

Mineralogi, Mikrostruktur dan Komposisi Kimia Tanah Baki Granit Semenanjung Malaysia

Aminaton Marto, Ph.D

Fauziah Kasim, M. Sc

Khairul Nizar Mohd Yusof, M. Eng

Jabatan Geoteknik dan Pengangkutan

Fakulti Kejuruteraan Awam

University Teknologi Malaysia

81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia.

ABSTRAK

Tanah baki adalah tanah yang terbentuk daripada proses luluhawa ke atas batuan. Di Malaysia khususnya, keadaan iklim, suhu dan taburan hujan yang ekstrim menggalakkan pembentukan tanah baki secara luluhawa kimia dan luluhawa fizikal. Penyelidikan berkaitan mineralogi, mikrostruktur, mikrofabrik dan komposisi kimia tanah baki, walaupun amat penting, masih kurang dijalankan di Malaysia. Pengetahuan tentang mineralogi, mikrostruktur, mikrofabrik dan komposisi kimia boleh dihubungkan dengan sifat-sifat fizikal dan kejuruteraan tanah baki, dan boleh digunakan dalam rekabentuk struktur di atas atau di dalam tanah jenis ini. Objektif kajian adalah untuk menentukan komposisi kimia, mineralogi, mikrostruktur dan mikrofabrik tanah baki yang berasaskan batuan granit dan membentuk carta-carta korelasi. Sampel-sampel tanah baki granit diambil pada beberapa kedalaman di empat lokasi di Semenanjung Malaysia. Mikroskop Pengimbas Elektron (SEM), Tenaga Penyerakan Sinar-X (EDX), Pembelauan Sinar-X (XRD) dan Pendarflor Sinar-X (XRF) digunakan dalam menganalisa mineralogi, mikrostruktur dan mikrofabrik. Meter pH, Spektrofotometer DR4000 dan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) digunakan dalam menentukan komposisi dan parameter kimia tanah baki. Kajian menunjukkan kuarza dan kaolinit merupakan dua mineral major yang hadir dalam tanah baki granit manakala montmorilonit, ilit, gipsit, goetit, ortoklas/mikrolin dan muskovit hadir sebagai mineral minor. Kehadiran mineral kaolinit menghasilkan fabrik tanah berbentuk empingan yang disusun secara rawak manakala mineral kuarza menghasilkan fabrik berbutir yang terhubung secara terselaput. Umumnya, mikrostruktur tanah baki menunjukkan kehadiran matriks lempung. Nilai pH bagi tanah yang didapati berjalat antara 4.34 hingga 5.92 menunjukkan tanah baki tersebut adalah berasid. Julat kandungan sulfat dan klorida pula masing-masing antara 2.21 ppm hingga 7.73 ppm dan 9 ppm hingga 26 ppm. Hasil ujikaji juga menunjukkan, kepekatan anion dan kation masing-masing bertambah dan berkurangan apabila jumlah cas negatif bertambah dan jumlah cas positif

berkurang apabila jarak kedua-dua cas ini semakin berjauhan daripada permukaan lempung dalam zarah-zarah tanah. Julat nilai kebolehpayaan pertukaran kation (KPK) didapati sebagai 0.34 meq/100 g hingga 8.27 meq/100 g. Manakala, julat bagi peratus berat SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , masing-masing adalah 37.25 % - 87.39 %, 2.53 % - 32.57 % dan 1.27 % - 13.48 %. Korelasi antara nilai KPK dengan nilai pH, nilai kehilangan berat semasa pembakaran (LOI) dengan aluminium oksida (Al_2O_3) dan kandungan sulfat dan klorida dengan kedalaman, telah dapat diwujudkan. Keputusan menunjukkan nilai KPK dikawal oleh nilai pH yang tinggi. Didapati juga sulfat dan klorida wujud dalam tanah baki yang mana kandungannya bertambah dengan kedalaman.

PENGENALAN

Tanah baki adalah terbentuk daripada luluhawa pada batuan asal yang berbeza. Ia berbeza dengan tanah sedimen disebabkan tanah baki adalah terbentuk secara disitu yang berkaitan dengan bahan-bahan tempatan, iklim, topografi dan keadaan saliran. Rajah 1 menunjukkan taburan tanah granitik di Semenanjung Malaysia. Kebanyakan kerja-kerja kejuruteraan awam juga penyiasatan tapak melibatkan tanah baki. Kajian daripada Rahn (1986) ada menyatakan bahawa masalah kejuruteraan utama bagi tanah baki yang berbatuan asalnya granit berlaku dalam kejuruteraan asas serta masalah cerun-cerun bukit.

Kertas kerja ini membincangkan mineralogi, mikrostruktur serta komposisi kimia bagi tanah baki granit bergred VI yang diambil dari Bukit Mertajam (bahagian Utara), Gumut (bahagian Tengah), Kampung Umbai (bahagian Selatan) dan Wakaf Tapai (bahagian Timur).

