

Oleh

Azly Zaherman Bin Abu Bakar

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat
Keperluan untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN AWAM)

Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam
Universiti Sains Malaysia

Mei 2006

PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani, selawat dan salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W serta keluarganya.

Dengan perasaan rendah diri saya memanjatkan rasa syukur ke hadrat Allah S.W.T. kerana telah memberi peluang kepada saya untuk menjejakkan kaki ke USM dalam bidang Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Awam dan seterusnya melalui detik – detik yang penuh cabaran dan dugaan dari awal pengajian hinggalah sekarang ini.

Ucapan setinggi – tinggi penghargaan kepada Ir. Prof. Madya Dr. Mohd. Razip Selamat selaku penyelia projek tahun akhir saya di atas segala bimbingan, tunjuk ajar serta dorongan yang diberikan kepada saya dalam menyiapkan projek tahun akhir ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga diucapkan kepada juruteknik – juruteknik Makmal Geoteknik yang telah banyak membantu saya menjalankan ujikaji – ujikaji yang diperlukan serta rakan – rakan yang banyak menolong dalam menjayakan projek tahun akhir ini.

Tidak dilupakan juga kepada ayahanda yang dihormati Abu Bakar B. Nayan dan bonda yang dikasihi Zaharah Bt. Abdollah yang banyak memberi sokongan dan wang ringgit kepada anakanda sepanjang projek tahun akhir ini dijalankan.

Akhir kata, semoga Allah membalas segala jasa baik anda semua. Inshaallah

ABSTRAK

Tanah laterit telah diuji untuk kesesuaiannya sebagai bahan pembinaan dengan menggunakan pelbagai darjah pepadatan dan ianya diuji dengan menggunakan Kaedah Proba MacKintosh, Nibah Galas California (CBR) dan Piezocone. Tiga darjah Pepadatan telah diaplikasikan dalam ujikaji ini. Keputusan ujikaji menunjukkan tanah laterit akan menjadi bahan yang lebih baik dari segi kekuatannya apabila diberi tenaga pepadatan yang makin meningkat. Keputusan ujikaji juga menunjukkan bahawa kekuatan maksimum yang diukur menggunakan pelbagai kaedah ini telah memberi kandungan kelembapan optimum yang berbeza. Dengan menggunakan Pepadatan Proctor Piawai, Kandungan kelembapannya paling hampir dengan keputusan yang diperolehi dari ujian CBR. Manakala, dengan menggunakan pepadatan proctor pertengahan dan proctor berat, kandungan kelembapan optimumnya menghampiri dengan keputusan yang diperolehi daripada daya geseran melalui Ujian Piezocone. Ujian menunjukkan sekurang – kurangnya keputusan yang diperolehi daripada Kaedah CBR menunjukkan kandungan kelembapan yang hampir dengan ujian Proctor Piawai.

ABSTRACT

A laterite soil is examined for its suitability as a construction material by varying the compaction energy and testing its corresponding strengths in the compacted state using MacKintosh Probe, California Bearing Method (CBR), and Piezocone Methods. Three compaction energy levels are utilised. The results show that the laterite soil constitutes a better material in term of its strength when given an increase amount of compaction energy. The results also show that the maximum strengths as measured using the varying methods gives different optimum moisture contents. By using the standard proctor compaction, its optimum moisture content is the most similar to the one obtain from CBR method. By using the intermediate and modified proctor compactions, their optimum moisture content is very similar to the one obtained from the skin friction of the Piezocone Test. The experiment had suggested that the CBR method at least is showing identical optimum moisture content as the proctor, thus its suitability for strength measurement as much as proctor can give.

ISI KANDUNGAN

MUKA SURAT

PENGHARGAAN		i
ABSTRAK		ii
ABSTRACT		iii
ISI KANDUNGAN		iv
SENARAI RAJAH		v
SENARAI JADUAL		vi
SENARAI LAMPIRAN		vii
BAB 1	PENGENALAN	
	1.1	PERNYATAAN MASALAH 1
	1.2	OBJEKTIF KAJIAN 2
	1.3	SKOP KAJIAN 3
BAB 2	KAJIAN ILMIAH	
	2.1	PENGENALAN KEPADA DEFINISI LATERIT 4
	2.2	CIRI – CIRI TANAH 7
	2.3	PEMADATAN TANAH 12
	2.4	UJIAN NISBAH GALAS CALIFORNIA 19
	2.5	UJIAN ‘ PIEZOCONE ’ 21
	2.6	KAEDAH PROBA MACKINTOSH 22
BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	24
	3.1	PENGENALAN

3.2	PENGGELASAN TANAH	
3.3	Nisbah Galas California (CBR)	
3.4	KAEDAH HENTAMAN PROBA MACKINTOSH	
3.5	KAEDAH PENUSUKAN PIEZOCONE	
BAB 4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	33
BAB 5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	49
	RUJUKAN	51

LAMPIRAN A – TATACARA UJIAN – UJIAN YANG TERLIBAT.

LAMPIRAN B – KEPUTUSAN PENUH UJIAN – UJIAN.

LAMPIRAN C – JADUAL DAN CARTA UNTUK PENGGELASAN TANAH

SENARAI RAJAH

Rajah 2.1 : Had Atterberg

Rajah 2.2 : Menunjukkan Pemasatan Butiran Tanah

Rajah 2.3 : Hubungan ketumpatan kering – kandungan lembapan

Rajah 2.4 : Lengkung Hubungan ketumpatan kering – kandungan lembapan bagi pelbagai kesan darjah mampatan.

Rajah 2.5 : Acuan

Rajah 2.6 : Pelantak.

Rajah 2.7 : Hubungan di antara CBR dan Kandungan Lembapan

Rajah 2.8 : Contoh keputusan ujian ‘Piezocone’.

Rajah 2.9 : Contoh Piezocone yang digunakan.

Rajah 2.10 : Alatan Proba MacKintosh.

Rajah 3.1 : Alatan Ujian Jatuhan Kon.

