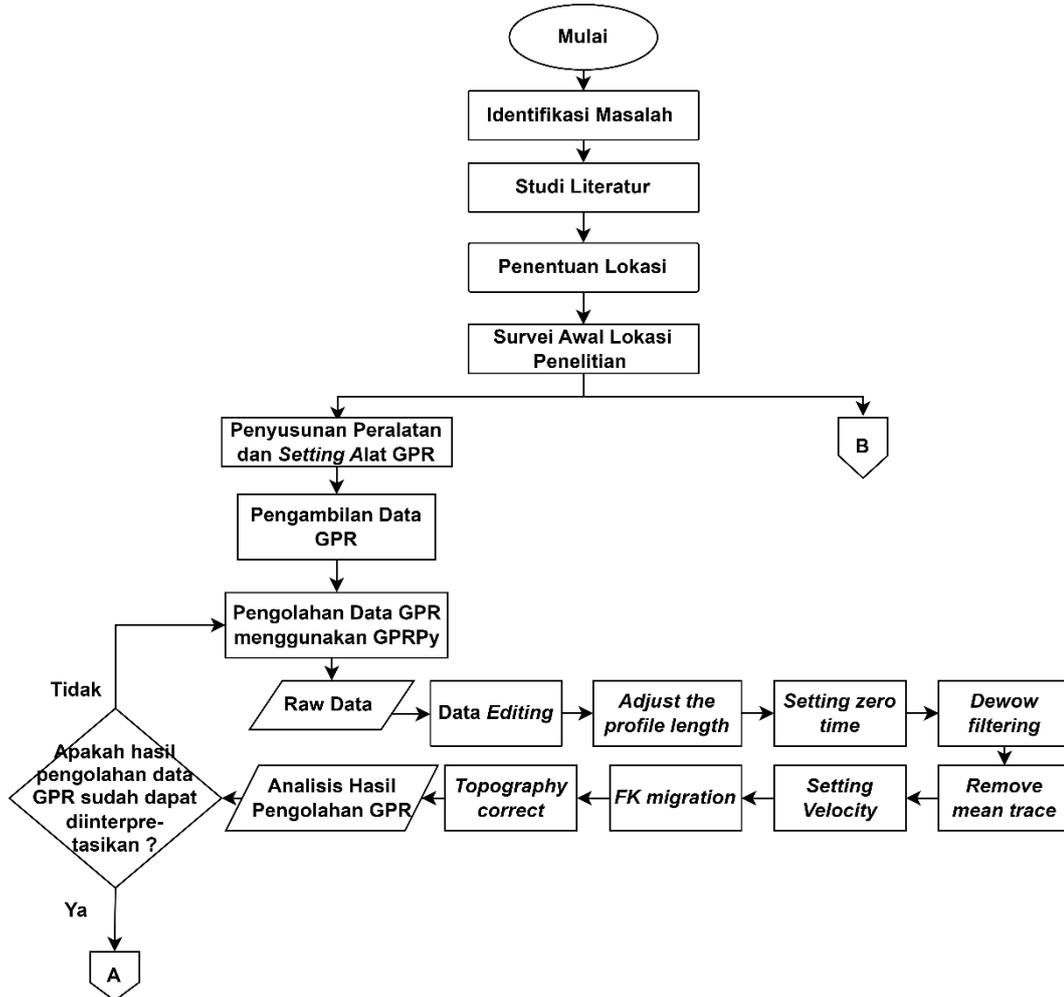


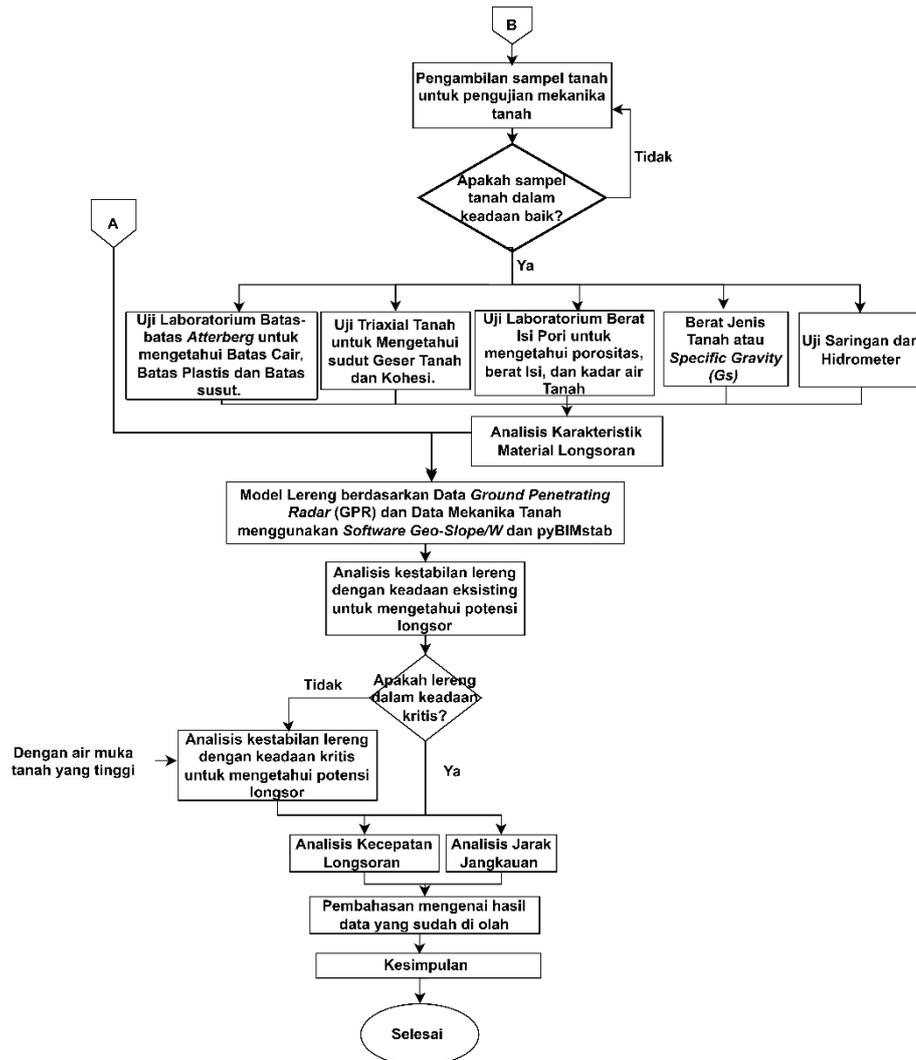
## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian di atas dapat digambarkan melalui diagram alir sebagai berikut:





Gambar 3. 1 Diagram Alir

Dalam penelitian ini akan dilakukan dua pengambilan data, yaitu data *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk interpretasi bidang gelincir dan data mekanika tanah untuk dapat mengkarakteristikan tanah, hingga dari dua data tersebut dapat mengetahui pemodelan kestabilan lereng, sehingga dapat mengetahui potensi longsor. Setelah itu dapat memprediksikan suatu jarak jangkauan dan kecepatan longsoran dari pendekatan pusat massa dan gesekan *Coulomb*.

