

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gempa Bumi**

##### **2.1.1 Pengertian Gempa Bumi**

Dalam Meliana (2020), menurut Howel (2004) gempa bumi adalah getaran atau rangkaian getaran dari kulit bumi yang bersifat tidak kekal dan kemudian menyebar ke segala arah. Kulit bumi akan bergetar secara berkelanjutan walaupun relatif sangat kecil. Getaran tersebut tidak dikatakan gempa bumi karena bersifat getaran yang terus menerus. Jadi, gempa bumi harus memiliki waktu mulai dan waktu akhir yang jelas.

Menurut Bayong (2006:12) dalam Meliana (2020) menuliskan gempa bumi adalah getaran pada kulit bumi yang diakibatkan oleh tenaga endogen. Tenaga endogen merupakan tenaga yang berasal dari dalam bumi yang disebabkan oleh perubahan pada kulit bumi. Tenaga endogen memiliki sifat yang dapat membuat permukaan bumi menjadi tidak rata, tetapi dengan adanya tenaga endogen ini suatu daerah permukaan bumi yang rata (datar) berubah menjadi gunung bukit atau pegunungan. Bagian lain pada permukaan bumi yang lebih rendah menjadi lembah atau jurang. Secara umum tenaga endogen dibedakan menjadi dibagi tiga jenis yaitu, vulkanisme, tektonisme, dan seisme atau gempa.

##### **2.1.2 Jenis-Jenis Gempa Bumi**

Berdasarkan penyebabnya gempa bumi dibagi menjadi beberapa, yaitu:

###### **1. Gempa Tektonik**

Gempa tektonik terjadi karena pergerakan lempeng tektonik. Lempeng tektonik pada bumi bergerak saling mendekat atau menjauh, dan beberapa diantaranya bergerak secara

horizontal terhadap satu sama lain. Tepi lempeng yang tidak rata menyebabkan terjadinya gesekan hingga menimbulkan friksi. Friksi tersebut mengakumulasi energi dan kemudian dapat melepaskan energi getaran menjadi sebuah gempa.

## 2. Gempa Vulkanik

Gempa vulkanik disebabkan oleh aktivitas vulkanik atau gunung berapi. Magma di dalam gunung berapi mendapat tekanan dan melepaskan energinya secara tiba – tiba, sehingga menyebabkan getaran pada tanah. Gempa vulkanik juga dapat dijadikan indikasi/petunjuk akan terjadinya letusan gunung berapi. Umumnya gempa vulkanik tidak menimbulkan kerusakan karena intensitas yang rendah, sehingga hanya masyarakat dalam radius kecil gunung berapi yang dapat merasakan dampak gempa tersebut.

## 3. Gempa Runtuhan

Gempa runtuhan merupakan gempa lokal yang terjadi ketika suatu gua di daerah topografi atau di daerah pertambangan runtuh atau massa batuan yang cukup besar di lereng bukit runtuh/longsor. Intensitas gempa akibat runtuhnya massa batuan juga sangat kecil sehingga tidak berbahaya.

## 4. Gempa Tumbukan

Gempa tumbukan adalah gempa yang disebabkan oleh benda langit seperti asteroid dan meteor yang jatuh ke permukaan bumi. Getaran gempa ini disebabkan oleh benturan antara benda langit yang jatuh dengan permukaan bumi. Selain menimbulkan getaran di permukaan bumi, akibat benturan tersebut juga menyebabkan terciptanya kawah atau lubang di permukaan bumi. Kawah tersebut bisa berukuran kecil atau berukuran besar, tergantung dari ukuran benda langit yang menghantam permukaan bumi.

## 5. Gempa Buatan

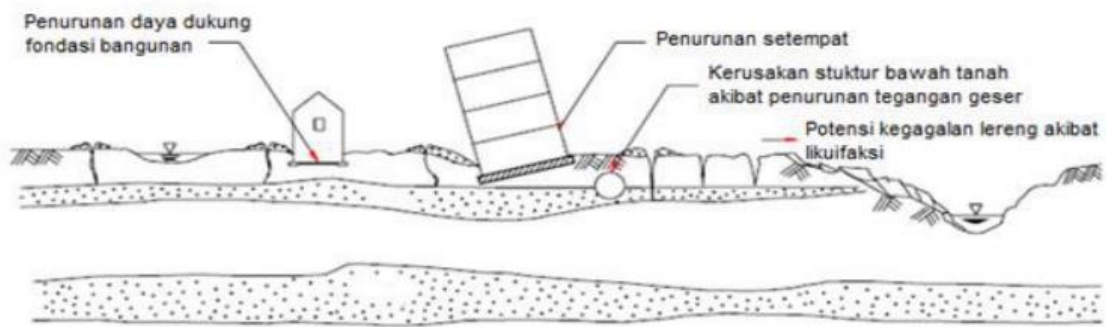
Gempa buatan adalah gempa bumi yang disebabkan oleh kegiatan manusia, seperti yang terjadi pada kegiatan eksplorasi pertambangan atau pada teknik sipil untuk mencari batuan dasar (*bedrock*) sebagai fondasi bangunan. Kekuatannya sangat kecil sehingga tidak dapat menimbulkan bahaya bagi manusia dan bangunan.

### 2.2 Likuifaksi

#### 2.2.1 Pengertian Likuifaksi

Menurut Seed, et al. (1975) dalam Seed, Idriss, and Arango (1983) Likuifaksi adalah suatu proses perubahan kondisi tanah pasir yang jenuh menjadi cair, akibat meningkatnya tekanan air pori (*pore water pressure*) yang harganya menjadi sama dengan tegangan keliling (*confining pressure*) oleh sebab beban dinamik, sehingga tegangan efektif menjadi nol. Bahaya likuifaksi disebabkan oleh gempa bumi yang terjadi pada sifat tanah tertentu, sehingga mengakibatkan peningkatan tegangan tanah itu sendiri. Saat likuifaksi berlangsung, kekuatan tanah berkurang dan kemampuan tanah untuk menahan beban berkurang.

Saat mengalami getaran tersebut, sifat lapisan tanah berubah menjadi cair sehingga tidak dapat menopang beban bangunan di dalam atau di atasnya. Likuifaksi biasanya terjadi pada tanah yang jenuh air, dimana semua rongga pada tanah tersebut terisi air. Pada saat mengalami getaran, air pori akan memberikan tekanan pada partikel tanah sehingga mempengaruhi kepadatan tanah. Sebelum terjadinya gempa bumi, tekanan air pada tanah relatif rendah. Namun setelah menerima getaran, tekanan air dalam tanah meningkat sehingga partikel tanah dengan mudah berpindah. Setelah digerakkan oleh air, maka partikel tanah tidak memiliki kekuatan atau daya dukung.



**Gambar 2.1** Ilustrasi Efek Likuifaksi

(Sumber: Mina, Indera, and Sudirman, 2018)

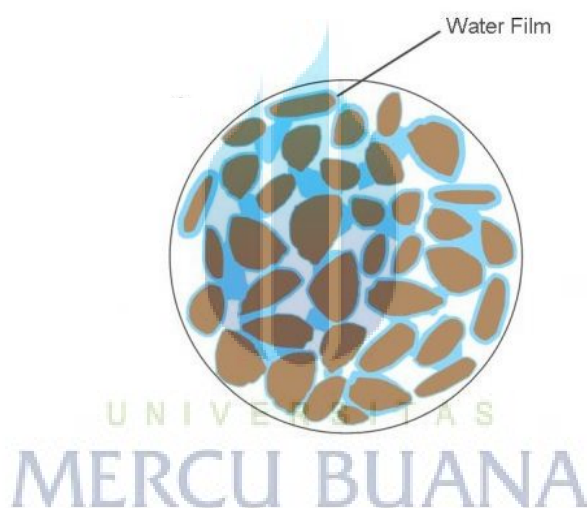
### 2.2.2 Syarat Terjadinya Likuifaksi

Likuifaksi hanya dapat terjadi dengan kondisi tertentu, jika suatu tanah tidak memenuhi kondisi tersebut maka tanah tidak berpotensi mengalami likuifaksi. Oleh karena itu, perencanaan pembangunan harus menghindari tanah yang telah memenuhi syarat terjadinya likuifaksi. Likuifaksi biasanya terjadi pada tanah atau lahan yang tidak padat atau tanah gembur. Misalnya tanah yang terbentuk dari pasir, endapan bekas delta sungai, dan material lainnya. Tanah seperti itu cenderung tidak padat sehingga memiliki banyak rongga. Secara umum dapat disimpulkan bahwa kondisi terjadinya likuifaksi pada suatu area, yaitu (Mina et al. 2018):

1. Lapisan tanah berupa air atau lanau;
2. Lapisan tanah jenuh air;
3. Lapisan tanah bersifat lepas (tidak padat);
4. Terjadi gempa bermagnitudo diatas 5,0;
5. Gempa berkecepatan lebih dari 0,1 g.

### 2.2.3 Proses Terjadinya Likuifaksi

Untuk memahami proses terjadinya likuifaksi, perlu diketahui terlebih dahulu bahwa suatu endapan tanah terdiri dari partikel-partikel. Jika diperhatikan setiap partikel letaknya saling berdekatan, sehingga setiap partikel akan bersentuhan dengan partikel lainnya. Dengan adanya kontak antar partikel maka tanah memiliki kekuatan untuk memikul beban di atasnya, karena kondisi seperti ini membuat beban yang berada di atas tanah akan dipikul bersamaan oleh seluruh partikel. Kemudian beban akan disalurkan ke lapisan batuan dasar di bagian bawah lapisan tanah.



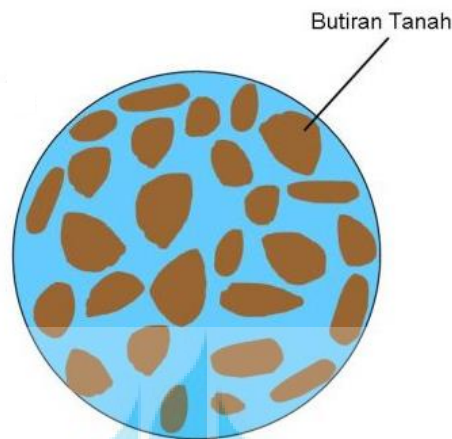
**Gambar 2.2** Kondisi Partikel Tanah Saat Normal Sebelum Terjadinya Kenaikan Tegangan Air Pori

(Sumber: Guruh Samodra, 2018)

Dengan kondisi tanah seperti gambar 2.2 tampak banyak rongga antar partikel tanah yang dipenuhi air. Pada kondisi normal, air tersebut memiliki tekanan air pori yang rendah.

Pada saat menerima tekanan dari getaran secara tiba-tiba, air akan terdesak sehingga meningkatkan tekanan tersebut. Namun saat gempa terjadi, air tidak memiliki cukup waktu untuk keluar dari tanah melalui rongga tanah, sehingga air mendorong partikel

tanah dan beberapa partikel tanah yang sebelumnya berkontak menjadi menjauh. Kemudian partikel tanah tidak dapat mendistribusikan beban secara maksimal. Dalam kondisi seperti ini, sebagian besar beban dipikul oleh air. Oleh karena itu dengan menahan beban pada tanah tersebut menjadi tidak stabil.



**Gambar 2.3** Kondisi Partikel Tanah Mengalami Getaran Saat Terjadinya Kenaikan Tegangan Air Pori

(Sumber: Guruh Samodra, 2018)

#### 2.2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Likuifaksi

Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya likuifaksi pada suatu lapisan tanah. Berdasarkan hasil observasi lapangan dan uji laboratorium, serta penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli maka dapat disimpulkan faktor yang mempengaruhi dalam meningkatkan potensi terjadinya likuifaksi pada suatu lapisan tanah adalah sebagai berikut (Mina et al. 2018):

1. Intensitas dan durasi dari gempa yang terjadi;
2. Posisi letak permukaan air tanah;
3. Jenis tanah;
4. Rapat relative tanah ( $D_r$ );

5. Gradasi ukuran partikel;
6. Letak geologis tanah;
7. Kondisi-kondisi drainase;
8. Tegangan selimut (*Confining Pressures*);
9. Bentuk partikel;
10. Lamanya waktu konsolidasi;
11. Sejarah Tanah;
12. Beban Bangunan.

### **2.2.5 Dampak Terjadinya Likuifaksi**

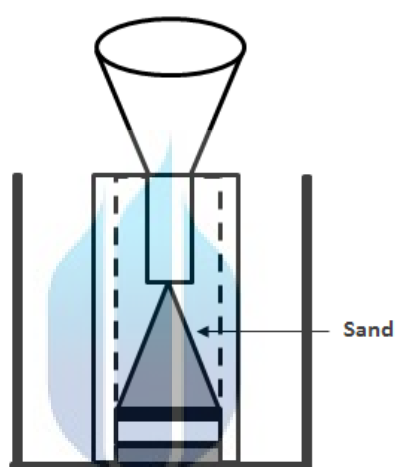
Likuifaksi sering terjadi pada tanah yang jenuh akan air, sehingga efek dari likuifaksi biasanya hanya diamati pada kawasan/area yang dekat dengan badan air seperti sungai, danau dan laut. Beberapa efek yang disebabkan oleh likuifaksi dapat berupa tanah longsor besar atau retakan pada tanah yang sejajar dengan badan air.

