

**KESAN SAIZ BUTIRAN PASIR DAN TABURAN SAIZ BUTIRAN PASIR  
TERHADAP KEKUATAN RICIH PASIR**

Oleh

Khoo Choon Bon

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

Jan 2004

## **ABSTRAK**

Kajian ini dilakukan bagi menentukan saiz butiran dan taburan saiz butiran pasir yang akan memberikan kekuatan ricih yang paling tinggi. Disamping mendapatkan nilai bagi kekuatan ricih, nilai parameter-parameter lain bagi pasir juga dapat diperolehi. Di dalam makmal, kajian dengan menggunakan ujian ricih terus melalui mesin ricih terus mendapati pasir dengan saiz butiran paling besar dan pasir terged baik menghasilkan kekuatan ricih yang paling tinggi. Graf-graf yang didapati juga mematuhi teori-teori yang telah diterima pakai dengan menerangkan kelakuan-kelakuan bagi pasir apabila ricihan dikenakan. Berdasarkan hasil ujian, jenis-jenis tanah yang baik untuk tujuan pengisian di lapangan dicadangkan.

## **ABSTRACT**

This paper describes a series of experiments to determine shear strength for sands with various grainsize and grainsize distributions. Besides getting the shear strength value, other parameters value for sands are also determined for each grainsize and grainsize distribution. In the laboratory, test using direct shear method using shear test equipment verifies that sands with the largest grainsize and sands with grainsize more well graded give the highest shear strengths. Based on the results, the type of grainsize distribution and the type of grainsize which give more shear strength are proposed to provide for better fill material in the field.

## PENGHARGAAN

Setelah berusaha dan bertungkus lumus selama 2 semester, akhirnya saya berjaya untuk menyiapkan kajian projek tahun akhir saya ini. Dalam proses penyiapan kajian projek tahun akhir ini, saya telah mendapat pertolongan daripada banyak pihak yang begitu murah hati dan baik. Di sini saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu saya untuk menjayakan kajian ini.

Pertama sekali saya ingin mengucapkan setinggi terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Ir. Mohd. Razip Selamat selaku penyelia projek tahun akhir saya yang begitu sudi untuk memberikan segala tunjuk ajar, nasihat, panduan dan dorongan yang sangat berguna dari awal hingga akhir pelaksanaan projek ini. Tidak lupa juga kepada kakitangan makmal geoteknik, En. Mohd. Taib Yaacob dan Encik Ahmad Halmi Ghazalli kerana tunjuk ajar bantuan dan kerjasama yang diberikan sepanjang saya menjalankan kajian.

Penghargaan juga harus ditujukan kepada saudara Khoo Hun Lun dan juga saudari Lim Pei Wen kerana sudi memberi pertolongan dengan memberi idea dan membantu mencerp data untuk kajian yang dilakukan. Selain itu, terima kasih juga ditujukan kepada pensyarah-pensyarah Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam dan rakan-rakan khususnya 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.

## KANDUNGAN

ISI KANDUNGAN	MUKA SURAT
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PERHARGAAN	iv
KANDUNGAN	v
SENARAI RAJAH	viii
SENARAI JADUAL	x
BAB 1     PENGENALAN	1
1.0    PENGENALAN	1
1.1    OBJEKTIF KAJIAN	3
1.2    SKOP KAJIAN	3
1.2.1 Bahagian Teori	3
1.2.2 Bahagian Kerja	3
BAB 2     KAJIAN LITERATUR	4
2.0    KEKUATAN RICIH	4
2.0.1 Teori Mohr-Coulomb	6
2.0.2 Permukaan Kegagalan	8
2.0.3 Sudut Kegagalan	9
2.0.4 Kejelekitan	9
2.0.5 Kekuatan Ricih dalam Sampel Basah	11
2.1    PASIR	12
2.2    KEKUATAN RICIH BAGI PASIR	13
2.3    UJIAN KEKUATAN RICIH DI MAKMAL	16

	2.3.1	Ujian Tiga Paksi	17
	2.3.2	Ujian Ricih Terus	19
BAB	3	METODOLOGI KAJIAN	23
BAB	4	ANALISIS DATA DAN KEPUTUSAN	25
	4.0	SAIZ DAN TABURAN SAIZ BUTIRAN PASIR YANG DIUJI	25
	4.1	NILAI KEKUATAN RICIH DAN GRAF TEGASAN RICIH MELAWAN TEGASAN NORMAL	27
	4.2	NILAI SUDUT GESERAN KEGAGALAN	32
	4.3	NILAI SUDUT KEGAGALAN	33
	4.4	NILAI KEJELEKITAN	34
BAB	5	PERBINCANGAN	35
	5.0	BENTUK GRAF ANJAKAN NORMAL MELAWAN ANJAKAN RICIH	36
	5.0.1	Bentuk Graf Menurun dan Meningkatkan Mendadak	37
	5.0.2	Bentuk graf Menurun Mendadak dan Meningkatkan Semula	39
	5.1	NILAI KEJELEKITAN	40
	5.1.1	Kewujudan Bahan atau Mineral Asing	40
	5.1.2	Kewujudan Air Dalam Sampel	41
	5.2	NILAI SUDUT KEGAGALAN	42
	5.3	FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEKUATAN RICIH PASIR	43
	5.3.1	Bentuk Butiran Pasir	43
	5.3.2	Saiz dan Luas Permukaan Butiran Pasir	44

5.3.3	Kewujudan Mineral Asing dalam Pasir	44
5.3.4	Kewujudan Air Dalam Pasir	45
BAB 6	KESIMPULAN	46
BAB 7	CADANGAN	47
RUJUKAN		
LAMPIRAN A	GAMBAR	
LAMPIRAN B	DATA CERAPAN	

## SENARAI RAJAH

Rajah	Tajuk	Muka Surat
2.1	Graf kekuatan ricih melawan tegasan normal bagi sampel tanah.	5
2.2	Sampel tanah yang mengalami kegagalan pada permukaan yang ditunjukkan dengan tegasan prinsipal major dan minor	7
2.3	Bulatan Mohr dan satah kegagalan yang diplot atas graf	7
2.4	Proses pengabungan butiran tanah akibat sifat kejelekitan	10
2.5	Graf menunjukkan perbezaan kekuatan ricih pasir longgar dan pasir padat	14
2.6	Graf menunjukkan perbezaan ketinggian sampel bagi pasir longgar dan pasir padat.	15
2.7	Graf tegasan ricih melawan tegasan normal bagi sampel pasir	15
2.8	Radas untuk Ujian Tiga Paksi	18
2.9	Beberapa bentuk kegagalan yang akan wujud	18
2.10	Rajah menunjukkan radas ujian ricih terus	19 & 20
4.1	Graf 1	25
4.2	Graf 2	26
4.3	Graf 3	26
4.4	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi saiz butiran pasir 0.075 mm – 0.15 mm	28
4.5	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi saiz butiran pasir 0.15 mm – 0.425 mm	28



