

BORANG PENGESAHAN STATUS LAPORAN

TAJUK : Kekuatan Tanah Campuran (Tanah Laterit Dengan Kandungan Pasir Tertentu) Diuji Dengan Menggunakan Kaedah Mackintosh, Piezocone, Ketumpatan Di Tapak Dan Ketumpatan Relatif

Saya : _____ MOHD HERZI BIN CHE HUSSIN
(HURUF BESAR)

mengaku bahawa saya telah membuat pembetulan terhadap keseluruhan laporan ini seperti disyaratkan oleh penyelia.

Tandatangan Pelajar :

Disahkan Oleh:

(Tandatangan Penyelia)

Tarikh : _____

Nama Penyelia : Profesor Madya Ir Dr Mohamad Razip
Selamat

Tarikh : _____

Kekuatan Tanah Campuran (Tanah Laterit Dengan Kandungan Pasir Tertentu) Diuji
Dengan Menggunakan Kaedah Macintosh, Piezocone, Ketumpatan Di Tapak dan
Ketumpatan Relatif

Oleh

Mohd Herzi Che Hussin

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

Mac 2006

PENGHARGAAN

Di dalam menyiapkan kajian projek tahun akhir ini, saya telah mendapat pertolongan daripada banyak pihak yang berkenaan dan di sini ingin saya mengucapkan penghargaan yang tidak terhingga kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu sehingga berjayanya kajian ini.

Pertama sekali saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi terima kasih kepada Profesor Madya Ir. Dr. Mohamad Razip Selamat selaku penyelia projek tahun akhir yang sudi dan sedia untuk memberikan segala tunjuk ajar, nasihat, panduan dan dorongan yang sangat berguna dari awal hingga akhir pelaksanaan projek ini. Sesungguhnya buah fikiran dan cadangan beliau merupakan satu panduan yang tidak ternilai dan amat dihargai sepanjang tempoh di bawah pengawasan beliau.

Tidak lupa juga kepada kakitangan Makmal Geoteknik, Encik Ahmad Halmi Ghazalli dan Encik Dziauddin Zainol Abidin, kerana tunjuk ajar, bantuan dan kerjasama yang diberikan sepanjang tempoh menjalankan kajian projek tahun akhir saya. Tidak dilupakan juga kakitangan Makmal Lebuhraya dan Lalulintas, Encik Mohd Fouzi bin Ali dan Encik Zulhairi bin Ariffin di atas serba sedikit tunjuk ajar, secara langsung atau tidak. Diharapkan hubungan yang baik dengan warga kampus ini dapat diteruskan walaupun kajian ini sudah berakhir

Penghargaan juga harus ditujukan kepada rakan-rakan yang sudi memberi pertolongan dalam membantu menjalankan ujikaji yang diperlukan, dan rakan-rakan yang telah memberikan sokongan secara tidak langsung dan akhir sekali tidak lupa juga kepada keluarga saya yang sentiasa memberikan sokongan tidak kira dalam apa jua keadaan.

ABSTRAK

Objektif utama kajian ini dijalankan adalah untuk mendapatkan kombinasi campuran terbaik antara laterit dan pasir yang memberikan bacaan Nisbah Galas California (NGC) yang paling maksimum. Di dalam ujian yang melibatkan nisbah campuran laterit-pasir, setiap campuran diuji ketumpatan kering, kandungan lembapan optimum, NGC dan rintangan piezocone. Ujian Proctor piawai digunakan bagi mengukur kandungan lembapan optimum dan ketumpatan kering maksimum. Kandungan lembapan ini kemudian digunakan di dalam ujian NGC dan piezocone. Daripada keputusan yang terhasil, didapati terdapat 2 puncak di dalam graf peratus kandungan pasir melawan NGC di mana nisbah pencampuran yang diuji dapat membaiki kekuatan campuran. Di dalam ujian NGC, dua puncak yang terhasil adalah pada campuran 50% dan 72% pasir. Ketumpatan kering maksimum yang terhasil dari ujian Proctor piawai mendapati satu puncak di mana 60% pasir dicampurkan. Bacaan proba Mackintosh pula secara amnya meningkat dengan meningkatnya kandungan laterit. Rintangan hujung kon maksimum bagi ujian piezocone pula memberikan bacaan pada campuran 60% pasir, bagaimanapun geseran piezocone pula berada pada tahap maksimum pada campuran 10% pasir. Berdasarkan ujian-ujian yang telah dijalankan, ketumpatan kering maksimum berkurangan dengan kandungan lembapan optimum, dari julat 10% hingga 12.5%

ABSTRACT

The main objective of this research is to set the best combination for the mixture of laterite dan sand for maximum California Bearing Ratio (CBR) reading. In the experiment involving sand-laterite mix ratios, each mix were tested for dry density, optimum moisture content, CBR and the piezocone resistance. Standard Proctor test is used for measuring optimum moisture content and maximum dry density. The moisture content will then be used in the CBR and the piezocone tests. It was found there are 2 peaks in the sand percentage versus California Bearing Ratio curve which suggests that any of the two sand-laterite mix ratios would improve strength of the mix. In the CBR test, the two peaks correspond to sand contents of 50% and 72%. For maximum dry density using standard Proctor, single peak correspond to an optimum moisture content of 60%. Mackintosh reading generally increase with increasing laterite content, at maximum dry density of mix ratios. The maximum tip resistance of the piezocone test corresponds to a sand content of 60%, however the sleeve friction was maximum at 10% sand content. Taking considerations of all mix ratios, maximum dry density reduces with optimum moisture content, which range from 10% to 12.5%

KANDUNGAN

ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
PENHARGAAN	I
ABSTRAK	II
ABSTRACT	III
KANDUNGAN	IV
SENARAI RAJAH	VIII
SENARAI JADUAL	X
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 LATAR BELAKANG KAJIAN	1
1.2 PEMADATAN	2
1.3 KENYATAAN MASALAH	3
1.4 OBJEKTIF KAJIAN	6
1.5 SKOP KAJIAN	7
BAB 2 KAJIAN PERSURATAN	8
2.1 PENGENALAN	8
2.2 KAEDAH PENCAMPURAN TANAH	8
2.3 UJIAN-UJIAN YANG DIJALANKAN	9
2.5 KAJIAN TANAH	11
2.5.1 Tanah Laterit	11
2.5.1.1 Sifat Keplastikan Tanah Laterit	12
2.5.1.2 Sifat Mampatan	13
2.5.2 Pasir	14
2.5.2.1 Penstabilan Dengan Pasir	15

BAB 3	METODOLOGI KAJIAN	16
3.1	PENGENALAN	17
3.2	PENGENALPASTIAN PERALATAN DAN PENYEDIAAN BAHAN MENTAH	17
3.3	UJIKAJI MAKMAL	18
3.3.1	Analisis Ayakan dan Ujian Hydrometer	18
3.3.2	Ujian Proctor	18
3.3.3	Ujian Proba Mackintosh dan Penusukan Kon (Piezocone)	19
3.4	ANALISIS KEPUTUSAN UJIKAJI MAKMAL	19
BAB 4	KEPUTUSAN	20
4.1	AYAKAN MEKANIKAL DAN HIDROMETER ANALISIS	20
4.1.1	Ayakan Mekanikal	20
4.1.2	Hidrometer Analisis	22
4.2	KEPUTUSAN UJIAN ATTERBERG BAGI TANAH LATERIT	25
4.2.1	Had Plastik	25
4.2.2	Had Cecair	26
4.3	PENENTUAN GRAVITI TENTU TANAH	28
4.4	UJIAN PROCTOR UBAHSUAI DAN UJIAN NISBAH GALAS CALIFORNIA	29
BAB 5	PERBINCANGAN	30
5.1	UJIAN PROCTOR	30
5.2	NISBAH GALAS CALIFORNIA	32

