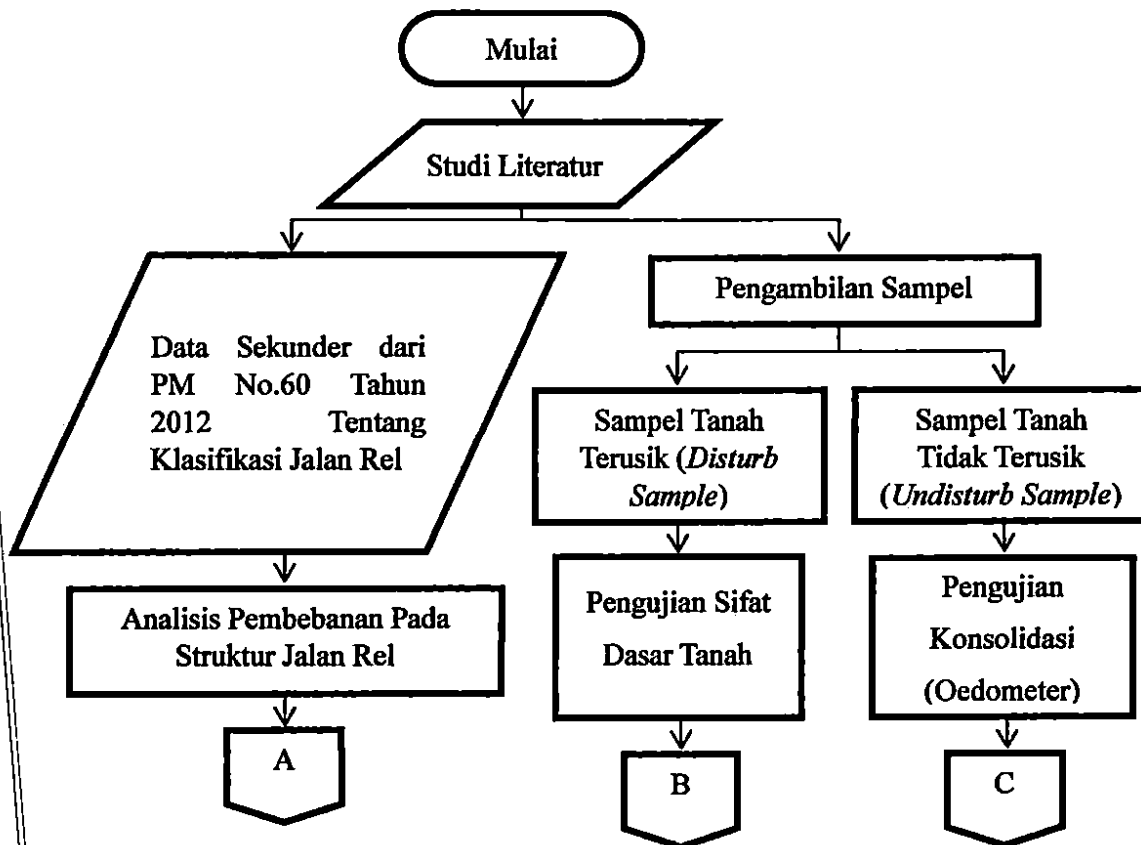


BAB III METODE PENELITIAN

A. Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Adapun langkah awal yang dilakukan yaitu pengumpulan studi literatur yang berkaitan dengan pembahasan sebagai acuan dalam penelitian berupa referensi dari buku dan penelitian-penelitian sebelumnya. Selanjutnya pekerjaan lapangan yakni mengambil contoh tanah tidak terusik (*undisturb sample*) yang diambil dari lokasi Natar-Lampung Selatan, serta penyediaan alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini. Pengambilan sampel tanah tidak terusik ini menggunakan tabung baja dan pipa paralon. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



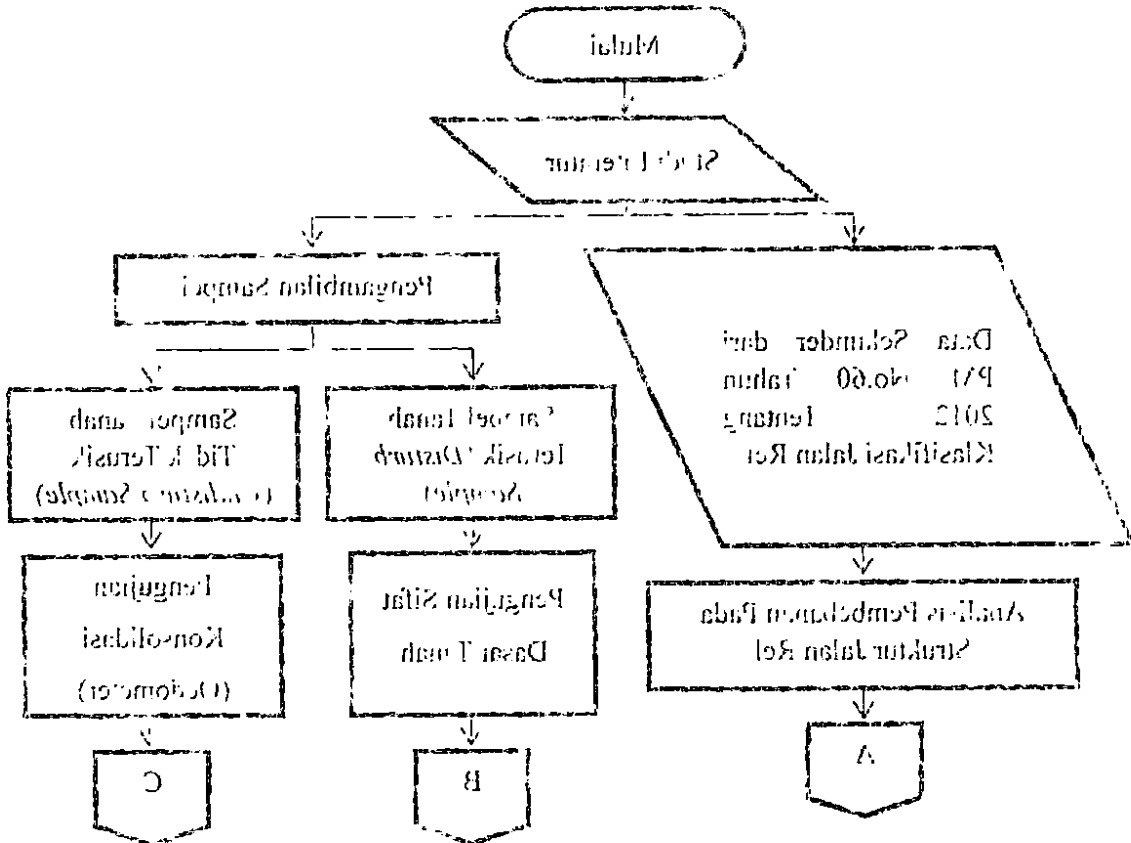
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB III METODE PENELITIAN

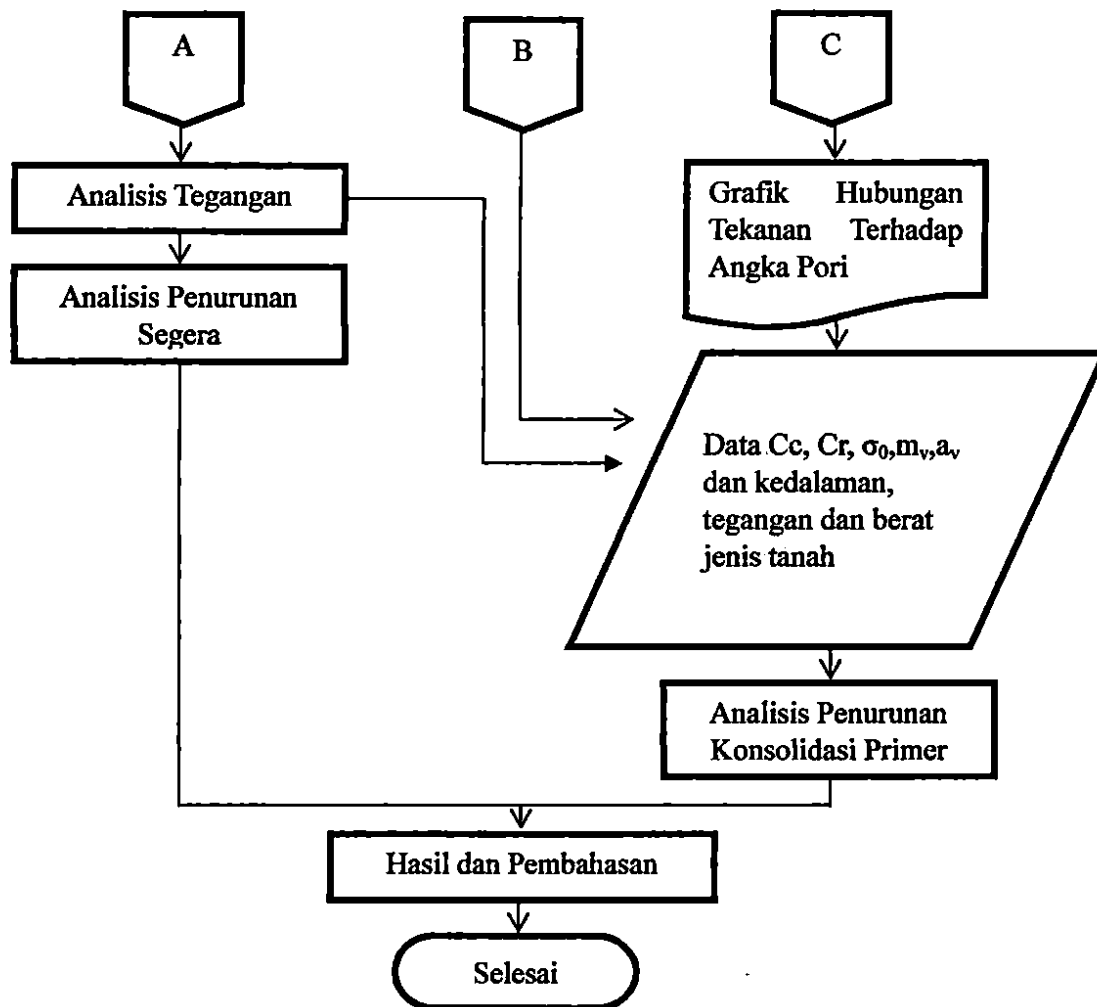
A. Rancangan Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode penelitian eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Akustik, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Jember. Untuk memperoleh data yang akurat, langkah awal yang dilakukan yaitu pengumpulan data literatur yang berkaitan dengan permasalahan sebagai acuan dalam penelitian tersebut dari buku dan penelitian-penelitian sebelumnya. Sebelum mulai penelitian lapangan yakni pengumpulan contoh tanah tidak terakretik (non-erect) yang diambil dari lokasi-lokasi-lampung. Setelah data pengumpulan selesai yang digunakan dalam penelitian ini. Pengumpulan sampel tanah tidak terakretik ini menggunakan tabung pengumpul. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Rancangan Alir Penelitian



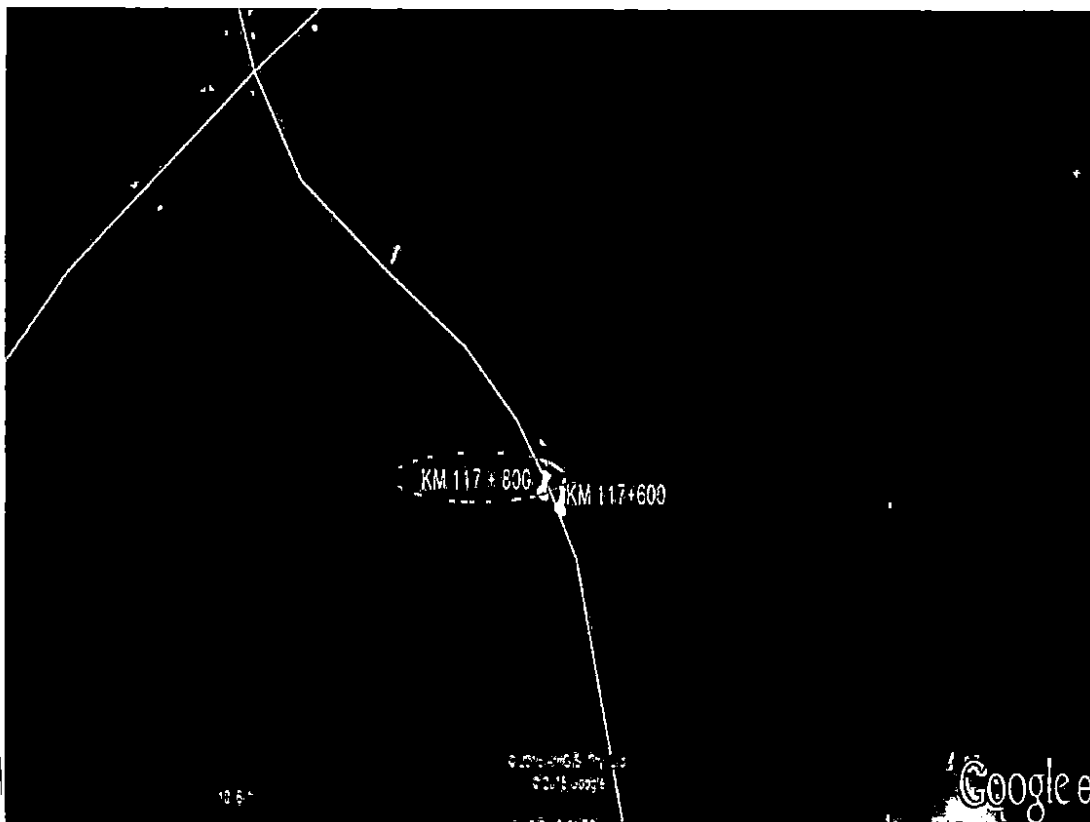
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian (Lanjutan)


B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan acuan dan gambaran yang jelas mengenai pokok bahasan dalam penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini berdasarkan pada buku-buku mekanika tanah, petunjuk praktikum laboratorium serta jurnal teknik sipil yang berkenaan dengan pokok bahasan yang akan dikaji. Studi literatur merupakan langkah awal dari keseluruhan rangkaian penelitian yang bermanfaat sebagai dasar dalam pembahasan dan penyelesaian masalah serta sebagai data pendukung sekunder dan sebagai referensi untuk melanjutkan ke tahap penelitian selanjutnya.

C. Pengambilan Sampel di Lapangan

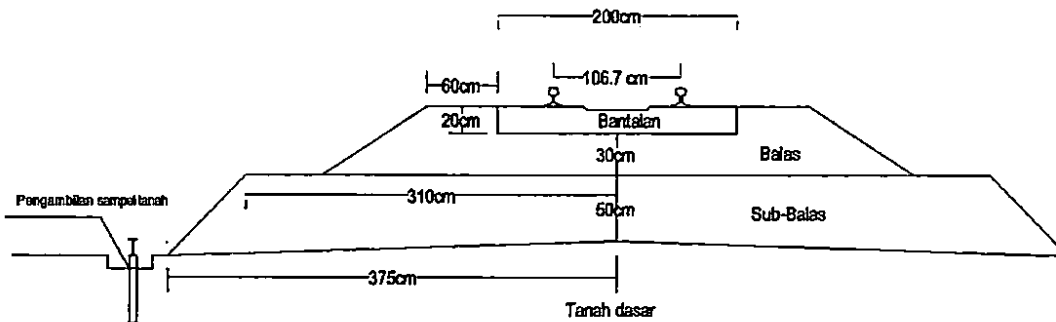
Pekerjaan lapangan yaitu berupa pengambilan sampel tanah residu. Sampel tanah diambil di daerah Natar-Lampung Selatan yang berupa tanah tidak terusik (*undisturb sample*). Sampel tanah diambil menggunakan tabung baja yang berukuran tinggi 15 cm serta diameter 15 cm dan sebagian dengan pipa paralon berukuran tinggi \pm 40-50 cm serta diameter cm. Adapun lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Dimana :  = lokasi analisis

Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

KM 117 + 800 direkomendasikan oleh petugas PT. KAI yang bertugas di Stasiun Ketapang bahwa lokasi ini mengalami *mud pumping* yang cukup parah. Penampang melintang dari badan rel untuk menunjukkan lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Penampang Rel Menunjukkan Lokasi Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan contoh tanah sebagai berikut :

1. Meratakan dan bersihkan permukaan tanah dari rumput.
2. Meletakkan tabung baja/pipa paralon diatas permukaan tanah secara tegak lurus dengan permukaan tanah, kemudian tabung baja/pipa paralon dipasang pipa besi, lalu dipukul dengan menggunakan palu sampai tiga per empat bagian masuk ke dalam tanah.
3. Mengangkat tabung dengan cara memutar alatnya searah jarum jam.
4. Mengiris kelebihan tanah bagian atas terlebih dahulu dengan hati-hati agar permukaan sama dengan permukaan tabung baja/pipa paralon, kemudian tutuplah tabung baja/pipa paralon menggunakan lilin dan kantong plastik.
5. Mencantumkan label di tabung baja/pipa lokasi pengambilan tanah.

D. Pengujian Sifat Fisis Tanah

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pekerjaan laboratorium dimulai dari pekerjaan persiapan yaitu penyediaan sampel tanah serta alat-alat dan bahan yang diperlukan dalam pengujian. Pengujian laboratorium ini meliputi pengujian kadar air, berat jenis, dan pengujian menggunakan alat odeometer.

Pengujian sifat dasar tanah yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu :

1. Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam massa tanah, terhadap berat butiran tanah (tanah kering) dan dinyatakan persen. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 2216-98. Adapun prosedur dalam melakukan pengujian ini adalah :

a. Persiapan alat

- 1) Oven dilengkapi dengan pengatur suhu sampai $(110 \pm 5^{\circ})$ C.
- 2) Neraca *O'hauss*/ timbangan dengan ketelitian 0,001 gram.
- 3) Kontainer / cawan.
- 4) Pisau perata / spatula.

b. Pengujian

- 1) Mengambil contoh tanah tidak terusik (*undisturbed sample*) dan dimasukkan kedalam tiga buah cawan yang telah ditimbang dan diberi label, masing-masing cawan diberi tanah seberat ± 20 gram.
- 2) Masing-masing cawan yang telah diisi contoh tanah, ditimbang dan dicatat.
- 3) Selanjutnya cawan – cawan tersebut dimasukkan kedalam oven selama 24 jam pada temperatur lebih kurang 110° C atau sampai beratnya konstan.
- 4) Setelah dioven selama 24 jam, cawan + tanah tersebut ditimbang dan dicatat.

2. Berat Satuan Tanah

Berat satuan tanah adalah perbandingan berat total tanah dengan volume total. Untuk menentukan berat satuan tanah di laboratorium dibutuhkan contoh tanah asli (*undisturb*) agar masih terjaga sifat aslinya. Setelah contoh tanah diperoleh, tanah tersebut ditimbang beratnya dan diukur volumenya.

3. Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Berat jenis merupakan nilai yang tidak bersatuan. Pengujian ini dilakukan

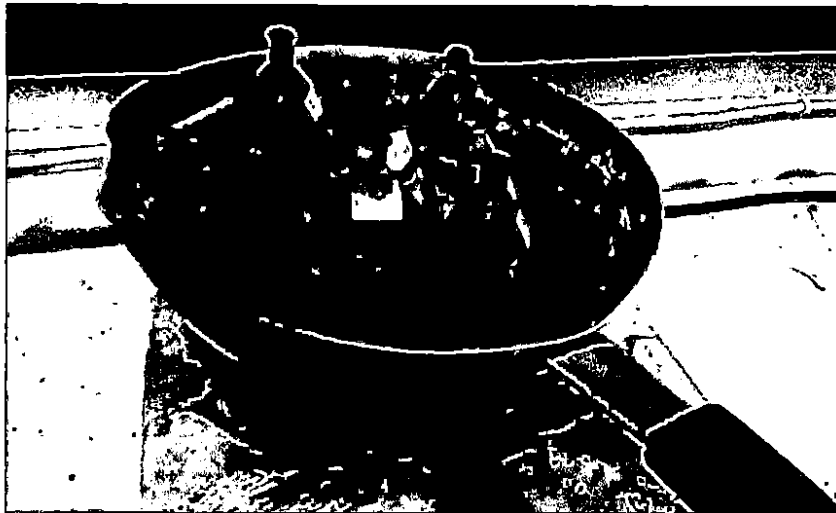
dengan menggunakan standar ASTM D 854-02. Adapun prosedur dalam melakukan pengujian ini adalah :

a. Persiapan alat

- 1) Tabung piknometer sebanyak 3 buah.
- 2) Ayakan (*sieve*) nomor 10.
- 3) Neraca *O'hauss* dengan ketelitian 0,01 gram.
- 4) *Oven*
- 5) Air suling dengan tabung air.

b. Pengujian

- 1) Contoh tanah dioven selama 24 jam, diayak dengan saringan nomor 10 dan yang lolos diambil ± 10 gram untuk satu piknometer.
- 2) Piknometer dibersihkan luar-dalam dan dikeringkan, kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Tanah yang lolos ayakan dimasukkan kedalam piknometer sekitar 1/3 nya kemudian bersama piknometer dan tutupnya ditimbang.
- 4) Kemudian ditambahkan air suling hingga 2/3 tinggi piknometer, kemudian diguncang-guncang supaya gelembung udara dalam tanah keluar.
- 5) Piknometer beserta isinya direbus dalam air mendidih selama ± 10 menit kemudian kemudian dikeluarkan lagi untuk didinginkan.
- 6) Setelah dingin, ditambahkan air sampai penuh, kemudian ditimbang beratnya, yaitu berat piknometer beserta seluruh isinya. Air dalam piknometer diukur suhunya dengan termometer ($t^{\circ}\text{C}$).
- 7) Isi dalam piknometer dikeluarkan semua, dibersihkan, kemudian diisi air sampai penuh dan timbang kembali.



Gambar 3.4 Pengujian Berat Jenis

4. Batas Cair

Batas cair adalah nilai kadar air dimana tanah dalam keadaan antara cair dan plastis. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu sampel tanah pada batas cair. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 4318-93. Adapun prosedur dalam melakukan pengujian ini adalah :

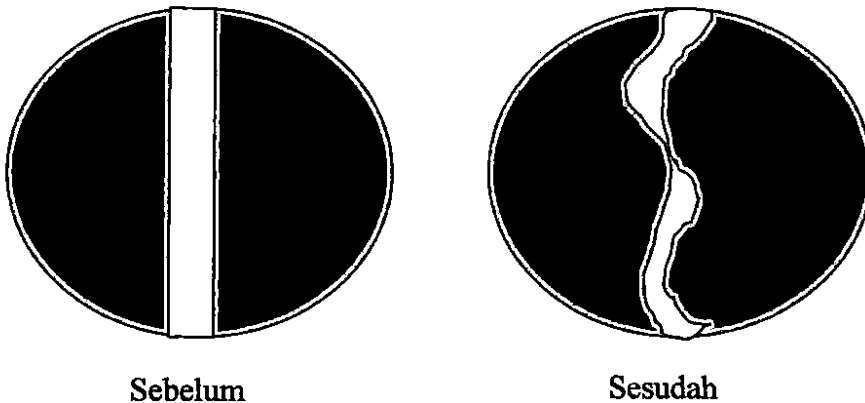
a. Persiapan alat

- 1) Alat uji batas cair standar (*Cassagrande*).
- 2) *Grooving tool* (Alat pembuat alur)
- 3) Cawan.
- 4) Palu karet.
- 5) Saringan nomor 40.
- 6) Plat kaca ukuran 30 x 30 cm.
- 7) Peralatan lainnya untuk pengukuran kadar air (oven, neraca)
- 8) Air suling dengan tabung airnya.

b. Pengujian

- 1) Menyiapkan tanah terusik (*disturbed*) yang telah kering udara, kemudian dihancurkan dengan palu karet lalu disaring dengan ayakan nomor 40 sebanyak 100 gram.

- 2) Tanah yang telah dihaluskan dan telah lolos saringan nomor 40 ditumpuk diatas plat kaca diberi air sedikit demi sedikit sehingga menjadi adonan atau pasta yang lembut.
- 3) Adonan / pasta dimasukkan kedalam mangkuk Casagrande dan diratakan permukaanya.
- 4) Kemudian membuat alur ditengah tanah yang telah diratakan dengan *grooving tool* selapis demi selapis (maksimal enam kali) sehingga tanah menjadi terbelah dua.
- 5) Handle mangkuk cassagrande diputar dengan kecepatan konstan (2 ketuk tiap detik) sambil menghitung jumlah ketukannya dan diperhatikan gerakan adonan tanah pada mangkuk sampai merapat kira-kira 1/2 inch (13 mm).



Gambar 3.5 Adonan tanah pada mangkuk *Cassagrande*

- 6) Apabila jumlah ketukan melebihi 50 kali, ditambahkan air dan diulangi langkah kerja dari (3). Namun, apabila jumlah ketukannya kurang dari 50 kali, maka dikeringkan adonannya, kemudian diulangi dari langkah kerja (3). Pada percobaan ini, banyak ketukan yang diambil adalah 15 sampai 35.
- 7) Waktu pencampuran adonan tanah 5 hingga 20 menit.
- 8) Adonan yang sudah merapat sekitar 13 mm sesuai dengan jumlah ketukan, maka contoh tanah diambil dari adonan dan dimasukkan ke dalam cawan.
- 9) Kemudian diuji kadar airnya.

5. Batas Plastis

Batas plastis adalah nilai kadar air dimana tanah dalam keadaan di antara plastis dan semi padat. Percobaan ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah dalam keadaan plastis. Hasil percobaan ini digabung dengan hasil pengujian batas cair untuk menghitung Indeks Plastisitas (PI). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 4318-93. Adapun prosedur dalam melakukan pengujian ini adalah :

a. Persiapan alat

- 1) Plat kaca 45 x 45 0,9 cm
- 2) Palu karet
- 3) Ayakan nomor 40 (0,42 mm)
- 4) Cawan.
- 5) Rol atau alat pengukur.
- 6) Peralatan pengukuran kadar air (oven dan neraca).
- 7) Air suling dengan tabung airnya.

b. Pengujian

- 1) Contoh tanah yang telah dikeringkan dalam keadaan kering udara, dihaluskan dengan palu karet, kemudian disaring dengan ayakan nomor 40.
- 2) Contoh tanah yang telah lolos saringan nomor 40, kemudian diletakkan di atas plat kaca, diaduk sehingga membentuk seperti bola (± 8 gram).
- 3) Setelah digulung dengan gulungan 80 – 90 gulungan per menit (1 gulungan = 1 kali gulungan ke depan + 1 kali gulungan ke belakang/ke posisi awal).
- 4) Pada saat diameter gulungan sampai 1/8 inch potong-potong bagian gulungan menjadi 6 atau 8 bagian.
- 5) Kemudian bagian-bagian tadi disatukan dan dibentuk lagi menjadi bola (*elips*) dan kemudian digulung lagi.
- 6) Proses penggulungan dapat dihentikan pada saat tanah mengalami retak-retak (bisa jadi sebelum sampai diameter 1/8 inch).

- 7) Gulungan yang sudah tepat kadar airnya (retak) diambil dan dimasukkan ke dalam cawan lalu ditimbang.
- 8) Kemudian dimasukkan ke dalam *oven* selama 24 jam, untuk menentukan kadar airnya.

6. Analisa Saringan

Pada dasarnya partikel-partikel pembentuk struktur tanah mempunyai ukuran dan bentuk yang beraneka ragam, baik pada tanah kohesif maupun tanah non kohesif. Sifat suatu tanah banyak ditentukan oleh ukuran butir dan distribusinya. Untuk tanah yang berbutir kasar seperti kerikil dan pasir, sifatnya tergantung pada ukuran butirnya. Karena itu sering dipakai koefisien bilangan untuk menggambarkan pembagian butirannya.

Koefisiennya adalah sebagai berikut :

$$\text{Ukuran efektif} = D_{10}$$

$$\text{Koefisien keseragaman} = D_{60} / D_{10}$$

$$\text{Koefisien gradasi} = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$$

Didalam mekanika tanah, analisa ukuran butir banyak dilakukan atau dipakai sebagai acuan untuk mengkasifikasikan tanah. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 2487-11. Adapun prosedur dalam melakukan pengujian ini adalah :

a. Persiapan alat

- 1) Satu set saringan nomor 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200 dan PAN (tadah).
- 2) *Sieveshaker*, yaitu alat pengguncang saringan mekanis.
- 3) *Oven*
- 4) Neraca *O'hauss* / timbangan
- 5) Sikat dan kuas, untuk membersihkan saringan
- 6) Palu karet, untuk memisahkan butiran tanah.
- 7) Air suling untuk mencuci tanah diatas saringan nomor 200.

b. Pengujian

- 1) Contoh tanah yang telah dikeringkan selama 24 jam sebanyak 300 gram.
- 2) Tanah kemudian dicuci di atas saringan nomor 200 sampai air yang keluar dari saringan menjadi bening.
- 3) Setelah bening, butiran yang tertahan pada saringan nomor 200 dikeringkan kembali dalam oven selama 24 jam.
- 4) Setelah 24 jam, contoh tanah diayak dengan satu set saringan dengan menggunakan *sieveshaker* yang tertahan pada masing-masing saringan.
- 5) Butiran tanah yang tertahan pada saringan kemudian ditimbang.



Gambar 3.6 Pengujian Analisis Saringan

E. Pengujian *Oedometer*

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D 2435-11. Mengingat tanah yang diuji merupakan tanah residu yang memiliki mineral lempung, maka 1 hari untuk 1 beban diasumsikan penurunan konsolidasi sudah mencapai 90% atau sudah selesai.

Pada penelitian ini hanya menggunakan 1 sampel tanah. Beban yang digunakan adalah 0,5, 1, 2, 4, dan 8 kg dengan interval waktu yang digunakan adalah 0, 5, 40, 15, 29.40 detik, dan 1, 2.25, 4, 6.25, 9, 12.25, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144, 225, 400, 1440 menit.

Adapun prosedur dalam melakukan pengujian konsolidasi ini adalah :

a. Persiapan benda uji

1. Membersihkan lilin yang terdapat di bagian atas dan bawah tabung secara perlahan sehingga kondisi tanah tetap tidak terganggu.
2. Membersihkan dan ditimbang ring *oedometer* dengan ketelitian 0,01 gram dan oleskan ring dengan oli, setelah itu masukkan ring ke dalam tabung sampel.
3. Apabila tanah agak keras, masukkan tanah ke dalam ring dan potonglah rata atas dan bawah pada ring. Permukaannya harus benar-benar rata dan tanah masuk ke dalam ring dengan sempurna.
4. Menimbang benda uji yang sudah siap digunakan untuk pengujian konsolidasi.

b. Pengujian

1. Memeriksa alat-alat juga periksa bahwa lengan beban telah seimbang, periksa juga bahwa batu pori bersih dan tidak tersumbat.
2. Meletakkan berturut-turut dalam *oedometer* : batu pori bawah, cincin yang telah berisi benda uji, dan plat perata beban.
3. Menempatkan sel konsolidasi yang sudah berisi benda uji pada tempatnya pada rangka pembebanan.
4. Mengatur alat penekan bebas di atas benda uji dan arloji pengukur penurunan pada pembacaan angka nol.
5. Mengisi sel *oedometer* dengan air selama 24 jam supaya tanah dalam keadaan kenyang air. Jagalah agar selama percobaan benda uji selalu terendam air, dengan muka air kira-kira sama tinggi dengan permukaan.
6. Menurunkan sekrup pengatur lengan beban, sehingga beban mulai bekerja diatas sampel tanah kemudian menjalankan stopwatch.
7. Membaca dan catat arloji penurunan pada waktu yang ditentukan.
8. Setelah pembacaan 24 jam, tambahkan beban. membiarkan beban ini bekerja 24 jam dan amati penurunan arloji pengukur pada waktu yang ditentukan.

9. Setelah beban maksimum, beban dikurangi secara bertahap berturut-turut dengan urutan kebalikan penambahan beban. mencatat pembacaan arloji seperti tadi.
10. Setelah pelaksanaan pembebanan selesai dilakukan, keluarkan sampel tanah tadi dari *oedometer*. Menimbang dan mencatat berat benda uji kemudian keringkan dalam oven. Setelah kering, menimbang lagi untuk mengetahui berat butir-butir tanah.

F. Grafik Konsolidasi

Setelah pengujian konsolidasi dilakukan, hubungan antara tegangan efektif dan angka pori e diplot pada grafik semi logaritmis pada Gambar 3.7. Kurva A-B-C adalah kurva konsolidasi laboratorium dan garis O-M-N dianggap kurva konsolidasi yang sebenarnya di lapangan. Tekanan σ'_o adalah tegangan efektif vertikal di lapangan dan σ'_c adalah tegangan prakonsolidasi.

Tahap-tahap pembuatan garis konsolidasi pada Gambar 3.7 dapat dilihat dibawah ini :

1. Memplot grafik dari hubungan tegangan dan angka pori yang diperoleh dari pengujian konsolidasi di laboratorium.
2. Memplot nilai e_0 (angka pori awal) yang diperoleh dari data pengujian konsolidasi di laboratorium. Mencari nilai e_0 menggunakan Persamaan 2.12 dan e_b merupakan $0,42e_0$. Titik N adalah garis horizontal dari nilai e_b .
3. Menghitung nilai σ'_o yang diperoleh dari hasil berat volume tanah dikali kedalaman tanah. Keadaan asli lapangan pada Gambar 2.7 disebut sebagai titik O yang berkoordinat σ'_o dan e_0 .
4. Titik M merupakan perpotongan kurva pembebanan kembali di lapangan dengan garis vertikal ditarik lewat σ'_c .
5. Kurva pengembangan kembali (C_r) di lapangan dapat didekati dengan menarik garis OM sejajar dengan kemiringan utama dari kurva pengembangan kembali (C_r) pada kurva laboratorium.
6. Sedangkan kurva pemampatan (C_c) dibuat dengan menarik garis NM.

- c) Gambarkan sebuah garis singgung pada kurva lewat titik F.
- d) Bagi dua sudut yang dibuat oleh butir (2) dan (3).
- e) Perpanjangan bagian lurus dari kurva pemampatan aslinya sampai memotong garis bagi sudut butir (σ_c).

G. Analisis Hitungan

Dalam penelitian ini digunakan dua tahapan analisis, yaitu:

1. Analisis pembebanan.

Beban yang terjadi pada struktur jalan rel merupakan beban dinamis yang didistribusikan dari rel ke bantalan lalu ke ballas dan selanjutnya di teruskan ke tanah dasar. Analisis pada lapisan tanah dasar akibat beban dinamik dari kereta api dihitung dengan menggunakan metode Area dan Talbot. Beban yang diterima oleh tanah dasar merupakan beban yang di distribusikan merata sebesar q dari beban dinamik yang terdapat pada bantalan sebesar Q_1 .

2. Analisis tegangan.

Analisis yang terjadi vertikal yang terjadi di dalam tanah akibat pembebanan jalur memanjang akan dihitung berdasarkan teori elastisitas. Hasil dari analisis tegangan ini dibuat dalam grafik.

3. Analisis penurunan.

Analisis penurunan ini merupakan analisis penurunan total tanah. dimana penurunan total tanah ini dipengaruhi oleh penurunan segera, penurunan primer dan penurunan sekunder. Pada penurunan segera, salah satu parameter yang mempengaruhi yaitu tegangan vertikal dan data pembebanan merata pada *ballast* akibat beban di atasnya. Hasil dari pengujian *oedometer* menghasilkan kurva pemampatan terhadap waktu dan kurva pemampatan terhadap tekanan. Kurva pemampatan terhadap waktu digunakan untuk koefisien konsolidasi yaitu C_α , t_1 dan t_2 . Kurva pemampatan terhadap tekanan digunakan untuk memperoleh nilai C_c , C_r , m_v , a_v yang dibutuhkan pada perhitungan penurunan primer. Hasil analisis penurunan total dibuat ke dalam grafik hubungan antara penurunan total dan kedalaman tanah.