### 3.2 Lokasi Penelitian dan Lintasan Penelitian

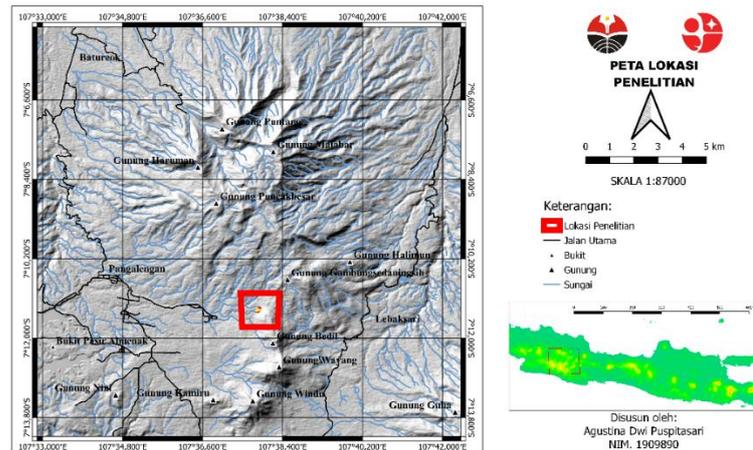
Penelitian ini mengambil data dilakukan dengan bekerjasama dengan Pusat Riset Geoteknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, yang berlokasi di Kampung Cibitung, RW. 15, RT 01, Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten

Agustina Dwi Puspitasari, 2023

ANALISIS POTENSI LONGSOR MENGGUNAKAN DATA GROUND PENETRATING RADAR (GPR) DAN DATA MEKANIKA TANAH DI KAMPUNG CIBITUNG KECAMATAN PANGALENGAN KABUPATEN BANDUNG

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

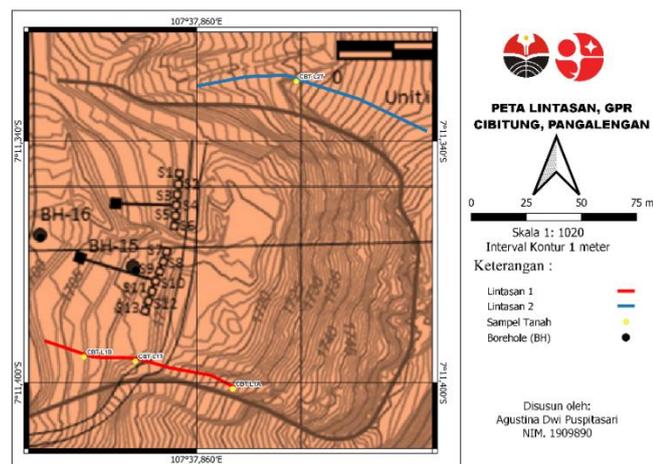
Bandung, Provinsi Jawa Barat. Secara geografis terletak pada koordinat  $107^{\circ}37'50.92''\text{E}$   $07^{\circ}11'22.34''\text{S}$ .



Gambar 3. 2 Peta lokasi penelitian (sumber shapefile:

<https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>)

Kecamatan Pangalengan sendiri terletak pada ketinggian 700 – 1.800 meter di atas permukaan laut yang terdapat tiga belas desa yaitu, Margamukti, Margamulya, Pangalengan, Pulosari, Sukaluyu, Sukamanah, Tribaktimulya, Wanasuka, dan Warnasari, Banjarsari, Lamajang, Margaluyu, Margamekar. Pada pengambilan data akan digunakan dengan desain penelitian pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Desain lintasan pengambilan data GPR dan titik pengambilan sampel tanah (sumber kontur: Tohari dkk., 2021)

Dari topografi dan geologi di kecamatan Pangalengan sendiri memiliki lereng yang kemiringannya termasuk curam dan diapit oleh dua sesar geser. Pada

Agustina Dwi Puspitasari, 2023  
*ANALISIS POTENSI LONGSOR MENGGUNAKAN DATA GROUND PENETRATING RADAR (GPR) DAN DATA MEKANIKA TANAH DI KAMPUNG CIBITUNG KECAMATAN PANGALENGAN KABUPATEN BANDUNG*  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

penelitian ini dilakukan di kampung Cibitung yang merupakan daerah yang berpotensi tinggi terjadinya longsor dikarenakan memiliki kemiringan lereng yang termasuk pada indikator terjal dan sangat terjal. Dengan batuan – batuan penyusun daerah gerakan tanah berupa endapan rombakan gunung api lebih tua teruraikan (Qopu) yaitu tuff hablur halus-kasar dasitan, breksi tuffan mengandung batu apung dan endapan lahar tua bersifat andesitan-basalan, aliran lahar dengan susunan komponen andesit dan basal. Batuan rombakan gunung api tersebut telah mengalami pelapukan sedang hingga sempurna dengan ketebalan sekitar 5 – 6 m (Rahman dkk., 2020).

### **3.3 Teknik Pengambilan Data**

Pengambilan data yang dilakukan yaitu data GPR dan data mekanika tanah, dengan teknik pengambilannya sebagai berikut:

#### **3.3.1. Pengambilan data *Ground Penetrating Radar* (GPR)**

Data geofisika yang akan dipakai menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR) untuk mengetahui suatu interpretasi bawah permukaan yang nantinya dapat memprediksikan suatu bidang gelincir dari hasil interpretasi yang diperoleh, dengan menggunakan alat tipe GSSI SIR 3000 dan tipe antena *Shielded*.

Pada penelitian ini akan menerapkan suatu kondisi seperti menggunakan dua lintasan seperti Gambar 3.3, dengan frekuensi yang digunakan 100 MHz, pengambilan data pada lintasan 1 untuk mengetahui kondisi lereng yang sudah terjadi longsor, untuk mengetahui apakah masih memiliki potensi longsor, sedangkan lintasan 2 untuk mengetahui potensi longsor yang kondisinya belum pernah terjadinya longsor.



Gambar 3. 4 Pengambilan data GPR

Pada penelitian ini menggunakan perangkat dengan seri GSSI SIR 3000 dan frekuensi 100 MHz dengan sumber daya baterai. *Setup* alatnya sebagai berikut:

1. Memasang sumber daya ke perangkat GSSI SIR 3000.
2. Memasang kabel untuk menghubungkan antena dengan perangkat GSSI SIR 3000 dan juga memasang kabel in-out untuk menghubungkan *receiver* dan *transmitter*.
3. Menyetel alat menggunakan GSSI SIR 3000 dan frekuensi 100 MHz (GSSI, 2017) sebagai berikut:
  - a. *Range*: 500 ns. *Range* digunakan untuk merekam suatu pantulan dalam waktu (*nanosecond*).
  - b. *Samples per scan*: 512. Pada sampel ini untuk mengetahui jumlah titik data pada suatu kurva pemindaian, semakin banyak sampel maka data kurva akan semakin halus.
  - c. *Resolution*: 16 bits. Data format bit ini untuk mendapatkan data yang lebih teliti, direkomendasikan yaitu 16 bit, karena 16 bit sudah dapat menangkap banyaknya informasi.
  - d. *Number of gain points*: 5. Gain merupakan perambatan sinyal buatan. Karena ketika sinyal diberikan maka radar atau sinyal akan sebagian dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan. Penguatan nilai gain ini mempengaruhi data yang diperoleh.

