

**GEOLOGI AM DAN PENCIRIAN GEOMEKANIK BATUAN FORMASI CROCKER UNTUK
KESESUAIAN SEBAGAI BAHAN BINAAN DI KAWASAN PENAMPANG-INANAM**

MOHD TAUFIK BIN KHALID

**DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**PROGRAM GEOLOGI
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2014



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

222291

ARKIB
PUMS 99



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: GEOLOGI AM DAN PENCIRIAN GEOMEKANIK BATUAN FORMASI
CROCKER UNTUK KESESUAIAN SEBAGAI BAHAN BINAAN DI
KAWASAN PENAMPANG - INANAM, SABAH

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN
GEOLOGI

SAYA: MOHD TAUFIK B. KHALID SESI PENGAJIAN: 2011/2014
(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 hakmilik 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

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

[Signature]
(TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh IRULAIN BINTI ISMAIL
LIBRARIAN
[Signature]
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat tetap: W3CA1, JLN 2, KG
MELAYU RAYA, 85000
SEGAMAT, JOHOR.

EN RODEAND HJ. RUSLEE
NAMA PENYELIA

Tarikh: 18/6/2014

Tarikh: 18/6/2014

Catatan :-

- * Potong yang tidak berkenaan.
- * Jika tesis ini SULIT atau 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)

PERPUSTAKAAN UMS




UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

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

15 MEI 2014

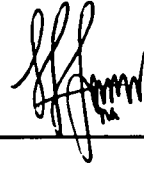

MOHD TAUFIK BIN KHALID

DIPERAKUKAN OLEH

1. PENYELIA

(EN RODEANO HJ ROSLEE)

TANDATANGAN



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'En Rodeano Hj Roslee', is written over a solid horizontal line.

PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada semua pihak yang telah terlibat dalam usaha saya untuk menyiapkan penulisan disertasi ini. Kejayaan ini adalah disokong oleh sekumpulan pensyarah-pensyarah, pegawai-pegawai jabatan kerajaan, pembantu makmal serta rakan-rakan seperjuangan.

Pertama sekali, saya merakamkan setinggi penghargaan kepada penyelia disertasi ini iaitu Encik Rodeano Roslee kerana telah memberikan bimbingan dan tunjuk ajar serta nasihat yang bernas terhadap ujikaji-ujikaji yang telah dilakukan. Selain itu, dengan bantuan beliau juga, masalah-masalah yang dihadapi dapat diselesaikan dengan mudahnya atas bimbingan beliau. Jasa dan tunjuk ajar beliau akan sentiasa diingati.

Selain itu, ucapan penghargaan juga ditujukan kepada para pensyarah program Geologi Universiti Malaysia Sabah yang telah memberikan tunjuk ajar dan ilmu iaitu Prof. Dr. Sanudin Hj Tahir, Prof. Shariff A. K. Omang, Prof. Dr. Felix Tongkul, Prof. Madya. Dr. Baba Musta, Dr. Ismail Abdul Rahim, Pn. Hjh Hennie Fitria Wulandary Soehardy E., Pn. Hazerina Pungut, En Sahat Sadikun, Encik Junaidi Asis, En. Mohamed Ali Yusof dan En Hardianshah Salleh. Bantuan yang telah diberikan amatlah dihargai.

Jutaan penghargaan juga diucapkan kepada kedua ibu bapa saya iaitu En Khalid Hj Mohamed dan Puan Sainam Hj Rahmat atas segala dorongan semasa saya mempunyai masalah dan halangan dalam menyiapkan penulisan disertasi ini. Selain itu, dorongan juga turut diberikan oleh adik beradik saya iaitu En Solihin Khalid, Encik Mohd Rahmat Khalid, Cik Mariah Khalid dan Mohd Harizal Khalid kerana banyak menyumbangkan modal kepada saya semasa bekerja lapangan serta membukukan disertasi ini.

Seterusnya, jasa kakitangan-kakitangan Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia Cawangan Sabah, Jabatan Pemetaan Negara dan Jabatan Kerja Raya Cawangan Sabah juga tidak dilupakan. Jutaan terima kasih dan penghargaan atas data-data yang telah diberikan serta bantuan yang sepenuhnya.



ABSTRAK

Kawasan kajian terletak di Pantai Barat Sabah dalam di kawasan sekitar Kota Kinabalu iaitu kawasan Inanam hingga ke Penampang yang mempunyai keluasan 100 kilometer persegi dan disempadani garis lintang $05^{\circ}53'U$ hingga $05^{\circ}57'U$ dan garis bujur $116^{\circ}05'T$ hingga $116^{\circ}11'T$. kajian ini mempunyai beberapa objektif seperti mengkaji latar belakang geologi dan mengemaskini peta geologi terkini, menganalisis pencirian geomekanik batuan dari segi perspektif ujian-ujian batuan agregat di kawasan kajian dan juga menilai tahap kesesuaian batuan di kawasan kajian sebagai potensi bahan binaan. Kawasan kajian terdiri daripada Formasi Crocker dan Aluvium Kuarteneri. Formasi Crocker adalah berusia Eosen Atas hingga Miosen Bawah yang terdiri daripada empat unit batuan iaitu unit syal kelabu, unit syal merah, unit batu pasir tebal dan unit batuan selanglapis antara batu pasir dengan syal. Melalui analisis petrografi, kandungan mineral kuarza merupakan mineral yang major dalam batu pasir iaitu 58%-59% manakala kandungan matrik adalah yang kedua terbanyak iaitu 21%-23%, serpihan batuan 10%-17% manakala feldspar sebanyak 4%-8%. Analisis lineaman yang telah dilakukan menunjukkan bahawa arah canggaan yang bertindak ke atas kawasan kajian adalah Barat Laut – Tenggara. Ujian-ujian geomekanik pula seperti ujian beban titik, ujian lelasan Los Angeles, ujian nilai impak agregat dan 10% nilai halus menunjukkan sampel batu pasir K1 adalah paling kuat dan diikuti dengan ujian ketahananlasakan dan ujian nilai pecah agregat menunjukkan sampel batu pasir H2 merupakan yang paling kuat dan ujian mampatan ekapaksi menunjukkan sampel batu pasir S1 adalah yang paling kuat. Kesemua ujian memberikan nilai yang berada dalam piawaian Jabatan Kerja Raya dan sesuai untuk dijadikan potensi bahan binaan.

