

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Dalam perencanaan pekerjaan, diperlukan tahapan-tahapan atau metodologi yang jelas untuk menentukan hasil yang ingin dicapai sesuai dengan tujuan yang ada, bagaimana data-data diperoleh dan diolah sehingga diketahui sifat dan karakteristik yang ada, kemudian dilakukan analisa untuk pemecahan masalah dari data tersebut. Dalam penelitian ini dibagi dalam lima tahap pekerjaan dengan urutan sebagai berikut:

- tahap pengambilan sampel tanah
- tahap pengujian tanah asli
- tahap penentuan OMC
- tahap pengujian pH tanah
- tahap pengujian kuat geser dengan UCS
- tahap pengujian akhir untuk kembang susut tanah atau mencari nilai swell

Pelaksanaan penelitian dikerjakan di lapangan (*in situ*) dan di laboratorium. Dengan lokasi pengambilan sampel tanah di daerah Rawa Pening, Kabupaten Semarang dan Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro sebagai laboratorium penelitian.

3.2. Bahan Uji

Pengambilan sampel tanah lempung dari daerah Rawa Pening, Kabupaten Semarang yang merupakan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*) dan contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) dari hasil *borrow-pits* pada kedalaman 1,0m, 1,5m dan 2m dari muka tanah setempat. Pada saat pengambilan sampel dicatat mengenai jenis tanah, warna tanah, kondisi tanah dan tinggi muka air tanah.

Untuk pengujian *indeks properties* dan identifikasi tanah asli memakai contoh tanah terganggu. Sedangkan benda uji untuk tahap penelitian kuat geser dan swelling memakai contoh tanah tidak terganggu.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data untuk studi tanah lunak ini, meliputi

- Data primer, data yang diperoleh secara langsung baik melalui penyelidikan di lapangan maupun di laboratorium, berupa hasil penyelidikan lapangan, hasil penelitian laboratorium.
- Data sekunder, data yang diperoleh melalui studi literatur sebagai atau pendukung dan pelengkap dari data primer, berupa kondisi lapangan saat pengambilan sampel pada tanah di kedalaman 1m, 1,5 m, 2 m, ketentuan-ketentuan dari standar pengukuran, dan buku-buku literatur.