### **2.3 Rekonstitusi**

Menurut Yoshimi et al (1994) dalam Juneja & Raghunandan (2010) Jumlah teknik untuk mendapatkan sampel kohesif berkualitas tinggi untuk pengujian laboratorium telah dikembangkan, sedangkan prosedur yang digunakan untuk mendapatkan sampel pasir tanpa gangguan masih sangat sedikit. Biaya untuk mendapatkan sampel pasir berkualitas tinggi yang tidak terganggu dengan pembekuan tanah sangat mahal, oleh karena itu banyak peneliti bergantung pada persiapan sampel tanah berpasir yang dibentuk ulang atau disebut dengan rekonstitusi.

### 2.3.1 Pluviasi Kering (*Dry/Air Pluviation*)

Menurut Mulilis et al (1975) dan Miura et al (1982, 1984) dalam Kuerbis & Vaid (1988) metode pluviasi kering menghasilkan spesimen yang cukup seragam tergantung pada teknik yang digunakan. Proses pengendapan alami yang tertiuip angin biasanya terdiri dari pasir bergradasi baik, pasir yang bergradasi baik dapat menjadi terpisah ketika diendapkan melalui aliran udara terutama jika pasir tersebut memiliki kandungan halus yang cukup besar.

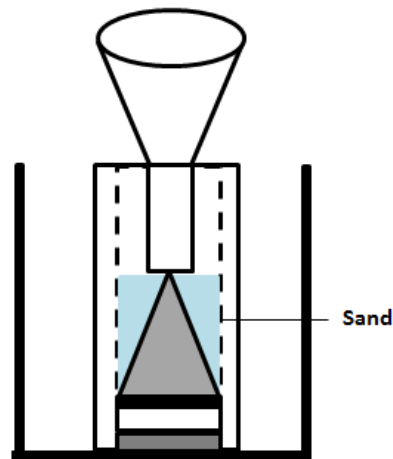


Gambar 2.4 Metode Pluviasi Kering

### 2.3.2 Pluviasi Basah (*Wet Pluviation*)

Pembuatan sampel metode ini hampir sama dengan metode pluviasi kering, namun yang membedakan pasir dialiri melalui air bukan udara sehingga dapat dipastikan saturasi sampel. Kecepatan pasir yang jatuh melalui air lebih rendah dibandingkan dengan pasir yang jatuh melalui udara, energi pengendapan pasir dan kepadatan relatif pasir yang diendapkan air juga lebih rendah dibandingkan dengan pasir yang diendapkan di udara selama pengendapan tidak diatur di dalam air dari cetakan deposisi. Biasanya metode ini digunakan hanya pada pengujian pasir bergradasi buruk (Kuerbis and Vaid 1988).

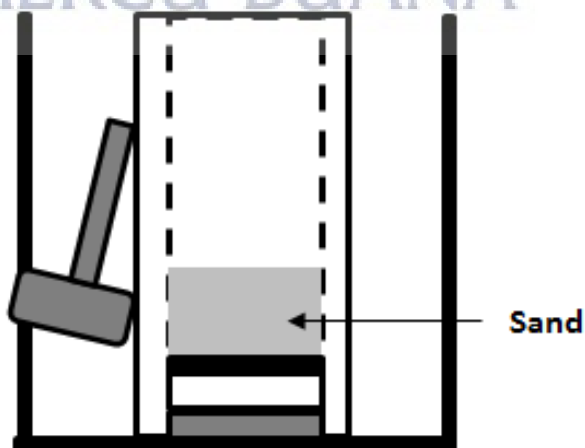




Gambar 2.5 Metode Pluviasi Basah

### 2.3.3 Penggetaran Basah (*Wet Vibration*)

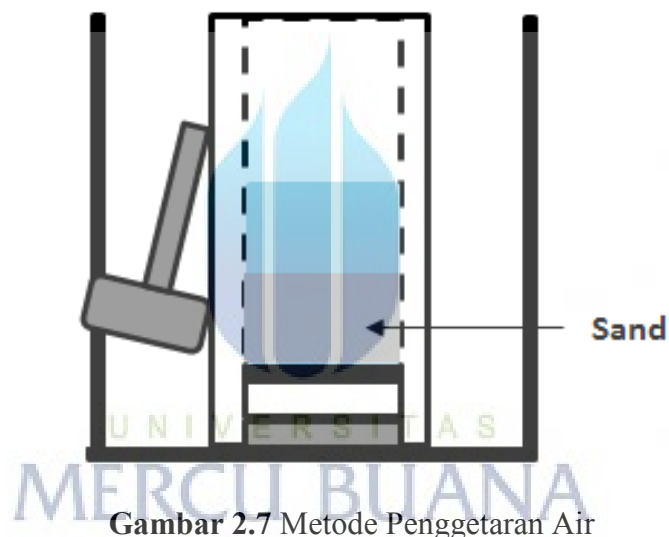
Dalam metode penggetaran basah (*wet vibration*), sejumlah pasir lembab yang telah ditentukan sebelumnya ditempatkan ke dalam cetakan untuk setiap lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan mengetuk cetakan menggunakan palu kayu secara seragam di sekitar permukaan cetakan sampai pada ketebalan yang ditentukan. Kain uji spesimen yang dihasilkan dengan metode ini dapat dianggap serupa dengan yang dipadatkan di lapangan pada lapisan pasir dengan metode penggetaran (Tatsuoka et al. 1986).



Gambar 2.6 Metode Penggetaran Basah

### 2.3.4 Penggetaran Air (*Water Vibration*)

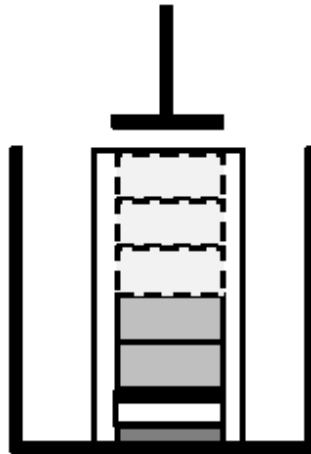
Pada metode penggetaran air (*water vibration*), sejumlah pasir kering yang dituangkan melalui air dalam satu lapisan kemudian dijenuhkan untuk mencegah segregasi. Setelah pembebanan (menggunakan jenis yang sama dalam metode penggetaran basah) pada permukaan, spesimen dipadatkan di bawah air dengan mengetuk cetakan secara seragam dengan palu kayu sampai dengan ketebalan yang telah ditentukan. Metode ini digunakan sebagai simulasi prosedur pemadatan getaran in-situ untuk lapisan pasir terendam (Tatsuoka et al. 1986).



Gambar 2.7 Metode Penggetaran Air

### 2.3.5 Tamping Lembab (*Moist Tamping*)

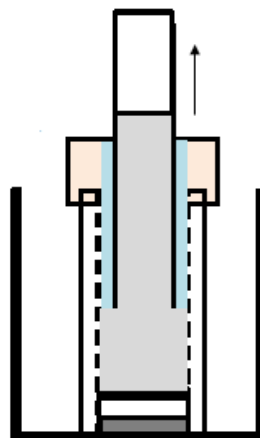
Tamping lembab (*moist tamping*) adalah metode yang umum digunakan untuk persiapan spesimen pasir. Densifikasi dari spesimen ini dicapai dengan menyesuaikan berat lembab tanah yang dibutuhkan untuk setiap lapisan. Sesuai dengan namanya, lapisan dibentuk dengan tamping. Keuntungan utama metode ini dapat mencapai berbagai kepadatan dari sangat longgar hingga padat (Juneja and Raghunandan 2010).



**Gambar 2.8** Metode Tamping Lembab

### 2.3.6 Pengendapan Bubur (*Slurry Deposition*)

Juneja & Raghunandan (2010) pengendapan bubuk (*slurry deposition*) adalah metode persiapan spesimen lain yang umum digunakan untuk pasir. Metode pengendapan bubuk mampu mensimulasikan kain islan hidrolis dan menghasilkan spesimen yang homogen dibandingkan dengan tamping lembab (Kuerbis dan Vald, 1988; Carraro dan Pezzi, 2008). Meskipun specimen yang dibuat dengan metode pengendapan bubuk memiliki kepadatan relatif dua kali lebih besar dibandingkan dengan spesimen yang dibuat dengan tamping lembab, ketahanan siklik dari sampel yang dibuat dengan pengendapan bubuk mendekati setengah dari yang disiapkan dengan metode tamping lembab.



**Gambar 2.9** Metode Pengendapan Bubur

---

## 2.4 Sifat Fisis Tanah (*Index Properties*)

Sifat fisis tanah yaitu sifat yang berkaitan dengan komponen penyusunan massa tanah yang ada. Sifat fisis tanah didasarkan pada bentuk tanah, warna tanah, ukuran tanah dan bau tanah tersebut.

### 2.4.1 Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Kadar air tanah (*water content*) merupakan perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Untuk menentukan suatu kadar air dari tanah tersebut dapat dilakukan pengujian sampel tanah dengan membandingkan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persentase. Berikut rumus yang digunakan untuk mencari kadar air:

$$\text{Kadar air} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

$w_1$  = Massa tanah basah (*gr*);

$w_2$  = Massa tanah tanah kering (*gr*).

### 2.4.2 Berat Isi Tanah (*Soil Density*)

Berat isi tanah (*soil density*) merupakan perbandingan massa tanah dengan volume partikel dan ruang pori. Pemeriksaan berat isi tanah meliputi berat tanah basah, berat tanah kering, dan volume tanah. Dalam mencari berat isi tanah dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat isi basah} = \frac{w_1}{v_t} \quad (2.2)$$

$$\text{Berat isi kering} = \frac{w_2}{v_t} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$w_1$  = Massa tanah basah (*gr*);

$w_2$  = Massa tanah tanah kering (*gr*);

$v_t$  = Volume tanah tanah kering ( $cm^3$ ).

### 2.4.3 Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Berat jenis tanah (*specific gravity*) merupakan perbandingan antara berat butir tanah dengan berat isi destilasi di udara dengan volume yang sama dan temperatur yang sama. Pemeriksaan tanah ini meliputi berat butir tanah dalam air dan berat butir tanah dalam udara dengan volume yang sama. Berikut adalah rumus untuk mengetahui berat jenis tanah:

$$\text{Berat jenis (Gs)} = \left[ \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) + (w_3 - w_2)} \right] \times K \quad (2.4)$$

Keterangan:

$w_1$  = Berat piknometer (*gr*);

$w_2$  = Berat tanah + Piknometer (*gr*);

$w_3$  = Berat tanah + Piknometer + Air (*gr*);

$w_4$  = Berat piknometer + Air (*gr*);

$K$  = Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**Tabel 2.1** Hubungan Antara Kerapatan Relatif Air dan Faktor Koreksi  $K$  Dalam Temperatur

| Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Hubungan kerapatan relatif air | Faktor koreksi $K$ |
|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 18                                | 0.9986244                      | 1.0004             |
| 19                                | 0.9984347                      | 1.0002             |
| 20                                | 0.9982343                      | 1.0000             |
| 21                                | 0.9980233                      | 0.9998             |
| 22                                | 0.9978019                      | 0.9996             |
| 23                                | 0.9975702                      | 0.9993             |
| 24                                | 0.9973286                      | 0.9991             |
| 25                                | 0.9970770                      | 0.9989             |
| 26                                | 0.9968156                      | 0.9986             |
| 27                                | 0.9965451                      | 0.9983             |
| 28                                | 0.9962652                      | 0.9980             |
| 29                                | 0.9939761                      | 0.9977             |
| 30                                | 0.9956780                      | 0.9974             |

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 1964, 2008)

Setelah mendapatkan nilai  $G_s$ , maka dapat menentukan jenis tanah tersebut yang dapat dilihat dari tabel berikut:

**Tabel 2.2** Jenis Tanah Berdasarkan Nilai Gs

| Jenis Tanah       | Nilai Gs    |
|-------------------|-------------|
| Kerikil           | 2.65 – 2.68 |
| Pasir             | 2.65 – 2.68 |
| Lanau Organik     | 2.62 – 2.68 |
| Lempung Organik   | 2.58 – 2.65 |
| Lempung Anorganik | 2.68 – 2.75 |
| Humus             | 1.37        |
| Gambut            | 1.25 – 1.80 |

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

#### 2.4.4 Porositas

Porositas merupakan persentase dari ruang pori (ruang kosong) yang tersedia dalam volume tertentu untuk diisi oleh air dan udara. Porositas terjadi karena bentuk dan ukuran butiran tanah tidak sama yang mengakibatkan adanya ruang antar butiran. Dalam mencari nilai porositas dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Porositas } (n) = \frac{V_V}{V_S} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

$V_V$  = Volume rongga pori ( $cm^3$ );

$V_S$  = Volume butiran padat ( $cm^3$ ).