ABSTRACT

The study area is located in Kota Kinabalu area which is along Inanam to Penampang covering an area approximately about 100 kilometre square and bounded by the latitude $05^{\circ}53'N$ to $05^{\circ}57'N$ and longitude $116^{\circ}05'E$ to $116^{\circ}11'E$. The objectives of this research are to study the geological background and produce latest geological map, to analyse rock goemechanics characterization in perspective of rock aggregate tests on study area and to assess the suitability of rocks in study area as potential construction materials. The study consists of the Crocker Formation and the Quarternary Alluvium. The Crocker Formation aged from Late Eocene to Early Miocene consists of four rock units include grey shale, red shale, thick sandstone and interbedded sandstone with shale. From petrographic analysis, quartz is the dominant mineral in sandstone that is 58%-59% followed by matrix compound that is 21%-23%. Other compound are rock fragment 10%-17% and feldspar about 4%-8%. Structural geology analysis of the lineamen shows the direction of tectonism is Northwest – Southeast. In geomechanics test such as point load test, Los Angeles abrasion test, aggregate impact value and 10% fines value show sandstone sample that is K1 is the toughest followed by the slake durability test and aggregate crushing value shows sandstone sample that is H2 is the toughest and the uniaxial compression strength show that sandstone sample that is S1 is the toughest. All the tests give values that can be implement on the standard of Public Work Department and suitable to be used as construction materials.



KANDUNGAN

	Halaman
SENARAI KANDUNGAN	VII
SENARAI JADUAL	X
SENARAI RAJAH	XI
SENARAI FOTO	XII
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	2
1.3 kepentingan kajian	2
1.4 Kawasan Kajian	2
1.5 Kajian Literatur	5
1.5.1 Geologi Am	5
1.5.2 Kejuruteraan Batuan	6
1.6 Kaedah Kajian	8
1.6.1 Persediaan Awal dan Perancangan Kajian	8
1.6.2 Kajian Lapangan	9
1.6.3 Analisis Makmal	10
1.6.4 Analisis dan Tafsiran Data	24
1.6.5 Penulisan Disertasi	24
1.7 Masalah Kajian	25
BAB 2 GEOGRAFI DAN GEOMORFOLOGI	
2.1 Pengenalan	26
2.2 Geografi	26
2.2.1 Iklim	26
2.2.2 Sistem Perhubungan	28
2.2.3 Demografi	31

2.2.4	Kegiatan Ekonomi	32
2.3	Geomorfologi	34
2.3.1	Topografi	35
2.3.2	Sistem Saliran	38
2.4	Proses Geomorfologi	41
2.4.1	Hakisan	41
2.4.2	Luluhawa	43
2.4.3	Susutan Darat	43

BAB 3 GEOLOGI AM DAN STRATIGRAFI

3.1	Pengenalan	48
3.2	Evolusi Tektonik Rantau	49
3.3	Stratigrafi	53
3.3.1	Stratigrafi Sabah	53
3.3.2	Stratigrafi Kawasan Kajian	56
3.4	Litologi Kawasan Kajian	58
3.4.1	Formasi Crocker	58
3.4.2	Endapan Alluvium	67
3.5	Geologi Struktur	68
3.5.1	Analisis Lineamen	70
3.5.2	Analisis Lapisan	73
3.5.3	Analisis Lipatan	75
3.5.4	Analisis Sesar	77
3.5.5	Analisis Kekar	78

BAB 4 ANALISIS GEOMEKANIK BATUAN

4.1	Pengenalan	80
4.2	kajian Makmal	80
4.2.1	Petrografi Batuan	80

4.2.2	Ujian Beban Titik	86
4.2.3	Ujian ketahananlasakan batuan	90
4.2.4	Ujian Serapan Air	91
4.2.5	Ujian Spesifik graviti	92
4.2.6	Ujian Lelasan Los Angeles	93
4.2.7	Ujian Indeks penyerpihan	94
4.2.8	Ujian Nilai Impak Agregat	95
4.2.9	Ujian Pecah Agregat	96
4.2.10	Ujian 10% Nilai Halus	97
4.2.11	Ujian Kekuatan Mampatan Ekapaksi	99
BAB 5 PEBINCANGAN DAN KESIMPULAN		
5.1	Pengenalan	102
5.2	Rumusan Hasil Kajian Lapangan	102
5.3	Rumusan Kajian Makmal	103
5.3.1	Petrografi	103
5.3.2	Pencirian Geomekanik Batuan	104
5.4	Signifikasi Korelasi Pencirian geomekanik Formasi Crocker	107
5.4.1	Hubungan Antara Ujian ketahananlasakan Batuan Dengan Luluhawa	107
5.4.2	Hubungan Antara Ujian Beban Titik Dengan Ujian Lelasan Los Angeles	108
5.4.3	Hubungan Antara Ujian Penyerapan air Dengan Ujian Indeks Kekepingan	109
5.4.4	Hubungan Ujian Nilai Pecah Agregat Dengan Ujian Nilai Impak Agregat	109
5.5	Pemiawaian pencirian geomekanik Batuan Formasi Crocker	110
5.6	Cadangan	112
5.7	Kesimpulan	113
RUJUKAN		114