LATAR BELAKANG DAN KAJIAN LITERATUR

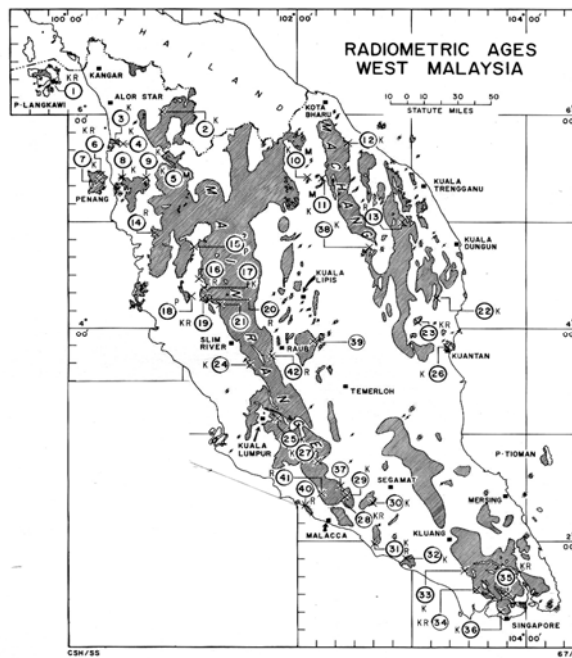
Data-data hujan tahunan di Malaysia adalah dalam julat 1778 mm hingga 3556 mm. Taburan batuan major di Malaysia adalah asas granit, dengan iklim tropika lembap, dan suhu harian 23°C kepada 32°C (Aminaton *et al*, 2001a). Dengan keadaan iklim lembap dan suhu harian yang tinggi menyebabkan luluhawa banyak berlaku pada batu granit di Malaysia. Selain itu, Mohd Raihan *et al* (1997) menyatakan masalah geoteknikal dan kegagalan kepada kestabilan cerun dan kegagalan dalam asas struktur berlaku dalam tanah baki.

Mineral memenuhi lebihkurang 50 % daripada isipadu tanah. Ia menyediakan sokongan fizikal kepada tumbuh-tumbuhan dan mengisi lompong-lompong air dan udara yang membolehkan tumbuhan hidup. Luluhawa ke atas mineral akan menghasilkan nutrien-nutrien kepada tumbuhan melalui penyerapan, pertukaran kation dan pemendakan. Mineral-mineral merupakan satu petunjuk kepada jumlah

luluhawa yang telah diambilalih dan kehadiran oleh sesetengah mineral dalam tanah mampu memberikan petunjuk kepada bagaimana pembentukan sesuatu struktur tanah. Namun demikian, pencirian fizikal dan kimia bagi mineral-mineral tanah adalah penting dalam pertimbangan perancangan, pembinaan dan pembaikan bangunan, jalan raya mahupun lapangan terbang.

Di Malaysia, luluhawa kimia memainkan peranan yang penting. Mclean and Gribbles (1984) menjelaskan bahawa proses luluhawa kimia melibatkan tindakbalas mineral batuan/tanah yang asal dengan air, oksigen dan asid organik pada permukaan tanah yangmana pemecahan struktur-struktur tanah secara kimianya akan mampu menghasilkan satu bahan yang baru dan sebahagiannya mudah larut dalam air.

Kajian-kajian lepas terhadap mineralogi, mikrostruktur dan komposisi kimia tanah baki granit di Semenanjung Malaysia adalah terlalu terhad. Jadual 1 menunjukkan kajian lepas yang bermula sejak 1969 sehingga 2002 berdasarkan nilai pH, kepekatan sulfat dan klorida, berat unsur yang paling major dan taburan relatif mineral major.



Rajah 1 Taburan Tanah Granitik di Semenanjung Malaysia (Hutchison dan Gobbett, 1973).

Jadual 1 Kajian Lepas terhadap Tanah Baki Granit

| Pengkaji dan Lokasi Pensampelan | Nilai pH | SO ₄ ²⁻ (ppm) | Cl ⁻ (ppm) | SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | Mineral Major |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------|
| Za-Chieh & Mirza (1969); Thailand | 3.85 – 5.77 | - | - | - | - | - | Q & K |
| West & Dumbleton (1970); Sem. Malaysia | - | - | - | 70 - 72 | 12 – 14 | 3 – 4 | Q & K |
| Zaayah (1985); Timur Sem Malaysia | - | - | - | | | | Q & K |
| Hamzah & Abdul Ghani (1993); Sem. Malaysia | - | - | - | 66 – 69 | 19 – 20 | 1.25 – 1.6 | - |
| Tan (1996); Sem. Malaysia | 4.60 – 7.80 | 0.5 – 45.5 | 7.09 – 202.1 | - | - | - | - |
| Mohd Raihan <i>et al</i> (1997); Sem. Malaysia | 4.50 – 6.00 | - | - | - | - | - | - |
| Aminaton <i>et al</i> (2001a); Selatan Sem. Malaysia | 5.30 – 5.58 | - | - | - | - | - | Q & K |
| Aminaton <i>et al</i> (2001b); Selatan Sem. Malaysia | 4.68 – 5.92 | - | 12 – 75 | 38.9 – 87.4 | 2.5 – 35.2 | 1.3 – 13.5 | - |
| Aminaton <i>et al</i> (2002a); Utara Sem. Malaysia | 5.19 – 6.75 | 3.26 – 17.58 | 12 - 26 | - | - | - | Q & K |
| Aminaton <i>et al</i> (2002b); Utara Sem. Malaysia | 4.69 – 6.33 | - | - | 37.3 – 62.0 | 19.6 – 32.6 | 5.5 – 14.7 | Q & K |
| Aminaton <i>et al</i> (2002c); Timur Sem. Malaysia | - | 2.21 – 12.13 | 7 – 25 | - | - | - | - |

