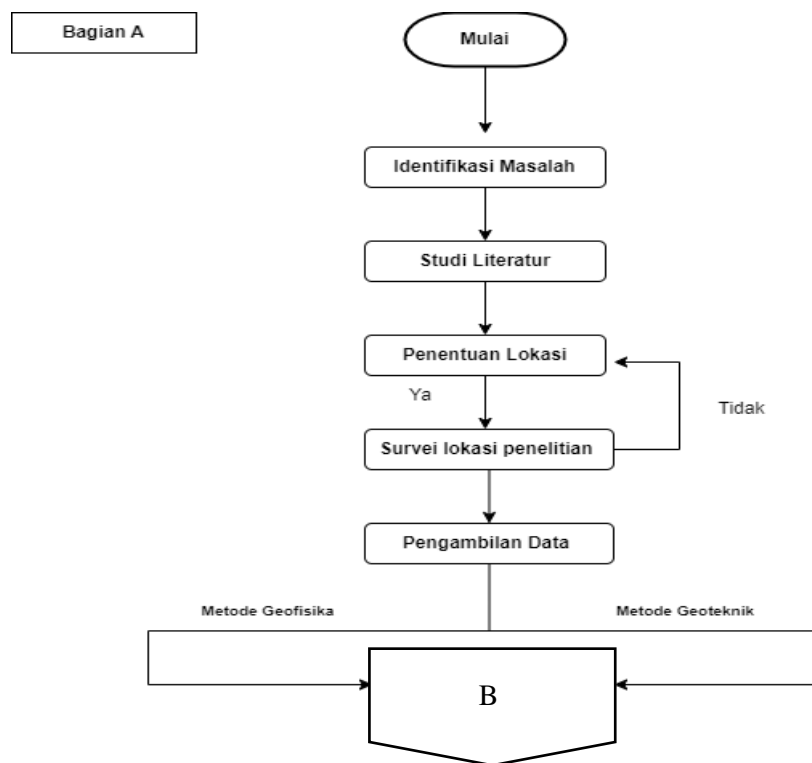


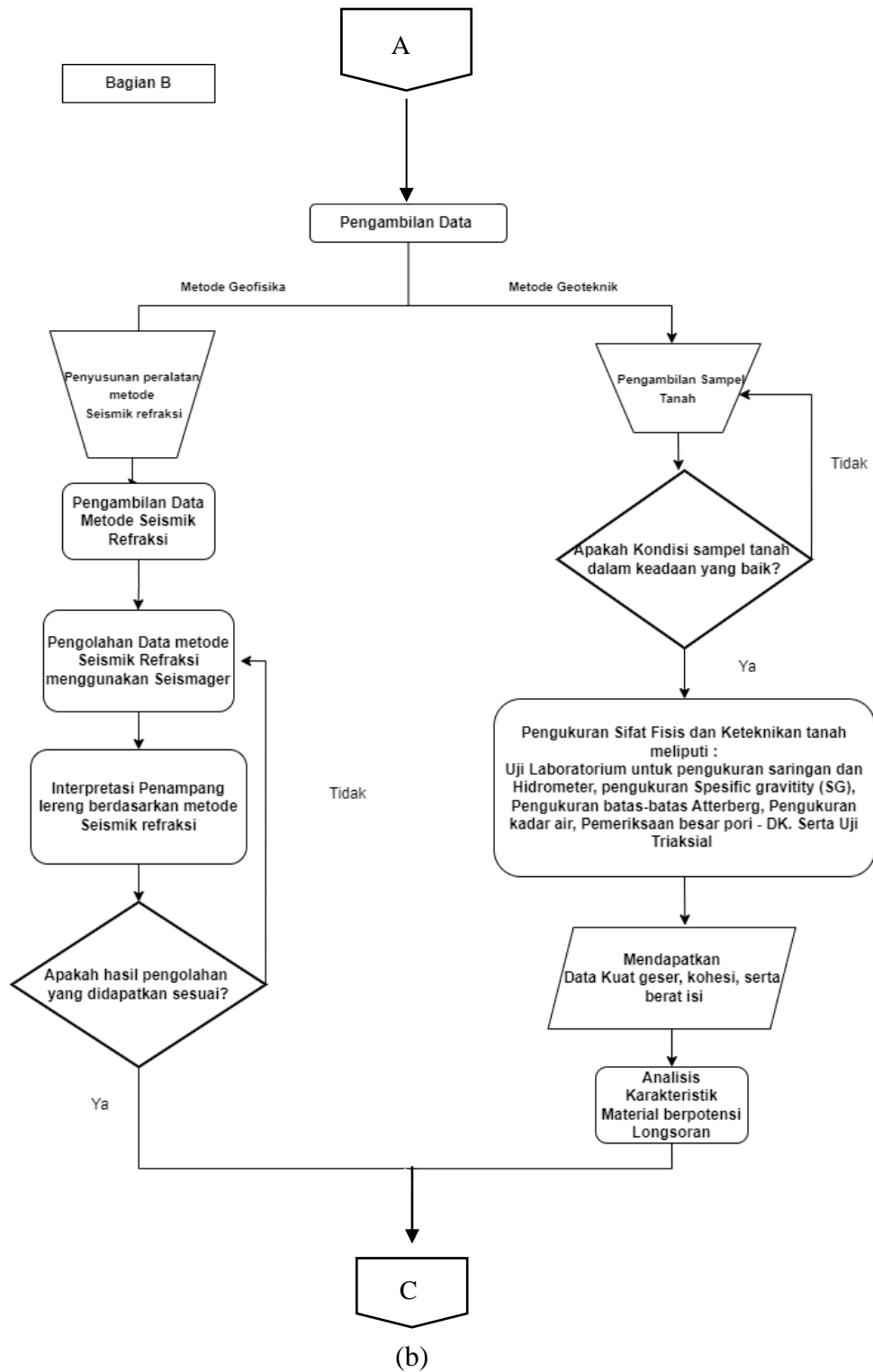
BAB III METODE PENELITIAN

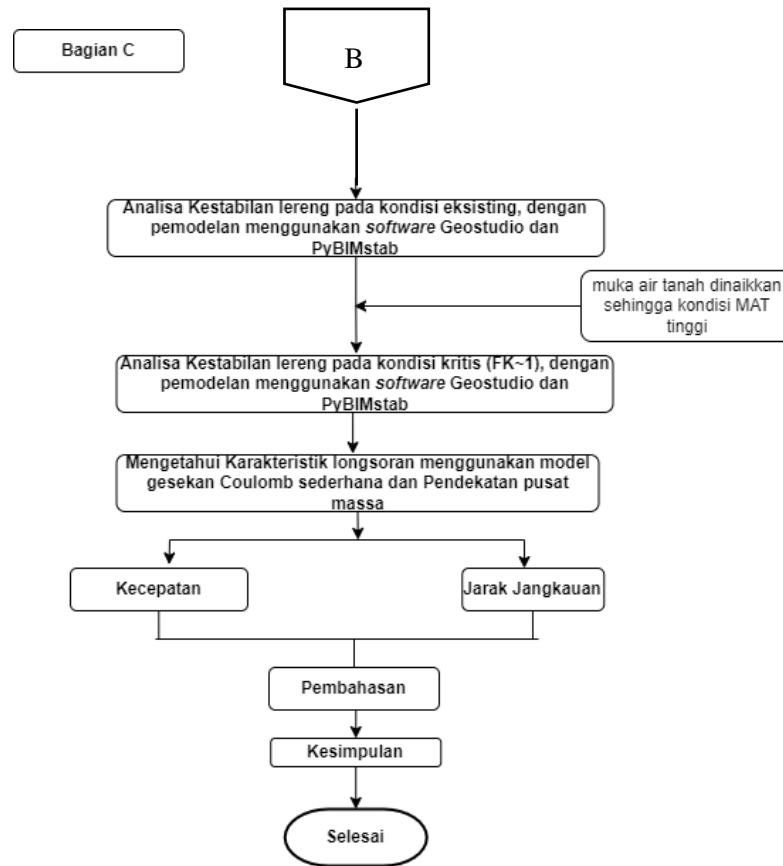
3.1 Alur Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini, secara umum terdiri atas akuisisi data yakni meliputi pengolahan data metode seismik refraksi berdasarkan penggunaan metode geofisika, dalam mengidentifikasi geometri bidang gelincir serta pengambilan sampel tanah tak terganggu, agar dapat dianalisa karakterisasi sampel tanah dengan penggunaan metode geoteknik. Informasi terkait digunakan dalam memodelkan lereng serta dilakukan prediksi jarak jangkauan serta kecepatan longsor. Sehingga berikut alur penelitian yang dilakukan dapat ditinjau pada Gambar 3.1 berikut :



(a)





(c)

Gambar 3. 1 (a),(b),(c) Diagram Alir Penelitian

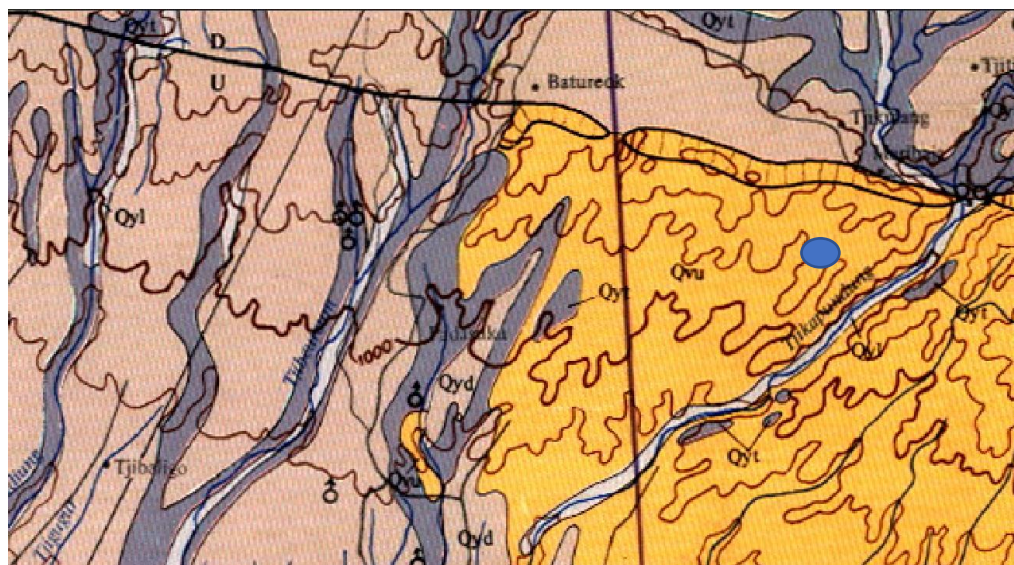
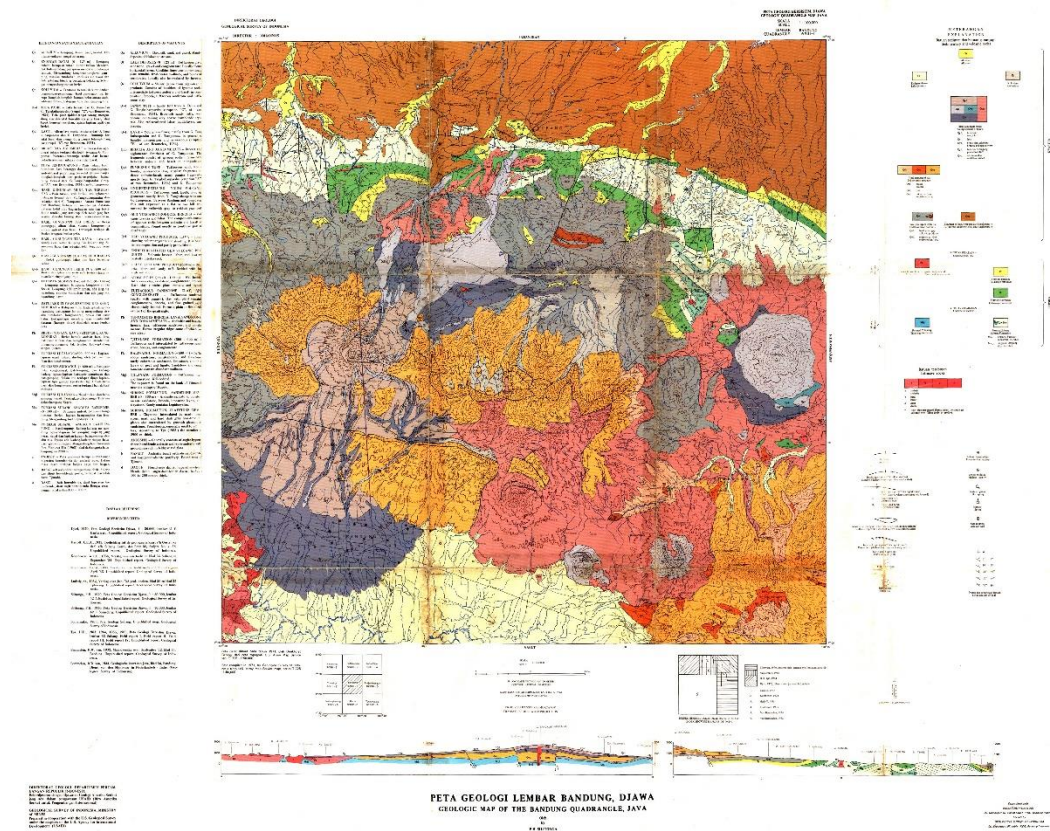
3.2 Desain Penelitian

Dengan menggunakan bentuk penelitian eksperimen design menggunakan analisis deskriptif. Metode penelitian ini menggunakan data seismik refraksi dalam menentukan lapisan bawah permukaan tanah. Hasil dari interpretasi tersebut digunakan dalam menentukan geometri bidang gelincir berdasarkan kecepatan rambat gelombang seismik refraksi. Kemudian, dilakukan pengambilan sampel tanah tak terganggu dalam karakterisasi sampel tanah pada zona Sesar Lembang yang diperuntukan untuk memvalidasi data yang didapatkan.

3.2.1 Lokasi dan Lintasan Penelitian

Dengan meninjau lokasi penelitian, berada pada letak geografis yakni pada *longitude* dan *latitude* $-6.82979986562178^{\circ}, 107.635169611043^{\circ}$ yakni

Gunung Batu, Desa Langensari, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat.



Gambar 3. 2 Letak lokasi penelitian Gunung Batu

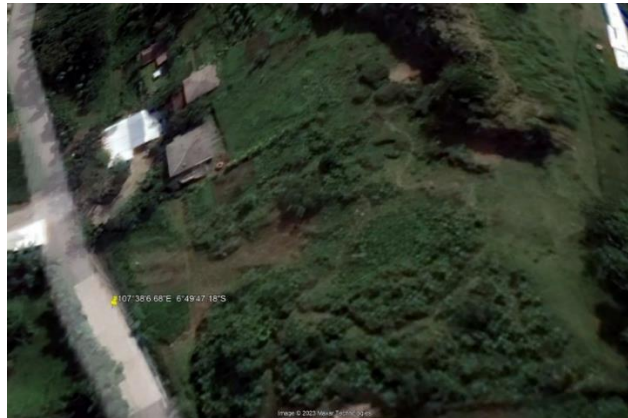
Dengan meninjau Gambar 3.2, diklasifikasi sebagai *Qvu* yang menginterpretasikan lapisan terdiri dari breksi vulkanik, lahar, serta lahar produk dengan kondisi vulkanik tua, yang tidak terpisah, namun secara

Cahyanisa Alifa Pramesti, 2023

PROFIL BIDANG GELINCIR, KARAKTERISTIK TANAH, DAN KESTABILAN LERENG DI ZONA SESAR LEMBAR , GUNUNG BATU, JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

berkelanjutan. Penelitian berada pada Gunung Batu, Desa Langensari, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Dengan letak geografis yakni pada *latitude* dan *longitude* - 6.82979986562178°, 107.635169611043° meninjau Gambar 3.3, dengan memiliki musim penghujan dan kemarau, tempat ini terletak pada ketinggian 800 m hingga 1320 m di atas permukaan laut, memiliki curah hujan sebesar 800mm/tahun dengan suhu rata-rata yakni 17° hingga 23°C. Dan pengambilan data dilakukan pada bulan Desember tahun 2022.



Gambar 3. 3 Lokasi penelitian Gunung Batu, Lembang, Jawa Barat

Gunung Batu merupakan salah satu titik yang terbentuk terlalui oleh Sesar Lembang. Batuan yang ada di Gunung Batu adalah batuan beku berupa andesit porter yakni batuan beku yang menembus miring terhadap arah utara. Terdapat beberapa lapisan yang dapat dijumpai seperti kekar lembaran *Shear fracture* dan kehadiran gawir Sesar Lembang yang terdapat pada Gunung Batu Lembang. kekar lembaran (*sheeting joint*) pada singkapan batuan di Gunung Batu lembang. Gunung Batu yang berada dilembang merupakan suatu bentuk lahan yang terbentuk tepat pada jalur Sesar Lembang yang membentang sejauh 29 km mulai dari Padalarang hingga Cilengkrang. Gunung Batu terbentuk akibat membekunya magma yang menerobos daratan (intrusi) sekitar 510.000 tahun yang lalu, atau bertepatan pada kala pleistosen. *Shear fracture* pada Gunung Batu yaitu rekahan pada batuan yang terbentuk akibat kompresi gaya gaya tektonik. shear fracture membentuk pola saling berpotongan dan membentuk sudut lancip terhadap gaya tegasan utama, penyebab Gunung Batu

terbentuk adanya perkembangan lithologi geologi yang diakibatkan oleh terbentuknya Sesar Lembang (Junursyah & Agustya, 2017).

Akibat Gunung Batu terletak pada area sesar, yang sangat berpotensi mengalami bencana alam, seperti gempa bumi dan memiliki tingkat kerentanan gerakan tanah, yang cukup menengah hingga tinggi, akibat kemiringan yang cukup curam, yakni dengan kemiringan sebesar 40% atau dalam derajat sebesar 22° dengan area yang kurangnya penutupan vegetasi, area tersebut kerentanannya bergantung pada kondisi sifat fisik dan keteknikan batuan serta pelapukan pembentukan lereng, dan berdampak pada kerentanan terjadinya pergerakan tanah, khususnya pada daerah lereng terdampak gangguan, tebing jalan, gawir maupun lembah sungai, penelitian ini dengan menggunakan metode seismik refraksi, dengan melakukan penelitian pada area berikut ini



Gambar 3. 4 Lintasan Area Penelitian

Menggunakan dua lintasan dengan kondisi sejajar dengan lereng yakni dengan arah utara menuju selatan pada Gunung Batu. Pada lintasan 1 memanjang dengan panjang sebesar 94 m dari koordinat *latitude* dan *longitude* - $6.82979986562178^\circ, 107.635169611043^\circ$ hingga $-6.83054169225501^\circ, 107.635017255418^\circ$. Kemudian dengan Lintasan 2 memanjang dengan panjang sebesar 70 m dengan koordinat dengan *latitude* dan *longitude* - $6.82976808127444^\circ, 107.6352998^\circ$ hingga $-6.83033767150111^\circ, 107.635211^\circ$.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan serta perangkat dalam proses pengambilan data seismik refraksi serta data geoteknik, berikut merupakan alat dan bahan yang dibutuhkan :

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Dalam Mendapatkan Data Geoteknik

Alat	Bahan
Seperangkat Alat Seismik Refraksi	Tanah Uji
Set Alat Uji Triaxial	Air Aquades
Extruder	Air Raksa
Spatula	Waterglass
Timbangan	
Penggaris	
Membrane dan Karet Gelang	
Batu Pori dan Kertas Filter	

3.3.1 Pengukuran Serta Pengambilan Data Seismik Refraksi

Penelitian ini menggunakan metode geofisika yang bertujuan dalam mengetahui profil bawah permukaan pada lokasi penelitian, yakni Zona Sesar Lembang, digunakan metode seismik refraksi dengan menggunakan alat McSeis-SX48, menggunakan 48 *Geophone*, dengan spasi jarak antar *geophone* yakni 2 meter dengan *range* frekuensi 2-4600 Hz. Berikut merupakan langkah pengambilan data :

1. Membentangkan *meteran* dari titik awal hingga titik akhir pada lintasan yang telah ditentukan sebelumnya.

2. Dalam menentukan titik pukulan / sumber getaran, disesuaikan berdasarkan Panjang lintasan dan banyaknya *geophone*. Titik pukulan diambil dari jarak terjauh hingga terdekat pada awal dan akhir *geophone*, untuk mendapatkan data terbaik. Kemudian, dalam menentukan spasi berdasarkan pembagian antara lapisan dan banyak *geophone*. Ketika sudah didapatkan data titik pukulan dan spasi. Langkah yang harus dilakukan, yakni menancapkan *geophone* pada tanah dengan jarak antar *geophone*, dengan jarak spasi 2 meter (Gambar 3.6).
3. Menyambungkan *geophone* pada kabel penghubung disesuaikan pada nomor pada kabel tersebut (agar tidak ada *geophone* yang terlewat)
4. Jika sudah semua nya tersambung, pastikan kembali tidak ada *geophone* yang terlewat. Hubungkan konektor kabel penghubung dengan alat McSeis-SX48.
5. Menyalakan alat dengan bantuan *accumulator* jenis kering dan menset alat yakni dengan menyediakan folder kosong pada *storage*.
6. Kemudian menyiapkan nama file pada alat
7. Pada fitur plot CH pilih “CH 1-CH 48” dan menyesuaikan *vertikal size* dengan range 10-16
8. Kemudian siapkan palu dan plat besi, kemudian sambungkan dengan alat
9. Setelah terhubung, letakan plat besi pada jarak yang telah ditentukan. (yakni 7 titik yang telah ditentukan) secara bertahap
10. Jika sudah siap klik arms dan di set dengan ditentukan Gen terlebih dahulu dan menentukan frekuensi gelombangnya.
11. Kemudian pukul plat besi dengan menggunakan palu pada titik yang ditentukan (pastikan tidak ada gangguan)
12. Mengecek data apakah hasilnya baik atau tidak. Jika datanya baik data akan disimpan, jika datanya buruk akan langsung *clear data*.
13. Mengulangi langkah 10 hingga 12, sampai akhir titik yang telah ditentukan
14. Setelah pengambilan data selesai, membereskan alat dan bahan serta menyimpannya pada tempat semula.
15. Sehingga berdasarkan langkah tersebut didapatkan data dengan tipe DAT, yang akan digunakan dalam proses interpretasi.



Gambar 3. 5 Dokumentasi proses pengambilan data Seismik refraksi

3.3.2 Karakterisasi Sifat Tanah

Agar dapat mengetahui karakterisasi sifat tanah, perlu melakukan pengambilan sampel tanah diperlukan alat dan bahan sebagai berikut :

- a. Tabung/ Ring Sesuai dengan diameter yang dibutuhkan
- b. *Stempet / Petroleum Jelly*
- c. Gunting
- d. *Zipper Bag*
- e. *Plastic Wrap*
- f. *Alluminium Foil*
- g. Selotip Hitam / Lakban
- h. Spidol Hitam
- i. Papan kayu
- j. *Scraper*
- k. Pemukul atau kayu
- l. Selotip kertas
- m. plastik
- n. Cangkul

Pengambilan tanah yang digunakan merupakan tanah yang tidak terganggu, dengan menggunakan enam buah tabung, disesuaikan dengan titik lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut merupakan tahapannya :

1. Dalam proses pengambilan tanah menggunakan tabung menggunakan *Stemptet* atau *Vaseline* sebelum dimasukkan tanah, hal ini bertujuan agar mempermudah tanah dikeluarkan pada tabung (Gambar 3.7).
2. Tabung dengan berbagai diameter disesuaikan dengan kebutuhan pengujian yakni Berat isi, dan uji *triaxial* tersebut ditancapkan dengan posisi tegak lurus dengan permukaan tanah dengan kedalaman ± 30 cm.
3. Kemudian pada saat ditancapkan dipadatkan menggunakan kayu untuk pemukul, tabung tersebut diangkat ke permukaan untuk mendapatkan sampel tanah.
4. Pada saat proses pengujian berlangsung, kemudian ketika tanah telah diambil, ditutup rapat menggunakan aluminium foil.
5. kemudian di rapatkan dengan plastic pembungkus makanan dan terakhir di bungkus penuh oleh isolasi kertas, agar tanah tidak terganggu baik dari udara maupun gangguan lainnya. Jangan lupa diberikan identitas agar sampel tanah tidak tertukar dengan lokasi titik lainnya
6. kemudian, pada sampel tanah terganggu dimasukkan kepada zip bag dan diberikan label nama dengan menuliskan informasi terkait nama sampel disesuaikan dengan lokasi yang ditentukan sebelumnya.
7. Kemudian sampel tanah tersebut dibawa dan akan dianalisis pada laboratorium BRIN untuk menganalisis karakteristik sifat fisis tanah.
8. Agar mendapatkan sampel tanah yang selamat hingga laboratorium, diperlukan perlakuan *extra* hal ini bertujuan agar sampel tanah tetap utuh , karena kondisi tanah yang diperoleh sangat berpengaruh dengan hasil yang diperoleh. Setiap lokasi rata-rata mengambil 3 bahkan lebih sampel setiap pengujian, hal ini bertujuan agar ketika sampel tanah yang diperlukan ternyata gagal dalam pengujian, masih terdapat sampel yang bisa digunakan. Serta untuk mengefektifkan waktu. Hal lainnya, yakni mengecek identitas pada setiap sampel sangat diperlukan baik pada *zipper bag*, maupun sampel lainnya setelah penelitian.



Gambar 3. 6 dokumentasi pengambilan tanah untuk metode Geoteknik

3.3.3 Pengukuran Serta Pengambilan Data Keteknikan Tanah

Setelah mendapatkan sampel tanah yang telah didapatkan sebelumnya, sampel tanah tersebut di uji pada Laboratorium Geoteknik BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional), dengan melakukan pengujian sifat fisis dan keteknikan tanah. Dalam proses fisik tanah meliputi analisis besar butir yakni pengukuran Hidrometer dan saringan, kemudian pengukuran *specific gravity* (SG), Pengukuran batas-batas atterberg, pengukuran kadar air, dan pemeriksaan besar pori derajat kejenuhan (KD).

Pengujian Sifat Fisik Tanah pada Laboratorium Geoteknik BRIN

a. Penentuan Kadar Air (Moisture Content)

Kegiatan ini bertujuan dalam memperoleh kadar air pada sampel tanah ,yakni adanya perbandingan berat air yang terdapat pada dalam tanah terhadap berat kering sampel tanah. Dalam tahap ini membutuhkan sampel tanah, cawan khusus pengujian kadar air, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, kemudian oven.

Dalam proses ini menggunakan sampel tanah yang diperoleh pada lapangan, pada saat pengujian sampel dilakukan yang utama yakni pemberian identitas di setiap pengujian, berikut tahapan prosedur dalam uji kadar air:

1. Menimbang sampel tanah pada cawan yang telah disediakan sebelumnya, mengukur berat cawan ketika kosong terlebih dahulu (W1),

2. Kemudian mengukur berat cawan yang telah diisi sampel tanah (W2), lalu mengeringkan sampel tersebut pada oven selama 24 jam dengan suhu rata-rata 80° - 100°C . Hal ini bertujuan kandungan air yang masih terkandung pada pori tanah dapat menguap,
3. Setelah 24 jam tanah yang telah kering beserta cawan diukur kembali (W3).
4. Kemudian nilai pada ketiga pengukuran tersebut dimasukkan pada persamaan.
5. Kadar air tanah, dengan berat air sebagai (Ww) yakni selisih W2 dan W3 ,serta berat solid (Ws) yakni selisih pada W3 dan W1. Kemudian perhitungan dilakukan dengan bantuan *Software* Microsoft Excel.

b. Penentuan Berat Isi, Porositas, serta Derajat Saturasi

Proses ini bertujuan dalam mengetahui nilai berat isi, angka pori, serta derajat kejenuhan pada sampel tanah di lokasi penelitian, dengan kondisi tanah tak terganggu. Dalam proses ini membutuhkan Ring khusus berat isi beserta sampel tanah, jangka sorong, cawan, timbangan serta oven. berikut tahapannya dalam penentuan berat isi:

1. Menyiapkan cawan, kemudian cawan tersebut ditimbang agar memperoleh berat cawan ketika keadaan kosong.
2. Pada sampel tanah, dibuka terlebih dahulu , kemudian dibersihkan dari tanah yang berada pada luar ring, kemudian pada bagian permukaan diratakan baik atas dan bawah sampel tanah, sampai rata dengan permukaan ring tersebut.
3. Kemudian sampel tanah diletakkan pada cawan dan diberi identitas, kemudian sampel dan cawan langsung dikeringkan pada oven selama 24 jam dengan suhu rata-rata 80° - 100°C .
4. Setelah 24 jam, sampel tanah ditiriskan, kemudian sampel tanah ditimbang kembali untuk memperoleh berat kering, dan tak lupa untuk mengukur diameter dan tinggi tabung berat isi menggunakan jangka sorong.
5. Hasil tersebut dapat digunakan pada pengukuran porositas, derajat saturasi, serta volume pori berdasarkan selisih volume sampel tanah

basah (asli) dengan volume sampel tanah kering. Dan melakukan perhitungan dengan bantuan Software Microsoft Excel.

c. Penentuan Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Proses ini bertujuan yakni dalam menentukan berat jenis tanah yang berhasil lolos pada saringan no 4 berdasarkan penggunaan labu ukur. Dalam pengujian ini membutuhkan Labu ukur 100 ml, kemudian air suling / air aquades, kemudian saringan no.4 , timbangan, *desikator*, *hot plate*, pompa *vacum*, serta oven (Gambar 3.8), Sehingga proses ini penentuan berat jenis dapat dilaksanakan, berikut tahapannya :

1. Menyiapkan terlebih dahulu piknometer atau benda uji dengan kondisi steril, dengan di oven terlebih dahulu pada suhu 60°C atau pengeringan dengan sinar matahari, kemudian diukur massanya benda uji beserta tutupnya terlebih dahulu dalam keadaan kosong (W1).
2. Mengambil sampel tanah yang telah dikeringkan dan disaring pada saringan no.4. kemudian sampel tanah tersebut dimasukan pada piknometer dengan massa sebesar 10-15 gram ,
3. Kemudian ditimbang kembali (W2), dengan kondisi piknometer terisi kering.
4. Kemudian piknometer yang telah berisikan sampel diberikan aquades sampai penuh.
5. Kemudian piknometer dipanaskan diatas hotplate dengan suhu 500°C, hal ini bertujuan udara pada piknometer bisa dapat keluar.
6. Setelah mendidih sampel tersebut ditiriskan, lalu didiamkan selama 24 jam, setelah 24 jam mengeluarkan piknometer, masukan labu ukur pada desikator dengan tanpa ditutup selama 24 jam , kemudian diisi air hingga menyentuh garis pada batas labu ukur, ulangi hingga tidak terjadi penurunan air pada garis labu ukur, kemudian tutup benda uji dengan tutupnya dan ditimbang kembali pada proses berat air mengandung tanah (W3).
7. Selanjutnya melakukan kalibrasi piknometer dengan mengeluarkan air dan sampel tanahnya. Kemudian keringkan benda uji keseluruhan lalu timbang dengan ketelitian 0,01 gram. lalu mencatat suhu air

8. Kemudian diisi air aquades kembali hingga penuh lalu ditimbang (W_4).
9. Hitung hasil keseluruhan dengan menggunakan bantuan *software* Microsoft *excel*, sehingga dapat menentukan berat jenis dapat berdasarkan persamaan berikut :

$$G_s = \frac{Y_s}{Y_o} = \frac{\frac{W_s}{V_s}}{\frac{W_o}{V_o}} \quad (3.1)$$

Dengan W_s yakni berat tanah kering, W_o berat air, V_s yakni volume tanah kering, V_o yakni Volume air. Jika diasumsikan $V_s = V_o$, maka

$$G_s = \frac{W_s}{W_o} \quad (3.2)$$

Berat isi akan menggantikan kondisi tanah (W_o) sehingga diperoleh berdasarkan hubungan berikut :

$$W_o = (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2) \quad (3.3)$$

Sehingga persamaan menjadi

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (3.4)$$



Gambar 3. 7 Dokumentasi pengujian berat jenis

d. Pengujian Batas Cair (LL)

Pengujian ini bertujuan dalam menentukan nilai kadar air pada batas cair berdasarkan penggunaan casagrande dengan sampel tanah terganggu, dalam menentukan sifat serta klasifikasi tanah. Sehingga dalam uji batas cair membutuhkan sampel tanah, marmer, air *aquades*, mangkuk *casagrande*,

cawan, *grooving tool*, timbangan ketelitian, spatula, oven. Dan berikut proses prosedurnya sebagai berikut:

1. Mengeluarkan sampel tanah terganggu pada *zip bag*, dan letakan pada plat marmer yang telah tersedia.
2. Memisahkan sampel tanah dari batuan maupun akar yang tersisa, lalu hancurkan sampel tanah agar butirannya lebih kecil dan lembut.
3. Menambahkan air aquades pada sampel tanah tersebut secara perlahan, kemudian diaduk dengan spatula hingga sampel tanah menjadi homogen.
4. Setelah tanah homogen, meletakkan sampel tanah pada mangkuk *casagrande*, lalu letakan pada alat *cassagrande* dengan memasang *sekrup* pada alatnya agar sampel tanah kuat pada saat pengujian.
5. Kemudian ratakan sampel tanah, hingga sejajar dengan dudukan alatnya.
6. Dengan menggunakan *grooving tool* yakni alat pembuat alur, pada sampel tanah membuat alur menjadi dua pada mangkuk *cassagrande*.
7. Lalu geserkan tuas agar alat dapat berfungsi, kemudian catat pukulan yang terjadi hingga kondisi tanah yang dibuat alur sebelumnya dapat bersinggungan kembali.
8. Setelah pengujian ini dirasa tepat dengan data yang diharapkan, ambil sebagian sampel tanah dari mangkuk *cassagrande*, pada bagian yang bersinggungan dengan menggunakan spatula, lalu masukan pada cawan yang disediakan (sebelumnya telah diberikan pelumas yakni *petroleum jelly*), yang berfungsi dalam penentuan kadar air tanah. Kemudian masukan cawan berisikan sampel tanah tersebut kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 100°C .
9. Mengulangi prosedur pengujian sebanyak tiga kali yakni pada 40,25, dan 10 ketukan.
10. Hitunglah hasil keseluruhan yang diperoleh.

e. Pengujian Batas Plastis (PL)

Pengujian ini bertujuan dalam menentukan nilai kadar air dengan kondisi pada batas keadaan plastis, serta keadaan semi padat, upaya menentukan sifat, jenis, dan klasifikasi tanah. Pada uji ini diperlukan sampel tanah terganggu, marmer, spatula, air *aquades*, cawan, oven, timbangan ketelitian. Sehingga berikut prosedur dalam pengujian batas plastis:

1. Mengukur massa cawan pada keadaan kosong dengan menggunakan timbangan ketelitian
2. Mengeluarkan sampel tanah terganggu pada *zip bag* ,dan letakan pada plat marmer yang telah tersedia.
3. Memisahkan sampel tanah dari batuan maupun akar yang tersisa, lalu hancurkan sampel tanah agar butirannya lebih kecil dan lembut.
4. Menambahkan air *aquades* pada sampel tanah tersebut secara perlahan, kemudian diaduk dengan spatula hingga sampel tanah menjadi homogen bertekstur elastis, sehingga dapat membentuk dengan mudah.
5. Pada sampel tanah yang telah bertekstur plastis, dipipihkan dan membentuk seperti cacing pada marmer yang tersedia, hingga tanah tersebut memiliki diameter yang kecil sekitar 3 mm.
6. Kemudian letakan sampel tanah tersebut pada cawan dengan dipotong-potong. Hingga massa keseluruhan dengan cawan ± 15 gram.
7. Kemudian masukan cawan berisikan sampel tanah tersebut kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 100°C .
8. Jika telah selesai keluarkan cawan berisikan sample tanah pada oven , kemudian dinginkan.
9. Hitung hasil keseluruhan yang diperoleh.

f. Pengujian Batas Susut

Pengujian ini bertujuan dalam menentukan kadar air ketika keadaan batas semi padat menuju pada keadaan padat, hal ini dilakukan dalam penentuan sifat-sifat tanah. Dalam pengujian ini membutuhkan *prong plate* yang berisikan *cawan porselin*, *monel dish*, dan *cristalizing dish* dengan diameter

5 cm serta *overflow dish* dengan diameter 9 cm. kemudian membutuhkan spatula, plat kaca, gelas ukur, timbangan, air raksa, serta oven. Berikut proses pengujian batas susut sebagai berikut:

1. Ketika sampel tanah berasal dari proses cawan kadar air telah dikeringkan selama 24 jam lalu ditiriskan jangan lupa untuk di timbang. Kemudian, mengeluarkan sampel tanah tersebut dari cawan (Gambar 3.8). Lalu letakan sampel tanah tersebut pada plat kaca
2. Letakan berat monel dish dengan keadaan kosong, kemudian letakan monel dish pada *crystalizing* , lalu isi *monel dish* dengan air raksa hingga meluap, kemudian tekan permukaan *monel dish* dengan plat kaca, agar air raksa dapat mengisi seluruh volume *monel dish* , bahkan lebih baik hingga meluap (V). Dan letakan air raksa yang bersisa pada cawan porselin
3. Kemudian letakan sampel tanah pada *monel dish*, tenggelamkan , dan tekan dengan plat kaca hingga meluap air raksa. Luapan air raksa tersebut pada *crystalizing* di timbang pada timbangan ketelitian.
4. Catat berat air raksa yang meluap, ketika mendapatkan volume benda uji kering (V_2).
5. Melakukan perhitungan berdasarkan data yang diperoleh.



Gambar 3. 8 Dokumentasi pengujian Batas-Batas Atterberg

g. Pengukuran dalam Analisis Saringan (*Grain Size*)

Pengujian ini bertujuan dalam meninjau ukuran butir serta susut butir (gradasi) yakni tanah yang tidak lolos pada saringan No.200. pada uji ini membutuhkan mesin pengguncang saringan (*Sieve Shaker*), saringan (*Sieve*), dengan ASTM No.200, timbangan ketelitian, serta kuas ataupun sikat. Berikut merupakan langkah proses pengukuran analisis ukuran butir sebagai berikut:

1. Pada sampel tanah ditimbang terlebih dahulu sebesar 500 gram
2. Kemudian letakan sampel tersebut pada wadah, kemudian baskom tersebut diisi air , dan rendam dengan sampel tanah selama 24 jam.
3. Setelah 24 jam, masukan sampel tanah tersebut pada saringan No.200 , dengan air mengalir hingga air terlihat bening atau bersih.
4. Jika telah mendapatkan sampel tertahan pada saringan No.200, sampel tersebut dikeringkan pada oven selama 24 jam dengan suhu 100°C-110°C.
5. Setelah 24 jam sampel tanah dikeluarkan dari oven, lalu ditiriskan , kemudian susun set saringan sesuai standar yang digunakan yakni Nomor saringan terdiri dari No 4,8,16,30,50,100,200.
6. Lalu sampel tanah di letakan pada saringan yang paling kecil nomornya yakni paling atas, lalu ditutup dengan rapat.
7. Kemudian nyalakan *sieve shaker*, agar sampel tanah tersebut digetarkan pada rentang waktu 10 menit.
8. Kemudian sampel pada sieve shaker didiamkan selama 5 menit agar sampel mengendap.
9. Jika telah selesai, butiran tanah akan tertahan pada setiap nomor, setelah itu berat saringan tertahan ditimbang berat butir tertahannya, hingga tidak ada tanah yang tersisa ,dapat ditinjau pada gambar 3.10.
10. Hitung hasil yang diperoleh.



Gambar 3. 9 Dokumentasi Pengujian Analisis Saringan

h. Pengujian Hidrometer

Pengujian ini di peruntukan dalam menentukan ukuran serta susunan butir (gradasi) tanah yang telah lolos pada saringan No.200. dalam uji ini diperlukan alat dan bahan diantaranya hidrometer, Gelas ukur 1000 ml, termometer 50°C, Penutup gelas ukur, stopwatch, batang pengaduk, mechanical stirrer, beaker glass, water heater. Diperlukan juga pembuatan larutan dispersi, kemudian pembuatan larutan standart terlebih dahulu sebagai berikut prosedur pembuatan keduanya:

Pembuatan Larutan Dispersi

1. Memasukan *water glass* secukupnya pada *beaker glass*, kemudian , berikan air suling dan aduk dengan rata dengan batang pengaduk hingga seluruhnya homogen.
2. Membersihkan gelas ukur 1000 ml yang mau digunakan , kemudian keringkan.
3. Setelah itu , masukan larutan pada beaker glass pada gelas ukur 1000ml, kemudian tambahkan kembali air suling hingga larutan menjadi 37,5 berat jenis meninjau dengan menggunakan Skala hydrometer A.

Pembuatan Larutan Standard

1. Membersihkan terlebih dahulu hydrometer jar 1000 ml , kemudian masukan larutan dispersi yang telah dibuat pada tempat tersebut sebanyak 200 ml.
2. Kemudian , menambahkan air suling hingga skala 1000 ml.

3. Kemudian, masukan larutan standard pada bak perendam , dengan kondisi suhu ruang yang disesuaikan pada ruangan percobaan.

Berikut merupakan langkah prosedur dalam pengujian hydrometer :

1. Mengambil seluruh sampel tanah basah yang telah berhasil melewati saringan No.200 ketika pencucian analisa saringan sebelumnya.
2. Mendinginkan sampel tanah basah mengendap hingga kebawah, kemudian air sisaan di atasnya dapat dibuang.
3. Mengambil sampel tanah yang telah diendapkan sebelumnya, kemudian dikeringkan pada oven selama 24 jam dengan suhu 110°C.
4. Setelah selesai di oven , keluarkan sampel tanah yang telah kering pada oven ,lalu tiriskan. Jika sudah dingin, ambil sampel tanah tersebut seberat 50 gram.
5. Kemudian, memasukan sampel tanah pada *beaker glass* kemudian menambahkan larutan dispersi sebanyak 200 ml, dan diamkan minimal 12 jam.
6. Kemudian jika sudah didiamkan, larutan tersebut dimasukan pada *dispersion cup*, kemudian masukan pada *mechanical stirrer* (mesin pengaduk) yakni selama 5 menit .
7. Selanjutnya angkat larutan dari *mechanical stirrer*, kemudian, memasukan larutan tanah yang diaduk dengan menggunakan *hydrometer jar* sebanyak 1000 ml, jika sudah bisal *disperse cup* secara berulang hingga air sulingnya bersih.
8. Menambahkan air suling pada *hydrometer jar*, kemudian cek suhu tersebut, lalu menyiapkan stopwatch serta form pengujian.
9. Menutup bagian atas hydrometer dengan penutup *hydrometer*, membalikan *hydrometer jar* agar larutan homogen dengan durasi 30 detik. Hingga sampel tanah tidak ada yang menempel pada *hydrometer jar*.
10. Jika telah selesai, buka penutup *hydrometer jar*, letakan pada meja, kemudian memasukan *hydrometer* serta temperatur pada

larutan tersebut, kemudian melakukan pembacaan r dimulai pada detik 15,30,60, serta 120. Kemudian pada menit 5,15,30,60,120,hingga 240 menit, dengan kondisi *stopwatch* yang berkontinu, lalu membaca *hydrometer* pada larutan dan mencatat suhu larutan pada setiap pembacaan waktu (Gambar 3.11).

11. Tidak lupa mencatat pukul berapa perhitungan dilakukan , dan melakukan penyusunan waktu pembaca selanjutnya.

12. Hitung hasil keseluruhan yang diperoleh.



Gambar 3. 10 Dokumentasi pengujian Analisis Besar butir dan Hidrometer

i. **Pengujian Standar ASTM D -3080 – 72 *Triaxial Consolidated-Undrained*.**

Uji triaksial yang bertujuan untuk menentukan parameter mekanis tanah yakni menentukan nilai kohesi dan kuat geser tanah, pengujian ini memiliki prinsip yakni, pada sampel tanah yang tidak terganggu di stimulant seperti keadaan aslinya, dengan menggunakan pemberian tekanan pada sekeliling sampel (*cell pressure*), agar sampel tanah mendekati kondisi sebenarnya, pengujian ini membutuhkan alat dan bahan diantaranya *triaxial set* yakni meliputi: *cell triaxial* , termasuk lengkap pada tabung *fiberglass*, kran-kran, baut pengunci, kemudian sekat karek agar air tertahan secara sempurna. Kemudian, panel yang dapat mengontrol tekanan pori (*pori pressure*), tekanan cell (*cell pressure*), *back pressure*, kemudian 2 buah *volume change* yang telah diisi parafin cair. Kemudian memberikan tegangan otomatis serta penentuan kecepatan dengan bantuan kompresor. Kemudian

dial gauge (sejenis manometer), dan *proving ring*. Lalu tabung *cell pressure* dan *back pressure*. Kemudian membutuhkan spatula, *extruder*, timbangan, serta penggaris, membrane serta karet gelang, kemudian batu pori serta kertas filter dengan diameter sesuai dengan sampel tanah.

Berikut Prosedur Mempersiapkan *Triaxial set* :

1. Memasang terlebih dahulu kompresor agar tabung-tabung dapat terisi udara. Dan melakukan kalibrasi yakni menolkan (*null*) *indicator* , dengan cara memutar tabung tekanan pori. serta mengecek seluruh bagian tabung apakah masih terdapat udara atau tidak, jika masih ada dikeluarkan.
2. Memposisikan air raksa agar dapat terletak pada tanah merah yang telah ditentukan, kemudian menutup kran tekanan pori pada cell.
3. Pada system *Back Pressure (BP)* dilakukan percobaan tekanan sebesar 2 kg/cm^2 . Lalu menutup ujung dengan menggunakan fiberglass. Agar dapat ditinjau system dapat tersambung dengan rapat , tidak mengalami kebocoran. Jika sudah tepat, kran pada BP di cell ditutup.
4. Memposisikan parafin pada BP dan CP hingga keadaan stabil / seimbang, dengan melakukan tekanan sebesar $0,5 \text{ kg/cm}^2$, setelah itu, membuka ketiga keran , kecuali kran pada cell ditutup. Hal ini dilakukan hingga seimbang. Jika sudah seimbang/stabil, ketiga keran ditutup kembali.

Berikut Mempersiapkan Sampel Uji *Triaxial* :

1. Menimbang sampel tanah dengan ring, pastikan sampel tanah yang digunakan memiliki kondisi yang baik.
2. Mengeluarkan sampel tanah pada ring dengan menggunakan *extruder*
3. Menimbang kembali pada keadaan sampel tanah tanpa ring, dan berat ring yang telah dipisahkan.
4. Memberikan kertas filter pada kedua ujung sampel tanah.
5. Meletakkan spesimen pada cell triaxial dengan memberikan batu berpori pada kedua ujung sampel tanah, kemudian siapkan membrane / karet (sebelum dipasangkan pada sampel tanah di cek terlebih dahulu apakah membran tersebut aman atau keadaanya bocor). Jika sudah

aman, melapisi specimen dengan menggunakan membrane kedalam tabung, dalam proses memasukkan membrane pada tubuh specimen berhati-hati agar sampel tanah yang digunakan tidak terganggu.

6. Kemudian jika spesimen tertutup oleh membran, pasang selang fiberglass, kemudian back pressure diatas dapat tersambung dengan top cap. Untuk lebih kuat pasang karet pada bagian atas dan bawah sample diluar membran. Kemudian tutup oleh fiberglass, serta pasang baut hingga kuat.
7. Memastikan tabung cell tertutup rapat , kemudian memberikan BP dan Pore pressure ditutup, lalu kran CP dibuka dan memberikan tekanan $0,5 \text{ kg/cm}^2$, hingga kondisi tabung CP penuh terisi air. Tekanan pada cell harus kecil agar tidak ada udara yang masuk (cell).
8. Mempersiapkan pada proses pengujian.

Pengujian Triaxial Tahap 1 (*Saturation Stage*)

Pada proses ini sampel akan mengalami penjenjuran berdasarkan tekanan yang diberikan oleh BP dan di seimbangkan dengan pemberian CP yang dinaikkan tekanannya, diperoleh dengan cara berkesinambungan dengan BP. Apabila tekanan pori sudah konstan atau mendekati tekanan pada BP. Kemudian tahap mengikuti tahapan berikut:

1. Membuka keran CP , lalu memberikan tekanan sebesar $0,5 \text{ kg/cm}^2$, hingga keadaan konstan. Jika keadaan telah konstan, meninjau volume *before* pada buret CP. Lalu mencatat nilai CP serta volume *before* pada form.
2. Kemudian membuka PP pada cell, mengatur air raksa pada indikator hingga sesuai dengan panah. Hingga keadaan konstan (sekitar 15 menit), mencatat nilai PP serta volume *after* pada buret CP pada form.
3. Kemudian dengan keadaan kran PP dan kran CP terbuka, dan BP tertutup, kemudian memberikan tekanan BP yakni sebesar $0,3-0,4 \text{ kg/cm}^2$, kemudian menunggu hingga keadaan konstan, setelah keadaan konstan, mencatat keadaan nilai BP serta volume *before* pada buret Bp pada form.

4. Kemudian pada kran BP dibuka, lalu mengatur kembali air raksa pada indikator hingga disesuaikan dengan panah. Kemudian menunggu keadaan konstan kembali yakni sekitar 15 menit. Lalu mencatat kembali nilai PP serta volume *after* pada buret BP pada form.
5. Kemudian specimen dapat dikatakan jenuh, jika keadaan pada PP sudah sama dengan BP, ataupun selisih pada tekanan pori di tekanan cell dapat dikali 100% yakni mendekati 1 (Nilai $B \leq 1$).
6. Ketika sudah jenuh, tutup kran BP pada cell. Sehingga tahap I selesai, lalu menyiapkan pada tahap II yakni Consolidation Stage.

Pengujian Triaxial Tahap 2 (Consolidation Stage)

Pengujian ini dilakukan dengan keadaan specimen jenuh, dalam tahap konsolidasi ini yakni dimana keadaan PP turun hingga sama dengan keadaan BP, berikut prosedurnya :

1. Setelah menyelesaikan tahap I yakni saturation cell, menutup kran BP serta CP pada cell.
2. Kemudian, menaikkan CP hingga CP diinginkan dengan range 0,5 - 1 kg/cm^2 . Serta dengan nilai CP yang sama. Memutarakan CP pada bagian regulatornya hingga manometer dapat menunjukkan angka yang diinginkan, hingga keadaan konstan. Kemudian mencatat dari nilai CP, BP, PWP, perubahan volume pada BP dan CP pada form konsolidasi.
3. Menyiapkan stopwatch, kemudian menetapkan kedudukan air raksa pada indikator, hal ini agar PP dapat terbaca pada manometer, kemudian pada kran CP dan BP di cell dapat ditinjau pada gambar 3.12.
4. Kemudian membaca nilai PWP serta perubahan volume BP setiap satuan waktu dengan meninjau manometer, serta mengontrol pada duduk air raksa agar terus pada keadaan konstan yakni nol (tanda panah), kemudian mencatat nilai BP dan PWP pada form.
5. Memberikan tekanan pori, yakni dimana keadaan nilai PWP turun hingga sama dengan nilai BP. Maka tahap konsolidasi selesai, kemudian melanjutkan tahap selanjutnya yakni tahap *shear stage*.

Pengujian Triaxial Tahap 3 (*shear stage*)

Pengujian ini dilakukan jika telah sesudah tahap II, kemudian keadaan kran BP tertutup dan kran CP serta PP terbuka. Dalam tahap ini berprinsip yakni memberikan tekanan pada arah axial dengan menggunakan kecepatan tertentu (*strain rate*) dengan pembacaan dilakukan di dial gauge dan proving ring, berikut pengujian lengkapnya :

1. Menutup kran BP, dan membuka keran pori dan CP pada cell.
2. Menaikan tabung cell pada bagian atas, hingga menyentuh ujung penekan proving ring.
3. Mengatur dial gauge pada *proving ring*, serta mengkalibrasi *strain* pada posisi nol.
4. Mengatur keadaan kecepatan (*strain rate*), yakni dengan kecepatan yang diinginkan yakni B (m/s).
5. Menyiapkan form dalam pembacaan *dial gauge proving ring* dan *strain*, kemudian tekanan pori pada manometer, serta mencatat nilai pada dial *strain* pada kondisi nol.
6. Mulai pembacaan pada *dial gauge proving ring* serta tekanan pori setiap sepuluh pada setiap satuan putaran penuh di *dial strain*.
7. Menjalankan motor penggerak, serta melakukan pembacaan.
8. Apabila kondisi proving ring menunjukkan nilai konstan (tidak turun/naik) yang dibandingkan dengan nilai sebelumnya, maka pembacaan tahap ini dihentikan.
9. Mematikan motor penggerak.
10. Menurunkan tabung pada tabung cell, dengan menyetel putaran dengan mengarah kebawah (*down*).

Pembongkaran Sampel Dari Chamber

Apabila setelah selesai tahap III, bongkar kembali sampel tanah dengan melakukan prosedur berikut :

1. Menurunkan manometer pada tekanan pori yakni dengan memposisikan nol, lalu menutup kran dan mengeluarkan atau membebaskan air raksa pada *indicator*.

2. Menurunkan CP serta BP pada posisi nol, dan membuka keran buret CP hingga air masuk kembali pada tabung yang tersedia masing-masing.
3. Membuka penutup *cell/chamber*, lalu melepaskan spesimen serta membrane, lalu ditimbang sampel tanah berikut.
4. Mengambil sampel tanah untuk meninjau kadar air setelah proses pengujian triaxial, lalu memasukan pada oven selama 24 jam ,agar sampel tanah kering.
5. Mengangkat sampel tanah tersebut jika sudah kering , lalu menimbang kembali dan catat pada form yang telah tersedia.
6. Percobaan dalam penentuan sifat keteknikan tanah selesai.

Berdasarkan hasil pengujian sampel, dibuatkan grafik linear yang dapat menunjukkan nilai kohesi serta sudut geser dengan menggunakan *software Microsoft excel*. Pada penggunaanya nilai kohesi serta sudut geser dapat ditentukan dengan hubungan sebagai berikut

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (3.5)$$

Dengan keterangan τ_f yakni kuat geser tanah (kN/m^2), c' yakni kohesi tanah (kN/m^2), ϕ' yakni sudut geser dalam tanah efektif dan σ' yakni tegangan efektif pada bidang untuk (kN/m^2).



Gambar 3. 11 Dokumentasi pengujian sifat keteknikan tanah – Uji Triaxial

3.4 Analisis Data

Setelah melakukan pengumpulan data, selanjutnya langkah yang dibutuhkan yaitu pengolahan data, hal ini bertujuan untuk mendapatkan profil bidang gelincir, karakteristik tanah, dan kestabilan lereng dalam menentukan karakteristik longsoran di lokasi penelitian.

3.4.1 Analisis Profil Bidang Gelincir

Berikut tahapan pengolahan data agar mendapatkan hasil profil bidang gelincir, berdasarkan data seismik refraksi yang telah diperoleh sebagai berikut :

1. Setelah mendapatkan data berjenis DAT.file dengan melalui proses sub bab 3.3.1 selanjutnya data tersebut dikelompokkan pada kelompok internal berdasarkan dari sumber pukulan, dengan diurutkan dari posisi pukulan jarak serta *geophone* yang telah ditentukan. Pada proses kali ini diperoleh 7 kali pukulan, yakni pada jarak -13 *meter* dari *geophone* pertama, kemudian -1 *meter* dari *geophone* pertama, kemudian pada posisi 12-13 *Geophone*, lalu pada posisi 36-37 *Geophone*, 95 *meter* serta yang terakhir pada posisi 107 *meter*, setelah itu didapatkan hasil picking tersebut kemudian *save file* dengan bentuk format Seg2.
2. Data tersebut kemudian diinterpretasikan menggunakan *software* Pickwin pada *Seismager* agar dapat menentukan posisi lokasi *first break*.
3. Selanjutnya membuat plot grafik berdasarkan nilai *first break* terhadap jarak waktu yang ditempuh sehingga didapatkan nilai kurva intersepnya.
4. Selanjutnya melakukan analisis data travel time hal ini dilakukan agar dapat menentukan alurnya dengan menggunakan *software* Pickwin.
5. Kemudian dilakukan pemodelan menggunakan *software* Plotrefa pada *Seismager* dengan menginputkan nilai kurva intersep waktu tempuh serta data elevasi yang diperoleh berdasarkan penggunaan GPS pada lokasi penelitian hal ini untuk mendapatkan model profil. Dengan kurva waktu tempuh yang akan dipilih secara objektif berdasarkan titik yang mengalami penurunan atau perlambatan kecepatan.

6. Pada saat kecepatan melambat, hal ini menandakan sebagai batas antara dua lapisan batuan/tanah. Kemudian inversi waktu akan dilakukan untuk mendapatkan penampang dua dimensi dari karakteristik tanah/batuan. Kemudian dilakukan pemodelan tomografi untuk mengidentifikasi lapisan lapuk, berdasarkan nilai klasifikasi kecepatan gelombang primer.
7. Kemudian data bisa disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian.

Pengolahan data menggunakan *software* Seismager yakni Pickwin dan Plotrefa, *software* tersebut mampu menampilkan hasil interpretasi dua dimensi untuk menghasilkan lapisan bawah permukaan, dengan lintasan kedalaman yang dicapai yakni ± 30 meter. Berdasarkan tahapan tersebut, hasil interpretasi dibagi menjadi 3 lapisan dalam *range* kecepatan primer (V_p) 100 m/s hingga 1000 m/s untuk menganalisis profil bidang gelincir, bisa ditinjau berdasarkan hasil interpretasi yang di dapat dimana letak pada lapisan yang lapuk berada di lapisan pertama dan memiliki warna gradasi yang gelap yang artinya memiliki kecepatan primer yang rendah. Sehingga lapisan tersebut rentan berpotensi longsor.

3.4.2 Analisis Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah dibagi menjadi dua, yaitu sifat fisik tanah dan sifat keteknikan tanah. Hasil sifat fisik tanah, bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah pada titik-titik lokasi penelitian dengan menggunakan perumusan yang terdapat pada sub bab 2.3 serta menggunakan bantuan Microsoft *Excel*. Sehingga bisa didapatkan nilai berat isi, porositas, kadar air, batas cair, batas plastis, batas susut, dan derajat kejenuhan. Hal ini menjadi pertimbangan dalam mengkategorikan kondisi karakter tanah pada lokasi penelitian dalam hasil sifat keteknikan tanah yang bertujuan untuk menentukan nilai kohesi efektif serta sudut geser efektif. Berdasarkan pengujian uji triaksial menggunakan persamaan (2.18), dengan bantuan Microsoft *Excel*, maka didapatkan grafik dengan nilai gradien ($y = mx + c$) dimana nilai m yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai $\tan \theta$. Hasil $\tan \theta$ digunakan untuk menentukan nilai sudut geser efektif dan berikut perumusan yang digunakan

Cahyanisa Alifa Pramesti, 2023

PROFIL BIDANG GELINCIR, KARAKTERISTIK TANAH, DAN KESTABILAN LERENG DI ZONA SESAR LEMBANG, GUNUNG BATU, JAWA BARAT

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$\varphi' = \sin^{-1}(\tan\theta) \quad (3.6)$$

Sedangkan untuk menentukan nilai kohesi efektif berdasarkan nilai c (konstanta), berikut perumusan yang digunakan.

$$c' = \frac{\tau}{\cos(\varphi')} \quad (3.7)$$

Hasil analisis karakteristik tanah diperlukan sebagai parameter dalam menentukan kestabilan lereng pada lokasi penelitian. Hasil sifat fisik tanah diperlukan nilai berat isi yang dijadikan sebagai parameter, serta hasil keteknikan tanah diperlukan nilai kohesi efektif dan sudut geser efektif sebagai parameter. Selain itu, hasil sifat fisik seperti pengujian hydrometer dan batas-batas Atterberg diperlukan sebagai tinjauan utama dalam mengkategorikan jenis tanah di lokasi penelitian.

3.4.3 Analisis Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil interpretasi profil pada bidang gelincir dari data seismik refraksi, analisis karakteristik tanah termasuk berat isi yang didapatkan dari uji sifat fisik tanah dan kohesi efektif serta sudut geser efektif didapatkan uji sifat keteknikan tanah. Keduanya digunakan sebagai parameter dalam pemodelan bidang gelincir menggunakan *software* Geo-Slope/W dan pyBIMstab. Pada proses pemodelan kestabilan lereng dapat dimodelkan dalam dua tahap pengujian, yaitu pada kondisi eksisting yaitu kondisi sebenarnya di lokasi penelitian dan kondisi kritis (FK~1). Pada kondisi kritis dimana muka air tanah pada kedua *software* ditingkatkan hingga berada di permukaan untuk mendapatkan kondisi ketidakstabilan tanah. Sehingga dengan kondisi ini dapat di analisis lebih lanjut untuk menentukan kecepatan dan jarak jangkauan longsoran dalam mengetahui karakteristik longsoran.

Setelah melakukan pemodelan stabilitas lereng dalam kondisi kritis, dapat dilakukan prediksi kecepatan dan jarak jangkauan menggunakan pendekatan model gesekan *coulomb* sederhana serta menentukan pusat massa berdasarkan material yang berpotensi longsor dengan menggunakan *software* Fiji. Sehingga, karakteristik longsor bisa ditentukan berdasarkan hasil jarak jangkauannya dan kecepatan yang diperoleh.