Rajah 3.2 : Radas Analisis Ayak.

Rajah 3.3 : Radas Ujian Hidrometer.

Rajah 3.4 : (a) Pemasatan Sampel dalam acuan, (b) Bacaan CBR.

Rajah 3.5 : Alatan Proba MacKintosh.

Rajah 3.6 : Lubang di mana kon penetrometer diletak dan computer dilapangan serta kon petrometer.

Rajah 3.7 : ‘Crawler’ yang digunakan dalam Ujian ‘Piezocone’.

Rajah 4.1 : Graf Log Taburan Saiz Zarah Tanah.

Rajah 4.2 : Graf Ketumpatan Kering melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.3 : Graf Bilangan Hentaman MacKintosh melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.4 : Graf Daya CBR melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.5 : Graf Daya di Hujung Kon melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.6 : Graf Daya Geseran Kon melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.7 : Graf Ketumpatan Kering melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.8 : Graf Bilangan Hentaman MacKintosh melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.9 : Graf Daya CBR melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.10 : Graf Daya di Hujung Kon melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.11 : Graf Daya Geseran Kon melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.12 : Graf Ketumpatan Kering melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.13 : : Graf Bilangan Hentaman MacKintosh melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.14 : Graf Daya CBR melawan Kandungan Lembapan.

Rajah 4.15 : Graf Daya Geseran Kon melawan Kandungan Lembapan.

SENARAI JADUAL

Jadual 2.1 : Faktor Pembetulan suhu

Jadual 4.1 : Keputusan Had Atterberg.

Jadual 4.2 : Keputusan Ujian Graviti Tentu.

Jadual 5.1 : Keputusan Kekuatan sampel tanah menggunakan pelbagai ujian dengan darjah pepadatan yang berbeza.

BAB 1

PENGENALAN

Menurut Wikipedia, Laterit adalah tanah yang berwarna merah yang kaya dengan tanah liat. Ia banyak ditemui di kawasan-kawasan beriklim tropika dan subtropika. Di Malaysia, tanah jenis laterit banyak terdapat di kawasan berbukit – bukau dan tanah tinggi. Seperti yang kita sedia maklum, pembangunan ekonomi negara kita sangat pesat membangun sejak kita beroleh kemerdekaan pada tahun 1957. Oleh itu banyak kemudahan infrastruktur perlu disediakan bagi kemudahan rakyat serta mengembangkan lagi ekonomi negara. Dalam membina kemudahan infrastruktur ini, tanah laterit banyak digunakan sebagai bahan pembinaan seperti tapak dan su-tapak untuk pembinaan jalan raya, tambakan untuk empangan, tambakan untuk pembinaan jalan raya, pembinaan cerun dan banyak lagi kegunaan lain.

1.1 Penyataan Masalah

Seperti yang kita sedia maklum, di negara kita tanah jenis laterit digunakan secara meluas dalam sektor pembinaan infrastruktur. Ini kerana tanah laterit akan memberi kekuatan yang diperlukan sekiranya ia dipadatkan pada kekuatan dan kandungan lembapan yang dikehendaki. Kita dapat lihat dan dengar banyak kejadian – kejadian yang berlaku apabila infrastruktur yang dibina rosak dan musnah akibat tidak menghiraukan aspek – aspek ini. Terdapat sesetengah jalan raya seolah – olah beralun – alun kerana tapak dan sub-tapaknya yang selalunya ditambak dengan tanah

laterit tidak dipadatkan dengan baik yang menyebabkan kekuatan subtapak itu menurun dan seterusnya merosakkan jalan raya tersebut walaupun baru beberapa bulan disiapkan.

Selain itu, pembinaan jalan raya di kawasan bukit – bukau akan mewujudkan cerun. Selalunya tanah di kawasan berbukit di negara kita adalah tanah laterit. Oleh itu apabila potongan cerun dilakukan, kekuatan tanah dikawasan tersebut akan terjejas dan boleh menyebabkan kejadian tanah runtuh berlaku. Sekiranya pemotongan bukit terpaksa dilakukan, maka tanah di kawasan cerun tersebut perlulah dilindungi dengan kaedah – kaedah yang sesuai. Salah satu kaedah yang boleh dilakukan ialah dengan memadatkan tanah di kawasan tersebut.

1.2 Objektif Kajian

Objektif - objektif utama kajian yang dijalankan ini adalah seperti berikut :-

1. Mengkaji kekuatan tanah laterit dari segi ketumpatan kering, ρ_d sampel tanah tersebut.
2. Menentukan kandungan lembapan, w_{opt} bagi tanah laterit yang memberi kualiti kejuruteraan yang paling baik dari segi kekuatannya.
3. Mengkaji perbezaan daripada hasil ujian yang diperolehi daripada ujian – ujian yang berlainan dilakukan iaitu Proctor, Nisbah Galas California(CBR), Macintosh Probe dan Piezocone.
4. Mengenalpasti kekuatan tanah laterit ini apabila darjah pepadatan ditambah.

1.2 Skop Kajian

Dalam menentukan kekuatan tanah laterit ini, sampel tanah laterit telah diambil disekitar kawasan kampus. Tanah laterit ini digunakan bagi tujuan penambakkan tanah di kawasan sekitar kampus. Kekuatan tanah laterit ini diukur berdasarkan ketumpatan kering tanah, ρ_d apabila ia dipadatkan dengan menggunakan Kaedah Proctor Piawai. Sampel tanah yang memberi kualiti kejuruteraan yang paling baik akan ambil sebagai penanda aras. Kemudian, sampel tanah laterit yang sama akan dijalankan ujian – ujian lain seperti Nisbah Galas California (CBR), MacKintosh Proba, dan Piezocone untuk mengetahui kekuatan tanah laterit tersebut. Keputusan dari ujian – ujian ini akan dibandingkan dengan keputusan yang diperolehi dari Kaedah Proctor Piawai tersebut. Selain itu, sampel tanah juga akan dikenakan darjah pemadatan yang berlainan menggunakan Kaedah Proctor Berat (Piawaian British) dan Kaedah Pertengahan (diubahsuai dari kaedah Proctor Berat). Sampel tanah laterit yang dikenakan darjah pemadatan yang berlainan ini akan dilakukan ujian seperti yang dilakukan ke atas sampel tanah sebelumnya.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 PENGENALAN KEPADA DEFINISI LATERIT

Tanah laterit adalah hasil daripada pengluluhawaan tropika dan subtropika. Komposisi kimia dan ciri-ciri morfologi tanah laterit dipengaruhi oleh darjah pengluluhawaan 'parent material'. Pada tahun 1889, Russel dari US Geology Survey telah menyatakan bahawa dalam suhu sederhana panas dan lembab serta beriklim tropika, penyerapan air menerusi batu mempunyai kuasa pelarut yang kuat. Pengluluhawaan adalah lebih cepat dalam kawasan bersuhu panas berbanding kawasan bersuhu sejuk. Pengluluhawaan juga memberi kesan yang lebih besar di kawasan beriklim lembab berbanding kawasan beriklim kering.

Menurut Wikipedia, Laterit adalah tanah yang berwarna merah yang kaya dengan tanah liat. Ia boleh ditemui di kawasan-kawasan beriklim tropika dan subtropika. Bata yang diperbuat daripada tanah laterit yang dikeringkan merupakan bahan yang baik untuk membina bangunan. Misalnya, kebanyakan bangunan kuil semasa Empayar Khmer di Kemboja dibina menggunakan tanah laterit dan kuil ini dapat bertahan sehingga melebihi 1000 tahun lamanya. Walaubagaimanapun terdapat beberapa definisi mengenai tanah laterit telah dicadangkan oleh beberapa penyelidik.

2.1.1 Definisi Tanah Laterit Berdasarkan Ciri kekerasan Tanah.

Perkataan laterit ini pertama kali diperkenalkan oleh Buchanan pada tahun 1807 bagi menerangkan tentang bahan berliang yang berwarna kuning keperangan disebabkan oleh kandungan besi yang tinggi yang ditemuinya di Malabar, India. Bahan ini digunakan oleh penduduk tempatan sebagai bata untuk membina bangunan. Bahan ini cukup lembut sehingga boleh dipotong dengan alatan besi tetapi ia akan cepat mengeras apabila terdedah dengan udara dan sungguh tahan terhadap kesan cuaca setempat. Perkataan 'laterite' berambil dari bahasa Latin iaitu 'Later' yang bermaksud bata. Perkataan laterit bagi menerangkan tentang bahan lembut yang mengeras apabila terdedah kepada persekitaran menjadi keliru apabila Blanford (1859) dan Harrison telah menyatakan 'lithormage' dan 'red sesquioxide' juga boleh mengeras apabila terdedah kepada persekitaran.

2.1.2 Definisi berdasarkan kimia.

Pada tahun 1883, Mallet telah memperkenalkan konsep kimia bagi menerangkan tentang tanah laterit dengan menyatakan terdapat tanah laterit yang mengandungi ferum (ferruginous) dan aluminium (aluminous). Manakala pada tahun 1913, Lacroix telah membahagikan laterit kepada (a) laterit sebenar (b) laterit silica (c) laterit tanah liat. Pembahagian ini adalah berdasarkan kandungan hidrosida bahan. Martin dan Doyne (1927) telah menerangkan tentang ketiga-tiga laterit ini dengan nisbah silica-alumina. Bagaimanapun Winterkorn telah mempersoalkan penggunaan nisbah silica-alumina sedangkan definisi asal oleh Buchanan (1807) menunjukkan

oksida besi mempunyai kepentingan yang istimewa dengan laterit. Winterkorn menambah bahawa kehadiran besi dalam tanah laterit merupakan faktor yang paling penting dalam mempengaruhi ciri-ciri kejuruteraannya.

2.1.3 Definisi berdasarkan Morfologi

Manakala, Walter (1915) mencadangkan definisi berdasarkan morfologi bagi merangkumi pelbagai warna tanah laterit. Berdasarkan konsep morfologi, kimia dan fizikal yang dicadangkan oleh berbagai penyelidik kemudiannya digabungkan oleh Alexander dan Cady (1962). Mereka menyimpulkan bahawa laterit adalah bahan yang terluluhawa yang kaya dengan kandungan besi, aluminium atau kedua-duanya sekali. Tidak mengandungi silica tetapi boleh mengandungi quartz dan kaolinite. Ia sama ada keras atau berupaya untuk keras terdedah dengan panas dan hujan.

Dengan penerangan tentang definisi laterit ini, ia telah menunjukkan kepada kita bagaimana rumit dan kompleksnya tanah laterit ini. (Dirujuk daripada *Laterite Soil Engineering Oleh Gidigasu, 1976*)

2.2 CIRI – CIRI TANAH

2.2.1 HAD ATTERBERG

2.2.1.1 Had Cecair – Kon Penetrometer (BS1377:1979, Test 2/A)

Kaedah ujian ini dicadangkan oleh Piawaian British untuk menentukan Had Cecair bagi sesuatu tanah. Ia berdasarkan bacaan penusukan sampel tanah yang di letakkan di dalam kon khas. Had Cecair berlaku apabila bacaan penusukan kon adalah 20mm. Kaedah ini telah dibangunkan di TRRL daripada pelbagai jenis ujian kon yang digunakan di beberapa buah negara. Dan kemudiannya telah diambil oleh Piawaian British dengan beberapa pengubahsuaian telah dibuat.

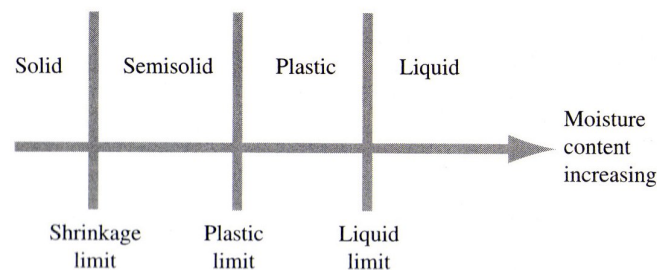


FIGURE 2.5 Atterberg limits

Rajah 2.1 : Had Atterberg

2.2.1.2 Had Plastik

Had Plastik didefinisikan sebagai kandungan kelembapan dalam peratusan, pada keadaan tanah itu apabila diuli setebal 3.2mm dalam diameter, ia akan retak.

Had Plastik adalah had terendah dalam tahap – tahap keplastikan bagi tanah. Ujian ini amat mudah iaitu dengan menggulung tanah dengan tangan di atas plat kaca.

Indeks Plastik pula adalah perbezaan di antara Had Cecair dengan Had Plastik.

$$PI=LL - PL$$

2.2.2 GRAVITI TENTU

Graviti Tentu jarang sekali digunakan sebagai penunjuk bagi pengelasan tanah. Tetapi pengetahuan mengenai Graviti Tentu adalah perlu dalam sebahagian ujian yang lain, terutama untuk pengiraan keliangan dan nisbah lompong. Dan ia amat penting khasnya apabila ciri – ciri pepadatan dan pengukuhan diambilkira. Graviti Tentu juga perlu diketahui untuk mengira dalam analisis saiz butiran tanah dalam prosedur penempatan. Kebanyakan mineral mempunyai Graviti Tentu dalam lingkungan 2.6-2.9

2.2.3 ANALISIS MEKANIKAL TANAH

Analisis Mekanikal bertujuan untuk menentukan saiz butiran tanah yang terdapat dalam tanah. Unitnya adalah dalam peratusan jumlah berat kering tanah tersebut. Terdapat dua kaedah yang selalu digunakan dalam mendapatkan pembahagian saiz butiran tanah:-

- a) Analisis Ayak – untuk saiz butiran tanah lebih besar daripada 0.063mm.
- b) Analisis Hidrometer - untuk saiz butiran tanah lebih kecil daripada 0.063mm.

2.2.3.1 Analisis Ayak

Analisis Ayak terdiri daripada sampel tanah yang digoncang melalui satu set ayak yang makin mengecil saiz bukaannya. Untuk ujiakaji ini, ayak yang menepati piawaian British telah digunakan. Set ayak yang berlainan saiz iaitu 10mm, 6.30mm, 5.00mm, 3.35mm, 2.00mm, 1.18mm, 0.600mm, 0.300mm, 0.212mm, 0.150mm, 0.063mm, dan pan.

Pertama sekali, tanah perlulah dikering oven selama 24 jam, dan gumpalan tanah tersebut akan dikecaikan kepada butiran – butiran kecil. Selepas tempoh goncangan tamat, jisim tanah yang tertahan dalam ayak akan ditimbang. Keputusan dari analisis ayak ini secara keseluruhannya akan ditunjukkan dalam peratusan jumlah berat tanah yang tertahan di setiap ayak yang berlainan.

2.2.3.2 Analisis Hidrometer(BS 1377:1975, Test 7(D))

Analisis Hidrometer diaplikasikan berdasarkan prinsip pegenapan butiran tanah dalam air. Apabila specimen tanah diserakkan dalam air, butir – butir tanah akan mendak pada kelajuan yang berbeza, bergantung kepada bentuk, saiz dan berat mereka.

$$v = \frac{G_s - G_l}{18\eta} D^2$$

Di mana v =kelajuan jatuh (cm/s)

G_s =Graviti Tantu tanah

G_f =Graviti Tantu cecair yang digunakan

η =kelikatan cecair (g/cm.s)

D = diameter buriran tanah (cm)

Apabila persamaan di atas disusun semuala, kita akan dapati

$$D = \sqrt{\frac{18\pi}{(G_s - G_w)} v}$$

Persamaan di atas hanya sah untuk butiran tanah berdiameter diantara 0.0002mm hingga 0.2mm. Butiran tanah yang mempunyai diameter yang lebih besar dari ini akan berada dalam keadaan berolak dalam cecair tersebut. Manakala butiran yang sanagt kecil pula tidak akan mendak kerana ia akan terus bergerak mengikut Hukum Brown. L mewakili jarak butiran akan mendak ke dasar dalam satu jangka masa t dan kelajuan diwakili sebagai jarak bahagi masa

$$v = \frac{L}{t}$$

Untuk memudahkan pengiraan, persamaan v ditukar dalam persamaan D ,

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{980(G_s - G_w)} \frac{L}{t}}, \text{ mm}$$
$$= K \sqrt{\frac{L}{t}}, \text{ mm}$$

Jadi, nilai K adalah $\sqrt{\frac{30\eta}{980(G_s - G_w)}}$

<u>suhu</u>	<u>Berat unit air G_w</u>	<u>Kelikatan η_s</u>	<u>Factor pembetulan</u>
<u>°C</u>	<u>g/cm^3</u>	<u>g/cm^3</u>	<u>suhu, C_f (°C)</u>
4	1	0.01567	
16	0.99897	0.01111	-0.90
17	0.9988	0.01083	-0.70
18	0.99862	0.01056	-0.50
19	0.99844	0.01030	-0.30
20	0.99823	0.01005	0.00
21	0.99802	0.00981	0.20
22	0.9978	0.00958	0.40
23	0.99757	0.00936	0.70
24	0.99733	0.00914	1.00
25	0.99708	0.00894	1.30
26	0.99682	0.00874	1.65
27	0.99655	0.00855	2.00
28	0.99627	0.00836	2.50
29	0.99598	0.00818	3.05
30	0.99568	0.00801	3.80

Jadual 2.1 : Faktor Pembetulan suhu

2.3 PEMADATAN TANAH

2.3.1 PENGENALAN

Dalam penambakan untuk lebuhraya, empangan dan banyak lagi struktur kejuruteraan yang lain, tanah yang longgar perlu dipadatkan supaya mencapai ciri-ciri kejuruteraan yang lebih baik dan selamat. Pemadatan di tapak pembinaan selalunya dilakukan dengan menggunakan mesin penggelek. Ujian pemadatan di makmal dilakukan bagi mendapatkan data-data yang diperlukan untuk langkah-langkah pengawalan di tapak pembinaan. Ujian di makmal memberikan data-data seperti berikut:-

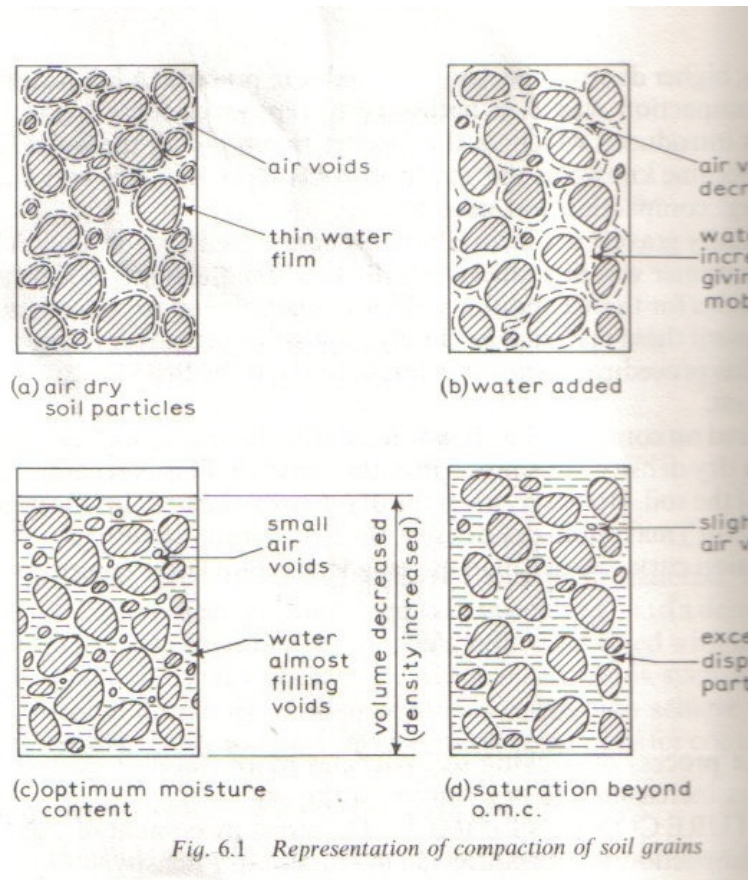
- a) Hubungan di antara ketumpatan kering dan kandungan lembapan bagi sesuatu darjah pemadatan yang digunakan.
- b) Kandungan lembapan yang diperlukan bagi pemadatan yang paling baik, iaitu pada ketumpatan kering yang paling tinggi bagi sesuatu darjah pemadatan yang digunakan.
- c) Nilai ketumpatan kering yang paling tinggi yang dapat dicapai.

2.3.2 TEORI PEMADATAN

2.3.2.1 Proses Pemadatan

Pada tahun 1944, Markwick menyatakan bahawa pemadatan tanah adalah satu proses di mana butiran tanah bergerak menghampiri di antara satu sama lain menggunakan alatan mekanikal. Ini akan meningkatkan ketumpatan kering tanah tersebut. Proses ini akan mengurangkan lompang-lompang udara pada tanah tetapi hanya sedikit atau tiada pengurangan air yang berlaku. Mestilah diingat bahawa lompang-lompang udara pada tanah tidak akan dapat dihilangkan dengan menggunakan pemadatan, tetapi dengan kaedah yang betul sekurang-kurangnya ia dapat dikurangkan pada kadar yang minimum.

Pada kandungan lembapan yang rendah, butiran tanah akan dikelilingi oleh satu lapisan air yang nipis, di mana sentiasa menghalang butiran tanah daripada berkumpul walaupun pemadatan dilakukan (Lihat rajah 2.2.a). Jika kandungan lembapan pada tanah ditingkatkan, tambahan air ini akan membolehkan butiran tanah lebih senang dipadatkan. Seseengah udara akan dipaksa keluar dari tanah dan ini akan meningkatkan ketumpatan kering tanah (Lihat rajah 2.2.b). Apabila air ditambah lagi, sehingga pada satu tahap akan menyebabkan lebih banyak udara akan dipaksa keluar dari tanah. Pada masa ini, butiran tanah akan berkumpul bersama serapat (ketumpatan kering pada tahap maksimum) yang mungkin bagi darjah pemadatan tersebut (Lihat rajah 2.2.c). Apabila kandungan air melebihi tahap yang diperlukan untuk mencapai ketumpatan yang maksimum, air yang berlebihan akan mula menolak butiran-butiran tanah supaya menjauhi di antara satu sama lain (Lihat rajah 2.2.d), jadi ketumpatan kering akan berkurangan. Pada kandungan lembapan yang tinggi, hanya sedikit atau tiada udara akan dipaksa keluar dari tanah. Oleh itu ketumpatan kering akan terus berkurangan.



Rajah 2.2: Menunjukkan Pemadatan Butiran Tanah. Markwick (1944)

Jika kita mengira ketumpatan kering bagi setiap pemadatan yang dibuat, dan data tersebut diplot graf melawan kandungan lembapan. Kita akan mendapat satu graf yang menyamai lengkung A pada Rajah 2.3. Graf ini dipanggil Lengkung Perhubungan Kelembapan-ketumpatan. Kandungan lembapan pada ketumpatan yang paling tinggi dipanggil sebagai Kandungan Lembapan Optimum, manakala ketumpatan tersebut dipanggil sebagai Ketumpatan kering Maksimum. Pada kandungan lembapan ini, tanah dapat dimampatkan dengan paling efisien di bawah sesuatu darjah pemadatan.

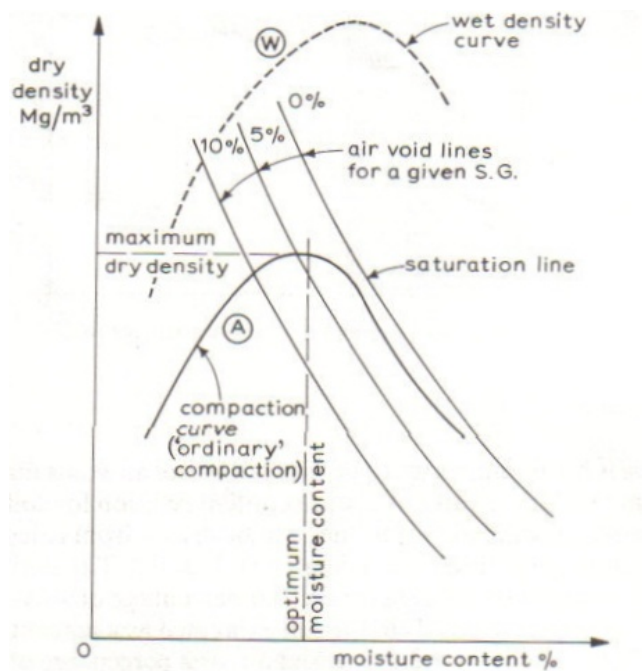


Fig. 6.2 Dry density–moisture content relationship for soils

Rajah 2.3 : Hubungan ketumpatan kering – kandungan lembapan bagi tanah

Setiap darjah pepadatan yang dilakukan ke atas sesuatu sampel tanah akan memberi lengkung pepadatan yang berlainan. Setiap keputusan akan memberi nilai ketumpatan kering maksimum dan kandungan lembapan optimum yang unik. Sebagai contoh, lengkung C terbentuk menggunakan pepadatan B.S 'Ordinary' tetapi menggunakan bilangan hentaman yang lebih tinggi. Begitu juga dengan lengkung D, ia terbentuk menggunakan pepadatan B.S 'Heavy' yang bilangan hentaman ditambah daripada piawai B.S. Dari rajah ini kita dapat lihat bahawa dengan meningkatkan darjah pepadatan, nilai ketumpatan kering maksimum akan meningkat tetapi nilai kandungan lembapan pula akan menurun.

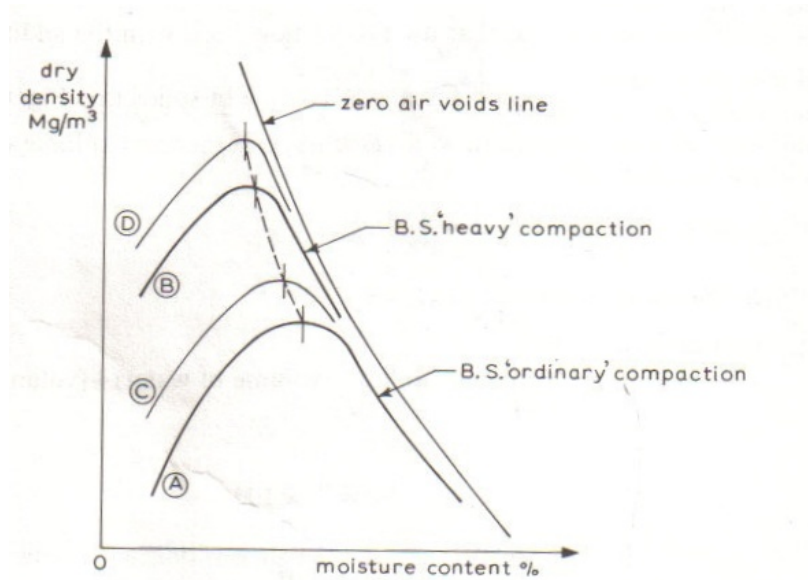


Fig. 6.3 Dry density–moisture curves for various compactive efforts

Rajah 2.4 : Lengkung Hubungan ketumpatan kering – kandungan bagi pelbagai kesan darjah pampatan.

2.3.2.2 Kuasa Pempadatan

Tenaga mekanikal telah dikenakan dalam setiap ujian pempadatan yang dilakukan, kerja per unit isipadu yang dilakukan bagi setiap ujian adalah seperti berikut-

$$E = \frac{(\text{Bil Mampatan}) \times (\text{Bil Lapisan}) \times (\text{Berat Pelantak}) \times (\text{Tinggi Jatuhan Pelantak})}{\text{Isipadu 'mould'}}$$

$$9.81$$

Isipadu 'mould'

Ujian B.S 'Ordinary'

$$E = \frac{2.5 \times 0.3 \times 27 \times 3 \times 9.81}{0.001}$$

$$= 596 \text{ kJ/m}^3$$

$$= 596 \text{ kJ/m}^3$$

Ujian B.S 'Heavy'

$$E = \frac{4.5 \times 0.45 \times 27 \times 5 \times 9.81}{0.001}$$

$$0.001$$

$$= 2682 \text{ kJ/m}^3$$

Di mana isipadu = 0.001 m^3

Ujian CBR menggunakan pelantak 2.5 kg

$$E = \frac{2.5 \times 0.3 \times 62 \times 5 \times 9.81}{0.002305}$$

$$0.002305$$

$$= 990 \text{ kJ/m}^3$$

Ujian CBR menggunakan pelantak 4.5 kg

$$E = \frac{4.5 \times 0.45 \times 62 \times 5 \times 9.81}{0.002305}$$

$$0.002305$$

$$= 2672 \text{ kJ/m}^3$$

Di mana isipadu = 0.002305 m^3

2.3.2.3 Ujian B.S ‘Ordinary’

Ujian B.S ‘Ordinary’ juga dikenali sebagai Ujian Proctor’. Ujian ini amat sesuai dibuat untuk tanah yang bersaiz kurang 20mm. Ia dibuat bagi mengenalpasti ketumpatan kering maksimum tanah bagi sesuatu darjah pepadatan supaya dapat digunakan di tapak sebagai rujukan.

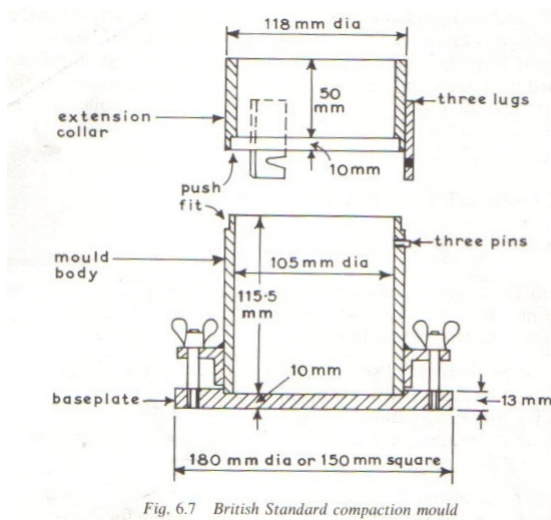


Fig. 6.7 British Standard compaction mould

Rajah 2.5 ‘Mould’

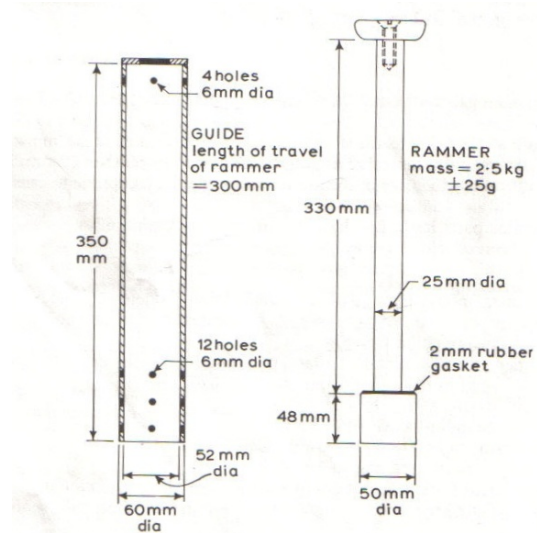


Fig. 6.8 Rammer for BS ‘ordinary’ compaction test

Rajah 2.6 : Pelantak

Untuk mendapatkan nilai ketumpatan kering maksimum ini, kita perlu melakukan pepadatan dengan menggunakan kandungan lembapan yang berbeza. Hal ini dilakukan bagi mendapatkan lengkung perhubungan ketumpatan kering-kandungan lembapan seperti yang dibincangkan sebelum ini. Kira setiap ketumpatan basah bagi setiap kali pepadatan dilakukan. di mana m_1 = berat ‘mould’ m_2 = berat ‘mould’+ tanah

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V} \quad \text{Mg/m}^3$$

$$\rho_d = \frac{100}{100 + w} \rho \quad \text{Mg/m}^3$$

V = isipadu 'mould'

w = kandungan lembapan (%) ρ_d = ketumpatan kering

2.4 UJIAN NISBAH GALAS CALIFORNIA (CBR)

Ujian Nisbah Galas California (CBR) adalah ujian yang sangat berguna dalam menilai kesesuaian tanah untuk pembinaan turapan boleh lentur. Ujian ini direka oleh 'California State High Department' bagi menilai kekuatan tanah. Dalam ujian ini, tanah akan diberi tekanan mampatan yang meningkat. Ia mengukur keelastikan dan keupayaan tanah menahan mampatan. Beberapa penyelidik seperti Evan, De Graft-Johnson, Vallerga dan Hammond telah menyatakan bahawa nilai CBR yang diperolehi menunjukkan ciri-ciri kestabilan tanah yang boleh digunakan bagi tujuan pembinaan jalan raya dan landasan kapal terbang.

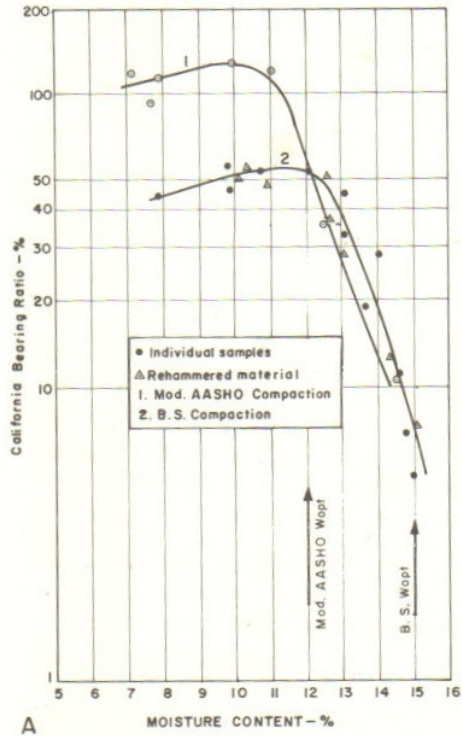


Fig. 191. Relation between the moulding moisture content and the C.B.R. of a typical laterite gravel. (After Evans, 1958.)

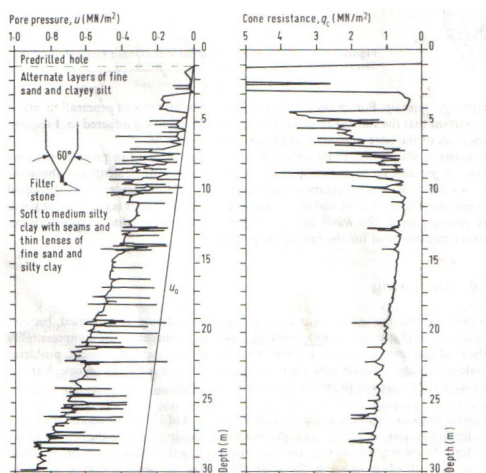
Rajah 2.7 : Hubungan di antara kandungan lembapan dan CBR.

2.5 UJIAN ‘ PIEZOCONE ’

Penggunaan piezocone terbahagi kepada dua bahagian penting iaitu mengenalpasti profil tanah dan mendapatkan parameter kejuruteraan. Mengenalpasti profil tanah menggunakan piezocone adalah lebih tepat jika dibandingkan dengan menggunakan cone penetration (CPT), tetapi ketepatannya masih lagi jauh jika dibandingkan dengan kaedah gerakan lubang jara. Penggunaan Piezometer dalam mendapatkan parameter kejuruteraan ternasuklah:-

- membantu dalam menterjemah rintangan kon dan geseran luar dari sudut ciri-ciri kekuatan ricih dan gelinciran.
- mendapatkan ciri-ciri kebolehtelapan dan pengukuhan tanah.
- membantu dalam mendapatkan sejarah tekanan tanah.
- mengukur tekanan liang.

Walaupun bagaimanapun, keputusan dari penggunaan piezocone ini perlu disemak dengan menggunakan kaedah siasatan tapak yang lain.



Rajah 2.8 : Contoh keputusan piezocone digunakan

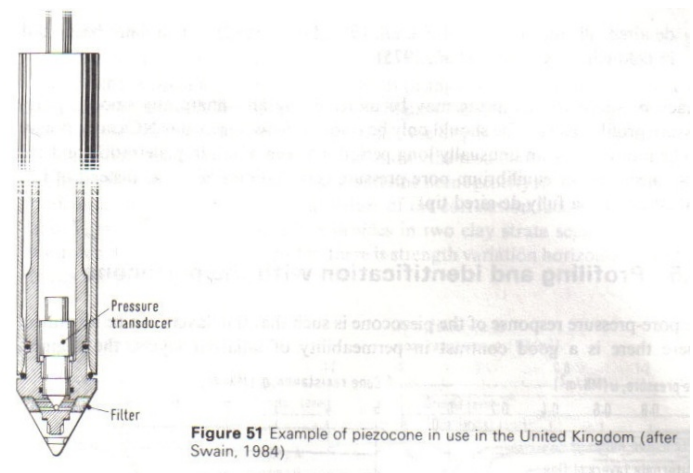
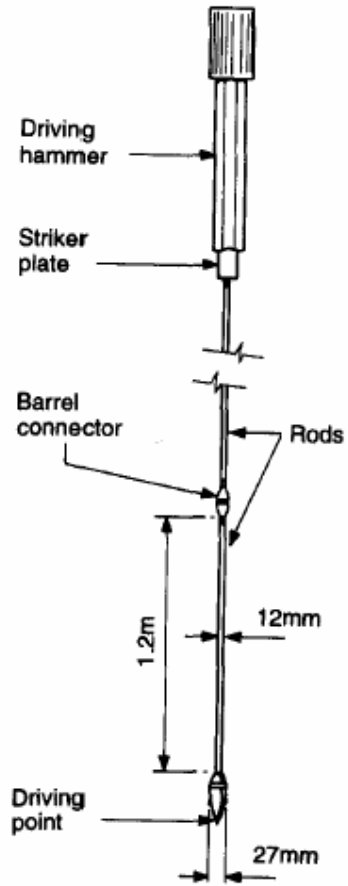


Figure 51 Example of piezocone in use in the United Kingdom (after Swain, 1984)

Rajah 2.9 : Contoh Piezocone yang

2.6 KAEDAH PROBA MACKINTOSH

Alatan Kaedah Hentaman proba MacKintosh terdiri daripada beberapa batang rod yang boleh disambungkan menggunakan penyambung dan batang itu boleh disambungkan dengan rod kon di bawah dan penghentak yang boleh diangkat oleh tangan di atasnya (Rajah). Kaedah ini amat ekonomi dalam menentukan tebal lapisan tanah yang lembut seperti gambut. Rod kon mempunyai diameter maksimum sebanyak 27mm. Manakala penghentaknya mempunyai berat sebanyak 4kg. Batang rod pula setiap satunya sepanjang 1.2m dan diameternya 12mm. Di UK alatan ini selalu digunakan untuk mencari profil kedalaman tanah dengan menghentak batang rod ke dalam tanah. Bilangan hentaman batang besi bagi setiap 300mm dimasukkan akan direkod. Apabila rod kon mengenai lapisan tanah liat yang keras dan tidak dapat ditembusi oleh rod kon, penggerek akan digunakan bagi menggantikan rod kon pada lubang yang sama. Batang besi boleh dikeluarkan daripada tanah dengan menggunakan alatan khas. Oleh kerana berat penghentak yang ringan, kedalaman dan bahan yang boleh ditembusi oleh alat ini adalah terhad.



Rajah 2.10 : Alatan Proba MacKintosh

BAB 3

METODOLOGI KAJIAN

3.1 PENGENALAN

Tujuan utama kajian ini adalah untuk menentukan kekuatan tanah laterit berdasarkan ketumpatan kering tanah tersebut dengan menggunakan Kaedah Proctor Piawai. Selepas Ketumpatan kering maksimum tanah diperolehi, ujian – ujian lain seperti Nisbah Galas California, MacKintosh Proba dan ujian Piezocone akan dijalankan untuk di bandingkan dengan keputusan ujian yang diperolehi dari kaedah Proctor Piawai. Sebelum ujian kekuatan sampel tanah laterit dijalankan, ujian untuk menentukan ciri – ciri sampel tanah laterit perlu dijalankan seperti Graviti Tentu, Analisis Ayak, Hidrometer dan Ujian Had Atterberg. Ujian – ujian ini penting dalam menentukan pengkelasan tanah tersebut berdasarkan piawaian ‘ *Unified Soil Classification System* ’. Keputusan ujian akan ditunjukkan dalam bab – bab seterusnya.

3.2 PENGKELASAN TANAH

Ujian Graviti Tentu

Tujuan ujian ini adalah untuk mendapatkan graviti tentu sampel yang hendak diuji. Prinsipnya adalah dengan membandingkan jisim tanah dan air suling di dalam