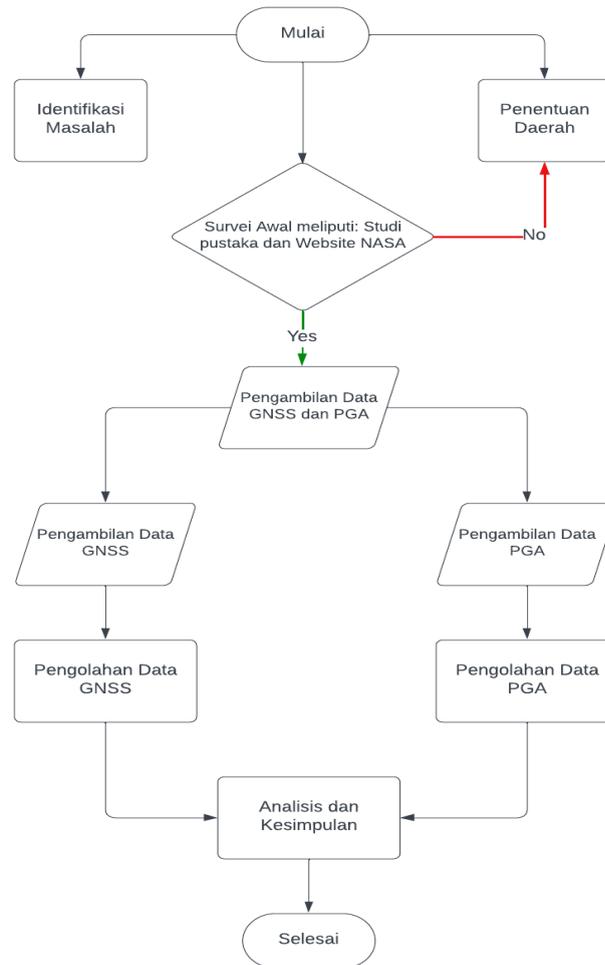


## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Desain penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu menganalisis pergeseran lempeng tektonik di Pulau Sumatera. Penelitian dimulai dengan identifikasi masalah dan penentuan daerah penelitian berdasarkan studi pustaka dan data dari website NASA. Setelah daerah penelitian ditetapkan, data GNSS dan PGA dikumpulkan dari sumber yang relevan. Data GNSS diperoleh dari website NASA, sedangkan data PGA dihitung berdasarkan data gempa bumi yang diperoleh dari website USGS. Data-data tersebut kemudian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan mengenai dinamika pergerakan lempeng tektonik di wilayah penelitian. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini, data yang digunakan berasal dari seismik gempa bumi, dan alat penelitian yang digunakan untuk mendukung pengolahan data adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diambil dari beberapa sumber, untuk data PGA sendiri dihitung dari nilai magnitudo permukaan ( $M_s$ ), kedalaman (depth), dan hiposenter yang diperoleh dari United States Geological Survey (USGS). Untuk data GNSS diambil dari National Aeronautics and Space Administration (NASA).
2. Perangkat lunak yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian mencakup Ms. Excel, Anaconda Navigator dan Arcmap.

- Ms. Excel digunakan untuk menyimpan data GNSS dan PGA yang diperoleh selama penelitian. Excel memudahkan pengelolaan data secara terstruktur, meskipun tidak digunakan untuk melakukan perhitungan lebih lanjut.
- Anaconda Navigator digunakan sebagai platform utama untuk berbagai proses analisis data. Melalui Anaconda, data gempa diolah untuk mengonversi magnitudo menjadi magnitudo permukaan, membuat grafik *time series* yang menunjukkan perubahan posisi stasiun GNSS dari waktu ke waktu, serta menghitung nilai Peak Ground Acceleration (PGA). Selain itu, Anaconda juga digunakan untuk membuat peta distribusi PGA.
- ArcMap digunakan untuk visualisasi peta yang menunjukkan distribusi nilai Peak Ground Acceleration (PGA) di wilayah penelitian. Dengan menggunakan data yang telah diproses melalui Anaconda, ArcMap memungkinkan pembuatan peta dengan tingkat akurasi tinggi, yang memudahkan dalam memahami distribusi risiko seismik di Pulau Sumatera.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Pengambilan dan Pengolahan Data Gempa

Data gempa yang digunakan diperoleh dari katalog gempa yang tersedia di situs web USGS dalam kurun waktu 8 tahun, katalog tersebut di unduh pada tanggal 29 Mei 2024 dan dapat diunduh dari alamat *website* <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>. Berikut ini merupakan batasan data gempa yang diambil dari katalog USGS melalui metode pengambilan *rectangular area*.

Koordinat

Latitude : 6,197° LS sampai 6,433° LS

Longitude : 93,252° BT sampai 108,809° BT

Rentang Waktu : 01/01/2007 – 30/12/2014

Magnitudo Gempa : 2,5 – 10 SR

Kedalaman Gempa : 0 – 800 km

Alur perhitungan percepatan tanah maksimum dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Diagram Alur Pengolahan Data Gempa

Data magnitudo gempa yang diperoleh dari katalog gempa USGS dapat berupa magnitudo gelombang badan (mb), magnitudo lokal (ML), magnitudo gelombang permukaan (Ms) dan momen magnitudo (Mw) sehingga diperlukan

penyeragaman ke dalam magnitudo gelombang permukaan ( $M_s$ ) karena magnitudo ini menunjukkan besar energi gempa yang dirasakan pada permukaan tanah sehingga nilai magnitudo ini cocok digunakan untuk menentukan nilai percepatan tanah, digunakan persamaan pada tabel 3.1 Berikut merupakan tabel konversi magnitudo yang digunakan :

Tabel 3.1 Tabel Konversi Magnitudo (Arimuko, 2022)

| Jenis Magnitudo | Korelasi Konversi                           |
|-----------------|---|
| $M_w$           | $1,0107M_b+0,0801$                          |
| $M_w$           | $0,6016 M_s+2,476 ; 2,8 \leq M_s \leq 6,1$  |
| $M_w$           | $0,0239 M_s+0,5671 ; 6,2 \leq M_s \leq 8,7$ |
| $M_w$           | $0,7473 M_L+1,0651$                         |

Sebelum menghitung percepatan tanah dilakukan penentuan titik pengamatan terlebih dahulu. Titik pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari kabupaten yang ada di Pulau Sumatera. Setelah menentukan titik pengamatan dilakukan perhitungan untuk menentukan jarak hiposenter, sebelumnya dilakukan perhitungan jarak episenter dengan persamaan 2.2. Setelah nilai episenter diperoleh dilakukanlah perhitungan nilai hiposenter dengan menggunakan persamaan 2.3, sebelum melakukan perhitungan nilai hiposenter dilakukan konversi untuk nilai episenter karena masih didalam derajat. Konversi dilakukan untuk mengubah nilai episenter menjadi km (kilometer), konversi sesuai dengan persamaan 3.1 berikut :

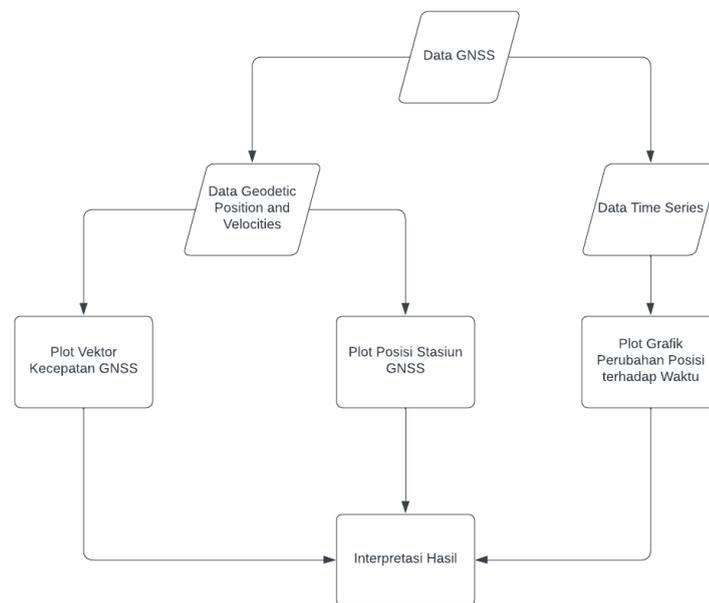
$$1^\circ = 111 \text{ km} \quad (3.1)$$

Jarak hiposenter yang diperoleh dari perhitungan kemudian digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah dengan menggunakan formula Esteva sesuai dengan persamaan 2.1. Setelah mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum akan di plot kedalam peta percepatan tanah maksimum menggunakan *software Arcmap*.

### 3.3.2 Pengambilan dan Pengolahan Data GNSS

Data GNSS diambil dari katalog yang tersedia di situs web NASA yang dapat di akses melalui <https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/series.html>. Data stasiun yang diambil merupakan data stasiun yang berada di wilayah penelitian yaitu Pulau Sumatra dan sekitarnya, data yang diambil dalam penelitian ini yaitu data *Geodetic*

*Positions and Velocities, Break Estimates, dan Time Series.* Diagram alur pengambilan dan pengolahan data GNSS dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut ini:



Gambar 3.3 Diagram Alur Pengolahan Data GNSS

Data *Geodetic Positions and Velocities* berguna untuk memberikan informasi tentang posisi stasiun GNSS. Data *Break Estimate* digunakan untuk mengetahui perubahan lokasi signifikan dari stasiun GNSS, ini penting untuk melihat apakah perubahan tersebut ada kaitannya dengan gempa yang terjadi selama periode itu. Data *Time Series* memberikan informasi posisi satelit dalam longitude, latitude, dan ketinggian ini penting untuk melihat perubahan posisi stasiun di daerah tersebut dalam periode tahunan.

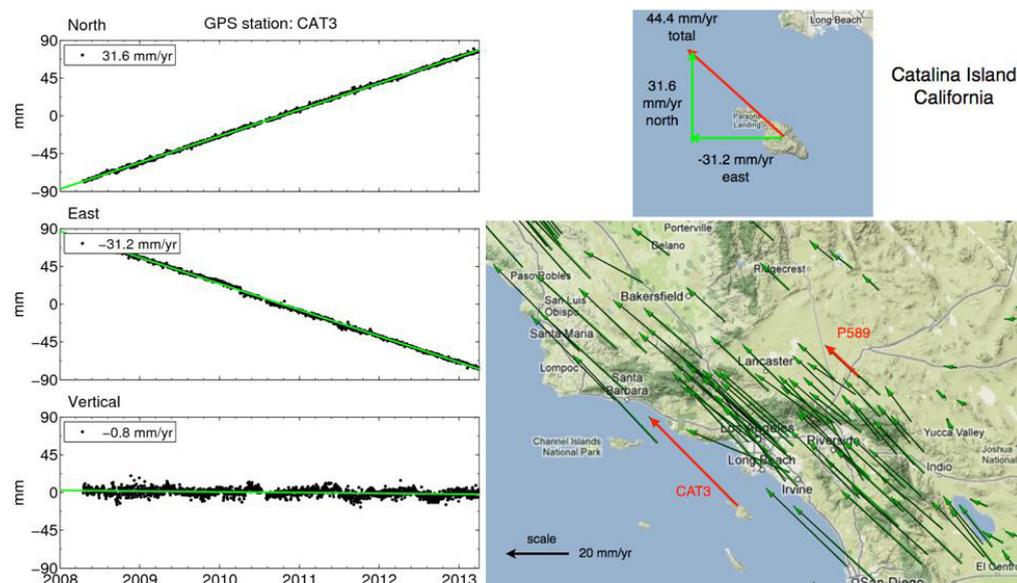
### 3.4 Analisis Data

#### 3.4.1 Analisis Nilai PGA di Setiap Sub-wilayah Penelitian

Hasil dari pengolahan data gempa menggunakan formula Estevea memberikan informasi mengenai percepatan tanah di daerah tersebut. Nilai PGA mencerminkan laju percepatan tanah akibat gempa bumi, selanjutnya nilai PGA digunakan untuk membuat peta percepatan tanah maksimum untuk menilai tingkat laju pergerakan tanah pada masing-masing daerah penelitian.

### 3.4.2 Analisis Data GNSS

Data *Time Series* yang diperoleh dari stasiun GNSS digunakan untuk mengukur perubahan posisi dalam arah Utara, Timur, dan Vertikal dari waktu ke waktu. Analisis ini sangat penting untuk memahami dinamika pergerakan lempeng tektonik di wilayah penelitian. Laju rata-rata pergerakan dihitung dengan menggunakan rumus Pythagoras, yang menggabungkan perubahan dalam latitude dan longitude untuk menentukan kecepatan total pergerakan stasiun. Selain itu, arah pergerakan stasiun juga dihitung menggunakan rumus trigonometri untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai arah pergerakan stasiun GNSS tersebut.



Gambar 3.4 Contoh *Time Series* dan Vektor Pergerakan Stasiun GNSS

Gambar 3.4 menunjukkan dua aspek penting dari analisis data GNSS. Pertama, grafik *time series* menggambarkan perubahan posisi stasiun GNSS CAT3 dalam arah Utara, Timur, dan Vertikal dari tahun 2008 hingga 2013. Grafik ini memberikan informasi mengenai kecepatan pergerakan dalam masing-masing arah, yang esensial untuk memahami dinamika gerakan lempeng tektonik di wilayah ini. Kedua, peta vektor pergerakan menunjukkan kombinasi perubahan arah Utara dan Timur yang dihasilkan dari data GNSS. Vektor ini menampilkan arah dan kecepatan total pergerakan stasiun, memberikan gambaran visual mengenai

aktivitas tektonik di wilayah penelitian, yang sangat relevan dalam konteks mitigasi risiko seismik di Pulau Sumatera.

Laju rata-rata pergerakan dihitung dengan menggunakan rumus Pythagoras, yang mengkombinasikan perubahan dalam latitude dan longitude untuk menentukan kecepatan total. Rumus Pythagoras yang digunakan sebagai berikut :

$$V = \sqrt{\Delta N^2 + \Delta E^2} \quad (3.2)$$

dengan V merupakan kecepatan total, N merupakan perubahan dalam latitude, dan E merupakan perubahan dalam longitude. Untuk menghitung arah pergerakan stasiun digunakan rumus trigonometri, yaitu :

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\Delta E}{\Delta N} \right) \quad (3.3)$$

dengan  $\theta$  merupakan arah pergerakan stasiun dalam derajat.

Data *Break Estimate* digunakan untuk mengidentifikasi perubahan signifikan pada posisi geodetik yang bertepatan dengan kejadian gempa. Metode statistik digunakan untuk mendeteksi titik-titik perubahan pada data *time series*, yang kemudian dihubungkan dengan data gempa untuk melihat korelasi antara perubahan posisi geodetik dengan waktu terjadinya gempa. Identifikasi ini membantu dalam memahami dampak gempa terhadap pergerakan tektonik di Pulau Sumatera

Melalui analisis vektor kecepatan dan arah, serta korelasi dengan data gempa, dapat diidentifikasi pola pergerakan tektonik dan potensi aktivitas seismik di Pulau Sumatera. Analisis ini memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika pergerakan lempeng tektonik dan membantu dalam memprediksi daerah-daerah yang berpotensi mengalami aktivitas seismik tinggi. Hasil analisis ini sangat penting untuk pengembangan peta risiko seismik dan mitigasi bencana di Pulau Sumatera.