Setelah mendapatkan nilai porositas, maka dapat menentukan kualitas tanah tersebut yang dapat dilihat dari tabel berikut:

**Tabel 2.3** Kualitas Tanah Berdasarkan Porositas

| Kualitas                         | Porositas |
|----------------------------------|-----------|
| Diabaikan ( <i>negligible</i> )  | 0 – 5     |
| Buruk ( <i>poor</i> )            | 5 – 10    |
| Cukup ( <i>fair</i> )            | 10 – 15   |
| Baik ( <i>good</i> )             | 15 – 20   |
| Sangat baik ( <i>very good</i> ) | 20 – 25   |
| Istimewa ( <i>excellent</i> )    | >25       |

(Sumber: Koesoemadinata, 1980)

Setelah mendapatkan nilai porositas dan kualitas tanah, maka dapat menentukan jenis tanah tersebut yang dapat dilihat dari tabel berikut:

**Tabel 2.4** Jenis Tanah Berdasarkan Porositas

| Jenis Tanah  | Porositas |
|--------------|-----------|
| Tanah        | 50 – 60   |
| Lempung      | 45 – 55   |
| Lumpur       | 40 – 50   |
| Pasir kasar  | 35 – 40   |
| Pasir sedang | 30 – 40   |
| Pasir halus  | 30 – 35   |



| Jenis Tanah            | Porositas |
|------------------------|-----------|
| Kerikil                | 30 – 40   |
| Kerikil dan batu pasir | 20 – 35   |
| Batu pasir             | 10 – 20   |
| Serpihan               | 1 – 10    |
| Batu kapur             | 1 – 10    |
| Batu granit            | 1 – 5     |

(Sumber: Seyhan, 1977)

#### 2.4.5 Angka Pori (*Void Ratio*)

Angka pori merupakan perbandingan antara besarnya volume rongga dengan volume butiran tanah. Semakin tinggi angka pori maka semakin besar rongga tanah tersebut yang membuat daya dukung tanah semakin kecil. Mencari nilai angka pori dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Angka Pori } (e) = \frac{V_V}{V_S} \quad (2.6)$$

Keterangan:

$V_V$  = Volume rongga pori ( $cm^3$ );

$V_S$  = Volume butiran padat ( $cm^3$ ).

Setelah mendapatkan nilai angka pori, maka dapat menentukan jenis tanah tersebut yang dapat dilihat dari tabel 2.5

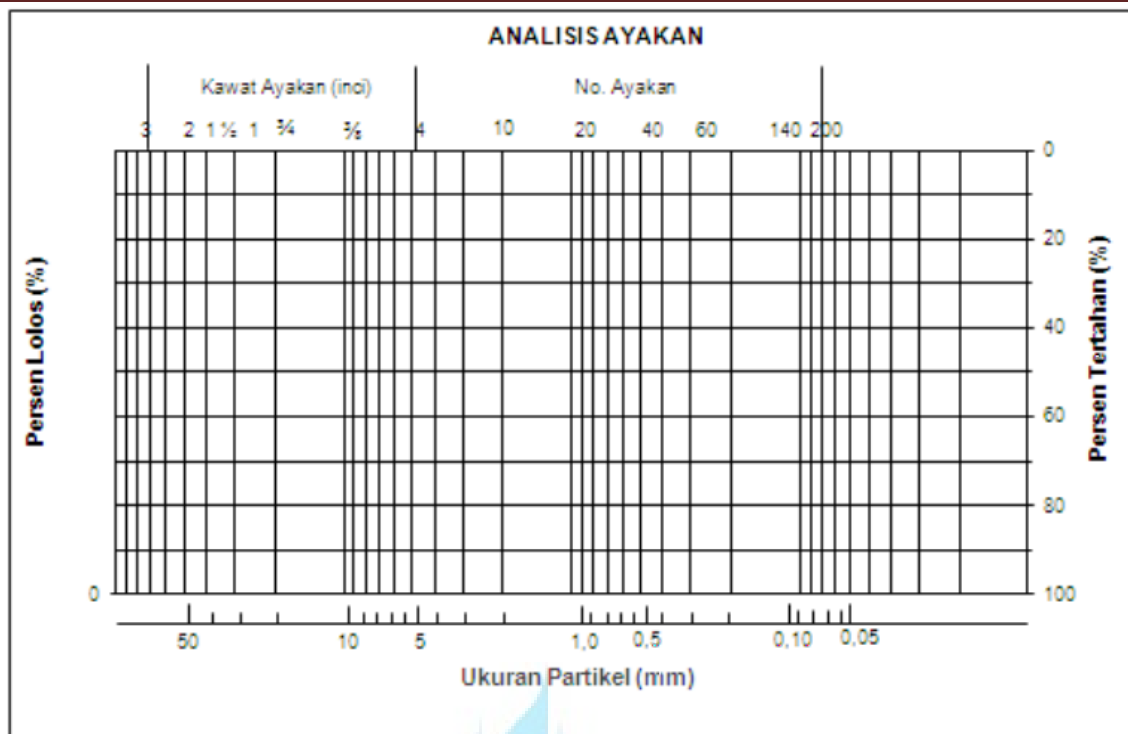
**Tabel 2.5** Jenis Tanah Berdasarkan Angka Pori

| Jenis Tanah  | Angka Pori |
|--|------------|
| Pasir lepas dengan butiran seragam ( <i>loose uniform sand</i> )                             | 0.8        |
| Pasir padat dengan butiran seragam ( <i>dense uniform sand</i> )                             | 0.45       |
| Pasir berlanau yang lepas dengan butiran bersudut ( <i>loose angulargrained silty sand</i> ) | 0.65       |
| Pasir berlanau yang padat dengan butiran bersudut ( <i>dense angulargrained silty sand</i> ) | 0.4        |
| Lempung kaku ( <i>stiff clay</i> )   | 0.6        |
| Lempung lembek ( <i>soft clay</i> )  | 0.9 – 1.4  |
| Tanah ( <i>loess</i> )   | 0.9        |
| Lempung organik lembek ( <i>soft organik clay</i> )  | 2.5 – 3.2  |
| <i>Glacial till</i>  | 0.3        |

(Sumber: Das, 1995)

#### 2.4.6 Distribusi Butiran Tanah (*Grain Size*)

Distribusi butiran tanah (*grain size*) adalah penentuan persentase butiran tanah pada satu unit saringan dengan ukuran diameter lubang yang berbeda. Tujuan dari pengujian ini yaitu mengetahui butir-butir tanah serta persentasenya berdasarkan batas-batas klasifikasi jenis tanah, sehingga dapat diketahui jenis tanah yang diuji. Hasil dari pengujian analisis saringan dimasukkan ke grafik perbandingan antara nomor saringan dengan persentase lolos saringan.



Gambar 2.10 Kurva Akumulasi Ukuran Butiran Tanah

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 3423, 2008)

Berikut adalah rumus untuk mencari koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc):

$$\text{Berat tanah tertahan (\%)} = \frac{\text{Berat tanah yang tertahan}}{\text{Berat tanah seluruhnya}} \times 100\% \quad (2.7)$$

$$\text{Kumulatif tanah tertahan (\%)} \quad (2.8)$$

$$= (\text{Berat tanah tertahan di saringan } x) - (\text{Berat tanah tertahan di saringan } (x - 1))$$

$$\text{Tanah yang lolos saringan (\%)} = 100\% - \text{Kumulatif tanah tertahan} \quad (2.9)$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (2.10)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (2.11)$$

Keterangan:

$D_{10}$  = Tanah yang lolos saringan dengan persentase 10%;

$D_{30}$  = Tanah yang lolos saringan dengan persentase 30%;

$D_{60}$  = Tanah yang lolos saringan dengan persentase 60%.

Setelah mendapatkan nilai  $C_u$  dan  $C_c$ , kemudian menentukan klasifikasi tanah yang dapat dilihat dalam tabel berikut:

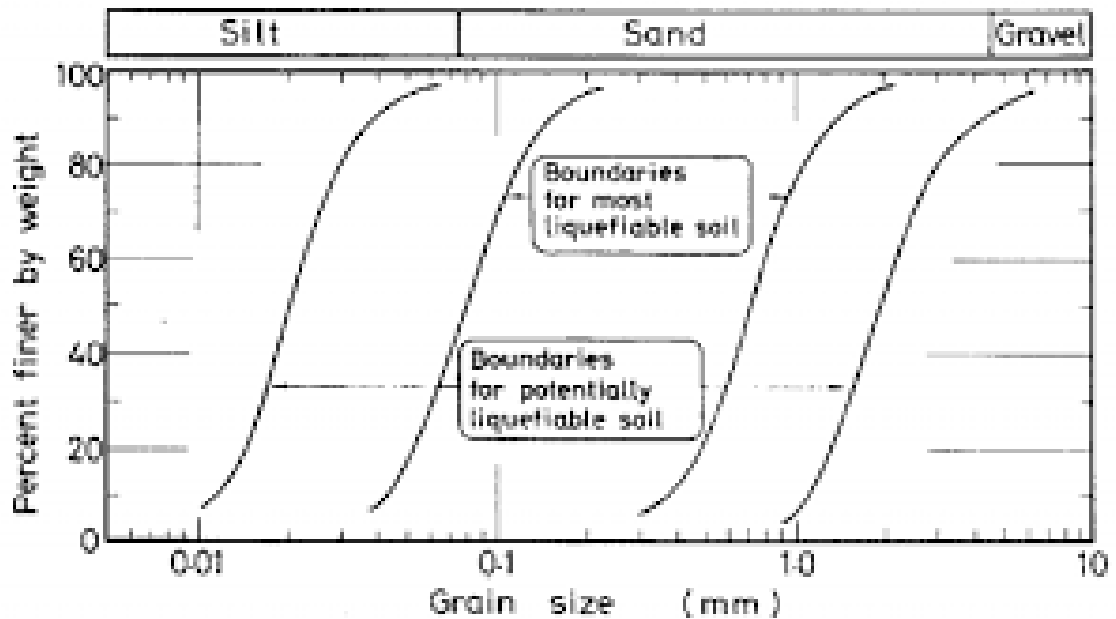
**Tabel 2.6** Klasifikasi Tanah

| Kriteria untuk Menetapkan Simbol-Simbol Kelompok dan Nama-Nama Kelompok Menggunakan Pengujian-Pengujian Laboratorium |   |   |   | Klasifikasi Tanah |                          |
|--|---|---|---|-------------------|--------------------------|
|  |   |   |   | Simbol Kelompok   | Nama Kelompok            |
| Tanah Berbutir Kasar >50% Tertahan Ayakan No.200   | Kerikil (Lebih Besar dari 50% Fraksi Kasar yang Tertahan Ayakan No.4) | Kerikil Bersih (Butir Halus <5%)                | $C_u \geq 4$ dan $1 \leq C_c \leq 3$        | GW                | Kerikil Bergradasi Baik  |
|  |   | Kerikil Bersih (Butir Halus <5%)                | $C_u < 4$ dan/atau $C_c < 1$ atau $C_c > 3$ | GP                | Kerikil Bergradasi Buruk |
|  | Kerikil dengan Butir Halus (Butir Halus >12%)                         | Butir Halus Diklasifikasikan Sebagai ML atau MH | GM  | Kerikil Kelanauan |                          |
|  |   |   | Butir Halus                                 | GC                | Kerikil Kelimpungan      |

|  |  |   |  |                           |  |
|--|--|---|--|---------------------------|--|
|  |  |   | Diklasifikasikan<br>Sebagai CL atau CH |                           |  |
| Pasir<br>(Lebih<br>Besar dari<br>50%<br>Fraksi<br>Kasar<br>yang Lolos<br>Ayakan<br>No.4) | Pasir<br>Bersih<br>(Butir<br>Halus<br><5%)                 | $Cu \geq 6$ dan $1 \leq Cc \leq 3$                    | SW                                     | Pasir Bergradasi<br>Baik  |  |
|  |  | $Cu < 4$ dan/atau $Cc < 1$<br>atau $Cc > 3$           | SP                                     | Pasir Bergradasi<br>Buruk |  |
|  | Pasir<br>dengan<br>Butir Halus<br>(Butir<br>Halus<br>>12%) | Butir Halus<br>Diklasifikasikan<br>Sebagai ML atau MH | SM                                     | Pasir Kelanauan           |  |
| Butir Halus<br>Diklasifikasikan<br>Sebagai CL atau CH                                    |  | SC  | Pasir<br>Kelempungan                   |                           |  |

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 3423, 2008)

Jenis tanah yang rentan mengalami likuifaksi merupakan tanah berjenis pasir lepas sampai medium yang jenuh. Tsuchida (1970) dalam Setiawan and Kurniawan (2018) meringkas hasil dari pengujian analisis saringan pada sejumlah tanah yang diketahui telah mengalami likuifaksi dan berpotensi terlikuifaksi selama gempa bumi dalam kurva ukuran butir yang rentan terhadap likuifaksi ditunjukkan pada gambar 2.5.