3.4. Standar Pengukuran

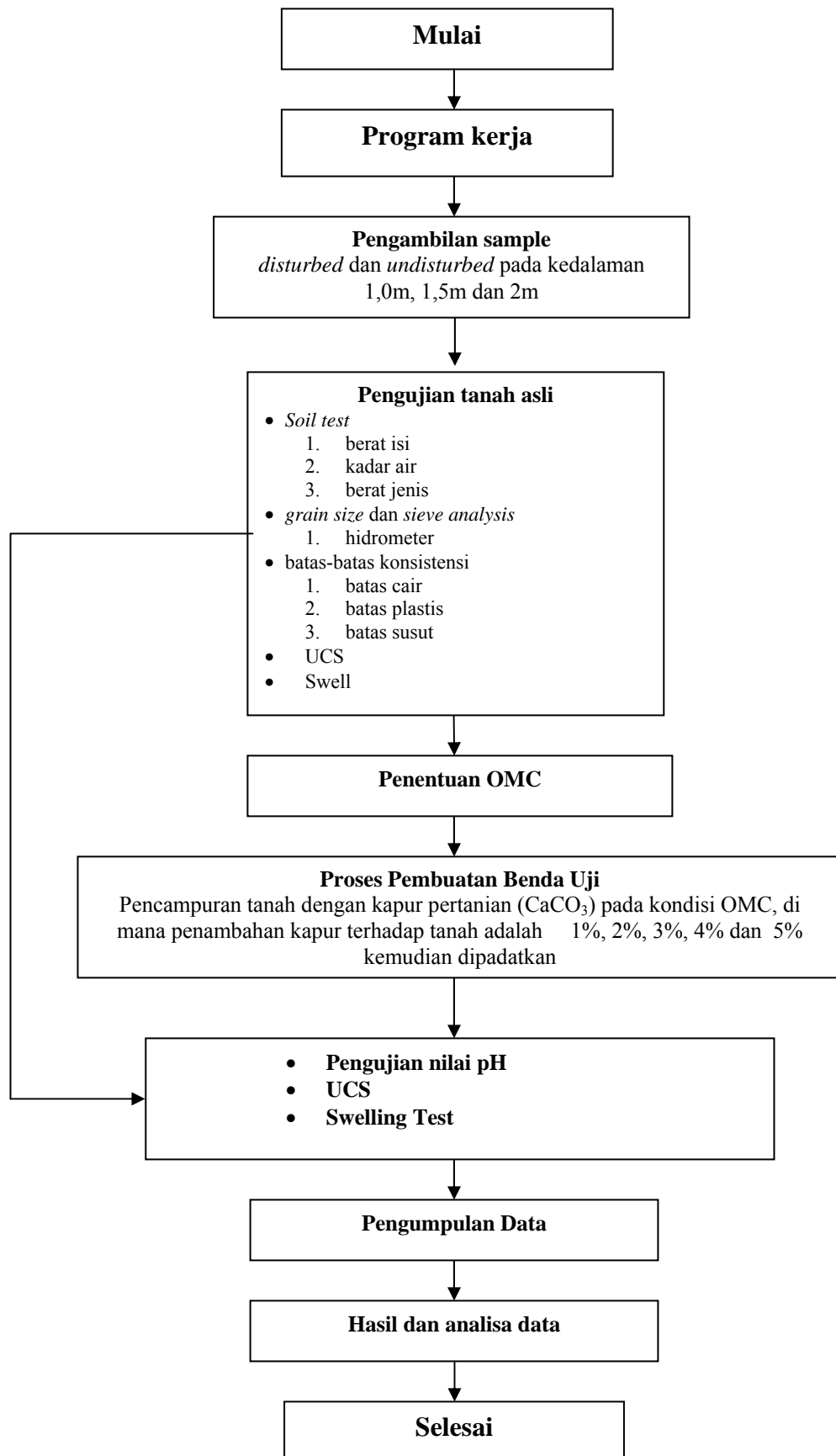
Dalam setiap penelitian, ada suatu standar yang dibuat sebelumnya yang dipakai sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian ini. Adapun standar-standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Pengujian kadar air
 - Bina Marga : PB-0117-76
 - ASTM : D-2216-71
 - AASHTO : T-265-79
- Pengujian berat jenis (Gs)
 - Bina Marga : PB-0108-76
 - ASTM : D-854-72
 - AASHTO : T-100-82
- Pengujian batas-batas konsistensi tanah (*liquid and plastic limit test*)
 - Bina Marga : PB-0109-76 dan PB-0110-76
 - ASTM : D-427-74
 - AASHTO : T-89-81, T-90-81 dan T-92-68

- Pengujian *grain size*
 - Hidrometer
 - Bina Marga : PB-0108-76, PB-0106-76 dan PB-0107-76
 - ASTM : D-421-58 dan D-422-63
 - AASHTO : T-87-70 dan T-88-70
- Pengujian kuat geser Langsung
 - Bina Marga : PB-0116-76
 - ASTM : D-3080-90
 - AASHTO : T-236-72
- Pengujian kembang susut tanah (*swell test*)
 - ASTM : D-4546-90

3.5. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terbagi atas dua bagian berdasarkan tempatnya yaitu pengambilan sampel tanah dilapangan dan pengujian di laboratorium. Pengujian dilaboratorium terdiri atas beberapa tahapan, yaitu: tahap persiapan meliputi pengambilan sampel dan pengujian tanah asli, pengujian pH tanah, tahap pelaksanaan meliputi perhitungan OMC, proses pembuatan benda uji, swelling test dan tahap akhir meliputi pengumpulan data, hasil dan analisa data . Proses kegiatan pengujian tersebut dijelaskan dalam *Diagram Alir Metode Penelitian* Gambar 3.1. Masing-masing tahapan memiliki urutan kerja sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Metode Penelitian

3.5.1. Tahap Pengambilan Sampel Tanah

A. Boring

a. Tujuan

- Untuk mengetahui struktur tanah, setelah sampel yang didapat diklasifikasikan di lapangan maupun di laboratorium.
- Untuk mengetahui tinggi muka air.
- Untuk mendapatkan contoh tanah pada kedalaman tertentu untuk diselidiki di laboratorium.