5.3	PROBA MACKINTOSH	36
5.4	PENUSUKAN KON	37
BAB 6	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
	PENYELIDIKAN LANJUTAN	40
	RUJUKAN	41
LAMPIRAN A	UJIAN MAKMAL YANG DIJALANKAN	42
	Had Atterberg	42
	Ujian Hidrometer	46
	Penentuan Graviti Tentu Tanah	52
	Ujian Proctor	54
	Ujian Nisbah Galas California (CBR)	56
	Ujian Penusukan Kon (Piezocone)	60
	Ujian Proba Mackintosh	63
LAMPIRAN B	KEPUTUSAN UJIAN PROCTOR	65
LAMPIRAN C	KEPUTUSAN UJIAN NISBAH GALAS CALIFORNIA (CBR)	87
LAMPIRAN D	KEPUTUSAN UJIAN PENUSUKAN KON (PIEZOCONE)	109
LAMPIRAN E	KEPUTUSAN UJIAN PROBA MACKINTOSH	120
LAMPIRAN F	LOG UJIAN PENUSUKAN KON (PIEZOCONE)	121

SENARAI JADUAL

Jadual	Tajuk	Muka Surat
1.1	Sistem pengkelasan yang dicadangkan bagi tanah laterit	5
1.2	Kombinasi sampel bagi tanah laterit dan pasir yang diuji	7
4.1	Graf menunjukkan analisis ayakan mekanikal bagi pasir	20
4.2	Penentuan saiz zarah kaedah hidrometer	23
4.3	Had plastik	25
4.4	Had cecair	26
4.5	Penentuan graviti tentu tanah laterit	28
4.6	Keputusan ujikaji Proctor Ubahsuai, Ujian Nisbah Galas California, Ujian Penusukan Kon (piezocone) dan Ujian Proba Mackintosh	29

SENARAI RAJAH

Rajah	Tajuk	Muka Surat
1	Perbezaan susunan butiran di antara tanah tidak terpadat dengan tanah terpadat	2
2	Contoh keputusan ujian penusukan kon (piezocone)	10
3.1	Carta aliran bagi metodologi kajian	16
4.1	Analisis ayakan mekanikal bagi pasir	21
4.2	Analisis hidrometer bagi tanah laterit	24
4.3	Penusukan lawan kandungan kelembapan	27

5.1	Hubungan di antara ketumpatan kering maksimum dengan kandungan laterit	31
5.2	Hubungan di antara kandungan lembapan optimum dengan kandungan laterit	32
5.3	Graf menunjukkan nilai Nisbah Galas California (NGC) melawan peratusan kandungan laterit	33
5.4	Nilai ketumpatan kering dalam ujian NGC melawan peratusan pasir dalam campuran tanah laterit dan pasir	36
5.5	Bilangan hentaman dengan meningkatnya kandungan laterit	37
5.6	Kedudukan selongsong geseran, kon dan pengukur tekanan air liang	38
5.7	Rintangan kon dengan meningkatnya kandungan laterit	
5.8	Geseran tempatan dengan meningkatnya kandungan laterit	39
5.9	Nilai SPT dengan meningkatnya kandungan laterit	

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang Kajian

Dalam amalan kejuruteraan geoteknik, tanah pada sesuatu tapak yang diberi selalunya kurang sempurna bagi tujuan yang dikehendaki. Tanah mungkin lemah, mempunyai kebolehmampatan yang tinggi atau mempunyai kebolehtelapan yang tinggi daripada yang diinginkan. Bagi mengatasi masalah ini, tanah tersebut perlu distabilkan atau diperbaiki ciri kejuruteraan tanah pada tapak tersebut, dan biasanya penyelesaian sebegini adalah lebih ekonomik berbanding pemilihan tapak yang baru. Penstabilan biasanya dilakukan secara mekanikal atau kimia, tetapi terdapat juga penstabilan yang menggunakan haba dan elektrik. Kaedah-kaedah lain bagi menstabilkan tanah termasuk juga penyahairan dan prapembebanan. Penyahairan adalah proses di mana air bumi di dalam tanah disingkirkan atau dikurangkan, manakala prapembebanan ialah mengenakan beban tambahan atau surcay pada tanah asas dengan satu beban lebih sementara untuk menambahkan kekuatan dan mengurangkan enapan. Kekuatan tanah secukupnya adalah perlu terutamanya bagi pembinaan struktur bumi tetapi adalah tidak ekonomik juga jika sesuatu kaedah penstabilan tanah memakan kos yang tinggi.

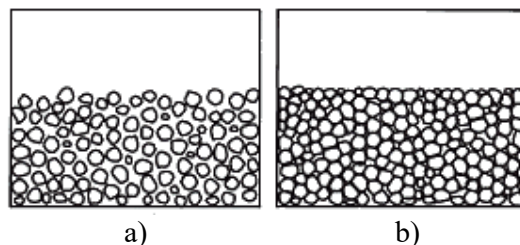
Kaedah pencampuran tanah yang lemah dengan bahan-bahan seperti simen, kapur dan abu terhancur banyak dipraktikkan di serata dunia kini. Bahan seperti simen merupakan satu bahan binaan yang sering digunakan sejak dari dahulu lagi kerana sifatnya yang lengai dan mempunyai sifat sebagai agen pengikat yang baik manakala bahan-bahan seperti kapur dan abu terhancur merupakan bahan sampingan yang banyak digunakan dalam industri. Penggunaan bahan-bahan terbuang ini merupakan satu jalan kepada pengurangan sisa insdustri di samping menyediakan bahan kepada penstabilan tanah. Kajian berkenaan dengan pencampuran tanah ini telah banyak dijalankan dan melalui

kajian yang telah dijalankan ini juga muncul idea untuk menjalankan kajian ini. Berdasarkan kajian yang lepas, kesan pencampuran tanah telah dianalisis berdasarkan nilai ujian Nisbah Galas California (CBR) dengan menjalankan ujian terhadap campuran pasir dan tanah liat, dan kini ujian tersebut dijalankan dengan menggunakan spesimen campuran laterit dan pasir. Campuran ini dipilih berikutan penggunaan meluas laterit sebagai bahan turapan jalan dan sifat-sifat laterit itu sendiri yang mempunyai pelbagai kelemahan. Campuran pasir dan laterit ini juga merupakan kaedah termurah yang boleh dipraktikkan dengan sumber yang mudah didapati.

1.2 Pemadatan

Pemadatan merupakan satu kaedah penstabilan tanah, di mana tanah ditumpatkan dengan menggunakan tenaga mekanik untuk menyingkirkan udara yang mengisi lompang-lompang di dalam tanah. Pemadatan juga melibatkan pengubahsuaian kandungan air dan juga penggredan tanah. Objektif pemadatan tanah adalah memperbaiki sifat kejuruteraan jisim tanah dan kebaikan pemadatan adalah :

- 1) Enapan yang merbahaya boleh dikurangkan atau dielakkan.
- 2) Kekuatan tanah bertambah dan kestabilan cerun boleh diperbaiki
- 3) Keupayaan galas bagi subgred turapan boleh diperbaiki.
- 4) Perubahan isipadu yang tidak dikehendaki boleh dikawal.