**Gambar 2.11** Kurva Distribusi Ukuran Butir Tanah yang Rentan Likuifaksi

(Sumber: Tsuchida, 1970)

## 2.5 Sifat Mekanis Tanah (*Engineering Properties*)

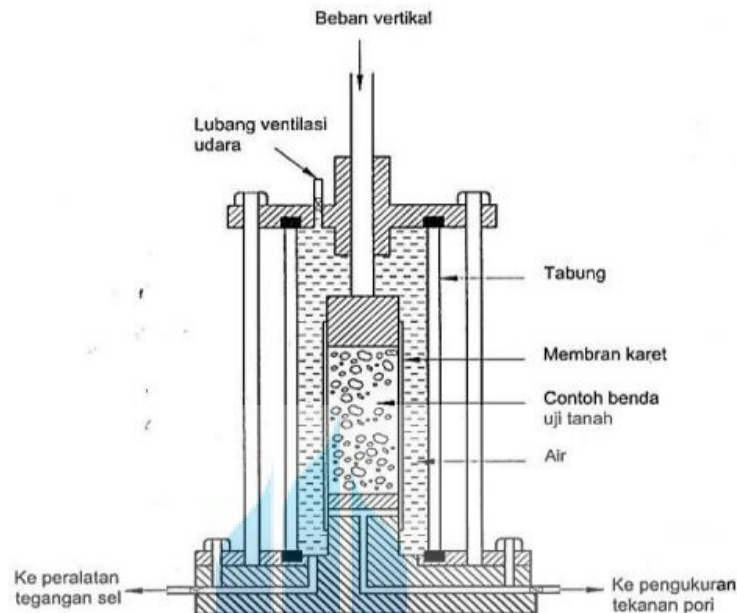
Sifat mekanis tanah adalah sifat perilaku struktur massa tanah yang dipengaruhi oleh suatu gaya atau tekanan yang dijelaskan secara teknis mekanis. Sifat mekanis tanah diantaranya terdiri dari kuat geser.

Kuat geser suatu massa tanah merupakan salah satu bentuk perlawanan dalam tanah yang memiliki keseragaman yang kuat dan dapat runtuh atau bergeser sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Broto 2008).

### 2.5.1 Pengujian Triaksial

Umumnya, pengujian triaksial menggunakan sampel tanah dengan diameter kira-kira 3,81 cm (1,5 inchi) dan tinggi 7,62 cm (3 inchi), atau perbandingan diameter terhadap tinggi sampel sekitar 1:2. Sampel dimasukkan ke dalam selubung karet tipis dan diletakkan di dalam tabung kaca atau plastik. Biasanya, tabung sampel diisi dengan air

atau gliserin. Sampel mendapat tegangan sel/tegangan keliling ( $\sigma_3$ ), dengan penerapan tekanan pada cairan di dalam tabung kaca atau plastiknya. Alat uji dihubungkan ke pengaturan drainase ke dalam maupun ke luar dari benda uji.



Gambar 2.12 Alat Pengujian Triaksial

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Tegangan  $\sigma_1$  disebut tegangan utama mayor (*major principal stress*), dan tegangan  $\sigma_3$  disebut tegangan utama minor (*minor principal stress*). Tegangan utama tengah (*intermediate principal stress*)  $\sigma_2 = \sigma_3$ , merupakan tegangan keliling atau tegangan sel (*confining stress*). Karena tinjauannya hanya dua dimensi, tegangan  $\sigma_2$  biasanya tidak diperhitungkan. Tegangan yang terjadi dari selisih  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  atau  $(\sigma_1 - \sigma_3)$  disebut tegangan deviator (*deviator stress*) atau beda tegangan (*stress difference*). Regangan aksial diukur selama penerapan tegangan deviatornya. Regangan tambahan ini akan menyebabkan luas penampang melintang benda uji bertambah. Oleh karena itu, penampang sampel harus dikoreksi saat menghitung tegangan deviator. Jika penampang

benda uji awal  $A_0$ , maka penampang benda uji ( $A$ ) pada regangan tertentu selama pengujian dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A = A_0 \cdot \frac{1 - \frac{\Delta V}{V_0}}{1 - \frac{\Delta L}{L_0}} \quad (2.12)$$

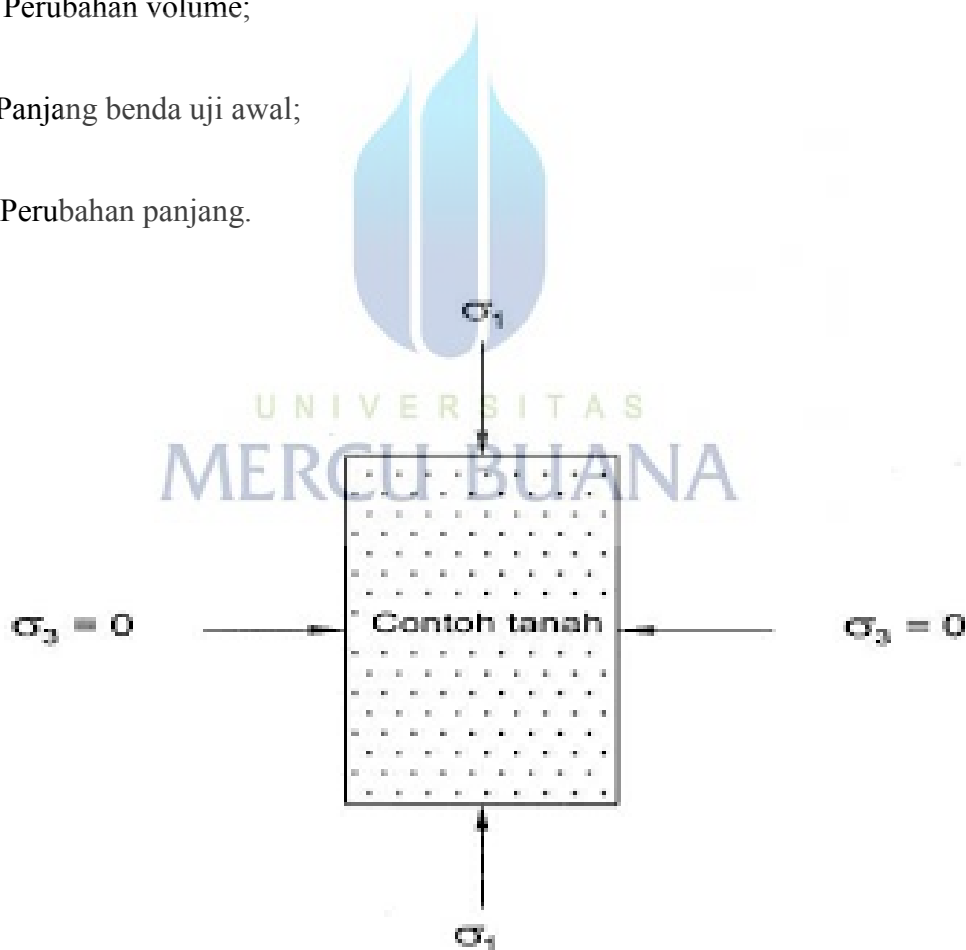
Keterangan:

$V_0$  = Volume benda uji awal;

$\Delta V$  = Perubahan volume;

$L_0$  = Panjang benda uji awal;

$\Delta L$  = Perubahan panjang.



**Gambar 2.13** Skema Pembebanan Pada Uji Triaksial

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)



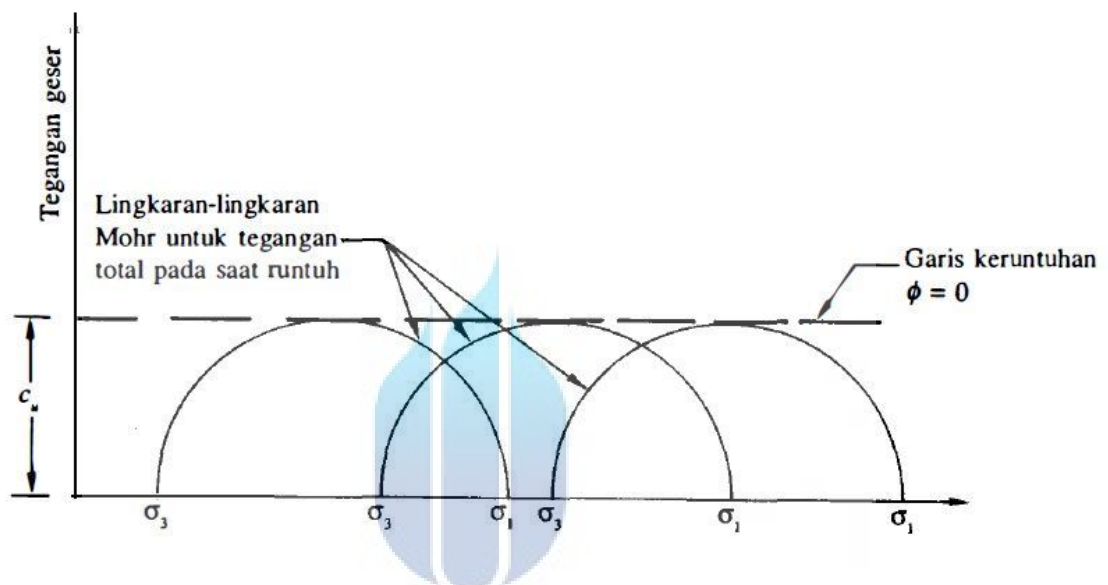
Untuk menentukan kuat geser tanah dapat digunakan tanah kering maupun tanah jenuh. Jika katup drainase tetap terbuka selama penerapan tegangan sel maupun tegangan deviatornya, volume air yang mengalir keluar dari sampel yang jenuh selama pengujian akan memberikan nilai perubahan volume sampel. Dalam pengujian katup drainase terbuka atau pengujian *drained* (dengan drainase), tegangan total akan sama dengan tegangan efektifnya. Sehingga tegangan utama mayor efektifnya  $\sigma'_1 = \sigma_1 = \sigma_3 = \Delta\sigma$ , sedangkan tegangan utama minor efektifnya  $\sigma'_3 = \sigma_3$  dan selanjutnya tegangan utama tengahnya  $\sigma'_2 = \sigma'_3$ . Pada saat keruntuhan terjadi, tegangan utama mayor efektif sama dengan  $\sigma_3 + \Delta\sigma_f$  dimana  $\Delta\sigma_f$  adalah tegangan deviator pada saat keruntuhan terjadi dan tegangan utama minor efektif adalah  $\sigma'_3$ .

Pengujian triaksial dapat dilaksanakan dengan tiga cara, yaitu :

**a. Pengujian dengan keadaan tanpa terkonsolidasi - tanpa drainase**  
**(Unconsolidated Undrained Test / UU Test).**

Pengujian triaksial dengan cara ini bisa juga disebut pengujian cepat (*Quick test*) karena waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengujiannya relatif lebih lebih cepat dibandingkan pengujian triaksial *CU* dan *CD*. Pada pengujian ini (*UU test*) mula-mula sampel dibebani dengan penerapan tegangan sel (tegangan keliling), kemudian dibebani dengan beban normal, melalui penerapan tegangan deviator hingga mencapai keruntuhan. Ketika pemberian tegangan sel dan saat penerapan tegangan deviator selama penggeseran, air tidak boleh mengalir keluar dari sampel. Dengan kata lain selama pengujian berlangsung, katup drainase ditutup. Karena air tidak dibiarkan mengalir keluar selama pengujian, beban normal tidak akan berpindah ke partikel tanah. Kondisi tanpa drainase akan menghasilkan tekanan pori yang berlebihan (*excess pore pressure*) dengan tidak ada tahanan geser hasil perlawanan dari partikel tanah. Contoh kondisi

*Unconsolidated Undrained* di lapangan adalah pembuatan pondasi dangkal yang telah digali sebelumnya. Pada penggalian pondasi dangkal, waktu yang dibutuhkan relatif cepat sehingga air dari tanah tidak akan mengalir. Nilai kuat geser tanah yang diperoleh merupakan nilai kuat geser tanah dari pembebanan yang dilakukan dengan cepat tanpa melalui proses konsolidasi (Broto 2008).



**Gambar 2.14** Lingkaran-Lingkaran Mohr Untuk Tegangan Total Dan Garis Keruntuhan

Yang Didapat Dari Uji Triaksial UU

(Sumber: Das, 1993)

Adapun prosedur pengujian triaksial metode tanpa terkonsolidasi - tanpa drainase (*Unconsolidated Undrained*) menurut Standar Nasional Indonesia 03-4813-1998 Rev.2004 (2004) sebagai berikut:

1. Periksa semua selang dan pipa yang menghubungkan bejana utama yang berisi air, pemberi tekanan sel, alat ukur tekanan dan ke atas triaksial terisi dengan air yang bebas udara.
2. Periksa dan siapkan sistem pemberi tekanan sel.
3. Periksa karet-karet pembungkus terhadap kemungkinan terjadinya kebocoran.

