

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Data dan Daerah Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer dengan proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 7 - 9 Juli 2019 di wilayah Kecamatan Tanjung Karang Timur, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Pengambilan data mikrotremor dilakukan di 17 titik lokasi pengukuran. Lokasi pengambilan data mikrotremor ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Desain lokasi pengambilan data mikrotremor

3.2 Peralatan

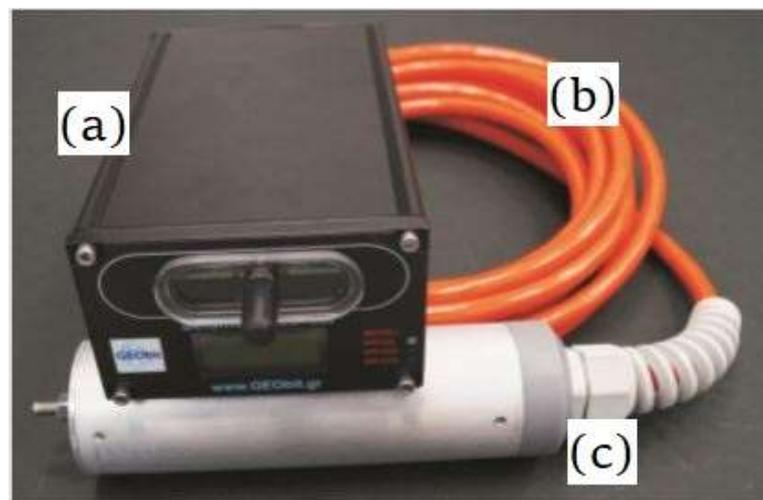
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Laptop dengan spesifikasi *DELL Inspiron 15 5000 series* dengan *processor Intel® Core™ i5 7th Gen* dan memori 8 GB RAM.
- b. Seperangkat *Digital Portable Seismograph*, dengan rincian:

1. Seismometer tipe C100, *short-period sensors* dengan tiga komponen yang mencakup frekuensi 1 Hz untuk mengukur getaran tanah pada setiap titik lokasi pengukuran.
 2. *Digitizer* SRI32L/S untuk merekam sinyal getaran tanah yang diperoleh dari seismometer.
 3. Antena GPS yang terhubung dengan *Digital Portable Seismograph* untuk menerima data lokasi dan waktu dari satelit.
 4. *MicroSD card* dan *adapter* untuk menyimpan rekaman data mikrotremor.
 5. Kabel penghubung untuk menghubungkan seismometer dan antena GPS ke *digitizer*.
 6. Kabel *power* untuk menghubungkan *digitizer* ke aki.
 7. *Global Positioning System* (GPS) untuk mengetahui koordinat titik pengukuran.
- c. Kompas untuk menentukan arah seismometer pada saat memasang alat seismometer.
- d. Linggis untuk membuat lubang tempat seismometer.



Gambar 3.2 (a) *Digitizer* SRI32L/S, (b) Kabel penghubung, (c) Seismometer tipe C100

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. *Windows 10 Pro 64-bit* sebagai sistem operasi.

- b. *Geopsy* versi 2.10.1 dari *geopsy.org* untuk memilih sinyal dan menghilangkan *noise* dari data mikrotremor.
- c. *dinver* merupakan fungsi dari *geopsy.org* untuk melakukan inversi kurva HVSr.
- d. *Command Prompt* (CMD) untuk membuka perangkat lunak *dinver*.
- e. *Notepad* untuk menampilkan nilai kecepatan gelombang geser (V_s).
- f. *Microsoft Word* 2016 untuk penyusunan Tugas Akhir.
- g. *Microsoft Powerpoint* 2016 untuk menggambar ulang dari referensi awal.
- h. *Microsoft Excel* 2016 untuk melakukan perhitungan data.
- i. *Google Earth Pro* untuk membuat desain lokasi titik pengukuran.
- j. *ArcGIS* versi 10.3 untuk pemetaan.
- k. *OriginPro* versi 9 64-bit untuk membuat grafik.

3.3 Pengambilan dan Pengolahan Data Mikrotremor

3.3.1 Pengambilan Data Mikrotremor

Pengambilan data mikrotremor dilakukan dengan pengukuran sinyal mikrotremor di 17 titik lokasi pengukuran selama 30 - 40 menit dengan frekuensi sampling sebesar 100 Hz. Dalam melakukan pengukuran data mikrotremor terdapat beberapa syarat yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Syarat pengukuran mikrotremor [28]

Jenis Parameter	Saran yang dianjurkan	
	f_0 minimum yang diharapkan (Hz)	Durasi pencatatan minimum yang disarankan (menit)
Durasi pencatatan	0,2	30
	0,5	20
	1	10
	2	5
	5	3
	10	2

Jenis Parameter	Saran yang dianjurkan
<i>Coupling soil-sensor</i> alami (insitu)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Atur sensor langsung pada permukaan tanah 2. Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah lunak (lumpur dan semak-semak), atau tanah lunak setelah hujan
<i>Coupling soil-sensor</i> buatan atau <i>artificial</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa 2. Pada kemiringan yang curam sehingga sulit mendapatkan kedataran sensor yang baik, pasang sensor dalam timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir
Keberadaan bangunan atau pohon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hindari pengukuran dekat dengan bangunan, gedung bertingkat dan pohon yang tinggi, jika tiupan angin di atas ± 5 m/s. Kondisi ini sangat mempengaruhi hasil analisis HVSR 2. Hindari pengukuran di lokasi tempat parkir, pipa air, dan gorong-gorong
Kondisi cuaca	<ol style="list-style-type: none"> 1. Angin: lindungi sensor dari angin (lebih cepat ± 5 m/s) 2. Hujan: hindari pengukuran pada saat hujan lebat. Hujan ringan tidak memberikan gangguan berarti 3. Suhu: mengecek kondisi sensor dan mengikuti instruksi pabrik
Gangguan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sumber monokromatik: hindari pengukuran mikrotremor dekat dengan mesin, industri, pompa air, dan generator yang sedang beroperasi 2. Sumber sementara: jika terdapat sumber getar transient (jejak langkah kaki, mobil/motor lewat) tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikan jendela yang cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hilang

Tahap pengambilan data mikrotremor pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Memasang *microSD card* dan *adapter* ke *digitizer*.
2. Membuat lubang dengan linggis untuk menanamkan alat seismometer ke dalam tanah.
3. Menanamkan alat seismometer dengan tegak dan mengarah pada utara kompas.
4. Menghubungkan alat seismometer dan antena GPS ke *digitizer* menggunakan kabel penghubung.
5. Menghubungkan *digitizer* ke aki menggunakan kabel power.
6. Data yang didapatkan terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen horizontal N-S (Utara-Selatan), komponen horizontal E-W (Timur-Barat), dan komponen vertikal Z.
7. Setelah data tersimpan secara otomatis di *microSD card*, dilanjutkan memindahkan data ke Laptop dan disimpan dalam format *file .MSEED*.