Rajah	Tajuk	Muka Surat
4.6	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi saiz butiran pasir 0.425 mm – 1.18 mm	29
4.7	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi saiz butiran pasir 1.18 mm – 2.36 mm	29
4.8	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi saiz butiran pasir 2.36 mm – 5.00 mm	30
4.9	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi taburan saiz butiran pasir Graf 1	30
4.10	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi taburan saiz butiran pasir Graf 2	31
4.11	Graf Tegasan Ricih, $\tau$ melawan Tegasan Normal, $\sigma$ bagi taburan saiz butiran pasir Graf 3	31
5.1	Bentuk graf Anjakan Normal melawan Anjakan Ricih bagi saiz 0.075 mm – 0.15 mm, 0.15 mm – 0.425 mm dan 0.425 mm – 1.18 mm	36
5.2	Bentuk graf Anjakan Normal melawan Anjakan Ricih bagi saiz yang lain	37
5.3	Butiran pasir mula cari ruang untuk diri sendiri menyebabkan ketinggian bertambah	38
5.4	Mineral asing cuba gabungkan butiran-butiran pasir	40

## SENARAI JADUAL

Jadual	Tajuk	Muka Surat
1.1	Soil Separate Size Limits	2
4.1	Nilai kekuatan ricih ( kN / m <sup>2</sup> ) maksimum bagi setiap saiz dan beban normal yang dikenakan.	27
4.2	Nilai sudut geseran kegagalan, $\phi$ untuk kesemua saiz dan taburan saiz butiran pasir	32
4.3	Nilai sudut kegagalan, $\theta$ untuk kesemua saiz dan taburan saiz butiran pasir	33
4.4	Nilai kejelekitan, c untuk kesemua saiz dan taburan saiz butiran pasir	34

# **BAB 1**

## **PENGENALAN**

### **1.0 Pengenalan**

Tanpa mengambil kira dimana berasalnya tanah, saiz butiran secara amnya membentuk pelbagai jenis tanah di permukaan bumi ini. Tanah secara amnya dipanggil sebagai kerikil ( gravel ), pasir ( sand ), lumpur ( silt ) or lempung ( clay ), bergantung kepada saiz butiran yang terdapat di dalam tanah tersebut. Untuk mengelaskan tanah menerusi saiz butiran, beberapa buah organisasi telah menghasilkan “soil separate size limits”. Jadual 1.1 menunjukkan “soil separate size limits” yang telah dihasilkan oleh Massachusetts Institute of Technology, U.S. Department of Agriculture, American Association of State Highway and Transportation Officials, dan U.S. Army Corps of Engineers and U.S. Bureau of Reclamation. Pada masa kini, “The Unified System” hampir diterima pakai oleh seluruh dunia.

Pasir boleh didapati di merata tempat sama ada di kawasan bekas perlombongan mahu pun di tebing sungai. Pasir sebenarnya mempunyai banyak kegunaan sama ada dalam bidang kejuruteraan atau pun bidang yang lain. Contoh kegunaan pasir adalah seperti untuk membuat kaca dan untuk tujuan pembinaan.

Kebanyakan kajian atau pun ujikaji yang dijalankan hanya membincangkan kekuatan ricih sesuatu sampel pasir tanpa mengaitkannya dengan saiz butiran pasir dan taburan saiz butiran pasir dimana kajian yang akan dilakukan ini akan meneliti terhadap perkara ini.

Kekuatan ricih bagi pasir adalah berlainan bagi butiran pasir yang berlainan saiz. Ia juga akan memberikan kekuatan ricih yang berlainan jika taburan saiz butiran yang dihasilkan adalah berlainan.

**Jadual 1.1 : Soil Separate Size Limits**

Nama Organisasi	Saiz Butiran ( mm )			
	Kerikil	Pasir	Lumpur	Lempung
Massachusetts Institute of Technology ( MIT )	> 2	2 ke 0.06	0.06 ke 0.002	< 0.002
U.S. Department of Agriculture ( USDA )	> 2	2 ke 0.05	0.05 ke 0.002	< 0.002
American Association of State Highway and Transportation Officials ( AASHTO )	76.2 ke 2	2 ke 0.075	0.075 ke 0.002	< 0.002
Unified Soil Classification System ( U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials )	76.2 ke 4.75	4.75 ke 0.075	Halus ( cth, lumpur and lempung ) < 0.075	

Berdasarkan tafsiran yang dinyatakan oleh “The Unified System” yang digunakan di seluruh dunia, kajian ini akan dilakukan ke atas butiran pasir bersaiz antara 0.075 mm hingga ke 5.00 mm.

## **1.1 Objektif Kajian**

- ❖ Memberikan pengetahuan asas berkaitan dengan kekuatan ricih ke atas pasir.
- ❖ Menentukan kekuatan ricih maksima pasir bagi saiz butiran pasir yang berlainan.
- ❖ Menentukan kekuatan ricih maksima pasir bagi taburan saiz butiran pasir yang berlainan.
- ❖ Menentukan saiz butiran pasir atau taburan saiz butiran pasir yang memberikan kekuatan ricih yang optimum.

## **1.2 Skop Kajian**

### **1.2.1 Bahagian Teori**

Peringkat ini melibatkan pemahaman terhadap tafsiran pasir dan konsep kekuatan ricih yang juga merangkumi kekuatan ricih bagi pasir. Ia juga melibatkan pemahaman terhadap kaedah, jenis ujian dan alat ujikaji yang akan digunakan untuk menentukan kekuatan ricih bagi pasir.

### **1.2.2 Bahagian Kerja**

Ujian ricih terus akan digunakan dalam ujikaji ini. Ia akan dilakukan dengan menggunakan mesin ricih terus. Ia dilakukan ke atas 5 saiz butiran pasir yang berlainan iaitu antara 0.075 mm – 0.15 mm, 0.15 mm – 0.425 mm, 0.425 mm – 1.18 mm, 1.18 mm – 2.36 mm dan 2.36 mm – 5.00 mm serta tiga taburan saiz butiran pasir yang berlainan.

## **BAB 2**

### **KAJIAN LITERATUR**

#### **2.0 Kekuatan Ricih**

Kekuatan ricih bagi sesuatu tanah boleh ditakrifkan sebagai rintangan per unit luas yang mana tanah tersebut boleh tanggung sebelum kegagalan berlaku dimana akan menyebabkan pergerakan melalui satu satah permukaan di dalam tanah tersebut. Parameter kekuatan ricih inilah yang menolong sesuatu struktur untuk terus berada dalam keseimbangan tanpa bergerak jika nilai maksimumnya tidak dilampaui. Parameter kekuatan ricih adalah amat penting dalam penggunaan untuk menganalisis masalah kestabilan tanah seperti kapasiti galas, kestabilan cerun dan tekanan ke atas struktur tembok penahan yang dibina.

