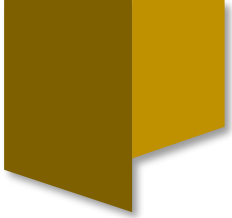




Ujian Tanah Dalam Kejuruteraan Geoteknik



**Siti Hawa Binti Kadir
Ts. Siti Zuraifa Binti Md Sah
Masalinda Binti Mansor**



Ujian Tanah

Dalam

Kejuruteraan Geoteknik



Politeknik Mukah
Sarawak
2023



PENGISYTIHARAN HAK CIPTA

PENULIS

Siti Hawa Binti Kadir
Ts. Siti Zuraifa Binti Md Sah
Masalinda Binti Mansor

Copyright © 2023 Politeknik Mukah

Hak cipta terpelihara. Tiada bahagian daripada penerbitan ini boleh diterbitkan semula, diedarkan atau dihantar dalam apa jua bentuk atau dengan sebarang cara, termasuk fotokopi, rakaman, atau kaedah elektronik atau mekanikal lain, tanpa kebenaran bertulis atau penerbit terlebih dahulu, kecuali dalam hal petikan ringkas yang terkandung dalam ulasan kritikal penggunaan bukan komersial lain tertentu yang dibenarkan oleh undang-undang hak cipta Politeknik Mukah.

e ISBN 978-967-2097-82-2

Diterbitkan oleh;
Politeknik Mukah
Politeknik Mukah, KM7.5, Jalan Oya,
96400 Mukah, Sarawak.

Dicetak oleh;
Politeknik Mukah
Politeknik Mukah, KM7.5, Jalan Oya,
96400 Mukah, Sarawak.



PENGHARGAAN

Bismillahirrahmanirahim..

Alhamdulillah, bersyukur ke atas ilahi dengan limpahan rahmat serta nikmat masa, nyawa dan tenaga yang dianugerahkan kepada kami dapat juga kami menyiapkan e-book ini dengan jayanya.

Pertamanya, kami ingin mendedikasikan ucapan penghargaan ini kepada semua rakan Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Mukah terutama Wong Lee Khueng, dan Ketua Jabatan Kejuruteraan Awam, Mohammad Fadzli Bin Jawawi membuka ruang untuk menyiapkan e-book ini dengan suksesnya. Kami juga ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada ahli keluarga yang memberi sokongan untuk menyiapkan e-book ini.

Ucapan penghargaan ini juga kami tujukan kepada rakan-rakan sekerja yang banyak memberi peringatan terhadap setiap apa yang telah alpa. Mereka membantu kami dengan menjawab setiap pertanyaan yang kami utarakan kepada mereka.

Akhir madah, kami mengucapkan terima kasih kepada mereka yang terlibat secara langsung atau sebaliknya dalam pembikinan e-book ini. Terima kasih.

Siti Hawa Binti Kadir

Ts. Siti Zuraiifa Binti Md Sah

Masalinda Binti Mansor



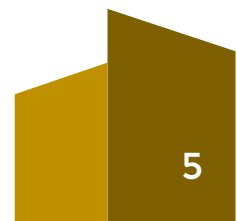
ABSTRAK

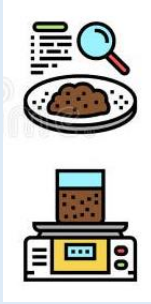
Pengujian tanah adalah bertujuan mengumpulkan dan menilai data geologi dan geoteknik mengenai tanah di mana bangunan akan dibina, untuk menyediakan reka bentuk yang boleh dipercayai dan ekonomik. E-book ini dapat menjadi panduan bagi pelajar dan pensyarah dalam kerja pengujian di makmal dan memahami sebahagian kerja di lapangan (di tapak). Melalui e-book ini juga didedahkan keputusan ujian dan pengiraan yang diperlukan untuk menilai data mengenai tanah.

Penulisan ini dapat membantu sebahagian politeknik yang tidak mempunyai peralatan yang lengkap untuk ujian tertentu di mana kekurangan peralatan ini selalunya akan mempengaruhi kelancaran penyampaian PdP.

Kandungan buku ini terbahagi kepada 2 bahagian iaitu pengujian di tapak dan pengujian di makmal. Pemilihan ujikaji adalah berdasarkan kurikulum versi 2019 yang sedang berkuatkuasa.

Kaedah pengujian merujuk kepada prosedur yang dinyatakan dalam piawaian standard BS 1377: 1990.





ISI KANDUNGAN

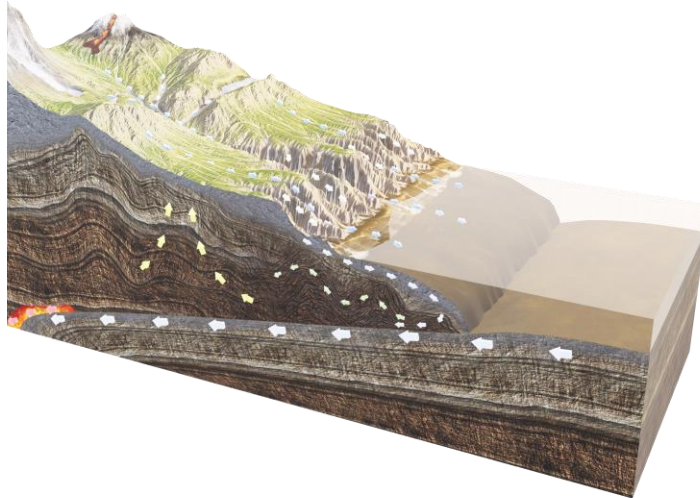
Muka Judul	2
Hakcipta	3
Penghargaan	4
Abstrak	5
Isi kandungan	6
Mackintosh/ JKR Probe	13
Ujian Ketumpatan In-situ	19
Ujian Pemadatan	37
Ujian Had Atterberg	48
Ujian Analisis Ayak (Kaedah Pengayakan Kering)	58
Rujukan	65
Biodata	66



1



Pengenalan Kepada Ujian Tanah





Tanah

Didefinisikan sebagai bahagian permukaan bumi yang terdiri daripada mineral dan bahan organik. Dari sudut kejuruteraan tanah adalah komposisi mineral, organik, air dan udara.



Jenis- jenis tanah

Ujian tanah

Dilakukan dengan tujuan mengumpulkan dan menilai data geologi dan geoteknik mengenai tanah di mana bangunan akan dibina, untuk menyediakan reka bentuk yang boleh dipercayai dan ekonomik.

Jenis-jenis ujian Tanah

Berdasarkan **BS 1377-1: 1990 *Methods of test for Soils for civil engineering purposes*** ujian tanah diklasifikasikan kepada beberapa bahagian iaitu;

- a) Ujian pengkelasan tanah iaitu ujian penentuan had cecair (LL), ujian penentuan had plastik (PL), Penentuan ketumpatan, Penentuan ketumpatan zarah dan Penentuan taburan saiz zarah.
- b) Ujian kimia dan elektro-kimia Berlesen iaitu Penentuan kehilangan jisim pada pencucuhan, Penentuan kandungan sulfat dalam tanah dan air tanah, Penentuan kandungan karbonat, Penentuan kandungan klorida, Penentuan jumlah pepejal terlarut, Penentuan nilai pH dan Penentuan kerintangan.



- c) Ujian berkaitan pemadatan iaitu Penentuan ketumpatan kering maksimum dan minimum untuk tanah berbutir, Penentuan nilai keadaan lembapan (MCV), Penentuan nilai penghancuran tanah kapur dan Penentuan Nisbah Galas California (CBR).
- d) Ujian kebolehmampatan, kebolehtelapan dan ketahanan iaitu Penentuan sifat penyatuan satu dimensi, Penentuan ciri bengkak dan keruntuhan, Penentuan kebolehtelapan dengan kaedah kepala malar, Penentuan keterserakan dan Penentuan heave fros.
- e) Ujian pengukuhan, kebolehtelapan dan pengukuran tekanan liang iaitu Penentuan kebolehtelapan dalam sel pengukuhan hidraulik, Penentuan sifat penyatuan isotropik menggunakan sel tiga paksi dan Penentuan kebolehtelapan dalam sel tiga paksi.
- f) Ujian kekuatan ricih (tegasan jumlah) iaitu Penentuan kekuatan ricih dengan kaedah bilah ram makmal, Penentuan kekuatan ricih melalui ricih terus(radas kotak ricih kecil), Penentuan kekuatan ricih melalui ricih terus(radas kotak ricih besar), Penentuan kekuatan sisa menggunakan radas ricih gelang kecil, Penentuan kekuatan ricih tidak tersalir dalam mampatan tiga paksi tanpa pengukuran tekanan liang (kaedah muktamad) dan Penentuan kekuatan ricih tidak tersalir dalam mampatan tga paksi dengan beban berbilang peringkat dan tanpa pengukuran tekanan liang.
- g) Ujian kekuatan ricih (tegasan berkesan) iaitu Ketepuan, pengukuhan, Ujian mampatan tiga paksi tak tersalir dan pengukuran tekanan liang serta Ujian mampatan tiga paksi bersaliran dengan pengukuran perubahan isipadu.
- h) Ujian di tapak iaitu Ujian ketumpatan in-situ, Ujian penusukan in-situ, Ujian deformasi menegak dan kekuatan in-situ dan Ujian kekakisan in-situ.



Kepentingan Ujian Tanah Dalam Kejuruteraan Awam

Ujian tanah merupakan prosedur penting dalam penyiasatan tapak di mana penyiasatan tapak secara terperinci dan persampelan dilaksanakan bagi mencapai objektif **BS5930 : 1981** “*Code of Practice for Site Investigation*” iaitu;

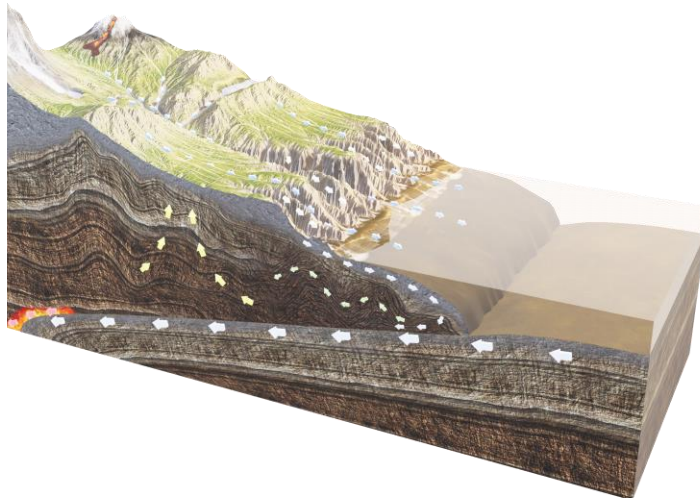
- i. menilai kesesuaian kawasan tapak bina dan keadaan sekeliling dengan kerja-kerjayang dicadangkan secara keseluruhan.
- ii. Membantu menyediakan satu kerja/rekabentuk yang lengkap, ekonomik danselamat. Ini termasuklah untuk kerja-kerja sementara.
- iii. merancang kaedah pembinaan terbaik, membuat pelbagai bancian terhadapkemungkinan masalah/kesusahan semasa pembinaan dan sekaligus dapat menyediakan penyelesaian kepada masalah-masalah yang timbul.
- iv. mendapatkan maklumat tentang kemungkinan perubahan pada kawasan tapak bina dan sekelilingnya sama ada semulajadi atau terjadi akibat daripada kerja-kerja yangdilakukan. Juga maklumat tentang kesan-kesan perubahan tersebut terhadap kerja-kerja yang sedang berjalan dikawasan tapak bina.
- v. mendapatkan kawasan yang lebih sesuai jika ada pilihan kawasan tapak bina (jika ada 2 pilihan atau lebih). Tidak kira sama ada kawasan di dalam satu tapak bina ataupun pada tapak bina yang berbeza.





2

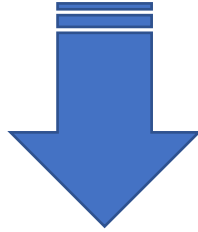
Pengujian Tanah Di tapak (in-situ)





UJIAN TANAH IN-SITU

Ujian paling popular dalam kejuruteraan awam bagi kerja tanah adalah;



Ujian Penusukan In-situ



**JKR OR MACKINTOSH
PROBES**

Ujian Ketumpatan In-situ



**SAND REPLACEMENT
APPARATUS**



PROBA JKR OR MACKINTOSH

Proba JKR @Mackintosh ialah ujian penusukan in-situ yang ringan dan mudah alih. Ia adalah alat yang jauh lebih pantas dan lebih murah daripada peralatan lain terutamanya apabila kedalaman penusukan yang diperlukan adalah sederhana dan tanah yang disiasat adalah lembut atau gembur.

Ia digunakan untuk mendapatkan maklumat awal tanah bawah dan maklumat bagi mengesahkan rekabentuk yang dibuat samaada nilai keupayaan galas tanah sama seperti yang direkabentuk atau sebaliknya. Biasanya bagi mendapatkan maklumat awal, kedalaman maksimum digunakan iaitu 15 meter dalam atau 400 hentakan/kaki. Kedalaman minimum bagi pengesanan rekabentuk adalah sekurang-kurangnya 4 kaki dalam. Walaubagaimanapun, keperluan ujian ini bergantung kepada rekabentuk projek.

Kon didorong ke dalam tanah dengan berat tukul 5.0 kg (Proba JKR), jatuh bebas di sepanjang rod pandu melalui ketinggian 280mm ke atas andas. Jumlah hentakan yang diperlukan untuk penusukan 300 mm direkodkan. Penusukan proba bergantung kepada keadaan tanah dan ianya boleh digunakan sehingga kedalaman maksimum 15 meter. Dimensi utama peralatan yang digunakan diringkaskan di bawah:-

TYPE OF PENETROMETER	CONE			DIA OF ROD (mm)	DIA OF COUPLING (mm)	WEIGHT OF HAMMER (kg)	WEIGHT OF FALL (cm)	MEASURED VALUE (blows/cm)
	DIA. (mm)	CROSS (mm)	ANGLE (°)					
MACKINTOSH PROBE	25	5	30	13	24	4.5	30	n = 30
J. K. R. PROBE TEST	25	5	60	12	22	5	28	n = 30

Metodologi untuk penggunaan Proba JKR @ Mackintosh dibincangkan dan kebolehulangan keputusan ujian dikaji. Korelasi dibangunkan antara keputusan ujian Proba dan hasil Ujian Penusukan piawai (SPT), serta, kekuatan ricih tidak tersalir. Kajian merumuskan bahawa penggunaan Proba dalam penyiasatan tapak adalah mudah, sesuai dan kos yang efektif.



KEPUTUSAN UJIAN

1

PROJECT : BUKIT MARAK																																																																																																							
Location :	Weight Of Hammer : 5.0 kg																																																																																																						
Test No : 1	Drop Of Hammer : 28 cm																																																																																																						
Date Test : 21/08/2019	Supervisor :																																																																																																						
Chainage :	Reduced Level :																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DEPTH (m)</th> <th>NO. OF BLOWS/30 cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.0 - 0.3</td><td>95</td></tr> <tr><td>0.3 - 0.6</td><td>59</td></tr> <tr><td>0.6 - 0.9</td><td>94</td></tr> <tr><td>0.9 - 1.2</td><td>69</td></tr> <tr><td>1.2 - 1.5</td><td>66</td></tr> <tr><td>1.5 - 1.8</td><td>62</td></tr> <tr><td>1.8 - 2.1</td><td>66</td></tr> <tr><td>2.1 - 2.4</td><td>67</td></tr> <tr><td>2.4 - 2.7</td><td>77</td></tr> <tr><td>2.7 - 3.0</td><td>67</td></tr> <tr><td>3.0 - 3.3</td><td>56</td></tr> <tr><td>3.3 - 3.6</td><td>59</td></tr> <tr><td>3.6 - 3.9</td><td>48</td></tr> <tr><td>3.9 - 4.2</td><td>46</td></tr> <tr><td>4.2 - 4.5</td><td>30</td></tr> <tr><td>4.5 - 4.8</td><td>39</td></tr> <tr><td>4.8 - 5.1</td><td>50</td></tr> <tr><td>5.1 - 5.4</td><td></td></tr> <tr><td>5.4 - 5.7</td><td></td></tr> <tr><td>5.7 - 6.0</td><td></td></tr> <tr><td>6.0 - 6.3</td><td></td></tr> <tr><td>6.3 - 6.6</td><td></td></tr> <tr><td>6.6 - 6.9</td><td></td></tr> <tr><td>6.9 - 7.2</td><td></td></tr> <tr><td>7.2 - 7.5</td><td></td></tr> <tr><td>7.5 - 7.8</td><td></td></tr> <tr><td>7.8 - 8.1</td><td></td></tr> <tr><td>8.1 - 8.4</td><td></td></tr> <tr><td>8.4 - 8.7</td><td></td></tr> <tr><td>8.7 - 9.0</td><td></td></tr> <tr><td>9.0 - 9.3</td><td></td></tr> <tr><td>9.3 - 9.6</td><td></td></tr> <tr><td>9.6 - 9.9</td><td></td></tr> <tr><td>9.9 - 10.2</td><td></td></tr> <tr><td>10.2 - 10.5</td><td></td></tr> <tr><td>10.5 - 10.8</td><td></td></tr> <tr><td>10.8 - 11.1</td><td></td></tr> <tr><td>11.1 - 11.4</td><td></td></tr> <tr><td>11.4 - 11.7</td><td></td></tr> <tr><td>11.7 - 12.0</td><td></td></tr> <tr><td>12.0 - 12.3</td><td></td></tr> <tr><td>12.3 - 12.6</td><td></td></tr> <tr><td>12.6 - 12.9</td><td></td></tr> <tr><td>12.9 - 13.2</td><td></td></tr> <tr><td>13.2 - 13.5</td><td></td></tr> <tr><td>13.5 - 13.8</td><td></td></tr> <tr><td>13.8 - 14.1</td><td></td></tr> <tr><td>14.1 - 14.4</td><td></td></tr> <tr><td>14.4 - 14.7</td><td></td></tr> <tr><td>14.7 - 15.0</td><td></td></tr> </tbody> </table>	DEPTH (m)	NO. OF BLOWS/30 cm	0.0 - 0.3	95	0.3 - 0.6	59	0.6 - 0.9	94	0.9 - 1.2	69	1.2 - 1.5	66	1.5 - 1.8	62	1.8 - 2.1	66	2.1 - 2.4	67	2.4 - 2.7	77	2.7 - 3.0	67	3.0 - 3.3	56	3.3 - 3.6	59	3.6 - 3.9	48	3.9 - 4.2	46	4.2 - 4.5	30	4.5 - 4.8	39	4.8 - 5.1	50	5.1 - 5.4		5.4 - 5.7		5.7 - 6.0		6.0 - 6.3		6.3 - 6.6		6.6 - 6.9		6.9 - 7.2		7.2 - 7.5		7.5 - 7.8		7.8 - 8.1		8.1 - 8.4		8.4 - 8.7		8.7 - 9.0		9.0 - 9.3		9.3 - 9.6		9.6 - 9.9		9.9 - 10.2		10.2 - 10.5		10.5 - 10.8		10.8 - 11.1		11.1 - 11.4		11.4 - 11.7		11.7 - 12.0		12.0 - 12.3		12.3 - 12.6		12.6 - 12.9		12.9 - 13.2		13.2 - 13.5		13.5 - 13.8		13.8 - 14.1		14.1 - 14.4		14.4 - 14.7		14.7 - 15.0		JKR PROBE TEST No of Blow per 30 cm Depth Below Ground Surface In (m)
DEPTH (m)	NO. OF BLOWS/30 cm																																																																																																						
0.0 - 0.3	95																																																																																																						
0.3 - 0.6	59																																																																																																						
0.6 - 0.9	94																																																																																																						
0.9 - 1.2	69																																																																																																						
1.2 - 1.5	66																																																																																																						
1.5 - 1.8	62																																																																																																						
1.8 - 2.1	66																																																																																																						
2.1 - 2.4	67																																																																																																						
2.4 - 2.7	77																																																																																																						
2.7 - 3.0	67																																																																																																						
3.0 - 3.3	56																																																																																																						
3.3 - 3.6	59																																																																																																						
3.6 - 3.9	48																																																																																																						
3.9 - 4.2	46																																																																																																						
4.2 - 4.5	30																																																																																																						
4.5 - 4.8	39																																																																																																						
4.8 - 5.1	50																																																																																																						
5.1 - 5.4																																																																																																							
5.4 - 5.7																																																																																																							
5.7 - 6.0																																																																																																							
6.0 - 6.3																																																																																																							
6.3 - 6.6																																																																																																							
6.6 - 6.9																																																																																																							
6.9 - 7.2																																																																																																							
7.2 - 7.5																																																																																																							
7.5 - 7.8																																																																																																							
7.8 - 8.1																																																																																																							
8.1 - 8.4																																																																																																							
8.4 - 8.7																																																																																																							
8.7 - 9.0																																																																																																							
9.0 - 9.3																																																																																																							
9.3 - 9.6																																																																																																							
9.6 - 9.9																																																																																																							
9.9 - 10.2																																																																																																							
10.2 - 10.5																																																																																																							
10.5 - 10.8																																																																																																							
10.8 - 11.1																																																																																																							
11.1 - 11.4																																																																																																							
11.4 - 11.7																																																																																																							
11.7 - 12.0																																																																																																							
12.0 - 12.3																																																																																																							
12.3 - 12.6																																																																																																							
12.6 - 12.9																																																																																																							
12.9 - 13.2																																																																																																							
13.2 - 13.5																																																																																																							
13.5 - 13.8																																																																																																							
13.8 - 14.1																																																																																																							
14.1 - 14.4																																																																																																							
14.4 - 14.7																																																																																																							
14.7 - 15.0																																																																																																							
TESTED BY: ZULKIPLI	SUPERVISED BY:																																																																																																						



Chainage :	
DEPTH (m)	NO. OF BLOWS/30 cm
0.0 - 0.3	95
0.3 - 0.6	59
0.6 - 0.9	94
0.9 - 1.2	69
1.2 - 1.5	66

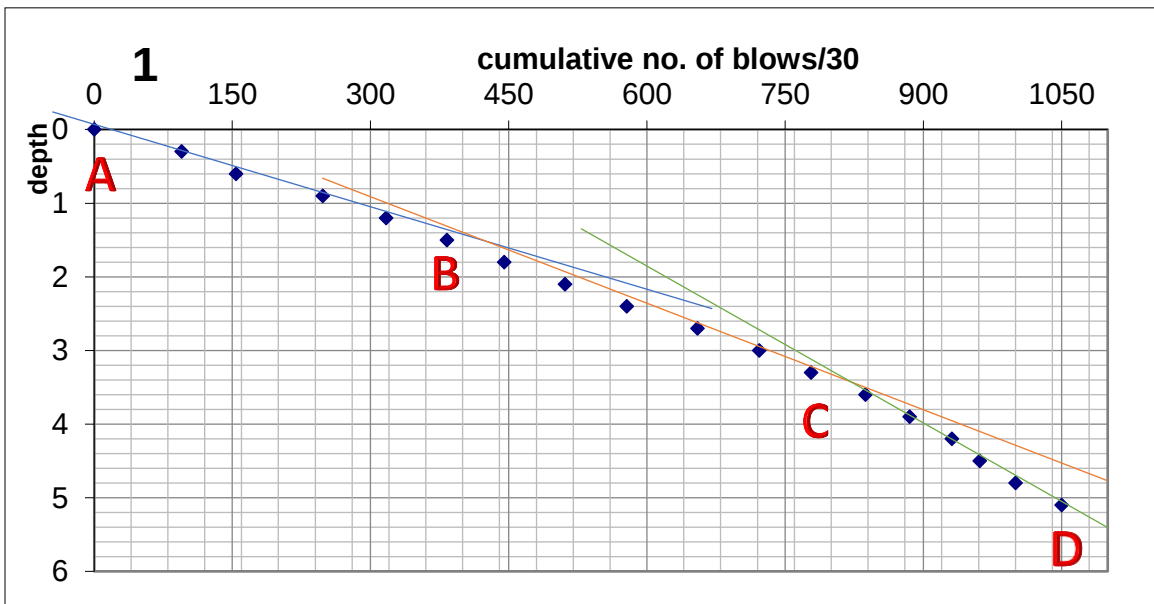
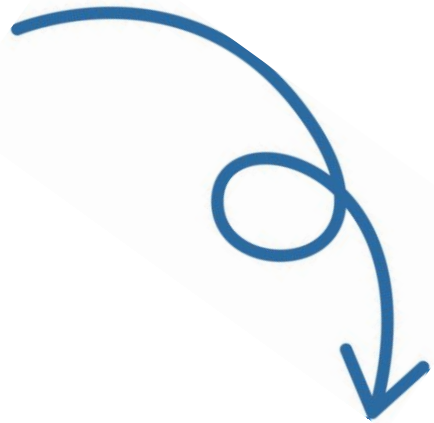
Bilangan hentakan bagi 0.3 m (1 kaki) rod dimasukkan ke dalam tanah direkodkan



KEPUTUSAN UJIAN

2

DEPTH (m)	NO. OF BLOWS/30 cm	CUMULATIVE NO. OF BLOWS/30 cm
0	0	0
0.3	95	95
0.6	59	154
0.9	94	248
1.2	69	317
1.5	66	383
1.8	62	445
2.1	66	511
2.4	67	578
2.7	77	655
3.0	67	722
3.3	56	778
3.6	59	837
3.9	48	885
4.2	46	931
4.5	30	961
4.8	39	1000
5.1	50	1050



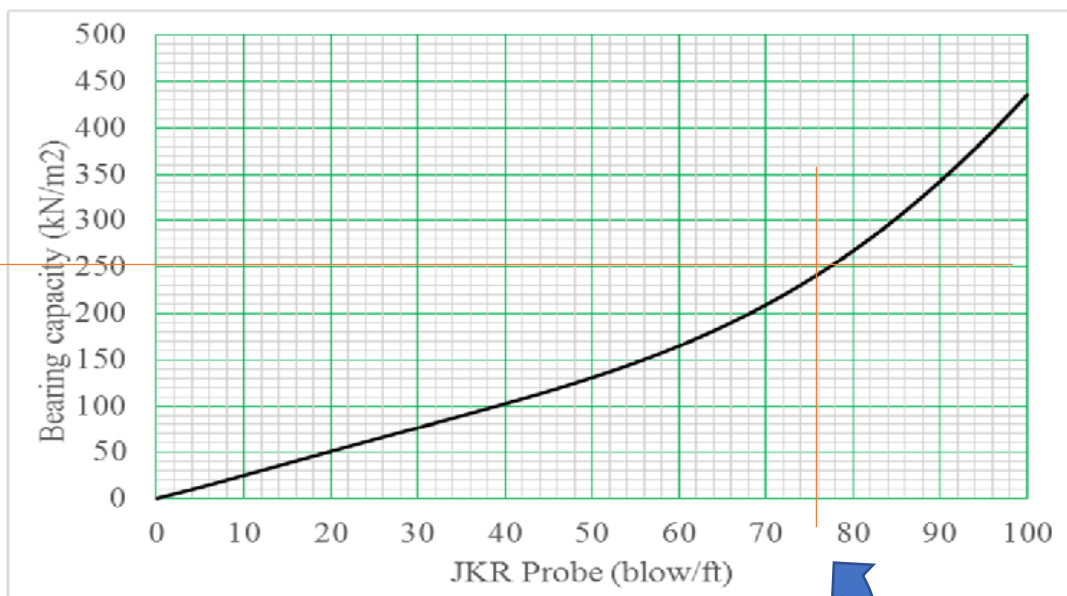
$$x(A - B) = \frac{(383 - 0)}{\left(\frac{1.5 - 0}{0.3}\right)} = 76$$

$$x(B - C) = \frac{(778 - 383)}{\left(\frac{3.3 - 1.5}{0.3}\right)} = 66$$



KEPUTUSAN UJIAN

3



$$x(A - B) = \frac{(383 - 0)}{\left(\frac{(1.5 - 0)}{0.3}\right)} = 76$$

Dapatkan keupayaan
galas dari graf



KEPUTUSAN UJIAN

4

JKR PROBE TEST (SUMMARY OF REPORT)

PROJECT :

DATE : 21/08/2019

LOCATION	BUKIT MARAK	LOT PT 2107
TEST	1	2
DEPTH (m)	BEARING CAPACITY (kN/m²)	BEARING CAPACITY (kN/m²)
0.0 - 0.3	240	80
0.3 - 0.6		
0.6 - 0.9		
0.9 - 1.2		
1.2 - 1.5		
1.5 - 1.8	190	185
1.8 - 2.1		
2.1 - 2.4		
2.4 - 2.7		
2.7 - 3.0		
3.0 - 3.3	100	360
3.3 - 3.6		
3.6 - 3.9		
3.9 - 4.2		
4.2 - 4.5		
4.5 - 4.8		
4.8 - 5.1		
5.1 - 5.4		
5.4 - 5.7		



KEPUTUSAN UJIAN

5

14.4 - 14.7			
14.7 - 15.0			
AVERAGE	183	208	

TESTED BY:

SUPERVISED BY:



PENGIRAAN KEPUTUSAN UJIAN

Langkah pengiraan;

1. Keputusan dari ujian direkodkan dan graf hentakan/kedalaman diplotkan. (No. 1)
2. Graf kumulatif diplotkan (No. 2). Garis lurus ditandakan bagi mengira purata bagi setiap hentakan/kedalaman untuk setiap titik .
3. Nilai keupayaan gelas tanah (No. 3) boleh diperolehi kaedah berikut:

$$x = \frac{\text{kumulatif bil hentakan akhir} - \text{kumulatif bil hentakan awal}}{\frac{(D_f - D_i)}{0.3}}$$

Di mana;

D_f = Kedalaman akhir titik

D_i = Kedalaman awal titik

4. Nilai x perlu dirujuk pada graf (No.4) bagi mendapatkan nilai keupayaan gelas tanah.
5. Akhir sekali nilai purata bagi keupayaan gelas bagi titik/point tersebut dapat ditentukan dan nilai ini digunakan dalam kajian rekabentuk struktur.



PENGUKUHAN

- Q1.** Apakah kesilapan data yang boleh berlaku semasa pengendalian ujian?
- Q2.** Terangkan kenapa ujian proba tidak sesuai dilakukan untuk tanah jenis keras (tanah laterit).
- Q3.** Terangkan perbezaan di antara proba JKR dan proba Mackintosh?
- Q4.** Jelaskan kenapa nilai minimum kedalaman yang diuji perlu melebihi 4 kaki kedalaman?

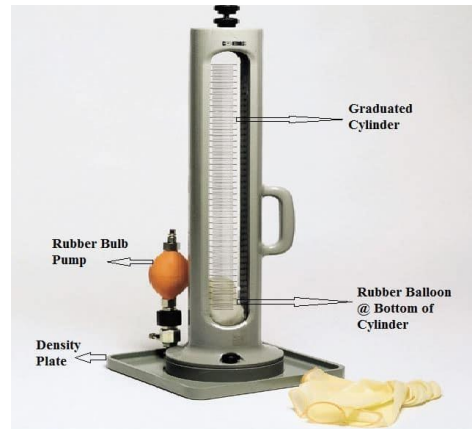


UJIAN KETUMPATAN IN-SITU

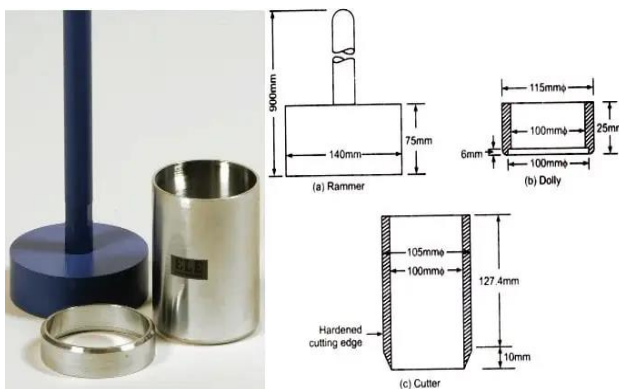
Terdapat beberapa kaedah untuk penentuan ketumpatan in-situ tanah seperti kaedah pemotong teras, kaedah penggantian pasir, kaedah belon getah dan kaedah penggantian air juga kaedah nuklear. Kaedah penggantian pasir sesuai untuk tanah berbutir halus dan sederhana (kaedah silinder tuang kecil) dan untuk tanah berbutir halus, sederhana dan kasar (kaedah silinder tuang besar), Kaedah penggantian air sesuai untuk tanah berbutir kasar, Kaedah pemotong teras untuk tanah jelek (tanah liat contohnya) bebas daripada bahan berbutir kasar dan kaedah nuklear yang sesuai untuk tanah berbutir halus, sederhana dan kasar.



Kaedah Gantian Pasir



Kaedah Belon Getah



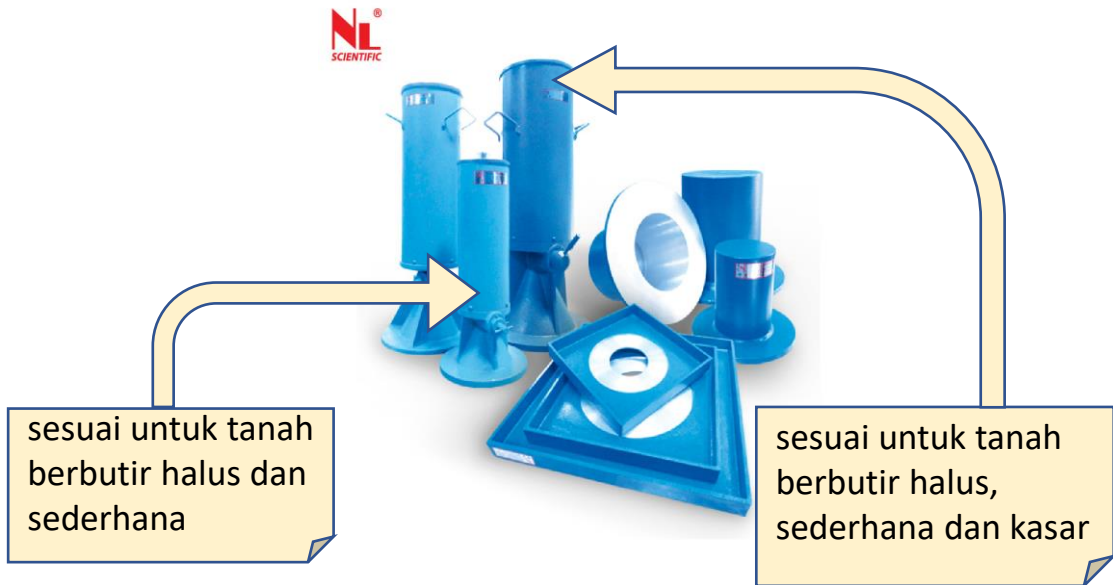
Kaedah Pemotong Teras



Kaedah Nuklear



KAEDAH GANTIAN PASIR (SR)



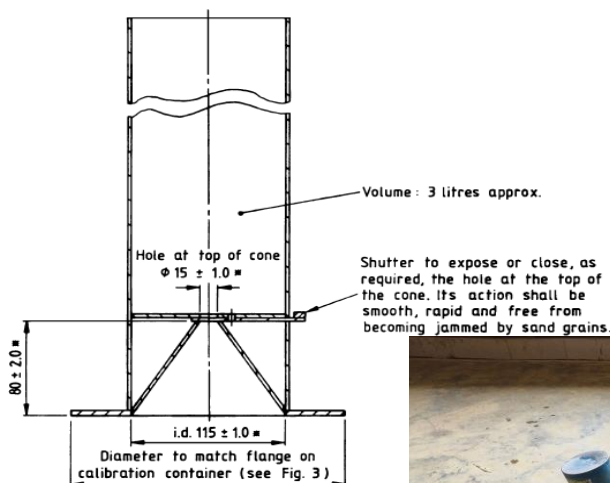
Prinsip asas kaedah penggantian pasir adalah untuk mengukur perbandingan isipadu lubang di tapak (in-situ) melalui tanah yang digali dengan berat pasir dengan ketumpatan yang diketahui di isi dalam lubang tersebut. Ketumpatan in-situ bahan diberikan oleh berat bahan yang digali dibahagikan dengan isipadu in-situ.

Kaedah ini digunakan bagi penentuan ketumpatan in-situ tanah berbutir halus dan sederhana semula jadi atau padat yang mana silinder penuangan pasir berdiameter 115 mm digunakan bersama dengan pasir gantian (Dengan bahan berbutir yang mempunyai sedikit atau tidak berjelekit terutamanya apabila ia basah, terdapat bahaya kesilapan dalam pengukuran ketumpatan dengan kaedah ini. Kesilapan ini disebabkan oleh kemerosotan sisi lubang ketumpatan yang digali kemungkinan berbeza dengan saiz lubang selinder penentukuran di makmal dan ianya sentiasa mengakibatkan anggaran ketumpatan yang berlebihan dibuat). Kaedah ini boleh digunakan untuk lapisan tidak melebihi 150 mm ketebalan. Jadi jika lapisan lebih tebal hendak diuji dengan kaedah ini maka hendaklah diuji lapisan demi lapisan selepas selesai kerja penambakan.



KAEDAH GANTIAN PASIR (SR)

Radas yang digunakan ialah silinder tuang perincian alat ditunjukkan dalam Rajah di bawah (Figure 1 -BS 1377-9:1990) , alat yang sesuai untuk menggali lubang dalam tanah, cth. sudu bengkok dan alat pengikis, sama seperti yang ditunjukkan dalam Figure 2 -BS 1377-9:1990, untuk membuat permukaan yang rata. Silinder, logam, bekas penentukuran, dengan diameter dalaman 100 ± 2 mm dan kedalaman dalaman 150 ± 3 mm daripada jenis yang digambarkan dalam Figure 3 -BS 1377-9:1990, dipasang dengan bibir 50 mm lebar dan kira-kira 5 mm tebal mengelilingi hujung terbuka. Penimbang yang boleh dibaca hingga 1g. Plat kaca, saiz yang mudah ialah satu sekurang-kurangnya 10 mm tebal dan kira-kira 500 mm persegi. Dulang logam atau bekas untuk mengambil tanah yang digali, saiz yang sesuai ialah satu kira-kira 300 mm diameter dan kira-kira 40 mm dalam. Radas untuk penentuan kandungan lembapan seperti yang dinyatakan dalam BS 1377-2:1990. Dulang logam kira-kira 300 mm persegi dan kira-kira 40 mm dalam dengan lubang diameter 100 mm di tengah.



*See 4.1.3.1.1 of BS 1377 : Part 1 : 1990.

All dimensions are in millimetres

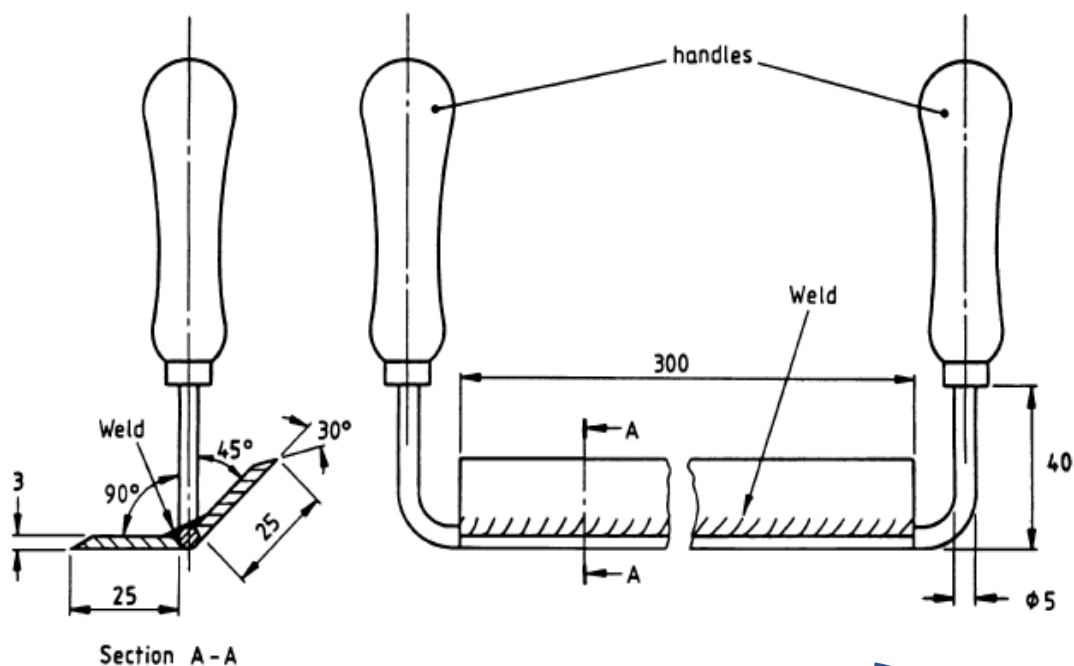
This design has been found satisfactory, but alternative designs may be used provided that the essential requirements are fulfilled.



Figure 1 — Small pouring cylinder for the determination of the density of fine and medium-grained soils



KAEDAH GANTIAN PASIR (SR)



See 4.1.3.1.1 of BS 1377 : Part 1 : 1990.

All linear dimensions are in millimetres

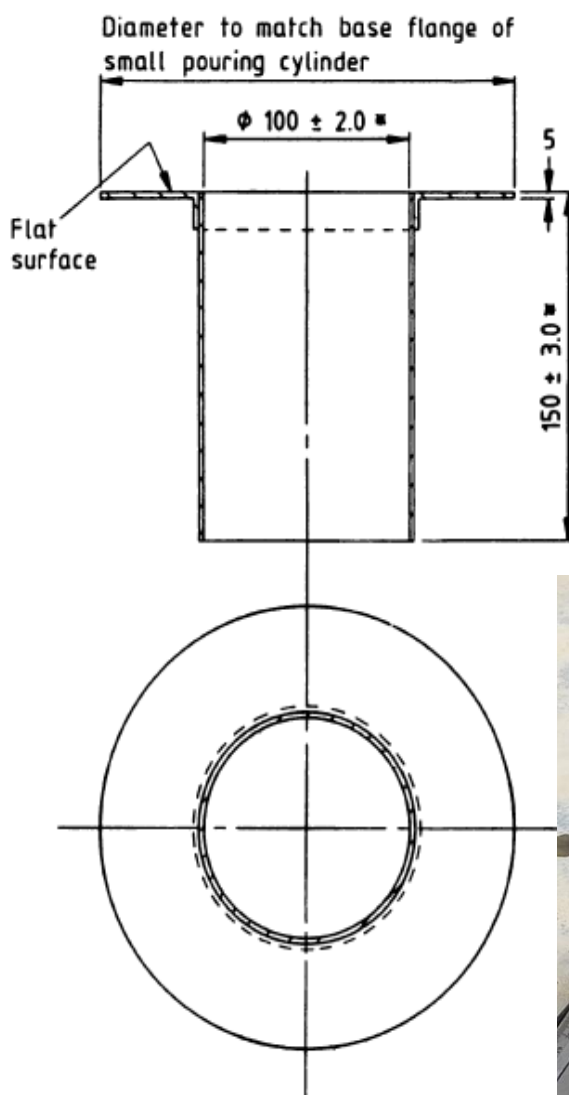
This design has been found satisfactory, but alternative designs may be used provided that the essential requirements are fulfilled.

Figure 2 — Scraper for levelling surface of soil





KAEDAH GANTIAN PASIR (SR)



NOTE. It is important that metal joints within the calibrating container do not form crevices because these will affect the accuracy of the calibration.

*See 4.1.3.1.1 of BS 1377 : Part 1 : 1990.

All dimensions are in millimetres

This design has been found satisfactory, but alternative designs may be used provided that the essential requirements are fulfilled.

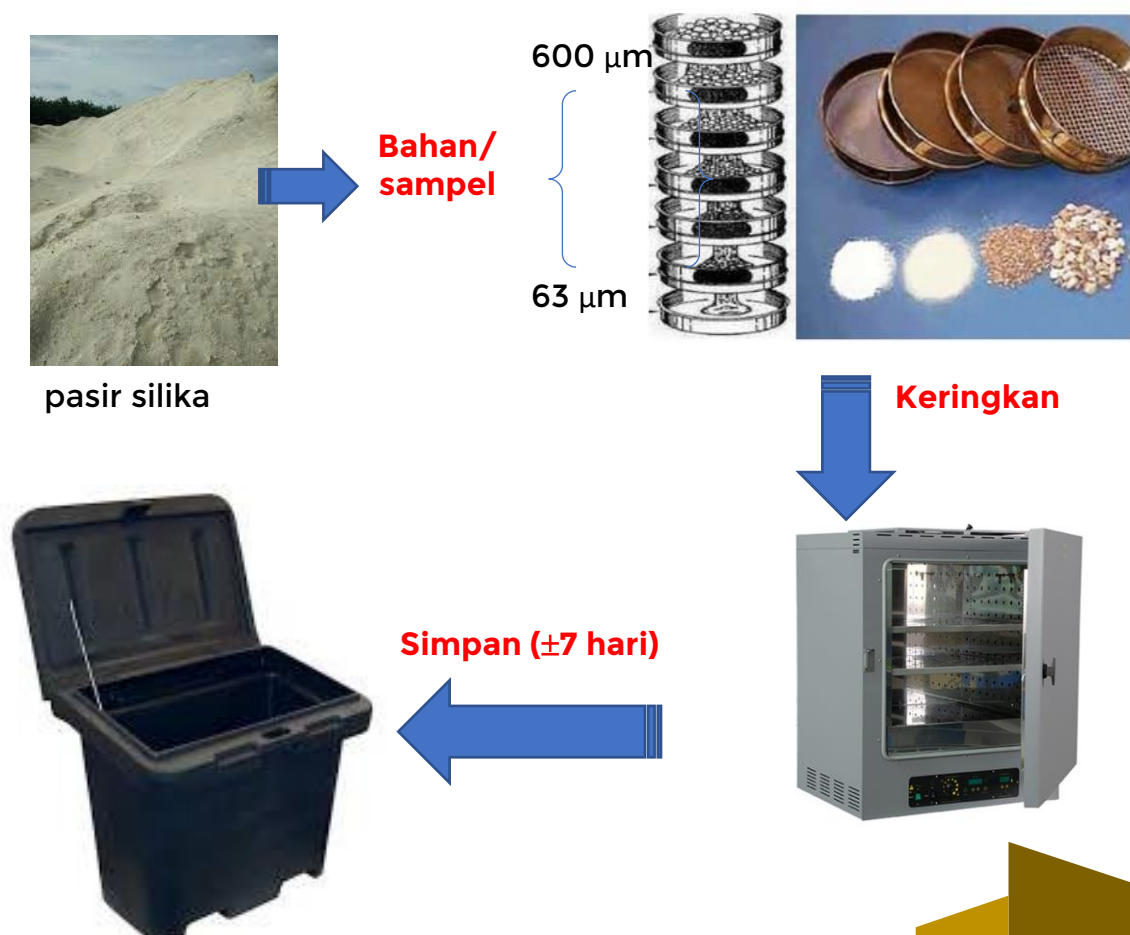
Figure 3 — Calibrating container for use with the small pouring cylinder



KAEDAH GANTIAN PASIR (SR)

BAHAN. Pasir gantian hendaklah berupa pasir silika yang digred halus yang bersih yang memberikan ketumpatan pukal yang konsisten dan munasabah. Penggredan pasir hendaklah mencapai sehingga 100 % melepasi ayak saiz 600 μm dan 100 % tertahan pada ayak saiz 63 μm . Pasir silika juga mesti bebas daripada zarah serpihan, kelodak, tanah liat dan bahan organik. Sebelum digunakan, ia hendaklah dikeringkan dengan ketuhar dan disimpan dalam bekas yang bertutup longgar untuk membolehkan kandungan lembapannya mencapai keseimbangan dengan kelembapan atmosfera.

NOTA : Secara umumnya tempoh penyimpanan, selepas pengeringan ketuhar, kira-kira 7 hari adalah mencukupi untuk kandungan lembapan pasir mencapai keseimbangan dengan kelembapan atmosfera. Pasir sepatutnya dikacau sehati sebelum digunakan. Jika pasir diselamatkan daripada lubang dalam tanah yang dipadatkan selepas menjalankan ujian ini, ia hendaklah diayak, dikeringkan dan disimpan semula sebelum digunakan dalam ujian penggantian pasir selanjutnya.





PENENTUKURAN RADAS

Ujian dijalankan dalam dua peringkat: Penentukuran radas dan pengukuran ketumpatan di tapak.

Langkah kerja :

a) Penentuan jisim pasir dalam kon silinder tuang (Isi silinder tuang supaya paras pasir dalam silinder berada dalam lingkungan kira-kira 15 mm dari bahagian atas. Cari jumlah jisim awalnya, m_1 , kepada 1 g yang terdekat dan sentiasa gunakan jisim awal yang sama untuk setiap penentukuran. Kekalkan pemalar ini sepanjang ujian yang digunakan untuk penentukuran. Benarkan isipadu pasir yang setara dengan lubang yang digali di dalam tanah (atau sama dengan itu daripada bekas penentukuran) untuk kehabisan. Buka pengatup pada silinder tuang dan biarkan pasir habis. Jangan ketuk atau sebaliknya bergetar dalam tempoh ini. Apabila tiada lagi pergerakan pasir berlaku di dalam silinder, tutup pengatup dan keluarkan silinder dengan berhati-hati Kumpul pasir pada plat kaca yang telah memenuhi kon silinder tuang dan tentukan jisimnya, m_2 , kepada 1 g yang terdekat. Ulang ukuran ini sekurang-kurangnya tiga kali dan hitung nilai min m_2 .



Silinder Tuang

m_1



bekas penentukuran





PENENTUKURAN RADAS

Letakkan silinder tuang secara berpusat di bahagian atas bekas penentukuran selepas ia telah diisi kepada jisim malar, m_1 , seperti yang dinyatakan. Pastikan pengatup pada silinder tuang tertutup semasa operasi ini. Buka pengatup dan biarkan pasir habis. Jangan ketuk silinder tuang atau getarkannya dalam tempoh ini. Apabila tiada lagi pergerakan pasir berlaku di dalam silinder, tutup pengatup. Keluarkan silinder tuang dengan pasir yang tinggal di dalamnya dan tentukan jisim gabungannya, m_3 , kepada 1 g yang terdekat.



b) Penentuan ketumpatan pukal pasir (Letakkan bekas kosong pada plat rata penimbang, pastikan rim atas bekas adalah mendatar. Rekodkan jisim daripada bekas kepada 1 g (m_5) yang terdekat. Kemudian isikan bekas penentukuran hampir sepenuhnya dengan air, berhati-hati agar tidak menumpahkan air ke atas plat rata penimbang atau bahagian luar bekas. Letakkan pembaris melintasi bahagian atas bekas dan tambah air perlahan-lahan dan berhati-hati dengan menggunakan air supaya air hanya menyentuh bahagian pembaris. Keluarkan pembaris dan catatkan jisim bekas ditambah air kepada 1 g (m_6) yang terdekat. Ulangi pengukuran beberapa kali untuk mendapatkan nilai min yang tepat iaitu m_6 . Untuk ujian ulangan, hanya perlu mengeluarkan sedikit air dan mengisi semula bekas ke paras pembaris. Isipadu bekas penentukuran, V (dalam mL), diberikan oleh persamaan: $V = m_6 - m_5$.)



PENENTUKURAN RADAS

Jisim pasir dalam kon (silinder tuang)	 =  =  m_2
Jisim pasir (+silinder) sebelum dituang	 Diisi sehingga 15 mm kurang dari permukaan silinder = m_1
Jisim pasir (+silinder) selepas dituang	 =  = m_3
	 = m_0
	 ➔  = m_w
Isipadu bekas penentukuran	$m_w - m_0 = V$



PENGUKURAN KETUMPATAN DI TAPAK

Sediakan kawasan yang rata, kira-kira 450 mm persegi, tanah untuk diuji dan kikis permukaan hingga rata, sebaik-baiknya dengan bantuan alat pengikis. Bersihkan sebarang bahan luar yang longgar. Letakkan dulang logam pada permukaan yang disediakan dengan lubang di atas bahagian tanah yang akan diuji. Menggunakan lubang ini sebagai acuan, gali lubang bulat, kira-kira 100 mm diameter dan kedalaman lapisan yang akan diuji sehingga maksimum 150 mm dalam. Jangan biarkan bahan longgar di dalam lubang dan jangan herotkan sekeliling ke dalam lubang. Berhati-hati mengumpulkan semua tanah yang digali dari lubang dan tentukan jisimnya, m_w , kepada 1 g yang terdekat. Letakkan dulang logam sebelum meletakkan silinder tuang pada kedudukannya di atas lubang yang digali.

CATATAN: Berhati-hati dalam mengorek lubang untuk melihat bahawa lubang tidak dibesarkan dengan mengungkil alat penggalian pada sisi lubang, kerana ini akan menyebabkan ketumpatan yang lebih rendah direkodkan.



Tanah yang digali dari lubang
ditentukan jisimnya, M_w





PENGUKURAN KETUMPATAN DI TAPAK

Letakkan sampel tanah yang digali dalam bekas kedap udara dan tentukan kandungan lembapannya, w , seperti yang dinyatakan dalam BS 1377-2:1990. Sebagai alternatif, keseluruhan tanah yang digali hendaklah dikeringkan dan jisimnya, m_d , ditentukan. Letakkan silinder tuang, diisi dengan jisim malar, m_4 , seperti yang dinyatakan supaya tapak silinder menutup lubang secara sepusat. Pastikan pengatup pada silinder tuang ditutup semasa operasi ini. Buka pengatup dan biarkan pasir habis; dalam tempoh ini jangan gerakkan silinder atau kawasan sekitarnya. Apabila tiada lagi pergerakan pasir berlaku tutup pengatup. Keluarkan silinder dan tentukan jisimnya, m_5 , kepada 1 g yang terdekat.

Penentuan kandungan lembapan di tapak juga boleh ditentukan menggunakan alat 'speedy moisture'. Kaedah ini lebih cepat berbanding dengan penggunaan tin kandungan lembapan yang perlu dimasukkan ke dalam oven sebelum kandungan lembapan dapat ditentukan.

Speedy Moisture Tester



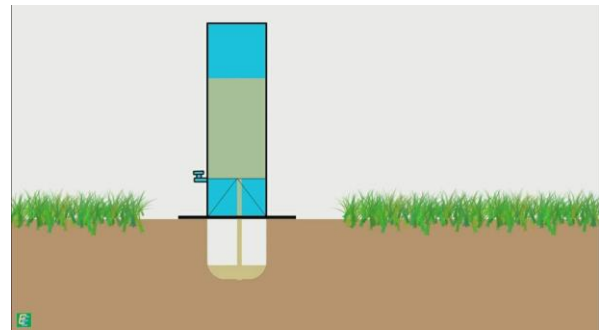


PENGUKURAN KETUMPATAN DI TAPAK

DI MAKMAL

$$m_a = m_1 - m_3 - m_2$$

DI TAPAK (in-situ)



$$m_b = m_4 - m_5 - m_2$$



KEPUTUSAN UJIAN

PROJECT : PROJEK MAHKAMAH KOTA BHARU, KELANTAN. (REKA & BINA)	
CONTRACTOR : CAKNA ENTERPRISE SDN. BHD.	
SAMPLE DESCRIPTION :	PAGE NO. : 1
TEST : FIELD DENSITY (Sand Replacement)	DATED : 19 JULAI 2016

Mass of sand in cone (of pouring cylinder)	M2	Kg	0.436
Volume of calibrating container	V	m ³	0.00118
Mass of sand (+cylinder) before pouring	M1	Kg	7.13
Mass of sand (+cylinder) after pouring	M3	Kg	5.19
Mass of sand to fill calibrating container, Ma= M1-M2-M3		Kg	1.50
Bulk Density of sand $p_s = Ma/V$		Kg/m ³	1272.26

Chainage		P1
Mass of sample from hole, Mw	Kg	2.350
Mass of sand (+cylinder) before pouring, M4	Kg	7.150
Mass of sand (+cylinder) after pouring, M5	Kg	5.200
Mass of sand in hole, Mb=M4-M5-M2	Kg	1.514

Bulk Density, $p = Mw/Mb \times p_s$	Kg/m ³	1974.78
--------------------------------------	-------------------	---------

Can		1A
Mass of can	gram	31.93
Mass of can + wet sample	gram	173.67
Mass of can + dry sample	gram	154.60
Mass of water	gram	19.07
Mass of dry sample	gram	122.67
Moisture Content	%	15.54

Dry Density	Kg/m ³	1709.13
Maximum dry density	Kg/m ³	1800.00
Degree of Compaction	%	95

REMARKS:



KEPUTUSAN UJIAN

PROJECT : PROJEK MAHKAMAH KOTA BHARU, KELANTAN. (REKA & BINA)

CONTRACTOR : CAKNA ENTERPRISE SDN. BHD

SAMPLE DESCRIPTION :

SOURCE :

TEST : COMPACTIONS (BS 1377:1990 - Part 4)

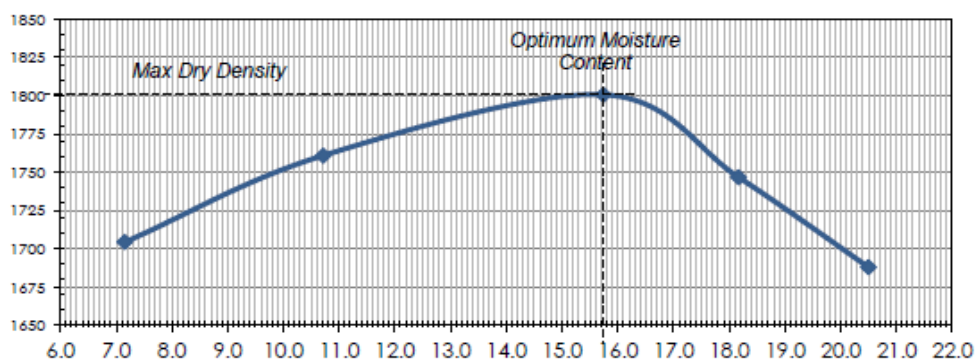
Bulk & Dry Density Determination

Test No.		1	2	3	4	5
Mass of mould	Kg	3.282	3.282	3.282	3.282	3.282
Mass of mould + Wet Sample	Kg	5.103	5.226	5.360	5.340	5.310
Mass of Wet Sample (W)	Kg	1.82	1.94	2.08	2.06	2.03
Volume of mould (V)	m ³	0.000997	0.000997	0.000997	0.000997	0.000997
Bulk Density (W/V)	Kg/m ³	1826.48	1949.85	2084.25	2064.19	2034.10
Dry Density	Kg/m ³	1704.49	1761.06	1800.71	1746.83	1688.04

Moisture Content Determination

Specimen No.		1	2	3	4	5
Mass of can	gram	31.90	31.90	32.00	29.20	31.70
Mass of can + wet sample	gram	192.10	164.10	187.10	186.60	209.80
Mass of can + dry sample	gram	181.40	151.30	166.00	162.40	179.50
Mass of water	gram	10.70	12.80	21.10	24.20	30.30
Mass of dry sample	gram	149.50	119.40	134.00	133.20	147.80
Moisture Content	%	7.16	10.72	15.75	18.17	20.50

GRAF DRY DENSITY vs MOISTURE CONTENT



MAX. DRY DENSITY = 1800 Kg/m³

OPT. MOISTURE CONTENT = 15.8%

TESTED BY:

SUPERVISOR BY:



KEPUTUSAN UJIAN

REPORT SUMMARY (DENSITY ON SITE)

SAMPLE DESCRIPTION :

Test For :
Project :

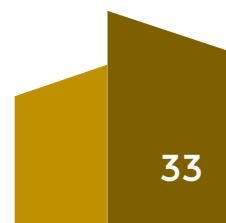
Site :
Date of Test :
Wheather :
Platform :

Ref. Point		P1	P2			
Density On Site	kg/m	1709.13	1768.58			
MDD (Lab)	kg/m	1800.00	1800.00			
Degree Of Compaction	%	95	98			
Average of DOC	%	97				

Notes :

ALL TEST ARE SUBJECTED TO THE SAMPLE SUBMITTED AND VALID FOR THE MENTION PROJECT ONLY

CHECKED BY :

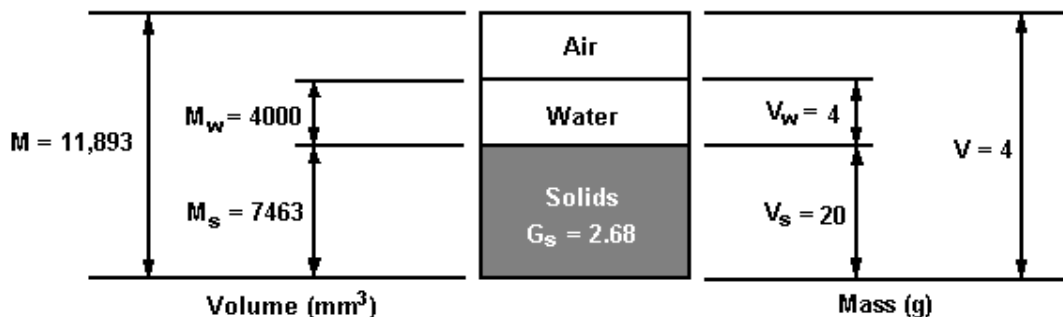




PENGUKUHAN



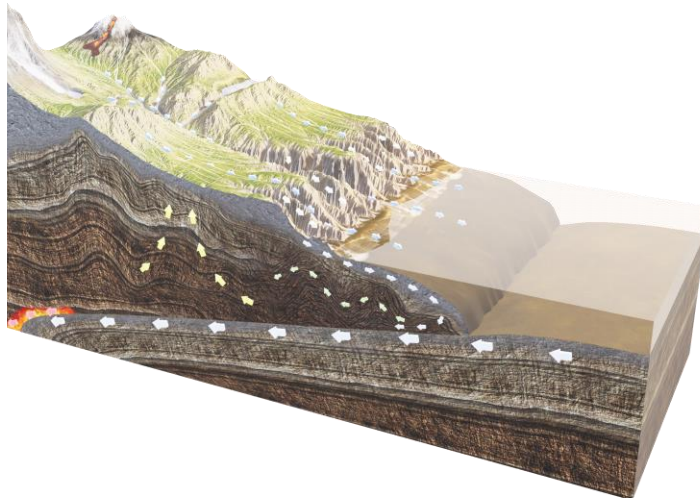
- Q1.** Apakah tujuan Ujian Pemadatan di tapak dijalankan ?
- Q2.** Mengapakah keputusan ujian pemadatan di makmal tidak boleh digunakan terus untuk pemadatan di tapak ?
- Q3.** Berikan tiga parameter tanah yang boleh diperolehi ditapak dalam menjalankan ujian penggantian pasir.
- Q4.** Berikan tiga kaedah yang boleh dijalankan untuk ujian ketumpatan di tapak.
- Q5.** Ujian penggantian pasir digunakan untuk mengukur ketumpatan tanah in situ. Tanah berjisim 4.56 digali dari lubang. Lubang itu kemudiannya diisi semula dengan pasir kering yang gembur berjisim 3.54 kg.
- Jika 6.57 kg pasir yang serupa diperlukan untuk mengisi bekas isipadu 0.0042 m^3 , tentukan ketumpatan pukal tanah.
 - Dalam ujian kandungan air, tanah lembap 24 g diletakkan di dalam ketuhar pada suhu 105°C . Jisim tanah selepas dikeringkan ialah 20 g. Tentukan kandungan air, ketumpatan kering dan tahap ketepuan tanah. Diberi graviti tentu, G_s sebagai 2.68.





3

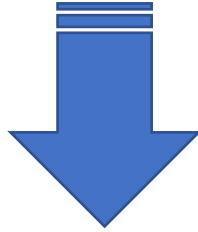
Pengujian Tanah Di Makmal





UJIAN TANAH DI MAKMAL

Ujian paling popular dalam kejuruteraan awam di Politeknik Malaysia bagi kerja tanah di makmal adalah;



Ujian Pemadatan



PROCTOR PIAWAI

Ujian Had Atterberg



KAEDAH CASAGRANDE

Ujian Penggredan



UJIAN PENGAYAKAN



UJIAN PEMADATAN

Pemadatan tanah ialah proses di mana zarah-zarah pepejal dipadatkan dengan lebih rapat, biasanya dengan cara mekanikal, supaya dapat meningkatkan ketumpatan kering tanah. Ketumpatan kering yang boleh dicapai bergantung pada tahap pemadatan yang digunakan dan jumlah air yang terdapat dalam tanah.

Objektif pemadatan tanah adalah untuk meningkatkan ketumpatan tanah dengan menyendatkan zarah-zarah supaya rapat dan mengurangkan isipadu udara; tiada perubahan ketara pada isipadu air dalam tanah. Semakin tinggi darjah pemadatan, semakin tinggi kekuatan ricih, dan semakin rendah kebolehmampatan tanah.

Untuk darjah kepadatan tanah jelek, kandungan lembapan optimum adalah di mana ketumpatan kering yang diperolehi mencapai nilai maksimum. Untuk tanah yang tidak jelek, kandungan lembapan optimum mungkin sukar untuk ditentukan.



Radas Ujian Pemadatan di makmal



UJIAN PEMADATAN

Jenis-jenis Ujian Pemadatan

Ujian Proctor

Rammer 2.5 Kg

Telus ayak saiz 20 mm – 100%
Jisim minimum tanah yang disediakan diperlukan – 6 kg
Lapisan - 3
Hentakan/lapisan – 27 kali

Ujian Terubahsuai AASHTO

Rammer 4.5 Kg

Telus ayak saiz 20 mm – 95%
Jisim minimum tanah yang disediakan diperlukan – 15 kg
Lapisan - 5
Hentakan/lapisan – 27 kali



Ujian Penukul Bergetar

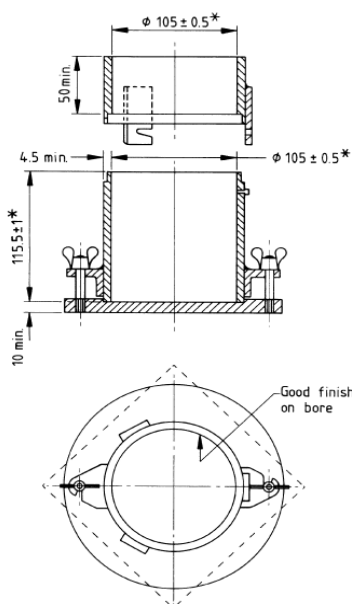
Rammer Bergetar

Telus ayak saiz 37.5 mm – 70%
Jisim minimum tanah yang disediakan diperlukan – 5 kg
Lapisan – (ikut berat rammer)
Getaran – 1 minute (60s)





UJIAN PEMADATAN

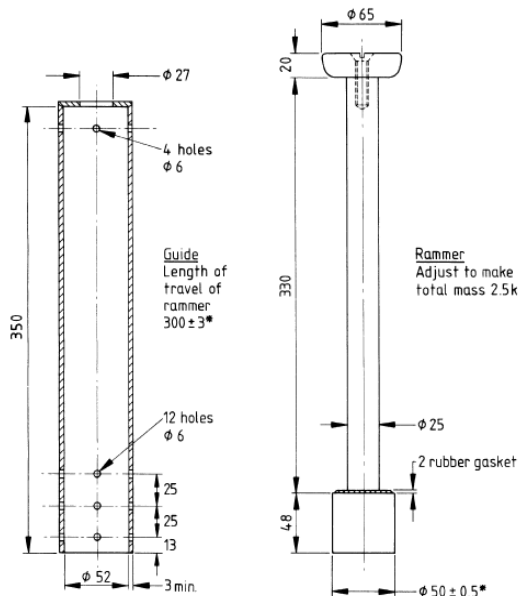


All dimensions shown are in millimetres.

This design has been found satisfactory, but alternative designs may be used provided that the essential requirements are fulfilled.

*See 4.1.3.1.1 of BS 1377 : Part 1 : 1990.

Figure 3 — Mould for compaction test (1 L mould)



All dimensions shown are in millimetres.

This design has been found satisfactory, but alternative designs may be used provided that the essential requirements are fulfilled.

*See 4.1.3.1.1 of BS 1377 : Part 1 : 1990.

Figure 4 — 2.5 kg rammer for compaction test

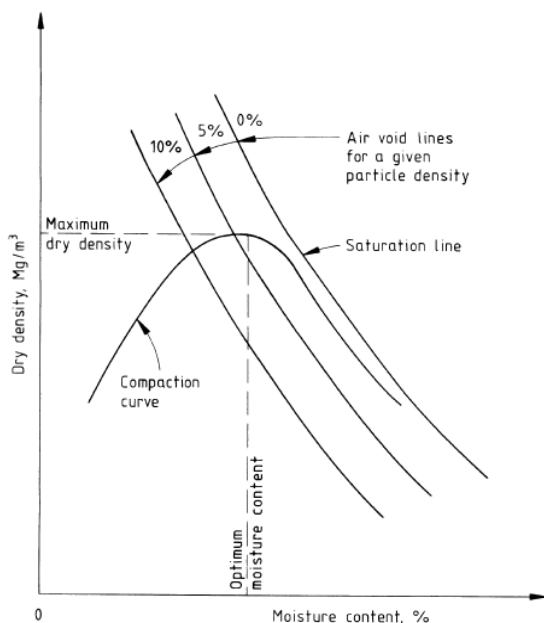
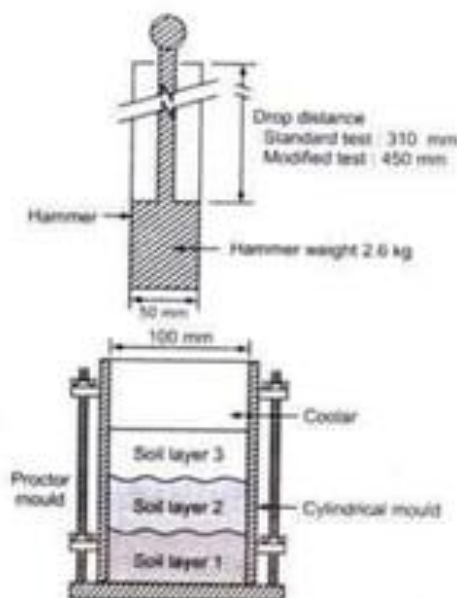


Figure 6 — Dry density/moisture content relationship curve

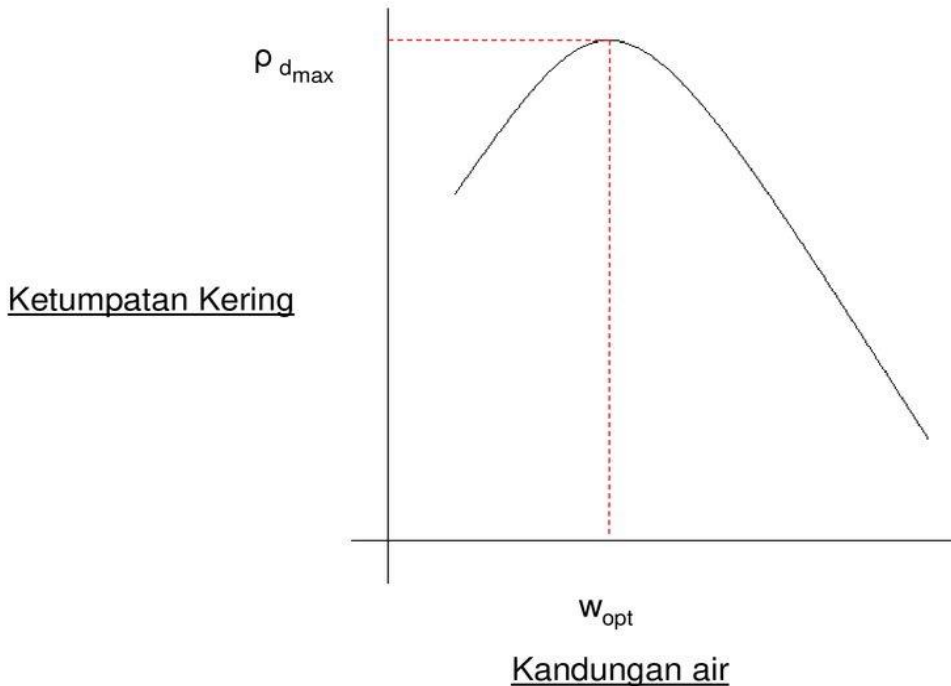


Spesifikasi peralatan bagi kerja pemadatan merujuk kepada
BS 1377-4:1990



UJIAN PEMADATAN

Hubungan ketumpatan kering dan kandungan air



Lengkungan menunjukkan bahawa sesuatu kaedah pemadatan tertentu terdapat satu nilai kandungan air optimum, w_{opt} yang menghasilkan nilai ketumpatan kering yang maksimum.

Pada kandungan air yang tinggi, ketumpatan kering berkurangan dengan penambahan kandungan air, iaitu apabila sebahagian besar isipadu tanah dipenuhi air.

Sekiranya semua udara dalam tanah boleh dinyah keluar melalui pemadatan, tanah akan menjadi tepu sepenuhnya dan ketumpatan keringnya akan merupakan nilai maksimum termungkin bagi kandungan air tertentu.

Nilai ketumpatan kering maksimum yang termungkin dikenali sebagai ketumpatan kering tepu.



PROSEDUR UJIAN PEMADATAN

Penyediaan sampel

Sediakan dan bahagikan sampel awal mengikut prosedur yang diterangkan dalam klausa 7.6 BS 1377-1:1990 untuk menghasilkan sampel yang mewakili kira-kira 6 kg tanah

NOTA 1: Jumlah air yang perlu dicampur dengan tanah pada permulaan ujian akan berbeza mengikut jenis tanah yang diuji. Secara amnya, bagi tanah berpasir dan berkerikil, kandungan lembapan 4% hingga 6% adalah sesuai, manakala dengan tanah jelekut kandungan lembapan kira-kira 8% hingga 10% di bawah had plastik tanah biasanya sesuai.

NOTA 2: Adalah penting air dicampur dengan teliti dan secukupnya dengan tanah, kerana pencampuran yang tidak mencukupi menimbulkan keputusan ujian yang berubah-ubah. Ini amat penting bagi tanah yang jelekut apabila ditambah kuantiti air yang banyak. Dengan tanah liat berkeplastikan tinggi, atau di mana pencampuran tangan digunakan, penyimpanan sampel campuran dalam bekas tertutup untuk tempoh minimum 24 jam sebelum meneruskan ujian adalah cara yang paling bagus untuk mengagihkan air secara seragam.



PROSEDUR UJIAN PEMADATAN

Prosedur kerja;

1. Pastikan tapak asas dan acuan bersih dan kering. Kemudian, tentukan berat acuan tanpa kolar, W1.
2. Gunakan tanah kering 4 kg dengan ayak 20mm.
3. Masukkan sedikit % air (perhatikan 1 % daripada berat tanah kering-ujuk NOTA 1) ke dalam sampel tanah dan gaul sebati sebagai doh.
4. Bahagikan doh kepada tiga bahagian
5. Letakkan bahagian pertama ke dalam acuan sebagai lapisan pertama. Padatkan lapisan pertama, hentakkan 27 pukulan yang sama pada permukaan lapisan
6. Gores lapisan dengan spatula membentuk grid untuk memastikan keseragaman dalam pengagihan tenaga pemadatan ke lapisan berikutnya.
7. Letakkan bahagian kedua dan ulangi langkah 5 dan langkah 6 sehingga untuk bahagian terakhir.
8. Lapisan terakhir hendaklah memastikan tanah yang dipadatkan berada tepat di atas rim acuan pemadatan apabila kolar masih dilekatkan.



PROSEDUR UJIAN PEMADATAN

Prosedur kerja;

9. Tanggalkan kolar dengan berhati-hati tanpa mengganggu tanah yang dipadatkan di dalam acuan dan menggunakan spatula potong lebih tanah dan ratakan acuan.
10. Timbang berat acuan dengan tanah lembap, W_2 . Keluarkan sampel dan pecahkan untuk menggunakan sampel itu untuk kandungan air yang lain.
11. Timbang tin lembapan kosong dan timbang semula dengan tanah lembapan yang diperoleh daripada sampel terpadat dalam langkah 10. Simpan tin ini di dalam ketuhar (tidak kurang daripada dua puluh empat (24) jam).
12. Pecahkan baki tanah yang dipadatkan dengan tangan dan tambah lagi 2% - 6% air dan gaul rata.
13. Ulangi langkah 4 hingga 12. Semasa proses ini berat, W_2 , meningkat untuk beberapa lama dengan peningkatan kelembapan dan turun secara tiba-tiba. Dua (2) kenaikan lembapan selepas pemberat mula berkurangan. Dapatkan sekurang-kurangnya 4 mata untuk memplot berat unit kering, variasi kandungan lembapan.
14. Selepas 24 jam, keluarkan sampel di dalam ketuhar dan biarkan sejuk seketika. Kemudian timbang sampel sebagai tanah kering.



KEPUTUSAN UJIAN PEMADATAN

Compaction test (2.5kg Rammer Method)

PROJECT : CADANGAN PROJEK PEMBINAAN PUSAT INKOBUTOR IKAN MARIN,

KG LIMAU NIPIS SETIU, TERENGGANU

CONTRACTOR : ZEMETRADE (M) SDN. BHD.

SAMPLE DESCRIPTION : MEDIUM LIGHT CLAY

SOURCE :

TEST : COMPACTIONS (BS 1377:1990 - Part 4)

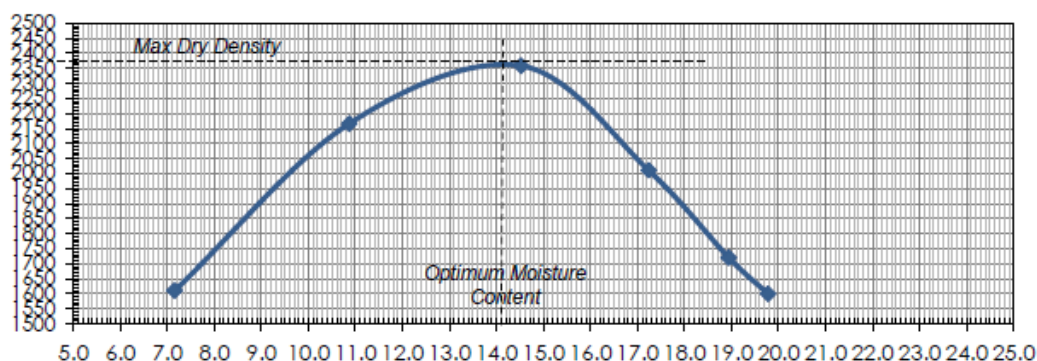
Bulk & Dry Density Determination

Test No.		1	2	3	4	5	6
Mass of mould	Kg	3.29	3.29	3.29	3.29	3.29	3.29
Mass of mould + Wet Sample	Kg	5.010	5.684	5.983	5.640	5.330	5.200
Mass of Wet Sample (W)	Kg	1.72	2.39	2.69	2.35	2.04	1.91
Volume of mould (V)	m ³	0.000997	0.000997	0.000997	0.000997	0.000997	0.000997
Bulk Density (W/V)	Kg/m ³	1725.18	2401.20	2701.10	2357.07	2046.14	1915.75
Dry Density	Kg/m ³	1610.03	2165.88	2358.64	2010.53	1720.28	1599.39

Moisture Content Determination

Specimen No.		1	2	3	4	5	6
Mass of can	gram	31.70	31.90	30.40	31.00	31.80	31.40
Mass of can + wet sample	gram	199.50	192.10	205.50	199.00	171.20	227.00
Mass of can + dry sample	gram	188.30	176.40	183.30	174.30	149.00	194.70
Mass of water	gram	11.20	15.70	22.20	24.70	22.20	32.30
Mass of dry sample	gram	156.60	144.50	152.90	143.30	117.20	163.30
Moisture Content	%	7.15	10.87	14.52	17.24	18.94	19.78

GRAF DRY DENSITY vs MOISTURE CONTENT



MAX. DRY DENSITY = 1675 Kg/m³

OPT. MOISTURE CONTENT = 18.5%

TESTED BY:

SUPERVISED BY:



KEPUTUSAN UJIAN PEMADATAN

Compaction test (4.5kg Rammer Method)

LAB REF: GT/B/L2834

CUSTOMER: Politeknik Mukah

PROJECT: BENGKEL PENGUJIAN TANAH & PROGRAM PEMANTAPAN PENGURUSAN

MAKMAL KEJURUTERAAN AWAM

SAMPLE REF.: Soil Sample

SAMPLE DESCRIPTION: Medium brown SAND

SOURCE: -

DATE RECEIVED: 03/10/2022

DATE TESTED: 03/10/2022

TESTED BY: Group A

VERIFIED BY: Vivien

REPORT NO.: GT/B/L2834

PAGE NO.: 1 OF 1

Test Environmental Condition:-

Temperature: (Min.): -°C

(Max.): -°C

Relative (Min.): -%

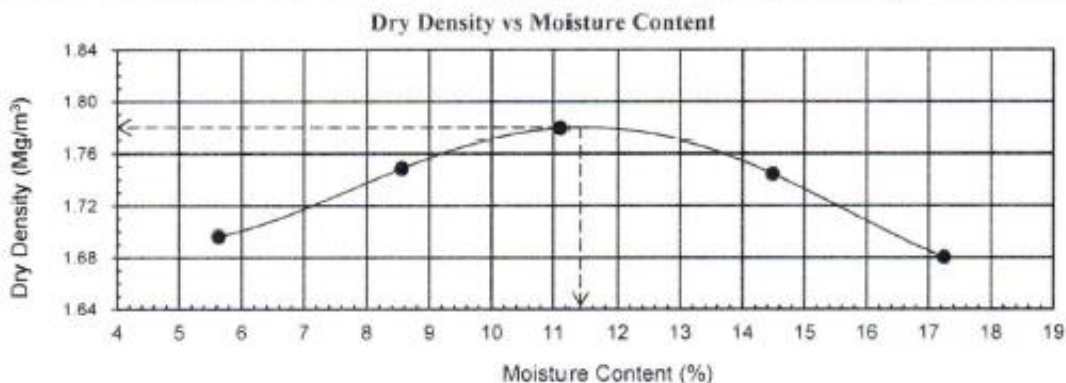
Humidity (RH): (Max.): -%

TEST METHOD: BS 1377 : Part 4 : 1990 : 3.5

Procedure: (1) 4.5kg rammer, 5 layers, 27 blows per layer
(2) Single sample
(3) Volume of mould = 1000 cm³

Test number		1	2	3	4	5		
Mass of mould + base + compacted specimen (m2)	g	6665	6771	6850	6870	6843		
Mass of mould + base (m1)	g	4873	4873	4873	4873	4873		
Mass of compacted specimen (m2-m1)	g	1792	1898	1977	1997	1970		
Bulk Density, $\rho = \frac{m2-m1}{V}$	Mg/m ³	1.792	1.898	1.977	1.997	1.970		
Average Moisture content (W)	%	5.63	8.56	11.11	14.48	17.25		
Dry Density, $\rho_d = \frac{100\rho}{100+W}$	Mg/m ³	1.70	1.75	1.78	1.74	1.68		
Measurement Uncertainty	Mg/m ³	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01		

Natural Moisture Content:	- %	Maximum Dry Density	1.780 Mg/m ³
Particle Density (Assumed):	- Mg/m ³	Optimum Moisture Content	11.40 %



REMARKS:



PENGIRAAN KEPUTUSAN UJIAN PEMADATAN

Bulk density, ρ_b

$$\rho_b = \frac{M}{V}$$

Dry density, ρ_d

$$\rho_d = \frac{\rho_b}{1 + m}$$

Bulk & Dry Density Determination			
Test No.		1	
Mass of mould	Kg	3.29	
Mass of mould + Wet Sample	Kg	5.010	
Mass of Wet Sample (W)	Kg	1.72	
Volume of mould (V)	m ³	0.000997	
Bulk Density (W/V)	Kg/m ³	1725.18	
Dry Density	Kg/m ³	1610.03	

$$\rho_b = \frac{M}{V} = \frac{1.72}{0.997 \times 10^{-3}} = 1725.18 \text{ kg/m}^3$$

Moisture Content Determination			
Specimen No.		1	
Mass of can	gram	31.70	
Mass of can + wet sample	gram	199.50	
Mass of can + dry sample	gram	188.30	
Mass of water	gram	11.20	
Mass of dry sample	gram	156.60	
Moisture Content	%	7.15	

$$\rho_d = \frac{\rho_b}{1 + m} = \frac{1725.18}{1 + 0.0715} = 1610.03 \text{ kg/m}^3$$

m = bukan
dalam unit %



PENGUKUHAN

- Q1.** Satu sampel tanah dipadatkan dalam acuan makmal isipadu 10^{-4} m^3 . Jisim tanah yang dipadatkan ialah 1.91 kg dan kandungan airnya ialah 14.5%. Dengan mengandaikan graviti tentu pepejal tanah adalah 2.66, tentukan darjah ketepuan, ketumpatan dan berat unit (pukal dan kering) tanah yang dipadatkan.
- Q2.** Ujian makmal dijalankan ke atas sampel tanah berjisim 1.74 kg, isipadu 0.001 m^3 , graviti tentu 2.6 dan ketumpatan kering 1500 kg/m^3 . Tentukan perkara berikut:
- Kandungan air tanah, w
 - Nisbah lompong, e dan keliangan, n
 - Ketumpatan tepu, ρ_{sat}
 - Darjah tepu, S_r
- Q3.** Satu ujian pemadatan Proctor piawai dijalankan terhadap satu sampel tanah liat berpasir, keputusannya adalah seperti berikut :

Ketumpatan pukal (kg/m^3)	2060	2127	2154	2160	2142
Kandungan air (%)	12	14	16	18	20

- Lukiskan lengkung ketumpatan kering melawan kandungan air dan dapatkan ketumpatan kering maksima dan kandungan air optimum.
- Kira kandungan air yang diperlukan untuk penepuan lengkap ketika $\rho_{\text{d maksima}}$, sekiranya $G_s = 2.7$.
- Lukis juga garis lompong udara sifar dan garis lompong udara 5%.



UJIAN HAD ATTERBERG

Jenis-jenis Ujian Had Atterberg

Had Cecair

Had Plastik

- ❖ Kaedah kon penusukan (kaedah muktamad)
- ❖ Kaedah kon penusukan satu titik
- ❖ Kaedah radas Casagrande
- ❖ Kaedah Casagrande satu titik



Radas Kaedah Casagrande



Had cecair (LL) ditakrifkan sebagai kandungan air dalam peratus, di mana sebahagian tanah dalam ceper/mangkuk piawai dan dipotong oleh alur dimensi piawai akan mengalir bersama di dasar alur sepanjang 13 mm apabila 25 hentakan dikenakan kepada ceper/mangkuk piawai yang dijatuhkan 10 mm dalam radas had cecair standard yang dikendalikan pada kadar dua hentakan sesaat.

Had plastik (PL) ialah kandungan air, dalam peratus, di mana tanah tidak lagi boleh berubah bentuk dengan menggulung menjadi benang diameter 3.2 mm tanpa terlerai. Pelbagai jenis sifat kejuruteraan tanah telah dikaitkan dengan had cecair dan plastik, dan had Atterberg ini juga digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus mengikut sistem Pengelasan Tanah Bersepadu atau sistem AASHTO.



KAEDAH RADAS CASAGRANDE

Penyediaan sampel



Sampel tanah melalui ayak No.40 (0.425mm) disediakan, dikeringkan di udara, dan kemudian dilumatkan.

Prosedur kerja;

1. Timbang empat tin lembapan kosong dengan penutupnya dan catatkan timbangan setiap tin pada helaian data.
2. Sediakan sampel tanah sebelum di ayak melalui ayak No.40 (0.425mm), dikeringkan di udara, dan kemudian dilumatkan.
3. Masukkan air suling kepada kira-kira 300g tanah sehingga ia mempunyai konsistensi seperti mentega kacang beku.
4. Laraskan radas had cecair dengan memeriksa ketinggian jatuhan ceper. Titik pada ceper yang bersentuhan dengan tapak hendaklah meningkat kepada ketinggian 10 mm. Blok pada harus digunakan sebagai tolok pengukur. Berlatih menggunakan ceper dan tentukan kadar yang betul untuk memutar engkol supaya ceper jatuh lebih kurang dua kali sesaat.

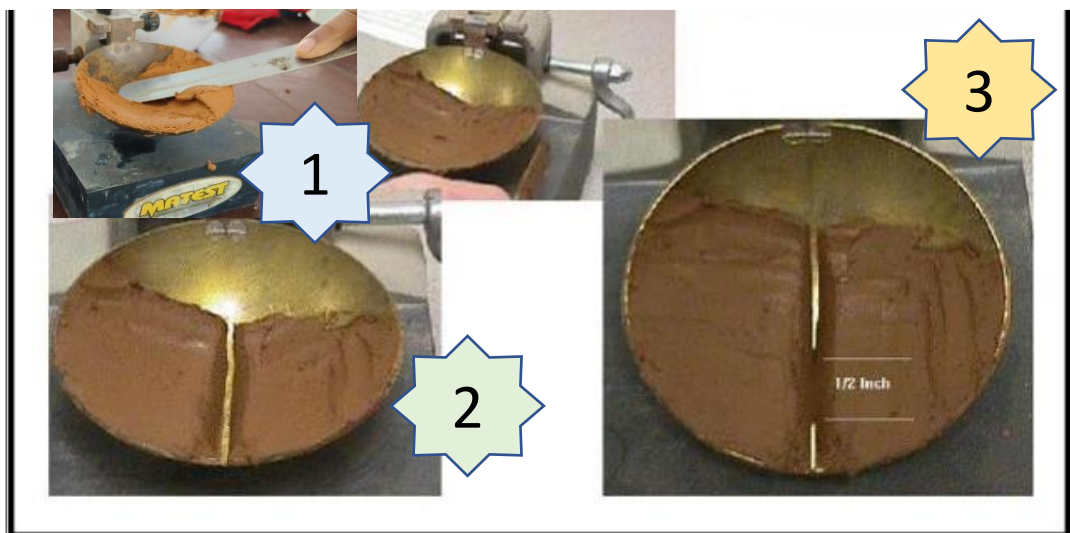


ketinggian 10 mm



KAEDAH RADAS CASAGRANDE (samb..)

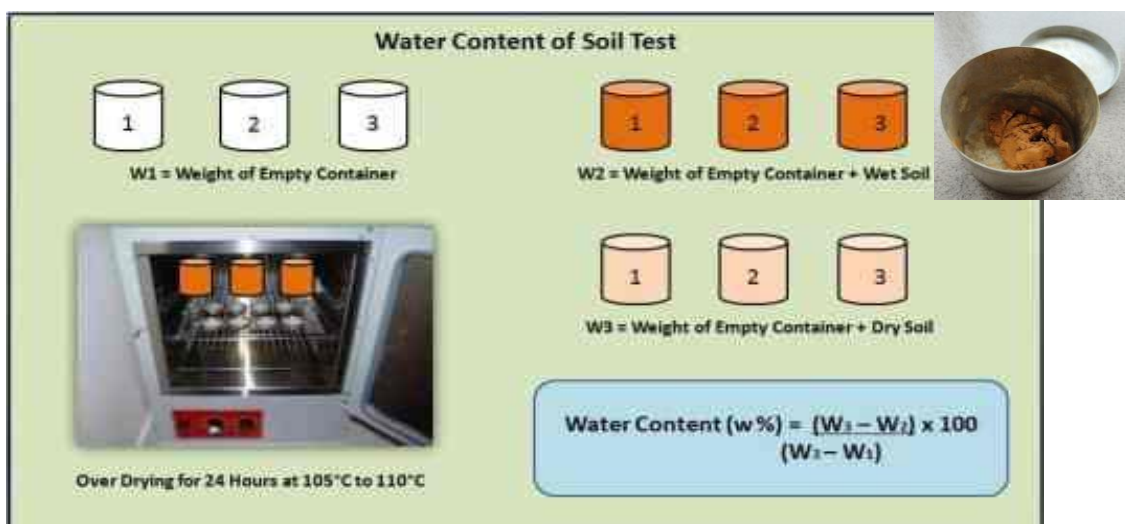
5. Letakkan sebahagian daripada tanah yang telah dicampur sebelumnya ke dalam ceper radas had cecair pada titik di mana ceper terletak pada tapak. Picit tanah ke bawah untuk menghilangkan kantung udara dan sebarkan ke dalam ceper pada kedalaman kira-kira 10 mm pada titik paling dalam. Tepukan tanah hendaklah membentuk permukaan yang lebih kurang mendatar (Lihat Foto 1). Leperkan lapisan tanah biar rata di dalam ceper dengan spatula.
6. Gunakan alat alur dengan berhati-hati memotong alur lurus yang bersih ke bawah bahagian tengah ceper. Alat hendaklah kekal berserenjang dengan permukaan ceper semasa alur dibuat. Gunakan berhati-hati untuk mengelakkan tanah menggelongsor dari permukaan ceper.
7. Pastikan tapak radas di bawah ceper dan bahagian bawah ceper bersih daripada tanah. Putar engkol radas pada kadar kira-kira dua titik sesaat dan kira bilangan hentakan, N, yang diperlukan untuk membuat dua bahagian bersentuhan di bahagian bawah alur sepanjang jarak 13 mm ($\frac{1}{2}$ inch). Jika bilangan hentaman melebihi 50 (bacaan paling baik antara 15 – 35mm), terus ke langkah lapan dan jangan rekod bilangan tersebut, jika tidak, rekodkan bilangan hentaman pada helaian data.





KAEDAH RADAS CASAGRANDE (samb..)

8. Ambil sampel dalam ceper tadi, menggunakan spatula, dari tepi ke tepi tepukan tanah. Masukkan sampel tanah di kedua-dua belah tempat alur bersentuhan. Letakkan tanah tersebut ke dalam tin lembapan. Timbang segera tin lembapan yang mengandungi tanah, rekod jisimnya, keluarkan penutupnya, dan letakkan tin ke dalam ketuhar. Biarkan tin kelembapan di dalam ketuhar selama sekurang-kurangnya 16 jam. Letakkan tanah yang tinggal di dalam ceper ke dalam mangkuk porselin. Bersihkan dan keringkan ceper pada radas dan alat grooving.
9. Ulang bancuh keseluruhan sampel tanah di dalam mangkuk porselin. Tambah sedikit air suling untuk meningkatkan kandungan air supaya bilangan hentaman yang diperlukan untuk menutup alur berkurangan.
10. Ulangi langkah dengan kandungan air yang berbeza untuk sekurang-kurangnya empat percubaan tambahan yang menghasilkan bilangan hentaman yang lebih rendah berturut-turut untuk menutup alur. Tentukan kandungan air setiap kali percubaan. Ingat untuk menggunakan penimbang yang sama untuk semua timbangan.





HAD PLASTIK

Had plastik ditakrifkan sebagai kandungan air minimum di mana tanah kekal dalam keadaan plastik. Had Plastik (PL atau wPL), juga dikenali sebagai had plastik bawah, ialah kandungan air di mana tanah berubah daripada keadaan plastik kepada keadaan separa pepejal. Ujian had plastik dilakukan dengan menggulung semula jisim tanah bersaiz ellipsoidal dengan tangan pada permukaan tidak berliang (plat kaca).

Casagrande mentakrifkan had plastik sebagai kandungan air di mana seutas benang tanah hanya hancur apabila ia digulung dengan berhati-hati kepada diameter 3 mm ($1/8''$). Jika benang runtuh pada diameter lebih kecil daripada 3 mm, bermakna tanah terlalu basah. Jika benang runtuh pada diameter lebih daripada 3 mm, tanah lebih kering daripada had plastik. Sampel kemudian boleh dibentuk semula dan ujian diulang. Setelah gulung saiz yang sesuai dibuat, kandungan lembapannya dinilai menggunakan prosedur yang diterangkan dalam kaedah had cecair.



Radas Had Plastik





KAEDAH PENENTUAN HAD PLASTIK

Penyediaan sampel



Sampel tanah melalui ayak No.40 (0.425mm) disediakan, dikeringkan di udara, dan kemudian dilumatkan.

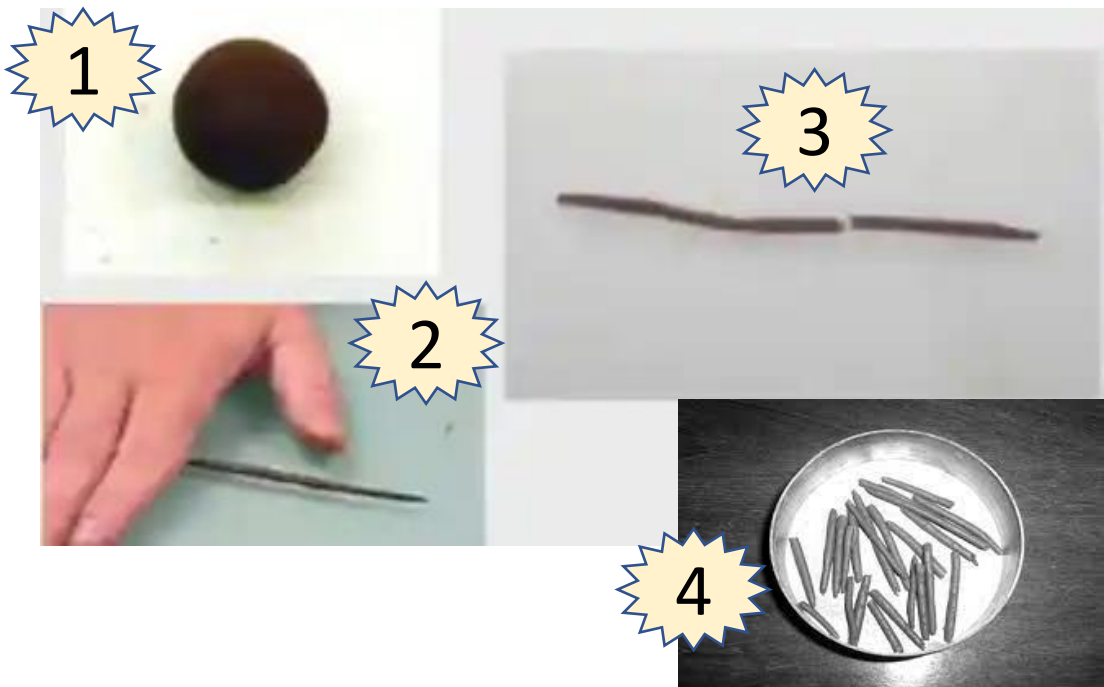
Prosedur kerja;

1. Timbang tin lembapan kosong dengan penutupnya dan catatkan nombor timbangan dan no. tin masing-masing pada helaian data.
2. Ambil 1/4 daripada sampel tanah bagi ujian had cecair dan masukkan air suling sehingga tanah berada pada tahap konsisten di mana ia boleh digulung tanpa melekat pada tangan.
3. Bentuk tanah menjadi bebola. Gulungkan jisim di antara tapak tangan atau jari di atas plat kaca. Gunakan tekanan yang mencukupi untuk menggulung jisim menjadi benang bergaris pusat seragam. Benang hendaklah dicatatkan supaya diameternya mencapai 3mm mengambil masa tidak lebih daripada dua minit.
4. Apabila diameter benang mencapai diameter yang betul, pecahkan benang kepada beberapa bahagian. Uli dan bentukkan kepingan menjadi jisim ellipsoidal dan gulung semula. Teruskan penggulungan berselang-seli ini, kumpulkan bersama-sama, uli dan gulung semula sehingga benang hancur di bawah tekanan yang diperlukan untuk bergolek dan tidak boleh lagi digulung menjadi benang berdiameter 3mm.



KAEDAH PENENTUAN HAD PLASTIK

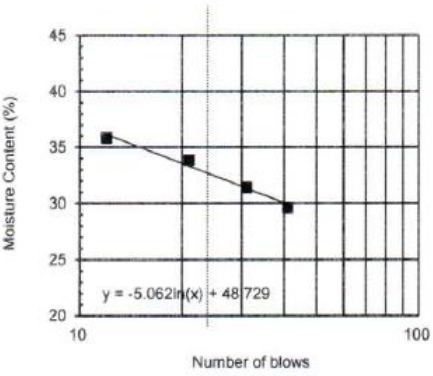
5. Kumpulkan bahagian-bahagian benang tanah yang hancur bersama-sama dan letakkan tanah ke dalam tin lembapan, kemudian tutupnya. Jika tin lembapan tidak mengandungi sekurang-kurangnya 6 gram tanah, tambahkan tanah pada tin dari percubaan seterusnya.
6. Timbang segera tin lembapan yang mengandungi tanah, rekod jisimnya, keluarkan penutupnya, dan letakkan tin ke dalam ketuhar. Biarkan tin kelembapan di dalam ketuhar selama sekurang-kurangnya 16 jam.
7. Ulang langkah tiga, empat, dan lima sekurang-kurangnya dua kali lagi. Tentukan kandungan air daripada setiap percubaan dengan menggunakan kaedah yang sama digunakan di makmal pertama. Ingat untuk menggunakan penimbang yang sama untuk semua timbangan.





PENGIRAAN KEPUTUSAN UJIAN HAD ATTERBERG

<u>ATTERBERG LIMIT</u>				
LAB REF.: GT/B/L2834		REPORT NO.: GT/B/L2834		
CUSTOMER: Politeknik Mukah		PAGE NO.: 1 OF 1		
PROJECT: BENGKEL PENGUJIAN TANAH & PROGRAM PEMANTAPAN PENGURUSAN				
MAKMAL KEJURUTERAAN AWAM				
SAMPLE REF.: Soil Sample				
SAMPLE DESCRIPTION: Dark red very silty SAND with a little gravel (silt of low plasticity)				
SOURCE: -				
DATE RECEIVED: 03/10/2022				
DATE TESTED: 03/10/2022				
TESTED BY: Group B				
VERIFIED BY: Vivien				
Test Environmental Condition:-		Temperature:	-°C (Min.) -°C (Max.)	
		Relative Humidity (RH):	-% (Min.) -% (Max.)	
TEST METHOD: BS 1377 : Part 2 : 1990 : 4.5 & 5.0				
Sample Preparation: Natural as received.				
	LIQUID LIMIT			
Number of blows	12	21	31	41
Moisture content (%)	35.85	33.84	31.43	29.63
	PLASTIC LIMIT			
Moisture content (%)	25.07		25.55	
	Test Results		Uncertainty (%)	
Liquid Limit (%)	32		± 4	
Plastic Limit (%)	25		± 2	
Plasticity Index (%)	7			
Classification	ML			
Remarks:				

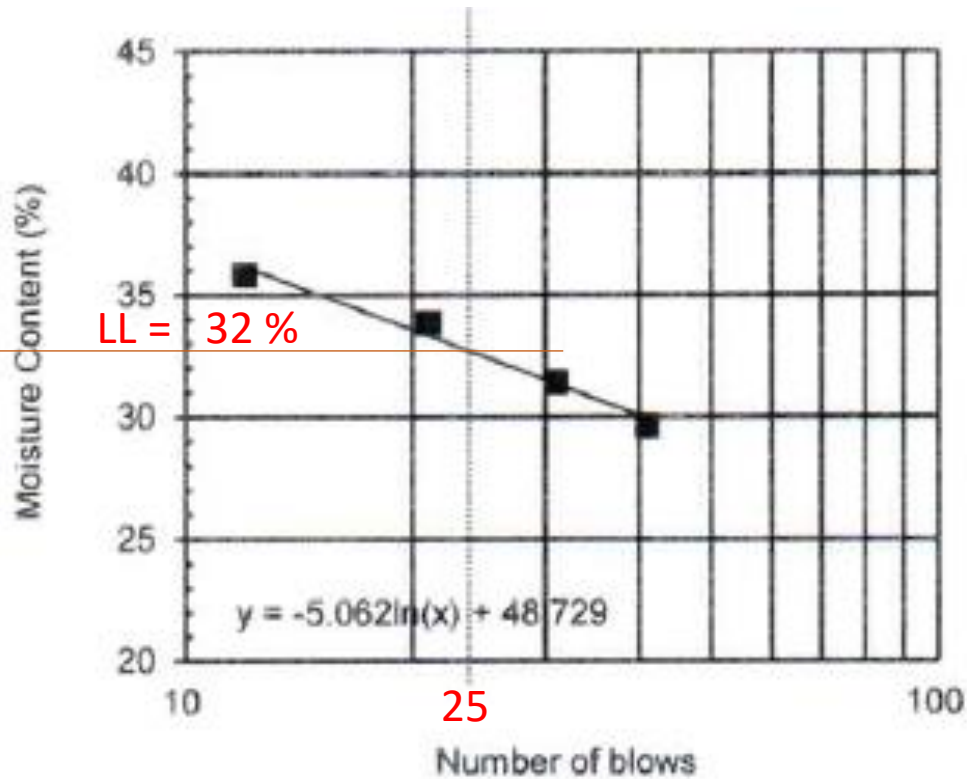


Langkah berjaga-berjaga

1. Dalam kes tanah berpasir had plastik hendaklah ditentukan terlebih dahulu.
2. Apabila had plastik tidak dapat ditentukan Indeks Keplastikan hendaklah dilaporkan sebagai NP (Bukan Plastik).
3. Apabila had plastik adalah sama atau lebih besar daripada had cecair, indeks keplastikan hendaklah dilaporkan sebagai sifar.



PENGIRAAN KEPUTUSAN UJIAN HAD ATTERBERG



	Test Results	Uncertainty (%)
Liquid Limit (%)	32	± 4
Plastic Limit (%)	25	± 2
Plasticity Index (%)	7	
Classification	ML	

Indeks Keplastikan, PI

= Had Cecair (LL) – Had Plastik (PL)
= 32 % - 25 %
= 7 %



PENGUKUHAN

- Q1.** Data-data berikut adalah hasil dari ujian had cecair dengan menggunakan kaedah Casagrande bagi tanah tanpa organik. Had plastik bagi tanah ini ialah 32%

No. Ujian	1	2	3	4
Jisim tanah + tin (g)	48.61	55.53	51.71	50.51
Jisim tanah kering + tin (g)	41.19	46.05	42.98	41.54
Jisim tin (g)	17.33	17.41	17.45	17.36
Bilangan hentaman	34	27	22	17

Tentukan;

- Had cecair
 - Indeks kplastikan
- Q2.** Ujian had cecair dan had plastik bagi satu sampel tanah kelodak tak organik telah dilakukan dan keputusannya didapati had cecair dan had plastik masing-masing adalah 45% dan 35 %. Tentukan keplastikan tanah tersebut..
- Q3.** Beri definisi berkenaan dengan istilah-istilah berikut:
- Had cecair (LL)
 - had plastik (PL)



PENENTUAN TABURAN SAIZ ZARAH

- Kaedah pengayakan basah
- Kaedah pengayakan kering
- Pemendapan dengan kaedah pipet
- Pemendapan dengan kaedah hidrometer

UJIAN ANALISIS AYAK (Kaedah pengayakan kering)

Tujuannya untuk menentukan taburan saiz zarah dalam tanah tidak berjelekit hingga ke saiz pasir halus.

Ayak ujian yang mempunyai saiz bukaan berikut boleh digunakan: 75 mm, 63 mm, 50 mm, 37.5 mm, 28 mm, 20 mm, 14mm, 10 mm, 6.3 mm, 5 mm, 3.35 mm, 2 mm, 1.18 mm, 600 μm , 425 μm , 300 μm , 300 μm , 300 μm , , 150 μm , 63 μm dan taking/pan yang sesuai. Saiz ayak ujian yang digunakan untuk ujian hendaklah meliputi julat yang mencukupi untuk tanah tertentu yang digunakan, tetapi tidak semestinya perlu menggunakan setiap saiz untuk setiap ujian.





KAEDAH RADAS CASAGRANDE

Penyediaan sampel

Tanah hendaklah disediakan seperti yang dinyatakan dalam klausa 7.3 dan 7.4.5 BS 1377-1:1990. Sampel ujian hendaklah diperolehi melalui kotak riffle atau sukuan dan kemudiannya hendaklah dikeringkan dalam ketuhar pada suhu 105 °C hingga 110 °C untuk memberikan jisim minimum yang mematuhi Jadual 3.

Table 3 — Mass of soil sample for sieving

Maximum size of material present in substantial proportion (more than 10 %)	Minimum mass of sampling to be taken for sieving
Test sieve aperture	
mm	kg
63	50
50	35
37.5	15
28	6
20	2
14	1
10	0.5
6.3	0.2
5	0.2
3.35	0.15
2 or smaller	0.1

BS 1377-2:1990



PROSEDUR UJIAN PENGAYAKAN

Prosedur kerja;

1. Timbang sampel yang dikeringkan dengan ketuhar kepada 0.1 % daripada jumlah jisimnya.
2. Susun ayak ujian dengan saiz terbesar yang sesuai dengan saiz maksimum bahan yang ada pada penerima dan letakkan sampel pada pengayak.
3. Rekodkan berat setiap ayak serta pan bawah yang akan digunakan dalam analisis. Pastikan semua ayak dibersihkan.
4. Rekodkan berat sampel tanah kering yang diberi. Berhati-hati tuangkan sampel tanah ke dalam ayak atas dan letakkan penutup di atasnya.
5. Letakkan susunan ayak dalam penggoncang mekanikal dan goncang selama 10 minit.
6. Keluarkan susunan ayak dari penggoncang dan timbang serta rekodkan berat setiap ayak dengan tanah yang tertahan dengan teliti. Di samping itu, ingatlah untuk menimbang dan merekodkan berat pan di bahagian bawah dengan tanah halus yang tertahan.
7. Hitung peratusan yang tertahan dalam setiap ayak. Kemudian hitung peratusan yang melepasi setiap ayak.
8. Plotkan data yang diperoleh untuk saiz agregat terhadap % lulus.



KEPUTUSAN UJIAN PENGAYAKAN

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION (SIEVING METHOD)

LAB REF.: GT/B/L2834

REPORT NO.: GT/B/L2834

CUSTOMER: Politeknik Mukah

PAGE NO.: 1 OF 1

PROJECT: BENGKEL PENGUJIAN TANAH & PROGRAM PEMANTAPAN PENGURUSAN
MAKMAL KEJURUTERAAN AWAM

SAMPLE REF.: Fine Aggregate

SAMPLE DESCRIPTION: Medium brown SAND

SOURCE: -

Test Environmental Condition:-

DATE RECEIVED: 03/10/2022

Temperature: -°C (Min.)

DATE TESTED: 03/10/2022

-°C (Max.)

TESTED BY: Group A

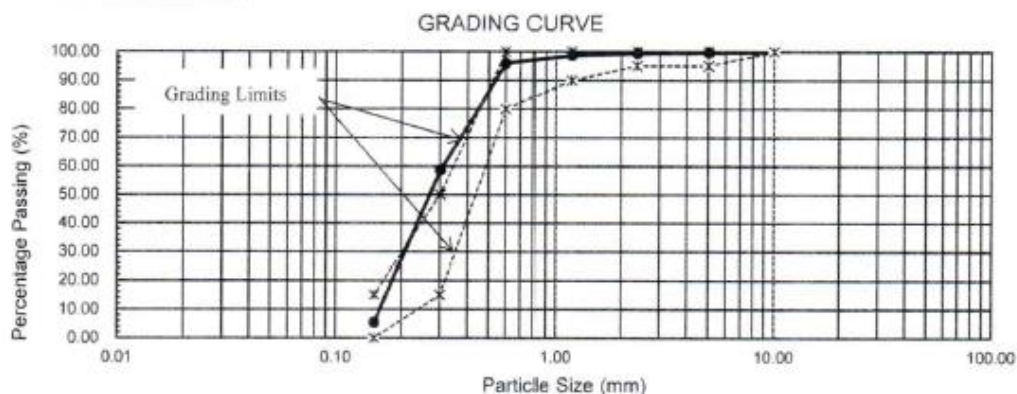
Relative -% (Min.)

VERIFIED BY: Vivien

Humidity (RH): -% (Max.)

TEST METHOD: BS 812 : Part 103.1 : 1985

B.S. SIEVE SIZE (mm)	MASS RETAINED (g)	MASS PASSING		MU (%)	B.S. SIEVE SIZE (mm)	GRADING LIMITS	
		(g)	(%)				
10.0	0.0	3975.00	100.00	± 0.90	10.0	100	100
5.00	7.2	3967.79	99.82	± 0.90	5.00	95	100
2.36	13.2	3954.56	99.49	± 0.90	2.36	95	100
1.18	31.4	3923.18	98.70	± 0.90	1.18	90	100
0.600	109.2	3813.96	95.95	± 0.90	0.600	80	100
0.300	1483.0	2330.96	58.64	± 0.90	0.300	15	50
0.150	2114.0	216.96	5.46	± 0.90	0.150	0	15
Passing 150µm	217.0						
TOTAL	3975.0						



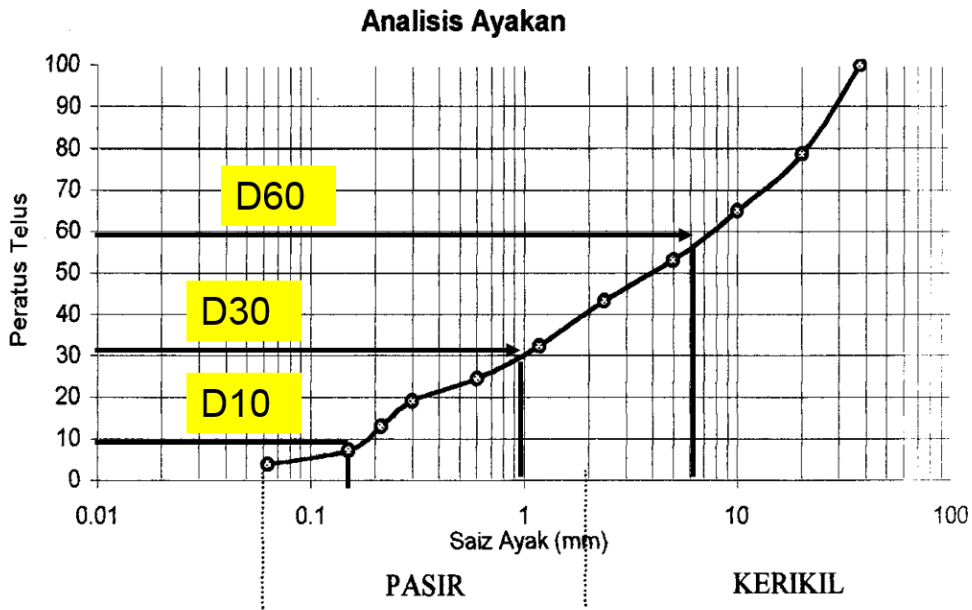
Remarks:

- 1) Dry sieving method.
- 2) MU = Measurement Uncertainty
- 3) Grading Limits as per JKR/SPJ/1988 (Table 9.2, Zone 4)





PENGIRAAN UJIAN PENGAYAKAN



- The uniformity coefficient is given by the relation:

$$UC(C_u) = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- The coefficient of gradation is given by the relation:

$$CC(C_c) = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}$$

Well Graded Soils

- Wide range of grain sizes present :
 - Gravels: $C_c = 1-3$ & $C_u > 4$
 - Sands : $C_c = 1-3$ & $C_u > 6$

Poorly Graded Soils

- Others, including two special cases:
 - Uniform soils - grains of same size
 - Gap graded - no grains in a specific size range



PENGUKUHAN



Q1. Dalam ujian untuk menentukan taburan saiz zarah, ayak berikut digunakan: 4.75, 2.00, 0.425, 0.25, 0.15, 0.074 mm. Jisim sampel tanah yang tertahan pada setiap ayak adalah seperti berikut:

Saiz ayak (mm)	Berat Tertahan (g)
4.75	12.7
2.0	24.8
0.85	21.5
0.425	38.8
0.25	23.8
0.15	19.5
0.74	46.7
Pan	17.3
Total	205.1

- Menggunakan graf semilog, plot taburan saiz zarah
- Cari nilai D60, D30 dan D10
- Kira pekali keseragaman tanah, C_u , dan pekali kelengkungan, C_c . Adakah tanah digredkan dengan baik? Beri alasan.

RUJUKAN

Braja, M. Das (2010). *Principles of Geotechnical Engineering (7th ed.)*. Cengage Learning. United States of America.

BS 5930 : 1981 “Code Of Practice For Site Investigation”

BS 1377: 1990 “Methods Of Test For Soils For Civil Engineering Purposes”

Bujang B. K. Huat, Faisal Ali (2006). *Problems And Solutions In Soil Mechanics*. Universiti Putra Malaysia.

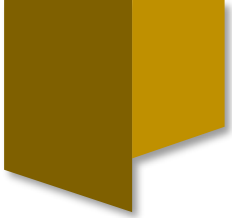
Eurolab (2023). *Pengukuran, Pengujian Dan Analisis Alam Sekitar*.
<https://www.gozetim.com/ms/cevre/toprak-olcum-test-ve-analizleri/jeoteknik-hizmetler-zemin-testleri/>

Highway Guide (2019). *Field Dry Density By Sand Replacement Method*.
<https://www.youtube.com/watch?v=pyyvtoexjre>

Muni Budhu (2011). *Soil Mechanics & Foundation (3rd ed.)*. John Wiley & Sons Inc.

Marcus M. Truitt (1983), *Soil Mechanics Technology. United States of America*. Prentice Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, US.

R.F. Craig: Terjemahan Aminaton Marto, Fatimah Mohd Nor Dan Fauziah Kasim (1993). *Mekanik Tanah Edisi Keempat*. UTM.



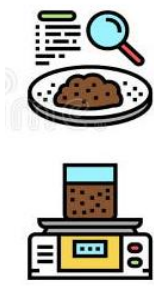
RUJUKAN

Robert D.Holtz, Williams D. Kovacs: Terjemahan Dr. Ramli Mohammad Dan Mohd Raihan Taha (1990). *Pengenalan Kejuruteraan Geoteknik*. DBP.

Suparman Halim (2019). *Compaction Introduction Lab Testing: Proctor Compaction Test*. <https://slideplayer.com/slide/14686343/>

Tutorial Tips (2018). *Determination Of Dry Density Of Soil By Sand Replacement Method/Field Test Video*. <https://www.youtube.com/watch?v=aiayknmjcwa>

Techgoyal Construction Guru (2017). *Determination Of Dry Density Of Soil Compaction Test By Sand Replacement Method In Hindi Road Cons*. <https://youtu.be/zuwol6ygcua>



SITI HAWA BINTI KADIR merupakan seorang pensyarah dari Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Mukah yang berpengalaman 22 tahun dalam bidang kejuruteraan awam. Beliau berpengalaman dalam kerja-kerja pengujian bahan di makmal dan di tapak dalam bidang berkaitan bangunan dan jalan raya. Pernah terlibat secara langsung dengan pengujian tanah untuk projek-Projek Jabatan Pembangunan Persekutuan (JPP), Jabatan Kerja Raya (JKR) dan lain-lain. Selain itu beliau juga pernah terlibat sebagai penceramah bagi latihan yang dianjurkan oleh pihak Lembaga pembangunan industri binaan (CIDB) dan kursus-kursus yang dianjurkan oleh politeknik Malaysia dalam bidang berkaitan.



Ts. SITI ZURAIFA BINTI MD SAH memulakan kerjayanya sebagai Pensyarah Jabatan Kejuruteraan Awam di Politeknik Sultan Idris Shah pada tahun 2004. Beliau memperolehi Sarjana Muda Kejuruteraan Awam (B. Eng (Hons.) dari Kolej Universiti Teknologi Tun Hussien Onn (KUiTTHO) dan Diploma Pendidikan (Pendidikan Teknikal) dari Institut Perguruan Sultan Mizan Zainal Abidin, Besut, Terengganu. Beliau mempunyai pengalaman selama 8 tahun mengajar kursus Makmal Geoteknikal dan Kejuruteraan Lebuhraya di Politeknik Sultan Idris, 5 tahun mengajar di Politeknik Melaka. Kini, beliau adalah pensyarah di Politeknik Mukah, Sarawak. Beliau telah mula menulis tentang helaian makmal Geoteknikal dan Kejuruteraan Lebuhraya sejak beberapa tahun lalu. Penghasilan e-book ini adalah salah satu cara untuk beliau berkongsi ilmu bersama.



MASALINDA BINTI MANSOR merupakan seorang pensyarah dari Jabatan Kejuruteraan Awam, Politeknik Mukah yang berpengalaman selama 23 tahun berkhidmat di Jabatan Kejuruteraan Awam. Merupakan seorang bekas Pembantu Juruukur Bahan di beberapa firma swasta sebelum menyertai Politeknik, sebagai penjawat awam. Bekas graduan Universiti Teknologi Mara dan Universiti Teknologi Malaysia.





POLITEKNIK

MALAYSIA

MUKAH



e ISBN 978-967-2097-82-2



9 789672 097822