4. Letakkan contoh uji pada alas tempat kedudukan contoh uji di dalam sel triaksial.
5. Ambil karet pembungkus dan masukan ke dalam tabung pengembang serta ikatkan kedua ujungnya pada tabung pengembang sehingga saat tabung dihisap, karet pembungkus melekat pada dinding dalam tabung.
6. Dalam keadaan demikian, masukkan tabung pengembang tersebut ke dalam benda uji dengan hati-hati; masukkan penutup atas ke dalam karet, sehingga penutup duduk di atas contoh uji; lepaskan hisapan pada tabung pengembang.
7. Lepaskan bagian atas karet dari tabung pengembang dan keluarkan tabung pengembang dari benda uji.
8. Ikat bagian-bagian alas tempat kedudukan contoh dan karet serta bagian atas plat penutup dan karet dengan menggunakan karet pengikat berbentuk huruf 0; oleskan tipis-tipis dengan grease bagian vertikal dari alas dan tutup benda uji untuk memudahkan masuknya karet pembungkus.
9. Letakkan sumbu piston dari sel triaksial tepat di tengah-tengah penutup atas contoh uji pada tempat kedudukan yang telah disediakan; tekanan yang terjadi pada permukaan benda uji akibat berat piston tidak boleh melebihi 0,5 % dari perkiraan kuat tekan maksimum benda uji; kencangkan mur atau baut pengikat, sehingga sel triaksial terikat kuat dan rapat pada bagian bawah.
10. Letakkan sel triaksial pada tempat yang telah disediakan pada mesin kompresi; naikkan sel triaksial dengan memutar mesin dengan tangan sampai ujung atas piston duduk tepat pada tempat kedudukannya pada cincin pengukur beban ( proving ring ) dengan hati-hati.
11. Isi sel triaksial dengan cairan dari bejana utama, pada saat sel hampir terisi penuh, miringkan posisi sel berlawanan arah dengan posisi lubang pengeluar udara (I) yang

---

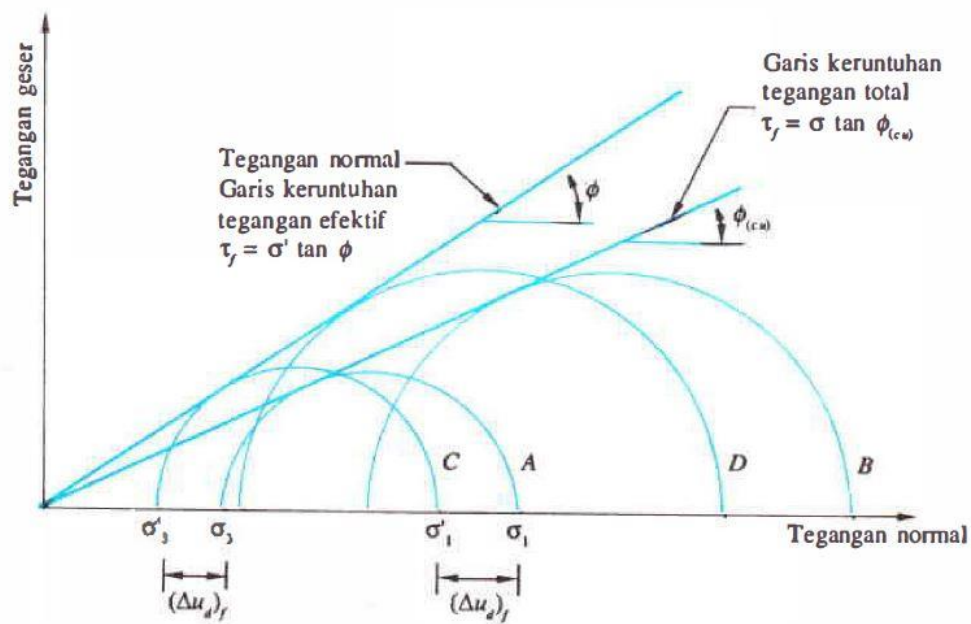
terdapat pada bagian tepi alas sel, setelah udara keluar seluruhnya, tutup lubang udara tersebut secepatnya.

12. Beri tekanan semua arah dalam sel ( $\sigma_3$ ) pada tekanan yang diinginkan dengan membuka kran E dan J, tunggu selama 10 menit untuk memberikan penyesuaian benda uji pada tekanan sel yang diberikan.
13. Atur posisi arloji pengukur cincin pembeban dan deformasi aksial serta catat pembacaan awal.
14. Pilih pengatur kecepatan mesin kompresi sesuai dengan kecepatan deformasi yang dikehendaki.
15. Berikan pembebanan aksial pada kecepatan deformasi mendekati 1% per menit untuk tanah plastis dan 0,3% per menit untuk tanah yang mudah remuk (brittle) dimana tegangan deviator mencapai regangan antara 3% s.d. 6% pada waktu 15 menit s.d. 20 menit, teruskan pembebanan sampai mencapai regangan 15 % atau pada 5 % regangan setelah tegangan deviator maksimum tercapai.
16. Catat pembacaan arloji cincin pembeban dan deformasi aksial pada regangan 0,1%; 0,3%; 0,4% dan 0,5 %, kemudian penambahan pada setiap 0,5% sampai pada regangan 3% dan diteruskan pada setiap penambahan 1%; untuk memperoleh grafik hubungan tegangan deviator - regangan yang baik, interval pembacaan yang lebih kerap dapat dilakukan.
17. Setelah pengujian selesai, ambil contoh uji, sket pola kelongsoran yang terjadi dan tentukan kadar air.

**b. Pengujian dengan keadaan terkonsolidasi - tanpa drainase (*Consolidated Undrained Test / CU Test*).**

Pengujian triaksial yang dilakukan dengan cara ini dapat juga disebut sebagai pengujian

terkonsolidasi cepat (*consolidated quick test*). Pada pengujian ini (*CU test*) mula-mula sampel dibebani dengan tegangan sel tertentu dengan membiarkan air mengalir keluar sampai proses konsolidasi selesai. Kemudian tegangan deviator diterapkan dengan drainase dalam keadaan tertutup sampai sampel mengalami keruntuhan. Kecepatan pembebanan ini lebih lambat dibandingkan dengan pengujian triaksial *UU*, dan lebih cepat dibandingkan dengan pengujian triaksial *CD*. Karena katup drainase tertutup, maka volume tidak akan berubah selama penggeseran berlangsung. Saat pengujian dengan cara ini, tekanan air pori pada sampel akan terlalu tinggi. Pengukuran tekanan air pori dapat dilakukan selama pengujian. Contoh kondisi *Consolidated Undrained* di lapangan yaitu proses konstruksi yang dilakukan dengan cepat, menyebabkan terjadinya kenaikan tegangan pori hingga tanah runtuh. Contoh lainnya adalah bendungan dikosongkan secara tiba-tiba dan kemudian diisi kembali dengan air hingga penuh. Saat itu bendungan sedang mengalami pembebanan dari air. Dalam proses pengosongan bendungan, butiran yang ada di tanah akan naik mengikuti aliran air, sehingga air tidak akan mengalir keluar dari bendungan. Nilai kuat geser tanah yang diperoleh adalah nilai kekuatan setelah tanah terkonsolidasi dan saat air pori tidak terdrainase (Broto 2008).



**Gambar 2.15** Lingkaran-Lingkaran Mohr Untuk Tegangan Total Dan Garis Keruntuhan Yang Didapat Dari Uji Triaksial CU

(Sumber: Das, 1993)

Adapun prosedur pengujian triaksial metode terkonsolidasi - tanpa drainase (*Consolidated Undrained*) menurut Standar Nasional Indonesia 03-2455-1991 Rev.2004 (2004) sebagai berikut:

### 1. Penjenuhan dengan tekanan balik

Benda uji tanah yang terpasang dalam sel triaksial harus dijenuhkan dahulu dengan memberi tekanan balik sebelum dilakukan penggeseran. Benda uji tanah dianggap jenuh jika koefisien tekanan air pori B telah mencapai nilai minimal 0,95. Tekanan balik untuk penjenuhan lempung lunak cukup sampai 200 kPa, sedangkan untuk tanah lempung yang lebih padat bisa mencapai 700 kPa.

- a. Pada keadaan tekanan sel 50 kPa (atau kurang dari 50 kPa pada tanah lempung lunak).

- 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
- 2) Setel pengatur tekanan sel secara bertahap dari 10 kPa atau mencapai 50 kPa dan baca buret pada alat ukur perubahan volume sel (= pembacaan awal dibaca setelah konstan).
- 3) Buka katup tekanan sel dan biarkan katup tekanan balik tetap tertutup pada sel triaksial hingga tekanan air pori konstan minimal selama 15 menit.
- 4) Setelah tekanan air pori konstan, yaitu jika perubahan volume terbaca kurang dari 0,25 mm<sup>3</sup>/menit, baca buret pada alat ukur perubahan volume sel (= pembacaan akhir), dan perbedaan antara pembacaan awal dan pembacaan akhir disebut perubahan volume sel ( $\Delta V_s$ ).
- 5) Catat semua hasil pembacaan pada formulir penjumlahan.
- b. Pada keadaan tekanan balik 40 kPa (atau kurang 10 kPa dari tekanan sel).
  - 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Setel pengatur tekanan balik hingga mencapai 40 kPa (berarti 10 kPa kurang dari tekanan sel), dan baca buret perubahan volume benda uji tanah (= pembacaan awal).
  - 3) Buka katup tekanan sel dan katup tekanan balik.
  - 4) Jaga tekanan balik agar tetap konstan.
  - 5) Setelah tekanan air pori mencapai 40 kPa, baca buret perubahan volume benda uji tanah (=pembacaan akhir), dan perbedaan antara pembacaan awal dan pembacaan akhir disebut perubahan volume benda uji tanah ( $\Delta V_c$ ).
- 6) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- c. Pada keadaan tekanan sel ditingkatkan 50 kPa.
  - 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Tingkatkan tekanan sel sebesar 50 kPa, dan baca buret perubahan volume sel (= pembacaan awal).

- 3) Buka katup tekanan sel dan katup tekanan balik masih tetap tertutup,
- 4) Biarkan keadaan hingga tekanan air pori konstan, yaitu jika perubahan volume sel kurang dari 0,25 mm/menit.
- 5) Baca buret perubahan volume sel (= pembacaan akhir), dan perbedaan antara pembacaan awal dan pembacaan akhir disebut perubahan volume sel ( $\Delta V_s$ ).
- 6) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- 7) Hitung koefisien tekanan air pori B dengan menggunakan persamaan.

$$B' = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} \quad (2.13)$$

dimana:

$B'$  = Koefisien tekanan air pori;

$\Delta u$  = Peningkatan tekanan air pori akibat peningkatan tekanan sel;

$\Delta \sigma_3$  = Peningkatan tekanan sel.

- d. Jika  $B'$  belum mencapai 0,95 ulangi langkah-langkah butir 2) sampai dengan 7) dengan peningkatan tekanan balik 40 kPa dan peningkatan tekanan sel 50 kPa secara bergantian hingga nilai B mencapai 0,95.
- e. Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- f. Hitung perubahan volume total ( $\Delta V_t$ ) pada waktu penjenruhan.

## 2. Proses konsolidasi

- a. Pada keadaan tekanan sel ditingkatkan
  - 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Tingkatkan tekanan sel dengan memutar pengatur tekanan sel hingga perbedaan antara tekanan sel dan tekanan balik sesuai dengan tekanan efektif konsolidasi.
  - 3) Buka katup tekanan sel dan biarkan keadaan hingga tekanan air pori konstan (sama dengan tekanan sel).



b. Pada waktu konsolidasi

- 1) Baca buret perubahan volume benda uji tanah (= pembacaan awal).
- 2) Buka katup tekanan balik pada sel triaksial.
- 3) Baca buret perubahan volume benda uji tanah pada waktu-waktu (t) 1, 4, 9, 16, 25 menit dan seterusnya, dan konsolidasi dianggap selesai jika perubahan volume yang terbaca kurang dari 0,25 mm/menit.
- 4) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.

c. Penggambaran grafik hubungan antara waktu dan perubahan volume serta perubahan tekanan air pori

- 1) Gambar hubungan antara  $\sqrt{t}$  dan perubahan volume  $V$  atau hubungan antara  $\log t$  dan perubahan volume  $\Delta V$ .
- 2) Hitung waktu terjadinya 100% konsolidasi ( $t_{100}$ ) dan koefisien /konsolidasi ( $C_v$ ).
- 3) Hitung perubahan volume total selama penjenjuran dan konsolidasi, serta tinggi dan luas benda uji setelah konsolidasi.

**3. Penggeseran tidak terdrainase dengan cara kompresi**

a. Tahap persiapan

- 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
- 2) Tempatkan sel triaksial di atas landasan mesin pembeban.
- 3) Setel alat ukur beban aksial dan jaga piston sel triaksial agar tetap sentris terhadap mesin pembeban.

b. Tahap pembebanan vertikal

- 1) Gerakkan landasan mesin pembeban vertikal ke atas sehingga piston menyentuh alat ukur beban aksial.
- 2) Buka pengunci piston dan gerakkan landasan mesin pembeban vertikal ke atas sehingga piston menyentuh tutup contoh tanah.

- 3) Turunkan piston, dan pada saat itu arloji ukur dari cincin pengukur beban aksial sudah mencatat beban gesekan piston dan tekanan sel.
  - 4) Hilangkan beban tersebut dengan koreksi atau dengan menyetel arloji ukur nol kembali pada waktu penggeseran.
  - 5) Setel arloji ukur deformasi vertikal hingga menyentuh dudukan arloji ukur gerak vertikal.
- c. Tahap penentuan kecepatan gerak
- 1) Pilih kecepatan gerak vertikal yang sesuai pada alat pembeban sehingga bacaan tekanan air pori cukup teliti pada waktu penggeseran.
  - 2) Taksir kecepatan gerak vertikal dengan anggapan bahwa keruntuhan benda uji terjadi pada waktu  $t_f$  dan regangan 4% atau bergantung pada jenis tanahnya.
  - 3) Hitung kecepatan gerak dengan menggunakan persamaan:

$$v = \frac{(\varepsilon \times H)}{(100 \times t_f)} \quad (2.14)$$

dimana:

$v$  = Kecepatan gerak vertikal;

$\varepsilon$  = Regangan;

$t_f$  = Waktu terjadinya keruntuhan yang bergantung pada  $t_{100}$ , gunakan waktu keruntuhan minimum  $t_f$  sebesar 120 menit untuk pengujian triaksial cu;

$t_{100}$  = Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsolidasi 100% ;

$H$  = Tinggi benda uji tanah;

$D$  = Diameter benda uji tanah;

$\lambda$  = Konstanta yang digunakan untuk perhitungan  $C_v$  pada persamaan.

$$C_v = \frac{1.625 \cdot D^2}{\lambda \cdot t_{100}} \quad (2.15)$$

dimana:

$C_v$  = koefisien konsolidasi (m/tahun);

$t_{100}$  = Waktu untuk 100% konsolidasi (tahun);

$\lambda$  = Konstanta yang bergantung pada drainase;

$D$  = Diameter benda uji tanah.

