

Stratigrafi di barat daya Sabah (The stratigraphy of southwest Sabah)

TRACY BINTI GUAN LEONG*, SANUDIN HJ. TAHIR & JUNAIDI ASIS

Program Geologi, Fakulti Sains & Sumber Alam, Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia
*Corresponding author email address: tracyguanleong@gmail.com

Abstrak: Kajian ini dijalankan bertujuan untuk mengkaji stratigrafi di barat daya Sabah. Kawasan kajian terdiri daripada Formasi Temburong, Formasi Crocker, Formasi Meligan dan Formasi Liang. Melalui kajian yang dijalankan, Formasi Temburong didapati mendasari Formasi Crocker dari segi kedudukan jujukan stratigrafi yang selama ini dianggap sebaliknya. Ini bermaksud, kedudukan jujukan stratigrafi Formasi Temburong yang dahulunya dianggap berada di atas Formasi Crocker kini ditafsir mendasari Formasi Crocker. Analisis fasies, kajian sekutuan fasies dan korelasi unit-unit litostratigrafi di kawasan kajian banyak membantu dalam mentafsir stratigrafi dan memperbaharui kedudukan stratigrafi bagi jujukan Paleogen. Formasi Temburong serta Formasi Crocker kedua-duanya berusia Eosen Atas hingga Miosen Bawah manakala Formasi Meligan berusia Miosen Tengah hingga Miosen Atas dan Formasi Liang berusia Pliosen.

Kata kunci: Formasi Temburong, Formasi Crocker, Formasi Meligan, Formasi Liang, Paleogen, litostratigrafi, Eosen, Miosen, Pliosen

Abstract: This study is aimed to study the stratigraphy in southwest Sabah. The study area consists of Temburong Formation, Crocker Formation, Meligan Formation and Liang Formation. Through the study, the Temburong Formation was found to be underlying the Crocker Formation in terms of stratigraphic sequence position which has been considered otherwise. This means that the position of stratigraphic sequence of Temburong Formation which was previously considered to be above the Crocker Formation is now being interpreted below the Crocker Formation. Facies analysis, facies association studies, cross-sectional studies, litostratigraphic studies, and correlation of litostratigraphic units in the study area helped to interpret the stratigraphy and update the position of stratigraphy for the Paleogene sequences. The Temburong Formation and Crocker Formation are both dated as Upper Eocene to Lower Miocene while the Meligan Formation is Middle Miocene to Upper Miocene and Liang Formation is Pliocene.

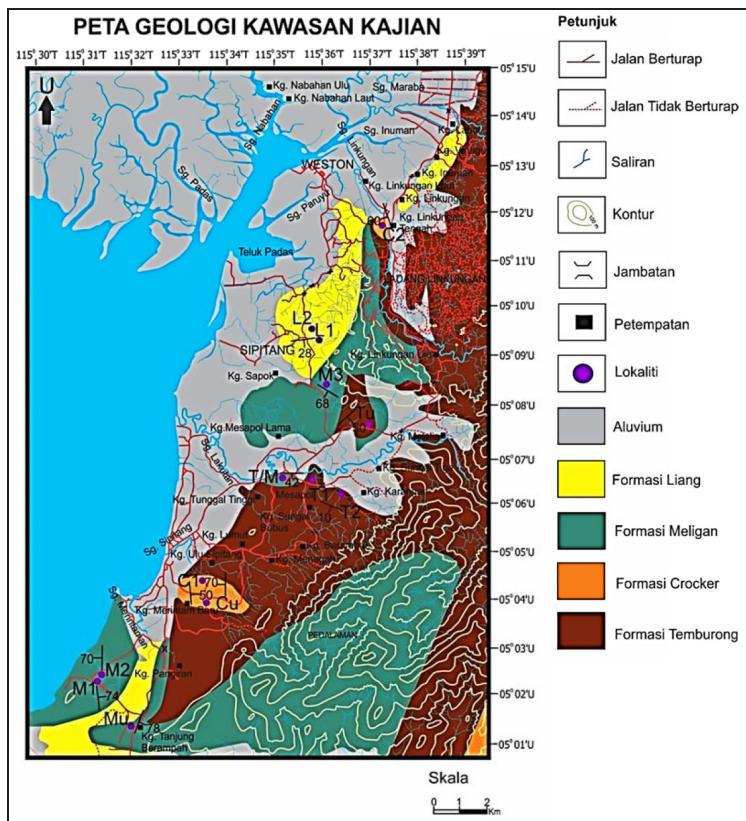
Keywords: Temburong Formation, Crocker Formation, Meligan Formation, Liang Formation, Paleogene, litostratigraphic, Eocene, Miocene, Pliocene

PENGENALAN

Kawasan kajian yang merangkumi daerah Weston hingga Sipitang terletak di barat daya Sabah dengan latitud $05^{\circ} 15' U$ hingga $05^{\circ} 01' U$ dan longitud $115^{\circ} 30' T$ hingga $115^{\circ} 39' T$. Keluasan kawasan kajian yang dipetakan di dalam peta geologi (Rajah 1) ialah 508.75 km^2 . Terdapat empat formasi yang tersingkap di kawasan kajian iaitu Formasi Temburong, Formasi Crocker, Formasi Meligan dan Formasi Liang. Lokaliti Formasi Temburong terletak di Kg. Naluyan Besar (Tu), Kg. Sungai Tiga (T1, T2) dan Kg. Ulu Sipitang (T/M). Lokaliti Formasi Crocker terletak di Kg. Naparan (Cu (C utama), C1) dan di Weston (C2). Lokaliti Formasi Meligan terletak di kuari (Mu, M1) serta siring jalan berdekatan Sabah Forest Industries (M2), Kg. Lubok Darat (M3) dan Kg. Ulu Sipitang (T/M). Lokaliti Formasi Liang terletak di Kg. Lubok Darat-Lubok Laut (L1, L2). Kajian yang dijalankan bertujuan untuk menganalisis fasies unit-unit batuan, mengkorelasikan unit-unit litostratigrafi dan membina model jujukan stratigrafi yang baru. Kajian biostratigrafi yang merupakan kajian mikrofosil tidak dapat dijalankan kerana tidak menemui sebarang fosil daripada analisis mikrofosil dan dengan itu hanya kajian litostratigrafi sahaja yang ditumpukan. Oleh itu, tidak ada mikrofosil yang dicerap di kawasan kajian.