b. Alat yang Digunakan

- Mata bor
- Pipa bor
- Stang bor
- Tabung sampel
- *Cap* (kepala) dan alat pemukul (palu)
- Alat pembersih tanah pada mata bor
- Kunci inggris besar satu pasang
- Tempat sampel (kantong plastik, karet)

c. Cara Kerja

1. Mata bor dengan pipa satu meter serta stang dipasang.
2. Stang diputar dengan searah jarum jam dan kedudukan tegak lurus.
3. Apabila mata bor sudah penuh, maka diangkat dan dibersihkan, begitu selanjutnya sampai kedalaman 1 meter, dan seterusnya.
4. Pada waktu bor diangkat, kedalaman tanah yang telah dicapai dan warna tanah yang ada diamati kemudian dicatat, apabila terjadi perubahan warna maupun struktur tanah. Hal ini dimaksudkan untuk menggambarkan profil pengeboran.
5. Pada kedalaman yang direncanakan (1,0m, 1,5m dan 2m) diadakan pengambilan sampel tanah dengan tabung dan apabila tanahnya lembek sekali atau pasir, sehingga tidak bisa diambil dengan tabung, maka dapat diambil dengan mata bor.

6. Pekerjaan begitu seterusnya, sesudah itu dibawa ke laboratorium serta jangan lupa untuk mencatat kedalaman muka air tanahnya (MAT).

B. Sampling

Pengambilan contoh tanah untuk dilakukan penyelidikan di laboratorium ada dua macam yaitu:

1. Contoh tidak asli

Contoh tidak asli (*disturbed samples*) diambil tanpa adanya usaha-usaha yang dilakukan untuk melindungi struktur asli dari tanah tersebut. Contoh-contoh ini biasanya dibawa ke laboratorium dalam tempat tertutup (kaleng atau kantong plastik) sehingga kadar airnya tidak berubah. Bilamana tidak ada kebutuhan untuk mempertahankan contoh-contoh tersebut pada kadar airnya yang asli, maka contoh-contoh ini dapat diambil terbuka. Contoh tidak asli ini dapat dipakai untuk segala penyelidikan yang tidak memerlukan contoh asli (*undisturbed samples*), seperti ukuran butiran, batas-batas konsistensi, pepadatan.

2. Contoh asli

Contoh asli (*undisturbed samples*) adalah suatu contoh yang masih menunjukkan sifat-sifat asli dari tanah yang ada padanya. Contoh ini tidak mengalami perubahan dalam struktur kadar air (*water content*). Contoh yang benar-benar asli (*trully undisturbed samples*) tidaklah mungkin diperoleh, tetapi dengan teknik pelaksanaan sebagaimana mestinya dan cara pengamatan yang tepat, maka kerusakan terhadap contoh bisa dibatasi sekecil mungkin. Contoh asli dapat diambil dengan memakai tabung contoh (*samples tubes*).

Tabung contoh merupakan suatu alat yang berbentuk silinder berdinding tipis yang disambung dengan stang-stang bor dengan suatu alat yang disebut pemegang tabung contoh

(*samples tube holding device*). Alat ini terutama dipakai untuk lempung yang lunak sampai sedang. Tabung contoh ini dimasukkan ke dalam dasar lubang bor dan kemudian ditekan atau dipukul ke dalam tanah asli yang akan diambil contohnya pada dasar lubang bor. Tabung-tabung contoh yang biasanya dipakai di sini mempunyai diameter dalam antara 6cm-7cm.

3.5.2. Tahap Persiapan

Yang termasuk dalam tahap persiapan ini adalah pemeriksaan *index properties (physical properties)*, Penetapan OMC *Standar Proctor* dan pembuatan benda uji. Adapun tahapan pemeriksaan *index properties* bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar dari tanah yang digunakan.

Setelah sifat-sifat dasar tanah diketahui selanjutnya ditetapkan OMC *Standar Proctor* guna menentukan kadar air optimum yang digunakan untuk benda uji nanti.

A. Tahap Pemeriksaan Sifat Dasar Tanah

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat dasar (*index properties*) dari tanah yang digunakan. Penelitian pendahuluan adalah penentuan :

- *Soil Test*
 - Berat isi
 - Kadar air
 - Berat jenis
- *Grain Size*
 - Hidrometer

- Batas-batas konsistensi (*liquid and limit*)
 - Batas Cair
 - Batas Plastis
 - Batas Susut
- Nilai pH tanah
- Kuat geser tanah
- Kembang susut tanah (*swelling*)

A.1. Soil Test

A.1.1. Berat Isi Tanah

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-854-72 yang bertujuan untuk mengetahui berat jenis tanah dalam kondisi basah dan kondisi kering.

A.1.2. Kadar Air

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-2216-71 yang bertujuan untuk mengetahui berapa besar kadar air yang terkandung di dalam tanah tersebut.

A.1.3. Berat Jenis

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-854-72 yang bertujuan untuk mengetahui berat spesifik/berat jenis tanah yang bersangkutan.

A.2. Grain Size

A.2.1. Hidrometer

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-421-58 yang bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butir tanah berbutir halus yang lolos ayakan no. 200.

A.3. Batas-Batas Konsistensi

Pengujian batas-batas konsistensi tanah bertujuan menentukan batas cair, batas plastis dan batas susut. Pengukuran batas-batas ini dilakukan secara rutin untuk sebagian besar penyelidikan-penyelidikan yang meliputi tanah yang berbutir halus. Karena batas-batas ini tidak merupakan fisik yang jelas maka dipakai cara empiris untuk menentukannya. Penentuan batas-batas Atterberg ini dilakukan hanya bagian tanah yang lolos melalui saringan no. 40.

A.3.1. Batas Cair

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-427-74 yang bertujuan untuk mengetahui batas cair suatu tanah, apakah tanah memerlukan tambahan air atau dikeringkan.

A.3.2. Batas Plastis

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-427-74 yang bertujuan untuk mengetahui batas plastis suatu tanah, yaitu batas antara keadaan plastis dan semi plastis.

Batas plastis adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis. Kadar air ini ditentukan dengan menggiling tanah pada plat kaca sehingga diameter dari batang tanah yang dibentuk sedemikian rupa mencapai 3mm. Bilamana tanah mulai pecah pada saat diameternya mencapai 3mm maka kadar air tanah itu adalah batas plastis.

Batas plastis menunjukkan kadar air pada waktu tanah tidak dapat digelintir menjadi gelintiran-gelintiran

dengan diameter lebih kecil dari 3mm, sehingga apabila gelintiran diteruskan, maka tanah akan putus-putus.

A.3.3. Batas Susut

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-427-74 yang bertujuan untuk mengetahui batas susut tanah.

B. Penetapan Nilai OMC Standar Proctor

Sebelum pengujian – pengujian untuk kuat geser dan kembang susut tanah dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengujian pemadatan standar untuk mencari kadar air optimum (W_{opt}), γ_b max dan γ_d max.

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel atau dengan kata lain pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis.

Uji yang umumnya di laboratorium untuk memadatkan berat volume kering maksimum (γ_d max) dan kadar air optimum (W_{opt}) adalah uji pemadatan (*Proctor Standard Test*). Uji yang dilakukan pada penelitian tanah lempung ini adalah uji pemadatan dengan menggunakan Proctor standard ASTM.

► Tujuan :

Untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum (Optimum Moisture Content atau OMC) dan berat isi kering maksimum (Maximum Dried Density atau MDD) dari kadar air dan berat isi kering yang diperoleh dari hasil-hasil percobaan tersebut.

► Alat yang digunakan :

- Proctor dan perlengkapannya
- Pisau
- Vaseline
- Oven
- Neraca analitis dan anak timbangan
- Alat pemukul
- Gelas ukur
- Saringan dengan diameter 4,75 mm
- Baskom plastik

► Cara kerja :

- Tanah yang akan digunakan ditumbuk dahulu dan disaring dengan saringan no. 4 (diameter 4,750 mm).
- Volume dan berat Proctor ditentukan.
- Berat penumbuk ditimbang (Gp) dan tinggi diukur (Hp).
- Tanah yang sudah disaring ditimbang 2,5 kg sebanyak 5 kali.
- Tanah sebanyak 5 buah ditambahkan air dengan interval 100cc, 200cc, 300cc, 400cc, 500cc, 600cc dicampur hingga homogen dan didiamkan selama 24 jam.
- Sebelum tanah dimasukkan ke dalam alat proctor, permukaan bagian dalam diolesi dengan oli untuk memudahkan pelepasan alat.

- Tanah dimasukkan ke dalam tabung sebanyak 3 kali dan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali.
- Setelah penumbukan sepertiga bagian yang terakhir, bagian tabung I alat proctor dilepas dan permukaan tanah pada tabung II diratakan.
- Tanah dan tabung II ditimbang.
- Cawan kosong ditimbang = a gram.
- Ambil sedikit sampel atas dan bawah kemudian masukkan ke dalam cawan dan ditimbang = b gram.
- Sampel dikeringkan dengan oven selama 24 jam dan didinginkan.
- Cawan dan sampel kering ditimbang = c gram.
- Kadar air dapat dihitung dengan rumus :

$$w = \frac{b - c}{c - a} \times 100 \%$$

- Dari percobaan proctor dapat dihitung γ_b dengan rumus :

$$\gamma_b = \frac{\text{Berat tanah basah}}{\text{volume tanah}}$$

- γ_d dapat juga dihitung dengan rumus :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

- Kadar pori dapat dihitung dengan rumus :

$$n = \left(1 - \frac{\gamma_d}{G_s} \right) \times 100 \%$$

C. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat dengan memadatkan tanah yang dicampur dengan kapur pertanian (CaCO_3), persentase untuk variasi berat kapur 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% terhadap berat kering tanah lempung pada kondisi OMC (kadar air optimum).

Cara membuat benda uji :

- Tanah kering dicampur dengan kapur pertanian (CaCO_3) hingga homogen, dengan persentase yang sudah ditentukan.
- Volume dan berat Proctor ditentukan.
- Berat penumbuk ditimbang (Gp) dan tinggi diukur (Hp).
- Tanah yang sudah disaring ditimbang 2,5 kg sebanyak 5 buah.
- Tanah sampel sebanyak 5 buah masing-masing ditambahkan air, dengan kadar air optimum yang sudah diketahui atau kondisi OMC.
- Sebelum tanah dimasukkan ke dalam alat Proctor, permukaan bagian dalam diolesi dengan oli untuk memudahkan pelepasan alat.
- Tanah dimasukkan ke dalam tabung sebanyak 3 kali dan setiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali.

3.5.2. Tahap Pelaksanaan

A. Pengukuran Nilai pH tanah

a. Tujuan

Untuk mengetahui nilai pH tanah dari sampel tanah yang bervariasi kadar kapur pertanian (CaCO_3) untuk dibandingkan dengan nilai pH tanah asli.

b. Alat dan Bahan yang Digunakan

1. pH meter
2. Gelas ukur
3. Aquades

4. Sampel tanah
5. Pengaduk

c. Cara Kerja

1. Sampel tanah dicampur dengan aquades kemudian dikocok hingga homogen.
2. Campuran tersebut didiamkan sampai tanahnya mengendap.
3. pH meter dimasukkan ke dalam campuran yang sudah mengendap, sehingga nilai pH tanah tersebut dapat diketahui.

B. Pengujian Kuat Geser dengan UCS

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-427-74

Pengujian tekan bebas (*unconfined compression strength*) untuk tanah asli ini adalah bentuk khusus dari uji UU yang umum dilakukan terhadap sampel tanah lempung. Pada uji ini, tegangan penyekap σ_3 adalah nol. Tegangan aksial dilakukan terhadap benda uji secara relatif cepat sampai mencapai keruntuhan. Pada titik keruntuhan, harga tegangan total utama kecil (*total minor principal stress*) adalah nol dan tegangan utama besar adalah σ_1 .

Sampel tanah yang dipakai untuk uji ini merupakan benda uji yang telah dibuat sebelumnya yaitu yang diambil pada kedalaman 1m.

a. Tujuan

- Untuk mengetahui perilaku kuat geser tanah akibat penambahan kapur pertanian (CaCO_3).

- Untuk mengetahui tegangan ultimate (q_u) dan kohesi ultimate (c_u) dari sampel tanah yang bervariasi kadar kapur pertanian (CaCO_3) untuk dibandingkan dengan tanah asli.

b. Alat dan Bahan yang Digunakan

- *Unconfined Compression Strength Unit*
- Pisau dan alat pencetak
- Veselin
- Neraca Analitis dan anak timbangan
- Sampel tanah *disturbed* dan *undisturbed*

c. Cara Kerja

1. Tanah dari tabung dimasukkan dalam cetakan *unconfined*.
2. Kemudian ditimbang beratnya di neraca analitis.
3. *Dial* pada *proving ring* diatur sedemikian rupa sehingga menunjukkan angka nol.
4. Setelah siap maka dilakukan pemutaran dengan kecepatan 0,760 mm/menit, serta pada waktu mulai memutar harus bersamaan dengan persamaan *stopwath*.
5. Pembacaan *dial* dan waktu terus berlangsung sampai sampel tanah mengalami retak dan terjadi penurunan pada jarum dial.
6. Apabila tanah sampai pada regangan 20% belum menunjukkan adanya keretakan maka pada saat 20% itu dianggap batas maksimumnya.

C. Pengujian Swelling Test

Pada penelitian ini menggunakan standard ASTM : D-4546-90 metode B, karena metode B didesain untuk menghindari perubahan volume dan tekanan yang terjadi dilapangan. Pengujian Swelling test dilakukan untuk mengetahui perilaku kembang susut tanah lempung ekspansif.

C.1. Pengujian Persentase Mengembang

Pada pengujian persentase mengembang menggunakan beban tetap sebesar beban *overburden*, diberlakukan untuk semua benda uji.

a. Tujuan

- Untuk mengetahui perilaku persentase tekanan mengembang tanah lempung ekspansif akibat penambahan variasi kapur pertanian (CaCO_3).
- Untuk mengetahui seberapa besar tingkat penurunan tanah, *Pressure* dan pengembangannya apabila tanah diberi beban.

b. Alat dan Bahan yang Digunakan

- Satu set alat konsolidasi
- Pemberat 1kg, 2kg, 4kg, 8kg, 16kg, dan 32kg
- Neraca analitis
- *Stopwatch*
- Oven
- Jangka sorong
- Kertas saring dan pisau
- Sampel tanah *disturbed* dan *undisturbed*
- Sampel tanah dicampur dengan OMC yang sudah diketahui

c. Cara Kerja

1. Ring untuk menaruh sampel diukur tinggi, diameter dan ditimbang beratnya.
2. Tanah dimasukkan kedalam ring dan diratakan (jangan dipadatkan), lalu dilapisi kertas saring untuk menjaga kejenuhan sampel tanah.

3. Ring yang berisi tanah sebelum ditempatkan sesuai nomornya pada alat konsolidasi ditimbang terlebih dahulu.
4. Kemudian dipasang pada alat konsolidasi, dilakukan *seating* 1 kPa selama 5 menit.
5. Selanjutnya alat konsolidasi dikunci dan diberikan beban *overburden*. Dimana perhitungan beban *overburden* adalah sebagai berikut :

$q_u = \gamma_b \times L$ $= T / m^2$ $= 10^{-1} \text{ kg / cm}^2$	keterangan : q_u : tegangan ultimate tanah γ_b : berat volume basah L : kedalaman (m) A : luas penampang (cm^2)
$\text{Beban} = q_u \times A$ $= \text{kg}$	

Beban *overburden* = Beban – berat tutup ring

6. Sel konsolidasi diisi dengan air dan dijaga jangan sampai berkurang atau kering.
7. Kemudian dibaca pengembangan sesuai waktu yang telah ditentukan (6, 12, 30 detik, 1, 2, 4, 8, 15, 30 menit, 1, 2, 4, 8, 24, 48, 72 jam), sampai kondisi swell maksimal atau pembacaan hingga dial berhenti.
8. Setelah dial berhenti, maka untuk mengembalikannya ditambah beban sebesar minimal 2 kali beban *overburden* dengan interval selama 24 jam, ini dilakukan sampai pembacaan kembali ke tempat semula.
9. Setelah tahap pembebanan dan pembacaan dial selesai, ring dan sampel diukur besar pengembangannya dengan jangka sorong dan ditimbang berat sampel uji.
10. Sampel uji dikeringkan dalam oven selama 24 jam dan kemudian ditimbang beratnya untuk mengetahui kadar air tanah tersebut.

C.2. Pengujian Tekan Mengembang

Pengujian tekanan mengembang merupakan lanjutan dari uji persentase mengembang setelah pengembangan maksimum. Selanjutnya diberi tekanan bertahap hingga kembali ke angka pori awal (e_0). Sedangkan nilai pressure awal didapat dari penghitungan energi yang timbul dari penumbuk saat pembuatan benda uji dengan menggunakan *standard proctor*. Standard uji pemadatan yang digunakan pada *standard proctor* dapat di lihat pada Lampiran A. Dari standard uji tersebut maka didapat nilai Energi pemadatan dengan rumus di bawah ini:

$$E = \frac{\text{Jumlah tumbukan} \times \text{Jumlah lapisan} \times \text{berat penumbuk} \times \text{tinggi jatuh penumbuk}}{\text{Volume cetakan}}$$

Dari tabel dan rumus diatas di dapat nilai energi sebagai berikut:

$$E = \frac{25 \times 3 \times 2.5 \text{ kg} \times 30.48 \text{ cm}}{943.9 \text{ cm}^3} = 6.054 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai energi diatas dipakai dalam penghitungan tekanan(*pressure*) awal pada tekanan mengembang tanah.