

Sifat kejuruteraan bahan tanah granit, Lebuhraya Ipoh – Changkat Jering, Perak Darul Ridzuan.

(The engineering properties of granitic soil materials, Ipoh – Changkat Jering Expressway, Perak Darul Ridzuan)

ONG CHU YIN, TAN BOON KONG, IBRAHIM KOMOO & ABDUL GHANI RAFEK

Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi

Abstrak: Sifat kejuruteraan bahan tanah yang dikaji termasuk spesifik graviti, taburan saiz butiran, had Atterberg, mineralogi lempung dan sifat pemadatan. Selain daripada itu, sifat kimia seperti keupayaan pertukaran kation (KPK) dan kepekatan kation larut air liang juga dikaji. Hasil kajian menunjukkan nilai spesifik graviti dipengaruhi oleh taburan saiz pasir yang merupakan komposisi utama tanah granit. Pertambahan nilai had Atterberg dengan peningkatan gred luluhawa boleh dikaitkan dengan pertambahan peratus kandungan lempung. Mineral lempung yang dominan adalah kaolinit dan ilit. Plot carta keplastikan menunjukkan tanah granit bersifat keplastikan sederhana hingga tinggi. Pengurangan ketumpatan kering maksimum dan pertambahan kandungan kelengasan optimum yang diperolehi daripada ujian pemadatan adalah selaras dengan peningkatan darjah perluluhawaan. Pertambahan nilai KPK dan kepekatan kation larut (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) dengan peningkatan gred luluhawa juga dikaitkan dengan pertambahan peratus kandungan lempung. Berdasarkan parameter kimia didapati nisbah kation monovalensi: dwivalensi dan nisbah serapan natrium mempunyai nilai yang rendah (<2.0). Ini bermakna tanah granit merupakan tanah yang mempunyai potensi penyerakan yang rendah. Hasil yang sama juga diperolehi daripada plot graf penyerakan.

PENGENALAN

Keadaan topografi serta iklim panas dan lembab telah menyebabkan pembentukan profil tanah yang tebal di kawasan kajian (Ong, 1989). Pembinaan Lebuhraya Ipoh - Changkat Jering memintasi Banjaran Keledang telah melibatkan banyak potongan cerun. Potongan cerun yang baru membolehkan sampel tanah yang segar diambil untuk kajian yang mendalam di makmal.

Di dalam kajian ini empat profil tanah granit yang mempunyai ketebalan yang pelbagai dan pada kedudukan topografi yang berlainan telah dipilih.

<u>Lokasi</u>	<u>Kedudukan</u> <u>(dari paras laut)</u>	<u>Ketebalan</u> <u>Profil Tanah</u>
CH23400	138 m	25 m
CH26100	189 m	38 m
CH27000	218 m	63 m
CH28300	293 m	66 m

Pada setiap muka cerun tanah yang dikaji penyampelan dijalankan mengikut satu garisan menegak dari atas ke bawah profil. Sampel diambil pada kedalaman sekitar 30 cm dari permukaan. Hal ini adalah untuk memastikan sampel yang diambil betul-betul in situ dan segar. Sebanyak 55 sampel tanah daripada empat profil tersebut yang mewakili gred luluhawa VI, V dan IV digunakan untuk kajian ini (Jadual 1). Sifat kejuruteraan bahan tanah granit yang dikaji meliputi spesifik graviti, taburan saiz butiran, had Atterberg, mineralogi lempung serta sifat pemadatan, dan dijalankan mengikut kaedah yang dicadangkan oleh Institusi Pemiawaian British (BS1377:1975). Selain daripada itu sifat kimia seperti keupayaan pertukaran kation (KPK) serta kepekatan kation larut air liang juga dikaji mengikut kaedah yang dicadangkan oleh Pusat Penyelidikan Geoteknik, Mc Gill University, Montreal, Kanada (1985).

HASIL DAN PERBINCANGAN

Spesifik graviti (SG) tanah granit di kawasan kajian didapati bernilai antara 2.6 hingga 2.7. Nilai SG ini adalah lebih kurang selaras dengan komposisi utama tanah granit yang terdiri daripada mineral kuarza (SG = 2.65).

Umumnya hasil analisis taburan saiz butiran menunjukkan bahawa tanah granit (gred VI dan V) mengandungi taburan saiz pasir, kelikir, lodak dan lempung mengikut jumlah kelimpahan. Contoh perubahan taburan saiz butiran dengan kedalaman ditunjukkan di dalam Rajah 1. Taburan saiz pasir pada keseluruhannya relatif tinggi iaitu antara 20% hingga 50%. Hal ini adalah kerana butiran kuarza merupakan salah satu komponen yang tinggi di dalam batuan granit, saiz butirannya kasar serta ketahanannya terhadap tindakan larutan relatif amat tinggi. Namun begitu, umumnya taburan saiz pasir masih menunjukkan trend yang bertambah dengan kedalaman. Pada bahan gred VI sebahagian daripada pecahan pasir telah tersepai kepada saiz yang lebih halus. Taburan saiz kelikir pula bersela antara 7.8% (di bahagian atas profil) hingga 39% (di bahagian bawah profil). Taburan saiz lodak dan lempung relatif lebih rendah dan bertambah seiringan dengan peningkatan gred luluhawa. Contohnya, untuk bahan gred V taburan saiz lempung didapati kurang daripada 10%, manakala bahan gred VI mengandungi taburan saiz lempung antara 10% hingga 60%. Trend taburan saiz butiran jelas

Jadual 1: Pengelasan luluhawa bahan granit sepanjang lebuh raya Ipoh - Changkat Jering.

Istilah	Gred	Bahan	Cirian Lapangan
Tanah Baki	VI	Tanah	Warna homogen, kuning kecoklatan atau merah kecoklatan. Bahan LEMPUNG berpasir atau LODAK berpasir. Tekstur batuan asal musnah. Semua mineral seperti feldspar dan biotit terurai danditidak boleh dikenali, kecuali butiran kuarza yang segar. Tanah berkelikatan.
Terluluhawa Lengkap	V	Tanah	Warna tidak homogen, tompok putih atau kuning pada merah kecoklatan. Bahan LODAK berpasir atau berkerikil dan PASIR berlempung atau berlodak. Tekstur asal sebahagian masih kekal. Semua mineral feldspar dan biotit terurai tetapi sebahagian masih boleh dikenali. Feldspar berwarna putih kekuningan dan bersifat bedak, manakala biotit kadang kala membentuk tompok hitam berkarat Butiran kuarza segar. Tanah peroi.
Terluluhawa Tinggi	IVb	Tanah	Perubahan warna lengkap, warna tidak homogen. Batuan terluluhawa. Tekstur asal kekal. Kebanyakan mineral feldspar dan biotit terluluhawa. Feldspar berwarna putih atau putih kekuningan dan mudah dicungkil dengan kuku. Biotit sebahagian masih berkepingan tetapi mudah terhancur. Jika diketuk dengan tukul geologi ia mudah tersepai menjadi bahan peroi.
	IVa	Batuan	Sifat lain seperti bahan IVb, tetapi apabila diketuk dengan tukul geologi ia mudah terhancur menjadi serpihan batuan.
Terluluhawa Sederhana	III	Batuan	Perubahan warna tidak lengkap, warna tidak homogen, terdapat tompok kuning, merah dan hitam. Tekstur batuan kekal sepenuhnya. Lebih separuh feldspar berwarna putih kekuningan. Biotit telah mengubah warna butiran di sekelilingnya. Ia boleh dipecahkan dengan tukul geologi menjadi blok batuan.