Rajah 1 : Menunjukkan perbezaan susunan butiran di antara a) tanah yang tidak terpadat dengan b) tanah terpadat.

Kerja-kerja pemadatan melibatkan fungsi empat pembolehubah, iaitu :

- 1) Ketumpatan kering, ρ_d
- 2) Kandungan air, w
- 3) Usaha memadat atau tenaga pemadatan
- 4) Jenis tanah

Usaha memadat adalah berbeza di antara di dalam makmal dengan pemadatan di lapangan. Tenaga pemadatan di lapangan adalah jumlah laluan atau liputan penggelek tertentu yang mempunyai jenis dan berat yang berlainan bergantung kepada kawasan tanah manakala pemadatan di dalam makmal adalah melalui hentaman, dinamik, pengulian atau pemadatan statik.

1.3 Kenyataan Masalah

Tanah laterit merupakan bahan berkerikil yang terhasil secara semulajadi dan sering menjadi pilihan dalam pembinaan jalan sebagai tapak atau subtapak jalan. Bagaimanapun, dalam kebanyakan kes, tanah ini tidak menepati spesifikasi tapak jalan konvensional dan dengan itu memerlukan penjagaan dan pertimbangan perlu diberi bagi menggunakan tanah laterit sebagai tapak jalan. Berikut adalah panduan dan perincian maklumat mengenai :

- 1) Sifat semulajadi dan asal tanah laterit.
- 2) Pencarian sumber atau longgokan tanah laterit.
- 3) Pengenalan dan pengkelasan tanah laterit
- 4) Masalah berkaitan dengan penggunaan tanah laterit sebagai bahan pembinaan jalan.
- 5) Kaedah dan parameter yang digunakan bagi membolehkan penggunaan kerikil laterit.

Sifat Semulajadi dan Asal Tanah Laterit

Laterit adalah pedogenik dan terhasil akibat tindakan melampau cuaca dan terbentuk melalui penumpuan oksida terhidrat besi dan aluminium, dan mengalami pengoksidaan bagi membentuk satu mendapan tak terlarut daripada zarah-zarah halus. Pemekatan dan penyahhidratan yang berterusan dan penyimenan seterusnya membentuk penkonkritan nodul atau lekatan antara zarah-zarah seterusnya membentuk satu yang struktur jisim yang mengandungi rongga atau indung madu (*honeycombs*)

Tanah laterit juga dikenali dengan nama-nama berikut : Brickstone (India), Cabook (Ceylon), Canga (Brazil), Carapace (France), Cuirasse (France), Eisenkruste (Germany), Iron clay (India), Ironstone (Nigeria), Krusteneisensteine (Germany), Laterite (India), Mantle rock (Ghana), Moco de hierro (Venezuela), Murrum (Afrika Timur), Picarra (Brazil), Pisolite (Australia), Plinthite (USA) dan Ferricrete (Afrika Selatan).

Tanah laterit terbentuk melalui proses kimia-fizikal di kawasan-kawasan tropika pada batuan asal yang kaya dengan oksida besi dan aluminium dan di sesetengah kawasan yang mengandungi silika. Oksida besi terhidrat, FeO yang mudah melarut akan melarut di dalam air dan mula mengalir keluar dari batuan utama bersama dengan aluminium oksida kepada tanah hos. Pengoksidaan seterusnya terjadi kepada oksida besi seterusnya menghasilkan ferik oksida (Fe_2O_3) yang tidak larut dan mendap ke dalam zarah-zarah halus lalu terhasil pekatan oksida. Pekatan yang terhasil pula boleh terhasil dari longgokan baki atau daripada larutan, pergerakan dan mendapan kimia. Kepekatan meningkat apabila lembapan hilang dan menghasilkan diskret nodul lembut tanah disimen kepada mendapan batuan. Proses ini dan pengerasan seterusnya nodul-nodul dirujuk sebagai perkembangan pengkonkritan. Kehadiran oksida besi dan aluminium

bersama dengan silika dan mineral tanah liat kaolinit pada kadar variasi yang berbeza memberikan laterit warna merah, ungu, kuning dan perang yang jelas di mana warna merah menunjukkan kehadiran sejumlah besar oksida besi.

Bergantung kepada darjah perkembangan pengkonkritan, sifat-sifat fizikal tanah laterit berbeza dari bentuk tanah kepada bahan berbentuk batuan. Sistem pengkelasan adalah seperti di dalam jadual di bawah.

Jadual 1.1 : Sistem pengkelasan yang dicadangkan bagi tanah laterit

<i>Age</i>	<i>Recommended Name</i>	<i>Characteristics</i>	<i>Equivalent terms in literature</i>
<i>Imature (young)</i>	<i>PLINTHITE</i>	<i>Soil fabric containing a significant amount of laterite material. Hydrated oxides at the expense of some soil material. Unhardened nodules present, but may be slight evidence of concretionary development</i>	<i>Plinthite, laterite, lateritic clay</i>
	<i>NODULAR LATERITE</i>	<i>Distinct hard concretionary nodules present as separate particles</i>	<i>Laterite gravel, ironstone gravel, pisolitic gravel</i>
	<i>HONEYCOMB LATERITE</i>	<i>Concretions have coalesced to form a porous structure which may be filled with soil material.</i>	<i>Vesicular laterite pisolitic ironstone, cellular ironstone, spaced pisolitic laterite</i>
	<i>HARDPAN LATERITE</i>	<i>Indurated laterite layer, massive and tough.</i>	<i>Ferricrete, ironstone, laterite crust, vermiform laterite, packed pisolitic laterite</i>
<i>Mature (old)</i>	<i>SECONDARY LATERITE</i>	<i>May be nodular honeycomb or hardpan, but is result of erosion of pre-existing layer and may display brecciated appearance.</i>	

Masalah

- Tanah laterit dalam kebanyakan kes, tidak mematuhi spesifikasi konvensional bagi pembinaan jalan, terutama bagi tapak jalan.
- Laterit melalui perubahan sifat semasa pembinaan. Sifat laterit yang paling sensitif adalah dari segi taburan saiz zarah di mana nodul-nodulnya cenderung untuk hancur di bawah tekanan berat.

1.4 Objektif Kajian

- i). Untuk mengenalpasti taburan saiz bijian dan kandungan kelembapan bagi laterit dan nisbah pencampuran yang dapat memperbaiki sifatnya.
- ii). Untuk mengenalpasti Nisbah Galas California (CBR) bagi campuran tanah yang optimum
- iii). Mendapatkan nisbah campuran di antara pasir dengan laterit yang memberikan kekuatan yang terbaik.

1.5 Skop Kajian

Peringkat ini melibatkan pemahaman terhadap sifat pasir dan tanah laterit. Ia juga melibatkan pemahaman terhadap kaedah, jenis ujian dan alat ujikaji yang akan digunakan untuk menentukan sifat-sifat asal bagi tanah laterit dan taburan saiz zarah bagi pasir serta tanah laterit.