**Tabel 2.7** Faktor-faktor untuk perhitungan  $C_v$  dan waktu terjadinya keruntuhan H/D

| No | Kondisi Drainase                    | $\lambda$ | $t_f/t_{100}$ |             |
|----|-------------------------------------|-----------|---------------|-------------|
|    |                                     |           | tidak         | terdrainase |
| 1  | Satu ujung                          | 1         | 0.51          | 8.5         |
| 2  | Kedua ujung                         | 4         | 0.51          | 8.5         |
| 3  | Sekeliling benda uji                | 64        | 1.49          | 12.7        |
| 4  | Sekeliling benda uji dan satu ujung | 80        | 1.59          | 14.2        |
| 5  | Sekeliling benda uji dan dua ujung  | 100       | 1.77          | 15.8        |

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 03-2455-1991 Rev.2004, 2004)

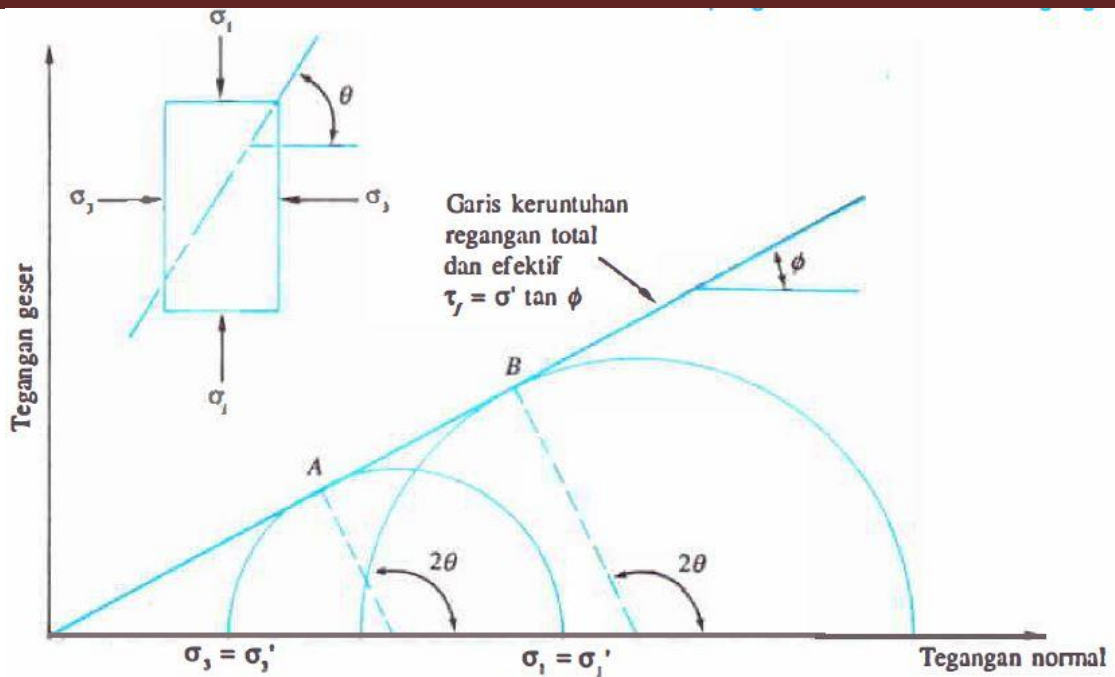
d. Tahap pembacaan hasil penggeseran dengan cara kompresi

- 1) Siapkan formulir pengujian geser.
- 2) Tekan tombol untuk menggerakkan mesin pembeban.

- 3) Lakukan pembacaan pada arloji gerak vertikal, arloji cincin pembeban, manometer tekanan air pori untuk setiap 10 bagian peningkatan yang terbaca pada arloji gerak vertikal.
- 4) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian geser, hingga mencapai
  - e. Tahap setelah penggeseran dengan cara kompresi
    - 1) Turunkan tekanan sel dan tekanan balik hingga nol, dan keluarkan air dari sel.
    - 2) Tutup semua katup sel triaksial.
    - 3) Lepaskan benda uji tanah dan membran karet dari alas bawah.
    - 4) Keluarkan benda uji tanah dari membran karet.
    - 5) Timbang berat, dan uji kadar airnya.
    - 6) Uji minimal 3 buah benda uji, dan gambarkan lingkaran *Mohr* atau grafik *p, q*.

**c. Pengujian dengan keadaan terkonsolidasi – dengan drainase (*Consolidated Drained Test / CD Test*).**

Pada pengujian ini (*CD test*) tegangan sel tertentu pertama kali diterapkan ke sampel dengan katup drainase terbuka sampai konsolidasi selesai. Kemudian,biarkan katup tetap terbuka dan tegangan deviator diterapkan dengan kecepatan yang rendah (lebih lambat dibandingkan *CU* dan *UU*) hingga sampel runtuh. Kecepatan pembebanan yang rendah dirancang untuk memastikan tekanan air pori nol selama proses penggeserannya. Dalam kondisi ini semua tegangan selama pengujian ditahan oleh gesekan antar butirannya.



**Gambar 2.16** Lingkaran-Lingkaran Mohr Untuk Tegangan Total Dan Garis Keruntuhan Yang Didapat Dari Uji Triaksial CD

(Sumber: Das, 1993)

Adapun prosedur pengujian triaksial metode terkonsolidasi - dengan drainase (*Consolidated Drained*) menurut Standar Nasional Indonesia 03-2455-1991 Rev.2004 (2004) sebagai berikut:

### 1. Penjenuhan dengan tekanan balik

Benda uji tanah yang terpasang dalam sel triaksial harus dijenuhkan dahulu dengan memberi tekanan balik sebelum dilakukan penggeseran. Benda uji tanah dianggap jenuh jika koefisien tekanan air pori B telah mencapai nilai minimal 0,95. Tekanan balik untuk penjenuhan lempung lunak cukup sampai 200 kPa, sedangkan untuk tanah lempung yang lebih padat bisa mencapai 700 kPa.

- a. Pada keadaan tekanan sel 50 kPa (atau kurang dari 50 kPa pada tanah lempung lunak).

- 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
- 2) Setel pengatur tekanan sel secara bertahap dari 10 kPa atau mencapai 50 kPa dan baca buret pada alat ukur perubahan volume sel (= pembacaan awal dibaca setelah konstan).
- 3) Buka katup tekanan sel dan biarkan katup tekanan balik tetap tertutup pada sel triaksial hingga tekanan air pori konstan minimal selama 15 menit.
- 4) Setelah tekanan air pori konstan, yaitu jika perubahan volume terbaca kurang dari 0,25 mm<sup>3</sup>/menit, baca buret pada alat ukur perubahan volume sel (= pembacaan akhir), dan perbedaan antara pembacaan awal dan pembacaan akhir disebut perubahan volume sel ( $\Delta V_s$ ).
- 5) Catat semua hasil pembacaan pada formulir penjumlahan.
- b. Pada keadaan tekanan balik 40 kPa (atau kurang 10 kPa dari tekanan sel).
  - 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Setel pengatur tekanan balik hingga mencapai 40 kPa (berarti 10 kPa kurang dari tekanan sel), dan baca buret perubahan volume benda uji tanah (= pembacaan awal).
  - 3) Buka katup tekanan sel dan katup tekanan balik.
  - 4) Jaga tekanan balik agar tetap konstan.
  - 5) Setelah tekanan air pori mencapai 40 kPa, baca buret perubahan volume benda uji tanah (=pembacaan akhir), dan perbedaan antara pembacaan awal dan pembacaan akhir disebut perubahan volume benda uji tanah ( $\Delta V_c$ ).
- 6) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- c. Pada keadaan tekanan sel ditingkatkan 50 kPa.
  - 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Tingkatkan tekanan sel sebesar 50 kPa, dan baca buret perubahan volume sel (= pembacaan awal).

- 3) Buka katup tekanan sel dan katup tekanan balik masih tetap tertutup,
- 4) Biarkan keadaan hingga tekanan air pori konstan, yaitu jika perubahan volume sel kurang dari 0,25 mm/menit.
- 5) Baca buret perubahan volume sel (= pembacaan akhir), dan perbedaan antara pembacaan awal dan pembacaan akhir disebut perubahan volume sel ( $\Delta V_s$ ).
- 6) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- 7) Hitung koefisien tekanan air pori B dengan menggunakan persamaan.

$$B' = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_3} \quad (2.16)$$

dimana:

$B'$  = Koefisien tekanan air pori;

$\Delta u$  = Peningkatan tekanan air pori akibat peningkatan tekanan sel;

$\Delta \sigma_3$  = Peningkatan tekanan sel.

- d. Jika  $B'$  belum mencapai 0,95 ulangi langkah-langkah butir 2) sampai dengan 7) dengan peningkatan tekanan balik 40 kPa dan peningkatan tekanan sel 50 kPa secara bergantian hingga nilai B mencapai 0,95.
- e. Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- f. Hitung perubahan volume total ( $\Delta V_t$ ) pada waktu penjenruhan.

## 2. Proses konsolidasi

- a. Pada keadaan tekanan sel ditingkatkan
  - 1) Tutup katup tekanan sel dan katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Tingkatkan tekanan sel dengan memutar pengatur tekanan sel hingga perbedaan antara tekanan sel dan tekanan balik sesuai dengan tekanan efektif konsolidasi.
  - 3) Buka katup tekanan sel dan biarkan keadaan hingga tekanan air pori konstan (sama dengan tekanan sel).

- b. Pada waktu konsolidasi
- 1) Baca buret perubahan volume benda uji tanah (= pembacaan awal).
  - 2) Buka katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 3) Baca buret perubahan volume benda uji tanah pada waktu-waktu ( $t$ ) 1, 4, 9, 16, 25 menit dan seterusnya, dan konsolidasi dianggap selesai jika perubahan volume yang terbaca kurang dari 0,25 mm/menit.
  - 4) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian.
- c. Penggambaran grafik hubungan antara waktu dan perubahan volume serta perubahan tekanan air pori
- 1) Gambar hubungan antara  $\sqrt{t}$  dan perubahan volume  $V$  atau hubungan antara  $\log t$  dan perubahan volume  $\Delta V$ .
  - 2) Hitung waktu terjadinya 100% konsolidasi ( $t_{100}$ ) dan koefisien /konsolidasi ( $C_v$ ).
  - 3) Hitung perubahan volume total selama penjenruhan dan konsolidasi, serta tinggi dan luas benda uji setelah konsolidasi.
- 3. Penggeseran terdrainase dengan cara kompresi**
- a. Tahap persiapan
- 1) Tutup katup tekanan sel dan buka katup tekanan balik pada sel triaksial.
  - 2) Tempatkan sel triaksial di atas landasan mesin pembeban.
  - 3) Setel alat ukur beban aksial dan jaga piston sel triaksial agar tetap sentris terhadap mesin pembeban.
- b. Tahap pembebanan vertikal
- 1) Gerakkan landasan mesin pembeban vertikal ke atas sehingga piston menyentuh alat ukur beban aksial.
  - 2) Buka pengunci piston dan gerakkan landasan mesin pembeban vertikal ke atas sehingga piston menyentuh tutup benda uji tanah.



- 3) Turunkan piston, dan pada saat itu arloji ukur dari cincin pengukur beban aksial sudah mencatat beban gesekan piston dan tekanan sel.
  - 4) Hilangkan beban tersebut dengan koreksi atau dengan menyetel arloji ukur nol kembali pada waktu penggeseran dengan cara kompresi.
  - 5) Setel arloji ukur deformasi vertikal hingga menyentuh dudukan arloji pengukur gerak vertikal.
- c. Tahap penentuan kecepatan gerak
- 1) Pilih kecepatan gerak vertikal yang sesuai pada alat pembeban sehingga bacaan tekanan air pori cukup teliti pada waktu penggeseran dengan cara kompresi.
  - 2) Taksir kecepatan gerak vertikal dengan anggapan bahwa keruntuhan benda uji terjadi pada waktu  $t_f$  dan regangan sebesar 4%-15% atau bergantung pada jenis tanahnya.
  - 3) Hitung kecepatan gerak dengan menggunakan persamaan (2) untuk kondisi terdrainase.
  - 4) Kecepatan gerak vertikal harus cukup lambat, sehingga tidak terjadi peningkatan tekanan air pori berlebih atau  $\Delta u = 0$ .
  - 5) Peningkatan tekanan air pori yang besar pada waktu penggeseran dengan cara kompresi menandakan kecepatan gerak vertikal terlalu cepat, sehingga pada waktu pengujian harus diperlambat.
- d. Tahap pembacaan hasil penggeseran
- 1) Siapkan formulir pengujian geser.
  - 2) Tekan tombol untuk menggerakkan mesin pembeban.
  - 3) Lakukan pembacaan pada arloji gerak vertikal, arloji cincin pembeban, perubahan volume pada buret tekanan balik, manometer tekanan air pori untuk setiap 10 bagian peningkatan yang terbaca pada arloji gerak vertikal.

