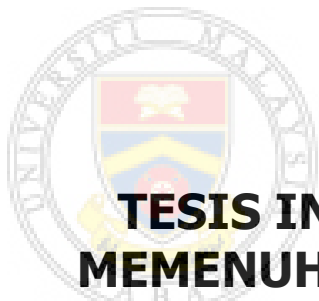


**ANALISIS FASIES DAN KAJIAN DIAGENESIS
FORMASI CROCKER DAN FORMASI
TEMBURONG DI TENOM, SABAH**

MUHD NUR ISMAIL BIN ABDUL RAHMAN



**TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK
MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA
SYARAT MEMPEROLEH IJAZAH SARJANA
SAINS**

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2014

**ANALISIS FASIES DAN KAJIAN DIAGENESIS
FORMASI CROCKER DAN FORMASI
TEMBURONG DI TENOM, SABAH**

MUHD NUR ISMAIL BIN ABDUL RAHMAN



UTMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2014**

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL : _____

IJAZAH : _____

SAYA : _____ SESI PENGAJIAN : _____

(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh:

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: _____

(NAMA PENYELIA)

TARIKH: _____

TARIKH: _____

Catatan:

*Potong yang tidak berkenaan.

*Jika tesis ini SULIT dan TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

*Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara Penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

7 Julai 2014

Muhd Nur Ismail Bin Abdul Rahman

PS20118164



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : MUHD NUR ISMAIL B. ABDUL RAHMAN
NO. MATRIK : PS20118164
TAJUK : ANALISIS FASIES DAN KAJIAN DIAGENESIS FORMASI
CROCKER DAN FORMASI TEMBURONG DI BAHAGIAN
TENOM DAN PEDALAMAN BEUFORT
IJAZAH : SARJANA SAINS (GEOLOGI)
TARIKH VIVA : 7 JULAI 2014

1.

PENYELIA

Prof. Dr. Sanudin Hj. Tahir

DISAHKAN OLEH

UMMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Tandatangan

PENGHARGAAN

Alhamdulillah segala puji hanya milik Allah, Tuhan yang layak disembah. Pencipta seluruh alam kerana dengan limpah dan kurniaNya serta keizinanNya, dapatlah saya menyelesaikan tesis sarjana ini sehingga ke akhirnya. Walaupun mengalami kesukaran pada peringkat awalnya, tetapi ia bukanlah suatu penghalang bagi saya untuk tidak menyelesaikannya. Dari sudut perjalanan kajian ini, ia bukanlah semata mata kajian yang hanya perlu disiapkan dengan memperoleh keputusan yang tertentu sahaja tetapi menjadi suatu keazaman bagi diri saya untuk terus mencari kepastian yang tepat berdasarkan skop kerja yang diberikan. Mudah-mudahan selepas ini ia akan membuka lebih banyak ruang untuk perbincangan ke hadapan.

Di sini, saya ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga terutamanya kepada penyelia saya iaitu Prof. Dr. Sanudin bin Hj. Tahir, kerana berkat didikan, sokongan, semangat dan dokongan beliau yang terus-menerus dari sudut penyampaian idea, penganalisaan dan pemikiran kritis sehinggalah perjalanan tesis ini menjadi teramat baik, faham, jelas dan lancar. Moga Allah sahaja yang membalas jasa beliau. Kepada semua pensyarah-pensyarah geologi yang mengajar saya dengan penuh komitmen dan sentiasa memberi tunjuk ajar yang terbaik kepada pelajarannya. Mudah mudahan pengorbanan kalian terbalas dengan sebaik-baiknya. Begitu juga kepada sahabat-sahabat sekalian yang merupakan pencetus kejayaan ini dan banyak membantu dari sudut emosi dan fizikal terutamanya, encik Azhar (USM), Dr. Hizul, encik Ihsan (UMS), encik Faridi (UMS), encik Hanif (UMS), encik Jalaludin, encik Ali dan encik Junaidi moga kalian juga dipermudahkan urusan oleh Allah.

Akhir kata kepada ke dua ibu bapa saya, Abdul Rahman bin Nik dan Ramlah binti Mohammad, dan juga adik beradik saya, mudah mudahan berkat doa kalian yang terus menerus menjadi kekuatan bagi diri untuk terus teguh dalam segala aspek cabaran yang mendatang. Sekian, *Jazakumullah Khoiron Katsiro wa khoiron jazaak* (Moga Allah memberi balasan yang teramat baik bagi kalian sekeluarga).

Muhd Nur Ismail B. Abdul Rahman.