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
1.1	Sifat-sifat kekuatan batuan	13
1.2	Pengelasan ketahananlasakan batuan kitaran kedua.	15
1.3	Ringkasan pengelasan batuan berdasarkan nilai UCS.	18
4.1	Gambar analisis petrografi	81
4.2	Peratusan mineral dalam analisis petrografi	82
4.3	Pengelasan sifat-sifat kekuatan batuan	87
4.4	Nilai ujian kekuatan beban titik dan pengelasan	88
4.5	Pengelasan indeks ujian ketahananlasakan batuan	90
4.6	Peratusan indeks ketahananlasakan batuan	90
4.7	Peratusan ujian kadar serapan air	91
4.8	Nilai ujian spesifik graviti batuan	92
4.9	Peratusan indeks penyerpihan	94
4.10	Peratusan nilai indeks penyerpihan batuan agregat batuan	95
4.11	Pengelasan nilai impak agregat batuan	96
4.12	Peratusan nilai ujian impak agregat batuan	96
4.13	Peratusan nilai pecah agregat batuan	97
4.14	Nilai Ujian 10% nilai halus	98
4.15	Ringkasan Pengelasan batuan berdasarkan nilai ujian ekapaksi	99
5.1	Nilai yang diperolehi hasil ujian-ujian yang dilakukan	106
5.2	Nilai ujian-ujian yang diperolehi dan piawaian oleh JKR	111

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Halaman	
1.1	Kedudukan kawasan kajian di dalam peta Sabah.	3
1.2	Peta dasar kawasan kajian.	4
1.3	Carta aliran menunjukkan lima peringkat kaedah kajian yang digunakan dalam penghasilan disertasi.	8
1.4	Pengelasan batu pasir oleh Pettijohn	11
1.5	Mekanisma ujian beban titik batuan	12
2.1	Purata tahunan suhu bagi kawasan Kota Kinabalu, Sabah	27
2.2	Purata taburan hujan tahunan bagi kawasan Kota Kinabalu, Sabah	28
2.3	Jaringan pengangkutan kawasan kajian.	30
2.4	Jumlah taburan penduduk mengikut pecahan kaum bagi daerah Penampang pada 2010	31
2.5	Peta topografi yang menunjukkan perbezaan ketinggian kawasan Kajian	37
2.6	Sistem saliran kawasan kajian	40
3.1	Kedudukan plet-plet tektonik utama di rantau Asia Tenggara	51
3.2	Evolusi tektonik Sabah	52
3.3	Peta geologi Sabah	33
3.4	Ringkasan stratigrafi Sabah	55
3.5	Peta unit batuan kawasan kajian	57
3.6	Stratigrafi kawasan kajian	58
3.7	Peta geologi struktur	69
3.8	Lineaman positif kawasan kajian berdasarkan peta <i>terrain google</i>	70
3.9	Analisis lineaman positif	71
3.10	Lineaman negatif kawasan kajian	72
3.11	Analisis lineaman negatif	73
3.12	Analisis lapisan kawasan kajian	74

3.13	Analisis lipatan antiklin	76
3.14	Analisis lipatan sinklin	77
3.15	Analisis sesar sungkup	78
3.16	Analisis kekar kawasan kajian	79
4.1	Kematangan sampel batu pasir Formasi Crocker	84
4.2	Pengelasan batu Pasir	85

SENARAI FOTO

No. Foto		Halaman
1.1	Alatan yang digunakan untuk ujian beban titik batuan	12
1.2	Alatan yang digunakan untuk ujian ketahananlasakan batuan	15
1.3	Alatan yang digunakan untuk ujian sepuluh peratus nilai hancur	16
1.4	Alatan yang digunakan untuk ujian kekuatan mampatan unipaksi	17
1.6	Alat yang digunakan untuk ujian penyerapan air	19
1.7	Alatan yang digunakan untuk ujian graviti tentu	19
1.8	Alatan yang digunakan untuk ujian indeks kekepingan	20
1.9	Alatan yang digunakan untuk ujian nilai impak agreget	22
1.10	Alatan yang digunakan untuk ujian nilai pecah agreget	23
1.11	Alatan yang digunakan untuk ujian lelasan los angeles	24
2.1	Jalanraya utama di kawasan kajian	29
2.2	Jalan raya kecil	29
2.3	Bangunan Balai Polis dan Penyelamat Penampang	32
2.4	Pasar raya besar di bandar Donggongan	33
2.5	Deretan kedai di bandar Donggongan	33
2.6	Kawasan pembuatan dan industri di kawasan kajian	34
2.7	Sebahagian kawasan kajian yang menunjukkan kawasan topografi rendah	35
2.8	Kawasan Topografi Tinggi di kawasan kajian	36
2.9	Anak sungai yang berada di kawasan perumahan	38
2.10	Sungai utama iaitu Sungai Moyog di Kg Kibabaig	39
2.11	Kolam yang berada di Kg Tanaki	39
2.12	Hakisan jenis lembar	42
2.13	Hakisan alur	42

