukan berfasies laut dalam seperti ini memungkinkan kawasan kajian sebagai sebuah kompleks Melange (?). Mungkin boleh ditafsirkan bahawa struktur-struktur primer yang dipertikaikan ini dibawa masuk ke dalam Formasi Crocker sebagai sebuah blok asing. Hamilton (1979) juga pernah mencadangkan tentang kehadiran kompleks subduksi pada Formasi Crocker terutamanya di bahagian Sabah barat. Walau bagaimanapun, tafsiran lengkap atau pembinaan semula lembangan pengendapan untuk Formasi Crocker adalah di luar daripada skop perbincangan ini.

PENGHARGAAN

Ucapan penghargaan disampaikan kepada Dr. Ibrahim Komoo selaku penyelia projek penyelidikan ini, dan kepada Dr. Basir Jasin dan En. Shafeea Leman yang telah membaca manuskrip ini dan memberikan beberapa pandangan yang membina. Geran Penyelidikan ini disumbangkan oleh Syarikat Sarawak Shell melalui Jabatan Geologi UKM, 1986.

RUJUKAN

- AHMAD KASMIRAN, 1984. *Geologi Am kawasan Menggatal-Kota Kinabalu-Penampang-Lokawi, Sabah*. Tesis Sm. Sn. (Kep.) Universiti Kebangsaan Malaysia, Kampus Sabah (tidak diterbitkan).
- BASAN, P.B. (ed.), (tiada bertahun). Trace fossil concepts *SEPM Short Course, No. 5*, 181 m.s.
- COLLENETTE, P., 1958. The geology and mineral resources of the Jesselton-Kinabalu area, North Borneo. *British Borneo Geol. Survey, Memoir 6.*, 194. m.s.
- CONNYBEARE, C.E.B. dan CROOK, K.A.V., 1968. Manual of sedimentary structures. *Bureau of mineral resources geol. and geoph. Canberra ACT. Bul. no. 102*, 327 m.s.
- CRIMES, T.P. dan HARPER, 1970. *Trace fossils*. Liverpool Letterpress Ltd., 547 m.s.
- DZULYNSKI, S. dan WALTON, E.K., 1965. Sedimentary features of flysch and grywackes. *Dev. in sed., vol. 7.*, American Elsevier Pub. Co., 274 m.s.
- FREY, R.W., 1974. *The study of trace fossils*. Springer-Verlag. New York, 562 m.s.
- HAILE, N.S., 1961. The Cretaceous-Cenozoic Northwest Borneo Geosyncline. *Proceedings of the British Borneo Geological Conference 1961*, Geol. Surv. Dept. Brit. Terr. in Borneo, m.s. 1-12.
- HAILE, N.S., 1969. Geosynclinal theory and the organizational pattern of the Northwest Borneo Geosyncline, *Quart. J. Geol. Soc. London, j. 124*, m.s. 171-194.
- HAMILTON, W., 1979. Tectonics of the Indonesian Region. *U.S. Geol. Survey, prof. paper 1978*, m.s. 84-96.
- JACOBSON, G., 1970. Gunung Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Geol. Survey Malaysia, Report 8*. 111 m.s.
- JELANI RANGOON, 1984. *Geologi am kawasan Menggatal-Tamparuli, Sabah*. Tesis Sm.Sn. (Kep.), Universiti Kebangsaan Malaysia, Kampus Sabah (Tidak diterbitkan).
- KAMALUDDIN HASSAN, 1980. *Sedimentology and stratigraphy of Tamparuli area*. Tesis B.Sc. (Hons.), Universiti Malaya (Tidak diterbitkan).
- KIRK, H.J.C., 1968. The igneous rocks of Sarawak and Sabah. *Geol. Survey Malaysia, Borneo Region, Bull. 5*.
- LIECHTI, P., et al., 1960. The geology of Sarawak, Brunei and the Western part of North Borneo, *British Borneo Geol. Survey. Bull. 3*.
- LIM, S.P., 1985. *Geologi am dan pentafsiran gambar udara kawasan Tamparuli-Tenompok, Sabah*. Tesis Sm.Sn. (Kep.), Universiti Kebangsaan Malaysia, Kampus Sabah (Tidak diterbitkan).

- MOORE, R.C. (ed.), 1962. *Treatise on invertebrate paleontology, Part. W, Miscellanea*. The Geol. Soc. of America. New York.
- PETTICHOHN, F.J. dan POTTER, P.E., 1964. *Atlas and glossary of primary sedimentary structures*. Springer-Verlag. New York. 370 m.s.
- Pettijohn, F.J., 1957. *Sedimentary Rocks, 3rd ed.*, Harper and Row. New York. 718 m.s.
- PICARD, M.D. dan HIGH, L.R., 1973. Sedimentary structures of ephemeral streams. *Dev. in sedimentology, vol. 17*, American Elsevier. 223 m.s.
- REINECK, H.E. and SINGH, I.B., 1973. *Depositional sedimentary environments*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 439 m.s.
- REINHARD, M. dan WENK, E., 1951. The geology of the Colony of North Borneo, *British Borneo Geol. Survey. Bull. 1*, m.s. 7-11.
- STAUFFER, P.H., 1968. Studies in the Crocker Formation, Sabah. *Borneo Region Malaysia Geol. Survey Bull. 8*, m.s. 1-13.
- TAJUL ANUAR JAMALUDDIN, 1987. *Geologi kawasan Tamparuli, Sabah*. Tesis Sm.Sn. (Kep.). Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor (Tidak diterbitkan).
- TJIA, H.D., 1970. Quaternary tectonics of Sabah and Sarawak, East Malaysia. *Sains Malaysiana, j. 12(2)*, m.s. 191-215.
- TJIA, H.D., 1974. Sense of tectonic transport in intensely deformed Trusmadi and Crocker sediments, Ranau-Tenompok area, Sabah. *Sains Malaysiana, j. 3(2)*, m.s. 129-161.

Manuscript received 10th October 1987.

Revised manuscript received 6th November 1989.