Febuari 2014

ABSTRAK

Formasi Crocker dan Formasi Temburong merupakan endapan sedimen yang diendapkan di bawah arus turbidit laut dalam. Hasil daripada kajian fasies di bahagian Formasi Crocker dan Formasi Temburong terdapat enam fasies yang dapat dikenalpasti. Kajian di bahagian Formasi Crocker, mengumpulkan empat fasies yang dapat dibezakan. Antaranya ialah fasies 1 (F1: Lapisan T_a-T_b), fasies 2 (F2: Lapisan T_a-T_e), fasies 3 (F3: Lapisan T_b/T_c-T_e) dan fasies 4 (F4: Lapisan T_c-T_e). Kajian di bahagian Formasi Temburong pula, terdapat dua fasies yang dapat dibezakan. Antaranya ialah fasies 1 (F1: Lapisan T_b/T_c-T_e) dan fasies 2 (F2: Lapisan T_e/T_f). Mengikut tafsiran yang dibuat berdasarkan kajian fasies Formasi Crocker ditafsirkan sebagai fasies alur laut dalam, fasies lob, fasies levee dan fasies lob distal. Formasi Temburong pula hanya ditafsirkan sebagai fasies lob distal dan fasies dataran lembangan. Kajian fasies dan asosiasi fasies Formasi Crocker dan Formasi Temburong memberi gambaran bahawa sekitaran pengendapan bagi Formasi Crocker adalah di bahagian kipas tengah laut dalam, manakala sekitaran pengendapan bagi Formasi Temburong adalah di bahagian kipas luar laut dalam. Berdasarkan beberapa bukti dan pemerhatian lapangan, Formasi Crocker dan Formasi Temburong adalah berasal daripada sistem turbidit yang sama, tetapi berlaku perubahan fasies bagi kedua-dua formasi tersebut. Buktinya adalah seperti berikut: - a) Kewujudan struktur lapisan seperti lapisan membaji di beberapa lokaliti kawasan kajian seperti di lokaliti 5 dan halogilat. b) Kewujudan lapisan yang saling menjejari di lokaliti 16. c) Ketidakhadiran bukti ketakselarasan dan hiatus antara Formasi Crocker dan Formasi Temburong di kawasan kajian. Berdasarkan komposisi sedimen dan saiz butiran yang wujud, sumber sedimen Formasi Crocker dan Formasi Temburong adalah berasal daripada sistem delta. Oleh yang demikian dicadangkan Formasi Temburong diletakkan sebagai ahli dalam Formasi Crocker ataupun sebaliknya. Kajian diagenesis di bahagian kedua-dua formasi lebih kepada analisis mineral lempung autigenik. Antara mineral autigenik yang wujud di bahagian Formasi Crocker dan Formasi Temburong ialah smektik, ilit, ilit-smektik, kaolinit/dikit dan klorit. Mineral lempung ini dianalisis dengan menggunakan pembelauan sinar-x (XRD) dan mikroskop pengimbas elektron (SEM). Mineral-mineral ini sangat baik dalam memberi kesan pengurangan kepada keporosan.

ABSTRACT

FACIES ANALYSIS AND DIAGENESIS STUDY OF CROCKER AND TEMBURONG FORMATION IN TENOM, SABAH

The Crocker and the Temburong Formation were deposited in a deep marine environment by turbidity current. There are six facies have been identified from both formations. For the Crocker Formation, four facies can be distinguished, namely; facies 1 (F1 : Ta- Tb layers) , facies 2 (F2 : Ta- Te layer) , facies 3 (F3 : Tb / Tc- Te layers) and the facies 4 (F4 : Td- Te layer). Whereas the Temburong Formation consists of two facies, namely; facies 1 (F1: Tb / Tc- Te layers) and the facies 2 (F2: Te / Tf layers). Based on the facies analysis of the Crocker Formation, it is interpreted as submarine channel, ordinary lobe, distal lobe and levee. The Temburong formation is interpreted as distal lobe and basin plain. Facies association analysis of the Crocker and the Temburong Formation revealed that the depositional environment of the Crocker Formation was in the middle fan and depositional environment of the Temburong Formation was in the outer fan. Based on some evidences and field observations, the Crocker Formation and the Temburong Formation were deposited in the same turbidite system, however facies changes occurred between the formations. The evidences are: - a) the existence of wedge layer, b) the existence of inter-fingering, c) There is no evidence of unconformity existing between the Crocker Formation and the Temburong Formation in the study area. Based on the grain size of the sediment and its composition, the source of the sediment of the Crocker and the Temburong Formation was derived from a reworked deltaic system. Therefore, the Temburong Formation is proposed in this finding to be part of the Crocker Formation and vice versa. From diagenetic evidences, both formations contain autigenic clay such as smectite, illite, mix layer illite-smectite, kaolinite/dickite and chlorite. This autigenic clay was identified by using scanning electron microscope (SEM) and x-ray diffraction (XRD). Autigenic clays occlusions in sandstone are very important agent related to the reduction of porosity in sandstone diagenesis.

SENARAI KANDUNGAN

	Muka Surat
TAJUK	i
PENAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xiii
SENARAI RAJAH	xiv
SENARAI FOTO	xix
SENARAI FOTOMIKRO	xxii
BAB 1: PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	1
1.3 Kawasan Kajian	2
1.4 Geografi	6
1.4.1 Pengenalan	6
1.4.2 Geografi Kawasan Kajian	6
a. Iklim	6
b. Jumlah Penduduk	8
c. Vegetasi Sekitaran	9
d. Sistem Perhubungan dan Pengangkutan	9
e. Sosio-ekonomi	10
1.4.3 Topografi	11
1.4.4 Sistem Saliran	11
1.5 Permasalahan Kajian	14
BAB 2 : SOROTAN LITERATUR	15
2.1 Pengenalan	15
2.2 Rangka Tektonik	16
2.2.1 Tektonostratigrafi Kawasan Kajian	17

2.3 Geologi Am dan Stratigrafi Kawasan Kajian	23
2.3.1 Geologi Am	23
2.3.2 Stratigrafi	24
a. Formasi Crocker	25
b. Formasi Temburong	27
2.3.3 Struktur Tektonik	30
a. Analisis Lineamen Positif	31
b. Analisis Lineamen Negatif	31
c. Analisis Perlapisan	32
d. Analisis Sesar	32
e. Analisis Lipatan	33
f. Analisis Kekar	35
2.3.4 Kesimpulan	36
BAB 3: KAEDAH KAJIAN	37
3.1 Pengenalan	37
3.2 Kajian Awal	39
3.3 Kajian Lapangan	40
3.3.1 Persampelan Spesimen	40
3.3.2 Litologi	40
3.3.3 Arah Paleoarus	40
3.3.4 Analisis Struktur Sedimen	41
3.3.5 Analisis Struktur Tektonik	41
3.4 Kajian Makmal	43
3.4.1 Analisis Petrografi	43
a. Komposisi Batu Pasir	43
b. Tekstur	43
c. Kematangan dan Pengelasan Batu Pasir	44
d. Asalan Batu Pasir (Provenans)	46
3.4.2 Mineralogi Batu Pasir	47
a. SEM (Mikroskop Pengimbas Elektron)	48
b. XRD (Pembelauan Sinar-X)	48
3.4.3 Analisis Fosil	49

3.5	Analisis Data	49
3.5.1	Analisis Litolog	50
3.5.2	Analisis Paleoarus	50
3.5.3	Analisis Struktur	50
3.5.4	Analisis Petrografi	51
3.5.5	Analisis XRD, SEM dan petrofizik	51
3.6	Tafsiran Data	52
3.6.1	Analisis Fasies	52
	a. Geometri	53
	b. Litologi	53
	c. Struktur Endapan	54
	d. Fosil	54
	e. Paleoarus	55
	f. Model Sekitaran Pemandapan	55
BAB 4:	ANALISIS FASIES	57
4.1	Pengenalan	57
4.2	Unit Batuan	58
4.2.1	Formasi Crocker	58
4.2.2	Formasi Temburong	60
4.3	Analisis Fasies Formasi Crocker	61
4.3.1	Fasies 1 (F1: Lapisan T_a - T_b)	62
4.3.2	Fasies 2 (F2: Lapisan T_a - T_e)	68
4.3.3	Fasies 3 (F3: Lapisan T_b / T_c - T_e)	79
4.3.4	Fasies 4 (F4: Lapisan T_d - T_e)	85
4.4	Asosiasi Fasies Formasi Crocker	90
4.4.1	Asosiasi Alur laut dalam-levee	90
4.4.2	Asosiasi Lob-beralur	92
4.4.3	Asosiasi Lob Distal	94
4.5	Analisis Fasies Formasi Temburong	97
4.5.1	Fasies 1 (F1: Lapisan T_b / T_c - T_e)	97
4.5.2	Fasies 2 (F2: Unit T_e / T_f)	106
4.6	Asosiasi Fasies Formasi Temburong	110

4.6.1 Asosiasi Lob Distal	110
4.6.2 Asosiasi Dataran Lembangan	111
4.7 Usia dan Fosil	115
4.8 Analisis Paleoarus Formasi Crocker	118
4.8.1 Kesan Flut	118
4.9 Analisis Paleoarus Formasi Temburong	119
4.9.1 Flut	120
4.9.2 Gruf	120
4.9.3 Keputusan Keseluruhan	121
4.10 Korelasi	124
4.10.1 Korelasi 1	127
4.10.2 Korelasi 2	129
4.10.3 Korelasi 3	131
4.10.4 Korelasi 4	133
4.11 Analisis Sekitaran Pemendapan dan Cadangan Model Pemendapan	137
BAB 5: ANALISIS PETROGRAFI DAN DIAGENESIS	142
5.1 Pengenalan	142
5.2 Petrografi Batu Pasir Formasi Crocker	143
5.2.1 Kuarza	143
5.2.2 Feldspar	143
5.2.3 Matriks	144
5.2.4 Litos	144
5.3 Petrografi Batu Pasir Formasi Temburong	145
5.3.1 Kuarza	145
5.3.2 Feldspar	146
5.3.3 Matrik	146
5.3.4 Litos	146
5.4 Tekstur	150
5.4.1 Saiz Butiran	150

5.4.2	Bentuk butiran	153
5.4.3	Tentu aturan Butiran	153
5.5	Kematangan Batuan Klastik	154
5.5.1	Kematangan Keseluruhan	155
5.6	Pengelasan Batuan	155
5.7	Analisis Provenan	156
5.8	Diagenesis Batu Pasir Formasi Crocker	160
5.8.1	Pemadatan	160
5.8.2	Mineral Diagenesis	163
a.	Simen Kalsit	163
b.	Simen Kuarza	164
5.8.3	Feldspar Albitisasi	165
5.8.4	Mineral Lempung Autigenik	166
a.	Smektit	166
b.	Ilit/Smektit	167
c.	Ilit	167
d.	Kaolinit/dikit	168
e.	Klorit	168
5.9	Diagenesis Batu Pasir Formasi Temburong	173
5.9.1	Pemadatan	173
5.9.2	Mineral Diagenesis	175
a.	Simen Kalsit	175
b.	Simen Kuarza	175
5.9.3	Feldspar albitisasi	176
5.9.4	Mineral Lempung Autigenik	177
a.	Smektit	177
b.	Ilit/Smektit	178
c.	Ilit	178
d.	Kaolinit/dikit	179
e.	Klorit	179
5.10	Jujukan Paragenetik	185
5.10.1	Eodiagenesis (Sekitaran Pengendapan)	185

5.10.2 Mesodiagenesis (Penimbunan)	186
5.10.3 Telodiagenesis (Pengangkatan dan pendedahan)	188
BAB 6: KESIMPULAN	190
6.1 Pengenalan	190
6.2 Analisis Fasies Formasi Crocker dan Formasi Temburong	190
6.2.1 Formasi Crocker	190
6.2.2 Formasi Temburong	192
6.3 Perkaitan di antara Formasi Crocker dan Formasi Temburong	195
6.4 Sifat-sifat Diagenesis Formasi Crocker Dan Formasi Temburong	196
6.5 Cadangan	198
RUJUKAN	201



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

	Muka Surat
Jadual 1.1: Anggaran penduduk di kawasan kajian	8
Jadual 3.1: Spesifikasi peta yang digunakan dalam kajian	39
Jadual 3.2: Fotograf udara yang digunakan dalam kajian	39
Jadual 4.1: Perincian unit batuan Formasi Crocker mengikut unit hasil daripada kajian terdahulu	59
Jadual 4.2: Perincian unit batuan Formasi Temburong mengikut unit hasil daripada kajian terdahulu	61
Jadual 4.3: Terminologi jenis ketebalan lapisan batu pasir oleh Tucker (2000), kawasan yang ditandakan merah adalah ciri-ciri lapisan batuan bagi fasies 1	63
Jadual 5.1: Aspek petrografi yang dibincangkan dalam Formasi Crocker dan Formasi Temburong serta asalan batuan	148
Jadual 5.2: Analisis saiz butiran Formasi Crocker dengan pengiraan dan pemerhatian berdasarkan gabungan mata kasar dan hirisan nipis	151
Jadual 5.3: Analisis saiz butiran Formasi Temburong dengan pengiraan dan pemerhatian berdasarkan gabungan mata kasar dan hirisan nipis	151
Jadual 6.1: Penerangan ringkas fasies-fasies Formasi Crocker di kawasan kajian	194
Jadual 6.2: Penerangan ringkas fasies-fasies Formasi Temburong di kawasan kajian	195
Jadual 6.3: Perbezaan antara Formasi Crocker dan Formasi Temburong di lapangan	199

SENARAI RAJAH

	Muka Surat
Rajah 1.1: Peta menunjukkan lokasi kawasan kajian, yang bertanda merah	4
Rajah 1.2: Peta dasar kawasan kajian	5
Rajah 1.3: Purata hujan tahunan seluruh Sabah (Ihsan JMG, Sabah)	7
Rajah 1.4: Hyetograf menunjukkan data curahan hujan bulanan di bahagian Kemabong, Tenom bermula 22/10/2013 hingga 20/11/2013. (Ihsan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia)	7
Rajah 1.5: Peta topografi kawasan kajian menunjukkan ciri-ciri topografi dan perbezaan ketinggian kontur dalam kaki	12
Rajah 1.6: Peta saliran kawasan kajian menunjukkan jenis pola saliran yang dominan terbentuk adalah dalam bentuk dendrit	13
Rajah 2.1: Rangka struktur dan regim tegasan rantau kawasan Borneo menunjukkan sesar mendatar dan tektonisma transpresi (Balaguru & Hall, 2009)	17
Rajah 2.2: Batuan vulkanik yang menunjukkan jenis kalk-alkali berusia Kapur (Sanudin et al., 2010)	18
Rajah 2.3: Kehadiran lava basalt dikaitkan dengan pembukaan kerak lautan Mesozoik pada usia Kapur	21
Rajah 2.4: Pengendapan kipas turbidit (Formasi Crocker) berorientasi timur-barat	21
Rajah 2.5: Putaran Borneo sebanyak 52° dan proses subduksi dan mampatan yang kerap menyebabkan jaluran akreasi Rajang-Crocker terangkat	22
Rajah 2.6: Penyebaran sedimen laut cetek hasil peninggalan prisma akreasi. Adaptasi daripada Rangin et al (1990)	22
Rajah 2.7: Peta geologi Sabah (Yin 1985). Diadaptasi oleh Sanudin Tahir et al 2010)	24
Rajah 2.8: Cadangan turus stratigrafi julat usia antara Formasi	30

Crocker dan Formasi Temburong

Rajah 2.9:	(a) n= 90 bacaan (Bahagian Sipitang) Muhd Nur Ismail (2011), (b) (Bahagian Tenom). Nur Syahidah Ramli (2010)	31
Rajah 2.10:	(a) n= 99 bacaan (Bahagian Sipitang), Muhd Nur Ismail (2011), (b). (Bahagian Tenom). Nur Syahidah Ramli (2010)	31
Rajah 2.11:	(a) Analisis Perlapisan Formasi Temburong Kawasan Sipitang (Muhd Nur Ismail, 2011) (b) Analisis Perlapisan Formasi Crocker Kawasan Tenom (Nur Syahidah Ramli, 2010)	32
Rajah 2.12:	Analisis sesar sungkup dan sesar mendatar bagi Formasi Temburong Kawasan Sipitang (Nur Syahidah Ramli, 2010)	33
Rajah 2.13:	(a) Analisis lipatan bagi Formasi Temburong Kawasan Sipitang (Muhd Nur Ismail, 2011) (b) Analisis lipatan bagi Formasi Crocker Kawasan Tenom (Wan Mohd Hairi Affendi, 2008)	34
Rajah 2.14:	Arah tegasan (tunjaman) menunjukkan arah tegasan berorientasi timur-barat dan barat laut-tenggara	34
Rajah 2.15:	Analisis kekar Formasi Temburong Kawasan Sipitang (Nur Syahidah Ramli, 2010).	35
Rajah 2.16:	Penjelasan hubungan antara struktur di kawasan barat Sabah. Khususnya di kawasan kajian. Model peta diubahsuai daripada Rangin et al (1990)	36
Rajah 3.1:	Carta alir kaedah kajian	38
Rajah 3.2:	Peta menunjukkan lokasi persampelan di kawasan kajian	42
Rajah 3.3:	Hubungan antara jenis butiran dan kematangan batu pasir (Selley, 1995)	45
Rajah 3.4:	pengelasan segi tiga Pettijohn (1975)	46
Rajah 3.5:	Gambar rajah plot segi tiga Qm-Ft-Lt. Lapangan provenans Dickinson (1985)	47
Rajah 4.1:	Fasies 1 penerangan geometri lapisan batuan di bahagian bawah dan atas jujukan singkapan	64

Rajah 4.2:	Model arah arus yang berulang, menghasilkan struktur sedimen yang tertentu (diubahsuai daripada Pickering dan Hiscott, 1985)	73
Rajah 4.3:	Set litolog secara menegak bagi fasies 2 dan hubungannya dengan fasies 4 di lokaliti L6	78
Rajah 4.4:	Set litolog lengkap yang mewakili asosiasi fasies yang wujud di bahagian Formasi Crocker, tafsiran dan hubungannya dengan fasies yang lain. (a) Tafsiran fasies alur-levee dan distal lob, (b) Tafsiran lob distal dan (c) Tafsiran alur-levee	96
Rajah 4.5:	Set litolog fasies 1 Formasi Temburong di lokaliti L3, menunjukkan jujukan yang beritma, lapisan yang nipis dan sederhana serta menebal ke atas	103
Rajah 4.6:	Set litolog lengkap yang mewakili asosiasi fasies yang wujud di bahagian Formasi Temburong, tafsiran dan hubungannya dengan fasies yang lain. (a) Tafsiran fasies distal lob dan dataran lembangan, (b) Tafsiran lob distal	114
Rajah 4.7:	1-6 menunjukkan foraminifera planktonik jenis Globigerinoides sp	116
Rajah 4.8:	1-6 menunjukkan foraminiferabentik. 1) <i>Martinottiella rhumberi</i> (Cushman, 1936), 2) <i>Bathysiphon eocenicus</i> (Cushman dan Hanna, 1927), 3) <i>Nodosaria elegans</i> (Hantken, 1875), 4) <i>Elphidium</i> sp. cf. <i>E. leave</i> (D'orbigny, 1826), 5) <i>Trifarina labrum subbotina</i> , 6) <i>Bolivina</i> sp	117
Rajah 4.9:	(a) Corak arah arus struktur flut bagi fasies 2. (b) Corak arah arus struktur flut bagi fasies 3	119
Rajah 4.10:	(a) Corak arah arus bagi flut. (b) Corak arah arus bagi gruf	121
Rajah 4.11:	Gambar rajah ros menunjukkan arah arus utama di kawasan kajian. Bacaan pengukuran sebanyak 25	125
Rajah 4.12:	Tren arah arus yang dominan di kawasan kajian berdasarkan kajian dahulu dan sekarang.	123
Rajah 4.13:	Lokasi pengukuran set litolog dan korelasi dilakukan. Sebanyak 26 set litolog dihubungkan diukur secara menegak dan dikorelasikan secara mensisi.	125
Rajah 4.14:	Peta geologi yang menunjukkan manifestasi awal	126

taburan fasies bagi kedua-dua formasi berserta struktur tektonik. Tiada keratan rentas ditunjukkan

- Rajah 4.15: Korelasi di bahagian timur kawasan kajian berunjuran barat-timur sejauh 22 KM. Sebanyak 14 set litolog secara vertikal digunakan untuk korelasi. Penafsiran fasies bagi Formasi Crocker dan Formasi Temburong lebih terperinci 128
- Rajah 4.16: Korelasi di bahagian barat kawasan kajian mengunjur dari barat laut-tenggara sejauh 9 KM. Sebanyak 10 set litolog diukur dan dikorelasikan. Tafsiran fasies bagi kedua-dua Formasi Crocker dan Formasi Temburong dapat diperhatikan 130
- Rajah 4.17: Korelasi yang dibuat di bahagian barat kawasan kajian yang mengunjur dari utara ke selatan sejauh 9 KM. Sebaran fasies menunjukkan pengendapan di bahagian distal 132
- Rajah 4.18: Korelasi yang dibuat di bahagian Pangi-Tenom sejauh 10.9 KM. Kelihatan sebaran fasies Formasi Crocker di bahagian atas manakala sebaran fasies bagi Formasi Temburong adalah di bahagian bawah 134
- Rajah 4.19: Gambaran model kawasan kajian, dengan arah arus yang berarah dari barat daya ke timur laut. Tidak termasuk pengaruh tektonik 139
- Rajah 4.20: Cadangan Model sekitaran pengendapan bagi Formasi Crocker dan Formasi Temburong. Formasi Crocker diendapkan di bahagian kipas tengah laut dalam, manakala Formasi Temburong diendapkan di bahagian kipas luar laut dalam. (Model diubahsuai daripada Mutti (1992) 141
- Rajah 5.1: **(a)** Rajah pengelasan batuan Qt-Ft-Lt (Dickinson dan Suczeck, 1979) menunjukkan pemplotan sampel batu pasir Formasi Crocker dan Formasi Temburong di bahagian litos graiwak. **(b)** Rajah kematangan batuan Formasi Crocker dan Formasi Temburong menunjukkan ke arah kematangan tekstur bertambah 158
- Rajah 5.2: **(a)** Rajah pengelasan batuan segi tiga Qt-Ft-Lt bagi Formasi Crocker dan Formasi Temburong menunjukkan jenis batuan adalah di bahagian litos graiwak. **(b)** Analisis provenans menunjukkan Rajah pengelasan segi tiga Qm-Ft-Lt dan diplot dibahagian kitaran kuarzos iaitu sebahagian daripada orogen 159

kitar semula

Rajah 5.3:	Corak analisis pembelauan sinar-X (XRD) dalam udara kering bagi sampel H1 Formasi Crocker dan kehadiran mineral lempung autigenik di bahagian puncak masing-masing. Julat kehadiran mineral tersebut adalah berdasarkan piawaian (Ghazi dan Mountney, 2011)	169
Rajah 5.4:	Corak analisis pembelauan sinar-X (XRD) dalam udara kering bagi sampel H2 Formasi Crocker dan kehadiran mineral lempung autigenik khususnya dikit, ilit dan smektit di bahagian puncak masing-masing. Julat kehadiran mineral tersebut adalah berdasarkan piawaian (Ghazi dan Mountney, 2011)	170
Rajah 5.5:	Corak analisis pembelauan sinar-X (XRD) dalam udara kering bagi sampel R2 Formasi Temburong dan kehadiran mineral diagenesis seperti kuarza dan plagioklas feldspar (albit) serta mineral lempung autigenik khususnya dikit, ilit dan smektit di bahagian puncak masing-masing. Julat kehadiran mineral tersebut adalah berdasarkan piawaian (Ghazi dan Mountney, 2011)	180
Rajah 5.6:	Corak analisis pembelauan sinar-X (XRD) dalam udara kering bagi sampel L7 Formasi Temburong dan kehadiran mineral lempung autigenik khususnya ilit, ilit-smektit dan klorit di bahagian puncak masing-masing. Julat kehadiran mineral tersebut adalah berdasarkan piawaian (Ghazi dan Mountney, 2011)	181
Rajah 5.7:	Corak analisis (XRD), di bahagian sampel R5 menunjukkan kehadiran klorit dan pirit	182
Rajah 5.8:	Corak analisis (XRD), di bahagian sampel R4 menunjukkan kehadiran kaolinit	182
Rajah 5.9:	Jujukan paragenetik bagi Formasi Crocker dan Formasi Temburong menunjukkan peringkat-peringkat diagenesis masing-masing. Setiap ukuran masa menunjukkan pergerakan yang sama. Adaptasi daripada Worden dan Burley (2003)	189

SENARAI FOTO

Muka Surat

Foto 1.1:	(a) Menunjukkan topografi banjaran Crocker. Arah Pengambaran: Utara (b) Menunjukkan lapisan batuan membentuk perbukitan tinggi di kawasan kajian. Arah pengambaran:Timur Laut	3
Foto 1.2:	(a), (c) dan (d) Laluan keretapi sebagai jalan utama digunakan oleh penduduk dan kawasan cerapan di kawasan pedalaman. (b) Laluan jalan berturap yang menghubungkan dari Kota Kinabalu ke Tenom	10
Foto 4.1:	Lapisan beramalgamasi pada fasies 1 dengan ketebalan mencapai 1 meter. Lokaliti C1 di bahagian Empangan Pangi. Arah Pengambaran Barat	66
Foto 4.2:	Kehadiran lapisan nipis syal pada lapisan batu pasir yang beramalgamasi. Lokaliti H10 di KM 118 dari Stesen Rayoh. Arah Pengambaran Utara	66
Foto 4.3:	Geometri fasies 2 ditunjukkan oleh arah memuda (anak panah putih) dengan struktur alur	75
Foto 4.4:	a) Foto menunjukkan <i>scour</i> di bahagian bawah batu pasir yang bergranul. Anak panah menunjukkan arah arus. Skala: 14.8 cm. b) Unit T _b yang terdiri daripada laminasi selari. skala: 14.8 cm c) Unit T _c yang terdiri daripada laminasi silang. skala: 14.8 cm. d) Lapisan batuan yang menunjukkan jujukan Bouma yang agak lengkap kecuali unit T _d tidak kelihatan. Skala:14.8 cm	76
Foto 4.5:	a) Perlapisan bagi fasies 2. lapisan di bahagian bawah lebih tebal berbanding lapisan yang di bawah menunjukkan struktur alur. b) Struktur gruf pada bahagian bawah batu pasir. skala 10 cm. d) Foto menunjukkan fosil surih (anak panah berwarna kuning). Skala: 14.2 cm. e) Foto menunjukkan iknofasies jenis <i>cosmorhapse sp</i> (anak panah berwarna kuning). Skala: 14.8 cm. f) Foto menunjukkan klas lumpur yang terperangkap dalam lapisan batu pasir. g) Foto menunjukkan struktur flut dengan arah arus kuno ke arah timur laut. Skala: 10 cm. h) Foto menunjukkan struktur api.skala 14 cm	77
Foto 4.6:	Fasies 3-geometri singkapan batuan. Di kawasan Halogilat. Jujukan lapisan semakin menebal ke atas. Arah pengambaran: utara-selatan. Bacaan GPS: 05°15.643' U dan 115°49.552' T	83

Foto 4.7:	a) Foto menunjukkan lapisan batu pasir yang menunjukkan amalgamasi. b) Foto menunjukkan unit Bouma yang tidak lengkap unit yang terdedah adalah unit T_b dan unit T_c . Skala: 13 cm. c) Foto menunjukkan struktur flut dengan arah arus kuno. d) Foto menunjukkan struktur pengeluaran air. e) Foto menunjukkan pendedahan unit Bouma yang tidak lengkap, yang terdedah hanya unit T_c , T_d dan T_e . Skala: 13 cm. f) Foto menunjukkan fosil surih pada lapisan batu pasir. Skala: 13 cm	84
Foto 4.8:	Fasies 4- geometri lapisan batu pasir. Unit batuan terdiri daripada lapisan batu pasir nipis dan syal tebal. (a) Lokaliti H1, (b) Lokaliti L4, (c) Lokaliti L14	88
Foto 4.9:	a) Foto menunjukkan Jujukan lapisan batu pasir yang semakin menebal ke atas tetapi dalam keadaan menipis. Skala:13 cm. b) Foto menunjukkan jujukan unit Bouma yang tidak lengkap pada lapisan batuan. Skala: 2 cm. c) Foto menunjukkan fosil surih yang wujud pada lapisan batu pasir nipis. Skala:13 cm. Bacaan GPS: 05°15.643' U dan 115°49.552' T	89
Foto 4.10:	Sebahagian daripada singkapan asosiasi fasies alur-levee di lokaliti H1. Set jujukan alur terus bersambung dengan levee. Arah Pengambaran: utara-selatan. Skala: 1.65 meter. Bacaan GPS: 05°15.643' U dan 115°49.552' T	92
Foto 4.11:	Sebahagian daripada singkapan asosiasi fasies lob-beralur di kawasan kajian. Jujukan beralur terus bersambung ke arah lob tanpa melalui levee. Arah pengambaran: Barat	94
Foto 4.12:	Jujukan peralihan menebal ke atas (JTA) dalam keadaan skala yang lebih nipis daripada lob biasa. Jujukan ini dinamakan sebagai lob distal hasil daripada progradasi sedimen lob ke depan iaitu di hujung lob. Arah pengambaran: utara-selatan	95
Foto 4.13:	Fasies 1- geometri lapisan. Unit batuan mempunyai lapisan yang hampir seragam dalam keadaan beritma. Bacaan GPS: 05°06.831' U dan 115°54.440' T. Lokaliti T2	101
Foto 4.14:	Struktur flut bersaiz sederhana yang melimpah di bahagian unit batu pasir sederhana. Lokaliti H5. Arah Pengambaran: Utara. Bacaan GPS: 05°14.288' U dan 115°50.636' T	101
Foto 4.15:	a) Foto menunjukkan pembahagian unit Bouma yang	104

tidak lengkap. skala: syiling. **b)** Foto menunjukkan struktur gruf. Skala: 13 cm. **c)** Foto menunjukkan unit T_c terdapat struktur konvolut yang menggantikan laminasi silang. Skala: 13 cm. **d)** Foto menunjukkan pembahagian unit Bouma yang tidak lengkap. Yang wujud hanya unit T_a , T_c , T_d dan T_e . **e)** Foto menunjukkan fosil surih secara menegak. skala 13 cm. **f)** Foto menunjukkan kesan proud

- Foto 4.16: **a)** dan **b)** Fasies 2-geometri lapisan dengan unit syal dan batu pasir nipis. **c)** dan **d)** Foto menunjukkan perlapisan unit batuan dengan keadaan batu pasir dalam skala yang nipis. skala:13 cm. **e)** Foto menunjukkan lapisan batu lodak yang wujud bersama dengan batu pasir. **f)** Foto menunjukkan pembahagian unit Bouma yang tidak lengkap iaitu unit T_c dan T_e . skala:13 cm. **g)** dan **h)** Foto menunjukkan struktur biogeni dan korekan organisma secara mendatar pada lapisan batu pasir halus. Skala: 13 cm 105
- Foto 4.17: **a)** dan **b)** Fasies 2-geometri singkapan batuan, lapisan syal yang melimpah, masing-masing bacaan GPS: (a) $05^{\circ}00.453' U$ dan $115^{\circ}51.147' T$ dan (b) $05^{\circ}14.897' U$ dan $115^{\circ}50.054' T$. **c)** Foto menunjukkan unit batu pasir halus yang wujud di antara lapisan syal tebal. Skala:13 cm. **d)** Foto menunjukkan lapisan batu lodak yang wujud tetapi agak jarang di antara lapisan syal yang tebal. Skala:20 cm 109
- Foto 4.18: **(a)** Asosiasi fasies lob distal di lokaliti T2, jujukan lapisan beritma dengan lapisan yang hampir seragam. Bacaan GPS: $05^{\circ}06.831' U$ dan $115^{\circ}54.440' T$ **(b)** Asosiasi fasies dataran lembangan dengan kandungan syal yang lebih dominan daripada batu pasir di lokaliti L5. Arah Penggambaran: Timur laut 113
- Foto 4.19: Lapisan membaji yang wujud pada lapisan Formasi Crocker, dengan keadaan fasies Formasi Temburong menyelit masuk ke dalam fasies Formasi Crocker seakan-akan berulang. Keadaan ini menjelaskan berlakunya perubahan fasies antara kedua-dua fasies ini. Arah Penggambaran: Barat Laut-Timur Laut 135
- Foto 4.20: **(a)** menunjukkan unit syal (Formasi Temburong) berjejari dengan unit berpasir (Formasi Crocker) di lokaliti 16 **(b)** menunjukkan lapisan Formasi Crocker tidak mempunyai sempadan dengan Formasi Temburong 136

SENARAI FOTOMIKRO

	Muka Surat
Fotomikro 5.1: Komposisi mineral batuan dalam Formasi Crocker. Qm=Kuarza mono hablur, Qp=Kuarza poli hablur, Mt=Matrik, Lt=Litos	145
Fotomikro 5.2: Komposisi mineral batuan dalam Formasi Temburong. Qm=Kuarza mono hablur, Qp=Kuarza poli hablur, Mt=Matrik, Lt=Litos	147
Fotomikro 5.3: Saiz butiran batu pasir Formasi Crocker bersaiz kasar dan sederhana. Gambar menunjukkan komposisi bernikol silang dan bernikol rata	152
Fotomikro 5.4: Saiz butiran batu pasir Formasi Crocker bersaiz halus dan lodak. Gambar menunjukkan komposisi bernikol silang dan bernikol rata. Jujukan bergred mengkasar ke atas dalam batu lodak	152
Fotomikro 5.5: Saiz butiran batu pasir Formasi Temburong bersaiz halus dan lodak. Gambar menunjukkan komposisi bernikol silang dan bernikol rata	153
Fotomikro 5.6: (a) Mineral kuarza berlaku retakan mikro (b) Penyimenan oleh simen kalsit. Sampel L14. Gambar menunjukkan komposisi bernikol silang dan bernikol rata	161
Fotomikro 5.7: Foto menunjukkan Pembengkokan mineral mika akibat pepadatan (XPL dan PPL). Sampel H1	161
Fotomikro 5.8: (a) Persentuhan mineral secara tangen. (b) Persentuhan mineral secara panjang dan (c) Persentuhan secara cembung-cekung. Foto di sebelah kiri bernikol silang (XPL) dan sebelah kanan bersatah rata (PPL)	162
Fotomikro 5.9: Simen kalsit yang mengikat antara butiran kuarza. Foto di sebelah kiri dalam keadaan bernikol silang (XPL) manakala di sebelah kanan bersatah rata (PPL)	163
Fotomikro 5.10: Simen kuarza yang termendak di celah butiran. Anak panah menunjukkan kawasan yang disimen oleh simen kuarza	165
Fotomikro 5.11: Perubahan plagioklas feldspar kepada albit. Anak panah menunjukkan sempadan berlakunya	166