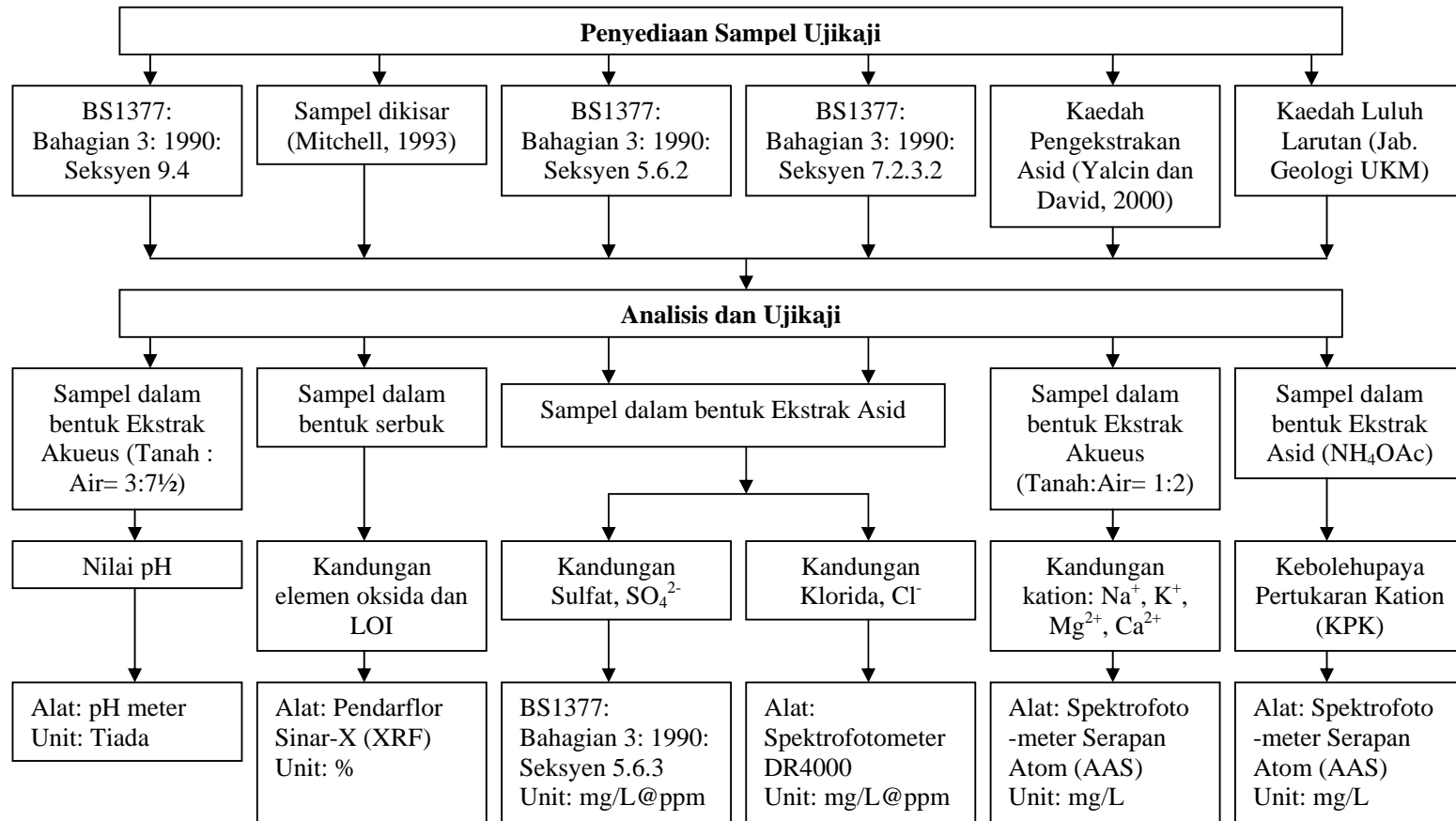
Q: Mineral kuarza; K: Kaolinit; -: Tiada kajian yang dijalankan

SAMPEL KAJIAN

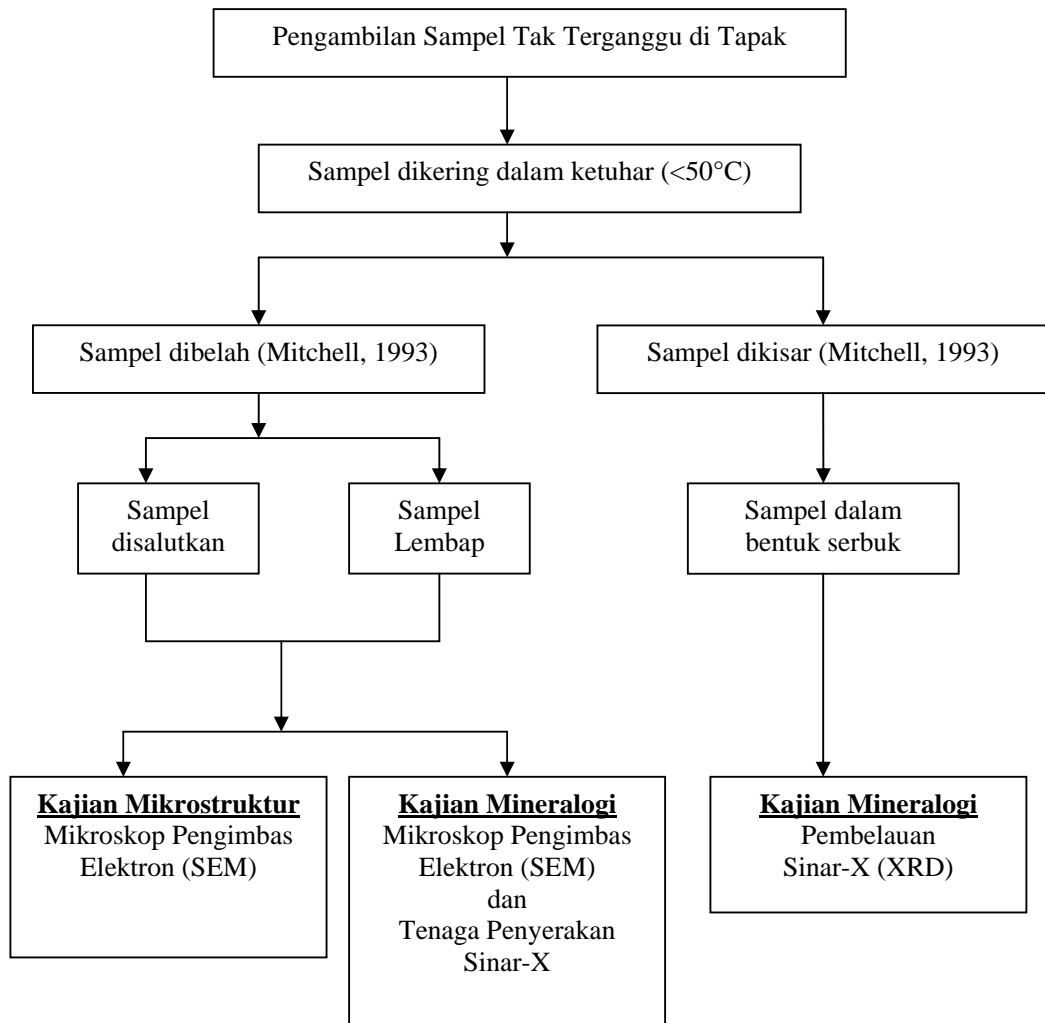
Sampel tanah bagi tujuan kajian telah diambil dari empat bahagian Semenanjung Malaysia iaitu Bukit Mertajam (bahagian Utara), Gumut (bahagian Tengah), Kampung Umbai (bahagian Selatan) dan Wakaf Tapai (bahagian Timur). Sampel telah diambil pada kedalaman 1 m – 4 m dan dibahagikan kepada beberapa kumpulan berdasarkan bahagian-bahagian di Semenanjung Malaysia dan dikodkan sepertimana yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Kesemua sampel tanah telah diuji terhadap mineralogi, mikrostruktur dan komposisi kimia menggunakan SEM, XRD, XRF, Spektrofotometer DR4000, AAS dan pH meter. Cartalir penyediaan sample bagi penentuan komposisi kimia tanah ditunjukkan pada Rajah 2 manakala penentuan mineralogi dan mikstruktur ditunjukkan pada Rajah 3.

Jadual 2 Kod sampel dan lokasi sample

| No. | Lokasi | Bahagian | Kod | Kedalaman (m) |
|------------|------------------------------|------------------------|------------|----------------------|
| 1 | Bukit Mertajam, Pulau Pinang | Utara Semenanjung | PA1 | 1.5 – 2.5 |
| | | | PA2 | 3.0 – 4.0 |
| 2 | Gumut, Selangor | Tengah Semenanjung | GA1 | 1.5 – 1.95 |
| | | | GA2 | 3.0 – 3.45 |
| 3 | Kampung Umbai, Melaka | Selatan Semenanjung | AF1 | 1.0 – 1.95 |
| | | | AF2 | 3.0 – 3.45 |
| 4 | Wakaf Tapai, Terengganu | Timur Semenanjung | TA1 | 1.0 – 1.5 |
| | | | TA2 | 3.0 – 3.45 |



Rajah 2 Carta Alir Penentuan Komposisi Kimia Tanah Baki



Rajah 3 Carta Alir Penentuan Mineralogi dan Mikrostruktur Tanah Baki Granit

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Jadual 3 menunjukkan nilai pH berkurangan dengan pertambahan kedalaman. Ini menunjukkan bahawa pada bahagian lapisan teratas, tanah mengandungi kepekatan ion-ion hidrogen yang tinggi berbanding lapisan terke bawah. Daripada keputusan ujikaji, julat pH adalah 4.34 hingga 5.92. Menurut Mitchell (1993), mineral lempung mempunyai ion-ion hidroksida yang terdedah pada bahagian permukaan dan hujungnya. Selain itu, nilai pH juga berkeupayaan untuk mempengaruhi ion-ion hidroksida untuk mengalami penceraian. Semakin tinggi nilai pH dalam tanah, maka semakin tinggi ion-ion hidrogen untuk mengalami penceraian di dalam larutan dan semakin tinggi cas-cas negatif berkesan zarah-zarah tanah. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Shamsudin (1983), nilai pH boleh dijadikan sebagai petunjuk kepada beberapa jenis mineral yang hadir dalam tanah. Keputusan ujikaji juga menunjukkan nilai pH yang didapati adalah < 6.00 . Taburan relatif mineral, pada Jadual 5 menunjukkan mineral kaolinit dan kuarza merupakan mineral major bagi kesemua sampel. Maka, kehadiran kaolinit sebagai mineral major dalam sampel adalah sejenis mineral yang mampu untuk menghasilkan nilai pH yang rendah berdasarkan mineral kaolinit ini mempunyai cas-cas negatif berkesan yang rendah. Daripada kajian yang telah dijalankan, ia didapati sama dengan kajian yang dijalankan oleh Mohd Raihan *et al* (1997) yang mana julat nilai pH yang didapati adalah 4.50 hingga 6.00.

Daripada Jadual 3 juga, didapati kepekatan sulfat (SO_4^{2-}) dan klorida (Cl^-) meningkat dengan pertambahan kedalaman bagi kesemua sampel tanah. Keputusan daripada ujikaji makmal yang dijalankan menunjukkan semua sampel mempunyai kepekatan sulfat dan klorida, masing-masing dalam julat 2.21 ppm hingga 7.73 ppm, dan 9 ppm hingga 26 ppm. Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Tan (1996), kepekatan maksimum sulfat dan klorida masing-masing adalah 46 ppm dan 202 ppm. Nilai yang didapati dari kajian ini adalah lebih rendah berbanding dengan kajian lepas. Apa yang jelas adalah, sulfat dan klorida sebagai kepekatan anion hadir dalam tanah baki granit dan mempunyai nilai yang rendah pada kedalaman yang cetek. Korelasi antara kepekatan anion ini dengan kedalaman, dapat diperhatikan pada Rajah 5. Korelasi antara SO_4^{2-} dengan kedalaman, D, menunjukkan pekali penentuan, R^2 ialah 0.92 yang mana nilai ini menunjukkan korelasi yang sangat baik. Manakala, korelasi antara Cl^- dengan D pula menunjukkan R^2 ialah 0.53 yang mana menunjukkan korelasi yang sederhana baik. Merujuk kepada Aminaton (1996) beliau menyatakan:-

- (i) Jika $R^2 < 0.25$, korelasi penentuan adalah lemah
- (ii) Jika R^2 ber julat antara 0.25 hingga 0.55, korelasi penentuan adalah sederhana baik
- (iii) Jika R^2 ber julat antara 0.55 hingga 0.80, korelasi penentuan adalah baik
- (iv) Jika $R^2 > 0.80$, korelasi penentuan adalah sangat baik.