Parameter kekuatan ricih ini juga bergantung kepada beberapa sifat tanah yang wujud di dalamnya seperti salah satunya adalah sifat kejelekitan. Ia adalah mungkin untuk memotong tanah lempung secara tegak dan tanah lempung tersebut berupaya untuk berdiri untuk suatu jangka masa tanpa runtuh. Tetapi ini tidak dapat dilakukan ke atas pasir yang kering dimana ia akan runtuh membentuk suatu cerun sehingga stabil. Ini kerana sesuatu tanah yang mempunyai sifat kejelekitan akan mempunyai butiran-butiran yang dapat bergabung untuk membentuk satu butiran. Maka ini akan memberikan kekuatan ricih yang berlainan ke atas jenis tanah yang mempunyai sifat yang berlainan.

Dapat dilihat bahawa kekuatan ricih bagi sesuatu jenis tanah adalah dipengaruhi oleh kejelekitan dan geseran antara butiran dalam jenis tanah tersebut. Rintangan geseran tidaklah mempunyai suatu nilai yang tetap di dalam sesuatu jenis tanah sebaliknya bergantung kepada tegasan normal yang dikenakan.

Melalui kajian yang telah dijalankan oleh Mohr ( 1900 ), kombinasi antara tegasan normal dan tegasan ricih yang akan menyebabkan sesuatu sampel tanah untuk gagal. Kegagalan dalam sesuatu sampel tanah bukanlah disebabkan hanya oleh tegasan ricih maksimum mahu pun tegasan normal maksimum sahaja. Maka, hubungan antara tegasan normal dengan tegasan ricih boleh ditakrifkan sebagai

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.1)$$

dimana  $c$  = kejelekitan

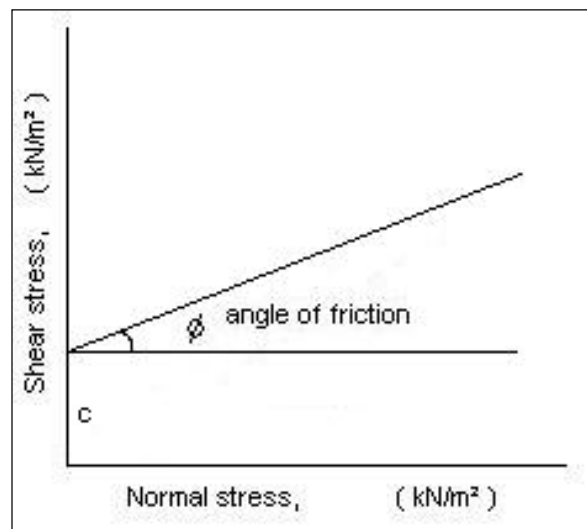
$\phi$  = sudut geseran kegagalan

$\tau_f$  = tegasan ricih

$\sigma$  = tegasan normal

Persamaan ini dipanggil sebagai kriteria kegagalan Mohr-Coulomb

Dengan ini pada tahun 1776, Coulomb menyatakan bahawa persamaan ini dapat diwakili oleh graf seperti dalam Rajah 2.1 di bawah.



**Rajah 2.1 : Graf kekuatan ricih melawan tegasan normal bagi sampel tanah**

### 2.0.1 Teori Mohr-Coulomb

Kekuatan ricih bagi sesuatu tanah adalah berkait rapat dengan teori Mohr yang telah dinyatakan di bahagian sebelum ini. Persamaan 2.1 yang telah dikemukakan oleh Mohr boleh dikaitkan atau diwakili oleh Rajah 2.2.

Ini kerana sesuatu sampel tanah yang gagal akan mempunyai nilai  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$ .  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  dalam rajah masing-masing menunjukkan nilai tegasan prinsipal major dan tegasan prinsipal minor bagi sampel tersebut semasa ia gagal. Daripada kedua nilai ini, nilai sudut kegagalan antara satah kegagalan dengan satah tegasan prinsipal major,  $\theta$  boleh ditentukan menerusi bulatan Mohr yang diplotkan di atas graf seperti dalam Rajah 2.3.

Dari kedua-dua rajah tersebut boleh didapati

$$\frac{\overline{ad}}{\overline{fa}} = \sin \phi \quad (2.2)$$

juga,

$$\overline{fa} = fO + Oa = c \cot \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (2.3)$$

$$ad = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (2.4)$$

dengan menggantikan persamaan 2.3 dan 2.4 ke dalam 2.2, akan mendapat

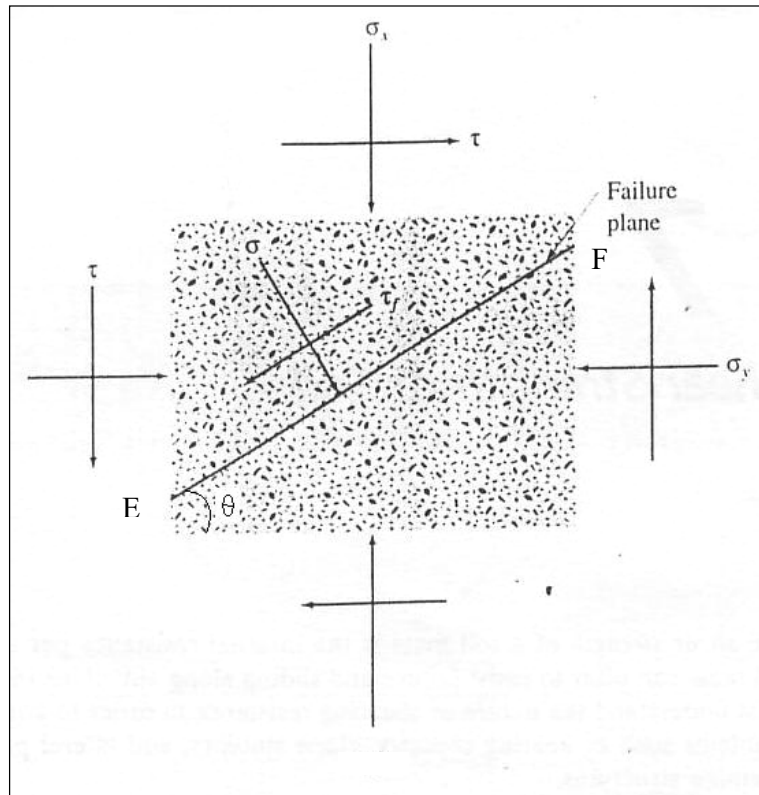
$$\sin \phi = \frac{\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}}{c \cot \phi + \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}} \quad (2.5)$$

maka selepas manipulasi matematik, persamaan akhir akan menjadi

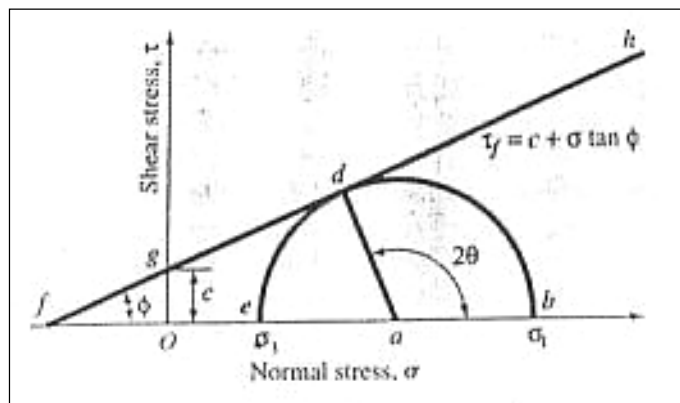
$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.6)$$

Persamaan ini merupakan kriteria kegagalan Mohr-Coulomb dalam sebutan tegasan prinsipal.





Rajah 2.2 : Sampel tanah yang mengalami kegagalan pada permukaan yang ditunjukkan dengan tegasan prinsipal major dan minor



Rajah 2.3 : Bulatan Mohr dan satah kegagalan yang diplot atas graf

## **2.0.2 Permukaan Kegagalan**

Permukaan kegagalan bermaksud permukaan dalam sampel yang mengalami kegagalan setelah dikenakan tegasan ricih yang melepasi kemampuan sampel tanah tersebut. Gambarannya boleh ditunjukkan dalam Rajah 2.2 yang menunjukkan permukaan kegagalan sepanjang garisan EF.

Permukaan kegagalan yang berlaku ini boleh dikatakan sebagai permukaan yang paling lemah dalam sampel tanah tersebut. Permukaan ini dikatakan permukaan kegagalan kerana butiran-butiran tanah akan mula mengelongsor antara satu sama lain di dalam permukaan ini. Dengan berlakunya fenomena ini ia menyebabkan tanah di bahagian atas tidak dapat lagi memegang tanah di bahagian bawahnya menerusi permukaan ini untuk terus kekal berada dalam keadaan stabil.

Ini adalah kerana daya yang dikenakan tidak dapat lagi dirintangi oleh daya saling interaksi antara butiran tanah. Jika daya yang mencukupi ini dikenakan dengan berterusan maka butiran tanah tersebut akan terus menggelongsor di atas permukaan ini dan akan memisahkan bahagian atas dengan bahagian bawah tanah tersebut.

### **2.0.3 Sudut Kegagalan, $\theta$**

Sudut yang wujud antara permukaan kegagalan dengan permukaan prinsipal iaitu permukaan yang dikenakan dengan tegasan prinsipal dikenali sebagai sudut kegagalan. Ia boleh ditunjukkan dalam Rajah 2.2 di atas.  $\theta$  yang terdapat dalam Rajah 2.2 tersebut menandakan sudut kegagalan yang wujud.

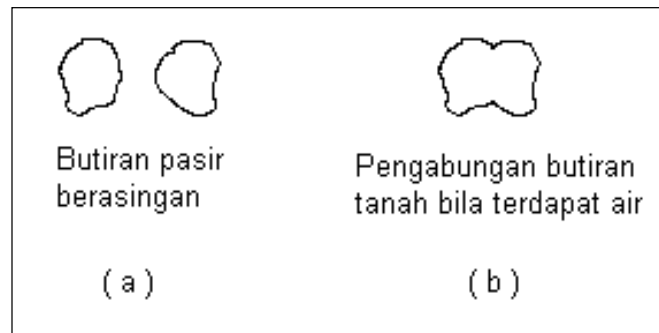
Tidak semua jenis tanah mempunyai sudut kegagalan yang sama. Ia adalah bergantung kepada banyak faktor seperti saiz butiran, taburan saiz butiran, keadaan tanah tersebut sama ada basah atau pun kering, keadaan mampatan tanah tersebut dan kejelekitan tanah tersebut. Adakalanya sudut kegagalan yang didapati juga bergantung kepada jenis ujian yang dilakukan kerana sesetengah ujian telah pun menentukan sudut kegagalan terlebih dahulu.

### **2.0.4 Kejelekitan, $c$**

Kejelekitan boleh dikatakan sebagai kebolehan sesuatu butiran tanah untuk bertaut antara satu sama lain untuk membentuk butiran yang baru. Maksud butiran bertaut untuk membentuk butiran yang baru adalah dengan kewujudan air, butiran tanah akan menjadi lembut dan akan bergabung antara satu sama lain untuk membentuk butiran yang baru.

Dengan adanya sifat ini, butiran tanah tersebut mampu untuk memegang antara satu sama lain dan secara tidak langsung akan meningkatkan kekuatan ricih bagi tanah tersebut. Gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana butiran tanah bertaut ditunjukkan dalam Rajah 2.4.

Namun bukan semua jenis tanah mempunyai sifat ini dan mungkin ada yang mempunyai sifat ini tetapi kesannya tidak begitu ketara. Salah satu contoh jenis tanah yang tidak mempunyai sifat ini adalah pasir. Walaupun butiran pasir dikenakan air, butiran-butiran pasir tidak akan bertaut antara satu sama lain sebaliknya kekal sebagai satu butiran individu.



**Rajah 2.4 : Proses pengabungan butiran tanah akibat sifat kejelekitan**

### 2.0.5 Kekuatan Ricih dalam Sampel Basah

Dalam sampel tanah yang basah, jumlah tegasan normal,  $\sigma$  yang dikenakan adalah bersamaan dengan tegasan berkesan,  $\sigma'$  ditambahkan dengan tekanan yang dikenakan oleh air,  $u$ . Maka persamaan jumlah tegasan boleh ditulis sebagai

$$\sigma = \sigma' + u \quad (2.7)$$

Tegasan berkesan adalah daripada tanah itu sendiri. Maka persamaan untuk kekuatan atau tegasan ricih dari persamaan 2.1 boleh ditulis semula sebagai

$$\tau_f = c + (\sigma - u) \tan \phi = c + \sigma' \tan \phi \quad (2.8)$$

Kekuatan ricih bagi sampel tanah yang basah boleh diuji dalam beberapa keadaan dengan menggunakan ujian tiga paksi. Ujian ini boleh dilakukan sama ada dalam keadaan basah tetapi air tidak mengalir dengan hanya mengisi penuh radas ujian tiga paksi itu. Satu lagi keadaan adalah air dibiarkan mengalir menerusi sampel tanah yang diuji semasa ujian sedang dijalankan.

## 2.1 Pasir

Walau betapa kuatnya batu-batuan, jika diberi masa yang panjang untuk dihakis oleh agen-agen hakisan, ia juga akan dihakis sehingga menjadi butiran yang lebih kecil. Butiran-butiran yang kecil ini akan lama-kelamaan berkumpul dan membentuk pasir jika saiz butirannya adalah antara 0.075 mm hingga 5.00 mm menerusi tafsiran “The Unified System”. Angin dan hujan yang turun akan menghakis batu-batuan ini sehingga lama-kelamaan akan pecah untuk membentuk butiran yang lebih kecil. Di bahagian tebing sungai dan pantai pula agen penghakis adalah ombak dan air yang beralir dengan deras.

Segumpal pasir jika diperiksa dengan teliti akan didapati terdiri daripada pelbagai bahan dan warna. Bahan-bahan dan warna-warna yang berlainan ini mewakili pelbagai mineral yang wujud daripada batu-batuan. Tetapi terdapat beberapa jenis mineral yang wujud dalam kuantiti yang lebih besar dalam pasir berbanding mineral yang lain. Kuartz dan feldspar merupakan jenis mineral yang paling biasa dapat dijumpai dengan jumlah yang lebih besar berbanding mineral yang lain. Kuartz merupakan mineral asas bagi pasir dan terdapat sesetengah pasir yang mengandungi 100% mineral kuartz. Lain-lain mineral yang wujud adalah seperti mika, kalsit, bijih timah dan lain-lain.

Sesetengah pasir di suatu kawasan yang berlainan akan mempunyai kandungan mineral yang berlainan. Pasir sungai seperti contoh mungkin mengandungi mineral emas. Mineral-mineral lain yang mungkin dijumpai dalam pasir kebanyakannya boleh digunakan untuk menghasilkan platinum, tin dan mungkin batu permata.

Pasir juga boleh dipanggil sebagai tanah tidak berjelekit. Ini kerana butiran pasir apabila bercampur dengan air tidak akan bertaut antara satu sama lain untuk membentuk satu butiran pasir yang baru.

## 2.2 Kekuatan Ricih Bagi Pasir

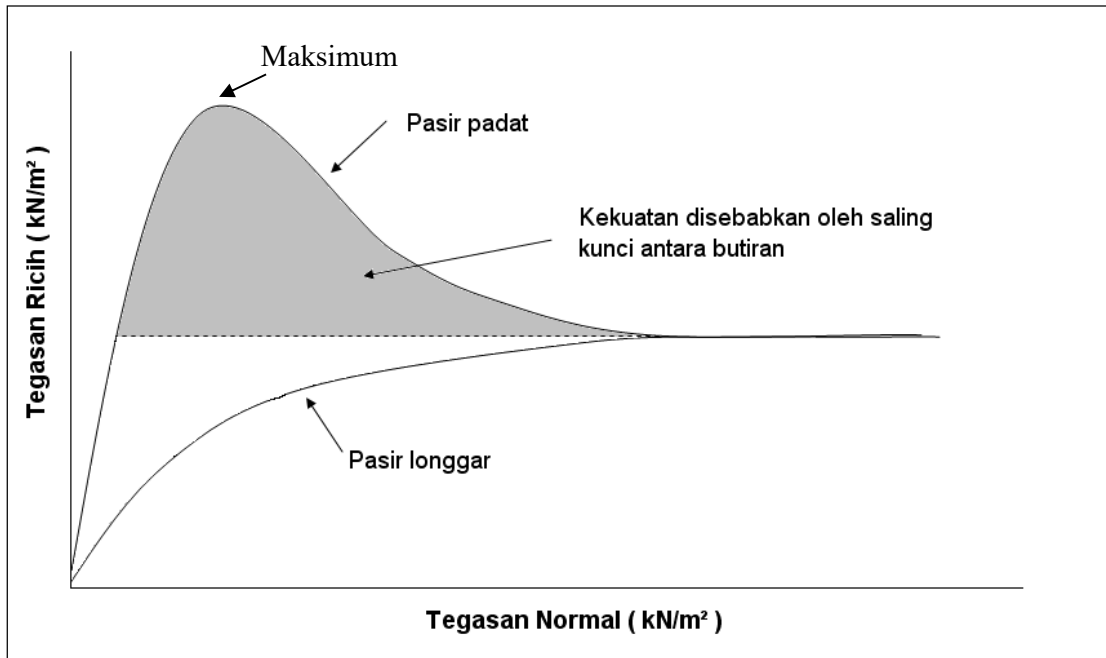
Kekuatan ricih bagi tanah berpasir atau pun pasir banyak dipengaruhi oleh kandungan liang udara di dalam pasir tersebut disebabkan bentuk butiran yang wujud dan kekasaran permukaan butiran selain daripada saiz butiran dan taburan saiz butirannya. Kekasaran permukaan butiran, bentuk butiran, saiz butiran dan taburan saiz butiran kesemuanya merupakan sifat-sifat bagi sesuatu sampel pasir yang akan mempengaruhi kekuatan ricih sampel pasir tersebut.

Bagi sesuatu sampel pasir, kekuatan ricihnya bergantung banyak kepada kandungan liang udara dan jisim kering sampel pasir tersebut. Sampel pasir yang mempunyai jisim kering yang lebih tinggi akan mempunyai kekuatan ricih yang lebih tinggi.

Seperti yang telah dinyatakan di atas, pasir merupakan tanah jenis tidak berjelekit maka daripada persamaan 2.1 nilai kejelekitan,  $c$  untuk pasir adalah bersamaan dengan sifar. Ini bermakna sifat kejelekitan tidak mempengaruhi kekuatan ricih bagi pasir. Maka persamaan 2.1 boleh ditulis semula sebagai

$$\tau_f = \sigma \tan \phi \quad (2.9)$$

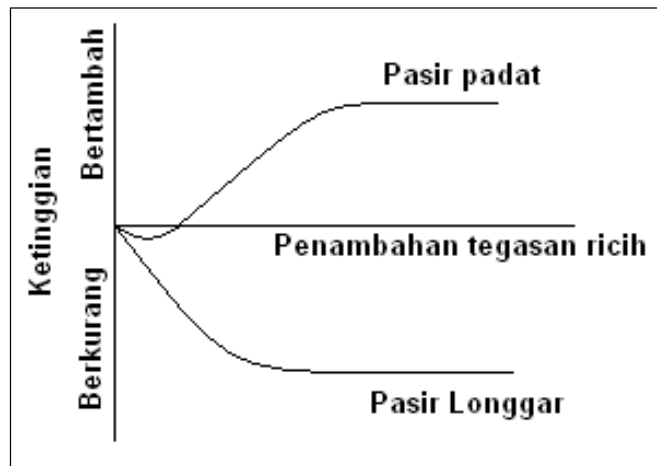
Seperti yang telah dinyatakan di atas, nisbah liang udara di dalam suatu sampel pasir juga akan mempengaruhi kekuatan ricih pasir. Nisbah liang udara ini pula bergantung kepada pemadatan yang dilakukan ke atas suatu sampel pasir. Bagi suatu sampel pasir yang tidak dipadatkan dengan pemadatan yang optimum iaitu pasir yang agak longgar, ia tidak dapat memberikan suatu nilai kekuatan ricih maksimum tetapi bagi suatu sampel pasir yang dipadatkan dengan sempurna ia akan mempunyai suatu nilai kekuatan ricih maksimum dan akan menurun semula iaitu mengalami kegagalan setelah kekuatan tersebut dilampaui. Ini dapat ditunjukkan dalam graf di Rajah 2.5.



**Rajah 2.5 : Graf menunjukkan perbezaan kekuatan ricih pasir longgar dan pasir padat.**

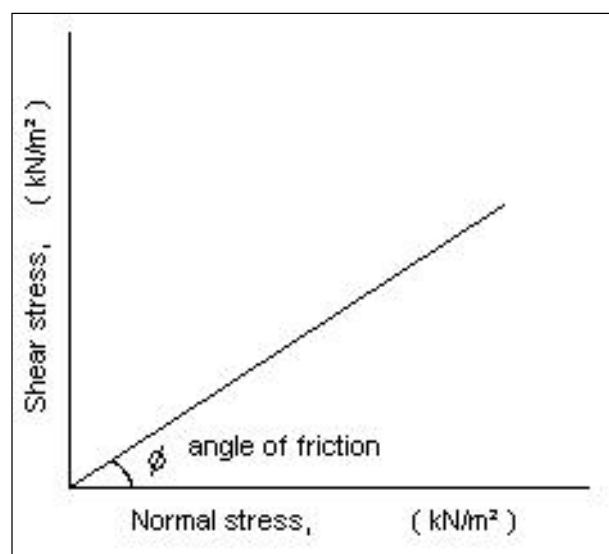
Pasir yang tidak dipadatkan juga akan memberikan kelainan semasa ujikaji dijalankan. Apabila graf ketinggian sampel pasir diplot melawan tegasan ricih, kedua-dua pasir yang longgar dan yang telah dipadat akan menghala ke arah yang berlainan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.6. Ketinggian sampel pasir yang longgar kelihatan akan menurun dengan mendadak sebaik tegasan ricih dikenakan. Ini menunjukkan isipadu sampel pasir yang longgar akan menurun. Tetapi sampel pasir yang padat pula adalah sebaliknya dengan ketinggian akan mula menurun sedikit kemudian diikuti dengan peningkatan yang mendadak. Ini pula menunjukkan sampel pasir yang padat akan mengalami sedikit pengurangan isipadu sebaik tegasan ricih dikenakan dan kemudiannya isipadu akan naik selepas sedikit penurunan.





**Rajah 2.6 : Graf menunjukkan perbezaan ketinggian sampel bagi pasir longgar dan pasir padat.**

Seperti yang telah dinyatakan di bahagian “Pasir”, pasir merupakan suatu tanah tidak berjelekit maka nilai kejelekitan,  $c$  bagi pasir seharusnya bersamaan dengan sifar. Berdasarkan fakta ini, maka apabila graf tegasan ricih ( $\text{kN} / \text{m}^2$ ) melawan tegasan normal ( $\text{kN} / \text{m}^2$ ) diplotkan ia adalah berlainan dengan graf yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Ini kerana graf yang diplotkan bagi sampel pasir akan mempunyai nilai  $c = 0$  seperti dalam Rajah 2.7 di bawah.



**Rajah 2.7 : Graf tegasan ricih melawan tegasan normal bagi sampel pasir**

### 2.3 Ujian Kekuatan Ricih di Makmal

Kekuatan ricih boleh diukur sama ada di lapangan atau pun di dalam makmal. Parameter kekuatan ricih bagi sesuatu sampel yang hendak diukur di makmal haruslah dipastikan bahawa sampel tersebut atau pun keadaan ujian menyerupai keadaan di lapangan.

Kekuatan ricih bagi sesuatu sampel tanah atau pun pasir adalah dipengaruhi oleh tegasan berkesan yang bertindak ke atas sampel tersebut. Dengan ini adalah jelas bahawa suatu analisis geoteknik yang melibatkan kekuatan suatu sampel dengan parameter seperti sudut kegagalan,  $\phi$  dan kejelekitan,  $c$  harus diutamakan. Maka dengan ini, antara ujian yang sesuai dijalankan untuk menentukan parameter-parameter tersebut adalah “Ujian Tiga Paksi” dan juga “Ujian Ricih Terus”.

Kedua-dua ujian diatas sepatutnya akan mendapatkan keputusan parameter-parameter kekuatan ricih dengan nilai yang hampir serupa walau pun kaedah dan langkah ujian yang jauh berbeza. Tetapi kedua-dua ujian ini juga mengenakan tegasan ke atas sampel tanah sehingga ia mula gagal.

### 2.3.1 Ujian Tiga Paksi

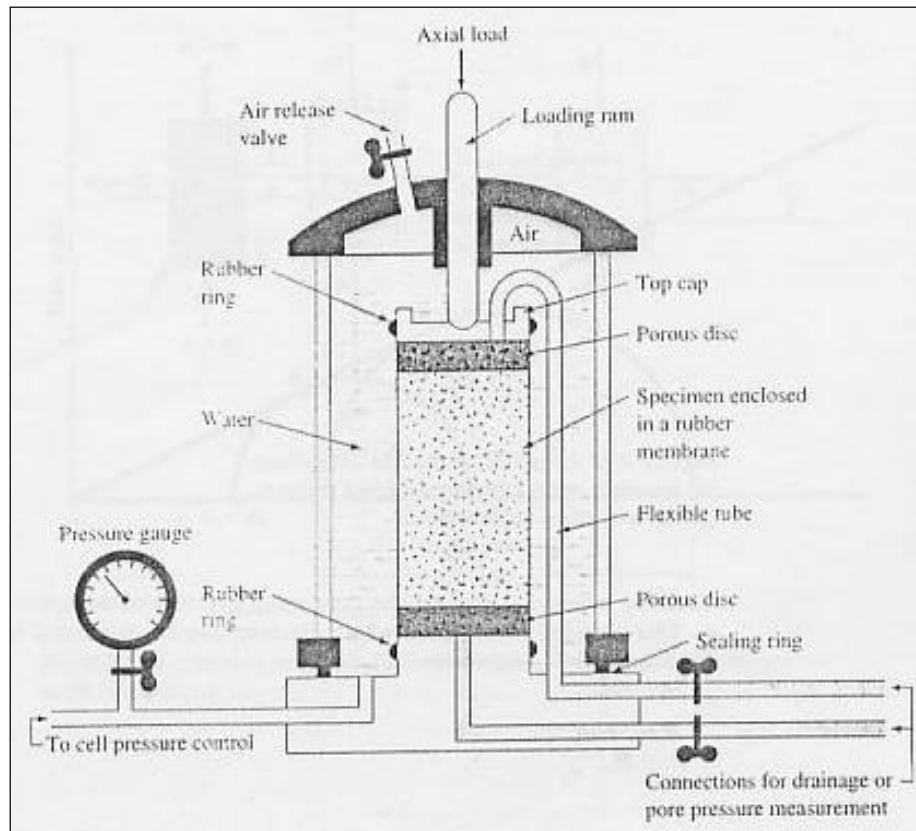
Ujian tiga paksi dilakukan ke atas sampel yang berbentuk silinder yang disaluti oleh suatu lapisan membran yang fleksibel. Terdapat tiga keadaan ujian yang boleh dilakukan semasa ujian ini dijalankan iaitu sama ada “Unconsolidated Undrained”, “Consolidated Drained” dan “Consolidated Undrained”. Jenis ujian yang akan dijalankan bergantung kepada keadaan di lapangan dimana sampel tersebut diambil.

Seperti nama ujian ini, sampel akan dikenakan tegasan mampatan dari ketigatiga arah pada sudut yang tertentu. Salah satu daripada tegasan yang dikenakan akan ditambah perlahan-lahan sehingga sampel gagal manakala dua lagi tegasan akan ditetapkan nilainya terlebih dahulu. Ujian ini akan diulangi dengan menetapkan nilai tegasan yang berlainan sebelum tegasan menaik yang satu lagi dikenakan. Dalam ujian ini, satah atau permukaan kegagalan tidak ditetapkan dahulu sebaliknya membiarkannya untuk gagal pada satah atau permukaan yang paling lemah. Ujian tiga paksi ini boleh dikatakan merupakan ujian yang boleh mendapatkan nilai parameter – parameter sampel tanah dengan paling tepat sekali.

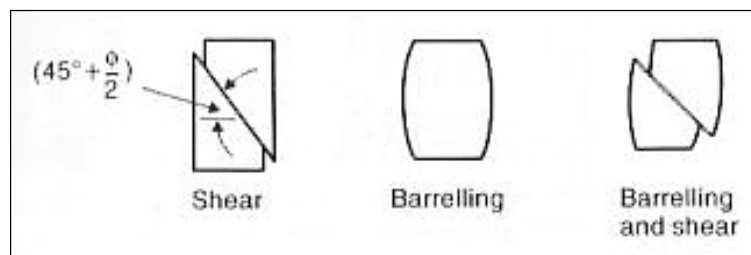
Sampel bagi ujian ini biasanya berukuran 35mm dalam diameter dan nisbah tinggi sampel kepada diameternya adalah lebih kurang dalam lingkungan 2.2 hingga 3.0. Sampel ini kemudian akan disalutkan dengan satu membran getah yang mana termasuk besi beban yang akan diletakkan di atas sampel tersebut. Setelah pemasangan alat-alat yang diperlukan telah selesai, sampel akan diletakkan di dalam suatu radas berbentuk silinder dan diisikan dengan air. Radas untuk ujian ini adalah seperti dalam Rajah 2.8 di bawah.

Keadaan air di dalam radas ujian tiga paksi ini adalah bergantung kepada jenis keadaan yang akan dilakukan ke atas sampel tanah tersebut.

Setelah ujian ini selesai, beberapa bentuk kegagalan dapat diperhatikan pada sampel yang diuji tersebut. Contoh beberapa kegagalan ditunjukkan dalam Rajah 2.9.



**Rajah 2.8 : Radas untuk Ujian Tiga Paksi**



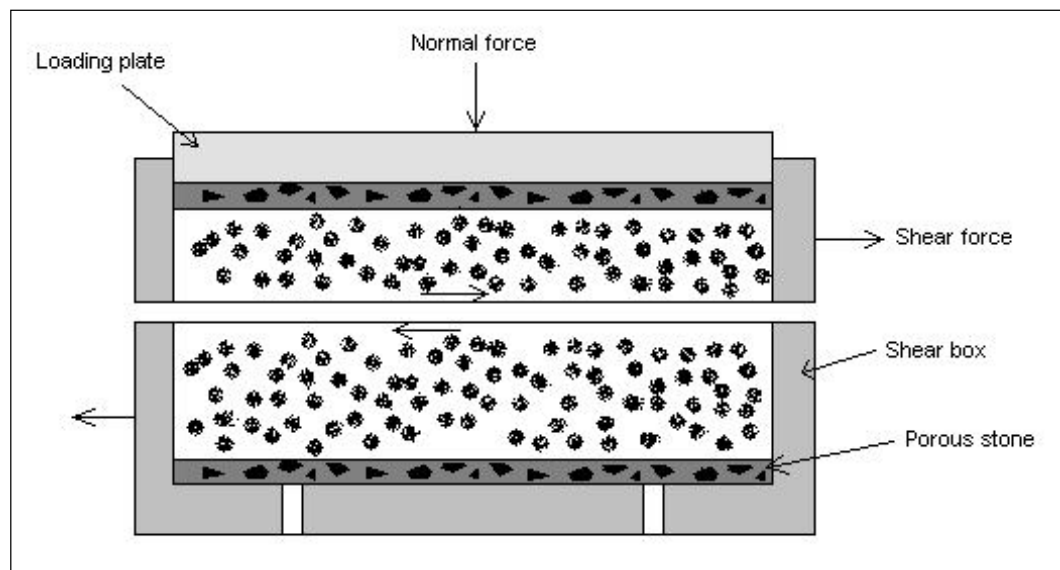
**Rajah 2.9 : Beberapa bentuk kegagalan yang akan wujud**

### 2.3.2 Ujian Ricih Terus

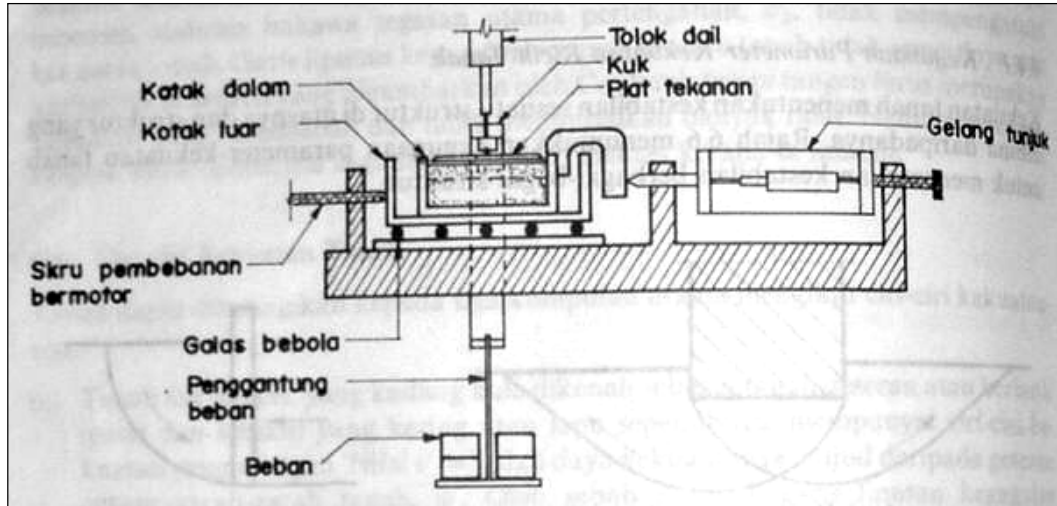
Bagi pasir, kekuatan ricihnya bolehlah dilakukan di makmal tanpa perlu dilakukan di lapangan kerana keputusan yang didapati tidak mempunyai banyak perbezaan dengan yang dilakukan di tapak.

Ujian ricih terus and ujian tiga paksi adalah antara dua ujian yang boleh dilakukan di makmal untuk mengetahui kekuatan ricih bagi sesuatu sampel pasir. Di dalam kajian ini, ujian ricih terus akan digunakan.

Ujian kotak ricih merupakan satu ujian yang termudah untuk menentukan kekuatan ricih jangka pendek tanah. Pada prinsipnya, ujian ini mengukur kekuatan ricih tanah pada suatu permukaan kegagalan yang ditetapkan. Rajah yang menunjukkan radas untuk ujian ricih terus ini ditunjukkan dalam Rajah 2.10 ( a ) dan 2.10 ( b ) di bawah.



( a )



( b )

**Rajah 2.10 : Rajah menunjukkan radas ujian ricih terus**

Radas bagi ujian ini mengandungi sebuah kotak ricih yang berbentuk segiempat sama dimana sampel pasir akan diletakkan di dalamnya semasa ujian dijalankan. Kotak ricih ini biasanya mempunyai saiz berukuran dari 64 mm<sup>2</sup> sehinggalah ke 254 mm<sup>2</sup>.

Kotak ricih ini dibahagikan kepada 2 bahagian iaitu bahagian atas dan bawah yang membolehkan bahagian atasnya untuk bergerak secara melintang. Maka dengan ini sampel pasir yang terdapat di dalamnya dapat diricih sehingga gagal. Berlainan dengan ujian tiga paksi, kelemahan ujian ini adalah satah atau permukaan kegagalan bagi sampel yang diuji telah pun ditetapkan.

Daya normal akan dikenakan ke atas spesimen dari bahagian atas kotak ricih tersebut, biasanya dengan membebankan satu pemberat dengan berat yang dikehendaki. Daya atau tegasan ricih pula dikenakan dengan mengerakkan bahagian atas kotak ricih tersebut dengan menggunakan motor yang boleh disetkan kadar ricih yang dikehendaki sehingga sampel tersebut gagal.

Purata tegasan normal dan tegasan ricih yang menyebabkan kegagalan merupakan titik kegagalan untuk sampel tersebut dengan daya normal yang dikenakan. Apabila sampel yang diulangi dengan daya normal yang berlainan, titik kegagalan yang lain akan didapati. Dengan memplotkan kesemua titik kegagalan tersebut ke dalam graf tegasan ricih melawan tegasan normal, graf berbentuk seperti dalam Rajah 2.6 akan didapati.

Ujian ricih terus ini dibahagikan kepada dua jenis iaitu “strain-controlled test” dan “stress-controlled test”. Di dalam ujian yang akan dijalankan ini, jenis “strain-controlled test” akan digunakan. Suatu kadar daya ricih yang konstan akan dikenakan ke atas bahagian atas kotak ricih tersebut. Kesemua bacaan akan disukat oleh tolok dial dan akan dicatatkan. Kebaikan ujian jenis “strain-controlled test” ini adalah, dalam kes pasir, rintangan ricih puncak ( iaitu berlaku pada kegagalan ) dan rintangan ricih kurang ( iaitu pada satu tahap yang dipanggil “ultimate strength” ) boleh diperhatikan dan diplotkan di atas graf.

Untuk sesuatu ujian, tegasan normal yang terhasil boleh dikira seperti berikut

$$\sigma = \sigma' = \text{tegasan normal} = \frac{\text{daya normal}}{\text{luas permukaan sampel tersebut}} \quad (2.10)$$

Rintangan tegasan ricih untuk sebarang perubahan ricih boleh dikira seperti berikut

$$\tau = \text{shear stress} = \frac{\text{daya rintangan ricih}}{\text{luas permukaan sampel tersebut}} \quad (2.11)$$

Ujian ricih terus ini merupakan satu ujian yang mudah untuk dijalankan dan secara amnya ia dapat menghasilkan keputusan yang baik untuk kekuatan ricih sesuatu sampel tanah.

Walaupun ujian ini mudah dijalankan, namun terdapat beberapa batasan yang amat ketara. Antaranya ialah :

- ❖ Permukaan kegagalan telah pun ditetapkan ( mendatar ) dan permukaan ini tidak semestinya merupakan permukaan yang paling lemah.
- ❖ Agihan tegasan di permukaan kegagalan tidak seragam.
- ❖ Saliran air di dalam sampel tidak dapat dikawal dan tekanan liang tidak dapat diukur ( tetapi ujian yang akan dijalankan tidak akan mempunyai aliran air, maka ia boleh diabaikan ).
- ❖ Keluasan permukaan kegagalan semakin mengecil semasa ujian dijalankan.



### **BAB 3**

#### **METODOLOGI KAJIAN**

Sebelum ujikaji ini dapat dilakukan, sampel pasir yang hendak diuji harus dipastikan. Dalam ujikaji ini, ujian akan dilakukan ke atas sampel pasir sungai. Pasir sungai ini pada mulanya akan dikeringkan di dalam oven yang bersuhu 100°C selama 24 jam untuk bagi mendapatkan sampel yang bebas daripada sebarang bendalir.

Pasir yang kering itu kemudian akan diayak dengan menggunakan mesin ayak untuk membezakan saiznya. Lima saiz telah dipastikan untuk ujikaji ini iaitu 0.075 mm – 0.15 mm, 0.15 mm – 0.425 mm, 0.425 mm – 1.18 mm, 1.18 mm – 2.36 mm dan 2.36 mm – 5.00 mm. Selepas proses ayakan selesai, ujian kekuatan ricih ke atas pasir boleh dimulakan.

Dalam ujikaji ini, pasir akan diuji dengan menggunakan ujian ricih terus dengan menggunakan mesin ricih terus. Sampel pasir bagi setiap saiz akan diuji satu persatu dengan dimulakan dengan saiz yang paling kecil. Sampel pasir pada mulanya akan diletakkan dalam kotak ricih sebanyak 3 lapisan dan setiap lapisan haruslah dipadatkan dengan penukul dan dihentak selama 27 kali.

Selepas itu kotak ricih tersebut diletakkan ke dalam ruang yang disediakan di mesin ricih. Sebelum mesin itu dimulakan untuk mericih sampel pasir, beberapa perkara harus dipastikan dahulu. Mula-mula skru pada kotak ricih tersebut dipastikan telah ditanggalkan setelah diletakkan ke atas mesin ricih. Selepas itu, kadar ricihan bagi mesin tersebut harus diselaraskan ke 2 mm per minit.

Beban normal sebanyak 10 kg dikenakan ke bahagian atas kotak ricih untuk sampel yang diuji pada kali pertama. Selepas kesemua langkah tersebut telah selesai, mesin ricih boleh dimulakan. Selepas sahaja tolok dial bagi bacaan anjakan ricih mula bergerak mesin dihentikan untuk menyelaraskan semua tolok dial ke bacaan sifar. Kemudian mesin ricih akan dimulakan sekali lagi dan bacaan akan mula diambil.

Bacaan harus diambil bagi tolok dial yang memberikan anjakan normal dan tolok dial yang memberikan nilai daya tegasan ricih. Bacaan harus diambil setiap kali tolok dial yang memberikan nilai anjakan ricih selang sebanyak 25. bacaan akan dihentikan selepas tolok dial yang memberikan bacaan daya tegasan ricih telah konstan selama 5 atau lebih bacaan atau pun nilainya mula menurun sebanyak 5 kali.

Selepas itu ujian diulangi untuk sampel dengan saiz butiran yang sama tetapi dengan menggunakan beban normal sebanyak 20 kg dan 30 kg. Ujian ini juga dilakukan ke atas taburan saiz butiran pasir dengan kaedah yang sama. Taburan saiz butiran pasir ini dihasilkan dengan tiga taburan yang memberikan graf yang berbeza sebelum ujian dilakukan.