Ujian Proctor dan Nisbah Galas California dijalankan ke atas pelbagai jenis campuran tanah laterit dan pasir. Kandungan kelembapan optimum setiap kombinasi tanah dikenalpasti dan Nisbah Galas California diukur. Jadual di bawah menunjukkan kombinasi tanah bagi sampel-sampel yang diuji.

Jadual 1.2 : Kombinasi Sampel Bagi Laterit Dan Pasir Yang Diuji

Sampel	Tanah laterit (%)	Pasir (10%)
1	100	0
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40
6	50	50
7	40	60
8	30	70
9	20	80
10	10	90
11	0	100

BAB 2

KAJIAN PERSURATAN

2.1 Pengenalan

Tanah komposit adalah tanah yang biasa digunakan bagi teknik pembaikan tanah di mana tanah yang tidak kukuh atau lembut diperkukuhkan dengan menggunakan tanah yang kukuh. Dalam sesetengah kes, tanah lemah di kawasan terbabit diperkuatkan dengan kaedah pencampuran dalam (*deep mixing*), penggunaan tiang batu (*stone columns*) atau cerucuk pasir terpadat (*sand compaction piles*). Kawasan yang sedemikian biasanya ditakrifkan sebagai kawasan bertanah komposit (*composite ground*). Dalam sesetengah kes, matriks tanah yang terdiri dari campuran tanah lembut dan kukuh juga dikenali sebagai tanah tercampur. Penyelidikan terhadap sifat-sifat tanah komposit atau tercampur ini merupakan satu topik yang menarik dalam bidang kejuruteraan geoteknik. Sehingga ke hari ini, sifat mekanikal bagi tanah tercampur belum lagi difahami sepenuhnya berikutan keadaan tidak homogen (*non-homogeneous*) struktur mikro matriks tanah tersebut.

2.2 Kaedah Pencampuran Tanah – Satu Kaedah Penstabilan

Di dalam menjalankan ujian terhadap sampel tanah yang terbabit, terdapat beberapa pilihan yang telah dibuat. Berdasarkan projek tahun akhir sebelum ini, kaedah ujikaji utama yang dipilih bagi menentukan parameter tanah tercampur yang akan dihasilkan adalah Ujian Proba Mackintosh, Ujian CBR, Ujian Ketumpatan di Tapak dan Ujian Penusukan kon. Sebelum ujian-ujian utama ini dilakukan, terlebih dahulu sampel tanah pasir dan laterit diambil dan diklasifikasikan berdasarkan Sistem Pengkelasan Tanah Bersekutu (*Unified Soil Classification System*) dan tiap-tiap sampel tanah yang akan digunakan akan ditentukan parameter-parameter seperti taburan saiz zarah, had-had Atterberg dan graviti tentu masing-masing.

2.3 Ujian-Ujian Yang Dijalankan

Ujian Penusukan Kon

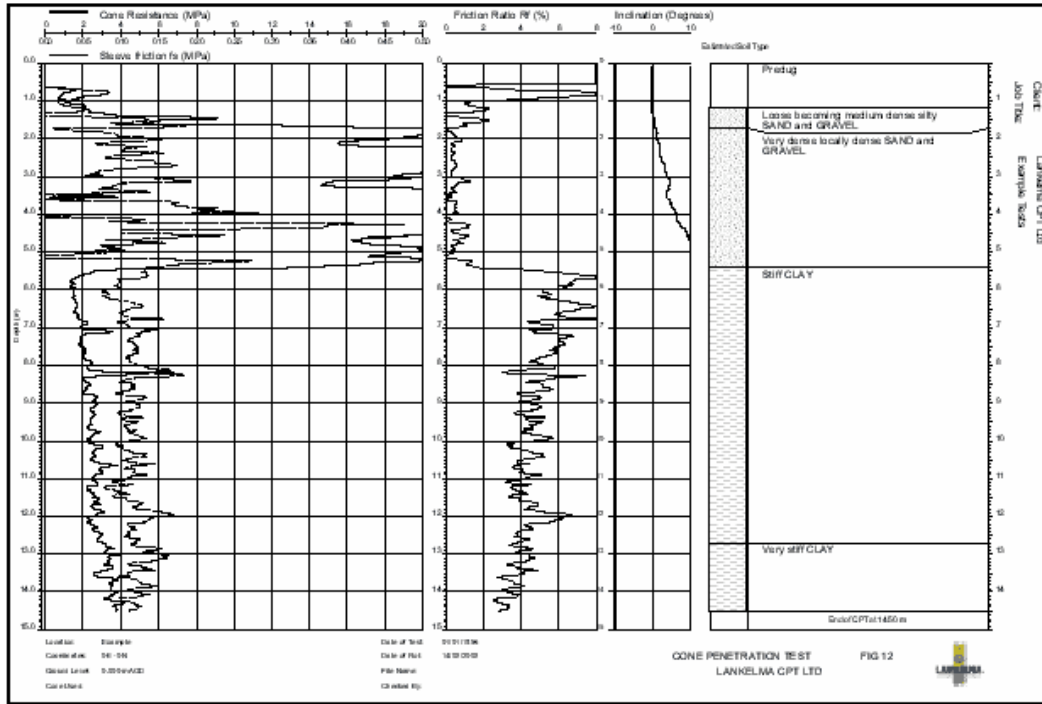
Ujian Penusukan Kon dijalankan dengan menggunakan penetrometer berbentuk silinder dengan hujung berbentuk kon dan ditusuk ke dalam tanah pada kadar penusukan yang tetap. Semasa penusukan dijalankan, daya pada hujung kon dan geseran pada gegelang diukur. Biasanya pengukuran dibuat berdasarkan pemindahan data secara elektronik, dengan frekuensi pengukuran yang jitu terhadap maklumat keadaan tanah. Keputusan dari Ujian Penusukan Kon, secara prinsipnya boleh digunakan bagi menilai :-

- 1) Keadaan Strata Tanah
- 2) Jenis Tanah
- 3) Ketumpatan Tanah dan Keadaan Tegasan
- 4) Parameter Kekuatan Ricih Tanah

Berdasarkan sejarah dan rekod, ujian ini mula dipraktikkan pada 1917 dan mula dikenali sebagai ujian penusukan Dutch pada 1932 apabila diperkenalkan dengan bentuk yang digunakan sehingga ke hari ini. Ujian ini juga dikenali sebagai ujian penusukan statik dan ujian pemerum Dutch (*Dutch Sounding Test*). Pada hari ini, ujian penusukan kon ini dibahagikan kepada 3 jenis

- 1) Penetrometer kon mekanikal
- 2) Penetrometer kon elektrik
- 3) Piezocone

Di dalam menjalankan ujikaji ini, jenis kon yang akan digunakan adalah piezocone. Kon jenis ini digunakan bersesuaian dengan kehendak semasa yang mana kon jenis ini sering digunakan.



Rajah 2 : Contoh keputusan Ujian Penusukan Kon (Piezocone)

Ujian Proba Mackintosh

Ujian proba Mackintosh adalah salah satu ujian yang paling mudah bagi menentukan strata tanah secara ringkas. Kelebihan ujian ini adalah ianya mudah dijalankan, tetapi kekurangan ujian ini adalah ia hanya boleh digunakan sehingga kedalaman 15 meter sahaja. Ia adalah satu ujian yang murah dan tidak memerlukan pengambilan sampel serta pengoperasian yang mudah. Ujian yang juga dikenali sebagai proba JKR ini masih lagi digunakan secara meluas di negara kita, terutama sekali bagi projek-projek di bawah pengawasan Jabatan Kerja Raya (JKR).

UJIAN NISBAH GALAS CALIFORNIA (*CBR*)

Nisbah Galas California dikembangkan oleh Jabatan Lebu Raya Negeri California. Ia menekankan satu ujian penusukan mudah ke atas subgred jalan untuk mengetahui kekuatannya. Secara tradisional tanah yang distabilkan dengan menggunakan pengikat seringkali dikaji untuk mendapatkan peratusan pengikat yang akan memberi nilai Nisbah Galas California yang paling maksimum. Tetapi hubungan antara tanah dan kombinasinya seringkali diabaikan oleh para kaji selidik. Walaupun kajian literatur ini tidak mempunyai banyak jurnal mengenai campuran pasir dan tanah laterit tetapi sifat pasir dan tanah laterit akan dibincangkan di bahagian seterusnya. Hubungkait antara nilai Nisbah Galas California dan jenis-jenis pengikat akan dijadikan rujukan dalam kaji selidik perhubungan nilai Nisbah Galas California dan kombinasi tanah.

2.5.1 Tanah Laterit

Sesetengah tanah laterit dan kelikir sangat sesuai untuk pembinaan subgred dan sub tapak bagi pembinaan jalan kerana bahan tersebut senang diperoleh dan senang dikerjakan. Menurut Ackroyd (1960), tanah laterit dan kelikir secara semula jadi stabil dari segi pengredan kerana terdapat tanah liat di dalamnya yang berfungsi sebagai pengikat. Sifat tanah laterit dalam struktur turapan adalah berdasarkan :

- 1) Sifat saiz zarah,
- 2) Kekuatan semula jadi zarah kelikir (pisoliths),
- 3) Tahap tanah dimampatkan,
- 4) Isipadu trafik,
- 5) Cuaca,
- 6) Regim hidrologi di tapak kejuruteraan dan kawasan topografi.

Menurut Thagessen (1996) apabila pengredan kelikir laterit hampir kepada taburan saiz zarah stabil secara mekanikal, prestasi bahan akan memuaskan tapak jenis belum distabilkan dan/atau sub tapak di jalan kelikir yang menampung isipadu trafik yang rendah. Menurut Arulanandan (1969), prestasi turapan laterit yang baik adalah mempunyai sifat kelikir laterit yang menunjukkan kekuatan yang memadai, tidak terlalu mampat, dan dibekalkan penyaliran yang bermutu. Kelikir keras yang lemah cenderung pecah semasa mampatan seperti dibebani trafik yang berulang. Hal ini akan menyebabkan penambahan butiran-butiran halus. Keadaan akan lebih buruk apabila air bertindak sebagai agen pelembut dan mengurangkan kekuatannya seterusnya menyebabkan kegagalan.

Taburan saiz zarah tanah laterit membekalkan maklumat pengelasan dan pengenalpastian tanah, sifat kebolehmampatan, kebolehtelapan dan daya pengampulan.

2.5.1.1 Sifat Keplastikan Tanah Laterit

Sifat zarah tanah digambarkan dalam Had Atterberg. Had Atterberg memberikan maklumat dibawah:

- (1) Satu pengelasan dan pengenalpastian mengenai tanah yang diberikan,
- (2) Tekstur,
- (3) Sifat kekuatan dan kebolehmampatan,
- (4) Potensi pengampulan tanah atau kapasiti muatan air.

Had Atterberg bergantung kepada kandungan lempung, menurut Piaskowski keplastikan meningkat apabila kandungan lempung meningkat, hanya mineral berbentuk kepingan dan plat akan menyebabkan keplastikan antara mineral-mineral tanah semula jadi. Menurut Baver (1930), ini adalah sifat daripada permukaan yang

luas meningkatkan persentuhan antara zarah berbentuk plat, komposisi kimia tanah sekeliling; kapasiti serapan bagi permukaan berkoloid kation dan molekul air berkurangan seterusnya nisbah silika kepada sesquioksida juga berkurangan ini merupakan prinsip kation boleh tukar semula jadi. Semua ini merupakan aspek yang perlu dipertimbangkan dalam keplastikan tanah. Menurut Hough (1959) bahan organik boleh meningkatkan keplastikan.

Menurut Fookes (1997), air suling perlu digunakan untuk meminimumkan kesan pertukaran ion dalam keplastikan. Tanah mungkin mengandungi oksida hidrat dari ferum dan aluminium yang boleh mengakibatkan pengurangan keplastikan semasa pengeringan. Ini adalah kerana penyahhidratan sesquioksida menghasilkan pengikat yang lebih kuat antara zarah yang akan mengurangkan penusukan oleh air. Tetapi proses ini tidak berbalikan apabila melembapkannya sekali lagi. Kesan adalah berlaku semasa penyahhidratan terutama pengeringan dalam oven dengan suhu yang lebih tinggi.

Menurut Vargas (1953), kajian tentang hubungkait kelembapan semula jadi dan had plastik serta had cecair telah menunjukkan kelembapan semula jadi adalah lebih kurang daripada had plastik dalam tanah laterit biasa. Menurut Hirashima (1948) pula, tanah laterit dari kawasan hujan lebat mungkin mempunyai kelembapan yang lebih tinggi dari had cecair.

2.5.1.2 Sifat Mampatan

Ciri mampatan tanah laterit boleh ditentukan berdasarkan ciri pengredan dan keplastikan butiran halus. Kebanyakan tanah laterit mengandungi campuran kuartz dan partikel kasar yang keras, campuran ini boleh berubah dari keras ke lembut. Kekuatan partikel ini banyak mempengaruhi keputusan mampatan di tapak dan makmal serta

prestasi turapan jalan. Menurut Ackroyd (1963), butiran kasar yang lemah akan berpecah belah apabila proses penggulingan dan pembebanan seterusnya menyebabkan peningkatan peratusan partikel halus dalam tanah. Darjah kepecahan adalah berkaitan dengan kandungan ferum oksida dan darjah penyahhidratan. Jika kandungan ferum oksida dan darjah penyahhidratan tinggi, partikel akan menjadi semakin keras.

Menurut Lambe (1958), faktor peletakan (kelembapan, darjah mampatan, dan cara mampatan berkesan) juga mempengaruhi ciri mampatan. Setiap peletakan akan menyebabkan perubahan dari segi kebolehtelapan, kebolehmampatan, pengampulan, kekuatan dan ciri tegasan terikan. Seperti contoh yang diberikan oleh Brand et al (1969) tanah dimampat di sebelah fasa kering kelembapan optimum ampul lebih daripada tanah yang dimampat di sebelah fasa basah kerana tanah yang dimampat di sebelah fasa kering mempunyai kelembapan yang kurang dan darjah ketepuan yang lebih rendah. Tetapi menurut Lambe (1958) tanah yang dimampat di fasa yang lebih basah sebelah kelembapan optimum akan mengalami pengecutan yang lebih apabila pengeringan jika dibandingkan dengan fasa kering sebelah kelembapan optimum.

2.5.2 Pasir

Pasir merupakan salah satu jenis tanah yang penting dalam pembinaan. Pasir juga banyak digunakan untuk proses penambakan semasa penyediaan tapak untuk pembinaan bangunan, lebuhraya, empangan dan sebagainya. Semasa penambakan darjah mampatan dan rintangannya perlu dikenapasti.

Menurut Sistem Pengelasan Piawai Casagrande, tanah yang mengandungi 50% partikel lebih kasar daripada ayak #200 dan 50% partikel lebih halus daripada ayak #4 adalah pasir. Bukaan bagi ayak #200 adalah 75 mikrometer manakala bukaan #4 adalah 4.75

milimeter. Jika jumlah partikel halus daripada 75 mikrometer adalah banyak maka tanah tersebut adalah empung. Manakala jumlah partikel kasar daripada 4.75 milimeter adalah banyak maka tanah tersebut adalah kelikir.

Dengan lebih memahami pasir melalui kajian hubungkait dengan air, pepejal dan udara, pengenalpastian kandungan air (kandungan air dalam pasir berkeadaan biasa), nisbah lompong (jumlah ruang wujud antara zarah) dan keliangan (jumlah isipadu bagi liang). Dengan penunjuk tersebut kebolehtelapan, keanjalan, keplastikan, kejeleketan, kekuatan ricih, kebolehmpatan, pengecutan dan pengaruh fros yang merupakan maklumat penting bagi bidang kejuruteraan boleh ditentukan.

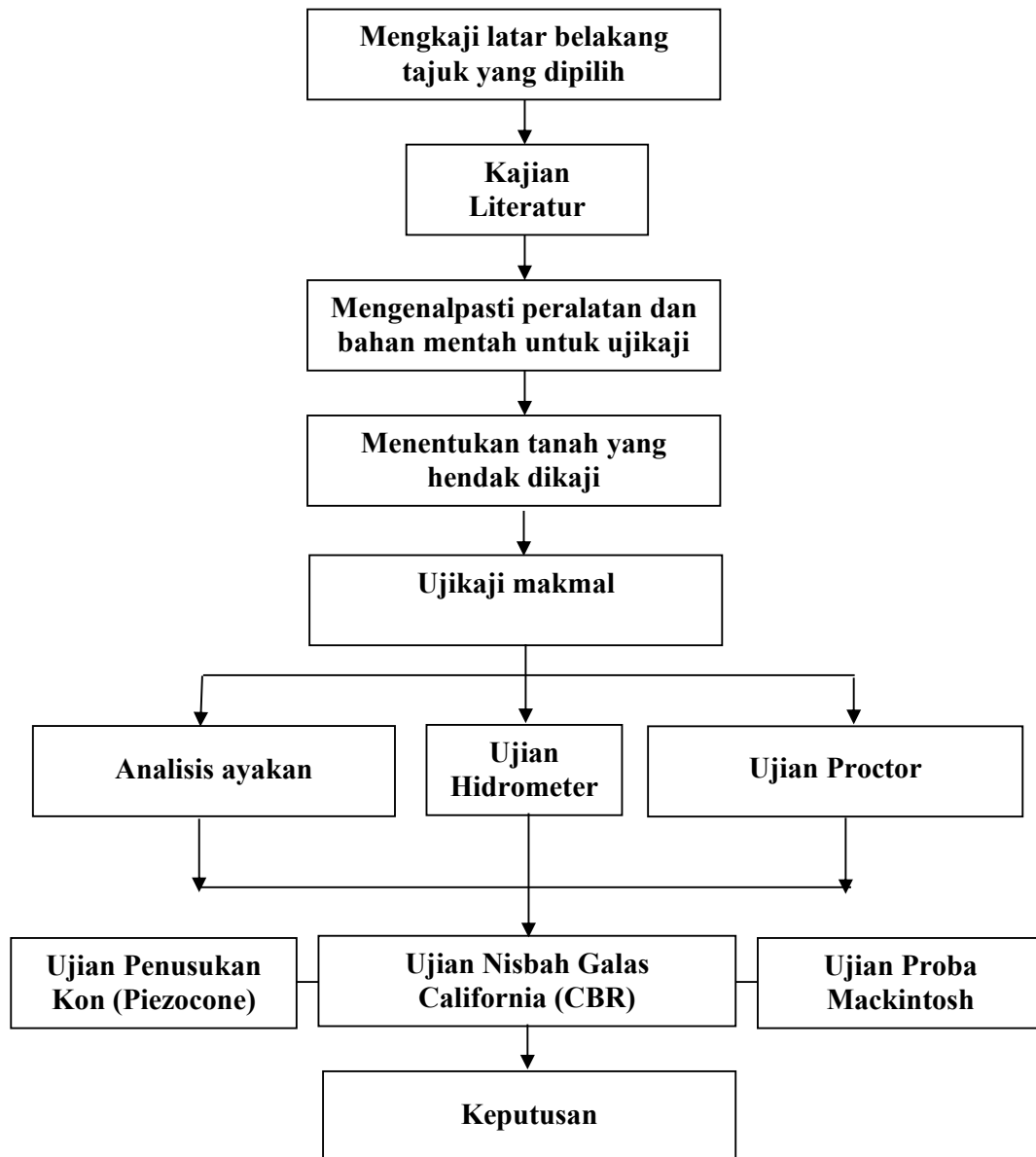
2.5.2.1 Penstabilan dengan Pasir

Menurut Ashworth (1970), kebanyakan kelikir sela pengredannya adalah kekurangan komponen pasir dan saiz zarah kelodak. Pertambahan pasir boleh membaiki lengkung pengredan seterusnya akan membaiki sifat mampatan bagi tanah laterit, pengurangan keplastikan zarah halus, dan sifat pengampulan.

BAB 3

METODOLOGI KAJIAN

Rajah 3.1 menunjukkan carta aliran bagi metodologi kajian. Semua langkah kajian dinyatakan dengan jelas dan mengikut urutan.



Rajah 3.1 : Carta Aliran Bagi Metodologi Kajian

3.1 Pengenalan

Setelah tajuk cadangan kajian dikenalpasti, kajian latar belakang seperti sifat-sifat dan taburan kawasan laterit dijalankan melalui beberapa sumber iaitu internet, jurnal dan buku rujukan. Latar belakang kajian yang lebih terperinci iaitu objektif kajian dan skop kajian adalah seperti yang dijelaskan dalam Bab 1.

Kajian persuratan dijalankan untuk mendapatkan maklumat daripada kajian lain yang berkaitan dengan ujikaji dan bahan yang digunakan dalam kajian. Bahagian ini telah dibincangkan dengan terperinci dalam bab sebelum ini. Jurnal-jurnal dianalisis untuk meramal keputusan daripada ujikaji yang dijalankan. Sifat-sifat asal bahan mentah ujikaji juga dikenalpasti untuk menentukan tatacara dan jenis ujikaji yang akan dijalankan.

3.2 Pengenalpastian Peralatan dan Penyediaan Bahan Mentah

Semua peralatan dan tatacara dikenalpasti dan semakan peralatan dilakukan bersama dengan juruteknik dan penyelia untuk memastikan semua peralatan dalam keadaan baik. Tatacara juga disemak dengan Piawaian British untuk memastikan keputusan ujikaji yang diperolehi jitu dan persis. Bahan mentah diperiksa untuk memastikan ujikaji boleh dijalankan dengan sempurna tanpa masalah kehabisan bahan mentah.

Dalam kajian ini bahan mentah yang terlibat adalah tanah laterit dan pasir. Dua jenis bahan mentah ini dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 105°C untuk memastikan tiada kelembapan dalam bahan mentah. Setelah dikeringkan pasir akan ditempatkan dalam bungkusan plastik bagi mengelakkan kelembapan atmosfera meresap masuk ke dalam tanah kering tersebut. Ketulan-ketulan laterit yang besar

dipecahkan menjadi pecahan yang lebih kecil sebelum dibungkus dengan baik di dalam bungkus plastik.

3.3 Ujikaji Makmal

Ujian yang terperinci diperlukan untuk menentukan sifat mampatan, nilai Nisbah Galas California dan parameter yang lain. Jadi semua ujikaji memerlukan pematuhan kehendak spesifikasi tentang taburan zarah bijian (ujian hidrometer) Had Cecair (LL), Indeks Keplastikan (PI), graviti tentu zarah, nilai CBR, dan ketumpatan kering maksimum.

3.3.1 Analisis Ayakan dan Ujian Hidrometer

Pada permulaan kajian, ujian Had Atterberg, ujian hidrometer dan ayakan mekanikal, ujian penentuan graviti tentu zarah telah dijalankan dahulu untuk mengetahui sifat-sifat semula jadi bagi tanah laterit dan tanah pasir. Tatacara lengkap bagi semua ujian ini boleh didapati di bahagian lampiran.

3.3.2 Ujian Proctor

Ujian Proctor dan Nisbah Galas California dijalankan bagi semua jenis campuran laterit dan pasir. (Kandungan pasir 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%) Kandungan lembapan optimum setiap campuran tanah dikenalpasti melalui ujian Proctor dan kelembapan tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai Nisbah Galas California. Langkah ini membolehkan nilai Nisbah Galas California bagi ketumpatan kering maksimum campuran tanah laterit dan pasir

ditentukan. Tatacara lengkap bagi ujian Proctor dan Nisbah Galas California boleh didapati di bahagian lampiran.

3.3.3 Ujian Proba Mackintosh dan Penusukan Kon (Piezocone)

Ujian proba Mackintosh dan Penusukan Kon dijalankan setelah kedua-dua ujian Proctor dan Nisbah Galas California dijalankan. Ujian proba Mackintosh dijalankan sebagai perbandingan kepada ujian penusukan kon yang dilakukan kemudian. Selain itu juga pelaksanaan kedua-dua ujikaji ini juga merupakan satu pendedahan dan pengalaman di mana penggunaan alatan ujian ini tidak pernah dipraktikkan semasa pembelajaran di dalam makmal.

3.4 Analisis Keputusan Ujikaji Makmal

Data-data direkodkan dan analisis keputusan ujikaji termasuk pemplotan graf dilakukan. Keputusan-keputusan yang diperolehi dalam kajian ini ditunjukkan dalam Bab 4 manakala Bab 5 pula membincangkan keputusan-keputusan kajian tersebut dengan terperinci.

BAB 4
KEPUTUSAN

4.1 Ayakan Mekanikal dan Hidrometer Analisis

4.1.1 Ayakan Mekanikal

Jadual 4.1 menunjukkan keputusan analisis ayakan mekanikal bagi pasir dan Rajah 4.1 menunjukkan graf yang diplot mengikut data dalam Jadual 4.1. Graf analisis ayakan mekanikal menunjukkan bawah pasir yang digunakan dalam kajian ini merupakan pasir sederhana kasar. Daripada ayakan mekanikal yang dijalankan lebih daripada 99% sampel pasir berada dalam julat 2.36 mm hingga 0.6 mm.

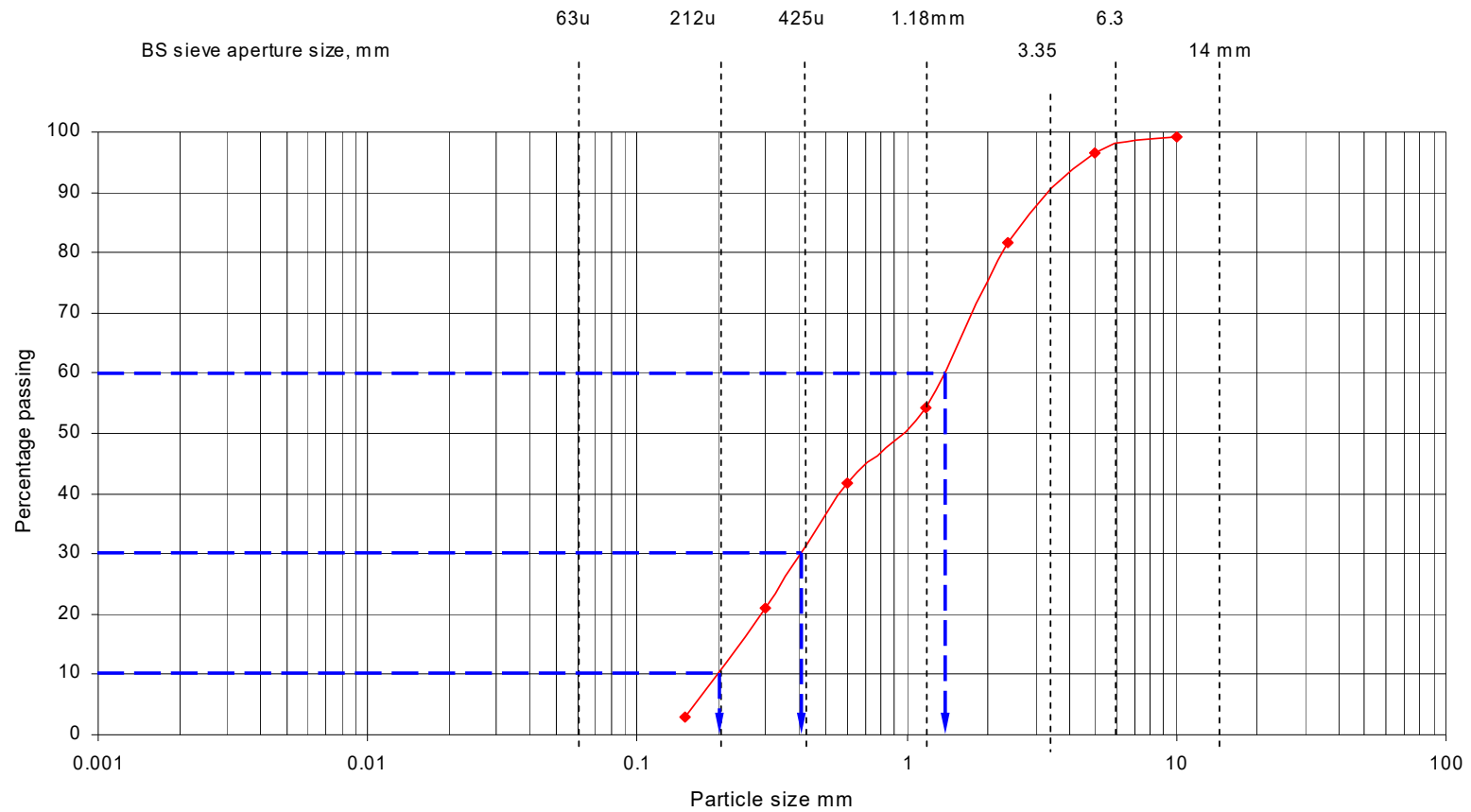
Jadual 4.1 : Keputusan Analisis Ayakan Mekanikal Bagi Pasir

No Ayak (mm)	Berat Ayak (g)	Berat Ayak + Jisim Tertahan (g)	Jisim Tertahan (g)	% Jisim Tertahan	% Jisim Melempi
10	422.7	426.9	4.2	0.84	99.16
5	440.7	454.1	13.4	2.68	96.48
2.36	452.5	526.8	74.3	14.86	81.62
1.18	389.5	526.3	136.8	27.36	54.26
0.6	372.2	434.4	62.2	12.44	41.82
0.3	354.7	459.4	104.7	20.94	20.88
0.15	327.7	417.1	89.4	17.88	3
pan	396.4	411.1	14.7	2.94	

$\Sigma = 500$

$\Sigma = 100$

Jisim tanah kering sebelum ayakan : 500.0 g



	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES
CLAY	SILT			SAND			GRAVEL			

Rajah 4.1 : Analisis Ayakan Mekanikal Bagi Pasir

4.1.2 Hidrometer Analisis

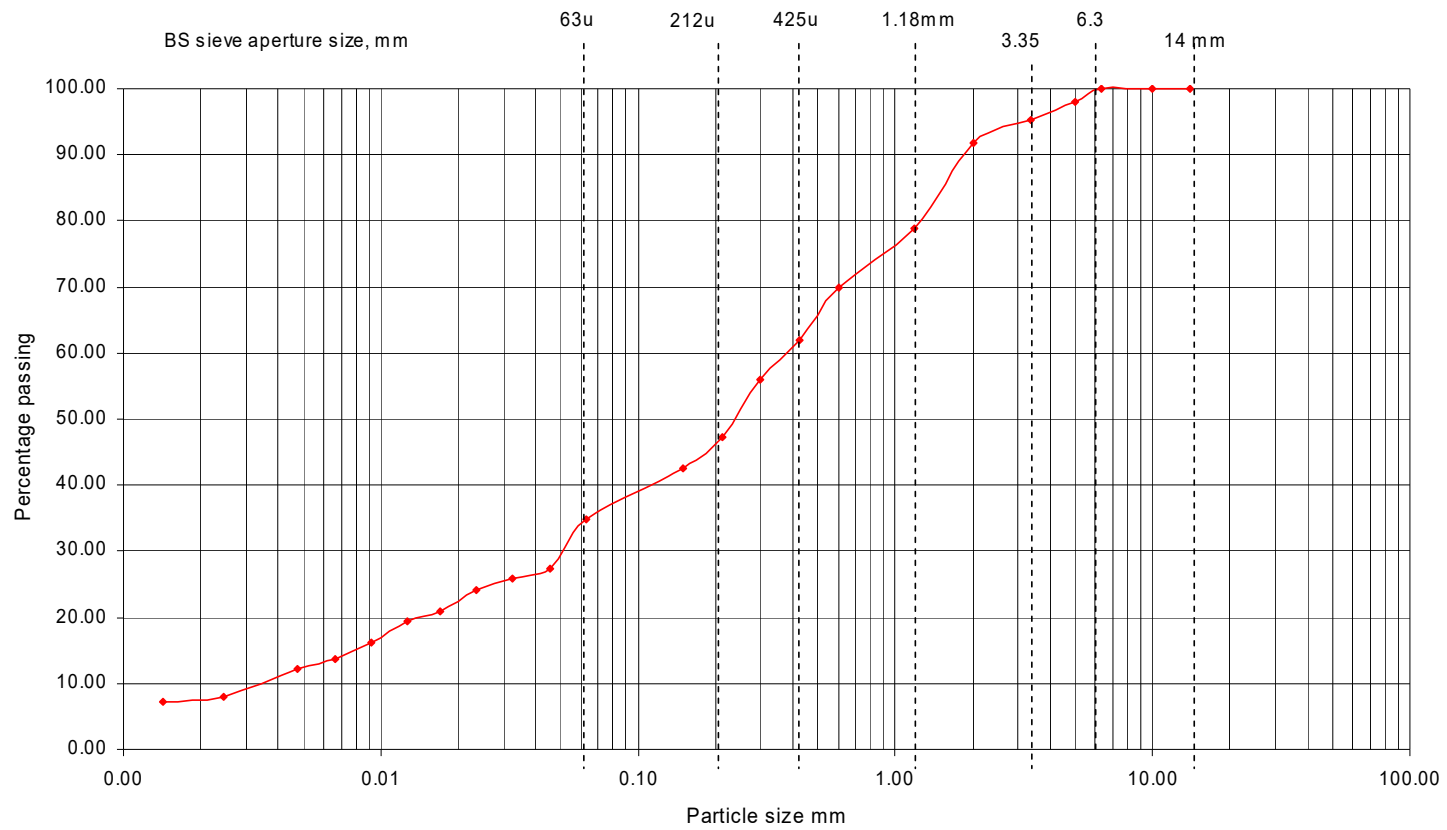
Jadual 4.2 dan 4.3 menunjukkan data-data yang dicerap semasa Hidrometer analisis.

Rajah 4.2 menunjukkan graf Hidrometer analisis. Graf hidrometer analisis menunjukkan tanah laterit mempunyai banyak zarah halus iaitu 56.85% zarah bijian lebih halus daripada 0.063 mm.

Jadual 4.2 : Penentuan Saiz Zarah – Kaedah Hidrometer

No.Hidrometer	8842
Pembetulan Meniskus C_m	0.5
Bacaan Agen Penyerak	1.0
Persamaan Pembetulan	
Berat Kering Tanah m (g)	100.0
Ketumpatan Zarah Diukur	2.63
Kelikatan Air pada 25 C	0.891

Tarikh	Masa	Masa (t min)	Suhu T	Bacaan Rn'	Rn'+Cm Rn	H	Dalam Berkesan Hr (mm)	Diameter zarah D (mm)	Rn'-Ro' Rd	Peratusan Lebih Halus dari D K %
6/10/2005	3:08pm	1	25	18.0	18.5	56.00	56.000	0.031	17.0	27.43
		2	25	17.0	17.5	60.00	60.000	0.022	16.0	25.82
		4	25	16.0	16.5	64.00	64.000	0.016	15.0	24.20
		8	25	14.0	14.5	72.00	72.000	0.012	13.0	20.98
		15	25	13.0	13.5	76.00	76.000	0.009	12.0	19.36
		30	25	11.0	11.5	84.00	84.000	0.007	10.0	16.13
		60	25	9.5	10.0	90.00	90.000	0.005	8.5	13.71
		120	25	8.5	9.0	94.00	94.000	0.004	7.5	12.10
7/10/2005	3:08pm	480	25	6.0	6.5	104.00	104.000	0.002	5.0	8.07
		1440	25	5.5	6.0	106.00	106.000	0.001	4.5	7.26



	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	Fine	Medium	Coarse	COBBLES
CLAY	SILT			SAND			GRAVEL			

Rajah 4.2 : Analisis Hidrometer Bagi Tanah Laterit