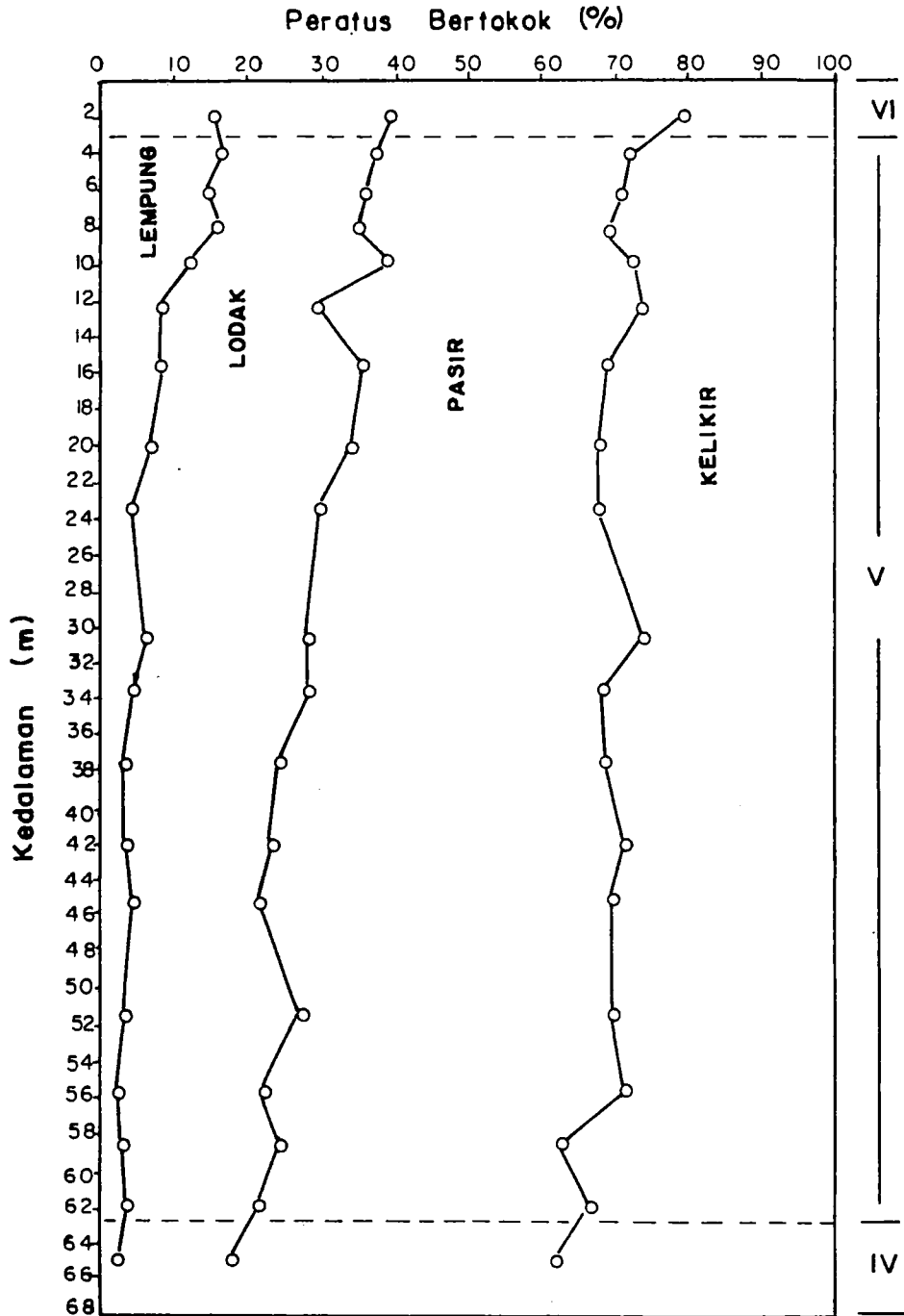
Jadual 1: Pengelasan luluhawa bahan granit sepanjang lebuh raya Ipoh - Changkat Jering. (sumbung)

Istilah	Gred	Bahan	Cirian Lapangan
Terluluhawa Sedikit	II	Batuan	Hanya sedikit perubahan warna pada butiran individu yang terluluhawa. Tekstur batuan kekal. Sebahagian feldspar mulai terluluhawa dengan warna putih kekuningan. Biotit mula mengubah warna butiran di sekelilingnya. Sukar dipecahkan dengan tukul geologi menjadi blok batuan.
Batuan Segar	I	Batuan	Tidak ada perubahan warna. Tekstur dan semua kandungan mineral tidak berubah. Sangat sukar dipecahkan dengan tukul geologi menjadi blok batuan