- e. *Vertical high pass filter*: 25 MHz. Filter ini digunakan sebagai frekuensi yang ditangkap yaitu yang lebih dari 25 MHz saja tidak akan menangkap frekuensi yang dibawah dari 25 MHz.
  - f. *Vertical low pass filter*: 300 MHz. Filter ini akan mendeteksi dibawah frekuensi yang ditentukan, tidak akan menangkap frekuensi yang lebih dari 300 MHz.
  - g. *Scans per unit*: 16. *Scans per unit* ini digunakan untuk jumlah memindai pada saat pengambilan data.
  - h. *Transmitter Rate*: 50 KHz. Parameter ini adalah kemampuan kecepatan dalam pengambilan data.
4. Selanjutnya mengambil data dengan menggeserkan antena sesuai dengan lintasan dan dilakukan *marking* setiap 10 meter untuk menandai panjang lintasan, karena pengambilan data menggunakan *mode time*.

Tetapi penyetelan awal alat ini bisa saja berubah karena disesuaikan berdasarkan situasi lapangan.

### 3.3.2. Pengambilan data mekanika tanah

Selain menggunakan metode *Ground Penetrating Radar* (GPR), data pendukung lainnya adalah menggunakan data mekanika tanah dengan melakukan beberapa uji laboratorium, seperti uji berat pori, uji berat jenis tanah, uji batas – batas *Atterberg*, uji ukuran butiran tanah (uji saringan dan hidrometer), dan uji triaksial untuk dapat menentukan suatu karakteristik material longsor. Gambar 3.5 merupakan foto pengambilan sampel tak terganggu dan terganggu.



Gambar 3. 5 Pengambilan sampel tanah

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengambilan data mekanika tanah dengan sampel tak terganggu adalah sebagai berikut:

- a. Ring berat isi,
- b. Ring uji triaksial,
- c. Stempet atau petroleum jelly,
- d. *Scraper*,
- e. Papan kayu kecil,
- f. Pemukul atau palu,
- g. *Aluminium foil*,
- h. *Plastic wrap*,
- i. Gunting,
- j. Spidol,
- k. Selotip kertas,
- l. Plastik,
- m. Cangkul.

Pengambilan sampel untuk uji triaksial dan berat pori dilakukan pada tanah yang tidak terganggu di Kampung Cibitung, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, berikut cara pengambilan data tanah tak terganggu:

- a. Melumuri petroleum jelly atau stempet pada ring berat isi dan ring uji,
- b. Membuat undakan menggunakan cangkul dengan kedalaman kurang lebih 0 – 30 cm,
- c. Menancapkan beberapa buah ring berat isi dan ring uji triaksial dengan tinggi kurang lebih 5 -10 cm di bawah permukaan tanah. Dengan menggunakan papan kayu kecil diatas ring dan dipukul perlahan pada setiap sisi ring untuk menancap dan isi ring terpenuhi, lebih baik tanah melebihi ring,
- d. Selanjutnya mengambil sampel tanah tersebut menggunakan *scraper*,
- e. Dan dibalut menggunakan *aluminium foil* dan dibalut kembali menggunakan *plastic wrap*,
- f. Selanjutnya sampel tersebut dibalut kembali menggunakan selotip kertas dan diberikan nama sampel menggunakan spidol.

Sedangkan alat dan bahan untuk pengambilan sampel tanah terganggu adalah sebagai berikut:

- a. *Scraper* atau skup kecil,
- b. *Plastic zip*,
- c. Spidol.

Untuk pengambilan sampel tanah terganggu untuk pengujian berat jenis tanah, uji batas-batas *Atterberg*, dan uji butiran tanah, sebagai berikut:

- a. Mengambil tanah yang terganggu pada titik yang sama pada pengambilan sampel tanah tak terganggu,
- b. Memasukkan tanah tersebut pada *plastic zip* dan memberikan label menggunakan spidol pada *plastic zip*.

Pengambilan sampel dilakukan di beberapa titik, seperti Gambar 3.3.

### 3.4 Teknik Pengolahan Data

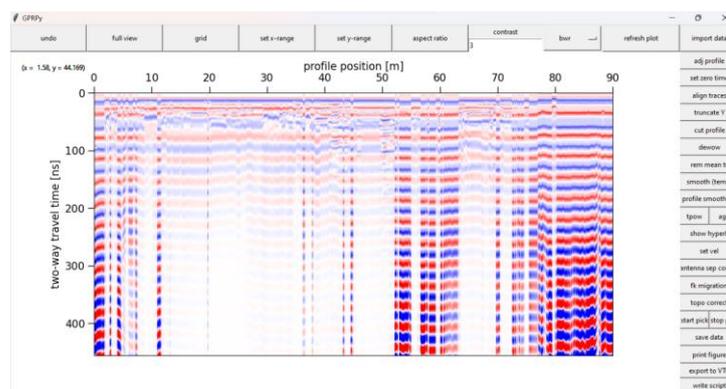
Dalam pengolahan data pada penelitian ini, dibagi menjadi 2, yaitu pengolahan data *Ground Penetrating Radar* (GPR) dan data mekanika tanah, berikut langkah – langkah dalam pengolahan data:

#### 3.4.1. Pengolahan data *Ground Penetrating Radar* (GPR)

Data *Ground Penetrating Radar* (GPR) yang diperoleh di lapangan merupakan data yang direkam pada alat sebagai suatu pantulan gelombang elektromagnetik yang menyatakan suatu interpretasi suatu material yang berada pada bawah permukaan. Amplitude dapat ditunjukkan dari warna profilnya. Jika menggunakan *gray scale* maka yang berwarna hitam merupakan nilai negatif dan yang berwarna putih bernilai positif, sedangkan *blue-red color scale* yang berwarna biru merupakan nilai negative, dan merah bernilai positif (Sugiarto dkk., 2021). Data GPR tersebut selanjutnya melakukan suatu pengolahan data menggunakan *software* GPRPy (<https://github.com/NSGeophysics/GPRPy>) untuk menghasilkan suatu interpretasi terbaik, sehingga dapat mengetahui suatu lapisan pada bawah permukaan untuk mengetahui suatu bidang gelincir pada GPR tersebut, dengan langkah sebagai berikut:

## 1. Input Data

Hasil perekaman dari data mentah akan diproses ketika data dimasukkan dalam suatu *Software* GPRPy, selanjutnya menyesuaikan panjang lintasan agar sesuai dengan kondisi pengambilan data. Kemudian mengatur waktu datang gelombang agar sampai terlihat dari awal permukaan atau *static correction* yaitu suatu kedalaman posisi *casing* berada. Proses *static correction* memiliki tujuan untuk menentukan posisi titik nol. Selanjutnya jika dalam pengambilan data terbalik, misalkan lereng terdapat dari barat ketimur, sedangkan pengambilan data diambil dari timur kebarat, maka dapat di *flip data*.



Gambar 3. 6 Data mentah GPR setelah dilakukan penyesuaian panjang pengambilan data dan penyesuaian gelombang datang.

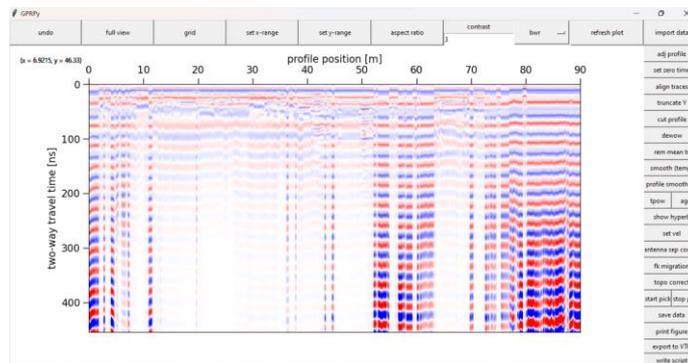
## 2. Filtering

Selanjutnya setelah input data adalah *filtering* data, karena ada kalanya suatu komponen merusak sinyal yang diperlukan, sehingga sinyal – sinyal tersebut menyebar. Kemudian sinyal dapat dihilangkan agar interpretasi menjadi baik. Oleh sebab itu menggunakan beberapa *filtering* agar memperbaiki interpretasi yang diperoleh sebagai berikut:

### a. Dewow atau *subtract-mean*

*Wow* sendiri merupakan suatu *noise* frekuensi rendah yang terekam dari suatu sistem radar. Hal tersebut sering terjadi karena instrumen elektronik yang

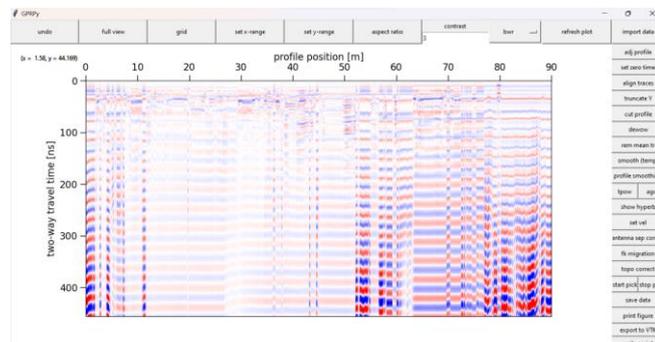
teraturasi dari nilai amplitudo yang besar dengan gelombang udara dan juga gelombang langsung (*direct wave*).



Gambar 3. 7 Data setelah dilakukan *filtering dewow*.

#### b. *Remove mean trace atau background removal*

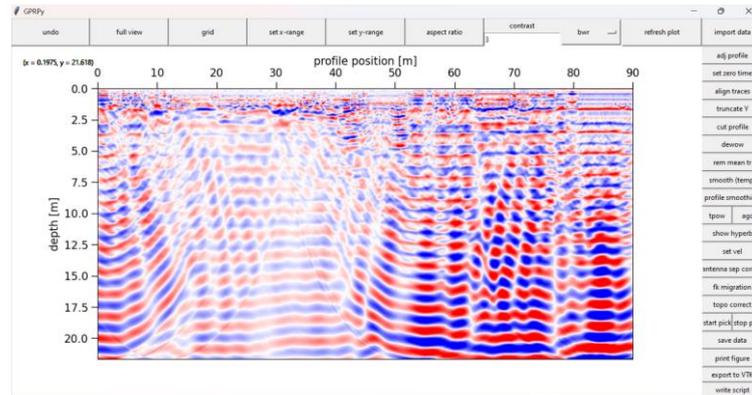
Proses *remove mean trace* ini dipakai untuk menghilangkan suatu *noise* yang selalu muncul dengan konstan pada setiap profil permukaan maka dapat menutupi sinyal yang sebenarnya. Sehingga membersihkan latar belakang yang terdapat *noise*.



Gambar 3. 8 Data GPR setelah diterapkan *filtering remove mean trace*

#### c. *F-K Filter*

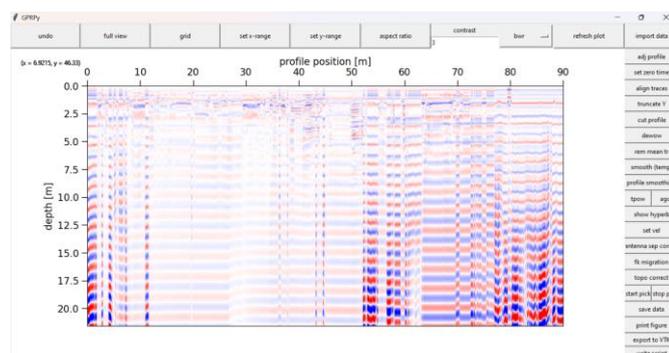
F-K merupakan *velocity range* serta menghilangkan kecepatan sinyal di udara yang memungkinkan untuk dapat merekam suatu radargram. Sehingga *filtering* dua dimensi ini untuk memisahkan suatu frekuensi spasial dengan temporal. Filter ini dirancang dalam fungsi frekuensi bilangan gelombang ( $k$ ). Dalam proses ini berguna untuk menghilangkan suatu *noise* koheren yakni *noise* yang teratur dari *trace* ke *trace* sepanjang profilnya.



Gambar 3. 9 Data GPR setelah menerapkan  $F-K$  filter.

### 3. Penerapan kecepatan

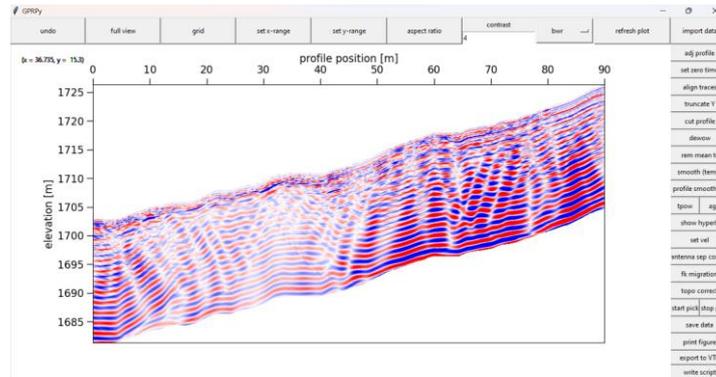
Pada proses ini harus mengetahui terlebih dahulu material tanah dan batuan pada lokasi dari mengetahui kondisi di lokasi dan juga referensi terkait pada lokasi tersebut, sehingga dapat mengetahui konstanta dielektrik pada material di lokasi untuk dapat mengetahui kecepatan penjalaran gelombang pada material tertentu. Selanjutnya dapat menginput nilai dari materialnya, jika terdapat dua material yang terukur pada interpretasi tersebut, maka dapat menginput rata – rata dari dua material di lokasi tersebut.



Gambar 3. 10 Data GPR setelah menerapkan kecepatan, sehingga dapat diketahui kedalamannya.

### 4. Penerapan suatu topografi

Pada proses ini untuk mengetahui suatu profil lereng dari interpretasi data GPR, maka dimasukkan data jarak dan ketinggian lereng. Data tersebut diperoleh dari hasil GPS (*Global Positioning System*) atau hasil dari kontur elevasi dari peta terbaru. Data tersebut berbentuk .txt untuk dapat diinput ke GPRPy.



Gambar 3. 11 Data GPR setelah menerapkan jarak dan ketinggian untuk mengetahui topografi lereng

### 3.4.2. Pengolahan data mekanika tanah

Setelah melakukan pengambilan sampel tanah maka sampel akan di uji di Laboratorium Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dengan pengujian karakteristik dan jenis tanah yang telah diambil. Pengujian yang akan dilakukan yaitu:

- a. Menentukan berat isi, kadar air, derajat kejenuhan, dan porositas berdasarkan pengujian berstandar ASTM D – 2937

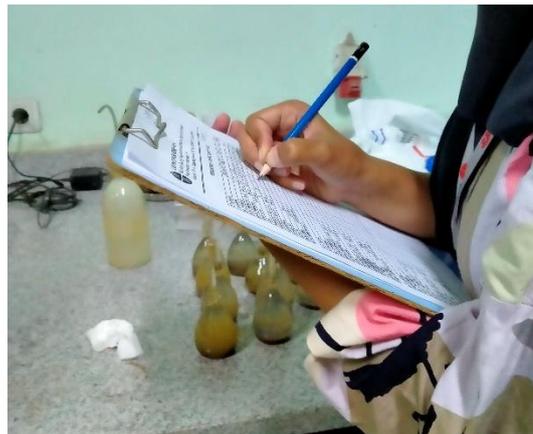
Prosedur untuk mendapatkan berat isi tanah menggunakan sampel tanah tak terganggu. Alat dan bahan yang digunakan untuk mengolah berat isi, sebagai berikut:

- Ring berat isi yang sudah ada sampel tanahnya,
- Jangka sorong,
- Timbangan,
- Cawan,
- Oven,
- Sampel tanah tak terganggu.

Untuk pengolahan data, memiliki langkah – langkah sebagai berikut:

1. Membersihkan ring dari tanah yang berada di luar ring, dan taruh ring yang berisi sampel tanah yang sudah dibersihkan ke dalam cawan.

2. Menimbang berat tanah+ring+cawan, dan dimasukkan kedalam *oven* dengan suhu  $\pm 80^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 24 jam.
  3. Setelah sampel tanah sudah kering yang berada dalam *oven*, maka sampel tanah bisa dikeluarkan dari oven dan didiamkan sampai sampel dingin.
  4. Selanjutnya sampel yang sudah dingin bisa ditimbang, mulai dari cawan dan ring dan sampel tanah. Dan tanah dikeluarkan pada ring dan ditimbang massa ring dan cawan juga.
  5. Dan untuk mengetahui volume tanah, maka dapat mengukur diameter dan tinggi ring yang digunakan, menggunakan jangka sorong.
  6. Dalam untuk mengetahui kadar air, derajat kejenuhan dan porositas diperoleh dari hubungan berat isi. Berat isi sendiri diperoleh dari hubungan berat tanah dibagi volume ring.
- b. Menentukan berat jenis tanah (*Specific Gravity*) berdasarkan pengujian berstandar ASTM D – 854 – 83



Gambar 3. 12 Pencatatan parameter - parameter yang diperoleh dari pengujian berat jenis.

Prosedur pertama untuk mengukur berat jenis ini dengan menyiapkan alat dan bahan sebagai berikut:

- 8 buah piknometer,
- *Hot plate*,
- Timbangan,

- Air suling,
- Sampel tanah terganggu.

Setelah menyiapkan alat, maka prosedur pengolahannya sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel tanah yang sudah kering dan tidak menggumpal dengan ukuran butir  $\leq 4,75$  mm.
2. Menyiapkan 8 buah piknometer dalam keadaan kering, untuk setiap sampel mendapatkan 2 buah piknometer.
3. Setelah tabung piknometer kering, selanjutnya menimbang tabung piknometer dengan tutup dalam keadaan kosong ( $W_1$ ).
4. Memasukkan sampel tanah sebanyak 10 – 15 gram dan timbang kembali dengan tutup ( $W_2$ ).
5. Selanjutnya memasukkan air suling ke dalam tabung piknometer yang sudah berisi sampel tanah hingga setengah penuh.
6. Memanaskan tabung piknometer yang sudah berisi tanah dan air suling menggunakan *hot plate* hingga mendidih.
7. Selanjutnya mendinginkan tabung piknometer yang sudah dipanaskan sampai temperatur sama dengan temperatur ruang selama  $\pm 24$  jam.
8. Setelah itu mengisi kembali tabung piknometer hingga penuh menggunakan air suling dan ditimbang kembali, sehingga mendapatkan berat air yang mengandung tanah ( $W_3$ ).



Gambar 3. 13 Ketika menimbang tabung piknometer yang berisi sampel tanah yang telah diberi air suling.

9. Dan diakhiri dengan mengeluarkan isi piknometer hingga bersih, dan diisi kembali dengan air suling hingga penuh, selanjutnya ditimbang tabung piknometer yang hanya berisi air suling ( $W_4$ ).
- c. Menentukan batas – batas *Atterberg* dengan batas cair (LL) menggunakan standar ASTM D – 4318 – 84, batas plastis (PL) dan batas susut (SL) berdasarkan Standar ASTM D – 4318

1. Batas cair (LL)

Alat dan bahan dalam pengujian batas cair sebagai berikut:

- Plat kaca,
- Spatula,
- Cawan,
- Alat *Casagrande*,
- *Grooving tool*,
- Oven,
- Timbangan,
- Air suling,
- Sampel tanah terganggu.

Setelah menyiapkan alat dan bahan, prosedur pengolahan atau uji laboratorium batas cair sebagai berikut:

- 1) Sampel tanah terganggu disimpan di atas plat kaca.
- 2) Menambahkan air suling sedikit demi sedikit, dan mengaduk sampel tanah tersebut hingga homogen menggunakan spatula.
- 3) Setelah sampel tanah homogen, menaruh sampel tanah tersebut pada mangkuk *Casagrande* dan diratakan.
- 4) Selanjutnya dibuat alur menggunakan *grooving tool* secara simetris.
- 5) Setelah semua langkah – langkah tersebut dilakukan, maka selanjutnya menyalakan alat *Cassagrande* agar tuas bergerak keatas dan kebawah yang akan menimbulkan ketukan sampai dengan kedua sisi tanah bertemu.



Gambar 3. 14 Keadaan kedua sisi tanah bertemu.

- 6) Kemudian tanah yang bertemu pada setiap ketukan 40, 25 dan 10 dimasukkan kedalam cawan dan ditimbang.
  - 7) Selanjutnya memasukkan ke dalam *oven* hingga  $\pm 24$  jam atau sampai kering, setelahnya ditimbang kembali.
  - 8) Mengulangi prosedur pengujian untuk setiap ketukan 40, 25 dan 10.
2. Batas plastis (PL)



Gambar 3. 15 Sampel tanah dalam pengukuran batas plastis yang sudah dikeringkan

Alat dan bahan dalam pengujian batas plastis sebagai berikut:

- Plat kaca,
- Cawan,
- Oven,

- Timbangan,
- Air suling,
- Sampel tanah terganggu.

Setelah menyiapkan alat dan bahan, selanjutnya dalam pengolahan sampel tanah untuk mendapatkan nilai batas plastis, sebagai berikut:

- 1) Menimbang cawan yang ingin digunakan menggunakan timbangan.
- 2) Menyimpan sampel tanah di atas plat kaca dan memberikan air suling sedikit demi sedikit pada sampel tanah, serta mengaduknya sampai homogen.
- 3) Setelah homogen sampel tanah tersebut dibuat bola -bola tanah.
- 4) Kemudian dari bola – bola tanah tersebut dipilin atau digulung di atas plat kaca dengan diameter  $\pm 3$  mm.
- 5) Selanjutnya sampel tanah yang sudah dipilin dimasukkan kedalam cawan dan ditimbang.
- 6) Kemudian cawan yang berisi tanah tersebut dimasukkan kedalam *oven* selama  $\pm 24$  jam, dan setelahnya didinginkan dan ditimbang kembali.
- 7) Menghitung hasil keseluruhan.

### 3. Batas Susut (SL)



Gambar 3. 16 Sampel tanah dalam pengujian batas susut yang sudah dikeringkan.

Alat dan bahan yang digunakan pada pengolahan batas susut sebagai berikut:

- Monel dish,
- Plat kaca,
- Spatula,
- *Cristalizing dish*,
- *Overflow dish*,
- Timbangan,
- Oven,
- Air raksa,
- Stempet atau petroleum jelly,
- Sampel tanah terganggu.

Setelah alat dan bahan disediakan, berikut prosedur pengujian batas susut:

- 1) Meletakkan sampel tanah pada plat kaca.
- 2) Melakukan pencampuran air suling dengan sampel tanah hingga homogen, agar mengisi seluruh pori -pori tanah. Untuk mencapai suatu konsistensi, maka air suling lebih banyak dari pengujian batas cair sebelumnya pada ketukan 10.
- 3) Mengolesi Stempet atau petroleum jelly secara merata monel dish agar tidak lengket.
- 4) Mengisi monel dish dengan pasta tanah yang sudah dibuat sebelumnya, dan diketuk – ketuk ringan agar tidak ada rongga pada monel dish.
- 5) Meratakan pasta tanah di monel dish menggunakan spatula.
- 6) Menimbang monel dish yang sudah terisi pasta tanah.
- 7) Selanjutnya memasukkan ke oven hingga kering selama  $\pm$  24 jam, setelah kering, diamkan hingga suhu sama dengan suhu ruang.

- 8) Untuk mengetahui volume basah, yaitu sebagai berikut:
  - 8.1) Menimbang monel dish kosong.
  - 8.2) Meletakkan monel dish di atas *crystalizing dish*, isi monel dish dengan air raksa sampai meluap, selanjutnya meratakan monel dish yang berisi air raksa menggunakan *overflow dish* dan menimbangnya.
- 9) Untuk mengetahui volume kering, yaitu sebagai berikut:
  - 9.1) Menimbang berat *crystalizing dish* dalam keadaan kosong.
  - 9.2) Meletakkan monel dish di atas *crystalizing dish*, isi monel dish dengan air raksa sampai meluap, selanjutnya meratakan monel dish yang berisi air raksa menggunakan *overflow dish* dan menimbangnya. Air tanah raksa yang berada dalam monel dish merupakan massa tanah basah.
  - 9.3) Setelah itu memasukkan sampel tanah batas susut yang sudah kering kedalam monel dish, dan tekan sampel tanah kering tersebut hingga tenggelam oleh air raksa dalam monel dish menggunakan *overflow dish*, air raksa yang tumpah merupakan massa tanah kering.

d. Menganalisis ukuran butir (*Grain Size Analysis*) berdasarkan standar ASTM D – 422

Dalam mengetahui ukuran butir, dilakukan dua kali pengujian, yang pertama yaitu pengujian saringan. Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian saringan adalah sebagai berikut:

- Saringan (*Sieve*) ASTM No. 200,
- Timbangan,
- Kuas atau sikat,

- Mesin pengguncang saringan (*Sieve Shaker*),
- Sampel terganggu.

Berikut prosedur pengujian saringan:

1. Menimbang sampel tanah sebanyak  $\pm 600$  gram dan dikeringkan ke dalam *oven* selama  $\pm 24$  jam, dan menimbang kembali tanah yang sudah kering.
2. Selanjutnya Menyusun saringan dari nomor yang terkecil ke terbesar (Gambar 2.10).
3. Kemudian sampel tanah yang sudah kering dimasukkan ke dalam saringan paling atas, dan mesin peguncang saringan (*Sieve Shaker*) dinyalakan agar bergetar, sehingga butiran – butiran tanah akan tertinggal sesuai dengan ukuran butirnya di setiap saringan, seperti pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Alat sieve shaker

4. Selanjutnya butiran tanah yang tertahan pada setiap saringan ditimbang dan sampel tanah yang tertahan dibersihkan kembali pada setiap saringan menggunakan kuas.

Sedangkan pengujian selanjutnya adalah pengujian hidrometer, alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Hidrometer,
- Gelas ukur 1000 ml,
- Thermometer,
- Beaker glass,
- Batang pengaduk,
- *Stopwatch*,
- *Water glass*,
- Air suling,
- Sampel tanah terganggu yang lolos pada saringan No. 200.

Setelah alat dan bahan tersedia, maka prosedurnya sebagai berikut:

1. Membuat larutan disperse, larutan tersebut dibuat sebagai berikut:
  - a. Memasukkan *water glass* secukupnya ke dalam *breaker glass*, lalu menambahkan air suling secukupnya hingga homogen
  - b. Memasukkan larutan tersebut ke dalam gelas ukur 1000 ml yang sudah bersih dan kering
  - c. Kemudian menambahkan air suling kembali, sehingga larutan mencapai berat jenis 37,5 (pada skala hidrometer A).



Gambar 3. 18 Larutan dispersi yang sudah dibuat

2. Menggunakan sampel tanah terganggu yang lolos pada saringan No.200, lalu keringkan.
3. Setelah sampel tanah kering, memasukkan sampel tanah kering tersebut ke dalam cawan  $\pm 50$  gram dan larutkan dengan larutan dispersi sebanyak 200 ml, dan mendiamkan minimal 12 jam.
4. Selanjutnya sampel tanah yang sudah dilarutkan dengan larutan dispersi tersebut dimasukkan *dispersion cup*, lalu mengaduknya menggunakan *mechanical stirrer* selama 5 menit.



Gambar 3. 19 Alat *mechanical stirrer* untuk mengaduk sampel tanah dengan larutan dispersi.

5. Lalu memasukkan larutan tanah tersebut ke gelas ukur 1000 ml yang sudah dibersihkan, lalu membilas *dispersion cup* menggunakan air suling hingga bersih.
6. Setelah itu menambahkan air suling pada gelas ukur sebelumnya hingga  $\pm 1000$  ml.
7. Menutup bagian atas gelas ukur tersebut dan diaduk kembali atau dikocok selama kurang lebih satu menit hingga homogen.
8. Selanjutnya memasukkan hidrometer dan termometer kedalam larutan tersebut, serta membaca pada setiap 15, 30, 60, dan 120 detik pada hidrometer dan termometer. Dan juga 5, 15, 30, 60, 90, 120, 240, dan 1440 menit menggunakan *stopwatch*.



Gambar 3. 20 Larutan yang akan diukur pada waktu tertentu, untuk mengetahui suhu dan hidrometer untuk mengetahui ukuran butir tanah tersebut.

9. Mencatat suhu larutan dan hidrometer pada setiap detik dan menit yang ditentukan.
  10. Mencatat waktu awal pengujian sampai 24 jam kedepan.
- e. Menentukan sudut geser tanah efektif dan kohesi efektif dengan pengujian standar ASTM D – 3080 - 72 triaksial CU (*Consolidated-Undrained*)

Pengujian ini dilakukan terhadap sampel dengan memberikan suatu tekanan pada segala sisi. Alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

- *Extruder*,
- Spatula,
- Timbangan,
- Penggaris,
- Membran dan karet gelang,
- Batu pori,
- Kertas filter.

Prosedur pengujian triaksial sebagai berikut:

1. Mengecek alat dengan memasang *compressor* agar tabung – tabung terisi udara.
2. Mengecek selang – selang pada alat triaksial agar tidak ada udara pada selang tersebut.
3. Menolkan semua indikator, mulai dari *back pressure (BP)*, *cell pressure (CP)* dan *pore pressure (PP)*.
4. Bila posisi parafin pada buret BP dan CP terlalu turun, maka diseimbangkan dengan memberi tekanan pada BP atau CP dan membuka krannya, dan juga membuka ketiga kran dibawah buret.
5. Setelah melakukan pengecekan tahapan selanjutnya merupakan tahap persiapan yaitu menimbang sampel beserta ring.
6. Mengeluarkan sampel dari ring menggunakan *extruder*.
7. Menimbang ring yang masih tersisa tanah yang menempel.
8. Memberikan kertas filter pada atas dan bawah sampel tanah yang sudah dikeluarkan.
9. Memberikan juga batu pori pada atas dan bawah sampel tanah yang sudah diberi kertas pori.

10. Selanjutnya meletak sampel tanah tersebut ke dalam cell triaksial.
11. Menyiapkan membran untuk melapisi sampel tanah tersebut, caranya membrane dimasukkan terlebih dahulu pada dalam tabung khusus dan tabung khusus yang didalamnya sudah ada membrane dimasukkan ke sampel tanah, sehingga sampel tanah tertutup dengan membrane (agar air tidak ada yang merembes).



Gambar 3. 21 Sampel tanah yang sudah dilapisi membran dan terpasang pada alat.

12. Selanjutnya memasang *fiberglass* BP diatas sampel tersebut, dan memasang karet gelang pada atas dan bawah sampel yang sudah terbalut dengan membrane, kemudian tutup dengan *chamber* dan memasang baut – bautnya
13. Memastikan tabung *cell* tertutup dengan rapat, selanjutnya dapat mengisi tabung tersebut dengan air, caranya membuka keran CP yang yang berada pada tabung *cell*, kran BP dan PP tertutup, selanjutnya menaikkan tekanan CP menjadi  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , lalu membuka kran CP yang dapat mengalir air dari tabung CP hingga tabung *cell* terisi oleh air, setelah air sudah penuh, maka tutup kran CP yang berada pada tabung *cell* dan menutup pula baut yang berada di atas tabung *cell*. Dan menutup kembali kran yang terbuka, dan hanya membuka kran kanan dan kiri pada

buret CP dan BP, sedangkan PP membuka satu kran yang berada di pinggir raksanya saja.

14. Selanjutnya tahap saturasi, pada tanah ini sampel tanah yang ada pada tabung *cell* akan dijenuhkan dengan air *back Pressure* dan akan diseimbangkan kembali dengan *cell pressure* yang dinaikkan tekanannya, jika BP sudah konstan atau mendekati nilai pada tekanan BP.
  - a. Memberi tekanan CP sebesar  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ , dan mencatat nilai volume *before* selanjutnya membuka kran CP dan PP, dan menstabilkan air raksa dengan panah yang ada pada tabung raksa hingga konstan.
  - b. Jika sudah stabil air raksanya atau tidak mengalami penurunan atau kenaikan maka mencatat volume *after* pada buret CP dan juga nilai *pore pressure* (PP).
  - c. Selanjutnya dalam ketika kran CP dan PP terbuka dan BP tertutup, maka memberikan tekanan pada BP sebesar  $0,4 \text{ kg/cm}^2$ , sebelum kran dibuka, membaca terlebih dahulu volume *before* pada buret BP.
  - d. Setelah itu seperti sebelumnya maka stabilkan air raksa sampai panah yang ada, hingga stabil, jika sudah stabil maka sudah bisa dibaca nilai volume *after* pada buret BP dan juga nilai *after* pada PP.
  - e. Selanjutnya dengan menaikkan tekanan pada CP dan BP dengan langkah – langkah yang sama seperti pada tahapan a – d.
  - f. Sampel tanah yang berada dalam tabung dikatakan jenuh apabila tekanan PP dan BP sama atau mendekati. Hal tersebut bisa juga dihitung dengan menghitung selisih dari tekanan PP dengan CP dikali dengan 100% dan hasilnya mendekati 1, jika sudah mendekati 1 atau

- sama dengan 1, maka bisa dilanjutkan dengan saturasi untuk pembacaan CP pada efektif pressure  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ .
15. Tahap selanjutnya yaitu konsolidasi, yaitu *pore pressure* (PP) akan turun sampai mendekati atau sama dengan nilai *back pressure* (BP), maka tahap ini sudah terkonsolidasi, seperti berikut:
- a. Mencatat nilai CP, BP, dan PP pada setiap perubahan volume BP, sebelum kran BP dibuka, membaca dan mencatat terlebih dahulu volume *before* pada buret BP. Sebelum dibuka kran BP siapkan *stopwatch* terlebih dahulu, selanjutnya membuka kran BP yang berada pada tabung cell berbarengan dengan menghidupkan *stopwatch*.
  - b. Selanjutnya menstabilkan air raksa agar sampai setinggi panah.
  - c. Pada waktu tertentu membaca perubahan volume BP dan juga PP.
  - d. Jika nilai PP sudah stabil dan sudah menurun mendekati nilai BP atau sama dengan BP maka dianggap sudah terkonsolidasi atau selesai, maka kran BP dapat ditutup kembali.
16. Selanjutnya merupakan tahap kompresi, pada tahap ini hanya kran CP dan PP saja yang terbuka. Prinsipnya yaitu memberikan suatu tekanan dalam arah axial dengan suatu kecepatan tertentu sampai dengan tanah patah atau runtuh. Untuk mengetahui besarnya gaya axial dapat dilihat dari *dial gauge* pada *proving ring*, besarnya kecepatan (*strain rate*) dapat diatur dengan mengubah posisi pada mesin yang ditunjukkan dengan angka. Besarnya suatu PP dibaca dari manometer dengan tetap menstabilkan air raksa pada garis, bila *proving ring* sudah konstan atau turun, maka tahap ini

dihentikan karena tanah sudah dianggap runtuh atau patah, prosedurnya sebagai berikut:

- a. Hanya kran CP dan PP saja yang terbuka, kran BP tertutup.
  - b. Menaikkan tabung *cell* sehingga bagian atas menyentuh ujung penekan *proving ring*.
  - c. Mengatur *dial gauge* di *proving ring* dan juga *stain* pada posisi nol.
  - d. Mengatur gigi kecepatan (*stain rate*) pada kecepatan yang dikehendaki.
  - e. Menyiapkan formulir untuk menulis setiap pembacaan *dial gauge proving ring*, *dial gauge strain*, tekanan pori (PP) dalam keadaan nol.
  - f. Menyalakan power motor penggerak dan mulai melakukan pembacaan, melakukan pembacaan setiap *dial gauge proving ring* pada tekanan pori 0,2 *dial strain*, jangan lupa menstabilkan air raksa pada tinggi arah panah.
  - g. Jika *proving ring* sudah konstan atau turun maka motor penggerak dapat dihentikan.
  - h. Selanjutnya dorong gigi rantai dari depan, kemudian kembalikan *dial stain* hingga *proving ring* ke angka nol kembali, kemudian catat posisi akhir *dial stain*.
17. Setelah tahapan – tahapan tersebut selesai dapat dilakukan saturasi, konsolidasi dan kompresi kedua dan ketiga dengan efektif *pressure* 1 dan 2, setelah tahapan ketiga selesai, maka tabung *cell* dapat diturunkan dengan cara berikut:
- a. Menurunkan tekanan PP pada manometer nol, dan menutup kran PP pada tabung *cell*, dan kran PP di dekat raksa dan horizontalkan air raksa.

- b. Menurunkan tekanan CP dan BP pada tekanan nol, selanjutnya menutup kran kanan kiri yang berada pada bawah buret CP dan BP, membuka kran CP yang berada pada tabung cell dan bawah buret CP sehingga air dikembalikan, agar tabung cell atau *champer* tidak terisi air kembali, dan memastikan juga baut yang berada di atas tabung cell dilonggarkan.
- c. Setelah dipastikan sudah tidak ada air, maka tutup kembali semua kran yang dibuka, dan baut yang berada pada *champer* dapat dibuka, dan *champer* pun dapat diangkat.
- d. Selanjutnya melepaskan karet dan membran yang melapisi sampel, sampel tersebut diambil dan dimasukkan kedalam cawan untuk dikeringkan di oven selama  $\pm 24$  jam, untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada sampel tanah tersebut.
- e. Setelah kering, sampel dikeluarkan dari oven dan didinginkan, setelah dingin maka sampel dapat ditimbang.

#### 3.4.3. Penentuan bidang gelincir berdasarkan hasil interpretasi *Ground Penetrating Radar* dan mekanika tanah

Dari pengolahan data GPR menggunakan *software GPRPy* (<https://github.com/NSGeophysics/GPRPy>), akan dibuat lapisan pada setiap permukaan tanah, untuk dapat mengidentifikasi suatu bidang gelincir berdasarkan material tanah, hal tersebut didukung dari hasil data mekanika tanah, selanjutnya untuk mendapatkan interpretasi bidang gelincirnya menggunakan *Software Geo-Studio-Slope/W* (<https://www.geoslope.com/>) dan *pyBIMstab* (<https://pybimstab.readthedocs.io/en/latest/>). Kedua *Software* tersebut dapat mengidentifikasi suatu kestabilan lereng berupa faktor keamanan untuk dapat dianalisis apakah lereng tersebut berpotensi longsor atau tidak. Faktor keamanan sendiri adalah perbandingan antara gaya penahan dan gaya pendorong. Untuk

mengetahui suatu kestabilan lereng harus menggunakan metode kesetimbangan batas. Metode kesetimbangan batas menggunakan metode *Morgenstern – Price* (M – P) pada *software* Geo-Studio-Slope/W. Hal tersebut karena akan dibandingkan menggunakan *software* pyBIMstab yang hanya dapat menggunakan satu metode saja, yaitu Metode *Morgenstern – Price* (M – P).

#### 3.4.4. Penentuan prediksi jarak jangkauan dan kecepatan gerakan tanah di lereng

Pada penentuan prediksi jarak jangkauan dan kecepatan gerakan tanah di lereng ini, maka interpretasi sebelumnya yaitu akan dimodelkan dengan pendekatan kesetimbangan umum untuk mengetahui kestabilan lereng, sehingga jika lereng dalam keadaan kritis atau dalam keadaan tepat akan longsor, maka dapat dihitung suatu prediksi jarak jangkauan dan kecepatan gerakan tanahnya. Dan dalam melakukan prediksi jarak jangkauan, maka digunakan pendekatan model gesekan *Coulomb* sederhana dan pendekatan titik pusat massa. Dengan pendekatan tersebut pergerakan tanah dapat ditentukan dengan menghitung energi potensial awal yang dibawa oleh massa tanah. Dan parameter geometrinya dimana ketinggian pusat massa akan diperoleh berdasarkan perhitungan menggunakan *software* (*Fiji is Just ImageJ* (<https://fiji.sc/>)). Jadi jarak jangkauan diperoleh dari ketinggian longsor dari suatu bidang datar dibagi dengan sudut kemiringan kedua pusat massa, sedangkan kecepatan diperoleh ketika diasumsikan tanah sudah bergerak, sehingga pusat massa dari material longsor memiliki selisih ketinggian.

### 3.5 Teknik Analisis Data GPR dan Mekanika Tanah

Dalam menganalisis suatu potensi longsor maka terlebih dahulu menganalisis kestabilan lereng itu sendiri, lereng dikarakan stabil apabila gaya penahan lebih besar dari gaya penggerakannya dan suatu prediksi pergerakan tanahnya adalah dengan menganalisis lereng dan karakteristik tanah pada lokasi yang ingin diteliti. Dalam penelitian ini data GPR akan diolah untuk dapat dianalisis sehingga mengetahui interpretasi dari setiap lapisan tanah kemudian dapat mengetahui geometri bidang gelincir dan kedalaman dari bidang gelincir itu sendiri. Sementara itu data dalam mekanika tanah dianalisis untuk dapat mengetahui suatu karakteristik dari sifat fisik dan keteknikan pada tanah tersebut.

Dari interpretasi data GPR, selanjutnya melakukan pemodelan lereng untuk mengetahui faktor keamanan yang merupakan indikator lereng tersebut stabil atau tidak, dalam keadaan eksisting, sehingga dapat dianalisis lereng tersebut berpotensi longsor atau tidak. Dan dilakukan pula penerapan dalam keadaan kritis untuk mengetahui kondisi terburuk jika terjadi longsor, dianalisis untuk mengetahui suatu prediksi jarak jangkauan longsor tersebut bergerak, dan kecepatan longsor tersebut bergerak.