2.14	Luluhawa fizikal akibat perubahan suhu	44
2.15	Luluhawa fizikal jenis pengelupasan bawang	44
2.16	Luluhawa kimia yang menunjukkan pengoksidaan	45
2.17	Pokok yang tumbuh di celahan batu	46
2.18	Foto yang menunjukkan jatuhnya puing	47
3.1	Unit batu pasir tebal	59
3.2	Selanglapis batu pasir dan syal	60
3.3	Unit syal kelabu	61
3.4	Unit syal merah	62
3.7	Fosil surih jenis spirorphae	63
3.8	Struktur beban yang berada di bawah lapisan batu pasir	64
3.9	Struktur flut.	65
3.5	Laminasi selari	66
3.6	Laminasi silang yang berada di kawasan kajian	66
3.10	Kawasan endapan alluvium yang berada di kawasan yang Rendah	67
3.11	Lapisan selang lapis batu pasir dengan syal	74
3.12	Lipatan antiklin	75
3.13	Lipatan antiklin yang berada di kawasan kajian	76

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Penulisan disertasi ini merupakan projek tahun akhir Program Geologi dan menjadi suatu prasyarat yang telah ditetapkan oleh pihak Universiti Malaysia Sabah untuk memperoleh Ijazah Sarjana Muda Kepujian dalam bidang yang diceburi. Tajuk yang dicadangkan adalah Geologi Am dan Pencirian Geomekanik Batuan Formasi Crocker Untuk Kesesuaian Sebagai Bahan Binaan Di Kawasan Penampang-Inanam, Sabah. Kajian ini melibatkan dua cabang geologi yang utama iaitu geologi am dan geologi kejuruteraan.

Kajian geologi am di kawasan kajian merangkumi kajian mengenai litostratigrafi dan geomorfologinya. Kajian ini dilakukan in situ di kawasan kajian. Kajian geologi kejuruteraan menjurus kepada pencirian geomekanik batuan Formasi Crocker. Ia merangkumi kajian yang menentukan kesesuaian dan kekuatan batuan agregat di kawasan kajian untuk digunakan sebagai bahan binaan. Ia termasuk ketahananlasakan dan kemampuan sampel agregat untuk menahan daya yang dikenakan seperti lelasan batuan dan gilapan batuan. Sebagai contoh, penggunaan batuan agregat sebagai batuan agregat jalan. Batuan agregat tersebut mempunyai nilai lelasan agregat yang rendah dan mempunyai nilai batuan tergilap yang tinggi bagi memastikan jalanraya yang dibina tidak mudah retak atau berlubang.



1.2 Objektif Kajian

Antara objektif-objektif kajian yang utama adalah:

- a. Mengkaji latar belakang geologi dan mengemaskini peta geologi terkini di kawasan kajian.
- b. Menganalisis pencirian geomekanik batuan dari segi perspektif ujian-ujian batuan agregat di kawasan kajian.
- c. Menilai tahap kesesuaian batuan di kawasan kajian sebagai potensi bahan binaan.

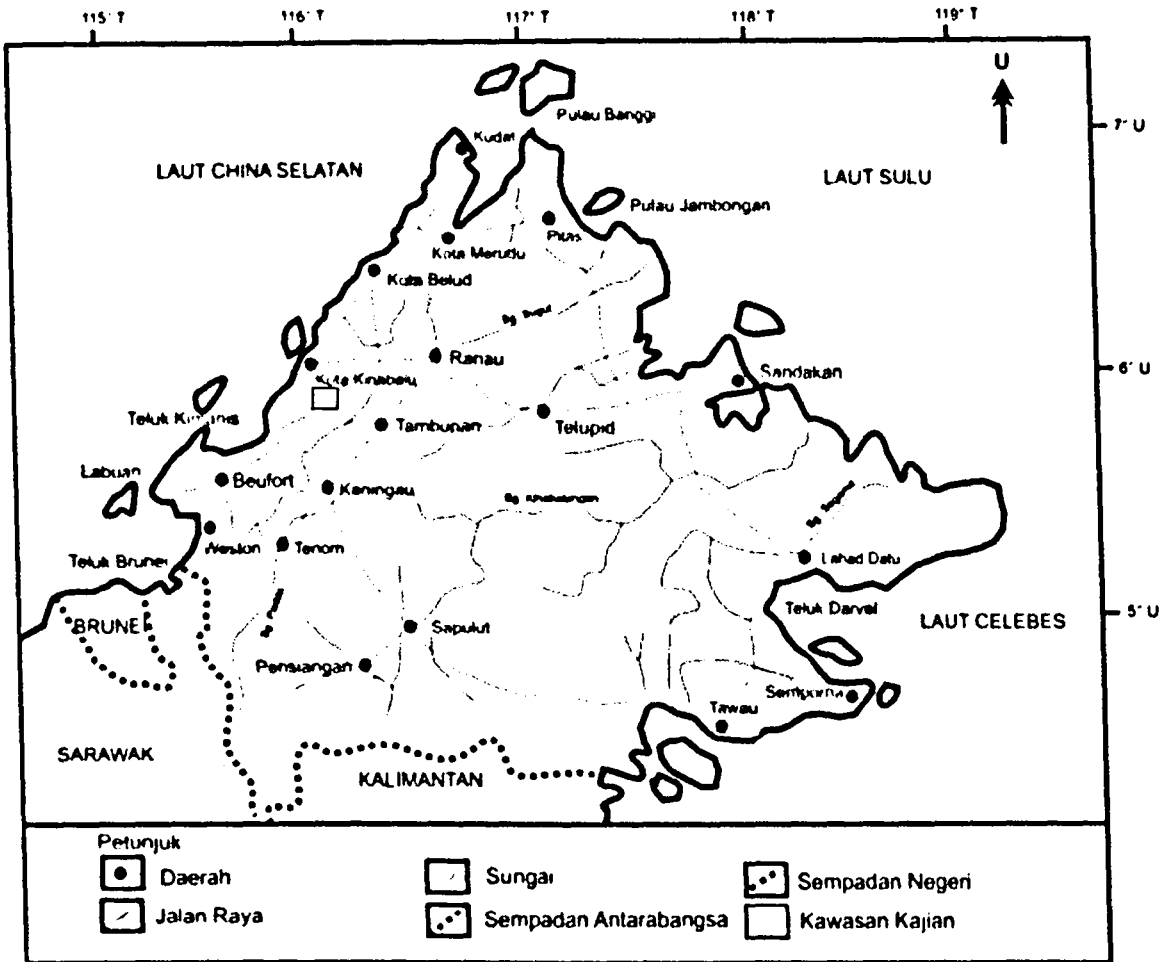
1.3 Kepentingan Kajian

Antara kepentingan kajian yang utama adalah:

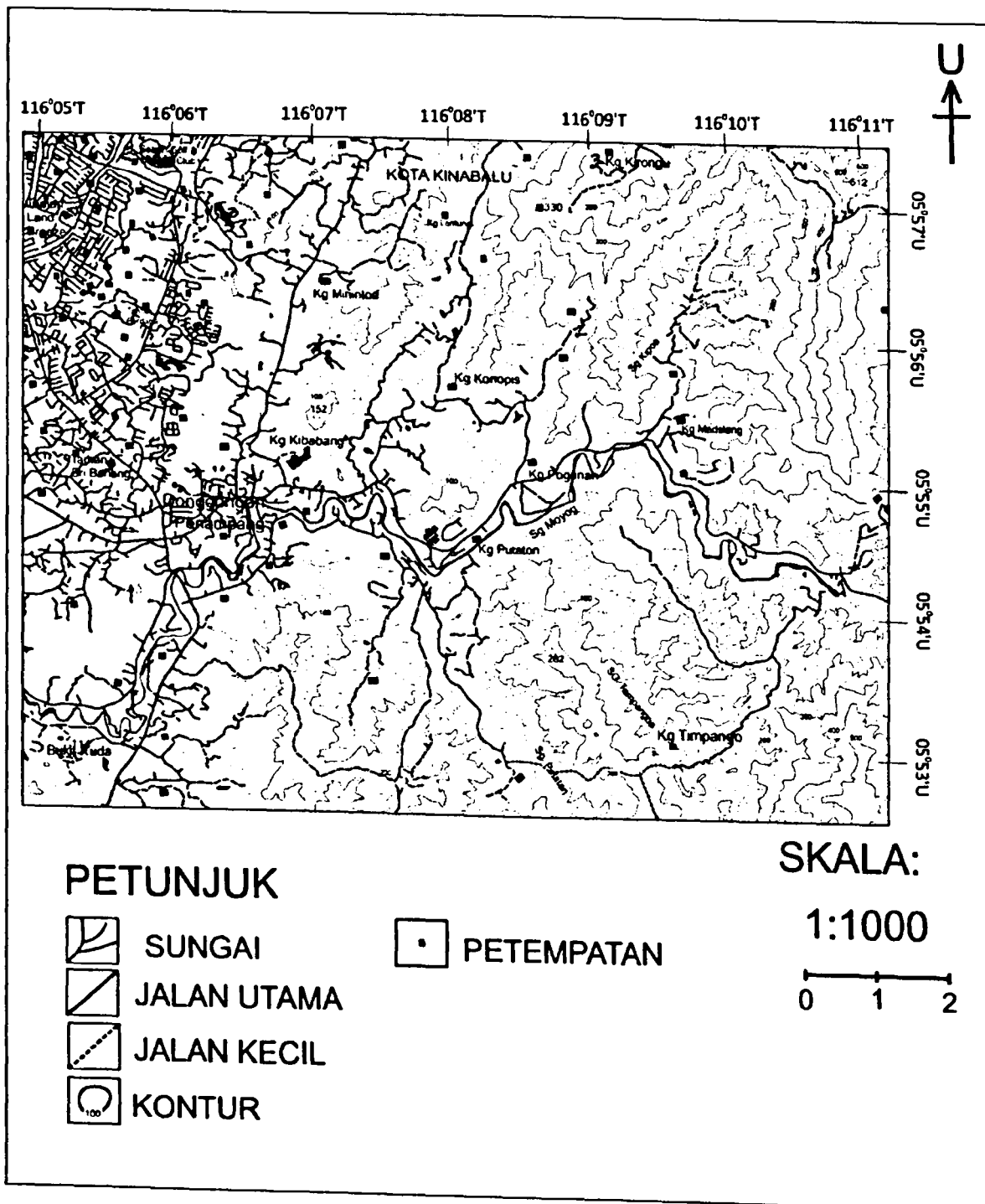
- a. Untuk memperbaharui peta geologi kawasan kajian memandangkan kawasan kajian membangun dengan pesat.
- b. Untuk mengenalpasti sama ada batuan di kawasan kajian mempunyai potensi untuk dijadikan bahan binaan.

1.4 Kawasan Kajian

Lokasi kawasan kajian terletak di sekitar Kota Kinabalu iaitu dari Inanam hingga ke Penampang di pantai Barat Sabah (Rajah 1.1). Kawasan kajian ini berada pada garis lintang dari $05^{\circ} 53' U$ hingga $05^{\circ} 57' U$ dan garis bujur $116^{\circ} 05' T$ hingga $116^{\circ} 11' T$ (Rajah 1.2). Keluasan kawasan kajian yang adalah lebih kurang 100 kilometer persegi. Dari segi geografinya, majoriti kawasan kajian merupakan kawasan yang berbukit-bukau iaitu bertopografi tinggi. Selain itu, kawasan kajian merupakan kawasan beriklim tropika yang mana panas dan lembap sepanjang tahun menjadikan batuan di kawasan kajian agak mudah untuk terluluhawa. Oleh itu persampelan yang betul haruslah dilakukan.



Rajah 1.1 Kedudukan kawasan kajian di dalam peta Sabah.



Rajah 1.2 Peta dasar kawasan kajian.

1.5 Kajian Literatur

Kajian literatur dibahagikan kepada dua bahagian, iaitu bahagian geologi am dan bahagian geologi kejuruteraan.

1.5.1 Geologi Am

Geologi am kawasan kajian adalah terdiri daripada Formasi Crocker dan endapan aluvium. Usia formasi kawasan kajian ini dianggarkan bermula dari awal Eosen hingga Miosen bawah.

Menurut Collenette (1958), Formasi Crocker merupakan endapan *flysh* jenis turbidit yang berusia dari Eosen lewat ke awal Miosen. Beliau juga menyatakan bahawa Formasi Crocker terdiri daripada sedimen klastik tertier. Beliau juga telah membahagikan litologi batuan Formasi Crocker kepada beberapa unit batuan iaitu batu pasir masif, batu lumpur, syal kelabu dan syal merah.

Bowen dan Wright (1960) telah membahagikan Formasi Crocker kepada dua bahagian iaitu Crocker Barat dan Crocker Timur. Sempadan antara kedua-dua bahagian dalam Formasi Crocker susah dibezakan kerana sempadan antara kedua-dua formasi ini tidak dapat dinyatakan dengan jelas.

Stauffer (1968) yang telah membuat kajian di sekitar Penampang hingga Kampung Moyog mendapati Formasi Crocker di kawasan tersebut terdiri daripada batuan bersedimen klastik yang meliputi sebahagian besar bahagian barat Sabah.

Jacobson (1970) telah membahagikan unit batuan Formasi Crocker kepada lapisan batu pasir nipis hingga masif, batu lumpur, syal merah dan kelabu serta argilit. Beliau juga mentafsirkan bahawa formasi ini terbentuk daripada arus turbidit termendap di sekitaran laut dalam.

Dalam kajian Tongkul (1987), beliau telah membahagikan unit Kota Kinabalu kepada empat bahagian utama iaitu syal merah, syal kelabu, batu pasir masif dan batu pasir-syal. Selain itu, beliau juga menganggarkan ketebalan endapan Formasi Crocker yang tersingkap adalah kira-kira 600 meter. Selain itu, menurut Tongkul (1991), kawasan Pantai Barat Sabah mempunyai corak struktur dan tektonik yang bertren timur laut- tenggara adalah hasil daripada pembukaan aktif lembangan Laut China Selatan pada masa Oligosen Lewat hingga Miosen Tengah.

Tajul Anuar Jamaluddin (1989) menyatakan bahawa Formasi Crocker umumnya dapat ditafsirkan sebagai persekitaran endapan fasies *flysch* laut dalam, diendapkan oleh arus turbidit berdasarkan kehadiran struktur-struktur primer yang ditemui.

Basir *et al.* (1991) telah mengkaji mengenai Formasi Crocker di kawasan Pun Batu, Sabah. Beliau telah menjumpai banyak foraminifera planktonik yang berusia Eosen Lewat dalam sampel syal merah. Ia dipercayai mengendap pada sekitaran yang dipengaruhi oleh arus turbidit kipas laut dalam dan lembangan

Sanudin & Baba (2007) menyatakan bahawa jujukan turbidit di Formasi Crocker merupakan sebahagian daripada sedimen klastik yang mengalami canggaan kuat Miosen Tengah dan membentuk tulang belakang Banjaran Crocker, iaitu asalan penamaan asal bagi formasi ini. Gaya strukturnya didominasi oleh lipatan asimetrik yang kuat umumnya ketat, dan tertunjam ke arah utara-barat laut.

Endapan aluvium merupakan endapan Kuartern, endapan ini terdiri daripada kelikir, pasir, lodak dan lempung.

1.5.2 Kejuruteraan Batuan

Menurut ISRM (1977), kandungan kelembapan diukur sebagai sebahagian integral untuk pengukuran kekuatan mampatan batuan. Kandungan kelembapan merupakan kesan utama iaitu cecair dari lubang pori bergerak dalam batuan dan menyebabkan perubahan dan kesan yang lain (Hudson dan Harisson, 1997).

Bowen (1984) menyatakan bahawa kuari yang sedia ada dan kawasan yang terdedah perlu dikaji dan jika penggalian dijalankan, batuan yang dikeluarkan haruslah tidak melebihi kapasiti.

Franklin dan Dusseault (1989) menyatakan bahawa geologi kejuruteraan batuan adalah kajian mekanik batuan yang berkait dengan pemahaman terhadap sifat dan tingkahlaku batuan serta tindakbalas batuan terhadap beban atau daya.

Hudson (1992) pula menyatakan bahawa tukul Schmidt adalah untuk mengukur kekerasan lantunan pada batuan di mana pengukuran ciri-ciri batuan adalah berdasarkan kesan elastik tidak sempurna antara dua jasad yang diwakilkan oleh tukul dan permukaan sampel batuan.

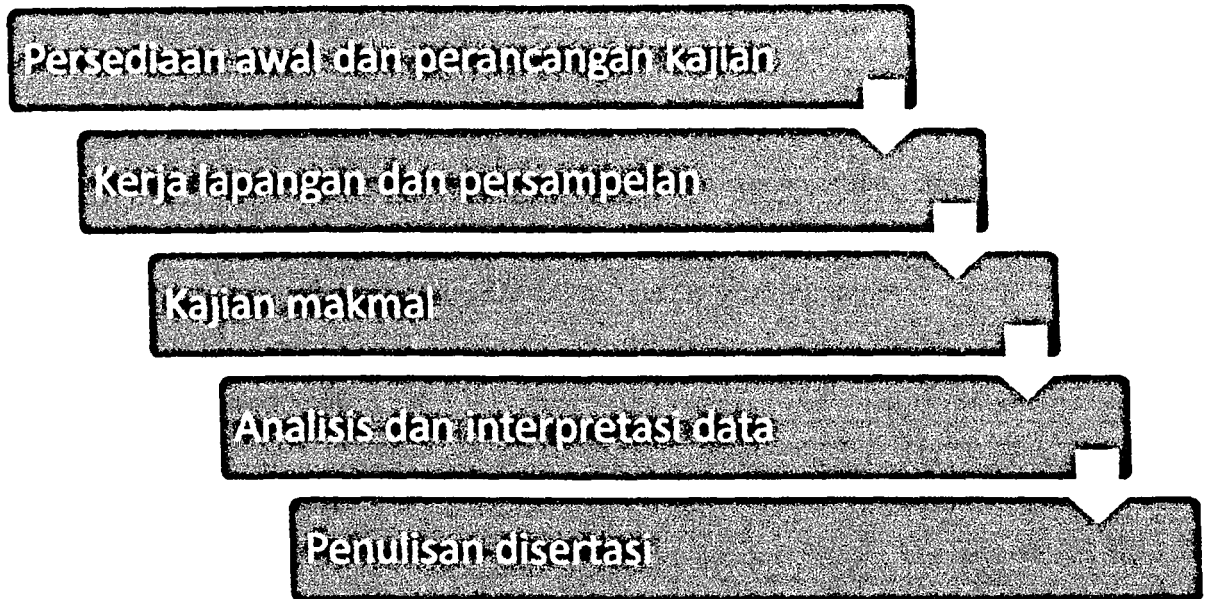
Bell (1997) menyatakan bahawa sifat kejuruteraan batuan banyak dipengaruhi oleh aspek seperti ketentuaturan butiran dan juga saiz butiran.

Hudson & Ulusay (2007) menyatakan bahawa kekerasan dan ketahanan kepada lelasan batuan bergantung kepada jenis dan kualiti mineral yang terdapat pada batuan dan juga kekuatan ikatan yang wujud di antara butiran-butiran batuan.

Ramamurthy (2007) menyatakan bahawa mekanik batuan merupakan teori dan sains gunaan terhadap tingkah laku batuan dan ia merupakan cabang mekanik dengan tindakbalas batuan terhadap daya dan sekitaran fizikalnya.

1.6 Kaedah Kajian

Untuk mencapai objektif dan menyempurnakan kajian yang dilakukan, kaedah kajian dibahagikan kepada lima peringkat (Rajah 1.3).



Rajah 1.3 Carta aliran menunjukkan lima peringkat kaedah kajian yang digunakan dalam penghasilan disertasi.

1.6.1 Persediaan Awal dan Perancangan Kajian

Dalam persediaan dan perancangan awal kajian, beberapa peringkat kajian telah dilakukan iaitu kajian literatur dan penghasilan peta dasar kawasan kajian.

a. Rujukan Literatur

Kajian literatur dilakukan untuk mendapatkan gambaran secara kasar dan memahami sedikit sebanyak mengenai stratigrafi dan struktur batuan yang terdapat di kawasan kajian melalui kajian terdahulu sebelum ke lapangan. Sumber rujukan adalah termasuk jurnal-jurnal, laporan tahunan, tesis-tesis pelajar dan buku rujukan di perpustakaan. Bahan rujukan ini diperolehi dari Universiti Malaysia Sabah, perpustakaan Sekolah Sains

dan Teknologi di Universiti Malaysia Sabah, Jabatan Mineral dan Geosains dan laman sesawang. Bahan-bahan ilmiah yang terkini haruslah dititikberatkan berbanding yang lama kerana terdapatnya penambahan maklumat baru dan pembetulan teori kajian terdahulu.

b. Penyediaan Peta Dasar

Penyediaan peta dasar adalah untuk kemudahan semasa di lapangan. Ia menunjukkan tempat yang berpotensi untuk ada singkapan di kawasan kajian seperti jalan yang merentasi kontur dan sungai. Penambahan atau pembetulan peta jalan dilakukan dengan merujuk foto udara, "Google Earth" dan semasa ke lapangan.

1.6.2 Kajian Lapangan

a. Persediaan awal

Sebelum ke lapangan, terdapat beberapa peralatan yang perlu disediakan. Peralatan adalah seperti kompas, GPS, tukul geologi, kamera, pencodok tanah, beg plastik, lensa tangan, peta dasar dan buku catatan.

b. Pemetaan

Tujuan adalah untuk membantu dalam mengetahui keadaan kawasan kajian dari peta dan menghasilkan peta yang terbaru. Pencerapan lapangan yang dilakukan adalah seperti penandaan jalan-jalan baru, mengenalpasti litologi, dan memetakan geologi struktur seperti sesar, kekar, lipatan dan lapisan.

c. Persampelan

Semasa kajian di lapangan dijalankan, beberapa sampel batuan haruslah diambil untuk tujuan kajian yang lebih terperinci di makmal. Sebagai contoh, pengambilan sampel batuan digunakan untuk kajian petrografi yang dapat menentukan mineral dalam sampel

RUJUKAN

- Basir Jasin, Sanudin Hj. Tahir dan Tating, F.F., 1991. Late Eocene Planktonic Foraminifera From The Crocker Formation, Pun Batu Sabah. *Warta Geologi*, **17** (4), 187-191.
- Bell, F.G., 1997. *Engineering Geology*. Elsevier Ltd. United State of America.
- Bowen, J. M. & Wright, J. A. 1957. Geology of Crocker Range and Adjoining Areas. In Leichiti (phyt.), *Geological Sarawak, Brunei and NW Sabah*. Brt. Terr. Borneo. Geo. Survey Dept.
- British Standard 812, 1990. *Method of test for rock for civil engineering purposes*. Part 110 B.S.I, London.
- Collenette. P., 1957. *The Geology and Mineral Resources of The Jesselton-Kinabalu Area, North Borneo*. Brit. Borneo Geol. Survey Dept., Memoir 6. m.s. 194.
- Franklin, J.A. & Dusseault, M.B. 1989. *Rock Engineering*. Mcgraw Hill, New York.
- Haile, N. S., 1961. The Cretaceous-Cenozoic Northwest Borneo Geosyncline. *Proceedings of the British Borneo Geological Conference 1961*. Geol. Survet Dept. Brit. Terr. In Borneo: 1-2.
- Hamilton, W. 1979. *Tectonic Map of Indonesian Region*. Miscellaneous Investigation Series, Map 1-875 D. Scale 1 : 25000 U.S. Geological Survey.
- Hudson, J.A. 1992. Rock Characterization: ISRM Symposium, Eurock 92. *British Geotechnical Society*. United Kingdom, 14 – 17.
- Hudson, J.A. & Harrison, J.D. 1997. *Engineering Rock mechanics*. Elsevier Ltd. Netherlands.
- Hudson, J.A. & Ulusay, R., 2007. The Complete ISRM Suggested Methods For Rock Characterization, Testing And Monitoring: 1974 – 2006. Ankara, Turkey.
- Hutchinson, C. S., 1989. Geological Evolution of southeast Asia. *Oxford Monographs on Geology and Geophysics No. 13*. Clarendon Press, Oxford.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM), 1985. Suggested Method for Determining point load strength. *International Journal of Rock Mechanic & Mining Science* 22(2), pp. 53-60.
- Jacobson, G., 1970. *Gunong Kinabalu area, Sabah, Malaysia*. Sabah: Geological Survey Malaysia Report 8.
- Pettijohn, F.J. 1995. *Sedimentary Rocks*. 3rd Edition. Harpper & Row Publisher, New York, 628 p.

- Ramamurthy, T., 2007. *Engineering in Rocks for Slopes, Foundations and Tunels*. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Rangin, C., Bellon, H. Benard, F., Letouzey, J., Muller, C. and Sanudin, T. 1990. Neogene Arc-continental collision in Sabah, Northern Borneo (Malaysia). In: Balaguru, A., Nicholas, G. & Hall, R., 200. Tertiary Stratigraphy and Basi Evaluation of Southern Sabah : Implication for the Tectono-Stratigraphic Evolution of Sabah, Malaysia. *Geological Society Malaysia* **47**.
- Sanudin T., Baba M. 2007. *Pengenalan kepada stratigrafi*. Penerbit UMS, Sabah.
- Smith, M. R. & Collis, L., 2001, *Agregates, 3rd edition, Geological Society Engineering, Geology Spesial Publication*, London, **No: 17**, 339 p.
- Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2005. Standard Specification For building Works. Cawangan Jalan Ibu Pejabat Jabatan Kerja Raya. Kuala Lumpur. JKR 20800-132-23.
- Jabatan Kerja Raya Malaysia, 2008. Standard Specification For Road Works. Cawangan Jalan Ibu Pejabat Jabatan Kerja Raya. Kuala Lumpur. JKR/SPJ/2008-S4.
- Stauffer, P. H. 1968. Studies in Crocker Formation, Sabah. Borneo Region Malaysia Geological Survey Bulletin, Vol 8.
- Tajul Anuar Jamaluddin, 1989. Struktur sedimen dalam Formasi Crocker di kawasan Tamparuli, Sabah. *Geo. Soc. Malaysia, Bull.* **24**, 135-157.
- Tan, D. N. K., & Lamy, J. M., 1990. *Tectonic Evolution of The NW Sabah Continental margin Since The Late Eocene*. Geol. Soc. Malaysia, Bulletin 27: 237-251.
- Tjia. H.D., 1987. *Geomorfologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Tongkul, F., 1987. The sedimentological and Structure of the West Crocker Formation in the Kota Kinabalu Area, Sabah. Dlm: William, A. G., Lambiase, J., J., Back, S., Jamiran, M. K., 2002. *The Sedimentology of the Jalan Sulaman and Bukit Melinsung Outcrops, Western Sabah*. Geological Society Malaysia **47**.
- Tongkul, F., 1991. Tectonics Evolution of Sabah, Malaysia. *Journal of Souteast Asian Earth Science* **6** (3/4), 395-405.
- Tongkul, F., 2000. *Sedimentologi*, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Yin, E., H., 1985. *Geological Map of Sabah, East Malaysia, 3rd Edn*. Geol. Surv. Malaysia.