KERANGKA GEOLOGI

Kawasan kajian terdiri daripada empat unit batuan iaitu, Formasi Temburong, Formasi Crocker, Formasi Meligan dan Formasi Liang. Menurut Wilson (1964) Formasi Temburong adalah sebahagian daripada Formasi Crocker berdasarkan kesamaan unit batuan yang terdapat pada kedua-dua formasi tersebut. Formasi Temburong dihubungkan secara menjelari dengan Formasi Crocker. Menurut kajian terdahulu, terdapat foraminifera plankton pada Formasi Temburong yang mewakili dua biozon iaitu Zon *Globorotalia ciperoensis* (Oligosen Atas) dan Zon *Catapsydrax dissimilis-Praeorbulina sicana* (Miosen Bawah) yang berada dalam julat usia Eosen Atas hingga Miosen Bawah (Junaidi *et al.*, 2015). Bagi Formasi Crocker, terdapat rekod kajian terdahulu bagi mikrofosil foraminifera planktonik jenis *Globigerinoides* sp. di daerah Tenom yang mempunyai usia yang sama dengan Formasi Temburong (Muhd Nur Ismail, 2014). Di sekitar kawasan Sipitang yang terdiri daripada Formasi Crocker Barat, tidak ada ketakselarasan yang dikenalpasti antara Formasi Crocker dengan Formasi Temburong. Formasi Crocker merupakan jujukan turbidit yang tersingkap secara meluas di sepanjang pantai barat Sabah dengan batuan utama yang dikelaskan sebagai greiwak (Sanudin & Baba, 2007). Batuan yang



Rajah 1: Peta geologi kawasan kajian (Wilson, 1964).

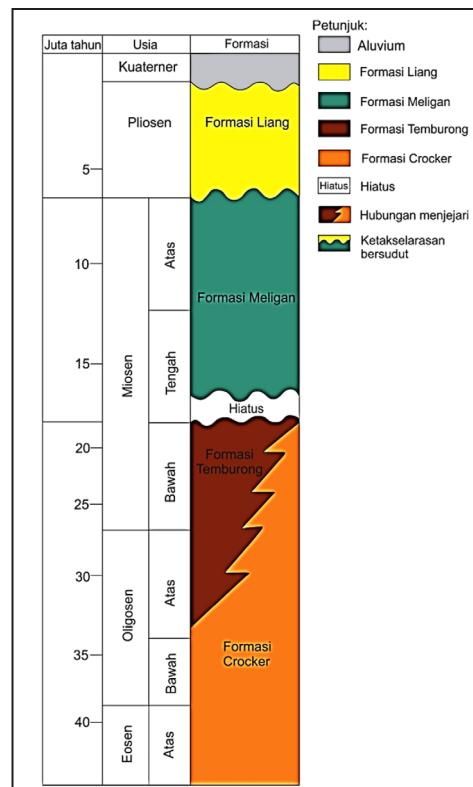
mempunyai komposisi kuarza yang lebih tinggi dikelaskan sebagai Formasi Meligan di bahagian barat daya Sabah (Sanudin & Baba, 2007). Kajian terdahulu bagi mikrofosil jenis foraminifera dalam Formasi Meligan mencatatkan usia Miosen Tengah hingga Miosen Atas (Lee *et al.*, 2004). Formasi Meligan ditindih oleh Formasi Liang dengan ketakselarasan bersudut (Hutchison, 2005). Sempadan atas Formasi Liang dipercayai mengalami hakisan atau mempunyai ketakselarasan dengan endapan aluvium kuaterner (Lee *et al.*, 2004). Rekod kajian terdahulu bagi mikrofosil Formasi Liang dirujuk melalui kajian yang dijalankan oleh Leichti *et al.* (1960), Haile (1962) serta Wilson & Wong (1964) menjelaskan usia Pliosen. Rajah 2 menunjukkan jujukan stratigrafi bagi formasi menurut kajian terdahulu.

KAEDAH KAJIAN

Kajian stratigrafi tertumpu kepada kajian litostratigrafi melalui analisis fasies serta sekutuan fasies. Kaedah korelasi unit-unit litostratigrafi juga dijalankan dengan menghubungkan sekutuan fasies melalui litolog yang diukur. Melalui kaedah korelasi yang dijalankan, hubungan menegak serta mendatar unit-unit batuan dapat dijelaskan. Seterusnya, model jujukan stratigrafi dibina bagi menerangkan hubungan stratigrafi antara formasi di kawasan kajian.

ANALISIS FASIES DAN SEKUTUAN FASIES

Analisis fasies dijelaskan dengan merujuk parameter-parameter yang terdiri daripada geometri, litologi, struktur



Rajah 2: Jujukan stratigrafi menurut kajian terdahulu (Wilson, 1964).

sedimen, fosil dan paleoarus (Selley, 1978). Melalui analisis fasies yang dibuat bagi unit-unit batuan di kawasan kajian, beberapa sekutuan fasies berjaya dikenalpasti. Analisis fasies dan sekutuan fasies diterangkan dengan lebih lanjut bagi setiap formasi di kawasan kajian.

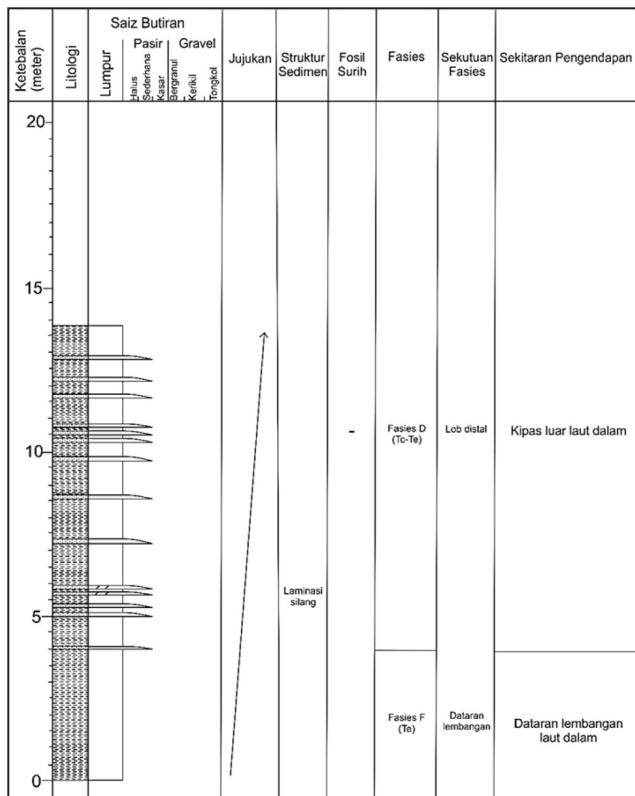
A) Formasi Temburong

Formasi Temburong terdiri daripada dua jenis unit batuan iaitu unit selang lapis batu pasir nipis dan syal serta unit syal tebal.

i) Analisis fasies Formasi Temburong (Jadual 1)

Jadual 1: Analisis fasies Formasi Temburong.

Kriteria \ Facies	Fasies D (Lapisan Tc-Te) (Rajah 3)	Fasies F (Lapisan Te) (Rajah 3)
Geometri	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Tiada jujukan
Litologi	Unit selang lapis batu pasir nipis dan syal	Unit syal tebal
Struktur sedimen	Laminasi silang	Tidak wujud
Fosil	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Paleoarus	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Tafsiran sekitaran	Lob distal	Dataran lembangan



Rajah 3: Set litolog Formasi Temburong pada lokaliti Tu.

ii) Sekutuan fasies Formasi Temburong

a) Lob distal

Jujukan lapisan batuan yang lebih nipis berbanding Formasi Crocker menunjukkan Formasi Temburong mengalami progradasi yang jauh daripada pengendapan lob yang tebal kerana diendapkan di bahagian kipas luar. Kesan arus turbidit yang semakin lemah juga menyebabkan endapan batu pasir semakin menipis (Jackson *et al.*, 2009) kerana berkurangnya kuantiti pasir yang dibawa oleh arus berikutan pengendapan lob di bahagian kipas luar laut dalam yang sinonim dengan pengendapan lodak, pasir halus serta lumpur (Mutti, 1992). Sedimen pada lob distal terendap dalam keadaan rejim aliran rendah serta arus turbidit yang perlahan dan menerima punca sedimen yang sama seperti Formasi Crocker tetapi dengan kuantiti pasir yang sedikit (Lampiran 1).

b) Dataran lembangan

Tiada jujukan dapat dilihat pada sekutuan fasies dataran lembangan kerana ianya hanya terdiri daripada syal tebal yang berwarna gelap dan dipercayai kaya dengan bahan organik. Perubahan sekutuan fasies daripada lob distal hingga dataran lembangan dapat dilihat di lokality Tu (Temburong utama) yang terletak di Kg. Naluyan Besar. Perubahan fasies dapat dikesan berdasarkan ketidakhadiran lapisan batu pasir pada syal tebal yang menunjukkan sekutuan fasies dataran lembangan. Sedimen yang diendapkan di dataran lembangan dipengaruhi oleh tenaga arus turbidit yang sangat lemah. Oleh itu, sedimen bersaiz pasir sukar untuk diangkut menyebabkan dataran lembangan didominasi oleh endapan bersaiz lumpur.

B) Formasi Crocker

Formasi Crocker terdiri daripada tiga jenis unit batuan iaitu unit batu pasir tebal, unit selang lapis batu pasir dan syal serta unit selang lapis batu pasir nipis dan syal.

i) Analisis fasies Formasi Crocker (Jadual 2)

ii) Sekutuan fasies Formasi Crocker

a) Alur-levee

Ciri-ciri jujukan menghalus ke atas dengan ketebalan batu pasir melebihi 1 meter merupakan geometri alur laut dalam. Batu pasir yang tebal pada bahagian bawah lapisan menunjukkan tenaga pengendapan yang dipengaruhi oleh arus turbidit yang tinggi. Ketebalan batu pasir yang semakin menipis ke atas menunjukkan tenaga pengendapan yang dibawa oleh arus turbidit di laut dalam semakin rendah serta kurang aktif. Kewujudan lapisan nipis batu pasir serta syal yang berselang-seli di atas lapisan atau di antara lapisan alur dalam keadaan jujukan mengkasar ke atas, menunjukkan pembentukan levee disebabkan oleh limpahan sedimen oleh arus turbidit yang berkemampuan rendah dan membentuk sekutuan alur-levee. Sekitaran pengendapan bagi alur serta levee terbentuk di kipas tengah laut dalam.

b) Alur-lob

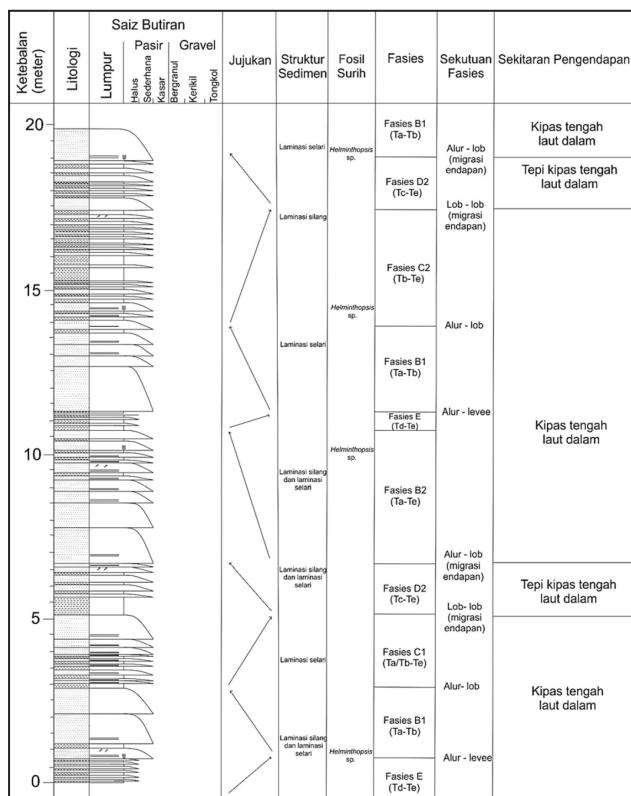
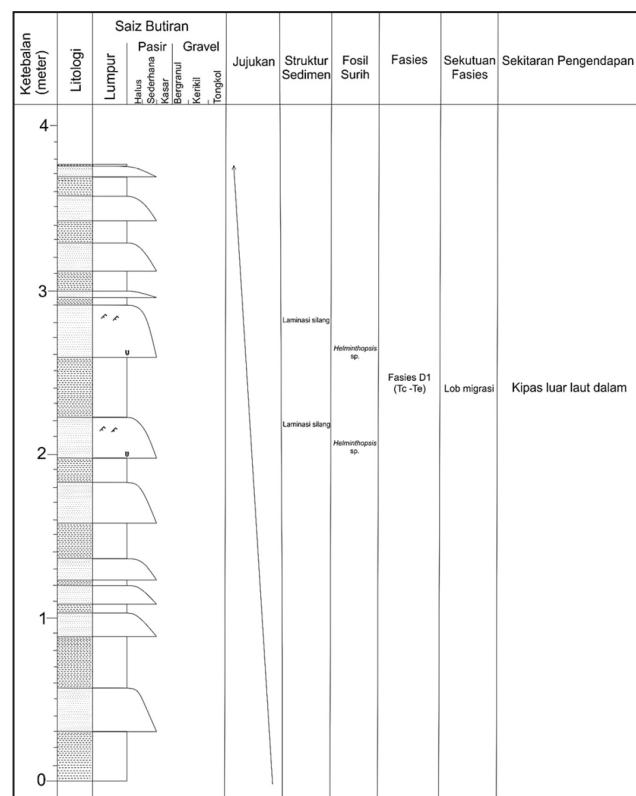
Alur dapat dikenalpasti dengan ciri-ciri jujukan menghalus ke atas dengan ketebalan batu pasir melebihi 1 meter. Batu pasir yang tebal pada bahagian bawah lapisan menunjukkan tenaga pengendapan yang dipengaruhi oleh arus turbidit yang tinggi. Pengendapan sedimen yang laju di bahagian alur menyebabkan sedimen yang tersisa diangkut ke depan membentuk kipas lob. Ini menyebabkan saiz butiran pasir pada alur serta lob menjadi hampir sama dan membentuk sekutuan fasies alur-lob yang terendap di kipas tengah laut dalam.

c) Alur-lob (migrasi endapan)

Geometri alur laut dalam menunjukkan ciri-ciri jujukan menghalus ke atas dengan ketebalan batu pasir melebihi 1 meter. Batu pasir yang tebal pada bahagian bawah lapisan menunjukkan tenaga pengendapan yang dipengaruhi oleh arus turbidit yang tinggi. Lob (migrasi endapan) terjadi hasil daripada proses perpindahan atau migrasi sedimen ke bahagian yang lain pada lob yang sama serta dipengaruhi oleh arus turbidit yang lemah. Lob (migrasi endapan) mempunyai hubungkait dengan endapan lob daripada kipas tengah laut dalam kerana ianya adalah sebahagian daripada endapan lob yang tersisa serta mengalami peralihan endapan di bahagian tepi kipas tengah laut dalam. Lob (migrasi endapan) mempunyai jujukan menghalus ke atas yang menyerupai ciri-ciri lob migrasi. Namun demikian, ianya tidak boleh ditafsir sebagai lob migrasi yang merupakan endapan kipas luar laut dalam kerana lapisan atas lob (migrasi endapan) mengalami pengendapan alur yang merupakan endapan kipas tengah. Oleh sebab itu, ianya dianggap sebagai endapan lob (migrasi endapan) yang terendap di tepi kipas tengah berdekatan dengan kipas luar laut dalam.

Jadual 2: Analisis fasies Formasi Crocker.

Facies Kriteria	Fasies B1 (Lapisan Ta-Tb) (Rajah 4)	Fasies B2 (Lapisan Ta-Te) (Rajah 4)	Fasies C1 (Lapisan Ta/Tb-Te) (Rajah 4)	Fasies C2 (Lapisan Tb-Te) (Rajah 4)
Geometri	Jujukan menipis ke atas (JHA)	Jujukan menipis ke atas (JHA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)
Litologi	Batu pasir tebal	Selang lapis batu pasir dan syal	Selang lapis batu pasir dan syal	Selang lapis batu pasir dan syal
Struktur sedimen	Pasir masif dan laminasi selari	Laminasi selari dan laminasi silang	Laminasi selari	Laminasi selari
Fosil	Fosil surih <i>Helminthopsis</i> sp.	Fosil surih <i>Helminthopsis</i> sp.	Tidak dijumpai	Fosil surih <i>Helminthopsis</i> sp.
Paleoarus	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Tafsiran sekitaran	Alur utama	Alur pembahagi	Lob	Lob
Facies Kriteria	Fasies D1 (Lapisan Tc-Te) (Rajah 5)	Fasies D2 (Lapisan Tc-Te) (Rajah 5)	E (Lapisan Td-Te) (Rajah 5)	
Geometri	Jujukan menipis ke atas (JHA)	Jujukan menipis ke atas (JHA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)	
Litologi	Selang lapis batu pasir dan syal	Selang lapis batu pasir dan syal	Selang lapis batu pasir nipis dan syal	
Struktur sedimen	Laminasi silang	Laminasi silang dan laminasi selari	Laminasi selari batuan lodak	
Fosil	Fosil surih <i>Helminthopsis</i> sp.	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	
Paleoarus	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	
Tafsiran sekitaran	Lob migrasi	Lob (migrasi endapan)	Levee	


Rajah 4: Set litolog Formasi Crocker pada lokaliti Cu.

Rajah 5: Set litolog Formasi Crocker pada lokaliti C2.

d) Lob-lob (migrasi endapan)

Jujukan mengkasar ke atas menunjukkan geometri lob laut dalam yang dipengaruhi oleh tindakan progradasi ke depan hasil daripada pengaliran sedimen melalui alur yang aktif (Tongkul, 2000). Lob terhasil daripada angkutan sedimen yang tersisa dari alur yang akhirnya membentuk kipas lob. Lob (migrasi endapan) mempunyai hubungkait dengan endapan lob dari kipas tengah laut dalam kerana ianya adalah sebahagian daripada endapan lob yang tersisa serta mengalami peralihan endapan di bahagian tepi kipas tengah laut dalam. Oleh itu, lob serta lob (migrasi endapan) mempunyai saiz butiran pasir yang hampir sama. Lob terendap di kipas tengah laut dalam dengan tenaga arus yang tinggi kerana merupakan sisa endapan daripada alur. Lob (migrasi endapan) terendap di tepi kipas tengah laut dalam setelah mengalami peralihan kedudukan endapan dengan arus yang rendah.

e) Lob migrasi

Lob migrasi mempunyai jujukan menghalus ke atas dengan ketebalan batu pasir yang semakin menipis. Pembentukan sekutuan fasies lob migrasi dipengaruhi oleh tenaga arus turbidit yang lemah. Kandungan pasir dalam sedimen yang diangkut oleh arus turbidit adalah kurang berbanding kandungan pasir pada alur serta lob kerana lob migrasi diendapkan di kipas luar laut dalam yang semakin jauh dari punca sedimen. Tenaga arus turbidit tidak mencukupi untuk membawa lebih banyak sedimen berpasir yang lebih berat kerana lokasi endapan yang jauh. Oleh itu, lebih banyak sedimen berlumpur yang diangkut di kipas luar laut dalam kerana lebih ringan berbanding pasir.

Jadual 3: Analisis fasies Formasi Meligan.

Facies Kriteria	Fasies Fh (Lapisan silang <i>hummocky</i>) (Rajah 6)	Fasies Fhs (Lapisan silang <i>hummocky & swaley</i>) (Rajah 6)	Fasies Fs (Lapisan silang <i>swaley</i>) (Rajah 6)
Geometri	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)
Litologi	Batu pasir tebal dan selang lapis batu pasir dan batu lumpur	Selang lapis batu pasir dan batu lumpur	Batu pasir tebal
Struktur sedimen	Lapisan silang <i>hummocky</i>	Lapisan silang <i>hummocky</i> dan <i>swaley</i>	Lapisan silang <i>swaley</i>
Fosil	Fosil surih <i>Ophiomorpha</i> sp.	Tidak dijumpai	Fosil surih <i>Ophiomorpha</i> sp.
Paleoarus	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Tafsiran sekitaran	Pantai bawah	Pantai tengah	Pantai atas

Facies Kriteria	Fasies Fp (Lapisan silang planar) (Rajah 6)	Fasies Fhf (Lapisan heterolitik flaser) (Rajah 6)	Fasies Fhl (Lapisan heterolitik lentikular) (Rajah 6)
Geometri	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menipis ke atas (JHA)
Litologi	Selang lapis batu pasir dan batu lumpur	Selang lapis batu pasir dan batu lumpur nipis	Batu lumpur dengan lensa batu pasir
Struktur sedimen	Lapisan silang planar	Kesan riak pada batu pasir	Kesan riak yang tidak berterusan
Fosil	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Paleoarus	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Tafsiran sekitaran	Pantai hadapan	Sekitaran pasang surut	Sekitaran pasang surut

C) Formasi Meligan

Formasi Meligan terdiri daripada empat jenis unit batuan iaitu unit batu pasir tebal, unit selang lapis batu pasir dan batu lumpur, unit selang lapis batu pasir dan batu lumpur nipis serta unit batu lumpur dengan lensa batu pasir.

i) Analisis fasies Formasi Meligan (Jadual 3)

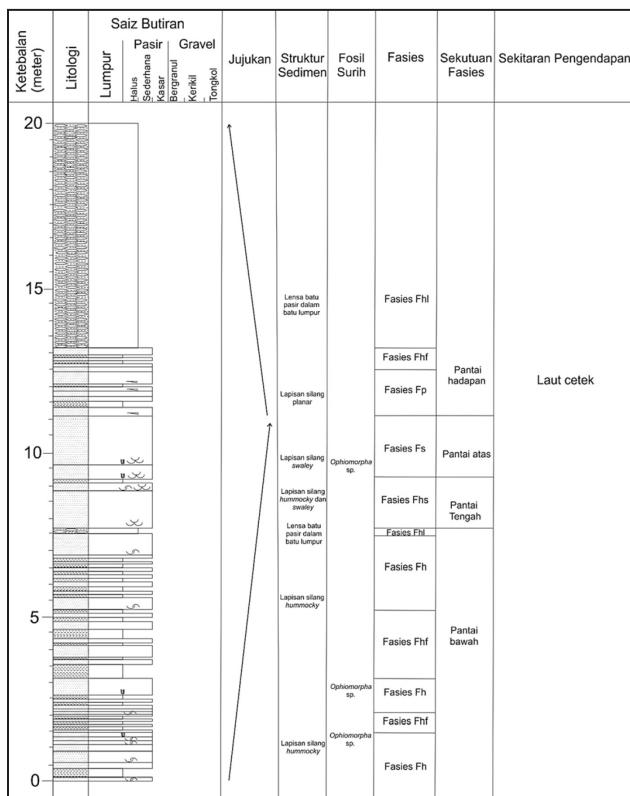
ii) Sekutuan fasies Formasi Meligan

a) Pantai bawah

Jujukan pantai bawah pada keseluruhannya menunjukkan tren mengkasar ke atas dengan ketebalan batu pasir yang semakin bertambah. Selang lapis batu pasir dan batu lumpur *hummocky* serta batu pasir tebal *hummocky* menunjukkan ciri-ciri pantai bawah dengan kehadiran struktur sedimen *hummocky*. Namun demikian, terdapat juga heterolitik (flaser) dan heterolitik (lentikular) yang merupakan endapan hasil daripada pengaruh proses pasang surut. Kejadian ribut menghasilkan keadaan untuk membentuk lapisan dan struktur sedimen yang dipengaruhi oleh ribut (Cheel & Leckie, 1993). Struktur sedimen *hummocky* terbentuk ketika kejadian ribut berlaku pada musim cuaca buruk manakala endapan heterolitik terendap ketika cuaca baik. Oleh sebab itu, berlakunya endapan berstruktur *hummocky* serta endapan heterolitik secara berselang-seli hasil daripada pengaruh cuaca yang berubah-ubah.

b) Pantai tengah

Jujukan pantai tengah pada keseluruhannya menunjukkan tren mengkasar ke atas dengan ketebalan batu pasir yang semakin bertambah. Selang lapis batu pasir

**Rajah 6:** Set litolog Formasi Meligan pada lokaliti Mu.

dan batu lumpur *swaley* serta *hummocky* menunjukkan ciri-ciri pantai tengah kerana hadirnya struktur sedimen *swaley* serta *hummocky* dalam satu lapisan yang sama. Struktur sedimen *swaley* dan *hummocky* terbentuk disebabkan gabungan aliran daripada tindakan ombak dan arus yang disebabkan oleh kejadian ribut pada cuaca buruk (Walker & Plint, 1992).

c) Pantai atas

Jujukan pantai atas pada keseluruhannya menunjukkan tren mengkasar ke atas dengan ketebalan batu pasir yang semakin bertambah. Fasies ini menunjukkan ciri-ciri pantai atas dengan kehadiran struktur sedimen *swaley*. Struktur sedimen *swaley* merupakan struktur endapan hasil daripada

pengaruh tenaga ombak serta arus yang berlaku ketika kejadian ribut pada musim cuaca yang buruk.

d) Pantai hadapan

Selang lapis batu pasir dan batu lumpur lapisan silang planar menunjukkan ciri-ciri pantai hadapan dengan kehadiran struktur sedimen lapisan silang planar. Namun demikian, terdapat juga heterolitik (flaser) dan heterolitik (lentikular) yang merupakan endapan hasil daripada pengaruh proses pasang surut. Heterolitik ini juga hadir di bahagian pantai bawah. Jujukan pantai hadapan pada keseluruhannya menunjukkan tren menghalus ke atas dengan ketebalan batu pasir yang semakin berkurang. Jujukan yang menghalus ke atas disebabkan oleh kehadiran heterolitik pada bahagian atas lapisan yang menunjukkan ketebalan batu pasir yang semakin berkurangan daripada endapan flaser yang mempunyai banyak kandungan pasir sehingga endapan lentikular yang didominasi oleh lumpur.

D) Formasi Liang

Formasi Liang terdiri daripada tiga jenis unit batuan iaitu unit lapisan konglomerat dengan matriks pasir dan lumpur, unit lapisan lumpur dan konglomerat serta unit lapisan batu pasir.

i) Analisis fasies Formasi Liang (Jadual 4)

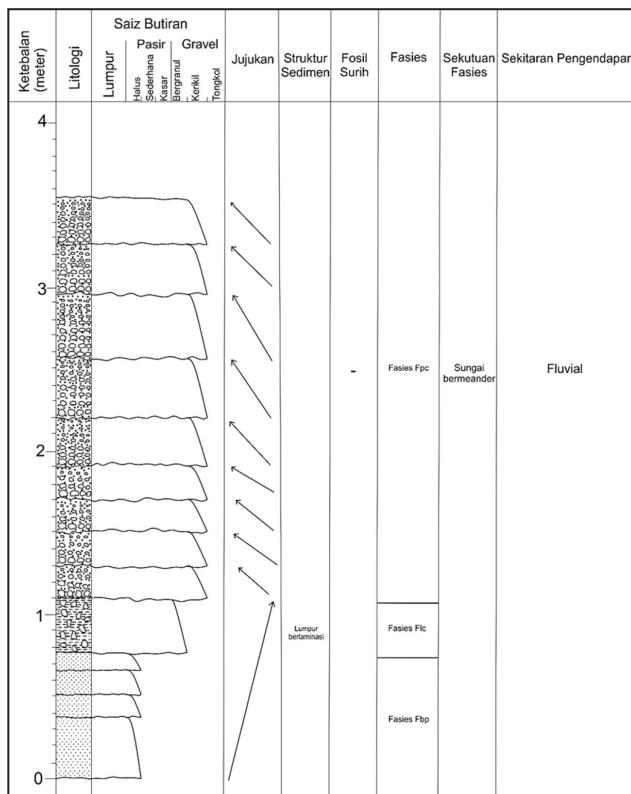
ii) Sekutuan fasies Formasi Liang

a) Sungai bermeander

Singkapan ini terdiri daripada konglomerat yang disokong oleh matriks dan terbentuk di bahagian hilir sungai. Terdapat dua jenis tren jujukan pada sekutuan fasies sungai bermeander. Bahagian bawah lapisan terdapat endapan levee yang mempunyai jujukan mengkasar ke atas dan di bahagian atas lapisan levee terdapat lapisan konglomerat dengan matriks pasir dan lumpur yang menunjukkan jujukan menghalus ke atas dan terged secara normal. Jujukan menghalus ke atas menunjukkan struktur alur. Endapan levee yang dipercayai terendap di bahagian dataran banir sungai terdiri daripada struktur lapisan batu pasir bersaiz butiran halus yang dilapisi oleh lapisan lumpur berlaminasi

Jadual 4: Analisis fasies Formasi Liang.

Facies Kriteria	Facies Fpc (Lapisan parakonglomerat) (Rajah 7)	Facies Flc (Lapisan lumpur berlaminasi) (Rajah 7)	Facies Fbp (Lapisan silang batu pasir) (Rajah 7)	Facies Foc (Lapisan ortokonglomerat) (Rajah 8)
Geometri	Jujukan menipis ke atas (JHA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menebal ke atas (JKA)	Jujukan menipis ke atas (JHA)
Litologi	Lapisan konglomerat dengan matriks pasir dan lumpur	Lapisan lumpur dan konglomerat	Lapisan batu pasir	Lapisan konglomerat dengan matriks pasir dan lumpur
Struktur sedimen	-	Lumpur berlaminasi	-	-
Fosil	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Paleoarus	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai	Tidak dijumpai
Tafsiran sekitaran	Alur	Levee	Levee	Alur



Rajah 7: Set litolog Formasi Liang pada lokaliti L1.

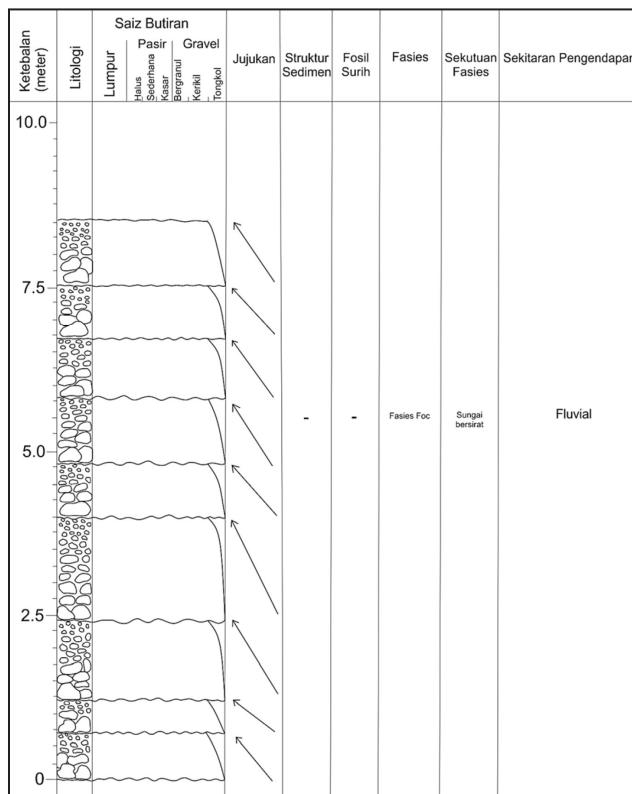
dengan konglomerat bersaiz granul. Struktur meander yang terbentuk di atas dataran banjir melambatkan aliran air. Apabila sedimen alur melebihi had kapasiti, air serta sedimen akan melimpah di atas dataran banjir semasa kejadian banjir besar berlaku dan seterusnya endapan sedimen ini membentuk levee. Terdapat penghijrahan saluran sungai atau migrasi alur pada singkapan. Hal ini terjadi disebabkan oleh penghijrahan sisi saluran sungai di seluruh dataran banjir. Sekutuan fasies sungai bermeander terendap di hilir sungai yang terletak di sekitaran endapan fluvial.

b) Sungai bersirat

Singkapan ini terdiri daripada konglomerat yang disokong oleh butiran atau klasta dan terbentuk di bahagian hulu sungai. Ianya terdiri lapisan konglomerat yang bermatriks pasir dan lumpur dengan jujukan menghalus ke atas. Saiz butiran konglomerat yang semakin mengecil di bahagian atas menunjukkan penggredan yang normal bagi singkapan. Jujukan menghalus ke atas menunjukkan struktur alur. Sungai bersirat terbentuk pada kecerunan sungai yang tinggi dengan kehadiran beban sedimen yang banyak. Selain itu sungai bersirat juga terbentuk disebabkan oleh aliran air yang kuat, tebing yang senang terhakis serta kecerunan alur yang tinggi (Leopold & Wolman, 1957). Sekutuan fasies sungai bersirat terendap di hulu sungai dengan kecerunan alur yang tinggi di sekitaran endapan fluvial.

KORELASI UNIT-UNIT LITOSTRATIGRAFI

Melalui analisis fasies yang dijalankan, sekutuan fasies bagi unit-unit batuan dapat dikenalpasti. Seterusnya, bagi



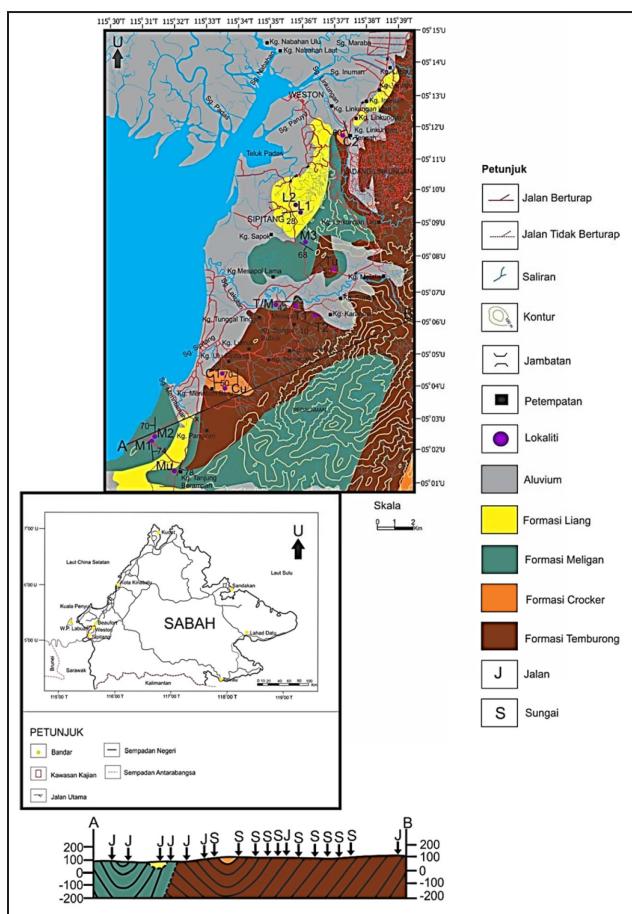
Rajah 8: Set litolog Formasi Liang pada lokaliti L2.

mengetahui stratigrafi di kawasan kajian dengan lebih lanjut, korelasi unit-unit litostratigrafi dijalankan dengan menghubungkan sekutuan fasies. Melalui kaedah korelasi ini, hubungan menegak serta mendatar unit-unit batuan dapat diketahui bagi mengenalpasti serta membuktikan bahawa Formasi Temburong sebenarnya mendasari Formasi Crocker dari segi jujukan stratigrafi yang selama ini dianggap sebaliknya.

Kaedah korelasi unit-unit litostratigrafi dengan menggunakan sekutuan fasies dijalankan dengan menanda litolog berdasarkan lokaliti di kawasan kajian. Litolog yang diukur disusun berdasarkan kedudukan pada lokaliti di dalam peta geologi. Kaedah korelasi dijalankan dari titik A hingga ke titik B pada peta geologi (Rajah 9) dari arah barat daya hingga timur laut yang diwakili oleh garis lurus yang menghubungkan titik A dan titik B. Korelasi unit-unit litostratigrafi dengan menghubungkan sekutuan fasies dapat dilihat pada Rajah 10. Berdasarkan Rajah 10, hubungan menegak serta mendatar unit-unit batuan dapat dilihat. Formasi Temburong mendasari Formasi Crocker. Formasi Crocker ditindih oleh Formasi Meligan manakala Formasi Meligan ditindih oleh Formasi Liang yang berusia lebih muda. Ini menunjukkan jujukan stratigrafi di kawasan kajian.

Keratan rentas pada Rajah 9 juga menunjukkan hubungan antara formasi. Formasi Crocker didapati menindih Formasi Temburong sebagai batuan “outlier”. Ini menunjukkan bahawa jujukan Paleogen Akhir ini pada lembangan laut dalam adalah suatu jujukan normal yang umumnya mengkasar ke atas berbanding sebelum

ini yang telah diandaikan sebagai menghalus ke atas. Formasi Temburong dan Formasi Crocker merupakan jujukan Paleogen yang mengalami canggaan hebat. Hasil daripada aktiviti tektonik, berlakunya proses sesar (siri

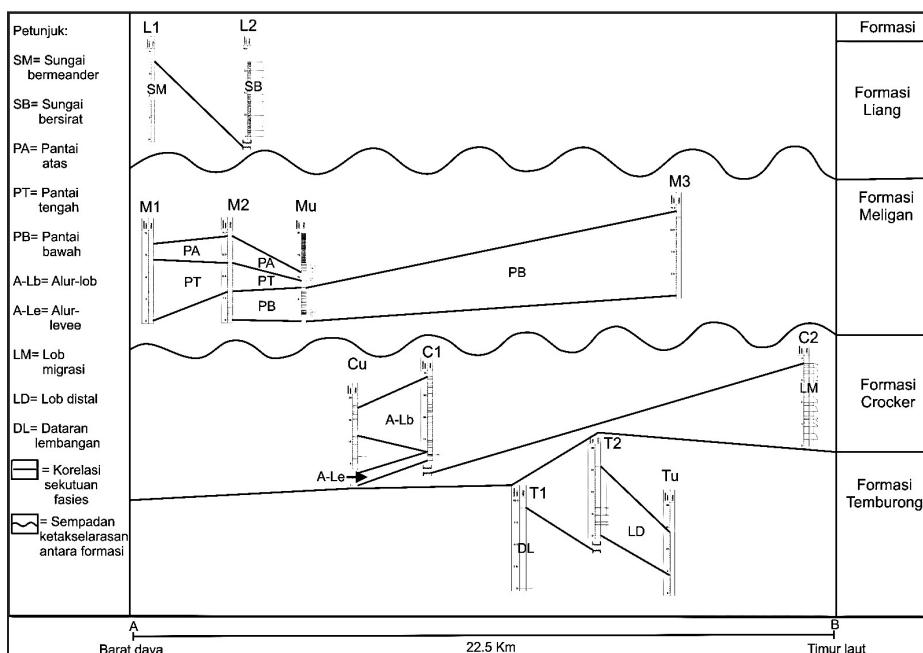


Rajah 9: Peta geologi dengan keratan rentas kawasan kajian (peta geologi diubahsuai daripada Wilson, 1964).

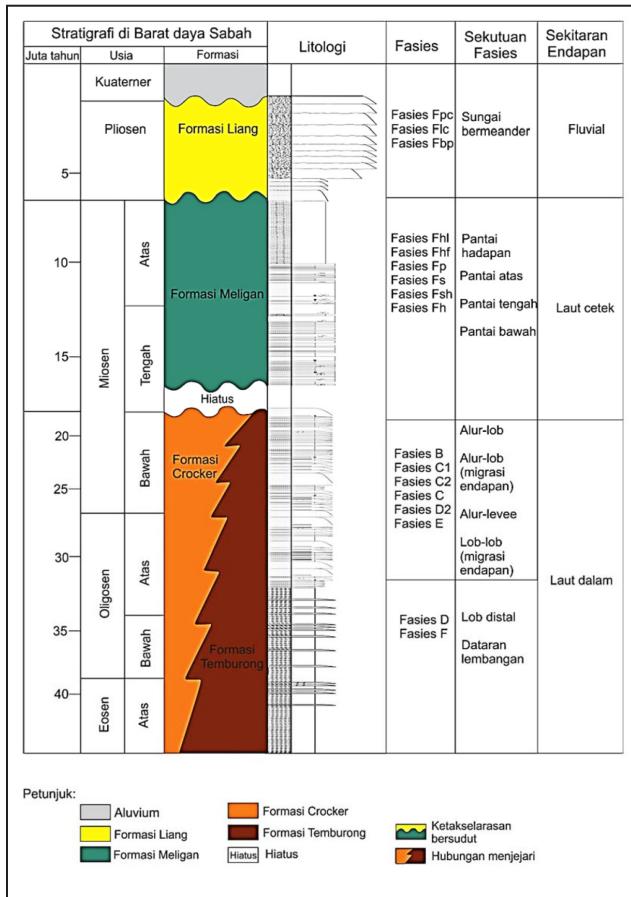
sungkupan) serta perlipatan ketat. Proses hakisan juga berlaku diikuti oleh proses pemendapan batuan yang lebih muda menutupi lembangan Crocker. Batuan Formasi Meligan menindih Formasi Temburong dan Formasi Crocker secara tidak selaras. Ini dapat dibuktikan melalui hubungan ketakselarasan yang wujud di antara Formasi Temburong dan Formasi Meligan di kawasan kajian yang terletak di Kg. Ulu Sipitang. Selain itu, menurut kajian terdahulu hubungan ketakselarasan Formasi Crocker dan Formasi Meligan terletak di jaluran Pergunungan Meligan dan Gunung Lumaku di tenggara Sipitang (Sanudin & Baba, 2007). Berdasarkan keratan rentas pada Rajah 9, terdapat ketakselarasan bersudut diantara Formasi Temburong dengan Formasi Meligan. Formasi Liang pula dilihat menindih Formasi Meligan.

MODEL JUJUKAN STRATIGRAFI

Berdasarkan hasil daripada analisis fasies, korelasi unit-unit litostratigrafi dengan menghubungkan sekutuan fasies serta keratan rentas, model jujukan stratigrafi bagi kawasan barat daya, Sabah telah dibina (Rajah 11). Model jujukan ini merangkumi hubungan bagi setiap formasi di kawasan kajian. Formasi Temburong didapati mendasari Formasi Crocker yang selama ini dianggap sebaliknya. Rajah 2 merupakan jujukan stratigrafi kajian terdahulu yang menunjukkan bahawa Formasi Crocker mendasari Formasi Temburong. Melalui kajian yang di jalankan di kawasan kajian, Formasi Temburong sebenarnya mendasari Formasi Crocker dalam jujukan stratigrafi. Terdapat hiatus diantara Formasi Crocker dan Formasi Meligan dan seterusnya Formasi Liang menindih Formasi Meligan dengan ketakselarasan. Model jujukan stratigrafi yang dibina juga menggunakan litolog utama bagi setiap formasi untuk menunjukkan contoh litologi batuan di kawasan kajian. Litolog pada lokaliti Tu, Cu, Mu dan L1 digunakan sebagai rujukan litologi.



Rajah 10: Korelasi unit-unit litostratigrafi dengan menghubungkan sekutuan fasies.



Rajah 11: Model jujukan stratigrafi di barat daya, Sabah (diperbaharui daripada Wilson, 1964).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil daripada kajian yang dijalankan, Formasi Temburong (merupakan endapan turbidit distal berasasiasi dengan jujukan dataran lembangan) didapati mendasari Formasi Crocker (merupakan jujukan turbidit kipas tengah) dari segi kedudukan kedudukan jujukan stratigrafi yang selama ini dianggap sebaliknya. Ini bermaksud, kedudukan jujukan stratigrafi Formasi Temburong yang dahulunya dianggap berada di atas Formasi Crocker kini ditafsir mendasari Formasi Crocker. Model jujukan stratigrafi yang dibina telah memperbaharui jujukan stratigrafi khususnya bagi jujukan Paleogen di barat daya, Sabah.

PENGHARGAAN

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada kedua ibu bapa saya, En. Guan Leong dan Pn. Tiandin @ Den Lee Binti Tiong yang banyak memberikan sokongan serta dorongan.

RUJUKAN / REFERENCES

- Cheel, R.J. & Leckie, D.A., 1993. Hummocky crossstratification. In: Wright, V.P. (Ed.), *Sedimentology Review 1*. Blackwell Scientific Publications, UK. 152 p.
- Haile, N. S., 1962. The geology and mineral resources of the Suai-Baram area, north Sarawak. Geological Survey Department British Territories in Borneo, Memoir 13.
- Hutchison, C. S., 2005. Geology of North-West Borneo, Sarawak, Brunei and Sabah. Elsevier BV, UK. 444 p.
- Muhd Nur Ismail Abd. Rahman, 2014. Analisis Fasies dan Kajian Diagenesis Formasi Crocker dan Formasi Temburong di Tenom, Sabah. Tesis Sarjana. Universiti Malaysia Sabah. (Tidak diterbitkan).
- Jackson, C.A-L., Zakaria, A.A., Johnson, H.D., Tongkul, F. & Crevello, P.D., 2009. Sedimentology, Stratigraphic occurrence and origin of linked debrites in West Crocker Formation (Oligo-Miocene), Sabah, NW Borneo. *Marine and Petroleum Geology*, 26, 1957-1973.
- Junaidi Asis, Muhd Nur Ismail Abdul Rahman, Basir Jasin & Sanudin Tahir, 2015. Late Oligocene and Early Miocene planktic foraminifera from the Temburong Formation, Tenom, Sabah. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 61, 43-47.
- Lee, C. P., Mohd. Shafeea Leman, Kamaludin Hassan, Bahari Md. Nasib & Rashidah Karim, 2004. *Stratigraphic Lexicon Of Malaysia*. Geological Society of Malaysia, Kuala Lumpur. 162 p.
- Leichti, P., Roe, F.W. & Haile, N.S., 1960. *Geology of Sarawak, Brunei and Western North Borneo*. Brit. Borneo Geological Survey Annual Report, 3.
- Leopold, L.B. & Wolman, M.G., 1957. River channel patterns: braiding, meandering and straight. *U.S. Geological Survey Professional Papers*, 262b, 39-85.
- Mutti, E., 1992. *Turbidite Sandstones*. Parma Italy: Agip and Instituto di Geologia Universita, Milan. 275 p.
- Sanudin Hj. Tahir & Baba Musta, 2007. Pengenalan Kepada Stratigrafi. Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu. 228 p.
- Selley, R.C., 1978. *Ancient Sedimentary Environments*. Second Edition. Cornell Univ. Press, U.K. 287 p.
- Tongkul, F., 2000. *Sedimentologi*. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi. 208 p.
- Walker, R.G. & Plint, A.G., 1992. Wave and Storm-Dominated Shallow Marine Systems. In: Walker, R.G. and James, N.P. (Eds.), *Facies Model: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, Newfoundland, 219-238.
- Wilson, R. A. M., 1964. The Geology and Mineral Resources of the Labuan and Padas Valley Area, Sabah, Malaysia. Geological Survey Borneo Region, Malaysia, Memoir 1150.
- Wilson, R. A. M., 1964. Geological Map of Labuan and Padas Valley area Sabah. Geological Survey Borneo Region, Malaysia.
- Wilson, R. A. M. & Wong, N.P.Y., 1964. The Geology and Mineral Resources Of The Labuan and Padas Valley Area Sabah, Malaysia. Geological Survey Borneo Malaysia, Memoir 17, 150 p.

LAMPIRAN I



Foto 1: Singkapan pada lokaliti Tu bagi Formasi Temburong yang terdiri daripada lob distal dan dataran lembangan. Gps: $5^{\circ}7'61235$ U dan $115^{\circ}37'03079$ T, arah pengambaran: 190° U.



Foto 2: Struktur sedimen laminasi silang yang terdapat pada lokaliti Tu bagi Formasi Temburong menunjukkan sekitaran lob distal. Gps: $5^{\circ} 7' 61235$ U dan $115^{\circ} 37' 03079$ T, arah pengambaran: 200° U.



Foto 3: Jujukan lengkap Bouma Ta-Te bagi alur Formasi Crocker di lokaliti Cu. Gps: $5^{\circ} 0' 03247$ U dan $115^{\circ} 33' 72894$ T, arah pengambaran: 30° U.



Foto 4: Singkapan Formasi Meligan yang lengkap pada lokaliti Mu (Meligan utama) Gps: $5^{\circ} 1' 46.799''$ U dan $115^{\circ} 32' 07.825''$ T, arah pengambaran: 320° U.



Foto 5: Singkapan Formasi Liang pada lokaliti L1 menunjukkan migrasi alur bagi sungai bermeander. Gps: $5^{\circ} 9' 39986$ U dan $115^{\circ} 35' 94727$ T, arah pengambaran: 320° U.



Foto 6: Singkapan Formasi Liang pada lokaliti L2 menunjukkan struktur palung bagi sungai bersirat. Gps: $5^{\circ} 9' 56357$ U dan $115^{\circ} 35' 85800$ T, arah pengambaran: 88° U.

*Manuscript received 1 November 2017
Revised manuscript received 26 June 2018
Manuscript accepted 30 June 2018*