

**KESAN PENSTABILAN KAPUR TERHIDRAT KE  
ATAS KEKUATAN TANAH BERLEMPUNG DARI  
FORMASI TRUSMADI DI KAWASAN  
KUNDASANG-RANAU, SABAH**



**NUR FATINIDIANA RAMLEE**

**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**PROGRAM GEOLOGI  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2013**

**KESAN PENSTABILAN KAPUR TERHIDRAT KE  
ATAS KEKUATAN TANAH BERLEMPUNG DARI  
FORMASI TRUSMADI DI KAWASAN  
KUNDASANG-RANAU, SABAH**



**NUR FATINIDIANA RAMLEE**

**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**TESIS DIKEMUKAKAN UNTUK  
MEMENUHI SYARAT MEMPEROLEHI  
IJAZAH SARJANA SAINS**

**SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH  
2013**

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

Karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap – tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

1 September 2013

---

Nur Fatinidiana Ramlee  
PS2009-8115



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## CERTIFICATION

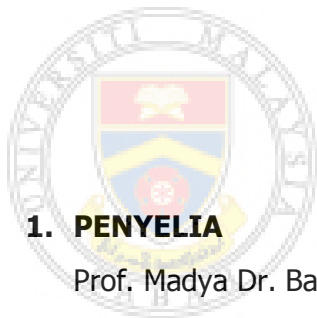
NAMA : **NUR FATINIDIANA RAMLEE**

MO. MATRIK. : **PS2009-8115**

TITLE : **KAJIAN KESAN KEKUATAN PENSTABILAN KAPUR TERHIDRAT TERHADAP TANAH BERLEMPUNG DARI FORMASI TRUSMADI DI KAWASAN KUNDASANG – RANAU, SABAH.**

IJAZAH : **SARJANA SAINS (GEOLOGI)**

TARIKH VIVA : **5 FEBRUARI**



**1. PENYELIA**

Prof. Madya Dr. Baba Musta

**DISAHKAN OLEH**

**UMMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Tandatangan

---

## PENGHARGAAN

Syukur Alhamdulillah, dengan limpah rahmat dan kurniaan dari-NYA dapat juga saya menyempurnakan penulisan ilmiah ini. Pertama sekali, jutaan terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada penyelia saya merangkap Dekan Sekolah Sains dan Teknologi iaitu Prof. Madya Dr. Baba Musta kerana sudi menerima saya sebagai anak didiknya pada tahun 2009 sehingga sekarang. Beliau juga sanggup meluangkan masa dan bersabar serta tekun dalam mencurahkan ilmu kepada saya sepanjang pengajian saya di sini. Segala jasa baik Dr. Baba sekeluarga kepada saya hanya Tuhan yang dapat membalasnya. InsyaAllah.

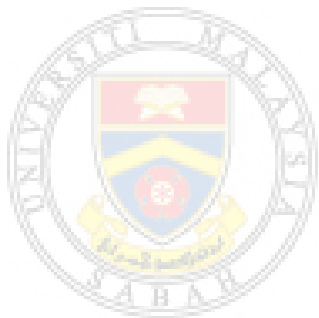
Buat bonda dan ayahanda yang tercinta, Pn. Noraini Mokhtar dan En. Ramlee Aman, terima kasih emak dan abah sebab mendoakan, membimbing dan sanggup berkorban masa dan harta dalam menolong saya mencapai cita – cita saya. Semoga emak dan abah dimurahkan rezeki, dipanjangkan umur dan ditingkatkan keimanan dan ketaqwaan kepada Illahi. Buat adik – adik, Helmy Qaiyuum dan Nur Alyadiana, kalian adalah semangat kepada saya untuk terus memberi contoh yang terbaik kepada kalian. Buat insan teristimewa Hafiz Fuad, terima kasih kerana atas doa dan dorongan yang diberikan dalam mencapai impian ini dikala berjauhan. Semoga jodoh kita diberkati oleh-NYA. InsyaAllah.

Tidak lupa juga buat pensyarah – pensyarah Geologi UMS : Prof. Dr. Sanudin Hj. Tahir, Prof. Dr. Felix Tongkul, Prof. Dr. Shariff ak Omang, En. Rodeano Roslee, Dr Ismail, Puan Hennie Fitria, Puan Hazerina dan En. Adong Laming untuk dorongan dan kerjasama yang telah diberikan kepada saya. Saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada pembantu – pembantu makmal iaitu En. Jalaludian Manjalip, En. Razali, En Sanin Awang, En. Rahim, En. Asrizal, En. Farhan dan Azli kerana sudi menolong saya sepanjang saya menjalankan analisis di makmal kalian.