3.3.2 Pengolahan Data Mikrotremor

Pengolahan data mikrotremor dilakukan dengan beberapa tahap, diantaranya sebagai berikut:

A. Pengolahan data mikrotremor dengan metode analisis *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR)

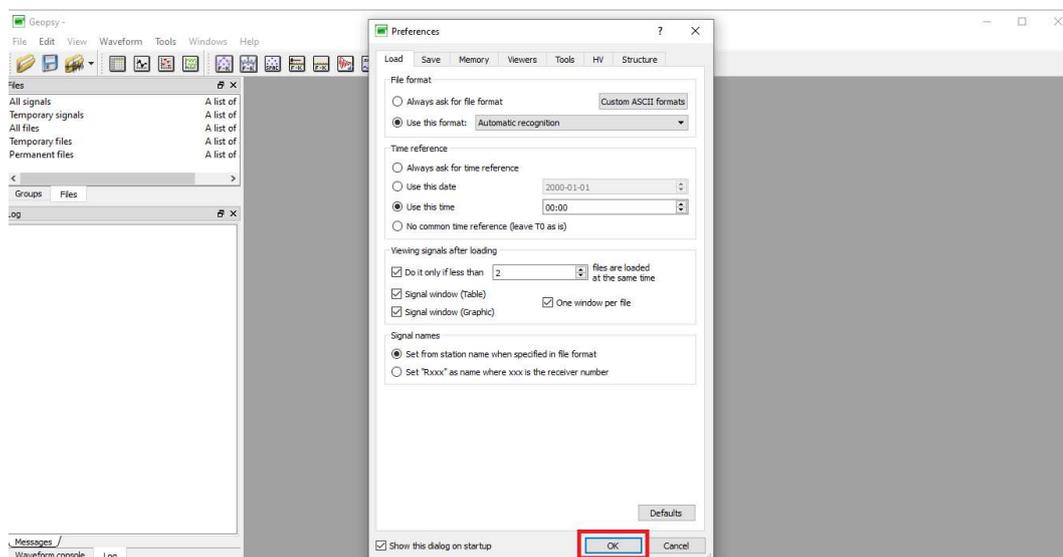
Proses pengolahan data mikrotremor dengan metode analisis *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) menggunakan perangkat lunak *Geopsy* versi 2.10.1 untuk mendapatkan kurva HVSR sehingga menghasilkan nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi tanah (A). Kurva HVSR memiliki tiga kriteria reliabilitas (dipercaya) yang mengacu pada standar yang dibuat oleh *SESAME European Research Project*, sebagai berikut [28]:

- (i) Nilai frekuensi dominan (f_0) harus lebih besar dari $10/I_w$. Dengan I_w adalah panjang *windows* yaitu 30 sekon.
- (ii) Nilai *number of cycles* (n_c) harus lebih besar dari 200. Nilai $n_c = I_w \cdot n_w \cdot f_0$, dengan n_w adalah jumlah *windows*.

- (iii) a. Jika nilai f_0 lebih dari 0,5 Hz, nilai standar deviasi (σA) harus kurang dari 2 untuk nilai f_0 antara $0,5f_0 < f < 2f_0$.
- b. Jika nilai f_0 kurang dari 0,5 Hz, nilai standar deviasi (σA) harus kurang dari 3 untuk nilai f_0 antara $0,5f_0 < f < 2f_0$.

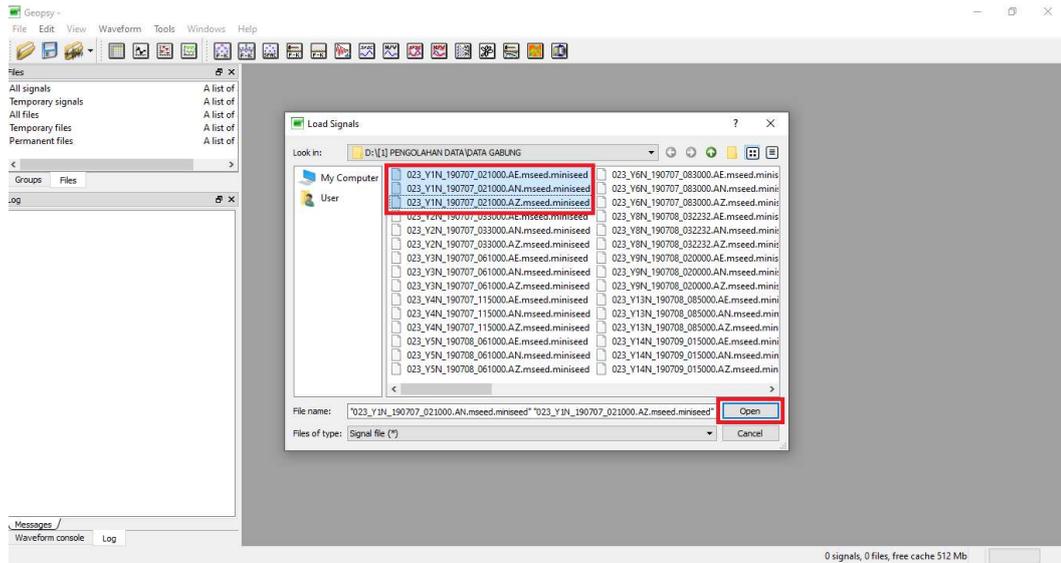
Tahap pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Geopsy* versi 2.10.1, diantaranya sebagai berikut:

1. Membuka *icon* perangkat lunak *Geopsy* versi 2.10.1. Kemudian klik pilihan OK pada jendela *Preferences*.



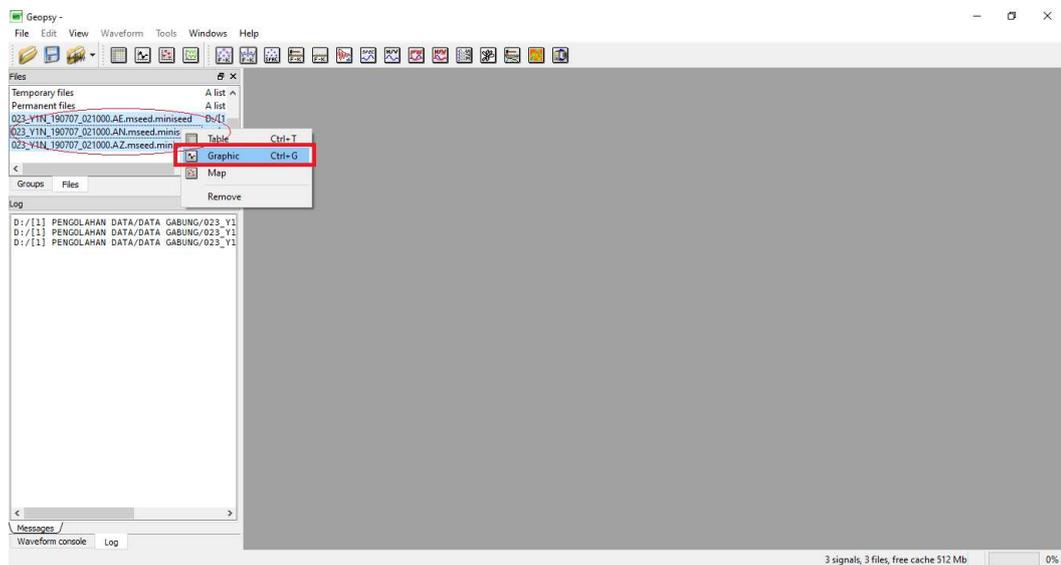
Gambar 3.3 Tampilan awal pada perangkat lunak *Geopsy* versi 2.10.1

2. Memilih menu *File > Import Signal* kemudian akan muncul tampilan jendela *Load Signal*. Selanjutnya memilih *file* rekaman mikrotremor dalam bentuk MSEED dengan tiga komponen lalu klik *Open*.

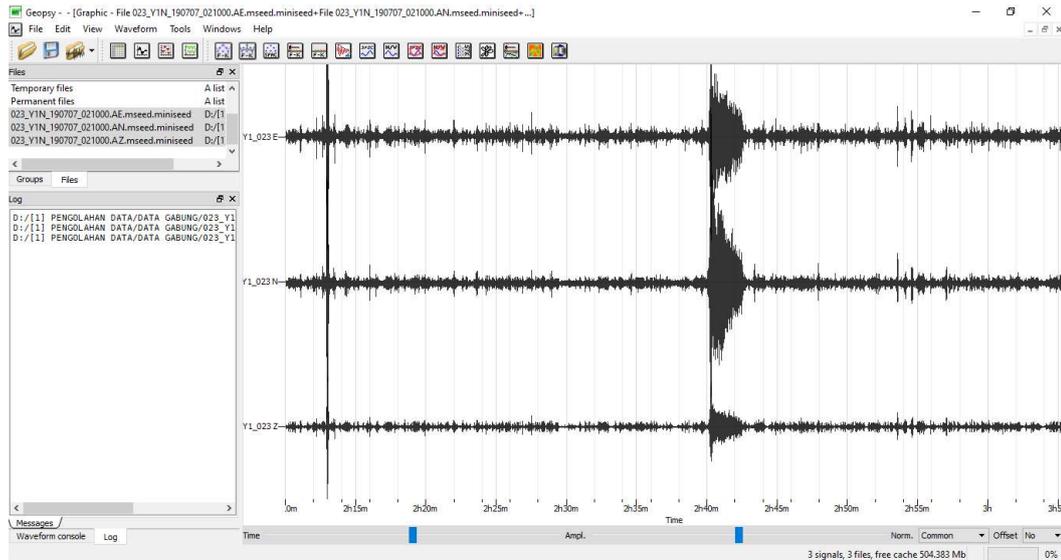


Gambar 3.4 Tampilan membuka *file* rekaman mikrotremor

3. Memblok tiga komponen data mikrotremor di jendela *File* sebelah kiri untuk menampilkan rekaman mikrotremor, kemudian klik kanan pilih *Graphic*. Tampilan rekaman mikrotremor ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.5 Tampilan membuka *file* rekaman mikrotremor pada grafik



Gambar 3.6 Tampilan dari tiga komponen rekaman mikrotremor

4. Memilih *icon* H/V pada menu *Tools* untuk melakukan *windowing* sinyal. Pemilahan *window* dilakukan secara otomatis.

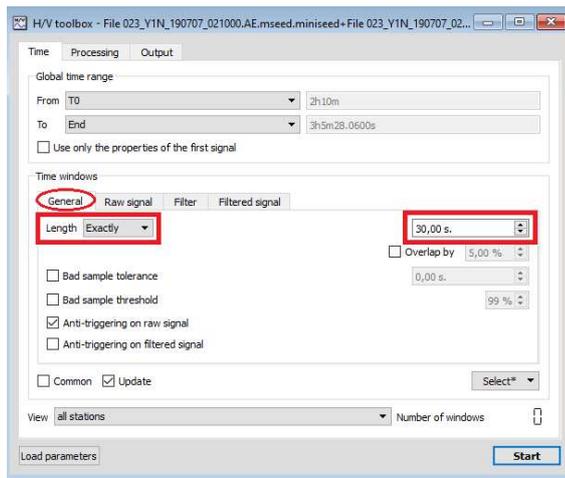
Pemilahan *window* ini dilakukan untuk memisahkan antara sinyal tremor dengan sinyal transient (sumbernya seperti angin, hujan, langkah kaki, kendaraan lewat, dan lain-lain yang dianggap sebagai *noise*).

Cara untuk mendeteksi sinyal transient dengan membandingkan nilai STA (*short term average*) dan LTA (*long term average*) yang ada di H/V *Toolbox* parameter bagian *Time* kemudian *Raw signal*.

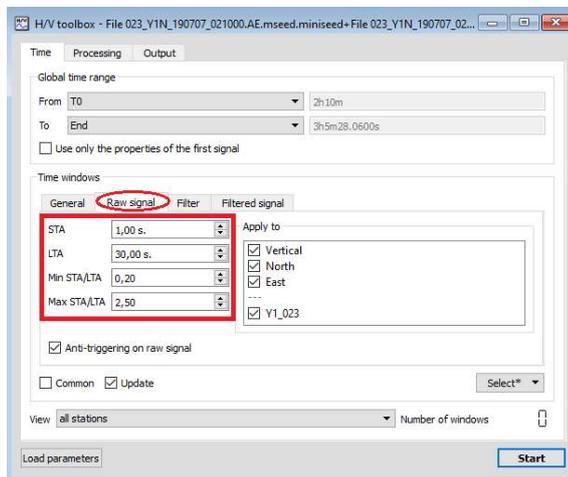
STA merupakan rata-rata amplitudo jangka pendek (0,5 - 2,00 sekon), nilai standarnya adalah 1 sekon. Sedangkan LTA merupakan rata-rata amplitudo jangka panjang (>10 sekon), nilai standarnya adalah 30 sekon. Pada saat STA/LTA melebihi ambang batas yang sudah ditentukan, maka dapat dikatakan sebagai *event*. Setelah *event* transient terdeteksi maka data selain transient dibagi menjadi beberapa *window* [15]. Min STA/LTA adalah batas bawah untuk rasio STA/LTA nilai standarnya adalah 0,20, sedangkan Max STA/LTA adalah batas bawah untuk rasio STA/LTA nilai standarnya adalah 2,5.

5. Kemudian akan muncul jendela H/V *toolbox* yang terdiri dari *Time*, *Processing*, dan *Output*.

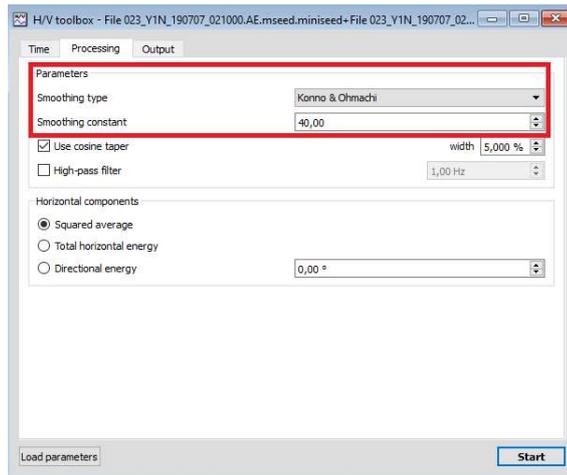
Pada menu *Time* terdapat *Time windows* yang terdiri dari submenu *General*, kemudian mengubah *Length windows* yaitu sebesar 30,00 detik. Pada submenu *Raw signal*, mengubah nilai *STA* sebesar 1,00 detik, nilai *LTA* sebesar 30,00 detik, nilai *Min STA/LTA* sebesar 0,20, dan nilai *Max STA/LTA* sebesar 2,5. Pada menu *Processing* memilih jenis *smoothing* yang digunakan yaitu *Konno & Ohmachi* dengan konstanta 10,00 - 40,00. *Output Frequency Sampling* yang digunakan sebesar 0,50 Hz sampai 15,00 Hz dan *number sampling* sebesar 100.



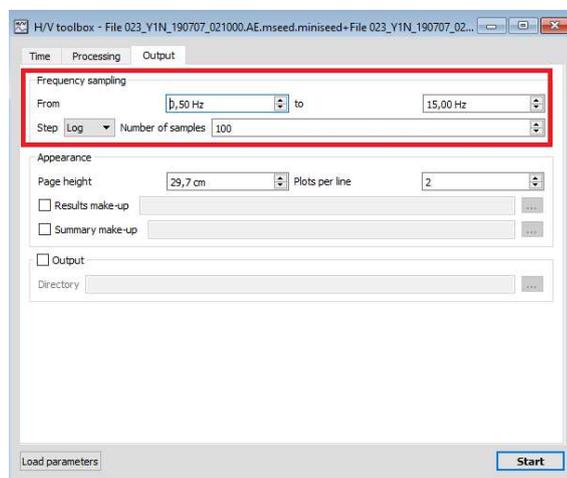
Gambar 3.7 Tampilan sub menu *General* pada menu *Time*



Gambar 3.8 Tampilan sub menu *Raw signal* pada menu *Time*

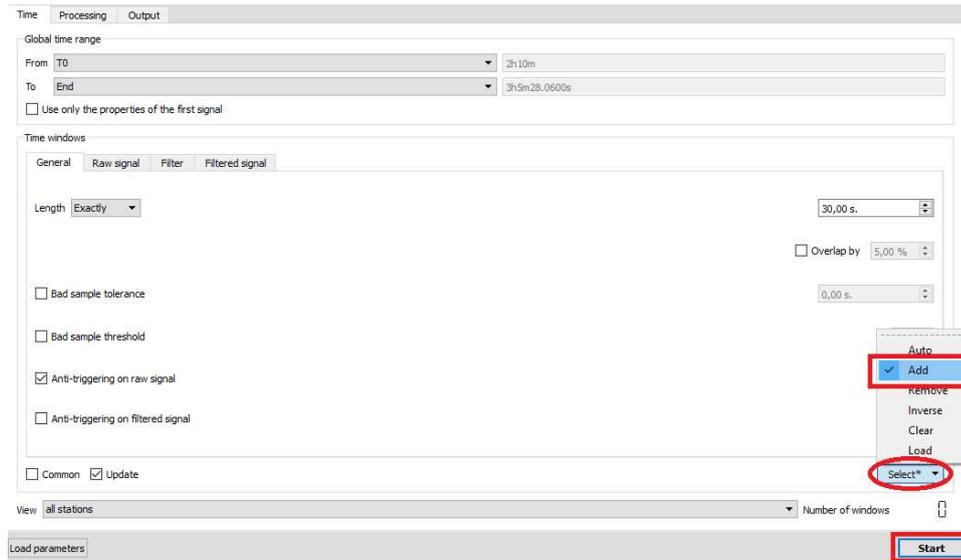


Gambar 3.9 Tampilan menu *Processing*



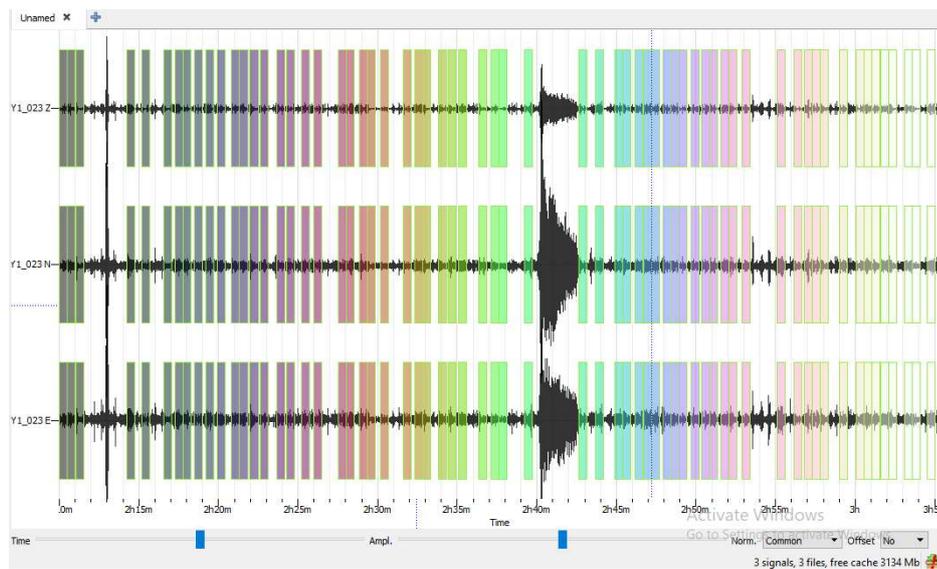
Gambar 3.10 Tampilan menu *Output*

6. Selanjutnya kembali pada menu *Time* memilih *Select > Add*, untuk memilih sinyal tanpa sinyal transient. Kemudian klik *Start*. Pilih *Yes* pada jendela *Calculating H/V*. Dalam pemilahan *window* secara otomatis, dapat dilakukan secara manual jika terdapat sinyal transient yang masih tertangkap *window* dengan memilih *Remove* pada *Select*.

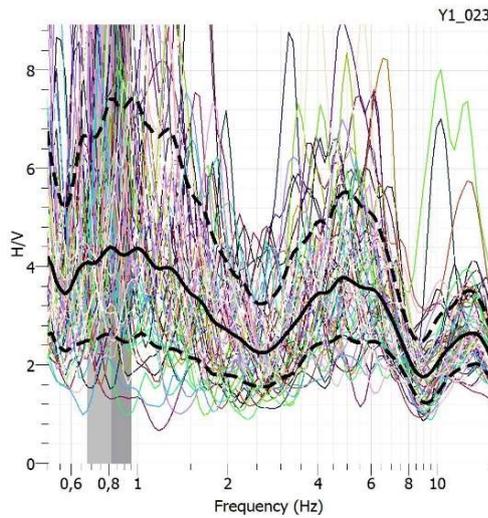


Gambar 3.11 Tampilan menu *Time* untuk memulai pemilahan *window*

7. Maka akan tampil kurva HVSR hubungan antara frekuensi dominan terhadap nilai puncak HVSR (amplifikasi) terlihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.12 Tampilan pemilahan *window*



Gambar 3.13 Tampilan kurva H/V

8. Untuk menyimpan kurva H/V dalam bentuk *text* dengan format *.hv*, pada jendela *H/V Result* memilih menu *Tools > Save result*.

B. Pengolahan inversi kurva HVSR dengan metode *ellipticity curve*

Hasil analisis kurva HVSR digunakan untuk *input* data inversi kurva HVSR dengan metode *ellipticity curve* menggunakan perangkat lunak *dinver* fungsi dari *geopsy.org*. Metode *ellipticity curve* menghasilkan nilai kecepatan gelombang geser (V_s). Nilai kecepatan gelombang geser (V_s) sangat dipengaruhi oleh nilai *input* parameter model awal yang menggambarkan struktur bawah permukaan atau geologi daerah penelitian yaitu nilai v_p , v_s , h , σ dan ρ . Parameter tersebut di *input* merupakan nilai estimasi.

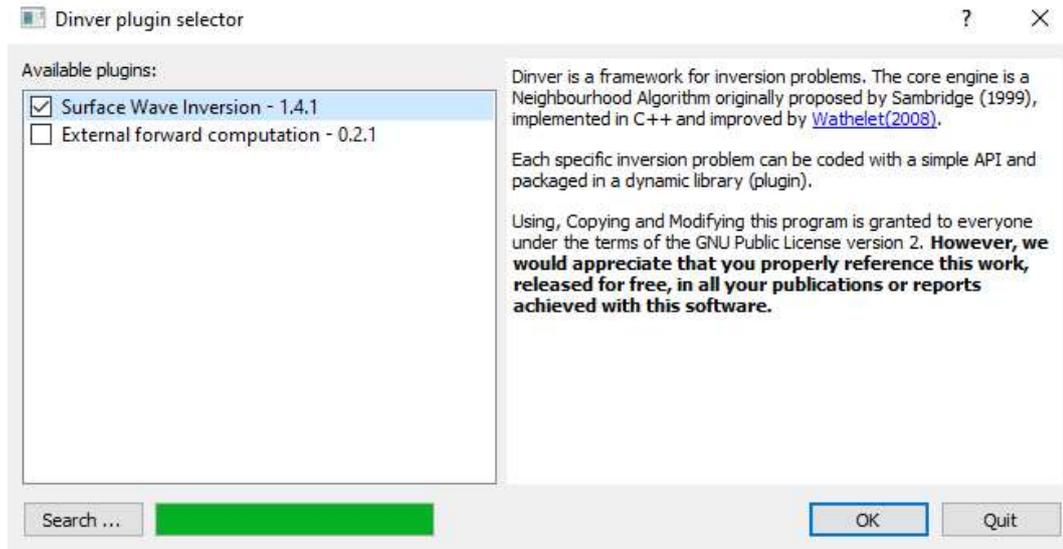
Tahap pengolahan inversi kurva HVSR dengan perangkat lunak *dinver*, diantaranya sebagai berikut:

1. Membuka *icon* *CMD (Command Prompt)* untuk membuka perangkat lunak *dinver* sebagai fungsi dari *geopsy.org* kemudian ketik *dinver* lalu *Enter*.



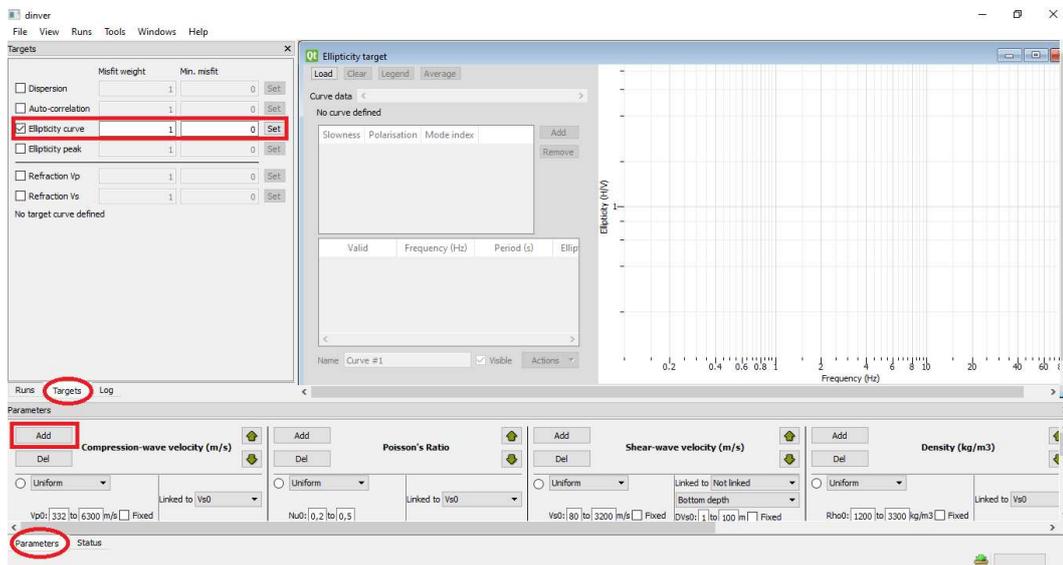
Gambar 3.14 Tampilan *App* *CMD (Command Prompt)*

2. Klik OK pada jendela *Dinver plugin selector*.



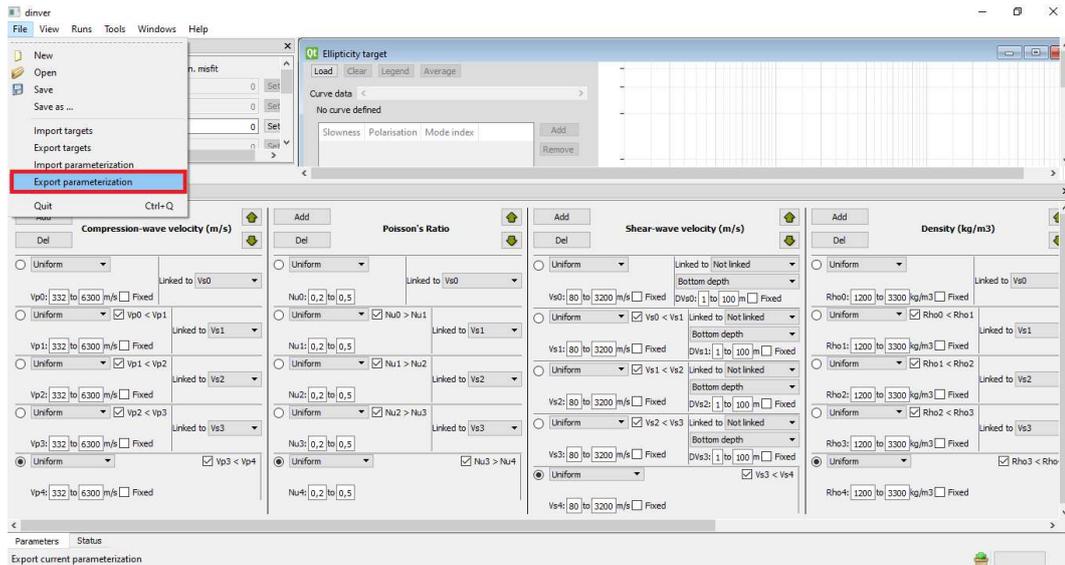
Gambar 3.15 Tampilan awal perangkat lunak *dinver*

3. Memilih menu *Targets* di bagian tengah pada perangkat lunak *dinver*, kemudian mencentang *Ellipticity curve* > *Set*. Selanjutnya memilih *Parameters* di bagian bawah untuk mengubah nilai v_p , v_s , σ , dan ρ .



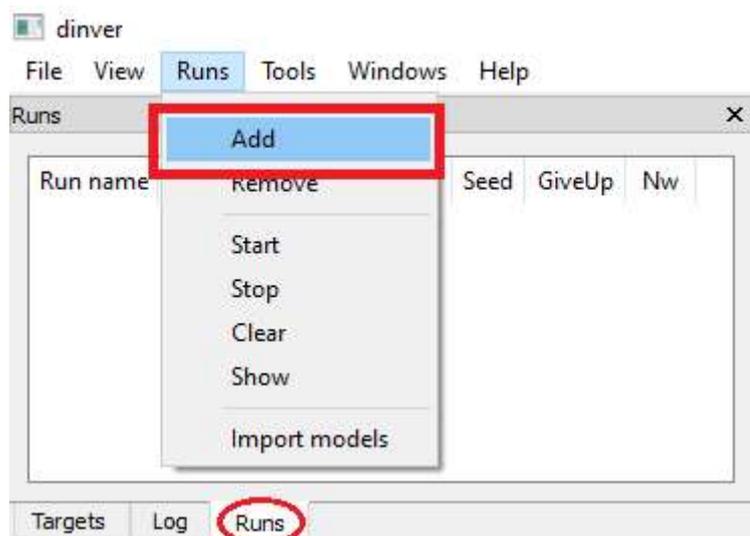
Gambar 3.16 Tampilan *Parameters*

4. Mengubah nilai parameter *Compression-wave velocity* (v_p), *Poisson's Ratio* (σ), *Shear-wave velocity* (v_s), dan *Density* (ρ) dengan nilai estimasi. Untuk menyimpan parameter klik menu *File* > *Export parameterization*.

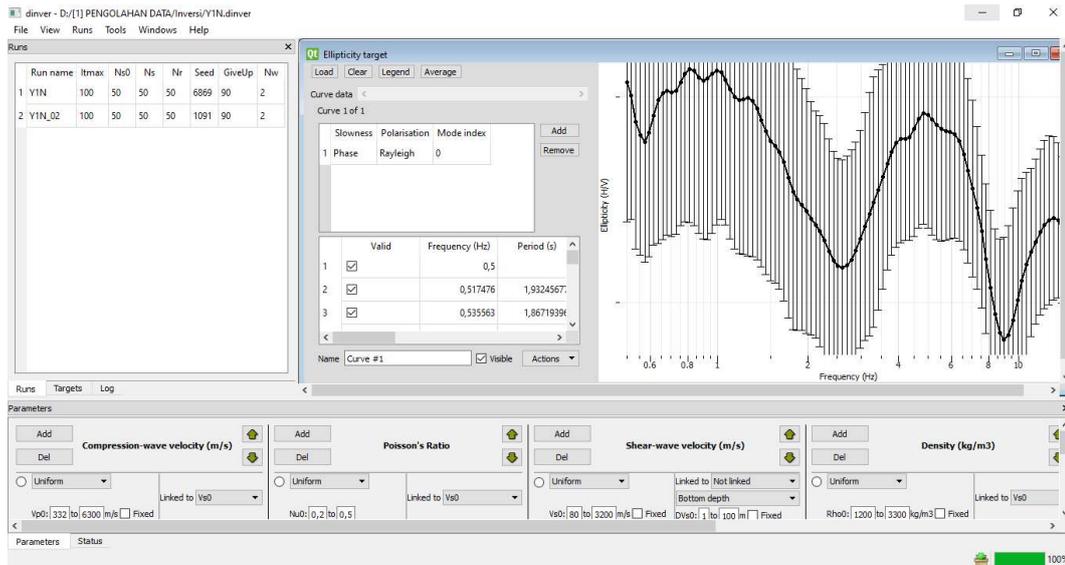


Gambar 3.17 Mengubah nilai *parameters*

- Selanjutnya memilih menu *Runs* di bagian tengah perangkat lunak dinver. Klik menu *Runs* di bagian atas > *Add*. Mengubah iterasi (*Itmax*) nya sebanyak 100 kali kemudian klik *Load* pada jendela *Ellipticity target* untuk meng-*input* data kurva H/V dalam format .hv yang telah diolah oleh perangkat lunak *Geopsy* versi 2.10.1. Simpan *file* terlebih dahulu, lalu klik *Start* pada menu *Runs* di bagian atas. *Runs* dapat dilakukan berkali-kali dalam pengolahan data ini dilakukan sebanyak 2 dengan iterasi yang sama.

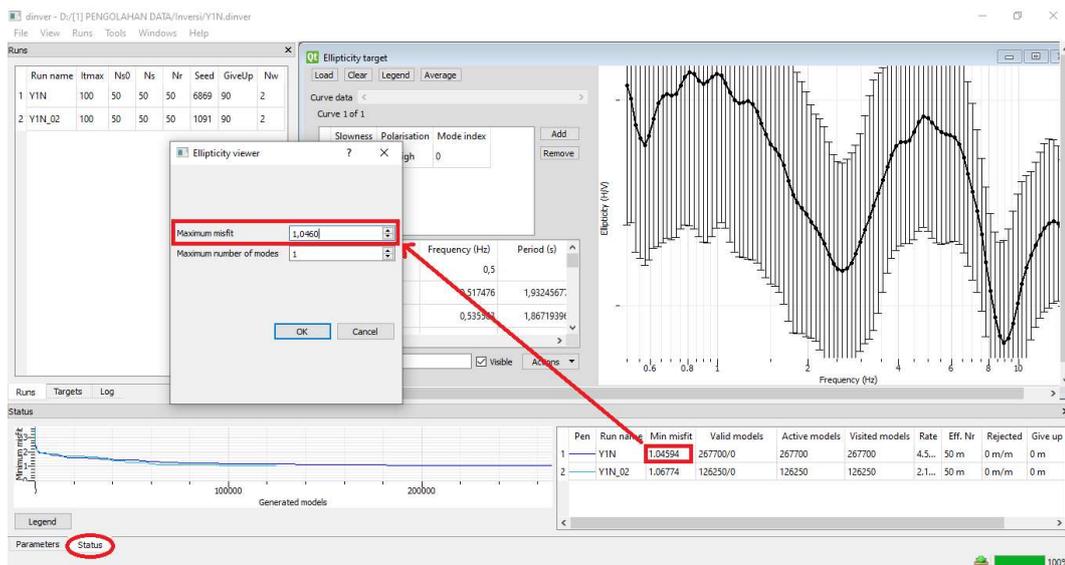


Gambar 3.18 Tampilan *Add Runs*

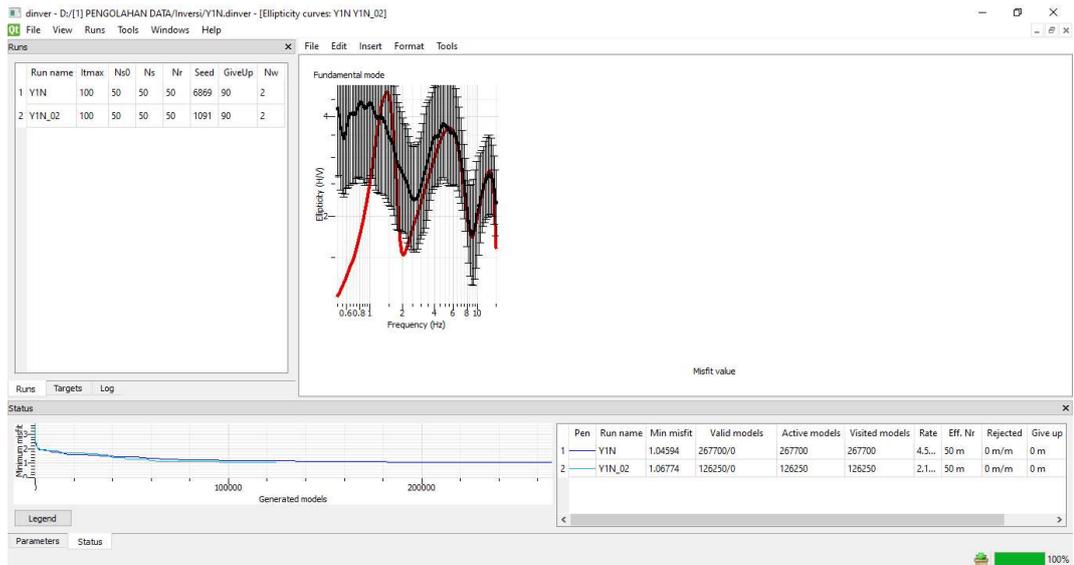


Gambar 3.19 Tampilan *Runs* iterasi 100

- Untuk mengetahui nilai *misfit* (ketidaksesuaian) dapat dilihat pada jendela Status di bagian bawah tampilan perangkat lunak *dinver*. Kemudian untuk melihat hasil pemodelan inversi kurva HVSR yaitu berupa hasil analisis kurva *Ellipticity Curve*, cek nilai *misfit* klik menu *View > Ellipticity*. Klik *Yes* pada jendela *View ellipticity curve* masukkan angka *Maximum misfit*. Klik OK pada jendela *Ellipticity viewer*. Lakukan *Runs > Start* dan pengecekan beberapa kali untuk mendapatkan nilai *misfit* terendah.

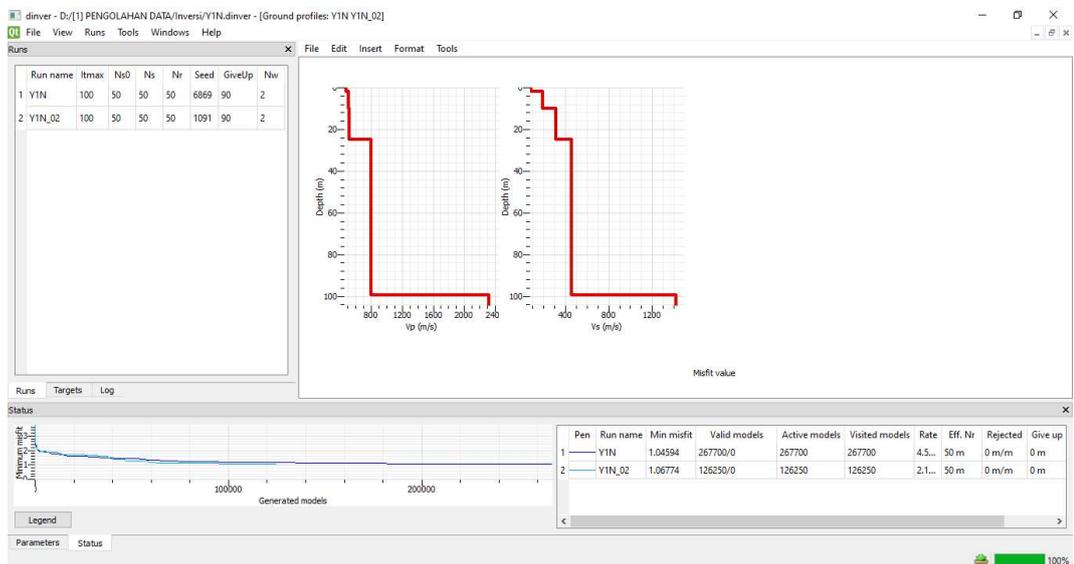


Gambar 3.20 Cek nilai *misfit* (ketidaksesuaian) terendah



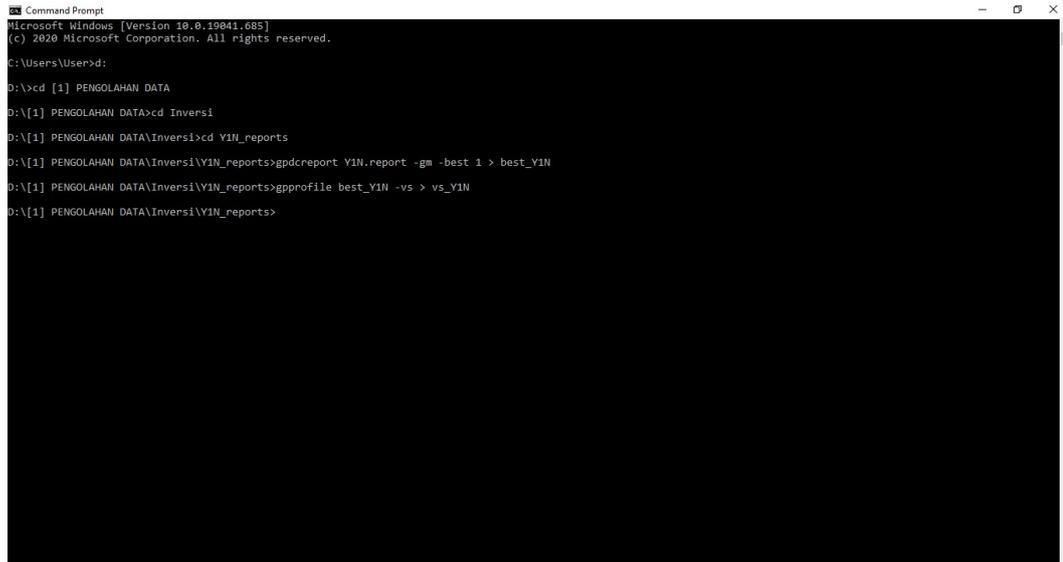
Gambar 3.21 Hasil analisis kurva *Ellipticity Curve* dengan nilai *misfit* terendah

7. Kemudian untuk mengetahui hasil kurva *Ground profiles*, memilih menu *View > Ground profiles*. Cek nilai *misfit* klik menu *View > Ground profiles*. Klik *Yes* pada jendela *View ground profiles*. Hasil analisis dari *ground profiles* adalah nilai kecepatan gelombang geser (V_s) dengan kedalaman (*depth*) tiap lapisan.



Gambar 3.22 Hasil analisis kurva *Ground profiles* dengan nilai *misfit* terendah

8. Untuk menampilkan nilai kecepatan gelombang geser (V_s) dengan kedalaman (*depth*) pada masing-masing *layer* (lapisan) dilakukan dengan *coding* di *App CMD* (*Command Prompt*).



```
Microsoft Windows [Version 10.0.19041.685]
(c) 2020 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\User>
D:\>cd [1] PENGOLAHAN DATA
D:\[1] PENGOLAHAN DATA>cd Inversi
D:\[1] PENGOLAHAN DATA\Inversi>cd Y1N_reports
D:\[1] PENGOLAHAN DATA\Inversi\Y1N_reports>gpdcreport Y1N.report -gm -best 1 > best_Y1N
D:\[1] PENGOLAHAN DATA\Inversi\Y1N_reports>gpprofile best_Y1N -vs > vs_Y1N
D:\[1] PENGOLAHAN DATA\Inversi\Y1N_reports>
```

Gambar 3.23 Coding di App CMD (*Command Prompt*)

9. Data nilai kecepatan gelombang geser (V_s) dan kedalaman (*depth*) akan masuk ke dalam folder penyimpanan pengolahan data inversi kurva HVSR. Data tersebut dapat dibuka melalui *App Notepad*.

C. Perhitungan nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (V_{s30})
Perhitungan nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (V_{s30}) dilakukan menggunakan data V_s hasil dari inversi kurva HVSR. Setelah nilai V_s per lapisan didapatkan, maka dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan (2.8) untuk mendapatkan nilai V_{s30} setiap titik pengukuran.

D. Perhitungan nilai ketebalan lapisan sedimen (H)
Perhitungan nilai ketebalan lapisan sedimen (H) menggunakan Persamaan (2.9).

E. Perhitungan nilai ketinggian *bedrock*
Perhitungan nilai ketinggian *bedrock* menggunakan Persamaan (2.10). Nilai *Altitude* yang digunakan merupakan ketinggian tempat pengukuran setiap titik yang dicatat pada saat pengukuran tiap titik.

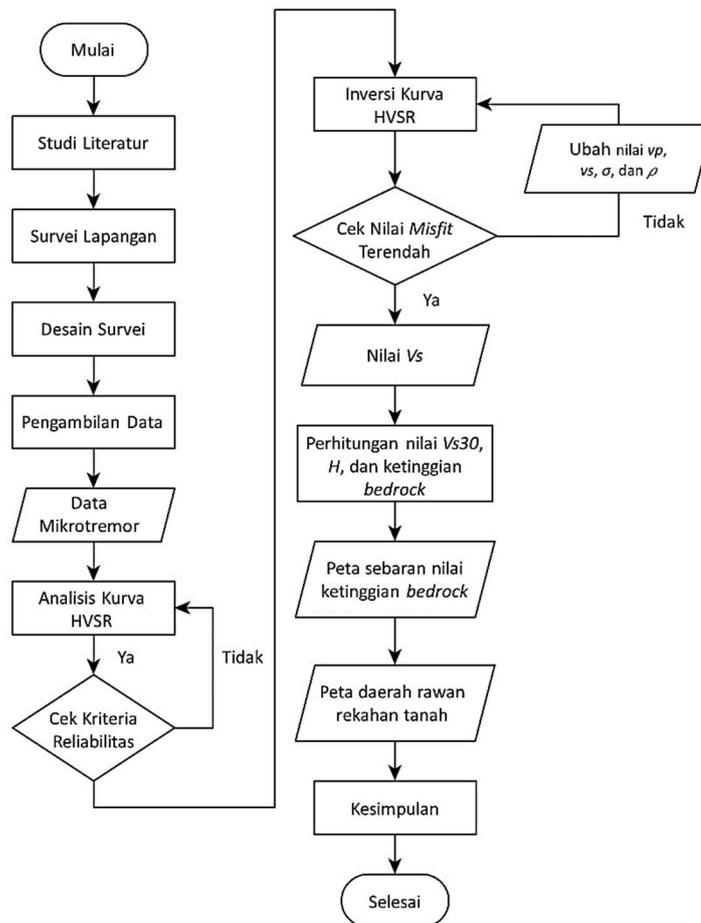
F. Pemetaan menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* versi 10.3

3.5 Interpretasi Data

Hasil pengolahan data diinterpretasikan dalam bentuk peta ketinggian *bedrock* dan peta daerah rawan rekahan tanah berdasarkan morfologi *bedrock*.

3.4 Diagram Alir

Diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.24. Berdasarkan gambar tersebut penelitian dimulai dengan mencari studi literatur, kemudian survei lapangan, membuat desain survei, mengambil/mengukur data mikrotremor, menganalisis kurva HVSR, melakukan inversi kurva HVSR, menghitung nilai $Vs30$, H , dan ketinggian *bedrock*, memetakan sebaran nilai ketinggian *bedrock*, memetakan daerah yang rawan rekahan tanah, membuat kesimpulan, dan selesai.



Gambar 3.24 Diagram alir penelitian