Persamaan korelasi yang didapati adalah:-

$$\text{SO}_4^{2-} = \frac{D}{0.4552} \quad (1)$$

$$\text{Cl}^- = \frac{D}{0.1461} \quad (2)$$

Selain itu, LOI atau kehilangan berat semasa pembakaran, jelas menunjukkan sampel PA dan GA menunjukkan pertambahan dengan kedalaman manakala sampel AF dan TA, berkurangan dengan kedalaman (Jadual 3). Menurut Mitchell (1993), peratus LOI ini sebenarnya dipengaruhi oleh kandungan lembapan dan kehadiran mineral kaolinit berkurangan dengan kedalaman dan peratus LOI juga akan berkurangan apabila kandungan lembapan tanah meningkat. Ini disebabkan oleh penyerapan ion-ion hidroksida yang tinggi berlaku dalam tanah. Julat LOI bagi kesemua sampel adalah 5.57 % hingga 15.40 %. Rajah 5 menunjukkan korelasi berat oksida iaitu Al_2O_3 (sebagai agen kaolinit) dan Fe_2O_3 (sebagai agen mineral gipsit dan goetit) dengan LOI. Merujuk kepada Deer *et al* (1996), nilai LOI adalah berkait rapat dengan Al_2O_3 dan Fe_2O_3 . Korelasi yang diperolehi adalah:-

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 2.7847(\text{LOI}) - 6.925 \quad (3)$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.18(\text{LOI}) - 6.9691 \quad (4)$$

Korelasi antara Al_2O_3 dan Fe_2O_3 dengan LOI, masing-masing menunjukkan pekali penentuan, R^2 ialah 0.86 (sangat baik) dan 0.69 (baik). Julat bagi peratus SiO_2 di keseluruhan bahagian Semenanjung Malaysia adalah 37.25 % hingga 87.39 %. Manakala, julat bagi peratus Al_2O_3 dan Fe_2O_3 , masing-masing adalah 2.53 % hingga 32.57 % dan 1.27 % hingga 13.48 %. Bagi julat kepekatan kation pula, secara relatif daripada tertinggi sehingga terendah adalah $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$. Peratus SiO_2 yang tinggi menunjukkan tanah adalah bertaburan dengan mineral kuarza manakala peratus Al_2O_3 yang tinggi selepas SiO_2 menunjukkan unsur ini adalah unsur yang membentuk mineral kaolinit secara aktif dalam tanah. Ini disokong dengan keputusan XRD, yang mana pada Jadual 5 menunjukkan keseluruhan sampel kajian dikuasai oleh kehadiran mineral major seperti kuarza dan kaolinit. Manakala, ilit, montmorilonit, muskovit, gipsit, goetit dan ortoklas/mikrolin hadir sebagai mineral minor dalam tanah.

Pada Jadual 5 juga, ia menunjukkan julat kepekatan kation, secara relatif daripada tertinggi sehingga terendah adalah $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$. Ion Mg^{2+} mencatatkan kepekatan kation tinggi yang disebabkan oleh kehadiran mineral lempung iaitu mineral montmorilonit sebagai minor mineral dalam tanah baki granit. Manakala, bagi ion K^+ pula, ion ini dipengaruhi oleh satu lagi jenis mineral lempung yang minor yang hadir dalam tanah baki granit iaitu mineral ilit.

Rajah 7 menunjukkan mineral silikat yang hadir adalah berbucu kuarza. Manakala Rajah 8 pula menunjukkan mineral liat kaolinit yang berbentuk berkepingan hadir dalam sampel tanah. Walaubagaimanapun, tiada bukti yang menunjukkan kehadiran mineral silikat feldspar dalam imej SEM bagi tanah baki Gred VI disebabkan mineral jenis ini telahpun terubahsuai kepada beberapa bentuk lain pada gred ini. Mineral silika feldspar hanya boleh dijumpai pada batuan segar dan/atau dalam Gred I sahaja. Imej SEM bagi sampel TA1 jelas menunjukkan ciri-ciri tanah pada kedalaman yang cetek ini mempunyai struktur tanah yang padat berbeza dengan imej SEM pada sampel TA2 yang mempunyai struktur tanah yang longgar.

Julat KPK bagi kesemua sampel kajian adalah dalam julat 0.34 meq/100 g hingga 8.27 meq/100 g (Jadual 3). Manakala pada Rajah 6 pula menunjukkan korelasi KPK dengan nilai pH, yang mana menunjukkan pekali penentuan, R^2 ialah 0.87 (sangat baik) dan persamaan untuk korelasi ini ialah:-

$$\text{KPK} = 4.80(\text{pH}) - 21 \quad (5)$$

Kebolehpaya pertukaran kation (KPK) menyatakan bahawa ion-ion aluminium mampu untuk menukargantikan dengan ion-ion kalsium, magnesium, kalium dan natrium dalam larutan. Pada bucu ataupun kekisi hablur mineral-mineral dalam sampel tanah yang mengandungi ion-ion hidroksida yang mempunyai kepekatan yang tinggi akan dilepaskan dan menyebabkan nilai pH tinggi. Maka, apabila nilai pH bertambah, ianya menjadikan tanah semakin beralkali, maka logam-logam alkali akan menjalani proses pemendapan dalam tanah. Oleh itu, apabila kepekatan kation tinggi, maka kadar KPK dalam tanah juga tinggi. Rajah 6 juga menunjukkan KPK bertambah dengan nilai pH.

Jadual 5 juga menunjukkan mikrostruktur tanah baki granit mempunyai matriks berbutir yang disebabkan oleh kehadiran kuarza dan matriks lempung yang disebabkan oleh mineral kaolinit. Manakala, bagi mikrofabrik pula, ianya menunjukkan sampel kajian terdiri daripada berbutir dengan hubungan terselaput (mineral kuarza) dan empingan yang disusun secara rawak/domain (mineral kaolinit).

Jadual 3 Kandungan Anion (SO_4^{2-} dan Cl^-), Nilai pH, LOI dan KPK.

| Sampel | SO_4^{2-} (ppm) | Cl^- (ppm) | Nilai pH | LOI (%) | KPK (meq/100 g) |
|--------|-----------------------------|------------------------|-------------|------------|--------------------|
| PA1 | 3.26 | 15 | 5.82 | 6.26 | 6.35 |
| PA2 | 7.41 | 26 | 5.19 | 7.81 | 4.37 |
| GA1 | 3.81 | 9 | 5.26 | 10.22 | 4.57 |
| GA2 | 7.73 | 17 | 4.34 | 12.23 | 1.56 |
| AF1 | 2.87 | 13 | 5.92 | 8.20 | 8.27 |
| AF2 | 7.13 | 25 | 4.68 | 5.57 | 1.10 |
| TA1 | 2.21 | 12 | 4.85 | 15.40 | 1.05 |
| TA2 | 7.44 | 14 | 4.69 | 14.12 | 0.34 |

SO_4^{2-} : Kepekatan sulfat, Cl^- : kepekatan klorida, LOI: Kehilangan Berat Semasa Pembakaran, KPK: Kebolehpaya Pertukaran Kation

Jadual 4 Peratus Berat Oksida dan Julat Relatif Kepekatan Kation

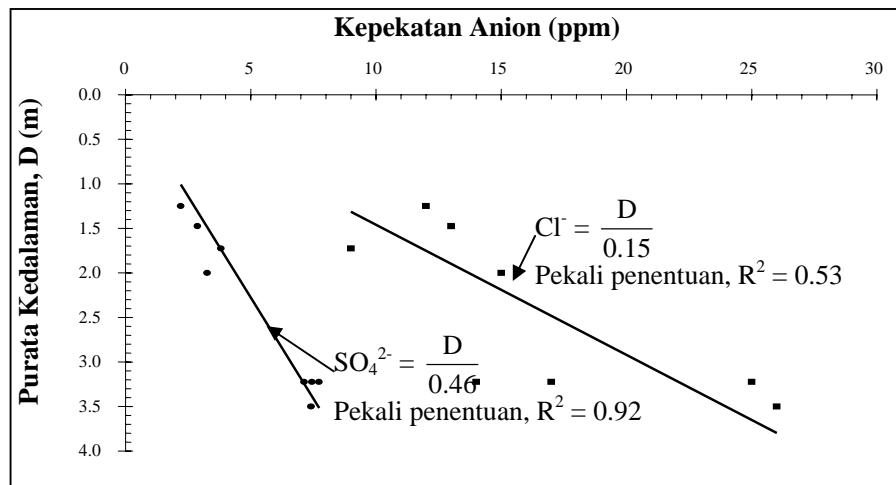
| Sampel | SiO_2 (%) | Al_2O_3 (%) | Fe_2O_3 (%) | Kepekatan Kation |
|--------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| PA1 | 78.51 | 12.96 | 1.46 | $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ |
| PA2 | 69.40 | 19.11 | 2.89 | $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ |
| GA1 | 57.96 | 26.26 | 2.13 | $\text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ |
| GA2 | 53.37 | 30.22 | 2.25 | |
| AF1 | 77.99 | 12.00 | 2.18 | $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ |
| AF2 | 87.39 | 2.53 | 1.27 | $\text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+}$ |
| TA1 | 37.25 | 32.57 | 12.76 | $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ |
| TA2 | 38.94 | 31.20 | 13.48 | $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ |

SiO_2 : silikon oksida, Al_2O_3 : aluminium oksida, Fe_2O_3 : ferum oksida, Na^+ : ion natrum, K^+ : ion kalium, Mg^{2+} : ion magnesium, Ca^{2+} : ion kalsium

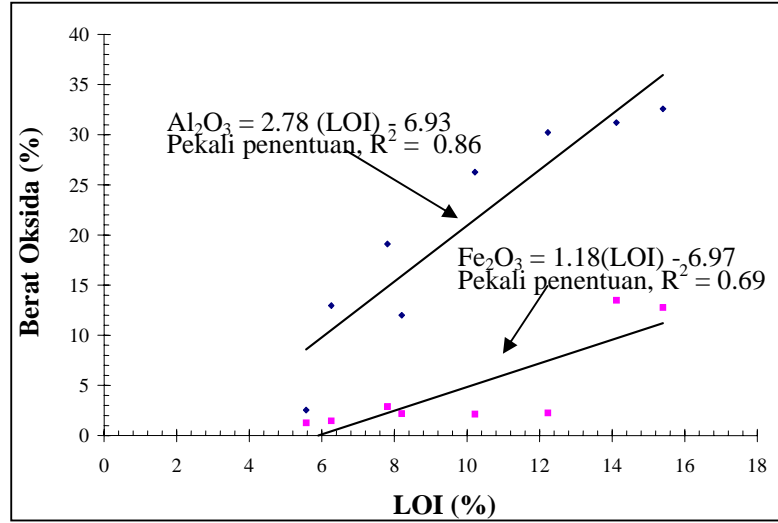
Jadual 5 Kandungan Mineral, Mikrostruktur dan Mikrofabrik

| Sampel | Kedalaman (m) | Kandungan Mineral | | Mikrostruktur | Mikrofabrik |
|--------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|
| | | Major | Minor | | |
| PA1 | 1.5 – 2.5 | K, Q | Mo | MB | Berbutir dengan hubungan terselaput |
| PA2 | 3.0 – 4.0 | K, Q | Mu, Mo | ML | Empingan secara rawak/domain |
| GA1 | 1.5 – 1.95 | K, Q | Gi, I, Mu | ML | Berbutir dengan hubungan terselaput |
| GA2 | 3.0 – 3.45 | K, Q | Mu, I, O/Mi, Gi | MB | |
| AF1 | 1.0 – 1.95 | K, Q | Mu, O/Mi | MB | Empingan secara rawak dan bergugus |
| AF2 | 3.0 – 3.45 | Q | - | ML | Berbutir dengan hubungan terselaput |
| TA1 | 1.0 – 1.5 | K, Q | Go, I, Mo | ML | |
| TA2 | 3.0 – 3.45 | K, Q | Go, I, Mu, Mo | ML | Empingan secara rawak/domain |

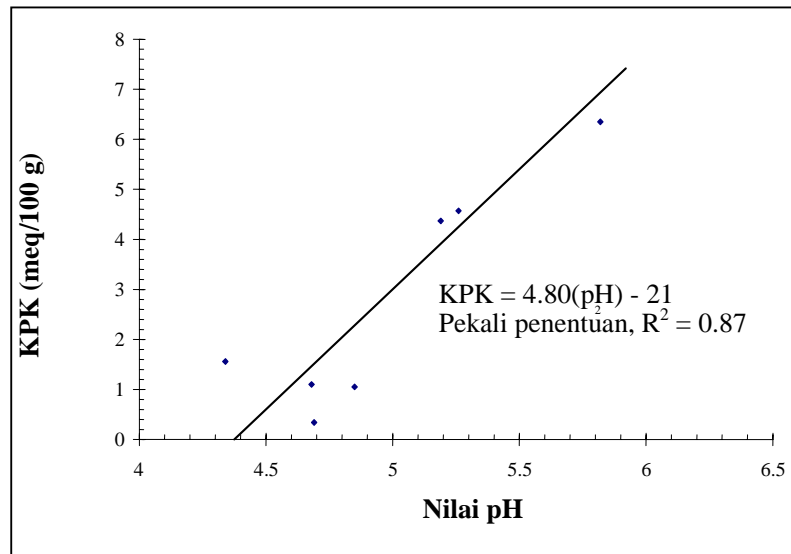
Q: kuarza, K: kaolinit, Mo: montmorilonit, I: ilit, Mu: muskovit, Gi: gibsit, Go: Goetit, O/Mi: ortoklas/mikrolin, MB: matriks berbutir, ML: matriks lempung



Rajah 4 Korelasi Kepekatan Anion dengan Purata Kedalaman



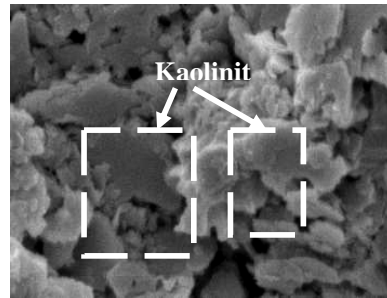
Rajah 5 Korelasi Berat Oksida dengan LOI



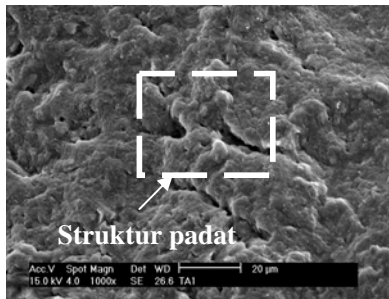
Rajah 6 Korelasi KPK dengan Nilai pH



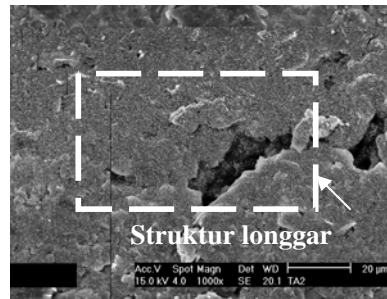
Rajah 7 Imej SEM bagi sampel PA1.



Rajah 8 Imej SEM bagi sampel PA2.



Rajah 9 Imej SEM bagi sampel TA1.



Rajah 10 Imej SEM bagi sampel TA2.

KESIMPULAN

Daripada kajian yang dijalankan, kesimpulan berikut telah tercapai:-

- (i) Julat keseluruhan nilai pH bagi tanah baki di Semenanjung Malaysia adalah 4.34 hingga 5.92. Ini menunjukkan tanah baki granit adalah kumpulan tanah yang berasid.
- (ii) Julat kehilangan berat semasa pembakaran (LOI) untuk tanah baki di Semenanjung Malaysia adalah 4.34 % hingga 7.81 %.
- (iii) Bagi nilai kepekatan sulfat dan klorida, didapati julat masing-masing adalah 2.21 ppm hingga 7.73 ppm dan 9 ppm hingga 26 ppm di seluruh bahagian Semenanjung Malaysia. Kepekatan sulfat dan klorida bertambah dengan kedalaman.
- (iv) Julat bagi peratus SiO_2 di keseluruhan bahagian Semenanjung Malaysia adalah 37.25 % hingga 87.39 %.

- (v) Julat bagi peratus Al_2O_3 di keseluruhan bahagian Semenanjung Malaysia adalah 2.53 % hingga 32.57 %.
- (vi) Julat bagi peratus Fe_2O_3 di keseluruhan bahagian Semenanjung Malaysia adalah 1.27 % hingga 13.48 %.
- (vii) Julat kepekatan kation, secara relatif daripada tertinggi sehingga terendah adalah $\text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$.
- (viii) Ion Mg^{2+} mencatatkan kepekatan kation tinggi yang disebabkan oleh kehadiran mineral lempung iaitu mineral montmorilonit sebagai minor mineral dalam tanah baki granit. Manakala, bagi ion K^+ pula, ion ini dipengaruhi oleh satu lagi jenis mineral lempung yang minor yang hadir dalam tanah baki granit iaitu mineral ilit.
- (ix) Menggunakan SEM, imej-imej pada sampel kajian mampu menunjukkan kehadiran mineral kaolinit berbanding dengan mineral kuarza.
- (x) Pada kedalaman yang cetek, struktur tanah adalah dalam keadaan padat manakala pada bahagian yang bawah, struktur tanah adalah dalam keadaan yang longgar.

PENGHARGAAN

Kajian ini dijalankan menggunakan peruntukan dari vot IRPA No. 72256. Penulis ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada Prof. Dr. Hamzah Mohamad, En. Hamid Othman dan En. Azahari Ibrahim daripada Jabatan Geologi, UKM, Bangi, Selangor di atas bantuan menganalisa XRD dan XRF. Selain itu juga, terima kasih kepada En. Jefri Samin dan En. Ayub Abu daripada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, UTM, Johor dan Dr. Badrul Ahmad dan En. Fahmy daripada Tenaga Nasional Berhad Research, UNITEN, Serdang, Selangor di atas bantuan mereka dalam menganalisa dan menginterpretasi imej-imej SEM dan EDX. Tidak lupa juga kepada En. Yassin dari Fakulti Sains bagi analisis AAS, serta En. Baba Mustar dan Cik Sharmila dari Fakulti Kejuruteraan Awam, UTM Skudai di atas komen dan pendapat yang diutarakan berkaitan ujian kimia tanah.

RUJUKAN

- Aminaton, M., Fauziah, K., dan Khairul Nizar, M.Y., “Correlations of Chemical Composition and Mineralogy of Granites Residual Soils of Peninsular Malaysia”, COSTAM dan UTM, Johor Bahru, Johor, 2002c.
- Aminaton, M., Fauziah, K., dan Khairul Nizar, M.Y., “Mineralogy and Microfabric of Residual Soils at Eastern region of Peninsular Malaysia”, *The 2nd World Engineering Congress 2002*, Universiti Putra Malaysia, Kuching, Sarawak, pp. 282 – 287, 2002b.
- Aminaton, M., Fauziah, K., dan Khairul Nizar, M.Y., “Mineralogi, Mikrostruktur dan Komposisi Kimia bagi Tanah Baki di Bahagian Utara Semenanjung Malaysia”, *Persidangan Kebangsaan Kedua Kejuruteraan Awam. Star Cruises Superstar Gemini, Pulau Pinang – Pulau Phi Phi – Pulau Phuket, Malaysia – Thailand*, pp. G1-1 – G1-17, 2002a.
- Aminaton, M., Fauziah, K., and Khairul Nizar, M.Y., “Mineralogy and Microstructure of Residual Soils of Peninsular Malaysia”, *Proceeding of the Seminar On Construction*, pp. 397 – 407, 2001a.
- Aminaton, M., Fauziah, K., and Khairul Nizar, M.Y., “The Chemical Compositions of Granitic Soils from Southern and Eastern Regions of Peninsular Malaysia”, *6th Regional Conference in Geotechnical Engineering (GEOTROPIKA 2001)*, Kuching, Malaysia, pp. 57-69, 2001b.
- Aminaton, M., “Volumetric Compression of A Silt Under Periodic Loading”, University of Bradford: Thesis Ph.D, 1996.
- Aung, K.K., Rahardjo, H., Toll, D.G., Leong, E.C., “Mineralogy and Microfabric of unsaturated residual soil”, *Unsaturated Soils for Asia*, pp. 317-321, 2000.
- Deer, W.A., Howie, R.A., and Zussman, J., “An Introduction to the Rock-Forming Minerals.” Second Edition, Addison Wesley Longman Limited. London, England, 1966.
- Hamzah, M., and Abdul Ghani, R., “The Distribution of Rare Earth Elements in Tropical Granitic Soil: A Case Study from Malaysia”, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 8, Nos. 1-4, 617-625, 1993.
- Hutchison, C.S. and Gobbett, D.J., “Geology of the Malaysia Peninsular : West Malaysia and Singapore, Wiley-Interscience, New York, U.S.A, 1973.
- Mohd Raihan, T., Dzevad, S., Zamri, C., and Khairul Anuar, M.N., “Geotechnical and Geoenvironmental Aspects of Residual Soils”, *4th Regional Conference in Geotechnical Engineering (GEOTROPIKA 97)*, Johor, Malaysia, pp. 331-341, 1997.
- Mitchell, K.J., “Fundamentals of Soil Behavior”, John Wiley & Sons, Inc., New York, United States of America, 1993.
- Mclean, A.C. and Gribble, C.D., *Geology for Civil Engineers*, 2nd Edition, George Allen & Unwin, London, 1984.
- Rahn, P.H, *Engineering Geology: An Enviromental Approach*, Elsevier, New York, U.S.A., 1986.

- Shamsuddin, J., "Asas Sains Tanah", Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur, pp. 61 –101, 1983.
- Tan, B.K., "Physico-Chemical and Mineralogical Studies of Soils:Techniques", 4th *International Conference on Tropical Soils.*, Kuala Lumpur, pp. 595-600, 1996.
- West, G. dan Dumbleton, M.J., "The Mineralogy of Tropical Weathering Illustrated by some West Malaysian Soils", *Quarterly Journal of Engineering Geology*, Vol. 3, Great Britain, pp. 25 – 40, 1970.
- Yalcin, B.A., and David, E.D., "Characterization, Containment, Remediation and Performance in Environment Geotechnics", *Geoenvironment 2000*, Vol 2, U.S.A, 1518 – 1533, 2000.
- Za-Chieh, M dan Mirza, F.M., "Effects of Method Preparation on Index Properties of Lateritic Soils", *Proceedings of the Specialty Session, Engineering Properties of Lateritic Soils*, Vol. 1, Bangkok, Thailand. No. 23 – 36, 1969.
- Zaayah, S., "Weathering Phenomena and The Evolution of Soils Developed on Granitic Gneiss", *Advances in Soil Research in Malaysia, Proceedings of the Technical Workshop on Soil Science organised by UPM/DOA/Belgium*, Serdang, Selangor, pp. 231 – 242, 1985.