Kepada rakan – rakan seperjuangan di Bilik Pelajar pascasiswazah 3 iaitu Mohamed Ali Yusof bin Mohd Husin, Fauziah Hanis Hood (rakan sekampung),

Dayang Nur Asyilla, Junaidi Asis Mohamad Abdullah, Annie Johanna, Rezal Rahmat, Asman Alias, Aida Wahab, Kumang Astana, Casidy Aloh, Joyce, Shareen Meliko, Hazlinda Ibno, Wong Fui Peng dan Ismail; terima kasih yang tidak terhingga kepada kalian kerana sudi menolong dalam pelbagai segi sama ada dari segi fizikal dan mental. Terima kasih kerana sentiasa memberi kata – kata semangat dan menemani diri ini dalam keadaan susah dan senang. Mudahlah hidup kalian sentiasa dilimpahi rahmat hendak-NYA.

Nur Fatinidiana Ramlee



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## ABSTRAK

### **KESAN PENSTABILAN KAPUR TERHIDRAT KE ATAS KEKUATAN TANAH BERLEMPUNG DARI FORMASI TRUSMADI DI KAWASAN KUNDASANG – RANAU, SABAH**

Kawasan kajian terletak di sekitar Kundasang dan Ranau, Sabah. Kawasan kajian terdiri daripada Formasi Trusmadi (Paleosen hingga Eosen Tengah) yang dicirikan oleh selang lapis batu pasir dengan syal kelabu. Terdapat enam sampel tanah diambil untuk mengkaji kesan kapur terhadap sifat-sifat fiziko kimia tanah dan sifat kejuruteraan tanah. Berdasarkan kepada analisis saiz butiran, sampel dikelaskan sebagai lodak berlempung dan berpasir, pasir berlempung serta pasir sedikit berlempung. Keenam-enam sampel mempunyai 15.02% hingga 27.49% kelembapan tanah, dan 3.24% hingga 5.29% kandungan bahan organik. Manakala, nilai pH tertinggi pada sampel tanah S1 iaitu 8.72 dan nilai pH terendah pada sampel tanah S2 iaitu 3.92. Analisis Indeks Keplastikan tanah menunjukkan sampel tanah di kawasan kajian ialah berkeplastikan rendah hingga sederhana iaitu 6.49% hingga 13.47%. Analisis pemadatan Proctor menunjukkan, ketumpatan kering optimum,  $\rho_D$  antara 1.55 hingga 1.94 Mg/m<sup>3</sup> dengan kandungan kelembapan optimum,  $\omega_o$  berjalat 9.97 hingga 20.00%. Nilai kebolehtelapan tanah adalah berjalat  $6.05 \times 10^{-9}$  hingga  $9.76 \times 10^{-3} \text{cms}^{-1}$ . Analisis kekuatan mampatan tak terkurung pula menunjukkan julat kekuatan antara 78 hingga 198 kPa. Sampel S1 dan S3 dicampurkan dengan kapur terhidrat dengan 2%, 4%, 6% dan 8% dan diawet selama 4 jam, 7, 14, 21 dan 28 hari untuk analisis penstabilan tanah. Terdapat peningkatan nilai pH bagi setiap penambahan peratusan kapur terhidrat dalam tanah bagi sampel S1 (berpasir) ialah 8.47 hingga 12.29 dan sampel tanah S3 (bersyal) ialah 8.04 hingga 8.91. Daripada analisis pembelauan sinar-X (XRD) dan mikroskop pengimbas elektron (SEM) didapati tanah Formasi Trusmadi mengandungi kuarza, montmorilonit, ilit hingga montmorilonit, ilit dan haloisit. Analisis pendaflour sinar-X (XRF) menunjukkan peningkatan kandungan kalsium oksida (CaO) dalam sampel berpasir ialah 0.37% hingga 6.09% dan sampel bersyal ialah 0.26% hingga 5.79%. Analisis XRD menunjukkan kehadiran mineral bersimen iaitu kalsium silikat hidrat (CSH) dan kalsium aluminat silikat (CAS) dalam analisis penstabilan. Manakala, perubahan sifat morfologi mikrostruktur penstabilan tanah daripada analisis SEM jelas menunjukkan kehadiran gumpalan mineral simen dan struktur kepingan simen antara butiran tanah yang terbentuk pada 8% penstabilan kapur. Sampel berpasir mempunyai kekuatan mampatan paksi optima dengan 6% penambahan kapur terhidrat iaitu 1350 kPa dan maksima dengan 8% penstabilan iaitu 1383 kPa pada 28 hari pengawetan. Manakala, kekuatan mampatan paksi maksima bagi sampel bersyal ialah 858 kPa dengan 8% penambahan kapur terhidrat dan 28 hari pengawetan.



## **ABSTRACT**

*The study area is located along in Kundasang – Ranau, Sabah. The study area consists of Trusmadi Formation (Paleocene to Middle Eocene) consists of interbedded sandstone and gray shale. There are 6 soil samples from the Trusmadi Formation have been taken to study the effect of hydrated lime on physic chemical properties and engineering properties of soil. The particle size distribution shows that the grain size is sandy and clayey silt, clayey sand, and slightly clayey sand. Analysis of soil moisture shows the 6 samples ranges from 15.02% to 27.49% and soil organic matter content from 3.24% to 5.29%. Meanwhile, the highest value pH is 8.72 and the lowest pH is 3.92 was obtained. The plasticity index of soil analysis show the soil sample in the study area is low to intermediate and the value is 6.49 to 13.47. The Proctor compaction analysis shows that the optimum dry density ranges from 1.55 to 1.94 Mg/m<sup>3</sup> with optimum moisture content,  $\omega_o$  ranges from 9.97% to 20%. Meanwhile, the soil permeability soil ranges from  $6.05 \times 10^{-9}$  to  $9.76 \times 10^{-3} \text{cms}^{-1}$ . The unconfined compressive strength analysis shows the strength of the samples is range of 78 to 198 kPa. The S1 and S3 soil samples were mixed with hydrated lime at 0%,2%,4%,6%,8% and preserved for 0,7,14,21,28 days for soil stabilization analysis. There was a higher pH value for each additional 0% to 8% of hydrated lime in the soil for the sample S1 from 8.47 to 12.29 and S3 from 8.04 to 8.91. From the analysis of X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscope (SEM) indicated that the Trusmadi soil consists of quartz, montmorillonite, illite-montmorillonite, illite and halloysite. X-ray pendaflour analysis showed an increase of calcium oxide (CaO) in the S1 sample 0.37% to 6.09% and the sample S3 from 0.26% to 5.79%. The percentage of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content began to decrease in each addition of lime in the soil sample S1 from 19.16% to 16.29% and soil sample S3 from 19.44% to 17.44%. Meanwhile, the percentage of SiO<sub>2</sub> also declined for every addition of lime in the sample S1 from 62.24% to 56.92% and S3 from 58.62% to 52.30%. The XRD diagram shows the presence of cementations minerals are calcium silicate hydrate (CSH) and calcium aluminates silicate (CAS) for treated soils. Meanwhile, the SEM image shows the agglomeration structure of cementations minerals and flaky structure which bind in between of clay minerals with 8% of hydrated lime. In the other hand, the behaviour of soil will changed from ductile to a brittle structure due to the increasing of soils strength. Sample S1 has an optimum axial compressive strength with 6% addition of hydrated lime at 28 days curing is 1383 kPa. Meanwhile, the optimum axial compressive strength for the sample S3 is 858 kPa with 8% addition of hydrated lime and 28 days curing.*

## SENARAI KANDUNGAN

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>PENGAKUAN</b>  | ii      |
| <b>PENGESAHAN</b>                                       | iii     |
| <b>PENGHARGAAN</b>                                      | iv      |
| <b>ABSTRAK</b>  | vi      |
| <b>ABSTRACT</b>   | vii     |
| <b>SENARAI KANDUNGAN</b>                                | viii    |
| <b>SENARAI RAJAH</b>                                    | xii     |
| <b>SENARAI JADUAL</b>                                   | xvi     |
| <b>SENARAI FOTO</b>                                     | xviii   |
| <b>SENARAI FOTOMIKROGRAF</b>                            | xix     |
| <b>SENARAI LAMPIRAN</b>                                 | xxi     |
| <br>  |         |
| <b>BAB 1: PENGENALAN</b>                                |         |
| 1.1 Pendahuluan   | 1       |
| 1.2 Pernyataan Masalah                                  | 2       |
| 1.3 Latar Belakang Kawasan Kajian                       | 3       |
| 1.3.1 Faktor Geologi                                    | 7       |
| 1.3.2 Taburan Hujan                                     | 9       |
| 1.3.3 Sistem Saliran                                    | 10      |
| 1.3.4 Topografi   | 14      |
| 1.4 Skop Kajian   | 17      |
| 1.5 Objektif Kajian                                     | 17      |
| 1.6 Kepentingan Kajian                                  | 18      |
| <br>  |         |
| <b>BAB 2: ULASAN LITERATUR</b>                          |         |
| 2.1 Pendahuluan   | 19      |
| 2.2 Geologi Kawasan Kajian                              | 19      |
| 2.3 Luluhawa  | 25      |
| 2.4 Pengaruh Kehadiran Lempung                          | 25      |
| 2.5 Kaedah Penstabilan Tanah dengan Kapur Terhidrat     | 26      |
| 2.6 Kajian Penstabilan di Malaysia                      | 30      |
| 2.7 Mekanisma Tindak Balas Tanah dengan Kapur Terhidrat | 30      |
| 2.7.1 Tindakbalas Pertukaran Kation                     | 30      |
| 2.7.2 Mekanisma Pozzolanik                              | 31      |
| 2.7.3 Mekanisma Pengkarbonatan                          | 32      |
| 2.8 Faktor –faktor yang Mempengaruhi Penstabilan        | 32      |
| 2.8.1 Kandungan Kelembapan dan Sifat Minerologi Tanah   | 33      |
| 2.8.2 Jenis Tanah dan Kehadiran BOT                     | 34      |
| 2.8.3 Mineral Sulfida dalam Tanah                       | 35      |
| 2.8.4 Diatom dalam Tanah                                | 35      |
| 2.8.5 Masa Pengawetan                                   | 36      |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 2.8.6   | Suhu Pengawetan                               | 38 |
| 2.8.7   | Jenis dan Kandungan Kapur                     | 38 |
| 2.8.7   | pH Tanah                                      | 39 |
| <br>  |   |    |
| <b>BAB 3: KAEDAH KAJIAN</b>   |   |    |
| 3.1   | Pendahuluan                                   | 40 |
| 3.2   | Kajian Makmal                                 | 41 |
| 3.2.1   | Analisis Sampel Tanah                         | 41 |
| a.  | Ujian Kandungan Kelembapan                    | 41 |
| b.  | Ujian Kandungan Bahan Organik                 | 41 |
| c.  | Analisis Saiz Butiran                         | 42 |
| d.  | Had-had Atterberg                             | 43 |
| i.  | Had Cecair                                    | 43 |
| ii.   | Had Plastik                                   | 44 |
| iii.  | Indeks Keplastikan                            | 44 |
| iv.   | Had Pengecutan Linear                         | 45 |
| e.  | Graviti Tentu Tanah                           | 45 |
| f.  | Pemadatan Proctor                             | 45 |
| g.  | Kebolehtelapan Tanah                          | 47 |
| h.  | Ujian Mampatan Tak Terkurung                  | 48 |
| 3.2.2   | Analisis Sampel Batuan                        | 49 |
| 3.2.3   | Analisis Penstabilan                          | 49 |
| a.  | Analisis Kekuatan Tanah Berlempung            | 49 |
| b.  | Analisis Sifat Mikrostruktur Tanah Berlempung | 51 |
| i.  | Mikroskop Pengimbas Elektron (SEM)            | 51 |
| ii.   | Analisis Pembelaun Sinar-X (XRD)              | 52 |
| iii.  | Analisis Pendaflour Sinar-X (XRF)             | 53 |
| 3.3   | Persampelan Tanah dan Batuan                  | 53 |
| 3.3.1   | Pemilihan Sampel                              | 53 |
| 3.3.2   | Kaedah Persampelan                            | 54 |
| 3.3.3   | Lokasi Persampelan                            | 54 |
| 3.4   | Kerangka Kajian                               | 57 |
| <br>  |   |    |
| <b>BAB 4: SIFAT FIZIKO KIMIA, SIFAT KEJURUTERAAN DAN KOMPOSISI MINERALOGI TANAH BERLEMPUNG FORMASI TRUSMADI</b> |   |    |
| 4.1   | Pendahuluan                                   | 59 |
| 4.2   | Hasil Analisis Sifat Fiziko Kimia Tanah       | 59 |
| 4.2.1   | Analisis Ujian Kimia Tanah                    | 59 |
| 4.2.2   | Analisis Saiz Butiran Tanah                   | 60 |
| 4.2.3   | Had-had Atterberg                             | 67 |
| 4.3   | Hasil Analisis Sifat Kejuruteraan Tanah       | 70 |

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 4.3.1   | Graviti Tentu Tanah  | 70  |
| 4.3.2   | Pemadatan Proctor Tanah  | 71  |
| 4.3.3   | Kebolehtelapan Tanah   | 74  |
| 4.3.4   | Ujian Mampatan Kekuatan Tak Terkurung  | 75  |
| 4.4   | Hasil Analisis Komposisi Mineral dalam Tanah   | 78  |
| <br>  |  |     |
| <b>BAB 5: KESAN KAPUR TERHIDRAT TERHADAP MINEROLOGI DAN MIKROSTRUKTUR TANAH BERLEMPUNG FORMASI TRUSMADI</b> |  |     |
| 5.1   | Pendahuluan  | 89  |
| 5.2   | Analisis Kimia bagi Penstabilan Tanah  | 89  |
| 5.3   | Analisis Mineralogi dan Mikrostruktur bagi Penstabilan Tanah                                       | 97  |
|   | 5.3.1 Perubahan Mineralogi Tanah dengan XRD  | 97  |
|   | 5.3.2 Morfologi Mikrostruktur Tanah dengan SEM   | 101 |
| 5.4   | Hubungan Mineralogi dengan Sifat Kekuatan Penstabilan  | 105 |
| <br>  |  |     |
| <b>BAB 6: KESAN PENSTABILAN KAPUR TERHIDRAT TERHADAP SIFAT KEKUATAN TANAH BERLEMPUNG FORMASI TRUSMADI</b>   |  |     |
| 6.1   | Pendahuluan  | 108 |
| 6.2   | Kekuatan Kompresif Tanah Berlempung  | 108 |
|   | 6.2.1 Kekuatan Lodak Berlempung dan Bepasir  | 108 |
|   | 6.2.2 Kekuatan Pasir Berlempung  | 110 |
| 6.3   | Sifat Pengelasan Kekuatan Mampatan Tak Terkurung   | 111 |
|   | 6.3.1 Lodak Berlempung dan Bepasir   | 111 |
|   | 6.3.2 Pasir Berlempung   | 113 |
| 6.4   | Jenis Corak Kegagalan  | 115 |
| 6.5   | Perbandingan Sifat Kekuatan Penstabilan  | 120 |
|   | 6.5.1 Perbandingan Kadar Kekuatan Penstabilan Tanah  | 120 |
|   | 6.5.2 Kesan Unit Litologi Terhadap Penstabilan   | 121 |
|   | 6.5.3 Kesan Tempoh Pengawetan Terhadap Penstabilan   | 123 |
| <br>  |  |     |
| <b>BAB 7: KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>   |  |     |
| 7.1   | Pendahuluan  | 126 |
| 7.2   | Geologi Am dan Taburan Batuan  | 126 |
| 7.3   | Sifat Fiziko Kimia, Sifat Kejueruteraan dan Komposisi Mineralogi Tanah Berlempung Formasi Trusmadi | 126 |
| 7.4   | Kesan Penstabilan Terhadap Mineralogi dan Mikrostruktur Tanah Berlempung Formasi Trusmadi          | 127 |
| 7.5   | Kesan Penstabilan Kapur Terhidrat Terhadap Kekuatan Tanah Berlempung Formasi Trusmadi              | 128 |
| 7.6   | Cadangan   | 129 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| <b>RUJUKAN</b>    | 130 |
| <b>LAMPIRAN A</b> | 138 |
| <b>LAMPIRAN B</b> | 140 |
| <b>LAMPIRAN C</b> | 142 |
| <b>LAMPIRAN D</b> | 143 |
| <b>LAMPIRAN E</b> | 148 |
| <b>LAMPIRAN F</b> | 166 |
| <b>LAMPIRAN G</b> | 184 |



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI RAJAH

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Rajah 1.1: | Lokasi kawasan kajian di Sabah.  | 4  |
| Rajah 1.2: | Peta dasar kawasan kajian di Pekan Kundasang.  | 5  |
| Rajah 1.3: | Peta dasar kawasan kajian di sepanjang Jalan Lebuhraya Ranau-Tambunan.   | 6  |
| Rajah 1.4: | Kekerapan taburan hujan sepanjang tahun 2011   | 9  |
| Rajah 1.5: | Pola saliran di sekitar kawasan Pekan Kundasang.   | 12 |
| Rajah 1.6: | Pola saliran di sekitar kawasan Lebuhraya Ranau-Tambunan.  | 13 |
| Rajah 1.7: | Topografi di kawasan sekitar Pekan Kundasang, Ranau.   | 15 |
| Rajah 1.8: | Topografi di kawasan sekitar Lebuhraya Ranau-Tambunan.   | 16 |
| Rajah 2.1: | Rumusan Stratigrafi kawasan kajian.  | 20 |
| Rajah 2.2: | Peta Geologi di kawasan Kundasang.   | 22 |
| Rajah 2.3: | Peta Geologi di sepanjang kawasan Lebuhraya Ranau Tambunan.  | 23 |
| Rajah 2.4: | Pembinaan tiang kapur (Broms dan Boman dalam Rogers dan Glendinning, 1997).                                      | 27 |
| Rajah 2.5: | Kaedah semburan simen/kapur ke dalam muka cerun (Blacklock dan Wright, 1986 dalam Rogers dan Glendinning, 1997). | 28 |
| Rajah 2.6: | Pembinaan cerucuk kapur (Ingles dan Metcalf, 1972 dalam Rogers dan Glendinning, 1997).                           | 29 |
| Rajah 2.7: | Analisis kekuatan kejelikitan tanah melawan bilangan hari pengawetan (Bergado et.al, 1996).                      | 36 |
| Rajah 2.8: | Analisis kekuatan ricih melawan masa pengawetan (Locat, et.al, 1990; Bergado et.al, 1996).                       | 37 |
| Rajah 3.1: | Carta aliran kajian makmal.  | 40 |
| Rajah 3.2: | Lokasi kawasan persampelan bagi lokaliti S1.   | 55 |
| Rajah 3.3: | Lokasi kawasan persampelan bagi lokaliti S2,S3,S4,S5 dan S6.   | 56 |
| Rajah 4.1: | Lengkung taburan saiz butiran tanah yang menunjukkan sifat penggredan susunan saiz butiran tanah.                | 61 |
| Rajah 4.2: | Graf analisis Had Cecair   | 68 |
| Rajah 4.7: | Perperolehan hasil analisis keplastikan berdasarkan kepada   | 69 |

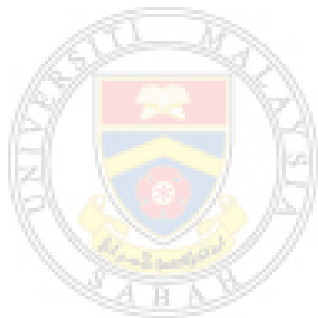
Indeks Carta Keplastikan (Casagrande, 1948).

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Rajah 4.8:  | Graf menunjukkan nilai optimum ketumpatan kering dan kandungan kelembapan yang berbeza bagi setiap sampel tanah.   | 72 |
| Rajah 4.9:  | Hasil pemerolehan analisis pemadatan menunjukkan jenis lengkung pemadatan bagi 4 jenis tanah yang berbeza (Braja, 2010: 119).  | 73 |
| Rajah 4.10: | Analisis kekuatan mampatan melawan paksi regangan.   | 76 |
| Rajah 4.11: | Analisis mineralogi bagi sampel S1 yang menunjukkan kehadiran mineral kuarza (Q), kaolinit (K) dan ilit-montmorilonit (I-M).   | 79 |
| Rajah 4.12: | Analisis mineralogi bagi sampel S2 yang menunjukkan kehadiran mineral kuarza (Q), ilit-montmorilonit (I-M) dan montmorilonot (M).  | 80 |
| Rajah 4.13: | Analisis mineralogi bagi sampel S3 menunjukkan kehadiran mineral kuarza (Q), kaolinit (K), ilit (I), montmorilonit (M) dan ilit-montmorilonit. Daripada fotomikograf SEM menunjukkan, sampel S3 mengandungi mineral montmorilonit yang tinggi. | 81 |
| Rajah 4.14: | Analisis mineralogi bagi sampel S4 menunjukkan sampel terdiri daripada mineral kuarza (Q), ilit-montmorilonit (I-M), haloisit (H) dan ilit (I).  | 82 |
| Rajah 4.15: | Analisis mineralogi bagi sampel S5 menunjukkan kehadiran mineral montmorilonit (M), kuarza (Q) dan ilit (I).   | 83 |
| Rajah 4.16: | Analisis mineralogi bagi sampel S6 menunjukkan kehadiran mineral kuarza (Q), ilit-montmorilonit (I-M), montmorilonit (M) dan haloisit (H). Namun begitu, graf XRD menunjukkan sampel S6 terdiri dari mineral vermikulit (V).                   | 84 |
| Rajah 4.17: | Struktur mineral lempung kaolinit, ilit dan montmorilonit. Rajah menunjukkan, terdapat kation $K^+$ yang mengisi antara peralapisan dalam ilit dan $H_2O$ dalam peralapisan montmorilonit (Coduto, et.al, 2011).                               | 85 |
| Rajah 4.18: | Kedudukan mineral lempung yang umum atas carta keplastikan Casagrande (Casagrande, 1948 dalam Robert & William, 1981).   | 87 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Rajah 5.1:  | Keadaan pH sampel S1 selepas penstabilan dijalankan pada 28 hari pengawetan.                                | 94  |
| Rajah 5.2:  | Keadaan pH sampel S3 selepas penstabilan dijalankan pada 28 hari pengawetan.                                | 94  |
| Rajah 5.3:  | Graf analisis kepekatan unsur $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{CaO}$ dalam sampel tanah S1. | 96  |
| Rajah 5.4:  | Graf analisis kepekatan unsur $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{CaO}$ dalam sampel tanah S3. | 96  |
| Rajah 5.5:  | Difaktogram menunjukkan jenis mineral simen pada sampel S1.   | 99  |
| Rajah 5.6:  | Difaktogram menunjukkan jenis mineral simen pada sampel S3.   | 99  |
| Rajah 6.1:  | Graf analisis kekuatan mampatan paksi bagi tanah lodak berlempung dan berpasir.                             | 109 |
| Rajah 6.2:  | Graf analisis kekuatan mampatan paksi bagi pasir berlempung.  | 111 |
| Rajah 6.3:  | Graf analisis paksi tegasan melawan paksi keterikan bagi sampel tanah lodak berlempung dan berpasir.        | 116 |
| Rajah 6.4:  | Sifat keterikan berkadar songsang dengan pertambahan kapur terhidrat bagi sampel S1.                        | 116 |
| Rajah 6.5:  | Graf analisis paksi tegasan melawan paksi keterikan bagi sampel tanah pasir berlempung                      | 117 |
| Rajah 6.6:  | Sifat keterikan berkadar songsang dengan pertambahan kapur terhidrat bagi sampel S3.                        | 117 |
| Rajah 6.7:  | Corak kegagalan pada sampel tanah lodak berlempung dan berpasir (S1).                                       | 119 |
| Rajah 6.8:  | Corak kegagalan pada sampel tanah pasir berlempung (S3).  | 120 |
| Rajah 6.9:  | Perubahan kadar peratusan kekuatan penstabilan bagi sampel S1.  | 121 |
| Rajah 6.10: | Perubahan kadar peratusan kekuatan penstabilan bagi sampel S3.  | 122 |



- Rajah 6.11: Kadar tempoh pengawetan adalah berkadar terus dengan kesan kekuatan penstabilan bagi sampel S1. 125
- Rajah 6.12: Kadar tempoh pengawetan adalah berkadar terus dengan kesan kekuatan penstabilan bagi sampel S3. 125



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

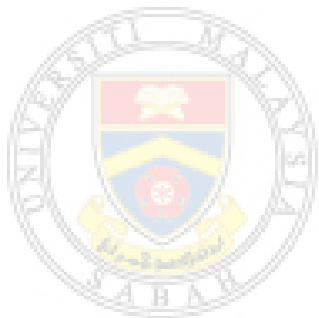
## SENARAI JADUAL

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| Jadual 2.1:  | Jadual menunjukkan anggaran nilai kekuatan tanah berlempung yang distabilkan dengan kapur mengikut jenis kapur (Thompson, 1966).            | 34 |
| Jadual 3.1:  | Rumusan Unit Litologi Lokasi Kawasan Kajian.  | 54 |
| Jadual 4.1:  | Hasil analisis ujian indeks.  | 59 |
| Jadual 4.2:  | Purata analisis taburan saiz butiran.   | 60 |
| Jadual 4.3:  | Pengelasan saiz butiran (mm) berdasarkan kepada <i>British Standard 1377:Part 2:1990</i>  | 61 |
| Jadual 4.4:  | Kesimpulan analisis taburan saiz butiran berdasarkan kepada USCS.   | 62 |
| Jadual 4.5:  | Rumusan unit litologi kawasan kajian yang mempengaruhi pengelasan saiz butiran tanah (USCS) dan pengredan susunan butiran.                  | 62 |
| Jadual 4.6:  | Hasil analisis Had-had Atterberg bagi 6 sampel tanah.   | 67 |
| Jadual 4.7:  | Hasil analisis pengecutan linear.   | 67 |
| Jadual 4.8:  | Purata analisis graviti tentu tanah.  | 70 |
| Jadual 4.9:  | Pengelasan Graviti Tentu Tanah (Braja, 2010).   | 70 |
| Jadual 4.10: | Keputusan data analisis pemadatan proctor.  | 71 |
| Jadual 4.11: | Data ujian kebolehtelapan tanah.  | 75 |
| Jadual 4.12: | Pengekelasan Kebolehtelapan tanah (Terzaghi, 1996).   | 75 |
| Jadual 4.13: | Hasil analisis Kekuatan Mampatan Tak Terkurung (kPa) bagi sampel tanah berjeleket dari Formasi Trusmadi.                                    | 76 |
| Jadual 4.14: | Pengelasan Konsistensi bagi Kekuatan Mampatan Tak Terkurung (kPa).  | 76 |
| Jadual 4.15: | Rumusan kandungan mineralogi dalam tanah dari Formasi Trusmadi.   | 78 |
| Jadual 4.16: | Nilai puncak mineral lempung dalam XRD.   | 78 |
| Jadual 4.17: | Rumusan sifat fiziko-kimia mineral lempung bagi kaolinit, ilit dan 86 montmorillonit (Diubahsuai daripada Beroya et al., 2009; Grim, 1968). | 86 |
| Jadual 4.18: | Nilai had cecair, had keplastikan dan aktiviti lempung mengikut jenis lempung dalam tanah (Braja, 2010).                                    | 87 |
| Jadual 5.1:  | Kepekatan unsur oksida terhadap penstabilan tanah.  | 97 |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| Jadual 6.1:  | Kekuatan Mampatan Tak terkurung (kPa) bagi Lodak Berlempung dan Berpasir yang distabilkan dengan kapur terhidrat. | 109 |
| Jadual 6.2:  | Kekuatan Mampatan Tak Terkurung (kPa) bagi Pasir Berlempung yang Distabilkan dengan Kapur Terhidrat.              | 110 |
| Jadual 6.3:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 0 hari pengawetan.   | 112 |
| Jadual 6.4:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 7 hari pengawetan.   | 112 |
| Jadual 6.5:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 14 hari pengawetan.  | 112 |
| Jadual 6.6:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 21 hari pengawetan.  | 113 |
| Jadual 6.7:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 28 hari pengawetan.  | 113 |
| Jadual 6.8:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 0 hari pengawetan.   | 113 |
| Jadual 6.9:  | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 7 hari pengawetan.   | 114 |
| Jadual 6.10: | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 14 hari pengawetan.  | 114 |
| Jadual 6.11: | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 21 hari pengawetan.  | 114 |
| Jadual 6.12: | Nilai kekuatan paksi mampatan pada 28 hari pengawetan.  | 115 |
| Jadual 6.13: | Menunjukkan perbezaan kekuatan penstabilan bagi dua sampel tanah yang berbeza unit litologinya.                   | 123 |

## SENARAI FOTO

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Foto 1.1: | Batu metamorfik jenis sabak hingga filit pada peralihan Formasi Trusmadi.   | 7  |
| Foto 1.2: | Singkapan Kelilir Pinousuk yang terdiri daripada campuran bahan peroi yang terdiri daripada batu pasir daripada Formasi Trusmadi di sekitar Zen Garden. | 8  |
| Foto 1.3: | Kewujudan resapan air pada permukaan cerun Formasi Trusmadi di lokaliti S2.   | 10 |
| Foto 2.1: | Antara singkapan Formasi Trusmadi di kawasan Sg. Kenipir.   | 21 |



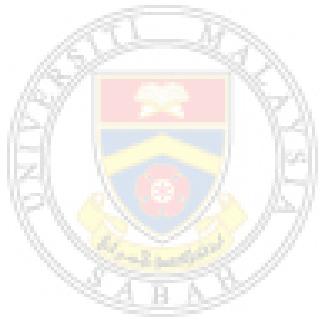
UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI FOTOMIKROGRAF

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| Fotomikrograf 4.1: | Menunjukkan sampel batu pasir mengandungi taburan mineral kuarza (Q) dan plagioklas(P). Terdapat juga kehadiran mineral mika seperti muskovit (M). Imej menunjukkan, sampel S1 mempunyai saiz butiran besar dan kasar.   | 64  |
| Fotomikrograf 4.2: | Menunjukkan taburan mineral mineral kuarza (Q), taburan mineral mika seperti muskovit (M) dan Biotit (B) dalam sampel batu pasir dari S2. Imej menunjukkan sazi butiran adalah sederhana kasar.  | 64  |
| Fotomikrograf 4.3: | Menunjukkan sampel batu pasir dari lokaliti S3. Sampel terdiri daripada taburan kuarza (Q), dan taburan mineral mika seperti biotit (B) dan muskovit (M) yang berkeping-keping. Saiz butiran mineral adalah bersaiz halus.   | 65  |
| Fotomikrograf 4.4: | Menunjukkan keratan nipis batu pasir dari lokaliti S4. Sampel terdiri daripada mineral kuarza (Q) dan mineral mika seperti muskovit (M) dan biotit (B). Sampel terdiri daripada mineral bersaiz besar.   | 65  |
| Fotomikrograf 4.5: | Menunjukkan keratan nipis batu pasir dari lokaliti S5. Imej menunjukkan taburan butiran kuarza (Q) lebih banyak berbanding mineral mika seperti muskovit (M). Butiran mineral dalam bpatu pasir S5 adalah bersaiz besar.   | 66  |
| Fotomikrograf 4.6: | Menunjukkan taburan mineral kuarza (Q) dan sedikit kehadiran mineral mika seperti muskovit (M). Keratan nipis menunjukkan sampel batu pasir dari lokaliti S6 mempunyai saiz butiran sederhana besar.   | 66  |
| Fotomikrograf 5.1: | Imej mikrograf SEM analisis penstabilan bagi sampel tanah S1. Imej (a) menunjukkan struktur rongga udara dalam tanah tanpa penstabilan. Imej (b) merupakan tanah yang distabilkan dengan 2% kapur terhidrat. Terdapat struktur gumpalan dengan 4% kapur terhidrat pada Imej (c). Struktur penghabluran | 103 |

simen dengan 6% kapur terhidrat pada Imej (d). Imej (e dan f) menunjukkan kepingan simen dan tanah semakin padat apabila distabilkan dengan 8% kapur terhidrat.

Fotomikrograf 5.2: Imej mikrograf SEM analisis penstabilan bagi sampel tanah S3. Imej (a) menunjukkan kehadiran mineral ilit-montmorillonit bagi sampel tanpa penstabilan. Imej (b) dan (c) merupakan sampel tanah dengan 2% dan 4% penstabilan. Imej (d) menunjukkan flokulasi mineral simen dengan kehadiran jambatan pengikat (simen) antara mineral lempung. Imej (e) menunjukkan hablur simen hasil tindak balas pengkarbonatan. Imej 6.2 (f) menunjukkan struktur tanah lebih padat dengan kehadiran kepingan mineral simen yang memenuhi ruang rongga tanah.



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## SENARAI LAMPIRAN

|            |                                      |     |
|------------|--------------------------------------|-----|
| Lampiran A | Keputusan kandungan kelembapan tanah | 138 |
| Lampiran B | Keputusan pH tanah                   | 140 |
| Lampiran C | Analisis spesifik graviti tanah      | 142 |
| Lampiran D | Analisis pepadatan Proctor           | 143 |
| Lampiran E | Analisis Penstabilan bagi Sampel S1  | 148 |
| Lampiran F | Analisis Penstabilan bagi Sampel S3  | 166 |
| Lampiran G | Nilai $2\theta$ bagi analisis XRD    | 184 |



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



UMS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH