

**Aspek geologi kejuruteraan batuan metasedimen
klastik di sekitar Kuala Lumpur,
Semenanjung Malaysia**

*(Engineering geological aspects of clastic
metasediments in the Kuala Lumpur area,
Peninsular Malaysia)*

IBRAHIM KOMOO
Universiti Kebangsaan Malaysia,
Bangi, Selangor, Malaysia

Abstrak: Metasedimen klastik memenuhi hampir 50% dari kawasan perbandaran di Kuala Lumpur. Litologi batuan ini boleh dibezakan kepada tiga kumpulan utama: batuan meta-arenit, batuan meta-argilit dan formasi batuan skis. Kadar luluhawa yang tinggi telah mengubah kebanyakan dari batuan metasedimen klastik kepada tanah baki dan bahan bumi terluluhawa.

Cerapan lapangan menunjukkan ketebalan zon dan kadar luluhawa berbeza untuk kumpulan litologi yang berbeza. Batuan meta-argilit memenuhi kawasan zon terluluhawa sederhana hingga tinggi, dan batuan skis memenuhi kawasan zon terluluhawa sedikit hingga sederhana. Zon terluluhawa tinggi dicirikan oleh lapisan bahan bumi terluluhawa gred VI dan V yang tebal (melebihi 10 m). Bahan buminya mempunyai kandungan butiran halus yang tinggi dan peratus kandungan air yang sederhana. Walaupun bahan bumi pada zon ini baik sebagai bahan pembinaan, tetapi darjah kestabilan sebagai bahan cerun (potongan atau tambakan) rendah, dan untuk bahan gred V, kemampuannya untuk bertahan dengan tindakan hakisan juga rendah.

Zon terluluhawa sederhana dicirikan oleh kehadiran lapisan tanah baki (Gred VI) yang nipis dan bahan bumi terluluhawa (Gred V, IV dan III) yang sangat tebal. Batuan terluluhawa gred IV dan III apabila terdedah akan terluluhawa pada gred yang lebih tinggi (V dan VI) dengan pantas, dan sering menimbulkan masalah kegagalan cerun dan hakisan. Zon terluluhawa sedikit hanya dijumpai pada kawasan formasi skis. Zon ini dicirikan oleh lapisan bahan bumi terluluhawa yang nipis hingga sederhana menindih batuan segar. Kekuatan mampatan batuan segar boleh mencapai hingga 227 MPa, apabila terluluhawa kekuatannya menurun hingga mencapai 31 MPa. Kehadiran ketakselajaran yang rapat, dan dengan kekerapan yang tinggi boleh menimbulkan masalah kegagalan cerun batuan pada kawasan perbukitan.

Abstract: Clastic metasediments cover almost 50% of the urban area in Kuala Lumpur. The rocks can be differentiated into three main lithological groups, namely meta-arenite, meta-argillite and schist formations. The relatively high rate of weathering has changed most of these clastic sedimentary rocks into residual soil (grade VI) and weathered earth material (grades V, IV and III).

Field observation shows different weathering rate and thickness zones for the different lithological groups. Generally, the highly weathered zone was occupied by meta-argillite, the meta-arenite covers moderately to highly weathered zone, and the schist formation covers slightly to moderately weathered zone. Highly weathered zone is characterised by the thick layers of weathered earth materials grades VI and V (more than 10 m), and the material contains a high percentage of fines with moderate water content. Although the earth material in this zone is suitable as construction material, its degree of stability as a slope material (cut or filled) is low, and the ability for the grade V material to withstand erosion is also relatively low.

The moderately weathered zone is characterised by the presence of a thin layer of residual soil and generally very thick layer of weathered earth material. Weathered rock grades IV and III when

exposed at the surface will be rapidly weathered to higher grades (V and VI), and tend to give rise to problems of slope failure and erosion. The slightly weathered zone is only restricted to the schist formation. This zone is characterised by thin to moderately thick layer of weathered earth material on top of fresh rock (grade I). The Compressive Strength of the fresh rock can reach up to 227 MPa, but when weathered, for instance to grade III, the strength is reduced to as low as 31 MPa. The occurrence of discontinuities at close spacing with relatively high frequency, and the hilly land can lead to the problem of rock slope failure.

PENGENALAN

Kawasan di sekitar Kuala Lumpur, ibu negara Malaysia, membangun dengan sangat pesat. Projek kejuruteraan melibatkan pembinaan bangunan tinggi, lebuhraya dan berbagai infrastruktur yang berat. Maklumat mengenai ciri geologi kejuruteraan bahan bumi di tapak pembinaan ini perlu difahami sekiranya langkah mengoptimumkan perbelanjaan dan keselamatan ingin diberikan perhatian yang berat.

Batuan metasedimen klastik memenuhi hampir 50% dari kawasan Kuala Lumpur (lihat *Rajah 1*), terutama di bahagian tengah dan selatan kawasan kajian. Kertas ini akan menumpukan perhatian kepada aspek perluluhawaan, bagaimana proses ini dapat mengubah sifat kejuruteraan bahan bumi, di samping membincangkan ciri dan masalah kejuruteraan bahan metasedimen klastik yang terdapat di kawasan sekitar Kuala Lumpur ini.

GEOLOGI

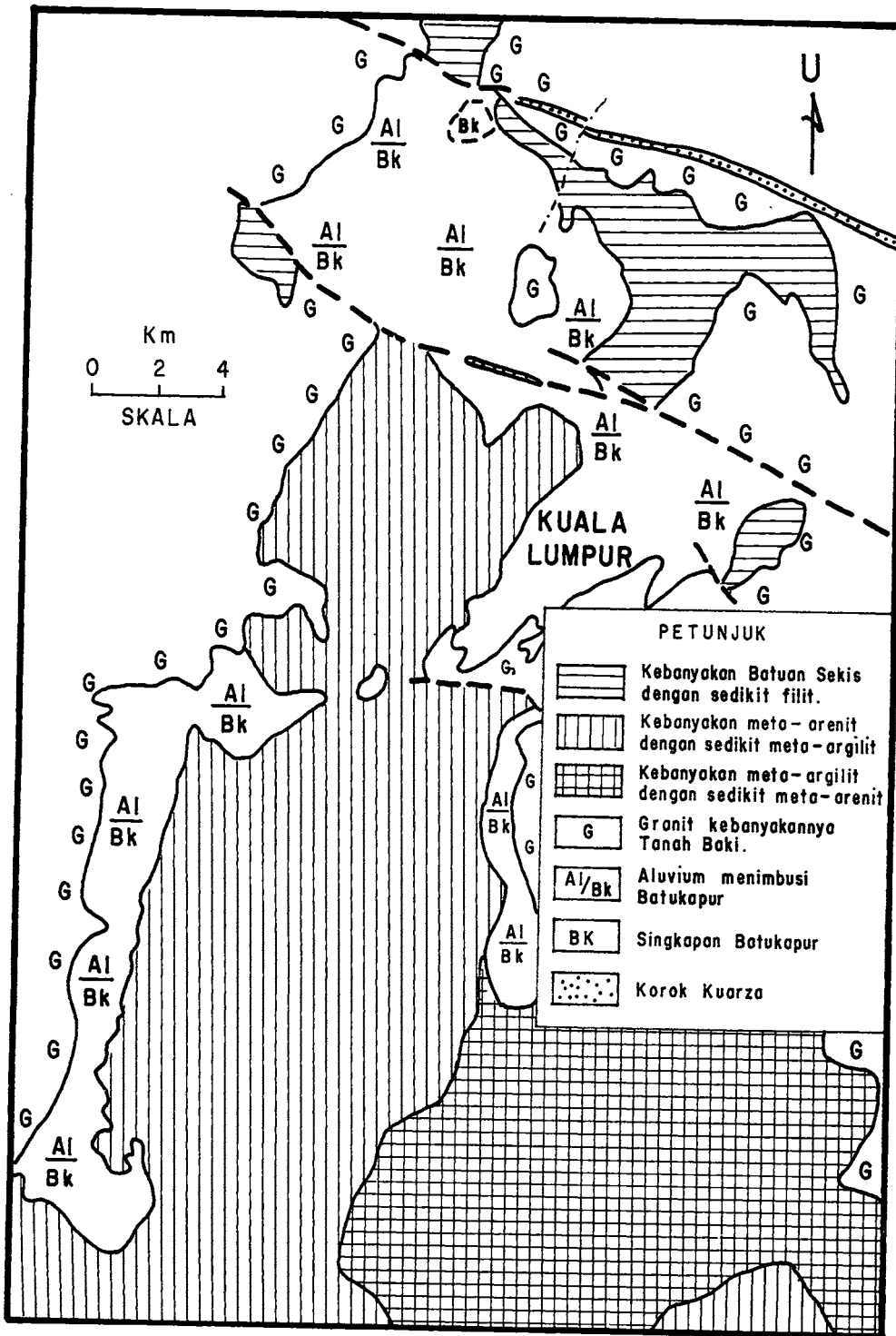
Keadaan geologi kawasan Kuala Lumpur dapat dilihat pada *Rajah 1*. Aspek pemetaan dan geologi umum pernah dikaji umpamanya oleh Yin (1976), Gobbett (1964), dan Hutchison (1973). Aspek khas juga telah dikaji, bidang struktur umpamanya oleh Tjia (1974, 1976a, 1976b, 1979), Zaiton (1978), dan aspek geologi kejuruteraan oleh Mat Jusuh Seman (1983).

Metasedimen klastik di sini dapat dibezakan kepada tiga kumpulan utama; batuan yang kebanyakannya terdiri dari skis, batuan yang kebanyakannya meta-arenit, dan batuan yang umumnya terdiri dari meta-argilit. Batuan metasedimen ini dikelilingi oleh intrusi batuan granit, yang kebanyakannya telah terurau menjadi tanah baki granit, dan dibahagian tengah pula dipenuhi oleh formasi batukapur yang kebanyakannya telah ditimbusi oleh aluvium Holosen.

LULUHAWA

Jasad batuan metasedimen klastik di kawasan kajian telah mengalami proses luluhawa yang sangat tinggi. Di kawasan perbukitan, luluhawa telah mengubah sifat batuan yang berada di permukaan bumi sehingga ketebalan dari beberapa meter hingga hampir 10 meter, di kawasan landai dan mendatar pula, ketebalan batuan yang dipengaruhi mencapai hingga 45 m. Proses ini masih berlaku secara berterusan, dan kadar luluhawa meningkat di kawasan yang baru didedahkan.

Jasad batuan boleh terluluhawa menjadi tanah, proses ini melibatkan perubahan sifat kejuruteraan yang sangat ketara, batuan yang berkekuatan sangat tinggi boleh berubah menjadi tanah yang lembut. Oleh itu perhatian yang berat harus ditumpukan



Rajah 1. Lakaran peta geologi di kawasan Kuala Lumpur dan sekitarnya.

JADUAL 1

PENGELASAN GRED LULUHAWA JASAD
BATUAN BERDASARKAN IAEG (1981)

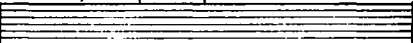
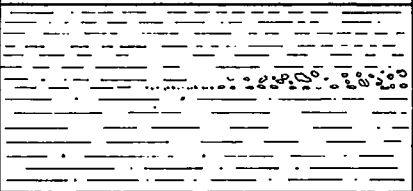
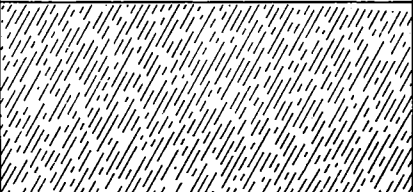
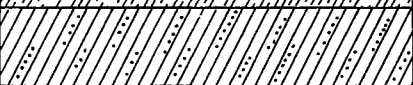

Sebutan	Gred	Pemerihalan	Jenis Bahan
Tanah baki	VI	Semua bahan-bahan batuan bertukar menjadi tanah. Struktur dan fabrik telah musnah. Pertukaran isipadu adalah besar, tetapi tanah masih belum mengalami pemindahan.	Tanah
Terluluhawa sepenuhnya	V	Semua bahan-bahan batuan terurai dan/atau tersepai menjadi tanah. Struktur asal masih dapat dilihat.	
Terluluhawa tinggi	IV	Lebih dari 35% bahan-bahan batuan terurai dan/atau tersepai menjadi tanah.	Tanah dan Batuan
Terluluhawa sederhana	III	Kurang dari 35% bahan-bahan batuan terurai dan/atau tersepai menjadi tanah.	
Terluluhawa sedikit	II	Perubahan warna berlaku pada bahan-bahan batuan dan permukaan ketakselajaran.	Batuan
Segar	I	Tiada tanda-tanda perluluhawaan pada bahan-bahan batuan.	

kepada aspek ini. Di antara yang telah mengkaji dan mengkelaskan gred luluhawa jasad batuan untuk tujuan kejuruteraan ialah Little (1969), Bieniawski (1973), Fookes *et al.* (1971), Baynes *et al.* (1978), dan Ibrahim Komoo (pracetak). Pengelasan gred luluhawa yang akan digunakan berpandukan kepada cadangan IAEG (1981), dan ringkasannya seperti dalam *Jadual 1*.

Cerapan di lapangan menunjukkan profil gred luluhawa batuan metasedimen klastik sangat tidak homogen. Hal ini disebabkan litologi dan ciri struktur yang berbeza. Walau bagaimana pun kajian menyeluruh menunjukkan profil luluhawa seperti dalam *Rajah 2*. Tanah baki (Gred VI) dengan bahan terluluhawa sepenuhnya (Gred V) umumnya sukar dibezakan, hal ini disebabkan kedua gred ini telah berubah menjadi bahan tanah sepenuhnya. Bagaimana pun pada beberapa bahagian, satu lapisan yang ber kandungan ferum yang tinggi terbentuk oleh proses pedologi di antara dua gred ini. Lapisan kaya ferum boleh berketebalan dari beberapa cm hingga beberapa m. Bahan tanah pada kedua gred ini bertekstur dari pasir berlodak hingga lodak berpasir. Pada Gred V, kadang kala boleh dijumpai kesan dari tekstur batuan asal.

Lapisan zon terluluhawa sederhana hingga tinggi (Gred III dan IV) sukar dibezakan sama sekali. Pada keseluruhannya zon ini bersifat batuan, tetapi keseluruhan warna asal telah berubah, dan kekuatannya pertengahan hingga lembut. Peratus yang telah berubah menjadi tanah tersangat kecil.

Lapisan terluluhawa sedikit (Gred II) dan batuan segar (Gred I) agak sukar

KELAS LULUHAWA	GRED	LAKARAN	PEMERIHAN
TANAH ATAS	TA		Lempung Berlodak
TANAH BAKI DAN TERLULUHAWA SEPENUHNYA	VI dan V		Pasir Berlodak hingga Lodak Berpasir Lapisan Kaya-Besi Pasir Berlodak hingga Lodak Berpasir
BAHAN BUMI TERLULUHAWA SEDERHANA HINGGA TINGGI	IV dan III		Batuan berkekuatan Lembut hingga Sederhana. Warna terubah.
BATUAN TERLULUHAWA SEDIKIT	II		Terluluhawa pada Satah Ketakselajaran
BATUAN SEGAR	I		Tiada tanda Batuan Terluluhawa

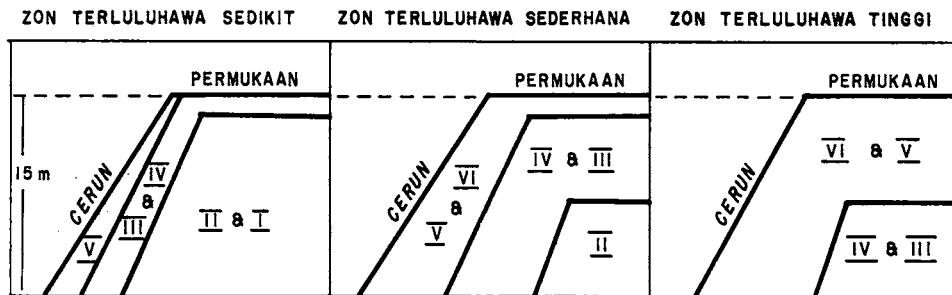
Rajah 2. Profil gred luluhawa yang lazim pada batuan meta-sedimen klastik di kawasan sekitar Kuala Lumpur.

dibezakan, tetapi mudah dibezakan dengan zon bergred III dan IV. Untuk batuan Gred II, jasad batuan kelihatan segar cuma terdapat tanda-tanda luluhawa di sepanjang ketakselajaran utama. Sementara batuan Gred I cukup segar tanpa tanda-tanda tindakan luluhawa. Batuan segar sukar dijumpai pada batuan meta-arenit dan meta-argilit, tetapi mudah dijumpai dalam batuan skis.

PENGZONAN LULUHAWA

Berdasarkan cerapan lapangan, batuan metasedimen klastik di sekitar Kuala Lumpur dapat dikelaskan kepada 3 zon: zon terluluhawa sedikit, zon terluluhawa sederhana, dan zon terluluhawa tinggi. Secara gambarajah ketiga zon ini boleh ditunjukkan seperti pada *Rajah 3*. Zon terluluhawa sedikit dicirikan oleh tiada atau terlalu nipis lapisan Gred VI, lapisan Gred V yang nipis di bahagian cerun, dan lapisan sederhana nipis batuan Gred III dan VI. Batuan Gred I boleh dijumpai. Zon terluluhawa sederhana pula dicirikan oleh lapisan Gred V dan VI yang sederhana di bahagian mendatar tetapi tebal di bahagian cerun, lapisan Gred III dan IV yang tebal di bahagian mendatar dan sederhana di bahagian cerun, dan sukar menjumpakan batuan Gred I. Sementara zon terluluhawa tinggi pula, lapisan Gred V dan VI sangat tebal dengan tiada batuan Gred I dan II.

Di lapangan secara anggaran zon-zon ini, dapat ditunjukkan seperti pada *Rajah*



Rajah 3. Persembahan berbentuk gambarajah kaedah pengzonan luluhawa di kawasan sekitar Kuala Lumpur.

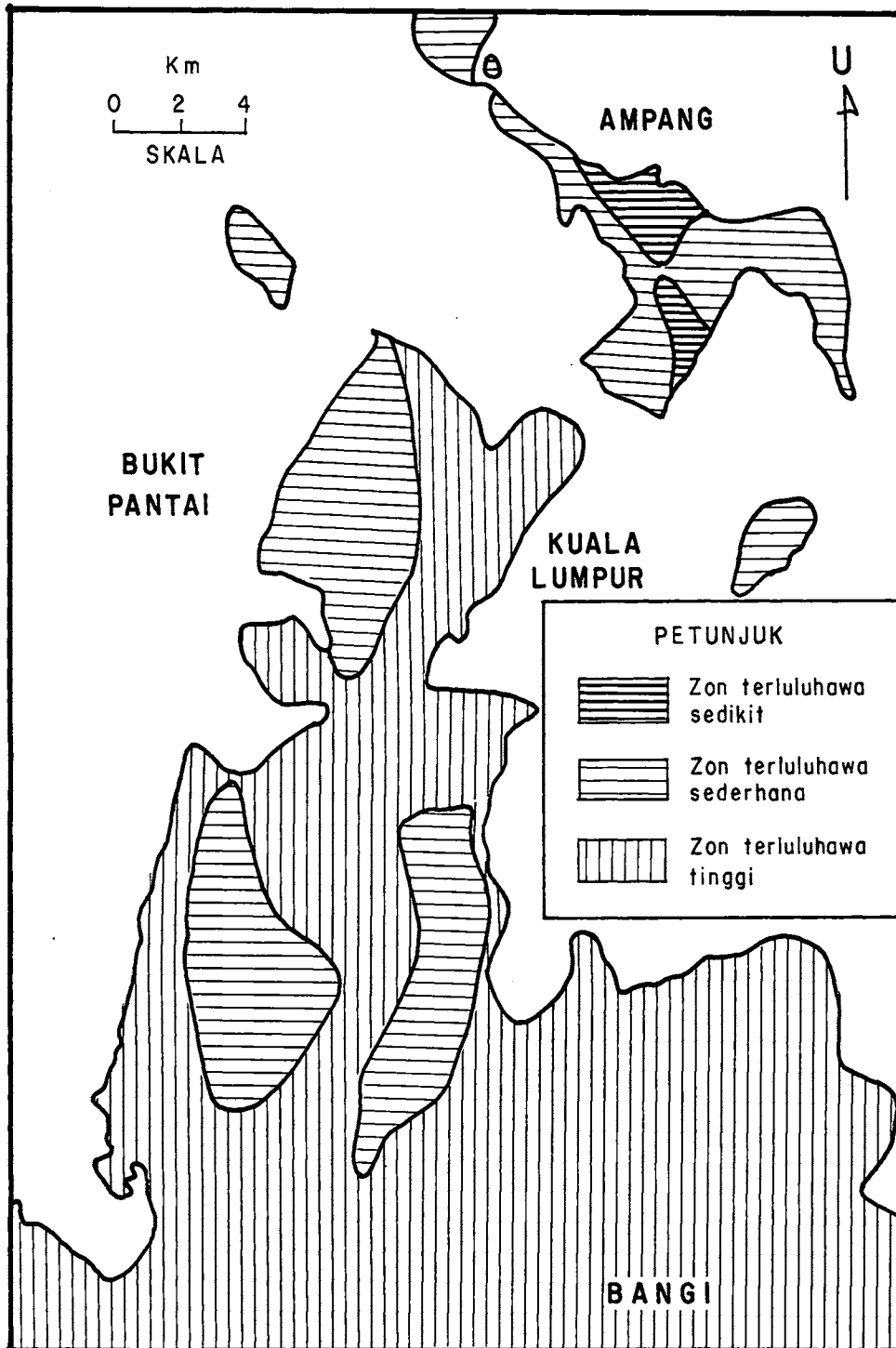
4. Batuan formasi skis dapat dikelaskan sebagai batuan dengan zon luluhawa sedikit hingga sederhana. Batuan formasi meta-arenit pula termasuk dalam gulungan zon luluhawa sederhana hingga tinggi, sementara formasi meta-argilit tergulung dalam zon luluhawa tinggi.

ZON TERLULUHAWA TINGGI

Zon terluluhawa tinggi kebanyakannya meliputi kawasan batuan meta-argilit dan sebahagiannya di kawasan meta-arenit. Satu kajian mengenai sifat fizik bahan Gred VI dan V meta-argilit telah dilakukan di kawasan Bandar Baru Bangi, Selangor. *Jadual 2* menunjukkan sebahagian dari sifat fizik bahan meta-argilit yang telah dikaji dari sebuah potongan jalan yang baru.

Perhatikan beberapa ciri fizik yang jelas, pertama kandungan air pada bahan Gred VI (sekitar 12%) secara relatif lebih rendah dari lapisan bahan Gred V (sekitar 18%). Keporosan bahan Gred V juga lebih tinggi (37%) berbanding dengan bahan Gred VI (sekitar 29%), sementara ketumpatan kering bahan Gred V lebih rendah (1.65 g cm^{-3}) berbanding dengan bahan Gred VI (sekitar 1.85 g cm^{-3}). Hal ini disebabkan bahan Gred V sedang aktif mengalami perubahan, sebahagian dari mineral pembentuk batuan sedang mengalami perubahan menjadi mineral tanah liat. Proses ini menyebabkan keporosan bertambah, kandungan air bertambah dan ketumpatan kering menurun.

Mengenai saiz butiran pula (*lihat Jadual 2*), satu perbezaan yang ketara dapat ditunjukkan antara kedua gred bahan bumi ini. Bahan Gred VI umumnya mempunyai peratus taburan kerikil-pasir-lodak-lempung yang hampir sama, meskipun kandungan kerikil dan pasir agak lebih sedikit. Untuk bahan Gred V pula, kandungan lodak adalah yang terbanyak, diikuti oleh pasir dengan sedikit lempung dan kerikil. Saiz butiran bahan Gred V lebih mewakili ciri batuan induk, sebaliknya bahan Gred VI telah mengalami banyak perubahan. Kandungan kerikil yang tinggi disebabkan proses penggumpalan dan penyimenan antara butiran halus dengan bahan besi, dan penggumpalan ini menghasilkan butiran kerikil. Saiz lempung bertambah kerana lebih banyak mineral tanah liat telah terbentuk.



Rajah 4. Lakaran taburan zon kadar luluhawa di kawasan sekitar Kuala Lumpur.

JADUAL 2
SIFAT FIZIK PROFIL LULUHAWA PADA BATUAN
META-ARGILIT DI BANDAR BARU BANGI, SELANGOR

Kedalaman Sampel (m)	Gred Luluhawa	Kandungan Air (%)	Keperositan (%)	Ketumpatan Kering (g cm ⁻³)	Saiz Butiran (%)			
					Kerikil	Pasir	Lodak	Lempong
0.5	VI	12.5	32	1.75	40.0	26.5	19.0	14.5
2.5	VI	12.2	31	1.84	27.5	29.5	26.0	17.0
4.0	VI	11.0	26	1.89	3.5	22.5	46.0	28.0
5.5	V	20.4	36	1.69	0.5	23.0	62.5	14.0
6.5	V	17.1	38	1.62	3.0	33.0	61.0	3.0
8.0	V	18.5	38	1.67	3.5	39.0	57.0	0.5

Beberapa data lubang gerudi pada batuan meta-argilit di Kampus UKM, Bangi juga telah dikaji. *Rajah 5* menunjukkan kaitan di antara kandungan air dengan kedalaman. Meskipun untuk kedalaman dari 0 hingga 6 m, peratusan kandungan air kurang jelas, tetapi pada kedalaman melebihi 6 m, kandungan air beransur menurun. Sementara sela kandungan air berkisar antara 10 hingga 20%. *Rajah 6* pula menunjukkan kaitan di antara limit cecair, limit plastik dan indeks keplastikan dengan kedalaman. Di sini, untuk kedalaman melebihi 6 m, peratusan ketiga limit Atterberg ini kelihatan hampir tetap. Limit cecair berada pada sekitar 40 hingga 50%, limit plastik pada sela antara 25 hingga 30%, dan indeks keplastikan pada sela sekitar 15 hingga 20%.

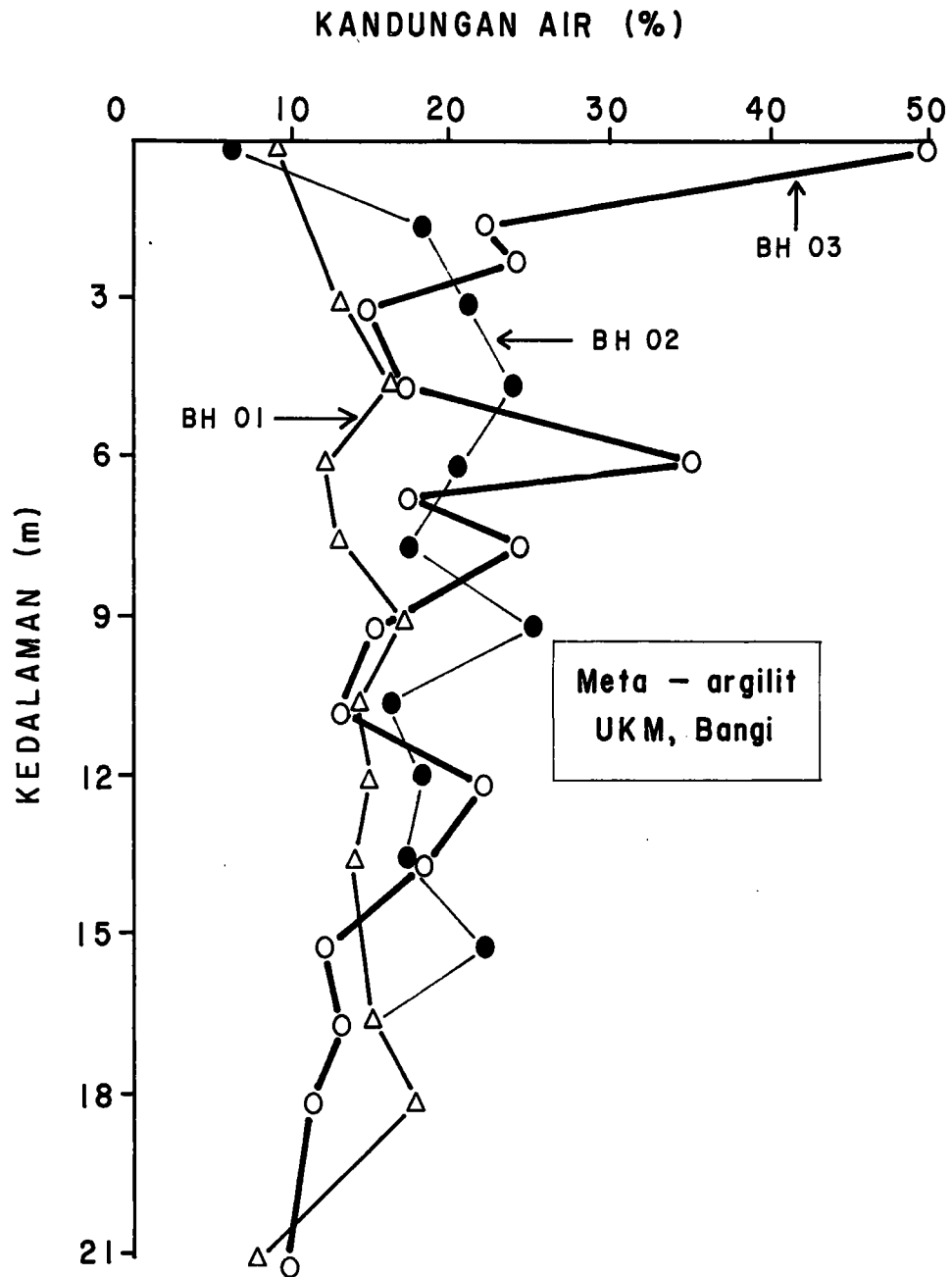
Kaitan di antara nilai Ujian Penusukan Piawai (UPP) dengan kedalaman telah dilakukan pada batuan meta-argilit di kawasan Kampus UKM, Bangi. Hasilnya boleh diperhatikan pada *Rajah 7*. Berdasarkan nilai UPP, gred luluhawa batuan ini dapat dianggarkan. Untuk nilai UPP yang kurang dari 20, lapisan berkemungkinan dari Gred VI, nilai dari 20 hingga 50 ditafsirkan sebagai lapisan Gred V, sementara nilai UPP dari 50 hingga 200, besar kemungkinan batuan meta-argilit Gred IV dan III. Di sini dapat ditafsirkan, batuan Gred IV dan III boleh dijumpai pada kedalaman lebih dari 8 m, sementara batuan Gred II dan I sukar dijumpai pada kedalaman yang kurang dari 20 m.

ZON TERLULUHAWA SEDERHANA

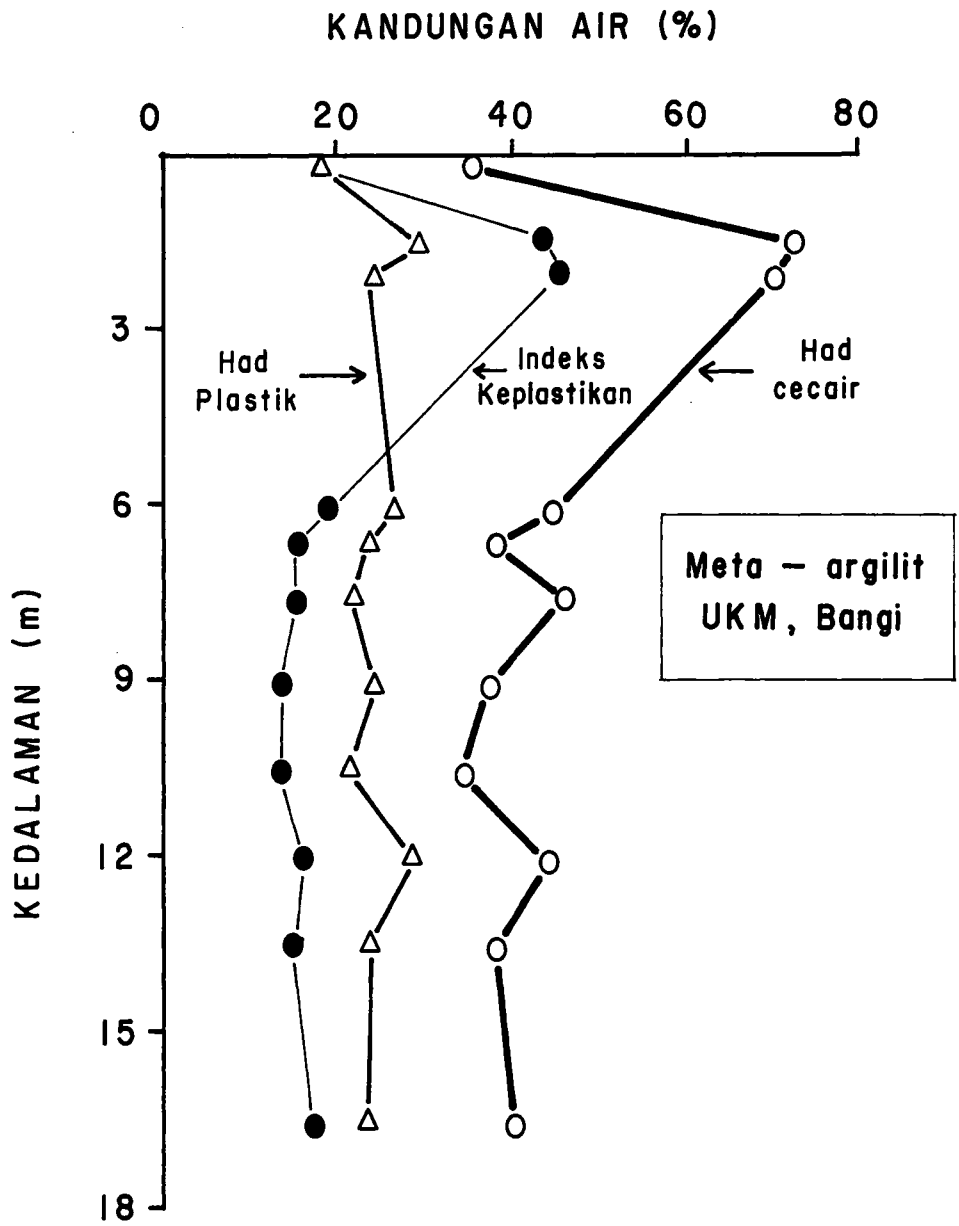
Zon terluluhawa sederhana kebanyakannya meliputi kawasan batuan meta-arenit dan batuan skis. Pada kawasan batuan meta-arenit, lapisan batuan meta-argilit dijumpai dengan banyak, ia merupakan lapisan nipis hingga sederhana yang berselang lapis dengan lapisan sederhana hingga tebal meta-arenit. Sampel dari batuan utuh meta-arenit, meta-argilit dan skis yang mewakili darjah luluhawa yang berbeza telah dikaji. Salah satu sifat yang penting yang perlu dikaji ialah kebolehnya untuk bertahan terhadap tindakan luluhawa, atau kesukarannya direputkan apabila terdedah dengan proses lembap dan kering. Kaedah untuk menentukan sifat ini dijalankan berdasarkan cadangan ISRM (1979a) dan hasil kajian adalah seperti ditunjukkan dalam *Rajah 8*.

Perhatikan batuan sekis adalah jenis yang dapat bertahan terhadap proses penguraian, untuk batuan sekis Gred III umpamanya, tidak lebih dari 5% bahan yang terurai selepas 4 kitaran ujian dilakukan. Batuan meta-arenit pula, untuk yang terluluhawa sedikit (Gred II dan II-III) keupayaan untuk dihancurkan agak baik, tetapi apabila darjah luluhawanya tinggi (Gred III), penguraian hingga 90% terjadi hanya selepas satu kitaran ujian sahaja. Batuan meta-argilit menunjukkan daya ketahanan terhadap penguraian yang lemah, dan kadar penguraian semakin meningkat untuk batuan yang bergred luluhawa tinggi.

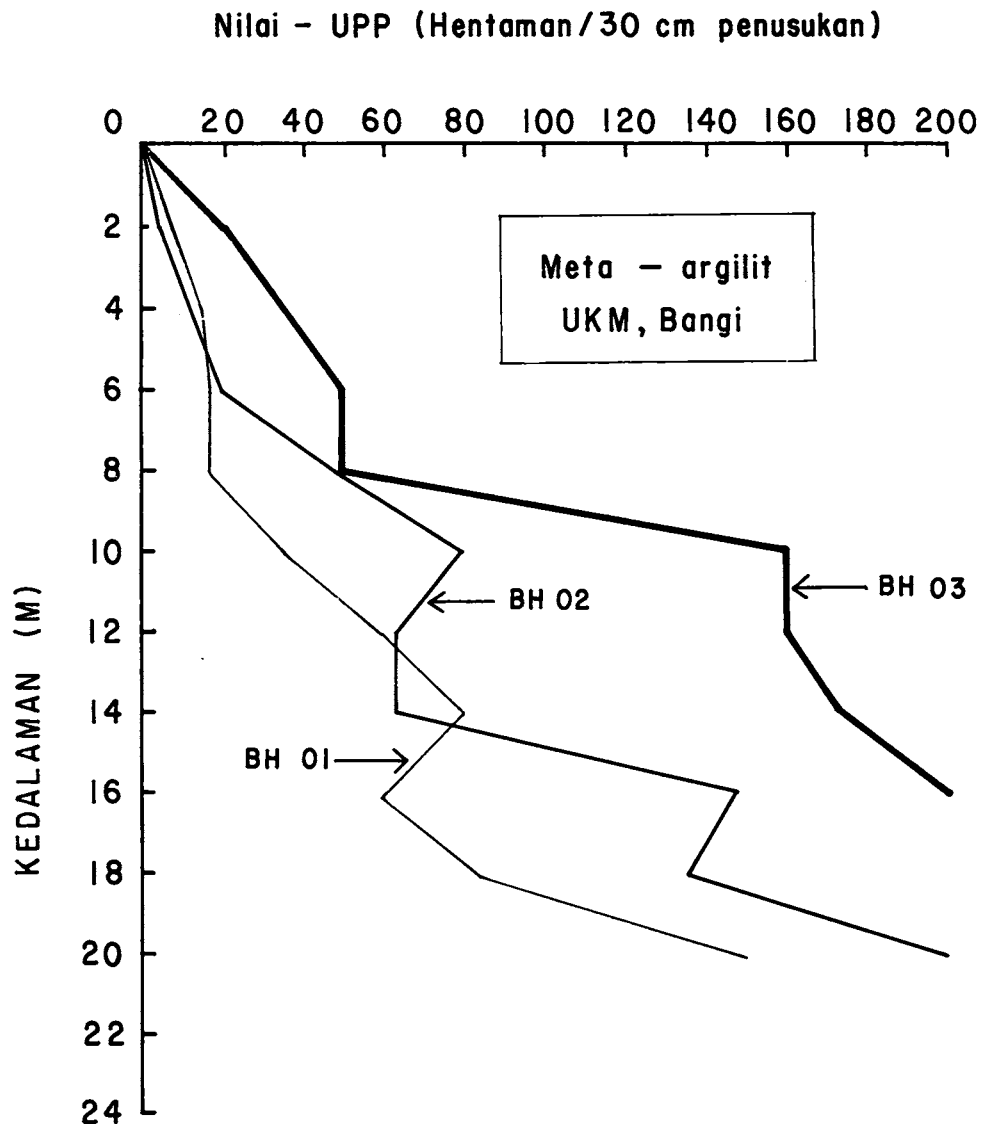
Ujian kekuatan mampatan sepaksi juga telah dijalankan pada ketiga jenis batuan (meta-arenit, meta-argilit dan skis) ini. Ujian untuk batuan yang terluluhawa sedikit hingga sederhana dijalankan dengan kaedah ujian beban titik (Franklin *et al.*, 1971), sementara untuk batuan segar ujian dijalankan dengan menggunakan ujian mampatan sepaksi (ISRM, 1979b). Ringkasan dari hasil ujian ditunjukkan dalam *Jadual 3*.



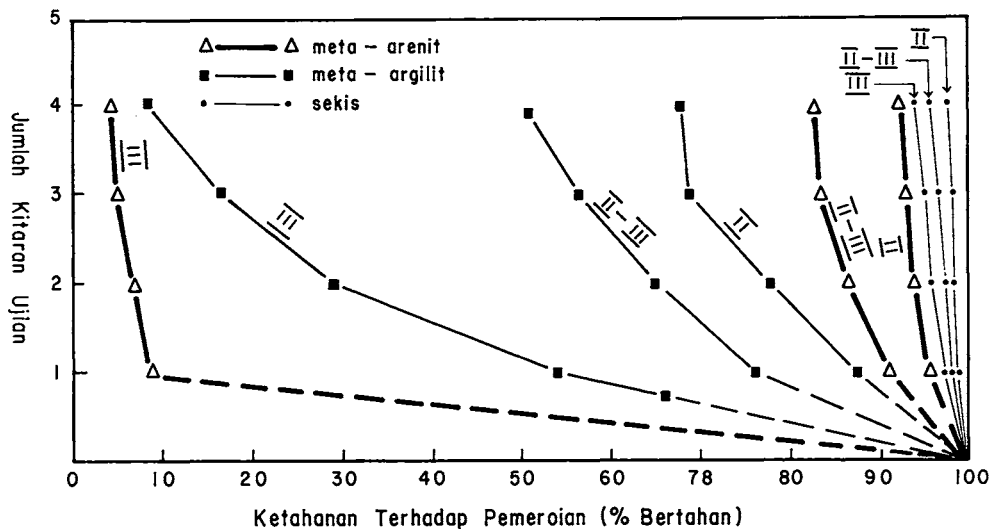
Rajah 5. Kaitan di antara kandungan air dengan kedalaman pada zon terluluhawa tinggi di kawasan Kampus UKM, Bangi.



Rajah 6. Kaitan di antara had Atteberg dengan kedalaman pada zon terluhawa tinggi di kawasan Kampus UKM, Bangi.



Rajah 7. Kaitan di antara ujian penusukan piawai (UPP) dengan kedalaman pada zon terluluhawa tinggi di kawasan Kampus UKM, Bangi.



Rajah 8. Hasil ujian kadar penguraian akibat proses lembap-kering untuk batuan meta-sedimen klastik di kawasan Kuala Lumpur.

Perhatikan kekuatan batuan meta-arenit yang terluluhawa sederhana (Gred III dan II-III) mempunyai sela antara 34.5 hingga 66.8 MPa, iaitu yang dikelaskan berkekuatan rendah (Ibrahim Komoo, 1981). Untuk batuan meta-argilit, kekuatan yang bergred III dan II-III ialah antara 9.6 hingga 29.1 MPa (sangat rendah), sementara batuan skis Gred II-III berkekuatan antara 31.2 hingga 58.5 (rendah).

ZON TERLULUHAWA SEDIKIT

Zon ini hanya dijumpai di kawasan perbukitan di kawasan batuan formasi skis. Zon ini telah dicirikan oleh lapisan tanah baki dan zon terluluhawa yang nipis menindih formasi batuan segar (Gred I dan II). Kajian beberapa sifat fizik dan mekanik telah dijalankan terhadap batuan utuh pada zon ini.

Sifat kebolehannya untuk diuraikan akibat proses lembap-kering boleh diperhatikan pada *Rajah 8*. Perhatikan hanya sekitar 2.5% sahaja bahan terurai selepas 4 kitaran ujian. Sifat kekuatannya pula dapat diperhatikan pada *Jadual 3*. Untuk batuan meta-arenit Gred II kekuatannya boleh mencapai hingga 84.7 MPa (sederhana tinggi), batuan sekis Gred I kekuatan mampatan mencapai 227.1 MPa (sangat tinggi), yang bergred II kekuatannya mencapai hingga 108.0 MPa (tinggi), sementara batuan meta-argilit Gred II kekuatannya hanya mencapai 39.8 MPa (rendah).

Pada zon formasi batuan, masalah kestabilan bahan bumi bukan terletak pada kekuatan batuan utuhnya, tetapi sebaliknya terletak pada ciri dan orientasi ketakselanjarnya. Satu kajian mengenai ketakselajaran telah dijalankan di

JADUAL 3

SIFAT KEKUATAN MAMPATAN SEPAKSI UNTUK BATUAN
METASEDIMEN KLASTIK DI SEKITAR KUALA LUMPUR

Jenis Batuan	Gred Luluhawa	Kekuatan Mampatan Sepaksi (MPa)	
		Sela	Purata
Meta-arenit	II	45.1-84.7	52.5
	II-III	40.3-66.8	47.5
	III	34.5-55.4	42.3
Meta-argilit	II	21.8-39.8	27.6
	II-III	14.7-29.1	20.1
	III	9.6-16.9	12.8
Sekis	I	209.6-227.1	216.0
	II	77.5-108.0	87.5
	II-III	31.2-58.8	50.2

JADUAL 4

CIRI KETAKSELANJARAN UNTUK BATUAN
DI KAWASAN TAMAN MELAWATI, SELANGOR

Lokality Garis Pengimbasan	Gred Luluhawa	Purata Jarak (m)	Purata Panjang (m)	Kekerapan (per m)	Petanda Mutu Batuan (%)
TMO1	II	0.09	2.02	12.35	65
TMO2	II	0.07	4.15	17.44	61
TMO3	II	0.11	1.54	9.17	77
TMO5	II	0.11	2.89	9.22	76
TMO4	I	0.14	3.43	7.07	84
TMO6	I	0.13	2.55	7.93	81
TMO7	I	0.13	3.58	7.55	82
TMO8	I	0.14	2.58	6.79	84
TMO9	I	0.17	2.31	6.02	88

kawasan Bukit Melawati. Di antara ciri jasad batuan yang mustahak diketahui ialah jarak ketakselanjaran, panjang dan kekerapannya, serta nilai Petanda Mutu Batuan (PMB) (lihat Ibrahim Komoo dan Ibrahim Abdullah, 1983). Data untuk 9 garis pengimbasan yang mewakili zon batuan terluluhawa Gred I dan II ditunjukkan pada *Jadual 4*. Purata jarak antara ketakselanjaran bersela antara 0.07 m hingga 0.17 m, iaitu satu jarak ketakselanjaran yang dianggap rapat. Purata panjangnya pula dari 1.54 hingga 4.15 (secara relatif pendek), dan purata kekerapan bersela dari 6.02 hingga 13.44 (secara relatif kerap). Oleh itu ciri ketakselanjaran di kawasan ini pada

umumnya berjarak rapat, oerap dan secara relatif pendek. Keadaan ketakselanjaraan begini dengan orientasi ketakselanjaraan yang sesuai boleh menimbulkan masalah kestabilan cerun.

MASALAH KEJURUTERAAN

Zon Terluluhawa Tinggi. Zon ini dicirikan oleh lapisan bahan bumi Gred VI dan V yang tebal. Tanah ini umumnya mempunyai saiz butiran yang halus dan kandungan air yang sederhana. Cerapan lapangan menunjukkan bahan bumi pada zon ini boleh menimbulkan beberapa masalah kejuruteraan seperti berikut:

a. pada cerun potongan, kegagalan bentuk lingkaran dan gelonsoran mudah terjadi. Biasanya kejadian kegagalan cerun terjadi akibat pengumpulan air yang berlebihan dalam bahan bumi.

b. pada cerun tambakan, kegagalan cerun bentuk lingkaran dan rayapan tanah mudah terjadi. Rayapan tanah yang menyebabkan perbezaan penurunan sering menimbulkan masalah pada kawasan projek perumahan.

c. pada banyak lokaliti, ciri proses pedologi telah menyebabkan pembentukan satu zon kaya besi di antara bahan Gred VI dengan bahan Gred V. Zon ini pada setengah tempat boleh mencapai hingga beberapa meter, dan akan mendatangkan masalah kepada proses penggalian, dan

d. bahan yang terluluhawa sepenuhnya (Gred V) menunjukkan sifat keperoian yang tinggi. Oleh itu, lapisan bahan bumi ini mudah terhakis, dan pada cerun potongan umpamanya ia dapat menimbulkan masalah kegagalan cerun.

Zon Terluluhawa Sederhana. Zon ini dicirikan oleh kehadiran lapisan tanah baki (Gred VI) yang nipis dan lapisan bahan terluluhawa yang tebal. Masalah kejuruteraan yang dapat dicerap termasuk:

a. lapisan yang terdedah, sama ada oleh proses penggalian atau potongan jalan, akan menyebabkan batuan mengalami proses luluhawa yang sangat pantas. Secara perkadaran, yang terpantas ialah meta-argilit, diikuti oleh meta-arenit dan batuan sekis.

b. kajian pada batuan meta-arenit dan meta-argilit menunjukkan indeks ketahanan terhadap proses lembab-kering adalah rendah, dan

c. penelitian pada sifat kekuatan menunjukkan penurunan nilai kekuatan akibat proses luluhawa adalah sangat tinggi. Beberapa kejadian kegagalan cerun berpunca dari proses penurunan kekuatan ini.

Zon Terluluhawa Sedikit. Zon ini dicirikan oleh kehadiran lapisan nipis hingga sederhana bahan terluluhawa menutupi formasi batuan segar. Pada umumnya batuan utuh pada zon ini mempunyai nilai kekuatan dan kestabilan yang tinggi, tetapi kejiaan pada ciri ketakselanjaraan boleh memungkinkkan masalah kejuruteraan berikut:

a. pada beberapa bahagian dari kawasan perbukitan, ciri dan orientasi

ketakselanjaran boleh menyebabkan kegagalan cerun batuan, terutama jenis gelinciran satah, jatuhnya batuan, dan terbalikan, dan

b. ciri jarak ketakselanjaran yang rapat dan kekerapan yang tinggi boleh menyebabkan kadar canggaan batuan yang tinggi.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan batuan meta-sedimen klastik di kawasan sekitar Kuala Lumpur merupakan bahan bumi yang sederhana hingga baik sebagai bahan pembinaan. Penggunaan bahan bumi ini terlebih dahulu perlu memastikan aspek yang telah dibincang di sini dikaji dengan teliti.

RUJUKAN

- BAYNES, F.J., DEARMAN, W.R. and IRFAN, T.Y., 1978. Practical assessment of grade in a weathered granite. *Bull. Int. Asso. Engng. Geol.*, 18, 101-109.
- BIENIAWSKI, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. *Trans. South. Afr. Inst. Civil Engineers*, 15, 335-344.
- FOOKES, P.G., DEARMAN, W.R. and FRANKLIN, J.A., 1971. Some engineering aspects of rock weathering with field examples from Dartmoor and elsewhere. *Q. Jl. Engng. Geol.*, 4, 139-185.
- FRANKLIN, J.A., BROCK, E. and WALTON, G., 1971. Logging the mechanical character of rock. *Trans. Inst., Min. Metall.*, 80, A1-9.
- GOBBETT, D.J., 1964. The Lower Paleozoic rocks of Kuala Lumpur, Malaysia. *Fed. Mus. Jl.*, 9, 67-79.
- HUTCHISON, C.S., 1973. Plutonic Activity. In Gobbett, D.J. dan Hutchison, C.S. (Eds.), *Geology of the Malay Peninsula (West Malaysia and Singapore)*. Wiley-Interscience, New York, 215-252.
- IBRAHIM KOMOO, 1981. Pengelasan batuan untuk kejuruteraan. *Sains Malaysiana*, 10(1), 51-71.
- IBRAHIM KOMOO, (pracetak). Engineering properties of weathered granite profiles.
- IBRAHIM KOMOO and IBRAHIM ABDULLAH, 1983. Ketakselanjaran dan kaedah pengukuran di lapangan. *Sains Malaysiana*, 12(2), 119-140.
- IAEG, 1981. Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. IAEG Commission on Engineering Geological Mapping Report. *Bull. Int. Asso. Engng. Geol.*, 24, 235-274.
- ISRM, 1979a. Suggested methods for determining water content, porosity, density, absorption and related properties, and swelling and slake-durability index properties. ISRM Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests Report. *Int. Jl. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 16, 141-156.
- ISRM, 1979b. Suggested methods for determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials. ISRM Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests Report. *Int. Jl. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 16, 135-140.
- LITTLE, A.L., 1969. The engineering classification of residual tropical soils. *Proc. Intern. Conf. Soil Mech. & Foundation Engineering, 7th.*, Mexico, 1, 1-10.
- MAT JUSOH SEMAN, 1983. Geologi kejuruteraan kawasan Kuala Lumpur. *Tesis Sm. Sn. (Kep.)*, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- TJIA, H.D., 1974. Inverted facing of Kenny Hill Formation at Bukit Pantai, Kuala Lumpur. *Sains Malaysiana*, 3(2), 163-176.
- TJIA, H.D., 1976a. Isoclinal to recumbent folds and thrust-faults in Selangor. *Sains Malaysiana*, 5(1), 49-65.
- TJIA, H.D., 1976b. Overturned structures in Kenny Hill Formation, Selangor. *Warta Geologi*, 2(4), 63-65.
- TJIA, H.D., 1979. Westward tectonic transport of Kenny Hill rocks at Bukit Pantai, Kuala Lumpur. *Sains Malaysiana*, 8(2), 153-166.
- YIN, E.H., 1976. *Geological Map of Selangor, Sheet 94 Kuala Lumpur*, Geological Survey Malaysia.
- ZAITON HARUN, 1978. Struktur sedimen dalam batukapur Kuala Lumpur barat 'Batu Caves'. *Sains Malaysiana*, 7(1), 1-8.