

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 LOKASI PENELITIAN**

Lokasi penelitian terletak di wilayah Kabupaten Klaten meliputi 9 kecamatan, yaitu : Kecamatan Gantiwarno, Wedi, Bayat, Kalikotes, Klaten Tengah, Klaten Selatan, Jogonalan, Prambanan, Trucuk dan sebagian wilayah Kabupaten Gunung Kidul yang berbatasan dengan Kabupaten Klaten.

#### **4.2 PERALATAN DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA**

Data survei mikrotremor diperoleh dari pengukuran yang dilakukan di titik pengukuran yang direncanakan tersebar di daerah penelitian. Teknik penentuan titik ukur direncanakan berupa grid meliputi daerah penelitian dengan interval  $\pm 1,5 \times 1,5$  km. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan TDL 303s *Digital Portable Seismograph*.

##### **4.2.1 Peralatan**

Peralatan penelitian yang digunakan terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras.

1. Perangkat lunak (*Software*) :
  - a. *DataPro* berfungsi untuk akuisisi data mikrotremor.
  - b. *Google Earth* berfungsi untuk mengetahui gambaran lokasi penelitian dan menentukan titik pengambilan data.
  - c. *Sessary Geopsy* versi 2.9.1 berfungsi untuk memilih sinyal tanpa *noise* dari data mikrotremor dengan proses *windowing* dan *cutting*.
  - d. *Dinver* pada software *Sessaray-Geopsy* versi 2.9.1 dari *geopsy.org* untuk menganalisis kurva menganalisis kurva H/V menggunakan metode *Ellipticity curve*.
  - e. *ArcGIS* berfungsi untuk membuat peta desain penelitian dan peta mikrozonasi.
  - f. *Microsoft Word 2007* berfungsi untuk menyusun laporan.

g. *Microsoft Excel 2007* untuk mengolah data.

2. Perangkat keras (*Hardware*) :

- a. *Global Positioning System (GPS)* di Smartphone Xiaomi Redmi Note 3 digunakan untuk menentukan posisi setiap titik penelitian.
- b. *Seismometer* tipe DS-4A untuk mengukur getaran tanah pada setiap titik penelitian.
- c. *Digitizer* tipe TDL-303S untuk merekam getaran tanah yang diperoleh dari seismometer.
- d. Antena GPS terhubung dengan *digitizer* berfungsi untuk menentukan posisi pada setiap titik penelitian.
- e. Kabel untuk menghubungkan *digitizer* dengan seismometer.
- f. Kompas digunakan untuk menentukan arah utara saat pemasangan seismometer.
- g. *UPS (Uninterruptible Power Supply)* sebagai sumber daya listrik untuk menghidupkan *digitizer*.
- h. Laptop digunakan untuk akuisisi dan analisis data.
- i. Lembar *chek list* survei mikrotremor.

Perangkat keras yang digunakan ditunjukkan pada **Gambar 4.1**.



**Gambar 4.1** Perangkat Keras Pengukuran Mikrotremor

#### 4.2.2 Teknik Pengumpulan Data

Sebelum pengambilan data, dilakukan pra-survei dan survei lapangan.

##### 1. Pra-Survei

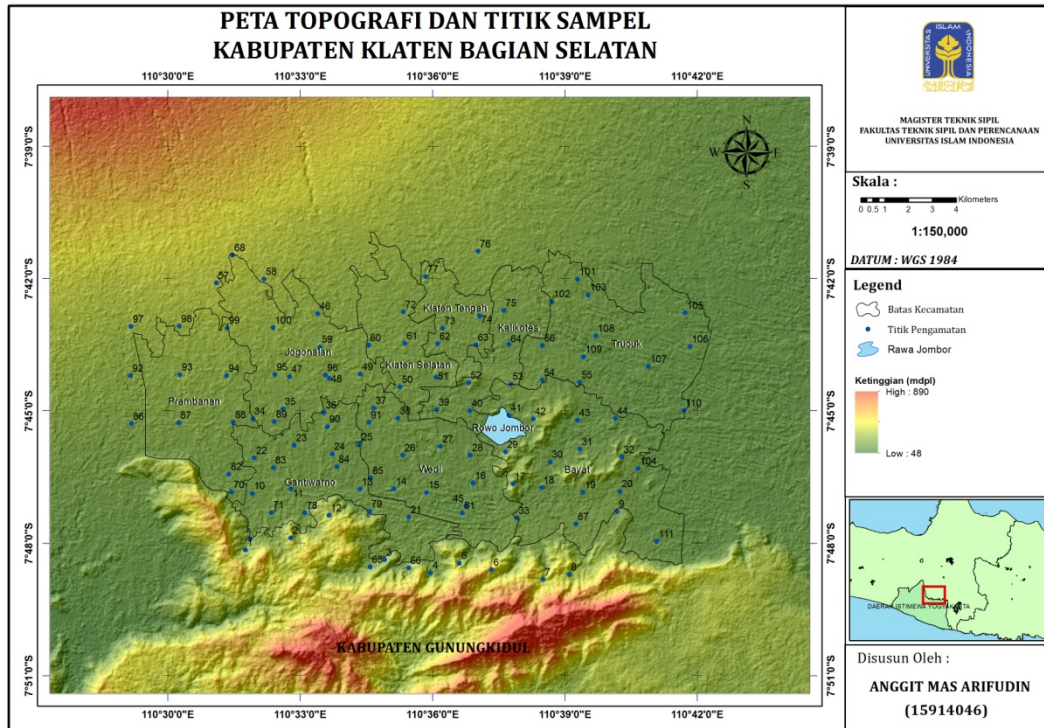
Tahapan yang dilakukan selama pra-survei yaitu penentuan lokasi penelitian, survei umum lokasi penelitian dan pembuatan desain survei. Penentuan lokasi penelitian didasarkan pada:

- a. Menurut IAGI (2006), gempa Yogyakarta tidak hanya mengguncang daerah yang berada di sepanjang jalur Sesar Opak, namun juga beberapa daerah di Kabupaten Klaten Jawa Tengah yang juga merasakan guncangan gempa yang cukup besar.
- b. Berdasarkan **Gambar 2.2**, daerah yang berada di kawasan Klaten bagian barat dan barat daya mengalami guncangan gempa dengan intensitas VII MMI yang diakibatkan oleh Gempabumi Yogyakarta 2006 (PVMBG dalam Supartoyo *et. al.*, 2016).

Tahapan kedua yaitu survei umum lokasi penelitian, bertujuan untuk mengetahui secara langsung daerah penelitian baik dari segi kepadatan



kandang ternak, di pinggiran parit, di tengah selokan, di dalam rumah warga, dan di samping jalan raya. Titik pengukuran mikrotremor setelah dilakukan survei lapangan ditetapkan sebanyak 111 titik dan 1 titik bor seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.3** Rencana titik perekaman mikrotremor berdasarkan topografi



**Gambar 4.4** Rencana titik pengukuran mikrotremor dan bor

### 3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan selama  $\pm 30$  menit setiap titik penelitian dengan frekuensi *sampling* 100 Hz. Pemilihan frekuensi *sampling* harus memenuhi syarat Nyquist yaitu frekuensi *sampling* minimal dua kali lipat dari frekuensi maksimum sinyal informasi yang akan di sampel supaya tidak menimbulkan efek aliasing (frekuensi tertentu terlihat seperti frekuensi yang lain) (Yulisun, 2016). Pengambilan data dilakukan sesuai dengan syarat yang ditetapkan oleh *SESAME European Research Project* pada **Tabel 4.1**. Ada dua macam data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu :

#### a. Data Primer.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mikrotremor. Data mikrotremor ini tersimpan dalam *harddisk* berupa sinyal digital 3 komponen, yaitu komponen utara-selatan, timurbat, dan vertikal dalam bentuk *soft file*. Data ini dikumpulkan melalui survei mikrotremor di lapangan. Durasi rekaman kurang lebih 30 menit.

b. Data Sekunder.

Data sekunder diperoleh dari studi pustaka berupa laporan hasil penelitian maupun data dari instansi terkait dengan data yang diperlukan. Data *borlog*, data hasil uji tanah, data mikrotremor, peta-peta pendukung lainnya.

**Tabel 4.1** Syarat pengukuran mikrotremor (SESAME, 2004)

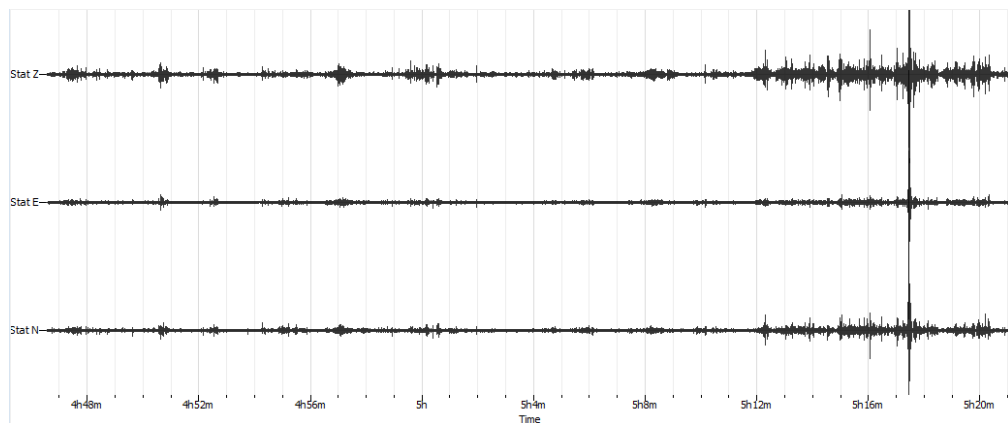
Jenis Parameter	Saran yang dianjurkan	
	<i>fg</i> minimum yang diharapkan (Hz)	Durasi pencatatan minimum yang disarankan (menit)
Durasi Pencatatan	0.2	30
	0.5	20
	1	10
	2	5
	5	3
	10	2
<i>Coupling soil-sensor</i> alami ( <i>in situ</i> )	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atur sensor langsung pada permukaan tanah</li> <li>2. Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah lunak (lumpur, semak-semak) atau tanah lunak setelah hujan.</li> </ol>	
<i>Coupling soil-sensor</i> buatan atau <i>artificial</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa.</li> <li>2. Pada kemiringan yang curam di mana sulit mendapatkan kedataran sensor yang baik, pasang sensor dalam timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir</li> </ol>	
Keberadaan bangunan atau pohon	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hindari pengukuran dekat dengan bangunan, gedung bertingkat, dan pohon yang tinggi, jika tiupan angin di atas <math>\pm 5</math> m/detik. Kondisi ini sangat mempengaruhi hasil analisa HVSR.</li> <li>2. Hindari pengukuran di lokasi tempat parkir, pipa air dan gorong-gorong.</li> </ol>	
Kondisi cuaca	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Angin : Lindungi sensor dari angin (lebih cepat dari 5 m/s).</li> <li>2. Hujan : Hindari pengukuran pada saat hujan lebat. Hujan ringan tidak memberikan gangguan berarti.</li> <li>3. Suhu : Mengecek kondisi sensor dan mengikuti instruksi pabrik.</li> </ol>	
Gangguan	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sumber monokromatik : hindari pengukuran mikrotremor dekat dengan mesin, industri, pompa air, generator yang sedang beroperasi.</li> <li>2. Sumber sementara : jika terdapat sumber getar <i>transient</i> (jejak langkah kaki, mobil lewat, motor lewat) tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikan jendela yang cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hilang.</li> </ol>	



### 4.3 PENGOLAHAN DATA

#### 4.3.1 Pengolahan Data Mikrotremor

Pengolahan data mikrotremor menggunakan metode analisis *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSr). Hasil pengukuran mikrotremor di lapangan mendapatkan data getaran tanah fungsi waktu. Data ini tercatat dalam tiga komponen, yaitu komponen vertikal (*Up-Down*), utara-selatan (*North-South*), dan barat-timur (*East-West*). Data mentah ini tidak dapat langsung diolah karena dalam format *hexadecimal*. Data ini harus diubah ke format ASCII atau format *miniseed* (.MSD) menggunakan perangkat lunak DATAPRO dan menghasilkan empat file, yaitu file komponen vertikal, utara-selatan, barat-timur, dan *file header*. Dapat dilihat pada **Gambar 4.5**.



**Gambar 4.5** Sinyal mikrotremor tiga komponen di Kecamatan Gantiwarno

#### 4.3.2 Perhitungan Frekuensi Dominan ( $f_0$ ), Faktor Amplifikasi ( $A_g$ ), dan Periode Dominan ( $T_g$ )

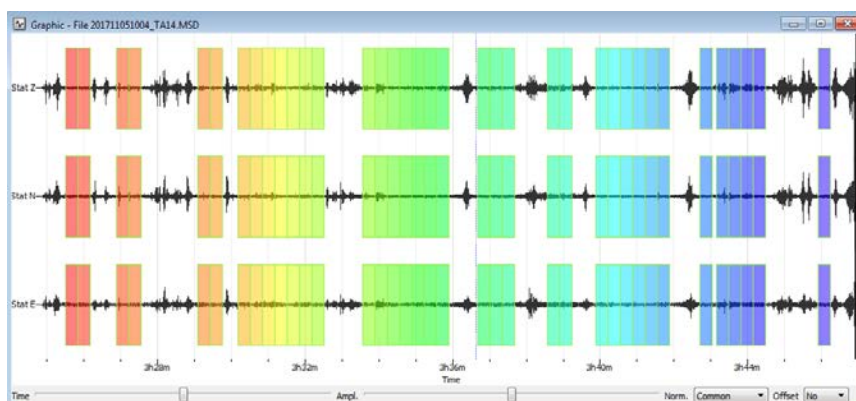
Proses pengolahan data mikrotremor menggunakan perangkat lunak GEOPSY untuk memperoleh rata-rata spektrum H/V dari rekaman getaran yang datanya telah disiapkan sebelumnya. Perangkat lunak geopsy ini akan memberikan grafik kurva HVSr, yang terdapat nilai frekuensi dominan ( $f_g$ ) dan puncak kurva HVSr (faktor amplifikasi tanah,  $A_g$ ). Secara ringkas tahap pengolahan metode HVSr dengan perangkat *geopsy* di sajikan dalam **Gambar 4.7**.



Pengolahan dengan GEOPSY ini dimulai dengan :

1. input data (file rekaman mikrotremor yang telah dirubah formatnya menjadi *ascii* atau *miniseed*) ke dalam geopsy.
2. *filtering* sinyal, sinyal mikrotremor mentah diambil dengan band pass 0,5 Hz – 25 Hz saja, dengan demikian sinyal yang dipakai adalah sinyal dengan frekuensi rendah sesuai dengan karakteristik sinyal mikrotremor.
3. *windowing* sinyal, sinyal akan dibagi menjadi beberapa kotak (*window*). Pemilahan *window* dilakukan secara manual. Pemilahan ini (*windowing*) dilakukan untuk memisahkan antara sinyal tremor dengan *event transien* (sumber spesifik seperti langkah kaki dan kendaraan lewat dan lain lainnya yang dianggap *noise*). Cara untuk mendeteksi sinyal *transien* adalah dengan membandingkan STA (*short term average*) dan LTA (*long term Average*). STA merupakan rata-rata amplitudo jangka pendek (0.5-2.0 detik), sedangkan LTA merupakan nilai rata-rata amplitudo jangka panjang (>10 detik). Pada saat perbandingan STA/LTA melebihi ambang batas yang sudah ditentukan, maka dapat dikatakan sebagai *event*. Setelah *event transien* terdeteksi maka data selain *transient* dibagi menjadi beberapa *window*. Contoh *windowing* sinyal dapat dilihat pada

**Gambar 4.6.**



**Gambar 4.6** Contoh windowing sinyal pada titik 14

4. transformasi fourier pada masing-masing komponen untuk diperoleh spektrum fourier pada masing-masing *window*.

Sebelum menghitung perbandingan H/V, amplitudo spektral fourier dari komponen NS, EW dan V dilakukan *smoothing* dengan fungsi Konno-Ohmachi :

$$\frac{\sin\left(\left(\log_{10}\left(\frac{f}{f_c}\right)\right)^b\right)}{\left(\left(\log_{10}\left(\frac{f}{f_c}\right)\right)^b\right)^4} \quad (4.1)$$

dengan  $f$  frekuensi,  $f_c$  frekuensi tengah dimana *smoothing* dilakukan dan  $b$  koefisien *bandwith*. Untuk meminimalkan efek perbatasan karena *windowing* amplitudo dari spektrum digunakan kosinus lancip.

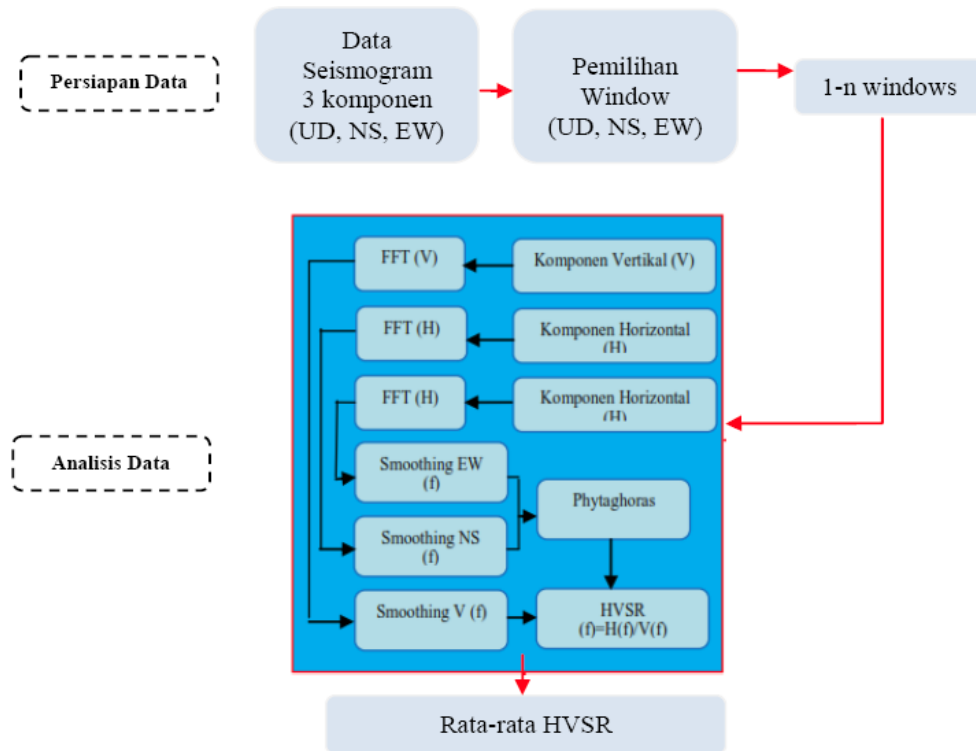
Spektrum Fourier komponen horisontal dirata-rata dengan akar rerata kuadrat dan dibagi dengan spektrum fourier komponen vertikal dalam kawasan frekuensi hingga didapatkan rata-rata spektrum H/V, dari rata-rata spektrum H/V ini dapat ditentukan frekuensi dominan ( $f_0$ ) serta puncak spektrum HVSR yang merupakan nilai faktor amplifikasi spektrum tanah ( $A_g$ )

Kriteria untuk kurva H/V yang dapat dipercaya (*reliable*) meliputi tiga hal yang penting (SESAME, 2004). Ketiga kriteria itu adalah :

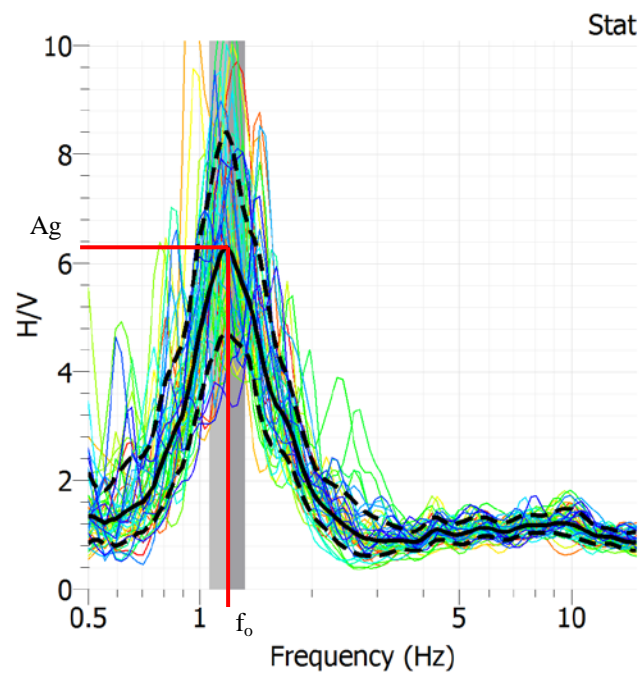
1.  $f_0 > 10/l_w$
2.  $n_c(f_0) > 200$
3.  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5 < f < 2(f_0)$  if  $f_0 > 0.5$  Hz dan  
 $\sigma_A(f) < 3$  for  $0.5 < f < 2(f_0)$  if  $f_0 > 0.5$  Hz

dengan frekuensi  $f_0$  pada puncak H/V,  $l_w$  panjang window dan  $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0 \cdot \sigma_A(f)$  deviasi standar dari  $A_{H/V}(f)$ .

Berdasarkan hubungan  $T = \frac{1}{f_0}$ , dari pengolahan data dengan metode  $f_0$  HVSR maka akan didapatkan nilai periode dominan tanah ( $T_g$ ) di lokasi pengukuran, karena yang terukur dari kurva adalah  $f_0$ , dapat dilihat pada **Gambar 4.8**. Dari nilai-nilai yang terukur dari semua titik pengukuran kemudian dibuat peta frekuensi dominan tanah ( $f_g$ ) dan peta faktor amplifikasi spektrum ( $A_g$ ) daerah penelitian.



**Gambar 4.7** Tahap-tahap Metode HVSR (Ari Sungkowo, 2016)



**Gambar 4.8** Kurva HSR Titik 22

### 4.3.3 Perhitungan Ketebalan Sedimen ( $h$ )

Nilai ketebalan sedimen dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.13). Nilai kecepatan gelombang geser ( $v_s$ ) yang digunakan pada penelitian ini

adalah digunakan nilai inversi kurva HVSR setiap titik pengukuran. Pada peta distribusi kecepatan gelombang geser disetiap titik ukur mikrotremor mempunyai nilai  $v_s$ , nilai ini digunakan untuk perhitungan ketebalan di masing-masing titik. Sehingga di dapatkan distribusi nilai ketebalan di setiap titik kemudian di buat peta ketebalan meliputi daerah penelitian.

#### 4.3.4 Perhitungan Indeks Kerentanan Seismik ( $K_g$ )

Sedangkan nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) di semua titik ukur diperoleh dengan menggunakan Persamaan (3.14) dengan mengkuadratkan faktor amplifikasi spektrum tanah ( $A_g$ ) dibagi dengan frekuensi dominan ( $f_g$ ). Nilai-nilai indek kerentanan seismik yang diperoleh kemudian dipetakan untuk mengetahui distribusi nilai indeks kerentanan seismik di daerah penelitian.

#### 4.3.5 Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Puncak (PGA)

Pengukuran *Peak Ground Acceleration* (PGA) daerah penelitian dilakukan dengan penentuan PGA dari hasil survei mikrotremor menggunakan persamaan atenuasi Kanai (1966) Persamaan (3.15) , yang mempertimbangkan hubungan PGA dengan periode dominan tanah, magnitudo gempa dan jarak epicenter Gempa Jogja 2006.

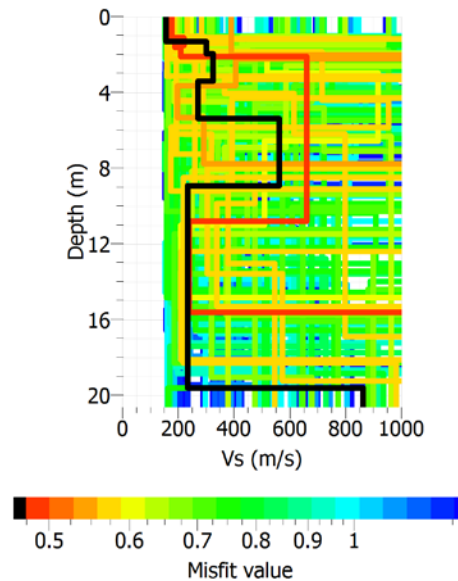
#### 4.3.6 Perhitungan Nilai Kecepatan Gelombang Geser ( $V_s$ )

Perhitungan nilai kecepatan gelombang geser ( $v_s$ ) dalam penelitian ini dilakukan dengan metode pemodelan/inversi menggunakan perangkat lunak *Dinver* dan inversi dengan *ModelHVSR*.

### 1. Inversi dengan *Dinver*

Parameter kecepatan gelombang geser pada lapisan *bedrock* ( $v_b$ ) pada persamaan indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ), diperoleh dari analisis kurva H/V menggunakan metode *ellipticity curve* (invers) pada program *Dinver*. Hasil analisis nilai kecepatan gelombang geser menggunakan program *Dinver* ditunjukkan pada **Gambar 4.9**. Hasil dari metode tersebut yaitu *ground profiles* kecepatan gelombang geser ( $v_s$ ). Garis hitam pada *ground profiles* menunjukkan

model dengan nilai *misfit* terbaik. Nilai kecepatan gelombang geser pada lapisan *bedrock* ( $v_b$ ) merupakan hasil interpretasi *ground profiles vs* dengan nilai lebih dari 350 m/s.



**Gambar 4.9** Analisis Nilai Vs dengan Dinver

#### 4.3.7 Perhitungan Nilai Vs30

Perhitungan nilai Vs30 dilakukan menggunakan data  $v_s$  hasil inversi kurva HVSR. Setelah didapat kecepatan gelombang geser per lapisan, maka dapat ditentukan kecepatan sampai kedalaman 30 meter (Vs30). Perhitungan berdasar Persamaan (3.20). Semua titik dilakukan inversi kemudian diinterpolasikan untuk melihat sebaran nilai Vs30.

#### 4.3.8 Perhitungan *Ground Shear Strain* (GGS) atau Regangan Geser Tanah

Nilai regangan geser ( $\gamma$ ) di semua titik ukur diperoleh dengan mengalikan nilai indek kerentanan seismik ( $K_g$ ) dengan nilai percepatan tanah di batuan dasar Persamaan (3.21). Nilai percepatan tanah yang digunakan dalam perhitungan regangan geser didapat dari persamaan atenuasi Kanai seperti tertulis pada Persamaan (3.15). Nilai-nilai regangan geser yang diperoleh kemudian dipetakan untuk mengetahui distribusi regangan geser yang selanjutnya dikorelasikan dengan potensi likuifaksi di daerah penelitian.

#### **4.3.9 Kondisi Bawah Permukaan**

Kondisi bawah permukaan berupa data klasifikasi jenis tanah didasarkan pada jenis lapisan tanah yang diperoleh dari data bor, dan untuk titik-titik yang lain diperkirakan dari nilai parameter properti tanah lainnya, seperti densitas dan kecepatan gelombang geser yang dilakukan pada titik-titik di wilayah penelitian.