- 4) Catat semua hasil pembacaan pada formulir pengujian geser, hingga mencapai 20% regangan atau beban aksial menurun 20% dari nilai maksimumnya.
- e. Tahap setelah penggeseran
- 1) Turunkan tekanan sel dan tekanan balik hingga nol, dan keluarkan air dari sel.
  - 2) Tutup semua katup sel triaksial.
  - 3) Lepaskan benda uji tanah dan membran karet dari alas bawah.
  - 4) Keluarkan benda uji tanah dari membran karet.
  - 5) Timbang berat, dan uji kadar airnya.
  - 6) Uji minimal 3 buah benda uji, dan gambarkan lingkaran *Mohr* atau grafik  $p, q$ .

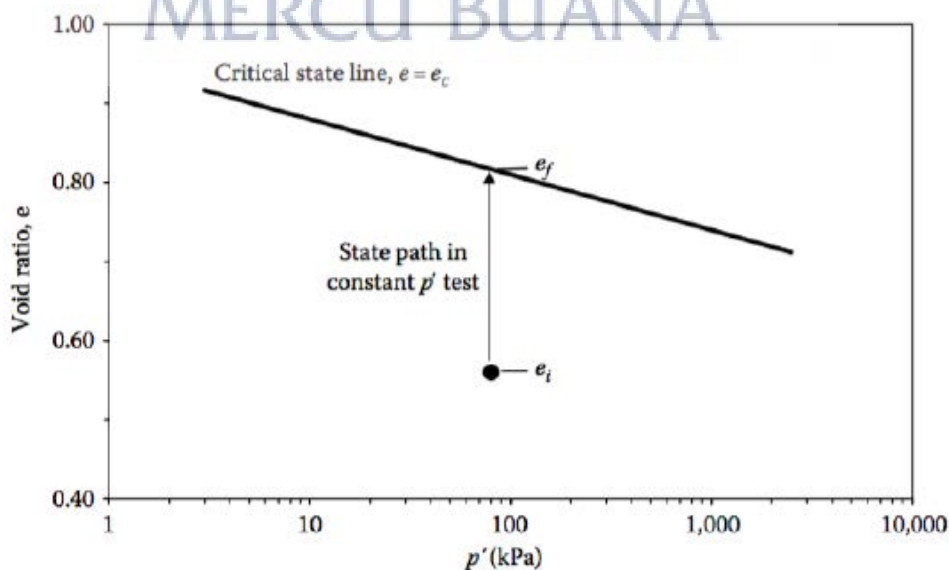
Pada pengujian kuat geser tanah, jika terdapat air di dalam tanah maka jenis pengujian, permeabilitas, kadar air, dan faktor lain yang mempengaruhi akan sangat menentukan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek dalamnya ( $\Phi$ ). Parameter kekuatan geser yang diukur menggunakan ketiga cara pengujian di atas (*UU*, *CU*, dan *CD*), hanya terkait dengan situasi di mana kondisi drainase di lapangan sesuai dengan kondisi drainase di laboratorium. Kuat geser tanah pada kondisi drainase terbuka (*drained*) berbeda dengan kuat geser tanah pada kondisi tanpa drainase (*undrained*). Sebelum konsolidasi terjadi, kondisi tanpa drainase (*undrained*) dapat digunakan untuk kondisi pembebanan cepat di tanah dengan permeabilitas rendah. Hanya sesudah konsolidasi di bawah tambahan tegangan totalnya, kondisi dengan drainase (*drained*) dapat digunakan untuk tanah dengan permeabilitas rendah. Selama proses konsolidasi, kekuatan geser tanah yang berpermeabilitas rendah secara bertahap berubah dari kuat geser *undrained* menjadi kuat geser *drained*. Pada tanah yang berpermeabilitas tinggi, kondisi drainase (*drained*) hanya dapat dilakukan jika setiap tegangan tambahan diterapkan dalam waktu singkat, dan kemudian semua tekanan pori berlebih dihilangkan. Sehingga, peningkatan tegangan yang cepat tidak akan mengakibatkan terjadinya tekanan air pori yang

berlebihan pada tanah (Broto 2008).

Pada pengujian triaksial konvensional prosedur normal untuk jenis *UU*, *CU*, dan *CD*, pengujian yang sama dapat dilakukan pada sampel tanah beberapa kali (umumnya 3 buah sampel) dengan menerapkan nilai tegangan sel  $\sigma_3$  yang berbeda. Jika dapat mengetahui nilai tegangan utama mayor / besar dan minor / kecil pada setiap pengujian, maka dapat menggambar lingkaran Mohr dan mendapatkan garis selubung keruntuhannya (*failure envelope*). Koordinat titik singgung garis keruntuhan dengan lingkaran Mohr menunjukkan besarnya tegangan (normal dan geser) dari setiap sampel tanah yang diuji pada bidang keruntuhan.

## 2.6 Keterkaitan antara Likui-faksi dengan Uji Triaksial

Untuk mengetahui potensi terjadinya likuifaksi pada suatu daerah dapat dilihat dari *critical limit state line* gambar 2.10. Cara paling sederhana untuk menentukan *critical limit state line* adalah melalui uji kuat geser triaksial pada sampel lepas. Metode triaksial yang digunakan untuk menentukan *critical limit state line* yaitu Triaksial CD.



**Gambar 2.17** Critical Limit State Line

(Sumber: Mike and Keen, 2016)

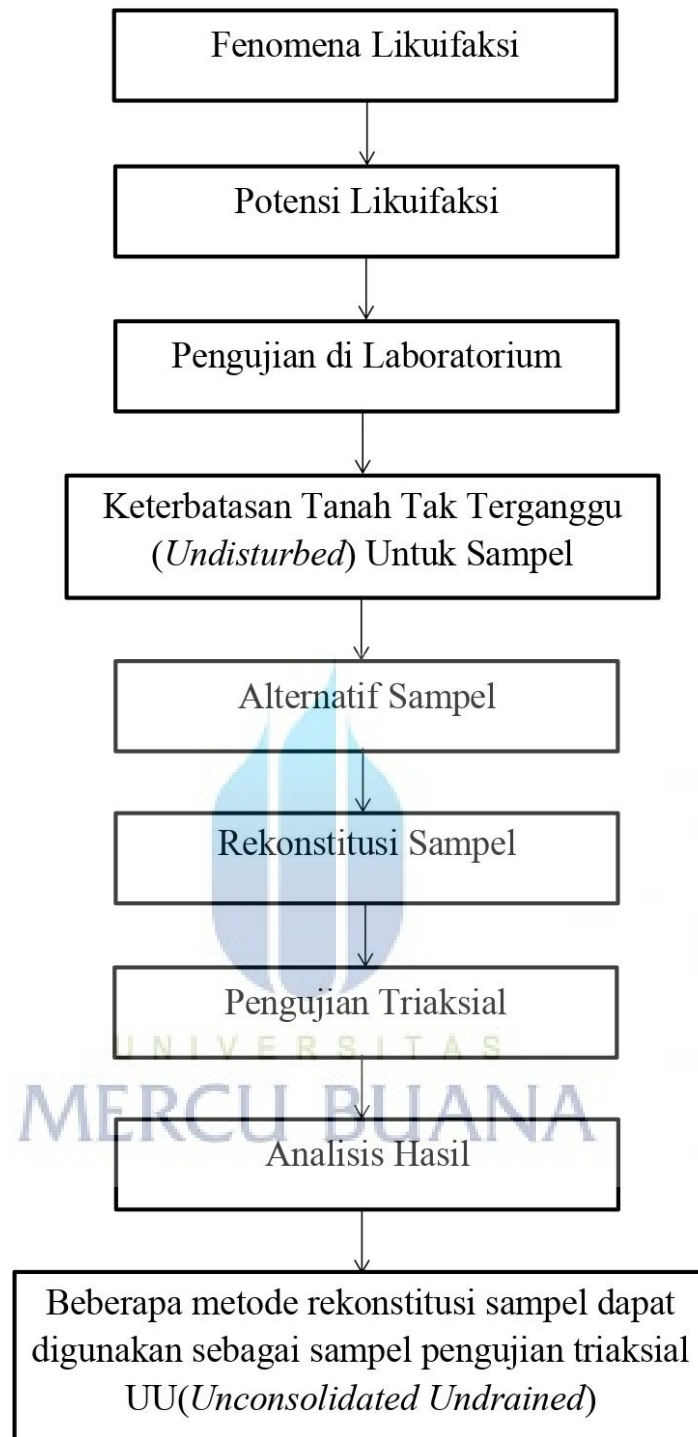
Dilihat dari gambar 2.10, menurut Mike and Keen (2016) dimana area di atas garis merupakan keadaan tanah berpotensi mengalami likuifaksi. Sedangkan area di bawah garis menandakan keadaan tanah tidak berpotensi mengalami likuifaksi.

Selama pengujian triaksial sampel mengalami perubahan volume, perubahan tersebut dapat mempengaruhi secara langsung posisi *critical state line*. Perubahan volume dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti ukuran butiran tanah dan bentuk tanah.

## 2.7 Kerangka Berpikir

Penelitian ini mengenai alternatif sampel karena keterbatasan sampel tanah tak terganggu di lokasi tersebut. Di bawah ini merupakan gambar kerangka berpikir





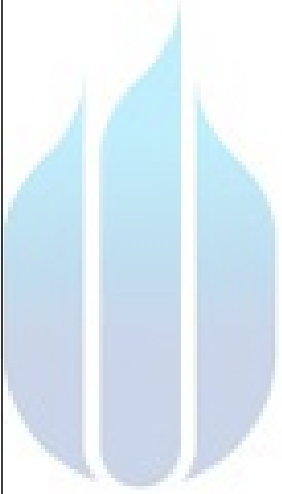
**Gambar 2.18** Kerangka Berpikir

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Referensi penelitian terdahulu merupakan referensi dalam penelitian ini dari berbagai penelitian sebelumnya tentang pengaruh rekonstitusi sampel pada uji triaksial untuk evaluasi potensi likuifaksi. Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya:

**Tabel 2.8** Penelitian Terdahulu

| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan   | Tujuan Penelitian  | Hasil   |
|-----|--|--|--|---|
| 1.  | Aplikasi Parameter Triaxial Testing Dalam Perencanaan Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil Untuk Pembangunan Jalan | Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Tahun 2020, Universitas Negeri Semarang. | Mengetahui hasil pengujian gradasi butiran, pengujian kuat geser dari uji triaxial UU, dan analisis potensi likuifaksi pada daerah penelitian. | Berdasarkan hasil pengujian gradasi butiran yang dilakukan, tanah masuk dalam kategori tanah pasir bergradasi buruk dan mengandung sedikit butiran halus. Hasil pengujian kuat geser tanah dengan uji triaksial <i>unconsolidated undrained</i> didapatkan nilai kohesi (c) dari sampel satu hingga lima berturut-turut adalah 45,184 kN/m <sup>2</sup> ; |

| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan | Tujuan Penelitian  | Hasil  |
|-----|--|--------------------------|--|--|
|     | <p>Pada Tanah Lokasi<br/>Bencana Likuifaksi<br/>Palu</p> |                          |  | <p>55,87 kN/m<sup>2</sup>; 47,577 kN/m<sup>2</sup>; 83,805 kN/m<sup>2</sup>; 14,15 kN/m<sup>2</sup>, sedangkan untuk nilai sudut geser (<math>\phi</math>) dari sampel satu hingga lima berturut-turut adalah 19°; 5°; 19°; 7°; 33. Berdasarkan hasil pengujian gradasi butiran tanah dan grafik potensi likuifaksi menurut usulan Sitharam, kelima tanah yang telah dianalisis termasuk kedalam tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi.</p> |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan   | Tujuan Penelitian  | Hasil  |
|-----|--|--|--|--|
| 2.  | Analisis Potensi Likuifaksi (Studi Kasus: Pltu Area Gorontalo) | Jurnal Sipil Statik, Volume 7 Nomor 8, Agustus 2019, Universitas Sam Ratulangi Manado. | Mengidentifikasi potensi likuifaksi di proyek pembangunan PLTU Gorontalo, analisis perhitungan <i>Cyclic Stress Ratio</i> (CSR) dan <i>Cyclic Resistance Ratio</i> (CRR) menggunakan data <i>Standart Penetration Test</i> (SPT) dan Menganalisis pengaruh <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA) terhadap potensi likuifaksi | Dari hasil perhitungan potensi likuifaksi, terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah 1.5 m – 3 m untuk semua variasi gempa yang dipakai pada titik BH 1. Dan untuk titik BH 3 terjadi potensi likuifaksi untuk gempa $M_x = 7$ dan $M_w = 7.4$ terjadi potensi likuifaksi pada lapisan tanah 1.5 m, sedangkan untuk $M_w = 8$ dan $M_w = 8.4$ potensi likuifaksi terjadi pada lapisan tanah 1.5 m – 3 m. bertambahnya nilai magnitude gempa mengakibatkan potensi likuifaksi juga semakin besar. |



| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan  | Tujuan Penelitian   | Hasil   |
|-----|--|---|---|---|
| 3.  | Analisis Potensi<br>Likuifaksi Akibat<br>Gempa (Studi<br>Kasus: Reklamasi<br>Pelabuhan<br>Kontainer Belawan<br>Fase-2) | Jurnal Rekayasa Kontruksi<br>Mekanika Sipil, Volume 2<br>Nomor 1, Maret 2019,<br>Universitas Katolik Santo<br>Thomas. | Menganalisis potensi<br>likuifaksi berdasarkan data<br>CPTu | Berdasarkan hasil analisis tersebut, secara umum dapat disimpulkan bahwa lapisan-lapisan pasir pada area Reklamasi Pelabuhan Kontainer Belawan berpotensi likuifaksi jika terjadi gempa dengan magnitude 6.9 M sesuai karakteristik gempa Elcentro. |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

| No. | Judul dan Penulis   | Nama Jurnal dan Terbitan  | Tujuan Penelitian   | Hasil   |
|-----|---|---|---|---|
| 4.  | Karakteristik Parameter Kekuatan Tanah Yang Dipadatkan Dengan Uji Triaksial Metode UU | Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan, Volume 2 Nomor 2, Oktober 2018, Universitas Tarumanagara | Mengetahui karakteristik parameter kekuatan tanah di dapatkan dari pengujian triaksial UU | <p>Nilai kohesi ketika dipadatkan pada kadar air optimum terlihat peningkatan sebesar sekitar 900% antara pemadatan standar dan modifikasi.</p> <p>Nilai rata-rata kohesi ketika dipadatkan antara pemadatan dalam kondisi lebih kering dari kadar air optimum sampai lebih basah dari kadar air optimum relatif hampir sama. Nilai sudut geser dalam jika dipadatkan lebih basah dari kadar air optimum cenderung akan menurun dibandingkan jika dipadatkan dalam kondisi lebih kering dari kadar air optimum.</p> |

| No. | Judul dan Penulis   | Nama Jurnal dan Terbitan  | Tujuan Penelitian   | Hasil   |
|-----|---|---|---|---|
| 5.  | Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Baru Untirta Sindang Sari) | Jurnal Fondasi, Volume 7 Nomor 1, Tahun 2018, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. | Analisa potensi likuifaksi ini bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan (FS) yang diperoleh dengan membandingkan nilai <i>Cyclic Resistance Ratio</i> (CRR) dan nilai <i>Cyclic Stress Ratio</i> (CSR), likuifaksi akan terjadi untuk FS lebih kecil dari satu. | Berdasarkan hasil analisa profil tanah pada lokasi penelitian, tanah tersebut dominan tanah pasir keras dan padat, hal tersebut dapat dibuktikan dengan nilai rata-rata nilai N-SPT yang tinggi sehingga menghasilkan nilai CRR yang besar. Nilai CSR pada lokasi penelitian memiliki nilai cukup besar, hal tersebut diakibatkan oleh nilai percepatan gempa yang diperoleh dari perhitungan NERA memiliki nilai rata-rata lebih dari 0,2 g. |

| No. | Judul dan Penulis   | Nama Jurnal dan Terbitan                                  | Tujuan Penelitian   | Hasil   |
|-----|---|---|---|---|
| 6.  | Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaksial Dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir | JRSDD, Volume 3 Nomor 1, Maret 2015, Universitas Lampung. | Mendapatkan hubungan (korelasi) antara parameter kuat geser tanah yang dihasilkan dari pengujian <i>Triaksial Unconsolidated Undrained</i> dan pengujian kuat geser langsung. | Perbandingan nilai kohesi triaxial hasil pengujian dengan nilai kohesi triaxial hasil analisis apabila diketahui nilai kohesi uji geser langsung ( $C_{direct}$ ), fraksi lempung ( $F_c$ ), nilai berat jenis ( $G_s$ ), nilai batas cair (LL), nilai batas plastis (PL), dan nilai indeks plastisitas (PI) dan juga perbandingan nilai sudut geser triaxial hasil pengujian dengan nilai sudut geser triaxial hasil analisis apabila diketahui nilai sudut geser uji geser langsung ( $\phi_{direct}$ ), fraksi lempung ( $F_c$ ), nilai berat jenis ( $G_s$ ), nilai batas cair (LL), nilai batas plastis (PL), dan nilai indeks plastisitas (PI). |

| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan   | Tujuan Penelitian  | Hasil  |
|-----|--|--|--|--|
| 7.  | <i>Preparation of reconstituted sand samples in the laboratory</i> | <i>International Journal of Geotechnical Engineering, January 2012, <a href="https://doi.org/10.3328/IJGE.2012.06.01.125-131">https://doi.org/10.3328/IJGE.2012.06.01.125-131</a>.</i> | <i>Compares the void ratio obtained in samples prepared by dry and moist tamping, and dry and wet pluviation</i> | <i>Neither increasing the number of tamped layers from 3 to 5 nor increasing the drop height from 20-50 mm significantly improved the void ratio, the results also seem to suggest that the void ratio is influenced more by the mass-flow and less by the distance through which the sand particles fall during dry pluviation and the sample prepared by wet pluviation does not dilate compared to the air pluviated sample although both were compacted at the same density. Likewise, the moist tamped sample appear to dilate less than the dry tamped sample.</i> |

| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan  | Tujuan Penelitian  | Hasil  |
|-----|--|---|--|--|
| 8.  | Analisis Potensi Likuifaksi Pada Jembatan Laguna Meuraxa Kota Banda Aceh | Jurnal Teknik Sipil, Volume 1 Nomor 1, September 2011, Universitas Syiah Kuala. | mengetahui terjadi tidaknya likuifaksi pada lapisan tanah yang berpasir jenuh air pada saat terjadi gempa.<br>mengetahui terjadi tidaknya likuifaksi pada lapisan tanah yang berpasir jenuh air pada saat terjadi gempa. | Dengan menggunakan enam metoda dalam perhitungan analisis potensi likuifaksi dapat diprediksi bahwa pada umumnya titik bor yang ditinjau mengalami likuifaksi pada lapisan yang nilai N SPT kecil. |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

| No. | Judul dan Penulis  | Nama Jurnal dan Terbitan   | Tujuan Penelitian   | Hasil   |
|-----|--|--|---|---|
| 9.  | <i>Effect of Sample Preparation on Strength of Sands</i> | <i>Indian Geotechnical Conference, December 2010, Department of Civil Engineering, IIT Bombay, Mumbai.</i> | <i>Selection of the most suitable method of sand sample preparation</i> | <i>All samples showed initial compression followed by shear dilation when sheared at <math>\sigma_3 = 150\text{kN/m}^2</math>, with peak stress at <math>\epsilon</math> ranging between 5 to 10%. Samples prepared using tamping technique usually strain softens, whilst samples prepared by pluviation technique may harden or soften with strain depending up on the sample relative density and confining pressures.</i> |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

| No. | Judul dan Penulis   | Nama Jurnal dan Terbitan   | Tujuan Penelitian  | Hasil  |
|-----|---|--|--|--|
| 10. | <i>Influence Of<br/>Densification<br/>Method On Some<br/>Aspects Of<br/>Undrained Silty<br/>Sand Behavior</i> | <i>International Conferences on<br/>Recent Advances in<br/>Geotechnical Earthquake<br/>Engineering and Soil<br/>Dynamics, May 2010,<br/>Oregon State University.</i> | <i>In order to investigate the<br/>influence of those techniques,<br/>a new densification<br/>technique without tamping,<br/>tapping or vibrating is<br/>employed.</i> | <i>Evolution of instability parameters such as initial<br/>peak principal stress difference (<math>q_{peak}</math>) and<br/>effective instability friction angle (<math>\phi'i</math>) with<br/>densification amount (<math>\Delta D_r</math>) and technique is<br/>investigated. Parameters of interest are compiled<br/>from undrained monotonic triaxial test results of<br/>various silty sands in literature with fines content<br/>ranging between 5% and 50%.</i> |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## 2.9 Research Gap

Tabel 2.9 Research Gap

| No. | Judul  | Penulis      | Tahun | Studi Kasus                            | Metode |      |     | Output  |
|-----|--|--------------|-------|--|--------|------|-----|---|
|     |  |              |       |  | SNI    | ASTM | DOE |   |
| 1.  | Aplikasi Parameter Triaxial Testing Dalam Perencanaan Timbunan Dengan Perkuatan Geotekstil Untuk Pembangunan Jalan Pada Tanah Lokasi Bencana Likuifaksi Palu | Sari Meliana | 2020  | Parameter Kekuatan Geser Uji Triaksial | ✓      |      |     | Nilai Kohesi (c) dan Titik Potensi Likuifaksi |

| No. | Judul   | Penulis  | Tahun | Studi Kasus           | Metode |      |     | Output                      |
|-----|---|--|-------|-----------------------|--------|------|-----|-----------------------------|
|     |   |  |       |                       | SNI    | ASTM | DOE |                             |
| 2.  | Analisis Potensi Likuifaksi<br>(Studi Kasus: PLTU Area<br>Gorontalo)  | Caver Allen Vallery<br>Tandaju, Fabian J.<br>Manoppo, dan Jack H.<br>Ticoh | 2019  | Potensi<br>Likuifaksi | ✓      |      |     | Titik Potensi<br>Likuifaksi |
| 3.  | Analisis Potensi Likuifaksi<br>Akibat Gempa (Studi Kasus:<br>Reklamasi Pelabuhan<br>Kontainer Belawan Fase-2) | Mario Hutagalung, dan<br>Simon Dertha Tarigan                              | 2019  | Potensi<br>Likuifaksi | ✓      |      |     | Titik Potensi<br>Likuifaksi |

| No. | Judul   | Penulis  | Tahun | Studi Kasus             | Metode |      |     | Output                           |
|-----|---|--|-------|-------------------------|--------|------|-----|----------------------------------|
|     |   |  |       |                         | SNI    | ASTM | DOE |                                  |
| 4.  | Karakteristik Parameter Kekuatan Tanah Yang Dipadatkan Dengan Uji Triaksial Metode UU                         | Alfared Jonathan Susilo, Gregorius Sandjaja Sentosa, Inda Sumarli dan Aniek Prihatiningsih | 2018  | Uji Triaksial Metode UU | ✓      | ✓    |     | Nilai Kohesi (c) dan Sudut Geser |
| 5.  | Analisa Potensi Likuifaksi Berdasarkan Data Spt (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Untirta Sindang Sari) | Enden Misa, Rama Indera, dan Sudirman  | 2018  | Potensi Likuifaksi      | ✓      |      |     | Titik Potensi Likuifaksi         |

| No. | Judul   | Penulis  | Tahun | Studi Kasus   | Metode |      |     | Output                                    |
|-----|---|--|-------|---|--------|------|-----|---|
|     |   |  |       |   | SNI    | ASTM | DOE |   |
| 6.  | Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaksial Dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir | Syahreza Nurdian, Setyanto, dan Lusmeilia Afriani                            | 2015  | Parameter kekuatan Geser Uji Triaksial dan Uji Geser Langsung | ✓      |      |     | Korelasi Nilai Kohesi (c) dan Sudut Geser |
| 7.  | <i>Preparation of reconstituted sand samples in the laboratory</i>  | Mavinakere Eshwaraiah Raghunandan, Bin-Chen Benson Hsiung, dan Ashish Juneja | 2012  | <i>Preparation Sample</i>                                     |        | ✓    |     | <i>Comparison of Each Method</i>          |

| No. | Judul  | Penulis   | Tahun | Studi Kasus                   | Metode |      |     | Output                               |
|-----|--|---|-------|-------------------------------|--------|------|-----|--------------------------------------|
|     |  |   |       |                               | SNI    | ASTM | DOE |                                      |
| 8.  | Analisis Potensi Likuifaksi<br>Pada Jembatan Laguna<br>Meuraxa Kota Banda Aceh | Marwan, M. Isya, dan<br>Bahagia                             | 2011  | Potensi<br>Likuifaksi         | ✓      |      |     | Titik Potensi<br>Likuifaksi          |
| 9.  | <i>Effect of Sample Preparation<br/>on Strength of Sands</i>                   | Ashish Juneja., dan<br>Mavinakere Eshwaraiah<br>Raghunandan | 2010  | <i>Preparation<br/>Sample</i> |        | ✓    |     | <i>Comparison of Each<br/>Method</i> |

| No. | Judul   | Penulis                                    | Tahun | Studi Kasus               | Metode |      |     | Output                           |
|-----|---|--|-------|---------------------------|--------|------|-----|----------------------------------|
|     |   |  |       |                           | SNI    | ASTM | DOE |                                  |
| 10. | <i>Influence Of Densification Method On Some Aspects Of Undrained Silty Sand Behavior</i> | Mehmet Murat Monkul, dan Jerry A. Yamamuro | 2010  | <i>Preparation Sample</i> |        | ✓    |     | <i>Comparison of Each Method</i> |



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA