

**GEOLOGI AM DAN SIFAT KEJURUTERAAN BATUAN VOLKANIK
DI KAWASAN APAS-BALUNG, TAWAU, SABAH**

MUHAMMAD RIDZUAN BIN CHE DIN

**FAKULTAS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

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

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

2014



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: GEOLOGI AM DAN SIFAT KOKORUTERAAN BATUAN VOLKANIK DI KAWASAN APAS BALUNG, TAWAU, SABAH.

IAJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS (KEPUNJIAN) (GEOLOGI)

SAYA: MUHAMMAD RIDZUAN BIN CHE DIN
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2014

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

[Signature]
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat tetap: NO 11 A, JALAN 4/34,
BANDAR BARU RANGU,
43650 SELANGOR.

Tarikh:

19/6/2014

Disahkan oleh

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

[Signature]
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

M. HJH. HAZWIG PITRA W. SOBHADY E.
NAMA PENYELIA

Tarikh:

19/6/2014

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 Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM)

PERPUSTAKAAN UMS



* 1000357675 *



UMS

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENAKUAN

Saya akui bahawa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri dan ia belum dihantar ke mana-mana untuk mana-mana penganugerahan atau dikemukakan dalam pencalonan untuk mana-mana ijazah yang lain. Segala bentuk maklumat yang diperoleh samada kerja yang diterbitkan atau tidak diterbitkan oleh telah diakui dan dijelaskan sumbernya dalam rujukan.



MUHAMMAD RIDZUAN BIN CHE DIN
(BS11110400)

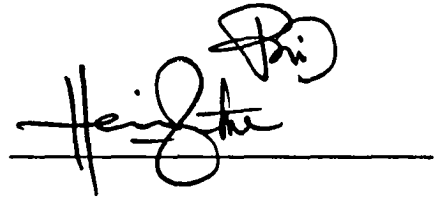
18 JUN 2014

DIPERAKUKAN OLEH

TANDATANGAN

1. PENYELIA

PN. HAJJAH HENNIE FITRIA WULANDARY
SOEHADY ERFEN

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hennie Fitri', is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a circular flourish above the name.

PENGHARGAAN

Alhamdulillah....setinggi-tinggi kesyukuran ke hadrat Illahi kerana dengan limpah rahmat dan kurniaNya yang Maha Kuasa, Projek Sarjana Muda ini dapat disiapkan juga akhirnya.

Setinggi penghargaan ditujukan kepada Puan Hajjah Hennie Fitria Wulandary Soehady Erfen selaku penyelia bagi projek ini. Jutaan terima kasih yang tidak terhingga diucapkan atas segala bimbingan, idea, dan berkat kesabaran beliau dalam memberi nasihat dan panduan dari awal hinggalah akhir penyiapan Projek Sarjana Muda ini. Segala jasa dan pengorbanan yang telah diberikan serta masa yang diluangkan oleh beliau amatlah saya hargai.

Tidak dilupakan kepada para pensyarah geologi yang lain, Prof. Dr. Sanudin Hj. Tahir, Prof. Dr. Felix Tongkul, Prof. Dr. Shariff AK Omang, Prof. Madya Dr. Hj. Baba Musta, Dr. Ismail Abd Rahim, En. Sahat Sadikun, En. Rodeano Roslee, Puan Hazerina Pungut, En. Mohamed Ali Yusof dan En. Junaidi Asis yang bertungkus lumus mengajar dan membimbing saya sepanjang pengajian.

Sejuta penghargaan diucapkan kepada kedua ibu bapa saya, Che Din Md Akir dan Maizatul Akmal Binti Sahudin dalam banyak memberikan sokongan secara bantuan wang ringgit, bimbingan, nasihat dan doa mereka yang tidak putus-putus supaya Tuhan memudahkan saya dalam membuat kajian lapangan dan penghasilan disertasi ini. Terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan.

Ribuan terima kasih juga ditujukan kepada demonstrator dan semua kakitangan bukan pengajar, En. Jalaludin, En. Sanin, En. Alim Shah, Puan Arshalina, dan Cik Lyssa yang secara tidak langsung memberikan bantuan dalam bentuk peminjaman peralatan geologi, peta, penggunaan mikroskop dan sebagainya bagi saya menyiapkan disertasi ini.

Akhir sekali, terima kasih kepada semua pihak yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam memberikan kerjasam dalam pelaksanaan projek ini. Terima kasih.

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk membincangkan sifat-sifat kejuruteraan batuan vulkanik iaitu batuan basalt, batuan andesit dan batuan dasit yang dikawal oleh gred luhawa III dan IV. Kawasan kajian terletak di sepanjang kawasan Apas-Balung, Tawau yang dibatasi oleh garis latitud $04^{\circ} 19' U$ sehingga $04^{\circ} 25' U$ dan garis longitud $118^{\circ} 02' T$ sehingga $118^{\circ} 08' T$ dengan anggaran keluasan 100 km persegi. Kawasan kajian meliputi tiga unit batuan iaitu batuan andesit dan batuan dasit yang berusia Pliosen, batuan olivin basalt yang berusia Lewat Pleistosen dan endapan aluvium Kuarternari. Puncak tertinggi terletak di Utara kawasan kajian dengan ketinggian 300 m dari aras laut selain daripada Bukit Kawa yang berketinggian 274m. Kawasan kajian disaliri tiga sungai utama iaitu Sungai Balung, Sungai Kawa dan Sungai Nasib Kita. Analisis geologi struktur menunjukkan tren canggaan berarah Timur Laut – Barat Daya. Hasil analisis makmal menunjukkan peratus kandungan kelembapan yang tinggi pada andesit dengan 0.30 – 1.37%, dasit dan basalt dengan 0.33 – 1.01% dan 0.10 – 0.14% masing-masing pada gred III dan IV. Ketumpatan basalt bagi kedua-dua gred dikelaskan sebagai tinggi dengan nilai sebanyak 2.74 – 2.70 g/cm³ manakala andesit dan dasit dikelaskan sebagai sederhana dengan ketumpatan masing-masing diantara 2.50 – 2.23 g/cm³ dan 2.43 – 2.37 g/cm³. Keporosan andesit dan dasit menunjukkan julat 1.11 – 2.60 % dan 1.18 – 2.34% yang mana kedua-dua sampel dikelaskan sebagai rendah manakala basalt dengan keporosan ber julat 0.36 – 0.46% dikelaskan sebagai sangat rendah. Kekerasan pula menunjukkan julat bacaan 60.8 – 52.2 bagi basalt (tersangat keras) dan 47.3 – 40.1 bagi dasit (sangat keras) bagi kedua-dua gred luhawa. Batuan andesit pula dikelaskan sangat keras bagi gred III dengan nilai kekerasan sebanyak 49.4 dan keras pada gred IV dengan 40.1. Nilai kekuatan mampatan unipaksi menunjukkan julat 234.00 – 213.12 MPa bagi basalt dan 192.56 – 107.76 MPa bagi dasit dimana pengelasan kekuatan adalah masing-masing tersangat kuat dan sangat kuat. Gred III batuan andesit dikelaskan sebagai sangat kuat dengan nilai kekuatan mampatan unipaksi sebanyak 196.69 MPa manakala gred IV dikelaskan kepada kuat dengan nilai kekuatan sebanyak 96.57 MPa. Basalt menunjukkan kekuatan yang paling tinggi disebabkan susunan butirannya yang rapat dan padat, tekstur butiran yang lebih seragam diikuti kandungan kelembapan dan keporosan yang rendah serta ketumpatan dan kekerasan yang paling tinggi antara ketiga-tiga sampel. Batuan dasit juga menunjukkan kekuatan lebih tinggi daripada andesit disebabkan kandungan minerologinya yang mengandungi peratusan kuarza yang lebih banyak daripada andesit sebanyak 27%. Kuarza secara amnya lebih stabil dan tahan terhadap tindakan luhawa menghasilkan pembentukan mikroretakan yang sedikit berbanding batuan andesit yang kaya dengan plagioklas yang secara amnya tidak stabil dan mudah terluhawa menjadi mineral lempung secara tidak langsung merendahkan kekuatan batuan. Kesimpulannya, peningkatan kandungan kelembapan dan keporosan serta penurunan ketumpatan dan kekerasan sampel mampu menurunkan kadar kekuatan batuan. Perubahan pada kelima-lima parameter ini adalah sangat berkait rapat dengan kandungan mineral, susunan antara butiran, pembentukan mikroretakan dan peningkatan kadar luhawa pada sampel batuan.

ABSTRACT

This study was conducted to discuss the engineering properties of volcanic rocks which are basalt, andesite and dacite controlled by the weathering grade of III and IV. The study area is located along the Apas-Balung area, Tawau bounded by latitude 04° 19' N to 04° 25' N and longitude 118° 02' E to 118° 08' E with an estimated area of 100 km square. The study area covers three rock units of andesite and dacite volcanic rocks aged Pliocene, olivine basalt volcanic rocks aged Late Pleistocene and also Quarternary alluvium deposit. The highest peak is located in the North of the study area with an altitude of 300 m above sea level other than Mount Kawa with the height of 274 m. The study area is drained by three main rivers, the Balung River, Kawa River and Nasib Kita River. Structural geology analysis shows that the deformation trend is from Northeast to Southwest. Laboratory analysis shows the highest moisture content in andesite 0.30 – 1.37% followed by dacite and basalt with 0.33 – 1.01% and 0.10 – 0.14% for both grade III and IV respectively. The density of basalts rock for both grade are classified as high grade with a value of 2.74 – 2.70 g/cm³, while andesite and dacite classified as medium density respectively between 2.50 – 2.23 g/cm³ and 2.43 – 2.37 g/cm³. Porosity of andesite and dacite shows the range of 1.11 – 2.60% and 1.18 – 2.34%, which the two samples are classified as low porosity, while basalt with porosity ranging 0.36 – 0.46% classified as very low porosity. Hardness test showed a range of 60.8 - 52.2 for basalt and 47.3 - 40.1 for dacite in both weathering grade respectively which can be classified as extremely hard for basalt and very hard for dacite. Andesitic rocks are classified into two hardness classification, one is very hard for grade III shows the hardness of 49.4 and hard for grade IV at 40.1 range. Uniaxial compressive strength values show the range of 234.00 – 213.12 MPa for basalt and 192.56 – 107.76 MPa for dacite which can be classified as extremely strong and very strong, respectively. Grade III andesite is classified as very strong with the uniaxial compressive strength of 196.69 MPa while grade IV classified into strong with the strength of 96.57 MPa. Basalt shows the highest strength due to the arrangement of the grain and particle are close and dense, more uniform grain texture followed by the low moisture content and low porosity and also has the highest value of density and hardness among the three samples. Dacite also showed higher strength than andesite due its mineralogy content containing 27% of quartz more than andesite. Quartz is generally more stable and resistant to weathering resulting in the formation of microfractures, compared from andesite which is rich in plagioclase, are generally not stable and easily weathered into clay minerals which lowers the strength of the rocks. In conclusion, the increase in moisture content and porosity and also the decrease in density and hardness of the sample can reduce the strength of the rock. The changes of these parameters are very closely related with mineral content, the grain arrangement, formation of microfractures and the increasing rate of weathering on rock samples.

SENARAI KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xiii
SENARAI FOTO	xv
SENARAI FOTOMIKROGRAF	xvii
SENARAI SIMBOL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Objektif Kajian	1
1.3 Lokasi Kawasan Kajian	2
1.4 Kaedah Kajian	4
1.4.1 Kajian Awal	4
1.4.2 Kerjalapangan dan Persampelan	5
1.4.3 Kajian Makmal	8
a. Analisis Petrografi	8
b. Analisis Kejuruteraan Batuan	10
i. Analisis Kandungan Kelembapan Batuan, ω (%)	10
ii. Analisis Keporosan Batuan, n (%)	10
iii. Analisis Ketumpatan Batuan, ρ	12
iv. Ujian Beban Titik (ISRM, 1985)	13
v. Ujian Kekerasan Batuan (ISRM, 1981)	15
c. Analisis Mikrostruktur (SEM)	17

1.4.4	Analisis dan Pentafsiran Data	18
1.4.5	Penulisan Disertasi	18
1.5	Kajian Terdahulu	19
1.5.1	Geologi Am	19
1.5.2	Geologi Kejuruteraan Batuan	20
1.6	Masalah Kajian	22
 BAB 2 GEOGRAFI DAN GEOMORFOLOGI		23
2.1	Pengenalan	23
2.2	Geografi	23
2.2.1	Iklm dan Suhu	24
2.2.2	Populasi Penduduk	25
2.2.3	Kegiatan Ekonomi	27
2.2.4	Sistem Perhubungan	30
2.4	Geomorfologi	32
2.3.1	Topografi	33
2.3.2	Sistem Saliran	35
2.3.3	Proses-proses Geomorfologi	38
a.	Luluhawa	38
i.	Luluhawa Fizikal	38
ii.	Luluhawa Kimia	39
iii.	Luluhawa Biologi	41
b.	Pergerakan Jisim	42
i.	Jatuhan Batuan	42
c.	Hakisan	43
 BAB 3 GEOLOGI AM DAN STRATIGRAFI		44
3.1	Pengenalan	44
3.2	Evolusi Tektonik Rantau	45
3.3	Evolusi Tektonik Sabah	48
3.4	Stratigrafi	50
3.4.1	Stratigrafi Rantau	50

3.4.2	Stratigrafi Tempatan	51
3.5	Aktiviti Igneus	54
3.6	Unit Batuan	56
3.6.1	Batuan Dasit	56
3.6.2	Batuan Andesit	57
3.6.3	Batuan Basalt	58
3.6.4	Endapan Kwartemari	60
3.7	Pengelasan Batuan	60
3.7.1	Batuan Basalt	60
3.7.2	Batuan Andesit	62
3.7.3	Batuan Dasit	63
3.7.4	Pengelasan Batuan Vulkanik	65
3.8	Geologi Struktur	66
3.8.1	Lineamen	66
3.8.2	Kekar	71
3.8.3	Kesimpulan Analisis	72
 BAB 4 SIFAT KEJURUTERAAN BATUAN VOLKANIK		73
4.1	Pengenalan	73
4.2	Hasil Analisis Makmal	77
4.2.1	Kandungan Kelembapan Batuan	78
4.2.2	Ketumpatan Batuan	81
4.2.3	Keporosan Batuan	83
4.2.4	Kekuatan Batuan	86
4.2.5	Kekerasan Batuan	92
 BAB 5 PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN		95
5.1	Pengenalan	95
5.2	Perbincangan	95
5.2.1	Perbandingan Antara Sifat Fizikal Batuan Vulkanik	95
5.2.2	Perkaitan Antara Kelembapan, Ketumpatan dan Keporosan Batuan Vulkanik	97

5.2.3	Pengaruh Kelembapan, Ketumpatan Serta Keporosan Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Batuan	102
5.3	Kesimpulan	109
5.3.1	Geografi dan Geomorfologi	109
5.3.2	Geologi Am dan Stratigrafi	110
5.3.3	Sifat Kejuruteraan Batuan Vulkanik	110
	a. Batuan Basalt (VB)	110
	b. Batuan Andesit (VA)	111
	c. Batuan Dasit (VD)	111
	d. Rumusan	112
5.4	Cadangan	113
	RUJUKAN	114
	LAMPIRAN	118

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Muka Surat
1.1	Pengelasan gred batuan terluluhawa diubahsuai dari Irfan & Dearman (1978)	6
1.2	Pengelasan batuan terluluhawa (Guyer, 2010)	7
1.3	Pengelasan keporosan batuan diubahsuai oleh Bell (2007)	12
1.4	Pengelasan ketumpatan batuan menurut Bell (2007)	13
1.5	Indeks kekuatan batuan ISRM (1985)	15
1.6	Pembetulan nilai lantunan tukul Schmidt	16
1.7	Pengelasan kekerasan nilai lantunan tukul Schmidt berdasarkan nilai mampatan unipaksi UCS (Guyer, 2010)	17
2.1	Populasi penduduk kawasan Tawau tahun 2010 (Sumber dari Jabatan Perangkaan Negeri Sabah, 2011)	26
2.2	Kod kategori industri (Sumber dari Jabatan Perangkaan Negeri Sabah, 2011)	29
3.1	Stratigrafi kawasan kajian (diubahsuai dari Lim, 1981)	53
3.2	Nilai peratusan kuarza, alkali feldspar dan plagioklas yang terdapat dalam sampel batuan untuk tujuan pengelasan batuan.	65
3.2	Ringkasan keputusan analisis geologi struktur kawasan kajian	72
4.1	Pelabelan sampel batuan mengikut jenis batuan dan gred luluhawa	74
4.2	Pengelasan gred batuan terluluhawa diubahsuai dari Irfan & Dearman (1978)	74
4.3	Hasil ujian kandungan kelembapan sampel batuan di kawasan kajian	78
4.4	Nilai ketumpatan sampel batuan vulkanik di kawasan kajian	81
4.5	Pengelasan ketumpatan batuan menurut Bell (2007)	81
4.6	Nilai peratus keporosan batuan vulkanik di kawasan kajian	83
4.7	Pengelasan keporosan (Bell, 2007)	84
4.8	Hasil nilai ujian mampatan unipaksi (UCS) dengan menggunakan ujian beban titik (UBT)	86
4.9	Indeks kekuatan batuan ISRM (1985) yang menunjukkan pernyataan nilai daripada ujian beban titik dan ujian mampatan unipaksi (UCS)	87

4.10	Bacaan kekerasan sampel batuan menggunakan Tukul Schmidt	92
4.11	Pengelasan kekerasan batuan (Guyer, 2010) menunjukkan sampel batuan vulkanik di kawasan kajian dikelaskan kepada tersangat keras, sangat keras dan keras berdasarkan kepada ujian mampatan unipaksi (UCS)	94
5.1	Peratus kandungan mineral yang terdapat dalam sampel batuan	97
5.2	Kandungan kelembapan dan keporosan sampel batuan di kawasan kajian	97
5.3	Ketumpatan dan keporosan sampel batuan di kawasan kajian	100
5.4	Nilai kelembapan dan kekuatan unipaksi sampel batuan kawasan kajian	103
5.5	Nilai keporosan dan kekuatan unipaksi sampel batuan kawasan kajian	104
5.6	Nilai ketumpatan dan kekuatan unipaksi sampel batuan kawasan kajian	105
5.7	Nilai kekerasan dan kekuatan unipaksi sampel batuan kawasan kajian	108
5.8	Ringkasan keputusan analisis makmal sampel batuan basalt (VB), batuan andesit (VA) dan batuan dasit (VD)	112

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat	
1.1	Peta kawasan kajian yang terletak di bahagian Tawau, Sabah	2
1.2	Peta dasar kawasan kajian yang merangkumi kawasan Apas-Balung	3
1.3	Kaedah kajian yang dijalankan untuk kajian ini	4
1.4	Parameter yang dijalankan dalam kajian makmal	8
1.5	Segi tiga QAP (Q = Kuarza, A = Alkali Feldspar, P = Plagioklas) bagi pengelasan IUGS batuan vulkanik (Le Bas & Streckeisen, 1991)	9
1.6	Mekanisme ujian beban titik	14
2.1	Jumlah taburan hujan kawasan Tawau sepanjang tahun 2000 hingga 2011 (Sumber dari Jabatan Meteorologi Sabah, 2010)	24
2.2	Purata suhu tahunan kawasan Tawau sepanjang tahun 2000 hingga 2011 (Sumber dari Jabatan Meteorologi Sabah, 2010)	25
2.3	Peratusan populasi penduduk kawasan Tawau, Sabah mengikut kaum (Sumber dari Jabatan Perangkaan Negeri Sabah, 2011)	27
2.4	Anggaran jumlah penduduk yang berkerja berdasarkan kategori industri (Sumber dari Jabatan Perangkaan Negeri Sabah, 2011)	28
2.5	Peta jalan raya di kawasan kajian	31
2.6	Peta topografi di kawasan kajian	34
2.7	Peta saliran di kawasan kajian	37
3.1	Elemen tektonik rantau Asia Tenggara (ubahsuai dari Metcalfe, 1996)	46
3.2	Kedudukan plat tektonik dan lembangan di kawasan Asia Tenggara (Hall, 2002)	47
3.3	Arah pergerakan plat tektonik yang mempengaruhi pembentukan Borneo (Tan & Lamy, 1990)	47
3.4	Evolusi pembentukan geologi Sabah (Tongkul, 1991)	59
3.5	Peta geologi Sabah (diubahsuai dari Sanudin & Baba, 2007)	52
3.6	Ringkasan stratigrafi Sabah (Sanudin & Baba, 2007)	54
3.7	Peta geologi kawasan kajian (ubahsuai dari Lim, 1981)	59
3.8	Carta pengelasan batuan vulkanik IUGS (Le Bas & Streckeisen, 1991)	65

3.9	Surihan lineamen positif kawasan kajian	68
3.10	Surihan lineamen negatif kawasan kajian	79
3.11	Analisis lineamen positif kawasan kajian yang menunjukkan arah canggaan bertren Timur Laut – Barat Daya	70
3.12	Analisis lineamen negatif kawasan kajian yang menunjukkan arah canggaan bertren Timur Laut – Barat Daya	70
3.13	Analisis kekar kawasan kajian menunjukkan arah canggaan bertren Timur Laut – Barat Daya	72
4.1	Peta lokasi persampelan batuan bagi batuan basalt (VB), batuan andesit (VA) dan batuan dasit (VD) di kawasan kajian	75
4.2	Graf kelembapan melawan gred luluhawa bagi sampel batuan VB, VA dan VD yang menunjukkan pertambahan kelembapan dengan pertambahan gred luluhawa	79
4.3	Graf ketumpatan melawan gred luluhawa bagi sampel batuan VB, VA dan VD yang menunjukkan penurunan ketumpatan dengan pertambahan gred luluhawa	82
4.4	Graf keporosan melawan gred luluhawa bagi sampel VB, VA dan VD yang menunjukkan pertambahan keporosan batuan dengan pertambahan gred luluhawa	85
4.5	Graf perkaitan antara kekuatan unipaksi menggunakan ujian beban titik mengikut gred luluhawa sampel batuan di kawasan kajian	88
4.6	Perkaitan antara kekerasan batuan mengikut pertambahan gred luluhawa	93
5.1	Graf keporosan melawan kandungan kelembapan bagi sampel batuan menunjukkan pertambahan kandungan kelembapan dengan pertambahan peratusan pori	98
5.2	Graf perkaitan ketumpatan dan keporosan sampel batuan vulkanik di kawasan kajian menunjukkan hubungan negatif linear	100
5.3	Perkaitan antara kekuatan unipaksi dan kandungan kelembapan yang mana kandungan kelembapan berupaya menurunkan kekuatan batuan	103
5.4	Perkaitan antara kekuatan dan keporosan sampel yang menunjukkan negatif linear pada ketiga-tiga sampel	104
5.5	Perkaitan antara kekuatan unipaksi dan ketumpatan mengikut sampel batuan	106
5.6	Perkaitan antara kekuatan unipaksi dan kekerasan bagi sampel batuan	109

SENARAI FOTO

No. Foto		Muka Surat
2.1	Ladang kelapa sawit yang menjadi aktiviti kegiatan ekonomi utama penduduk kawasan kajian	29
2.2	Jalan tidak berturap yang terdapat di ladang kelapa sawit di kawasan kajian	30
2.3	Jalan raya berturap di kawasan jalan utama yang terdapat di kawasan kajian	32
2.4	Topografi kawasan kajian yang terdiri daripada kawasan tanah tinggi	33
2.5	Ladang kelapa sawit yang terletak pada kawasan bertopografi rendah di kawasan kajian	35
2.6	Fitur jeram dengan singkapan kolumnar basalt di kawasan Sungai Balung	36
2.7	Luluhawa sferoidal di kawasan persampelan batuan andesit di Bukit Kawa	39
2.8	Luluhawa kimia akibat pengoksidaan unsur besi menghasilkan warna keperangan pada batuan andesit	40
2.9	Pengoksidaan pada jasad tanah menghasilkan pembentukan warna kemerahan dan membentuk tanah laterit di kawasan kajian	40
2.10	Akar tumbuhan yang menjalar masuk ke dalam retakan celah batuan membantu mempercepatkan tindakan luluhawa pada batuan	41
2.11	Jatuhan batuan yang berlaku di cerun bukit di Sungai Balung	42
2.12	Hakisan alur yang berlaku pada permukaan tanah akibat tindakan air yang menghakis	43
3.1	Singkapan batuan dasit yang ditemui di kawasan Sungai Nasib Kita	56
3.2	Singkapan batuan andesit yang terletak di kawasan Bukit Kawa	57
3.3	Singkapan batuan basalt yang tersingkap di kawasan Sungai Balung	58
3.4	Set kekar pada singkapan batuan andesit	71
4.1	Lokaliti persampelan bagi sampel batuan basalt di Sunagi Balung	76
4.2	Lokaliti persampelan bagi sampel batuan andesit di Bukit Kawa	76
4.3	Lokaliti persampelan bagi sampel batuan dasit di Sungai Nasib Kita	77

4.4	Sampel VB yang menunjukkan tiga satah kegagalan bagi gred luluhawa III dan satu satah kegagalan bagi gred luluhawa IV melalui ujian beban titik	90
4.5	Sampel VA yang menunjukkan satu satah kegagalan bagi kedua-dua gred luluhawa melalui ujian beban titik	91
4.6	Sampel VD yang menunjukkan satu satah kegagalan bagi kedua-dua gred luluhawa melalui ujian beban titik	91

SENARAI FOTOMIKROGRAF

No. Foto	Muka Surat
3.1 Keratan nipis batuan basalt yang menunjukkan tekstur porfiritik dengan kehadiran fenokris piroksen (Prx) dan plagioklas (Plg) serta mineral olivin (Olv) (Pembesaran 5x, XPL)	61
3.2 Keratan nipis batuan basalt (Pembesaran 5x, PPL)	61
3.3 Keratan nipis batuan andesit yang menunjukkan tekstur porfiritik dengan kehadiran mineral piroksen (Prx), plagioklas (Plg), alkali feldspar (K-feld), olivin (Olv), biotit (Bio) dan kuarza (Qtz) (Pembesaran 5x, XPL)	62
3.4 Keratan nipis batuan andesit (Pembesaran 5x, PPL)	63
3.5 Keratan nipis batuan dasit dengan kehadiran megahablur kuarza (Qtz), mineral alkali feldspar (K-feld), amfibol (Hb) dan biotit (Bio) yang memberikan tekstur porfiritik (Pembesaran 5x, XPL)	64
3.6 Keratan nipis batuan dasit (Pembesaran 5x, PPL)	64
4.1 Kehadiran mineral kuarza (Qtz) pada sampel VD melambatkan kadar proses luluhawa (Pembesaran 5x, XPL)	80
4.2 Susunan butiran mineral pada sampel VB yang padat menghalang daripada ruang pori terbentuk (Pembesaran 10x, XPL)	80
4.3 Mineral plagioklas (Plg) yang akan berubah menjadi mineral lempung akibat daripada proses luluhawa menyebabkan ketumpatan batuan menjadi rendah	83
4.4 Kehadiran mikroretakan (Mr) yang banyak pada mineral plagioklas (Plg) menyebabkan batuan menjadi semakin porous	84
4.5 Pertambahan ruang pori disebabkan kehadiran mikroretakan (Mr) pada mineral plagioklas (Plg) (Pembesaran 10x)	85
4.6 Penyusunan antara butiran mineral yang rapat pada sampel VB membuatkan batuan menjadi lebih keras (Pembesaran 5x, XPL)	89
4.7 Nisbah kandungan butiran mineral lebih banyak berbanding matriks membuatkan batuan menjadi lebih padat dan keras seterusnya meningkatkan bacaan nilai UCS (Pembesaran 5x, PPL)	89
5.1 Perbezaan tekstur antara sampel batuan basalt (VB), andesit (VA) dan dasit (VD) (Pembesaran 5x, XPL)	96
5.2 Mikroretakan (Mr) yang terhasil akibat daripada tindakan luluhawa pada mineral plagioklas (Plg) sampel VA (IV) menyebabkan air dapat disimpan di dalam ruang pori yang hadir (Pembesaran 10x, XPL)	99

5.3	Kehadiran mineral lempung illit (L) yang berkebolehan memegang air pada sampel VA (IV) menyebabkan kandungan kelembapan batuan tinggi (Pembesaran 1000x)	99
5.4	Peningkatan mikroretakan (Mr) pada mineral plagioklas (Plg) berikutan dengan peningkatan gred luluhawa yang bertindak pada sampel VB (IV) (Pembesaran 10x, XPL)	101
5.5	Kehadiran ruang pori pada VB (IV) yang dipengaruhi oleh penambahan mikroretakan (Mr) turut mempengaruhi faktor kandungan kelembapan dan ketumpatan (Pembesaran 1000x)	101
5.6	Kekuatan unipaksi sampel VD (IV) berkurangan akibat daripada kehadiran ruang pori yang menyediakan satah-satah lemah kepada batuan (Pembesaran 500x)	105
5.7	Pertambahan mikroretakan (Mr) akan menghasilkan ruang pori yang mampu mempengaruhi ketumpatan asal batuan, kandungan kelembapan, keporosan, kekerasan serta kekuatan batuan seperti yang ditunjukkan pada sampel VA (IV) (Pembesaran 1000x)	107

SENARAI SIMBOL

ω	Kandungan Kelembapan
n	Keporosan
V_v	Isipadu Rongga
ρ	Ketumpatan
I_s	Kekuatan Belum Dibetulkan (MPa)
$I_{s(50)}$	Kekuatan Ujian Beban Titik (MPa)
K_{PLT}	Faktor Pembetulan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Kajian ini dilakukan sebagai memenuhi syarat untuk memperolehi Ijazah Sarjana Muda Sains (Geologi) dengan kepujian, Sekolah Sains dan Teknologi, Universiti Malaysia Sabah. Kajian yang dijalankan bertajuk Geologi Am dan Sifat Kejuruteraan Batuan Vulkanik di Kawasan Apas-Balung, Tawau, Sabah. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji geologi am kawasan kajian serta mengkaji sifat kejuruteraan batuan vulkanik di kawasan kajian.

1.2 Objektif Kajian

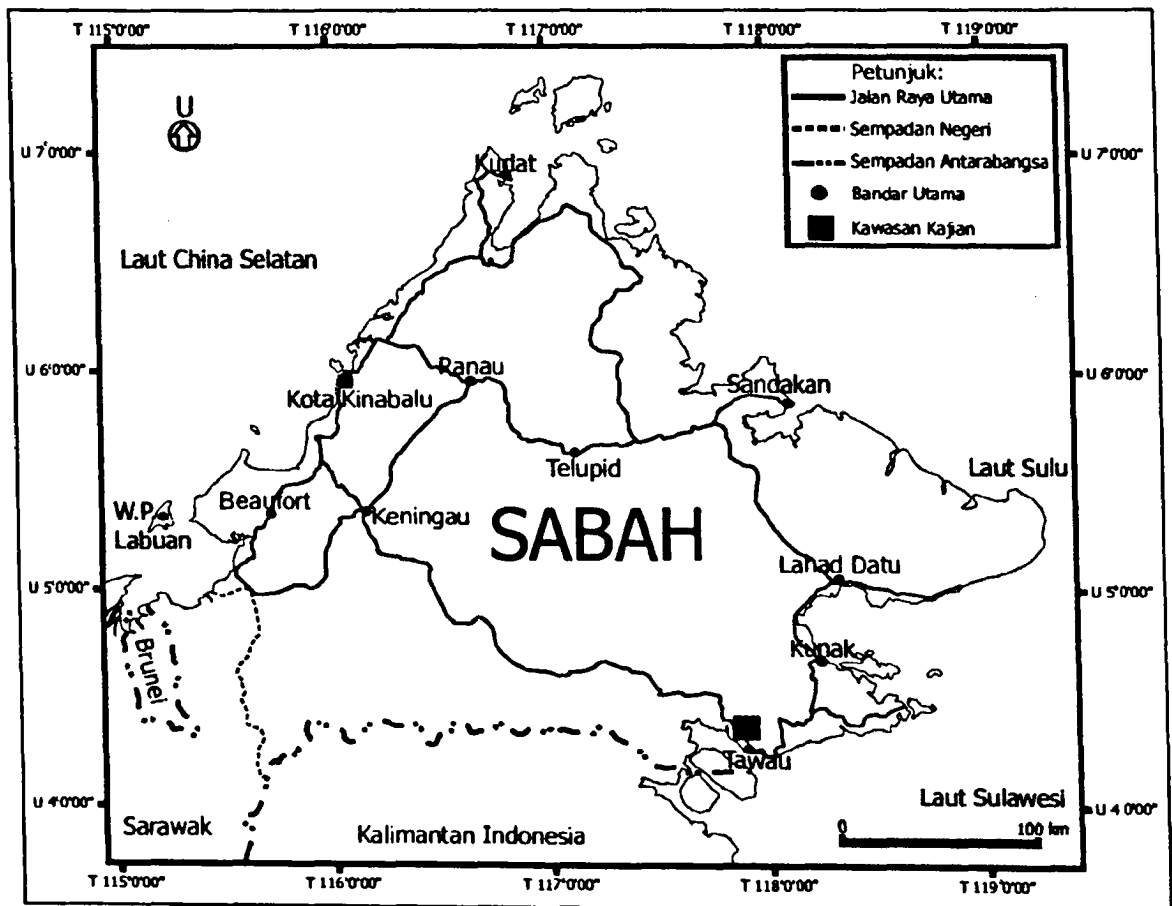
Terdapat empat objektif dikenalpasti bagi menjalankan kajian sifat kejuruteraan batuan vulkanik ini iaitu :-

- a) Menambahbaik peta geologi yang terkini bagi kawasan kajian iaitu Apas-Balung, Tawau.
- b) Mengkaji geologi am di kawasan Apas-Balung dalam aspek geomorfologi, geologi struktur, minerologi dan stratigrafi.
- c) Mengkaji sifat kejuruteraan batuan vulkanik di kawasan kajian iaitu batuan dasit, andesit dan basalt.
- d) Mengenalpasti ciri-ciri yang mempengaruhi sifat kejuruteraan batuan vulkanik di kawasan kajian.

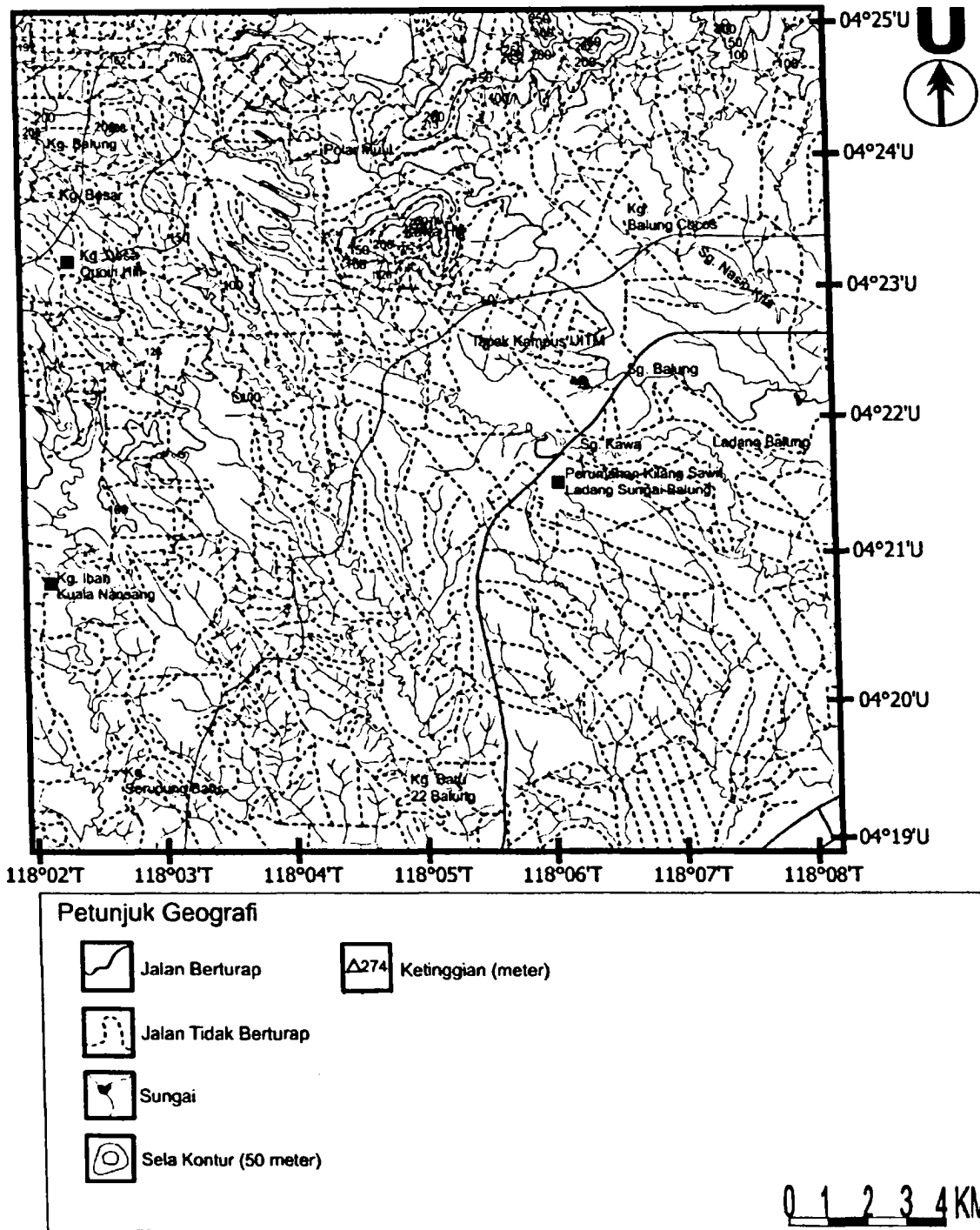


1.3 Lokasi Kawasan Kajian

Kawasan kajian terletak di bahagian Timur Laut Tawau (Rajah 1.1) iaitu kira-kira 552 km dari bandaraya Kota Kinabalu meliputi kawasan Apas hingga ke Balung. Keluasan kawasan kajian adalah kira-kira 100km persegi yang dibatasi garis lintang $4^{\circ} 19' U$ hingga $4^{\circ} 25' U$ dengan garis bujur $118^{\circ} 02' T$ hingga $118^{\circ} 08' T$ (Rajah 1.2). Kawasan kajian meliputi kawasan Bukit Kawa, beberapa buah kampung iaitu Kampung Balung Cocos, Kampung Desa Quoin Hill dan Kampung Iban Kuala Nansang.



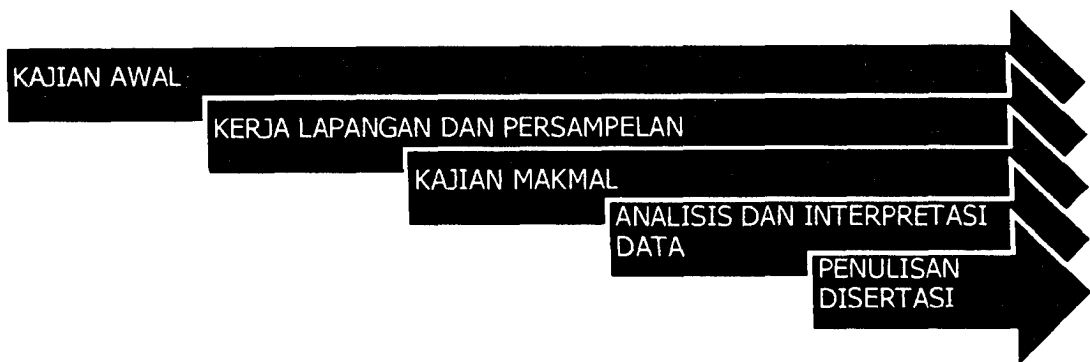
Rajah 1.1 Peta kawasan kajian yang terletak di bahagian Tawau, Sabah.



Rajah 1.2 Peta dasar kawasan kajian yang merangkumi kawasan Apas-Balung.

1.4 Kaedah Kajian

Bagi menjalankan kajian ini, beberapa kaedah kajian dikenalpasti untuk mendapatkan hasil kajian yang baik. Rajah 1.3 merupakan kaedah kajian yang telah dijalankan secara berperingkat.



Rajah 1.3 Kaedah kajian yang digunakan untuk kajian ini.

1.4.1 Kajian Awal

Kajian awal merupakan langkah awal dalam menyediakan penulisan disertasi. Objektif kajian awal ini dilakukan adalah untuk memahami konsep geologi kawasan kajian dan bidang geologi yang dipilih secara tidak langsung memberi sedikit sebanyak gambaran awal mengenai kawasan kajian. Kaedah ini sangat penting bagi memastikan proses penulisan disertasi berjalan dengan lancar tanpa sebarang maklumat penting tertinggal. Kajian awal boleh dicapai melalui pembacaan dan rujukan kajian-kajian yang terdahulu. Rujukan telah dibuat berdasarkan laporan, tesis, jurnal, buletin, risalah serta buku-buku geologi yang berkaitan. Perkara yang perlu diambil kira meliputi kajian geologi am kawasan kajian dan sifat kejuruteraan batuan vulkanik.

Geologi am kawasan kajian meliputi pemahaman terhadap geologi struktur, geomorfologi, stratigrafi dan petrologi kawasan kajian berdasarkan kepada kajian terdahulu. Manakala geologi kejuruteraan adalah melibatkan pemahaman mengenai kejuruteraan batuan itu sendiri serta parameter dan analisis yang perlu dipertimbangkan untuk kajian kejuruteraan batuan.

Sebelum melakukan kajian awal, sebuah peta dasar kawasan kajian disediakan daripada peta topografi Kampung Desa Quoin Hill yang bernombor siri T738 Edisi 1-PPNM, lembar 8123, tahun 2006 dan berskala 1:50 000 yang diperolehi daripada Jabatan Ukur dan Pemetaan Sabah. Kajian awal merangkumi pemahaman terhadap geologi kawasan kajian yang perlu dilakukan melalui pembacaan serta kajian terhadap kajian-kajian terdahulu. Perkara yang diambil perhatian adalah geologi am kawasan kajian dan geologi kejuruteraan batuan vulkanik.

Pentafsiran terhadap fotograf udara, imej satelit serta peta topografi dilakukan untuk penghasilan peta dasar kawasan kajian. Selain itu, ia juga membekalkan maklumat-maklumat penting seperti sistem topografi, sistem saliran dan sistem perhubungan di kawasan kajian.

Persediaan awal sebelum ke lapangan juga dilakukan yang merangkumi persediaan peralatan ke lapangan untuk tujuan pemetaan serta pengambilan sampel. Antara alatan yang perlu disediakan adalah seperti peta dasar, kompas, tukul geologi, kanta tangan, 'Global Positioning System' (GPS), pahat dan beg sampel.

1.4.2 Kerjalapangan dan Persampelan

Kajian lapangan boleh dibahagikan kepada beberapa bahagian iaitu pemetaan geologi am dan persampelan geologi kejuruteraan. Dalam pencerapan kawasan kajian, aspek penting yang harus ditekankan adalah stratigrafi, geomorfologi dan geologi struktur. Kajian terhadap geomorfologi adalah melibatkan cerapan terhadap bentuk muka bumi, luluhawa, hakisan dan susutan darat. Proses fizikal, kimia dan biologi yang mempengaruhi perubahan terhadap bentuk muka bumi perlu dicerap bagi tujuan kajian geomorfologi kawasan kajian. Kajian geologi struktur melibatkan cerapan terhadap struktur-struktur geologi seperti lipatan, sesar dan kekar. Pengambilan jurus dan

RUJUKAN

- Allen, A.W. 1995. *Volcanic Mudflow and Soil Near Tawau and Their Bearing on The Age of Semporna Peninsula Volcanity*, British Borneo Annual Report Geological Survey. 208-216
- Anon. 1979. Classification of Rocks and Soils for Engineering Geological Mapping. Part – 1 Rocks and soil material. Report of the Commission of Engineering Geological Mapping. *Bulletin International Association Engineering Geology*, **19** : 364 – 371
- Aydin, A. dan Goktan, R.M.1992. A Suggested Improvement to the Schmidt Rebound Hardness ISRM Suggested Method with Particular Reference to Rock Mechaneability. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*. Volume **30**.
- Aydin, A. dan Basu, A. 2005. The Schmidt Hammer in rock material characterization. *Eng. Geol.*: **81**: 1-14
- Aydin, A. 2007. ISRM Suggested Method for Determination of the Schmidt Rebound Hardness: Revised Version. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*.
- Balaguru, A. & Nichols, G. 2004. Tertiary stratigraphy and basin evolution, southern Sabah (Malaysia Borneo). Elsevier. *Journal of Asian Earth Science* **23** : 537 – 554.
- Balaguru, A. & Hall, R. 2009. Tectonic evolution and Sedimentation of Sabah, North Borneo, Malaysia. *AAPG international Conference and Exhibition, Cape Town, South Affrica*. Article **30084**.
- Beavis, F.C. 1992. *Geologi Kejuruteraan*. Ibrahim Komoo dan Tajul Anuar Jamaluddin (Ptrj.). Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Bell, F.G. 2007. Engineering Geology. Ed. Ke-2. Butterworth-Heinemann Ltd, London.
- Broch, E. & Franklin, J.A. 1972. Indeks Kekuatan Ujian Beban Titik. Dalam Sarkka, P. & Eloranta, P. 2001. *Rock Mechanics – Challenge For Society*. A.A.Balkema, The Netherlands: 176.
- Broch, E. & Franklin, J.A. 1972. The point load strength test. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*, **9** : 669 – 697.
- Brown, E.T. 1981. *Rock Characterization Testing and Monitoring*, ISRM Suggested Method. London : Imperial College of Science and Technology.
- Chiang, K.K. 2002. *Geochemistry of the Cenezoic igneous rocks of Borneo and Tectonic Implication*. Ph.D. thesis, University of London.
- Cruden, D.M. 1991. A simple definition of a landslide. *Bulletin International Association for Engineering Geology*, **43** : 27 – 29.

- Dearman, W.R. 1974. Weathering classification in the characterization of rock for engineering purposes in British practice. *Bulletin of International Association of Engineering Geologists*. Vol. **9**.
- Dearman, W.R. 1974. Weathering classification in the characterization of rock : A revision. *Bulletin of International Association of Engineering Geologists*. Vol. **13**.
- Franklin, J.A dan Desseault, M.B. 1989. *Rock Engineering*. Mc Graw – Hill. London.
- Goodman, R.E. 1989. *Introduction to Rock Mechanics*. Ed Ke-2. John Wiley & Son. Canada.
- Guyer, J.P. 2010. *Introduction to Identification and Classification of Soil and Rock*. Guyer Partners, Unites States.
- Hall, R. & Wilson M. E. J. 2000. Neogene Sutures in Eastern Indonesia. *Journal of Asian Earth Science*. **18**: 781-808.
- Hall, R. 2002. Cenezoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific : Computer based reconstructions, model and animations. *Journal Asian Earth Science*, **20** : 353 – 431
- Hudson, J.A. 1993. Rock properties, testing methods & site characterization. *Compressive rock engineering-principles, practice & projects*. Vol **3**
- Hutchison, C.S. 1992. The Southeast Sulu Sea, a Neogen marginal Basin with outcropping extansions in Sabah. *Geological Society of Malaysia Bulletin*, **32** : 89 – 108.
- Hutchison, C.S. 2005. *Geology Of North-West Borneo*. Elsiwier.
- Ibrahim Komoo. 1989. Engineering Geology of Kuala Lumpur. *International Conference on Engineering Geology in Tropical Terrains*. Bangi.
- Irfan, T.Y. dan Dearman, W.R. 1978. Engineering classification and index properties of a weathered granite. *Bulletin of International Association Engineering Geology*, **17** : 79 – 90.
- International Society of Rock Mechanics, 1985. Suggested Method for Determining Point Load Strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstract*. **22** : 51 – 60.
- Jabatan Meteorologi Malaysia Cawangan Kota Kinabalu, Sabah. 2010 *Taburan hujan di kawasan Semporna dari tahun 2000 – 2011*.
- Jabatan Perangkaan Malaysia Cawangan Kota Kinabalu, Sabah. 2011. *Buku Tahunan Perangkaan Sabah 2010*.
- Jaeger, J.C. & Cook, N. G. W. 1979. *Fundamentals of Rock Mechanics, 3rd Edition*, Chapman and Hall, London. **377-379**
- John, K.R. 2007. Tsunami threat to coastal areas of Sabah, East Malaysia. *Geological Society of Malaysia*, **53** : 51 – 57.

- Kazi A., Al-Mansour Ze. 1980. Influence of geological factors on abrasion and soundness characteristics of aggregates. *Eng. Geol.* **15**: 195 – 203.
- Kirk, H.J.C. 1962. *The Geology and Mineral Resources of Semporna Peninsula North Borneo. Geological Mine Department, British Territories in Borneo 14.* Sarawak : Government Printing Office.
- Le Bas, M.J. dan Streckiesen, A.L. 1991. The IUGS systematic of igneous rocks. *Journal of the Geological Society*, **148** : 825 – 833.
- Lim, P.S. 1981. *Wullersdorf Area, Sabah Malaysia.* Geological Survey of Malaysia.
- Metcalf, I. 1996b. Gondwanaland dispersion, Asian accretion and evolution of Eastern Tethys. *Australian Journal of Earth Sciences*, **43**.
- Mohd. Faizul Bin Mudin. 2012. *Gelogi Am Dan Gelogi Kejuruteraan Batuan Vulkanik Kawasan Apas-Balung, Tawau, Sabah.* Disertasi Sarjana Muda Sains. Universiti Malaysia Sabah.
- Mulyanto, B. & Stoops, G. 2003. Mineral neoformation in pore spaces during alteration and weathering of andesitic rock in humid tropical Indonesia. *Catena* **54** (3).
- Paton, T.R. 1963. Soil of Semporna Peninsula, North Borneo. *Colonial Research Studies*. **36** : 210.
- Přikryl, R. 2001. *Some microstructural aspects of strength variation in rocks.* Pergamon. *International Journal of Rocks Mechanics & Mining Science* **38**: 671 – 682.
- Pusch, R. 1995. *Rock Mechanics on a Geological Base.* Elsevier. Amsterdam.
- Rodeano Roslee & Sanudin Tahir. 2004. Slope Failure Assessments along Bundu Tuhan to Kundasang Area, Sabah, Malaysia. *Proc. Of the IEM & GSM Forum 2004.* Universiti Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Sabatakis, N., Koukis, G., Tsiambaos, G. dan Papanakli, S. 2008. Index Properties and Strength Variation Controlled by Microstructure for Sedimentary Rocks. *Bulletin of International Association Engineering Geology*, **97**: 80 – 90.
- Sanudin Hj. Tahir dan Baba Musta. 2007. *Pengenalan Kepada Stratigrafi.* Universiti Malaysia Sabah. Kota Kinabalu.
- Tan, N. K. & Lamy, J. M. 1990. Tectonic Evolution of the North West Sabah Continental Margin Since the Late Eocene. *Geological Society Malaysia Pub.* **27**.
- Tjia, H.D. 1987. *Geomorfologi.* Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- Tongkul, F. 1990. Structural Style And Tectonics Of Western And Northern Sabah. *Geological Society Malaysia Bulletin*, **27**: 227 – 239.
- Tongkul, F. 1991. Tectonic Evolution of Sabah, Malaysia. *Journal of Southeast Asian Earth Science*. **6** : 395 – 405.

- Torok, A. dan Vasarhelyi, B. 2010. The Influence of Fabric and Water Content on Selected Rock Mechanical Parameters of Travertine, Examples From Hungary. *Bulletin of International Association Engineering Geology*, **115**: 237 – 245.
- Tuğrul, A. 2004. The effect of weathering on pore geometry and compressive strength of selected rock types from Turkey. Elsevier. *Engineering Geology* **75**: 215 – 227.
- Willard, R.J. dan McWilliams, J.R. 1969. Microstructural Techniques In The study of Physical Properties of Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*. **6** : 1 – 12.