#### **4.3.10 Analisis Likuifaksi**

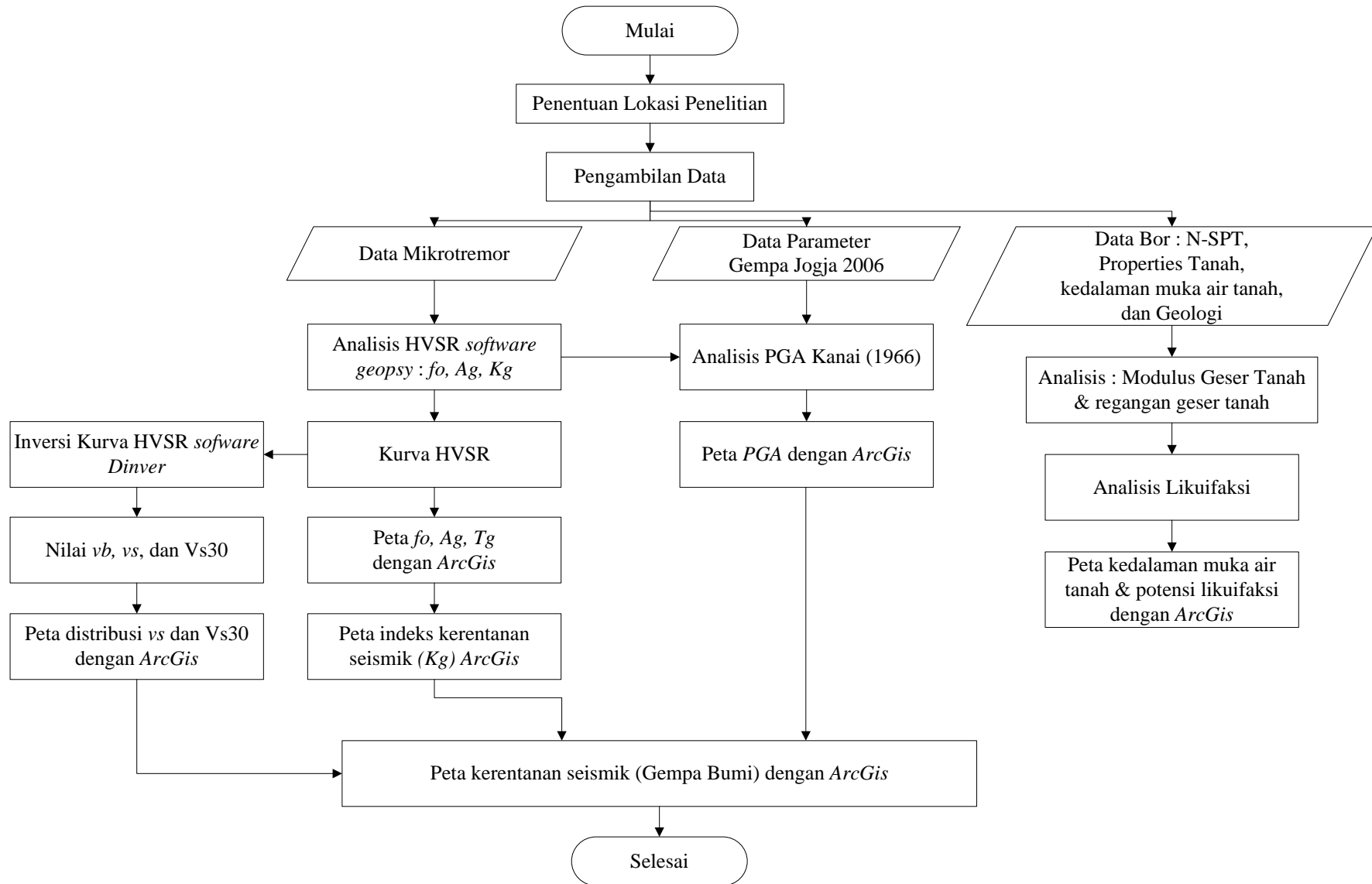
Potensi likuifaksi di daerah penelitian didasarkan dari nilai regangan geser tanah ( $\gamma$ ) diprediksi dari tabel hubungan antara regangan dengan sifat dinamis tanah yang telah ditunjukkan pada **Tabel 3.4** pada bab sebelumnya dan hubungan dengan kedalaman muka air tanah hasil survey.

#### **4.3.11 Peta Kerentanan Seismik**

Peta ini dibuat dengan melakukan penggabungan nilai-nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran. Nilai-nilai yang digunakan dalam menentukan peta kerentanan ini adalah nilai indek kerentanan seismik tanah ( $Kg$ ), percepatan puncak tanah (PGA), regangan geser tanah dan kecepatan gelombang geser tanah sampai kedalaman 30 meter ( $Vs30$ ).

### **4.4 DIAGRAM ALUR PENELITIAN**

Diagram alur penelitian ditunjukkan pada **Gambar 4.10**.



**Gambar 4.10** Diagram Alur Penelitian