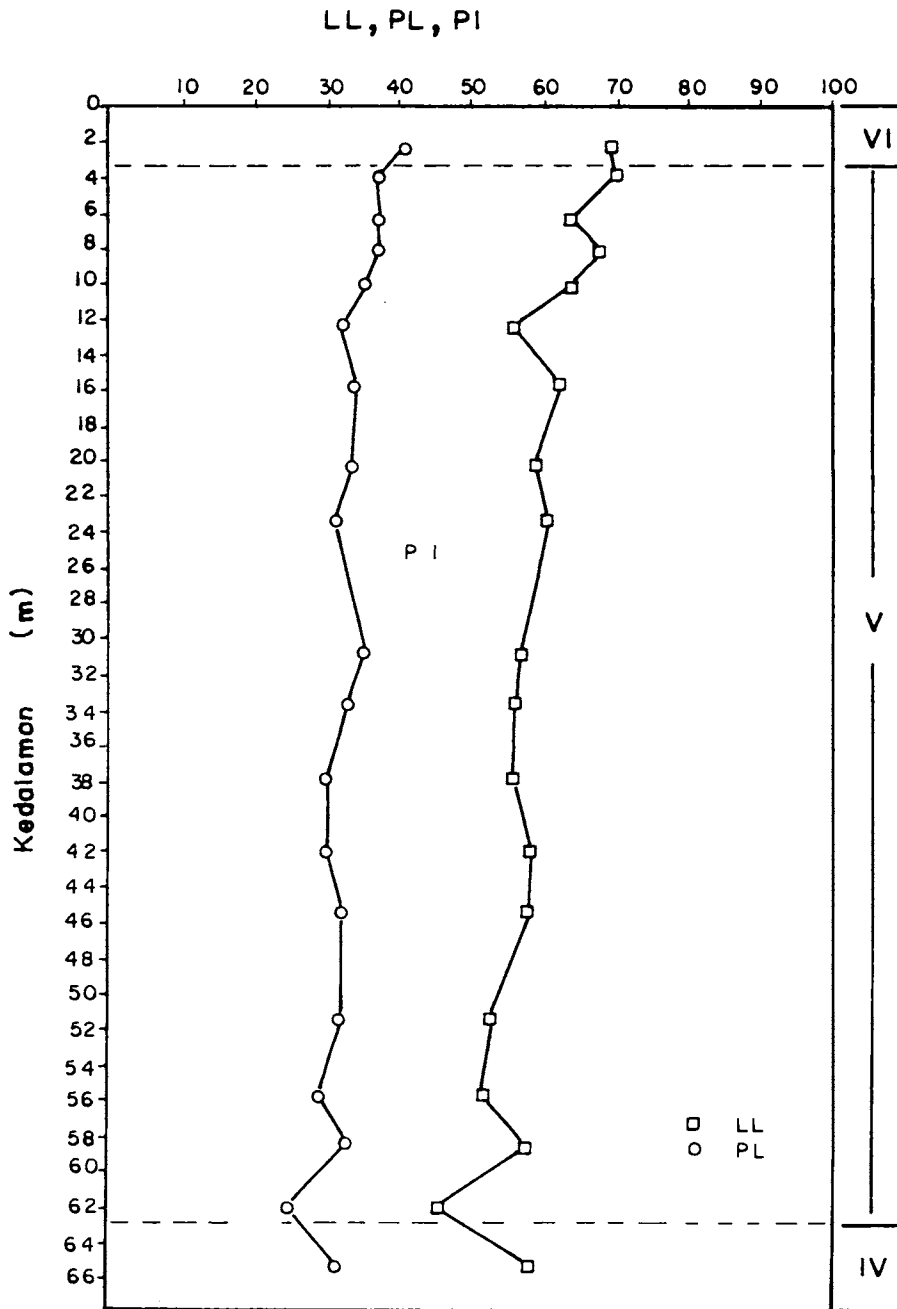
menunjukkan pengaruh peningkatan gred luluhawa di dalam proses penguraian bahan berbutir kasar kepada yang bersaiz lebih halus.

Mengikut pengelasan bahan tanah oleh International Association of Engineering Geology, IAEG (1981), bahan gred VI (tanah baki) yang terdapat di bahagian atas profil luluhawa boleh dikelaskan sebagai LEMPUNG berpasir dan/atau LODAK berpasir. Bahan gred V (terluluhawa lengkap) pula terdiri daripada LODAK berpasir atau LODAK berkelikir dan PASIR berlempung atau PASIR berlodak. Pengelasan bahan gred IV sebagai tanah didapati kurang sesuai kerana sifatnya seperti bahan perantaraan tanah dan batuan. Oleh yang demikian bahan gred VI lebih sesuai dikelaskan sebagai bahan terluluhawa tinggi. Pengelasan bahan tanah ini dapat ditunjukkan dengan lengkung tipikal taburan saiz butiran (Rajah 2). Kedudukan sampul bahan gred VI lebih tinggi serta lebih landai. Sampul sedemikian menunjukkan peratus kandungan lempung yang relatif lebih tinggi dan taburan saiz butiran yang lebih segaya. Bahan gred V diwakili oleh sampul yang lebih rendah dan lebih curam. Bentuk sampul ini menggambarkan kandungan lempung yang lebih rendah dan taburan saiz butiran yang kurang segaya. Bahan gred IV (terluluhawa tinggi) pula boleh diwakili oleh sampul yang paling rendah dan curam. Pertindihan sampul bahan gred VI, V dan IV juga memberi erti bahawa penguraian bahan bumi yang berterusan akibat daripada peningkatan darjah perluluhawaan.

Hasil kajian tanah granit di kawasan kajian menunjukkan had cecair bahan gred VI berkisar antara 68% hingga 90% berbanding dengan bahan gred V yang bernilai antara 46% hingga 70%. Had plastik bahan gred VI pula bersela antara 37% hingga 48% dan berkurangan kepada 23% hingga 47% untuk bahan gred V. Contoh perkaitan had Atterberg dengan kedalaman

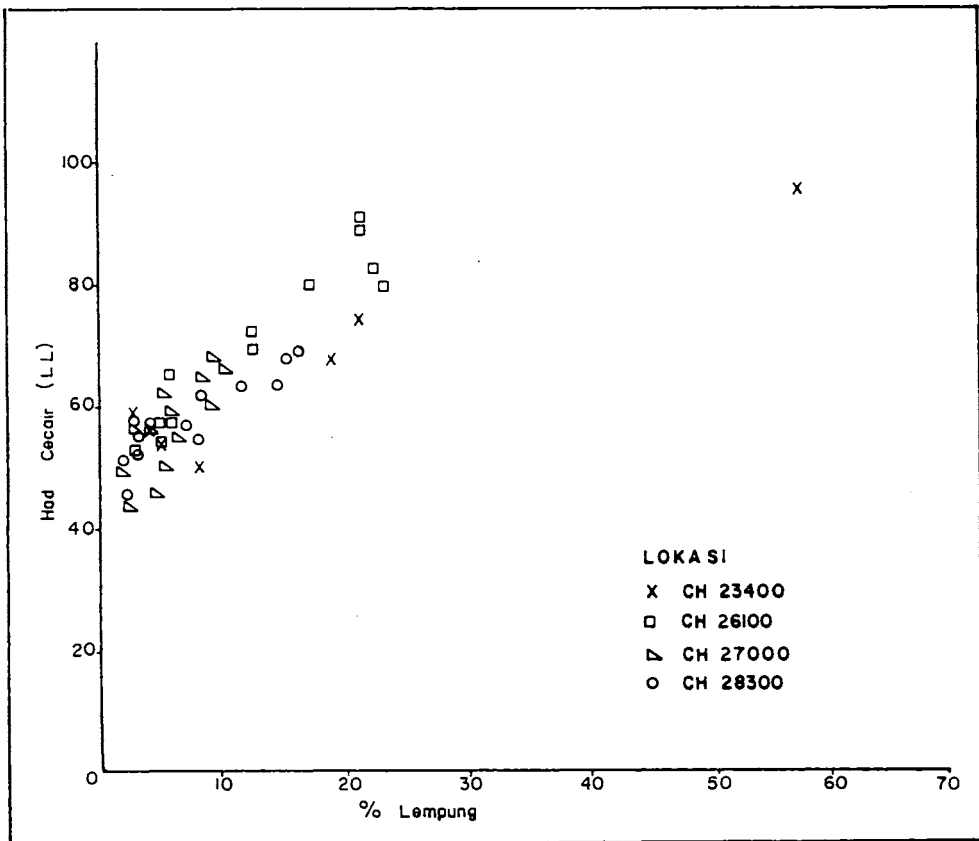


Rajah 1: Perhubungan antara taburan saiz butiran terhadap kedalaman profil luluhawa. (Lokasi: MERU CH 28300)

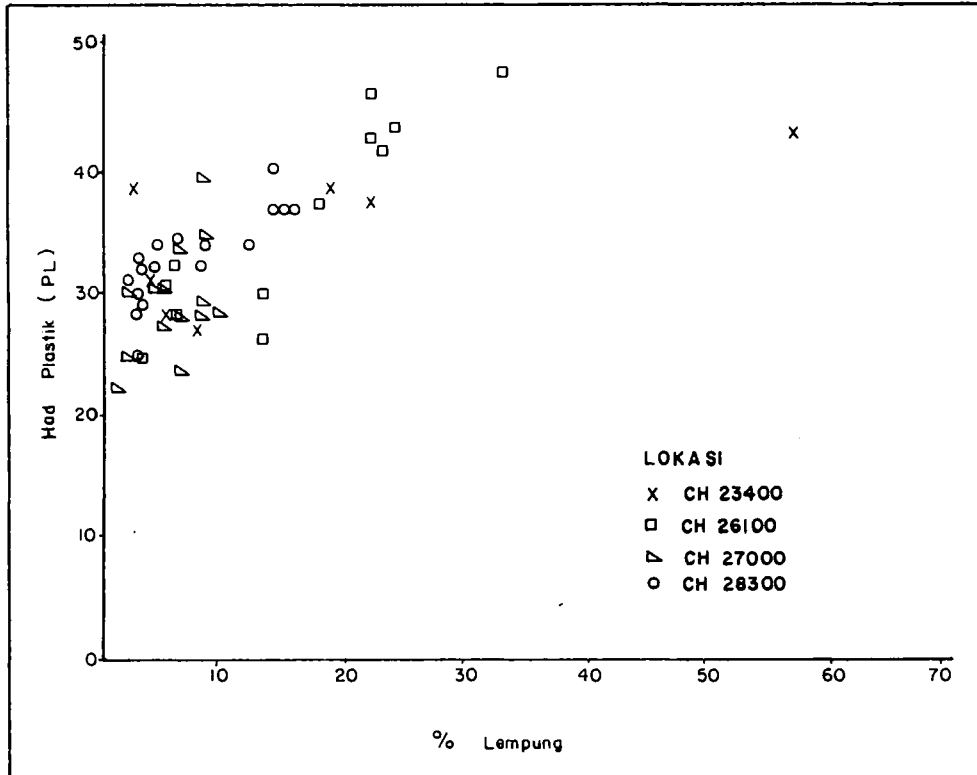


Rajah 3: Perhubungan antara Had Cecair (LL) Had Plastik (PL) dan Indeks Keplastikan (PI) terhadap kedalaman.
Lokasi: CH 28300

ditunjukkan di dalam Rajah 3. Trend pertambahan nilai had Atterberg didapati seiringan dengan pertambahan peratus kandungan lempung (Rajah 4 dan 5). Indeks keplastikan adalah nilai perbezaan antara had cecair dan had plastik. Secara umum hasil ujian had Atterberg menunjukkan indeks keplastikan mempunyai trend yang berkurangan dengan kedalaman. Indeks keplastikan untuk bahan gred VI bersela antara 28% hingga 52%, manakala bahan gred V bernilai antara 19% hingga 43%. Berdasarkan perkaitan antara indeks keplastikan dan peratus kandungan lempung didapati aktiviti tanah granit di kawasan kajian agak tinggi (Rajah 6). Kelakuan yang agak ganjil ini mungkin disebabkan oleh peratus mineral mika yang tinggi di



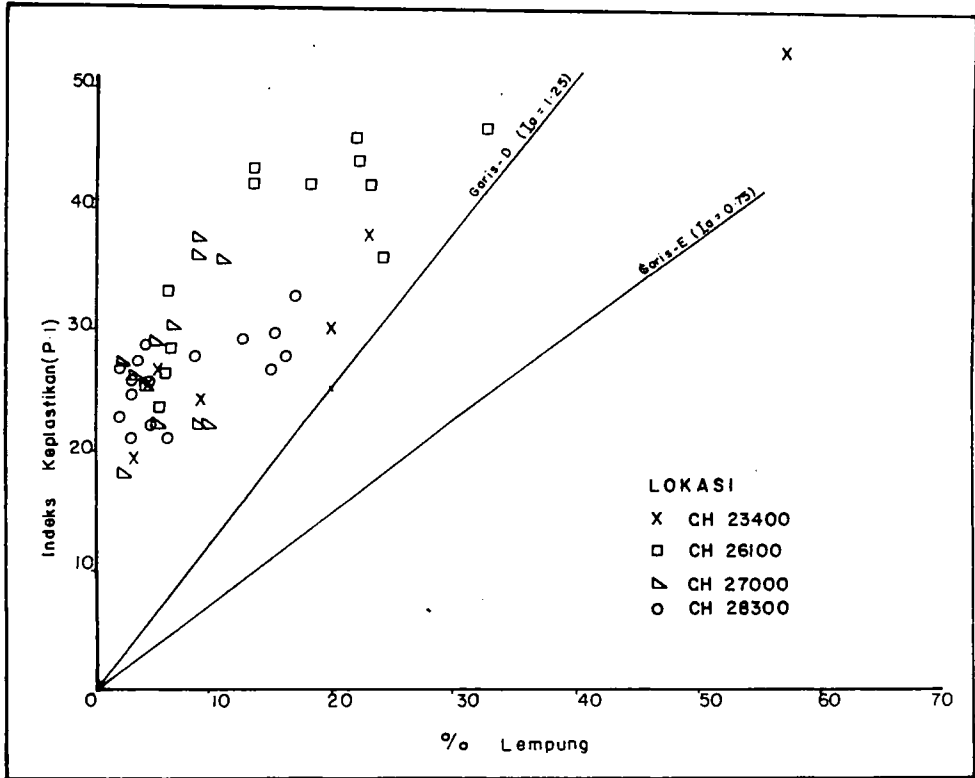
Rajah 4: LL vs % Lempung



Rajah 5: PL vs % Lempung

dalam pecahan lodak (Vargas, 1988). Penentuan mineral lempung dengan belauan sinar-X (XRD) menunjukkan komposisi utamanya terdiri daripada kaolinit iaitu lebih 60%, diikuti dengan ilit dan kadang kala mengandungi mineral vermikulit. Plot carta keplastikan pula menunjukkan secara keseluruhannya tanah granit terletak di sekitar garis-A dan boleh dikelaskan sebagai bersifat keplastikan sederhana hingga tinggi (Rajah 7). Sifat keplastikan tanah granit juga bertambah dengan peningkatan gred luluhawa (Brenner *et al.*, 1978).

Rajah 8 menunjukkan lengkung minimum dan maksimum yang dihasilkan daripada bahan tanah granit mengikut gred luluhawa. Hasil kajian ini telah diperolehi daripada ujian pepadatan dengan Kaedah Proctor

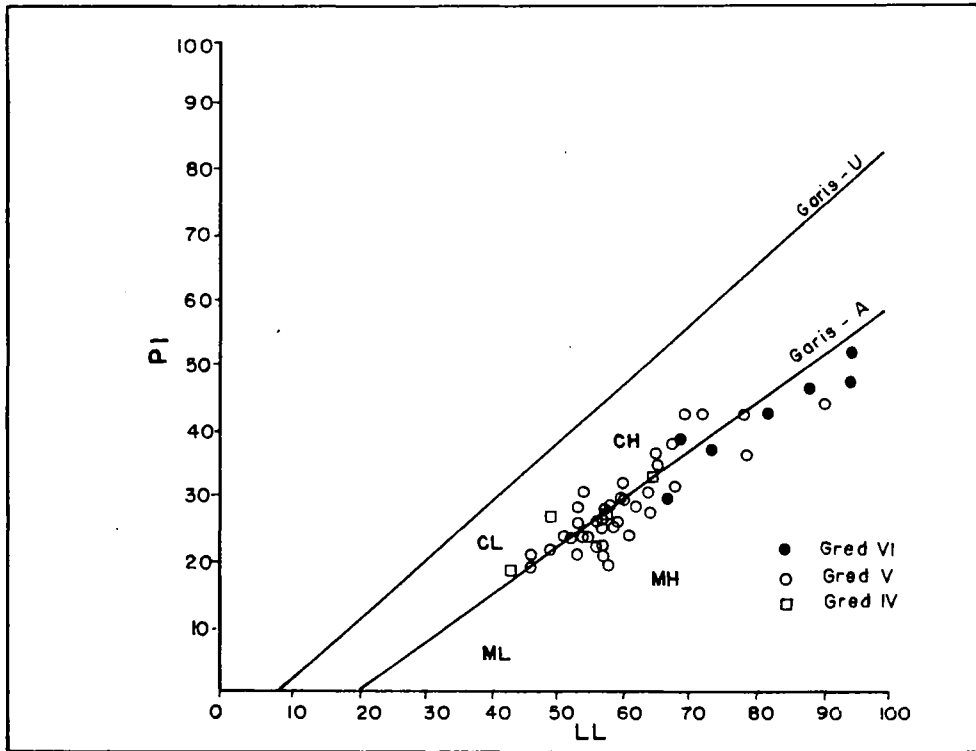


Rajah 6: PI vs % Lempung

Piawai. Ringkasan keputusan yang dihasilkan adalah seperti berikut:

<u>Gred Luluhawa</u>	<u>Ketumpatan Kering</u> Maksimum (g/cm ³)	<u>Kandungan Kelengasan</u> Optimum (%)
VI	1.45 – 1.74	14.0 – 26.2
V	1.63 – 1.90	11.8 – 18.8
IV	1.75 – 1.88	11.4 – 15.8

Secara keseluruhannya peningkatan gred luluhawa memperlihatkan trend pengurangan kandungan kelengasan optimum dan pertambahan ketumpatan kering maksimum. Dengan perkataan lain, kandungan kelengasan optimum

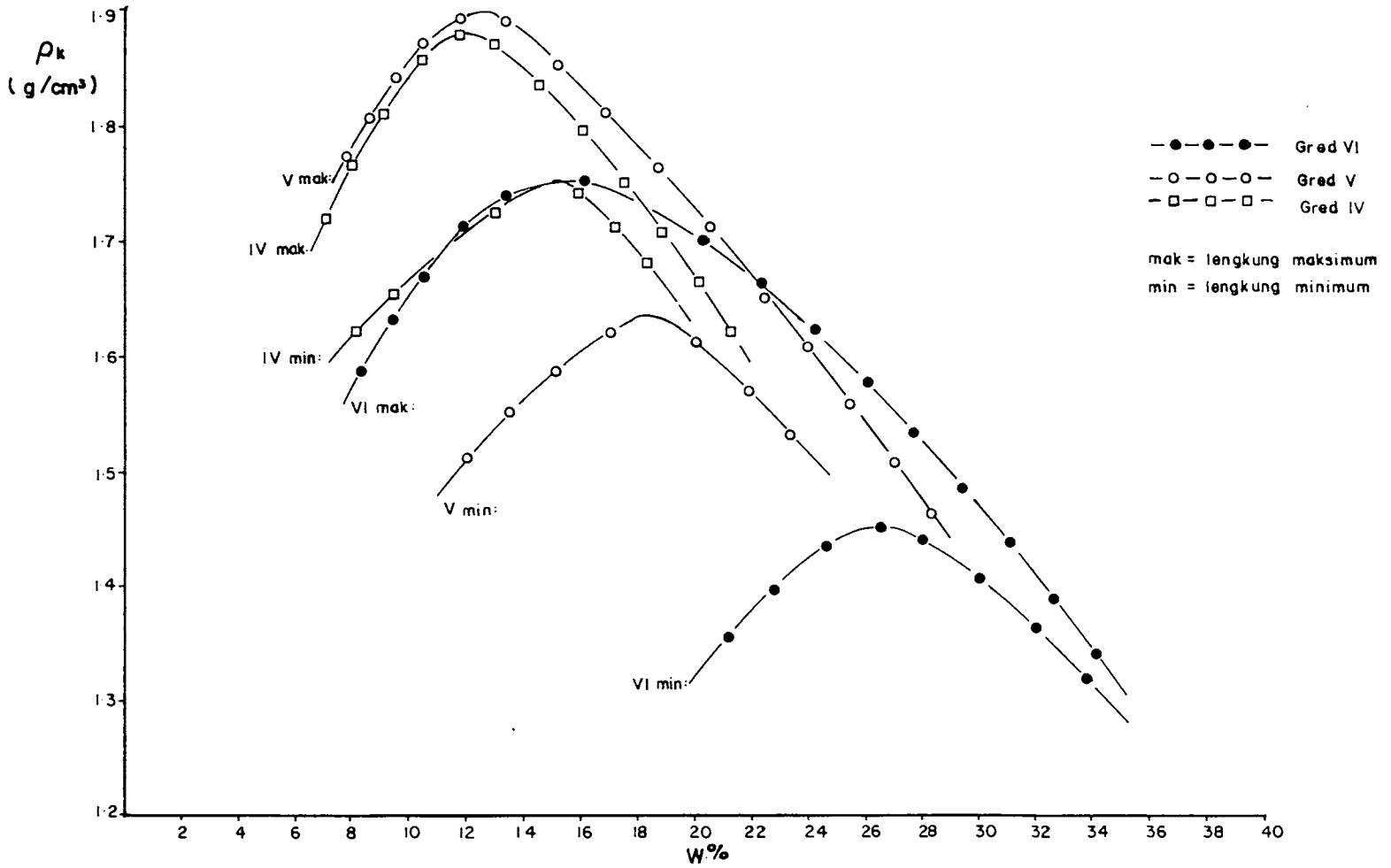


Rajah 7: Carta Keplastikan (Tanah Granit Keledang)

didapati bertambah dengan pertambahan peratus kandungan lempung, manakala ketumpatan kering maksimum berkurangan pada keadaan yang sama.

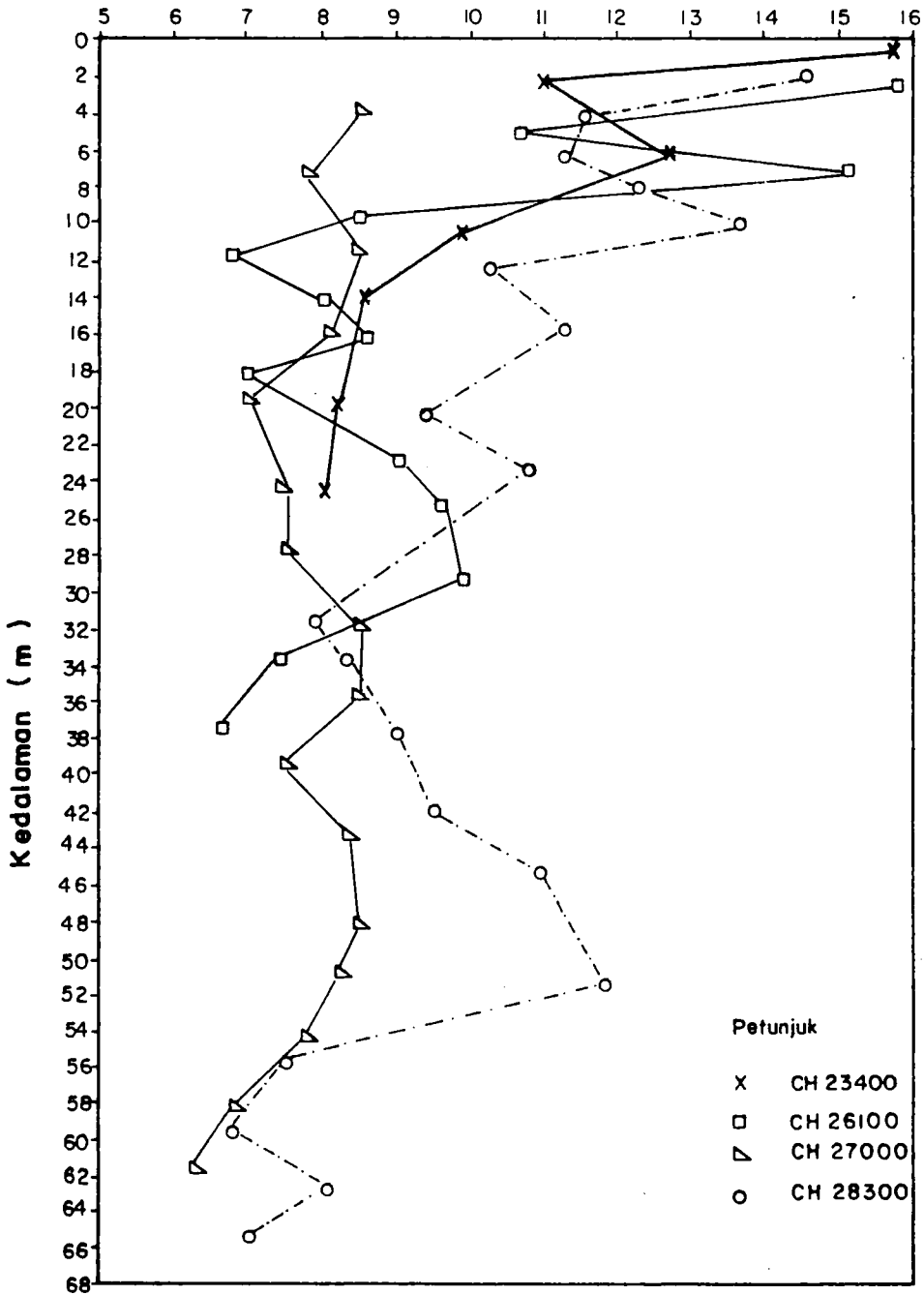
Di dalam kajian ini penentuan KPK dijalankan dengan kaedah penepuan argentum nitrat - tiourea. Pada umumnya nilai KPK untuk tanah granit adalah rendah iaitu bersela antara 6.2 hingga 15.8 meq/100 g. Rajah 9 menunjukkan perkaitan antara KPK dengan kedalaman. Nilai purata KPK didapati berkurangan dengan kedalaman. Bahan gred VI mempunyai nilai purata KPK antara 10.7 hingga 15.8 meq/100 g dan berkurangan kepada 7.0 hingga 13.7 meq/100 g untuk bahan gred V, diikuti dengan 6.2 hingga 7.0 meq/100 g untuk bahan gred IV. Pertambahan KPK adalah seiringan dengan pertambahan kandungan lempung atau gred luluhawa.

Air liang tanah pula telah dikeluarkan dengan kaedah ekstraksi pam vakum. Analisis kation larut air liang menunjukkan kepekatan $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$. Contoh perkaitan kation larut air liang dengan kedalaman



Rajah 8: Kesimpulan perkaitan Pk vs W %

Keupayaan Penukaran Kation (K.P.K) (meq / 100g tanah)



Rajah 9: Keupayaan Penukaran Kation (K.P.K.) melawan Kedalaman

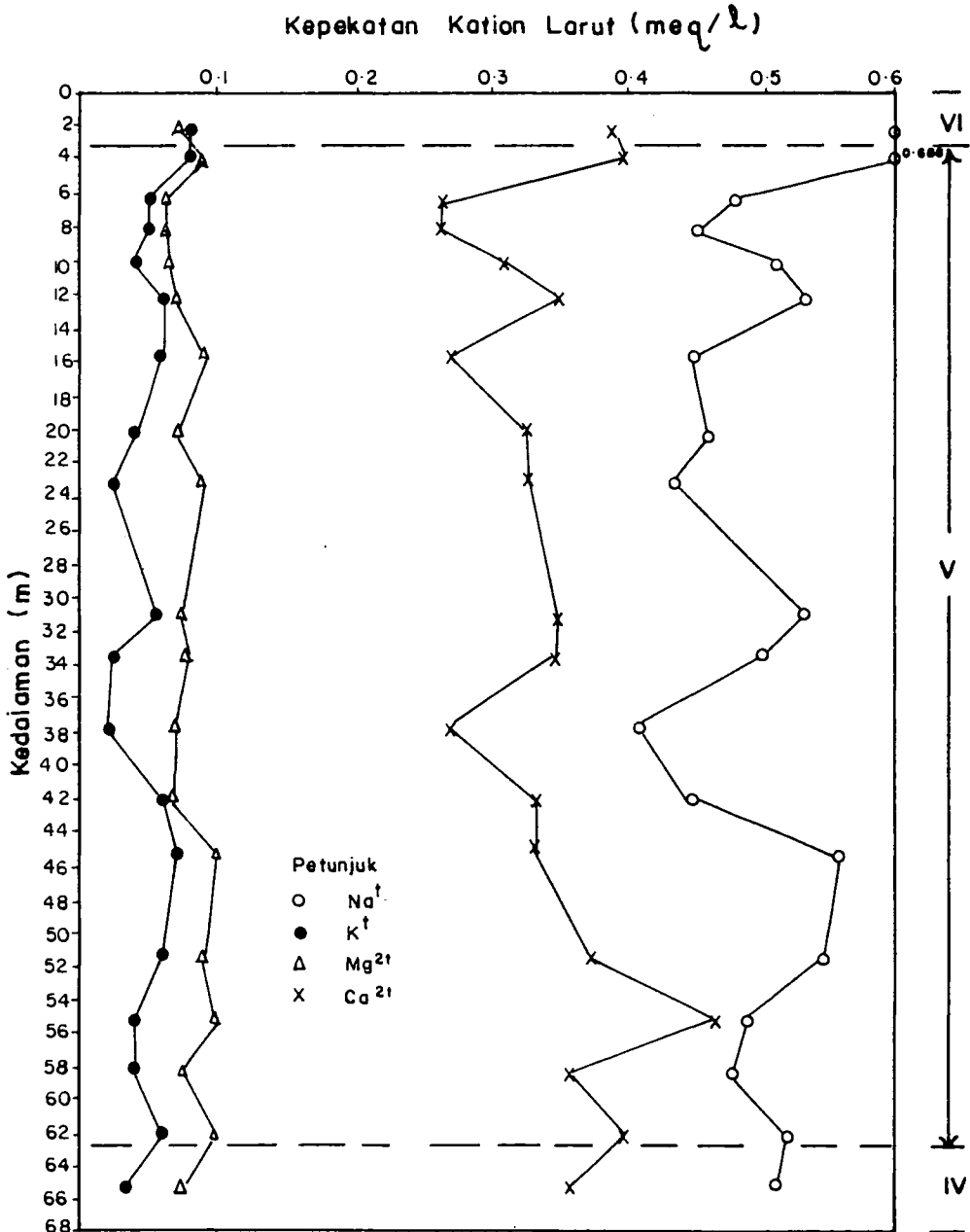
dipersembahkan di dalam Rajah 10. Secara keseluruhannya kation monovalensi (Na^+ dan K^+) menunjukkan trend berkurangan yang lebih jelas dengan kedalaman. Jumlah kation larut berkisar antara 0.975 hingga 1.525 meq/l untuk bahan gred VI, diikuti oleh 0.626 hingga 1.471 meq/l untuk bahan gred V dan berkurangan kepada 0.784 hingga 1.050 meq/l untuk bahan gred IV. Pertambahan kepekatan kation larut air liang juga adalah seiringan dengan pertambahan peratus kandungan lempung atau gred luluhawa (Yong et al., 1985).

Berdasarkan kepekatan kation larut air liang didapati nisbah kation monovalensi ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$): dwivalensi ($\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$) bersela antara 0.92 hingga 1.96. Nilai nisbah serapan natrium (SAR) pula berkisar antara 0.79 hingga 1.66. Parameter tersebut menunjukkan tanah granit merupakan tanah bersifat penyerakan rendah. Di dalam kajian ini hasil analisis kation air liang juga diplot pada graf penyerakan yang dicadangkan oleh Sherard, Dunnigan *et al.*, 1976 (Rajah 11). Berpandukan kepada graf penyerakan didapati tanah granit berkelompok pada zon C iaitu zon perantaraan yang mewakili tanah yang mungkin berpotensi terserak ataupun mungkin tidak. Menurut Sherard *et al.* (1976) di dalam keadaan hujan lebat atau kandungan air, perubahan kimia yang disebabkan oleh air bawah tanah mungkin akan menyebabkan tanah yang asalnya dianggap stabil pada zon C bertukar ke zon A iaitu menjadi tanah yang berpotensi terserak.

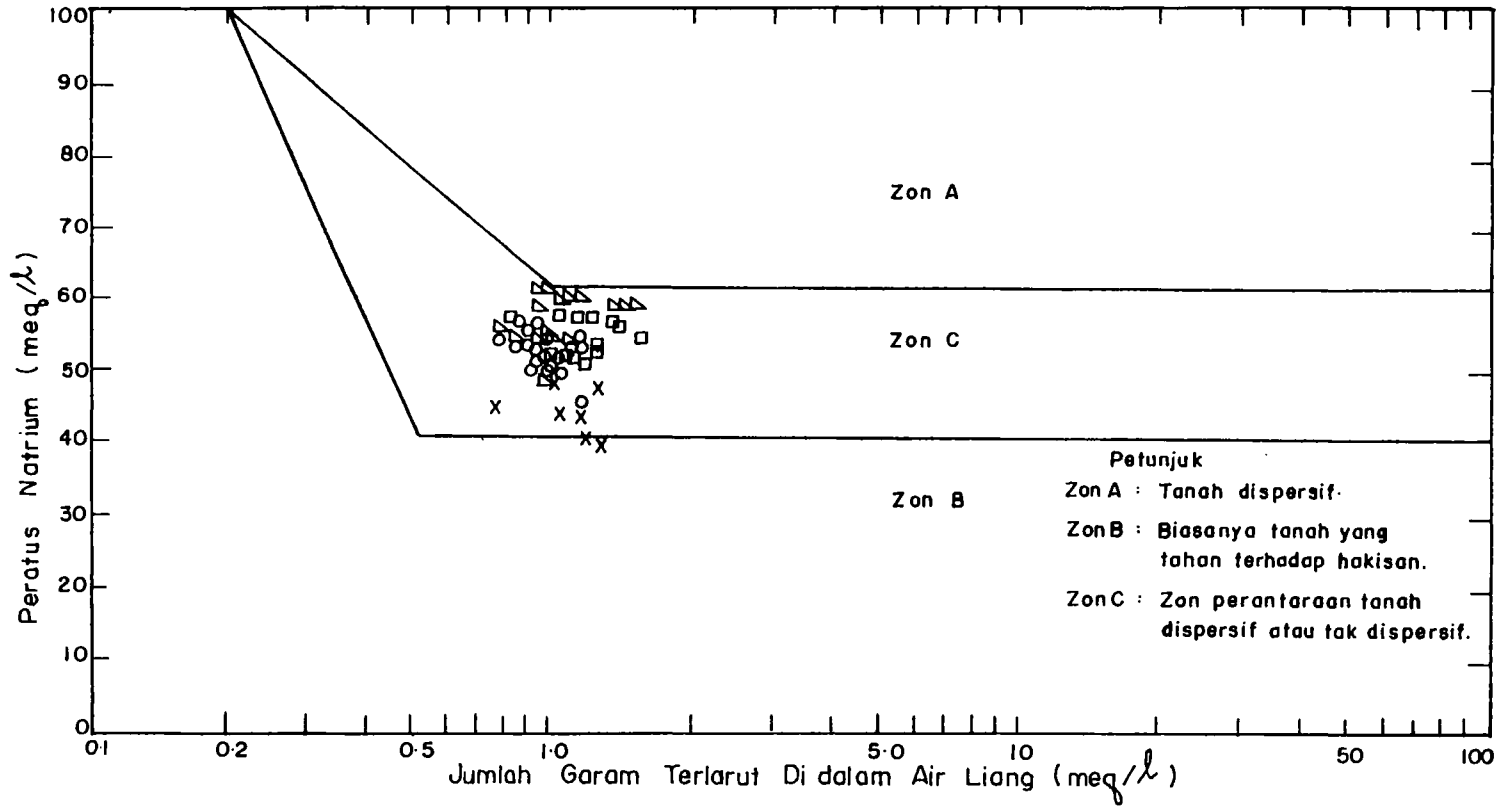
Walau bagaimanapun kajian mengenai sifat penyerakan tanah adalah penting di dalam kerja penyiasatan geoteknik dan seharusnya diberi perhatian. Contohnya, kajian yang dijalankan oleh Mitchell dan Woodward (1973) menunjukkan tanah di beberapa zon gelinciran di East Bay Hills, San Francisco, mengandungi bahan berpotensi terserak yang tinggi. Kesimpulan yang dibuat adalah pembentukan bahan lempung yang mempunyai potensi penyerakan tinggi telah menyebabkan pengurangan kekuatan bahan dan menggalakkan kegagalan terjadi (Mitchell, 1976). Berdasarkan kepada kesimpulan mereka kestabilan cerun tanah mungkin juga akan terganggu sekiranya terdapat bahan tanah yang mempunyai potensi penyerakan yang tinggi. Hal ini adalah kerana tanah yang berpotensi terserak juga didapati mudah terhakis. Dengan itu kajian yang teliti perlu dijalankan sebelum kestabilan sesebuah cerun tanah dapat difahami dengan lebih mendalam.

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan spesifik graviti tanah dipengaruhi oleh taburan saiz pasir yang juga merupakan komponen utama. Parameter seperti taburan saiz butiran, had Atterberg, sifat pemadatan dan keupayaan pertukaran kation dapat memberi gambaran yang baik mengenai perubahan darjah perluluhawaan (Tan & Ibrahim Komoo, 1989). Sifat kimia air liang seperti nisbah kation monovalensi: dwivalensi serta nisbah serapan natrium



Rajah 10: Kepekatan Kation vs Kedalaman
(Lokasi : CH 28300)



Rajah 11: Graf penyerakan menunjukkan perkaitan antara peratus natrium dan jumlah garam terlarut di dalam air liang. (selepas Sherard, Dunnigan dan Decker, 1976)

telah menunjukkan bahan tanah granit merupakan tanah yang mempunyai potensi penyerakan yang rendah. Sifat penyerakan juga dapat ditunjukkan dengan baik pada graf penyerakan yang dicadangkan oleh Sherard et al. (1976).

PENGHARGAAN

Hasil kajian ini adalah sebahagian daripada penyelidikan sarjana penulis. Penulis merakamkan terima kasih kepada penyelia-penyeliana En. Tan Boon Kong, Dr. Ibrahim Komoo dan Dr. Abdul Ghani Rafek.

RUJUKAN

- BRENNER, P.R., NUTALAYA, P., DAN BERGADO, D.T., 1978.** Weathering effects on some engineering properties of a granite residual soil in Northern Thailand. *Int. Assoc. of Engng. Geol. III Int. Cong., Spain*, 23-35.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 1975.** Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes, BS1377:1975.
- GEOTECHNICAL RESEARCH CENTRE, MC GILL UNIVERSITY, MONTREAL, KANADA, 1985.** Laboratory Testing Manual (tidak diterbitkan).
- INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 1981.** Rock and soil description for engineering geological mapping, Part I: Rock and Soil Materials, *Bull. Int. Assoc. Engng. Geol.*, 19, 364-371.
- MITCHELL, J.K., 1976.** Fundamentals of Soil Behaviour, *Series in Soil Engng.* (Lambe, T.W. dan Whitman, R.V., penyunting), John Wiley & Sons, Inc., 422 ms.
- MITCHELL, J.K., DAN WOODWARD, R.J., 1973.** Clay chemistry and slope stability, *J. Soil Mech. and Found. Div., A.S.C.E.*, SM10, 99.
- ONG, C.Y., 1989.** Geologi Kejuruteraan Lebuhraya Ipoh - Changkat Jering, Perak Darul Ridzuan, Tesis Sarjana, Jabatan Geologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi (tidak diterbitkan).
- SHERARD, J.L., DUNNIGAN, L.P., DAN DECKER, R.S., 1976.** Identification and nature of dispersive soils, *J. Geotechnical Engng. Div., A.S.C.E.*, GT4, 287-301.
- TAN, B.K., DAN IBRAHIM KOMOO, 1989.** Sifat Kejuruteraan Bahan Tanah dan Batuan Profil Luluhawa Granit, *Bengkel Penyelidikan IRPA/UKM Pertama, 2-3 September 1989, Melaka.*
- VARGAS, M., 1988.** Characterization, Identification and Classification of Tropical Soils, *Proc. 2nd. Int. Conf. Geomech. In Tropical Soils, Singapore, 1*, 71-75.
- YONG, R.N., TAN, B.K., KIM, C.S., CHEN, C.K., DAN SELLAPPAH, J., 1985.** Characterization studies of Singapore clay slurry (slime), *Geotech. Engng.*, 16, 139-166.