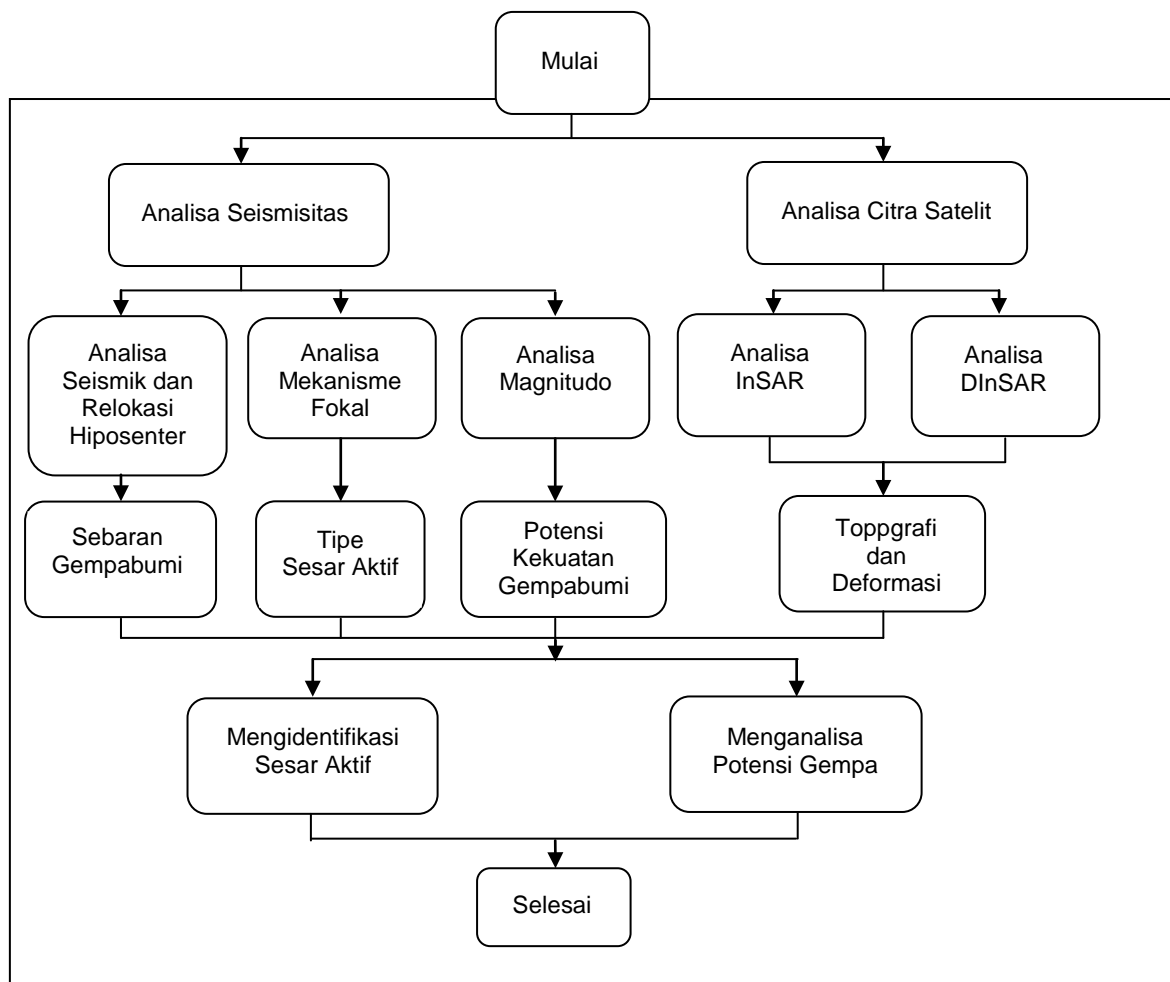


BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode dan Desain Penelitian

Metode pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Digunakan dua analisa pada penelitian ini, yaitu analisa seismisitas dan analisa citra satelit dengan menggunakan data sinyal seismik dan data citra satelit. Desain penelitian dapat dijelaskan dalam diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Sumber: diolah oleh peneliti

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan alamat di Jalan Angkasa I Nomor 2, Kecamatan Kemayoran, Kota Jakarta Pusat, Provinsi DKI Jakarta. Waktu penelitian sudah dilaksanakan dari bulan Juli 2021 sampai Februari 2022 (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	2021						2022	
		Juli	Agust	Sept	Okt	Nop	Des	Jan	Feb
1.	Draft Proposal Tesis	■	■						
2.	Pembimbingan	■	■	■	■	■	■	■	■
3.	Sidang Seminar Proposal Tesis		■						
4.	Perbaikan Proposal Tesis		■	■					
5.	Pengumpulan Data			■	■	■			
6.	Analisa Data				■	■	■		
7.	Penyusunan Laporan Penelitian/Tesis				■	■	■		
8.	Sidang Seminar Hasil Tesis							■	
9.	Sidang Tesis							■	
10.	Perbaikan Tesis							■	■
11.	Penyerahan Tesis kepada Program Studi								■

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

Sugiyono (2017) menjelaskan populasi sebagai suatu lokasi yang secara umum berupa objek atau subjek yang secara terpilih oleh peneliti berdasarkan kriteria yang telah ditentukan oleh peneliti untuk dianalisa dan diambil suatu kesimpulan. Kemudian Ulber (2015) menjelaskan populasi terkait dengan asal dari sampel yang diambil, dapat dalam bentuk benda, objek, kejadian, laporan, organisasi, dan lain-lain. Sampel menurut William S dalam Roger Sapford (2006) merupakan bagian data terpilih dengan kriteria tertentu yang diambil dari populasi. Dalam melakukan penelitian perlu diperhatikan waktu, tenaga dan biaya yang diperlukan. Sehingga sampel penelitian dapat diambil sesuai jadwal penelitian.

Populasi dan sampel pada penelitian ini dilakukan sesuai dengan masing-masing tahap, seperti pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Populasi dan sampel penelitian

Tahap	Metode	Populasi	Sampel
Analisa Seismisitas	Analisa seismik dan relokasi hiposenter	<ul style="list-style-type: none"> • Sinyal seismik yang tercatat di jaringan stasiun seismograf BMKG • Katalog kejadian gempa bumi di sekitar PLTA Cirata 	<ul style="list-style-type: none"> • Sinyal seismik periode April 2009-Desember 2021 di sekitar PLTA Cirata • Katalog kejadian gempa bumi di sekitar PLTA Cirata
	Analisa mekanisme fokal	Data gempa bumi di sekitar PLTA Cirata	Data gempa bumi di PLTA Cirata periode April 2009-Desember 2021

	Analisa magnitudo	Data sebaran gempa bumi di sekitar PLTA Cirata	Data sebaran gempa bumi di PLTA Cirata setelah relokasi hiposenter periode April 2009-Desember 2021
Analisa Citra Satelit	Analisa InSAR dan DInSAR	Rekaman citra Sentinel-1A di sekitar PLTA Cirata	Citra Sentinel-1A tahun 2020 mode <i>Interferometric Wide swath (IW)</i> di sekitar PLTA Cirata

Sumber: diolah oleh peneliti

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian ini digunakan teknik pengumpulan data dengan cara observasi. Metode observasi merupakan suatu metode pengumpulan data yang dapat dilakukan oleh peneliti sendiri. Data dalam penelitian ini diambil dari data kegempaan yang terekam oleh sensor seismograf milik Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan data citra Sentinel-1A milik *European Space Agency* (ESA), seperti pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Teknik pengumpulan data

Tahap	Metode	Teknik Pengumpulan
Analisa Seismisitas	Analisa seismik dan relokasi hiposenter	Mengambil data kegempaan di BMKG

	Analisa mekanisme fokal	Mengambil data kegempaan di BMKG
	Analisa magnitudo	Mengambil data kegempaan di BMKG
Analisa Citra Satelit	Analisa InSAR dan DInSAR	Mengambil data citra Sentinel-1A dari <i>Alaska Satellite Facility</i> (ASF) pada portal https://search.asf.alaska.edu

Sumber: diolah oleh peneliti

3.5 Instrumen Penelitian

Sugiyono (2017) menjelaskan instrumen penelitian sebagai suatu alat yang digunakan dalam suatu penelitian untuk mengukur gejala alam maupun sosial yang akan diteliti. Kemudian menurut Ulber (2015), menjelaskan instrumen penelitian sebagai suatu sarana (*tool*) yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan seperti pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Instrumen penelitian

Tahap	Metode	Variabel
Analisa Seismisitas	Analisa seismik dan relokasi hiposenter	<ul style="list-style-type: none"> • Pembacaan fase gelombang P dan gelombang S • Lokasi stasiun seismograf • Model kecepatan seismik interior bumi
	Analisa mekanisme fokal	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk sinyal waveform • Model kecepatan bumi IASPEI-91 • Momen tensor
	Analisa magnitudo	<ul style="list-style-type: none"> • Sebaran gempa bumi hasil relokasi hiposenter

		<ul style="list-style-type: none"> • Panjang <i>rupture</i>
Analisa Citra Satelit	Analisa InSAR dan DInSAR	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan beda fase (interferogram) • Perubahan <i>displacement</i>

Sumber: diolah oleh peneliti

3.6 Teknik Pengolahan Data

Pada penelitian ini dilakukan teknik pengolahan data dengan melakukan pengolahan metode relokasi hiposenter dengan program hypoDD, pengolahan fokal mekanisme dengan *software* modul scmtv-SeiscompP3 dan pengolahan metode InSAR dan DInSAR dengan *software Sentinel Application Platform* (SNAP) 8.0, seperti pada Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Teknik pengolahan data

Tahap	Metode	Teknik Pengolahan
Analisa Seismisitas	Analisa seismik dan relokasi hiposenter	<ul style="list-style-type: none"> • Software SeiscompP3 • Software hypoDD • Software GMT (<i>Generic Mapping Tools</i>)
	Analisa mekanisme fokal	Software scmtv-SeiscompP3
	Analisa magnitudo	Rumus korelasi panjang <i>rupture</i> dengan besar magnitudo (Wells and Coppersmith, 1994)
Analisa Citra Satelit	Analisa InSAR dan DInSAR	Software SNAP 8.0 (<i>SeNtinel Application Platform</i>)

Sumber: diolah oleh peneliti

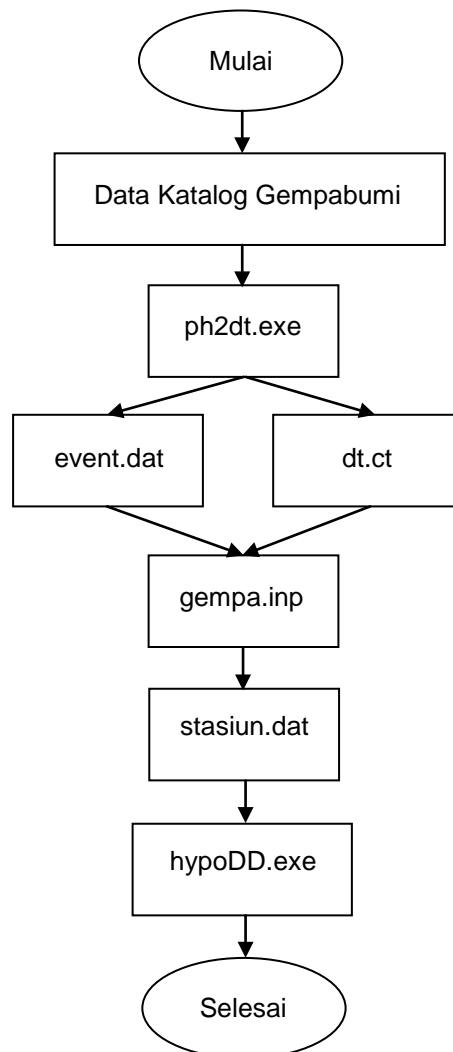
3.6.1 Pengolahan Relokasi Hiposenter

Pengolahan relokasi hiposenter menggunakan program hypoDD. HypoDD merupakan paket program dengan bahasa pemrograman Fortran untuk melakukan proses relokasi gempa bumi dengan menggunakan algoritma *double-difference* (Waldhauser dan Ellsworth, 2000). Prinsip hypoDD adalah menghitung waktu tempuh pada model kecepatan berlapis (kecepatan bergantung pada kedalaman) di pembacaan fase yang terekam di setiap stasiun seismograf untuk menentukan posisi hiposenter yang akurat. Sisa dari *double difference* untuk pasangan gempa bumi di setiap stasiun seismograf diminimalkan dengan pembobotan kuadrat terkecil (*weighted least square*) menggunakan metode *singular value decomposition* (SVD) atau metode *conjugate gradients* (LSQR, Paige dan Saunders, 1982). Penyelesaian didapatkan dari hasil iterasi pada perbedaan vektor antara pasangan hiposenter terdekat dengan lokasi serta turunan parsial diperbarui setiap iterasi.

Pada teknik *double difference* dimungkinkan menggunakan kombinasi pengambilan fase biasa dari data katalog gempa bumi dan/atau waktu tempuh diferensial keakuratan tinggi dari hubungan fase gelombang P dan/atau S (data korelasi silang). Yang pertama dinyatakan sebagai waktu tempuh diferensial sehingga persamaan yang sama digunakan untuk kedua jenis data. Perbedaan waktu tempuh ditentukan untuk mengkaitkan semua kemungkinan pasangan lokasi yang ada datanya. Digunakan pembobotan secara dinamis, sehingga kualitas data dan akurasi pengukuran yang berbeda memungkinkan untuk digunakan, sehingga jarak antar kejadian pada kelompok kejadian yang berhubungan (kelipatan) dapat ditentukan dengan akurasi data waktu tempuh diferensial, sedangkan untuk lokasi relatif antara kelipatan dan tidak berhubungan, ditentukan untuk keakuratan data katalog.

Proses relokasi gempa bumi dengan metode hypoDD dilakukan dengan dua tahap. Pada tahap pertama dilakukan analisa data fase

katalog gempa bumi dan/atau data sinyal seismik agar diperoleh perbedaan waktu tempuh untuk pasangan gempa bumi. Pada tahap ini diperlukan penyaringan data agar mengoptimalkan keterkaitan dengan kejadian gempa bumi dan meminimalkan redundansi pada kumpulan data.



Gambar 3.2 Diagram alir metode hypoDD

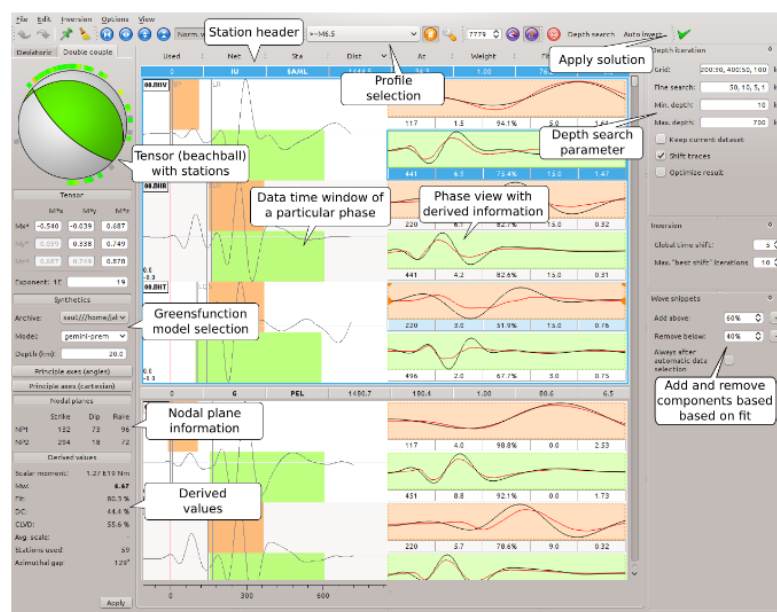
Sumber: diolah oleh peneliti

Tahap pertama menggunakan program Fortran dengan nama file *ph2dt*. Kemudian tahap kedua, data waktu tempuh diferensial dari hasil pengolahan tahap pertama digunakan untuk penentuan lokasi hiposenter

double difference. Tahap kedua menggunakan program Fortran dengan nama file *hypoDD*. Alur dari proses pengolahan relokasi hiposenter dengan metode *hypoDD* seperti pada Gambar 3.2.

3.6.2 Pengolahan Mekanisme Fokal

Pengolahan mekanisme fokal digunakan untuk mengetahui jenis sesar suatu gempa bumi. Pengolahan data dengan menggunakan modul *scmtv-SeiscomP3* menggunakan model bumi IASPEI-91. Model IASPEI-91 adalah nama model referensi umum untuk kecepatan seismik interior bumi. Model IASPEI-91 adalah model kecepatan 1D berparameter yang mewakili ringkasan karakteristik waktu transit global untuk radius bumi rata-rata 6371 km (Brian LN Kennett dan E. Robert Engdahl, 1991). Tujuan pengolahan dengan *software* modul *scmtv-SeiscomP3* ini adalah untuk menghasilkan jenis sesar dan parameter mekanisme fokal, yaitu *strike*, *dip* dan *rake*.



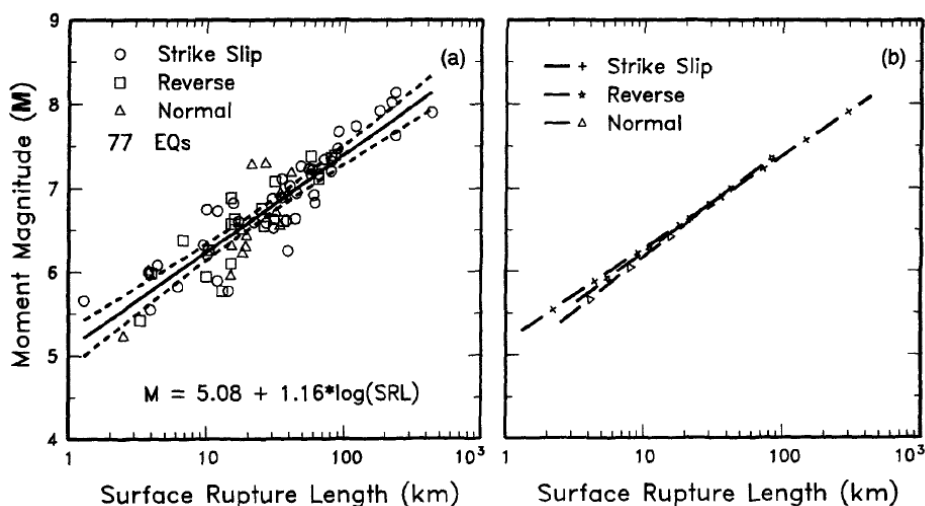
Gambar 3.3 Tampilan *waveform editor* pada modul *scmtv* yang dapat digunakan untuk menganalisa bentuk gelombang dan secara interaktif memandu dan meningkatkan solusi Momen Tensor (MT).

Sumber: <https://docs.gempa.de/mt/current/apps/scmtv.html>

Prinsip dari pengolahan menggunakan *scmtv-SeiscomP3* adalah data sinyal seismik yang merekam gempa bumi dianalisa secara interaktif untuk mendapatkan hasil solusi momen tensor. Momen tensor dari enam komponen penuh dapat dihitung dengan baik pada kedalaman *centroid*. Modul *scmtv* juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan parameter kontrol interaktif dan secara otomatis untuk mendatakan hasil inversi momen tensor otomatis pada menu *scoutmt*. Satuan dari nilai momen tensor adalah Nm. Nilai momen tensor menunjukkan visualisasi dari model jenis sesar gempa bumi tersebut. Penentuan parameter jenis sesar diperoleh dari hasil inversi momen tensor. Yang menentukan inversi adalah komponen momen tensor, data seismogram dan fungsi *green*.

3.6.3 Pengolahan Magnitudo

Pengolahan magnitudo digunakan untuk mengetahui potensi maksimum magnitudo yang mungkin dapat terjadi. Pada penelitian ini pengolahan magnitudo menggunakan analisa grafik hubungan antara panjang *rupture* permukaan dengan magnitudo dari penelitian Wells dan Coppersmith (1994).



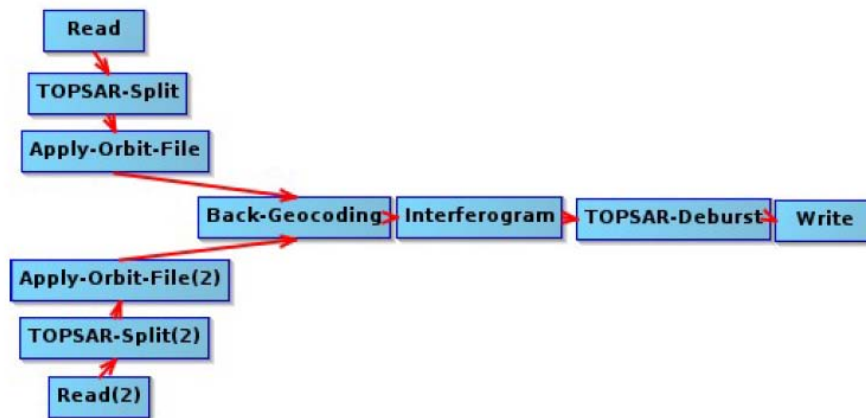
Gambar 3.4 Korelasi panjang ruptur dengan besar magnitudo gempa bumi

Sumber: Wells dan Coppersmith, 1994

Dimana Wells dan Coppersmith melakukan penelitian dengan menggunakan data sejarah kegempaan dibandingkan dengan data panjang *rupture* yang mendeskripsikan patahan di permukaan. Hasil grafik hubungan antara panjang *rupture* permukaan dengan magnitudo seperti pada Gambar 3.4

3.6.4 Pengolahan Synthetic Aperture Radar (SAR)

Pengolahan SAR dilakukan dengan dua metode, yaitu metode *Interferometry Synthetic Aperture Radar* (InSAR) dan *Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar* (DInSAR). Pengolahan dengan metode InSAR dilakukan dengan cara menggunakan beda fase gelombang elektromagnet untuk mendapatkan nilai beda fase pada permukaan bumi. Proses pengolahan dengan metode InSAR seperti pada Gambar 3.5.

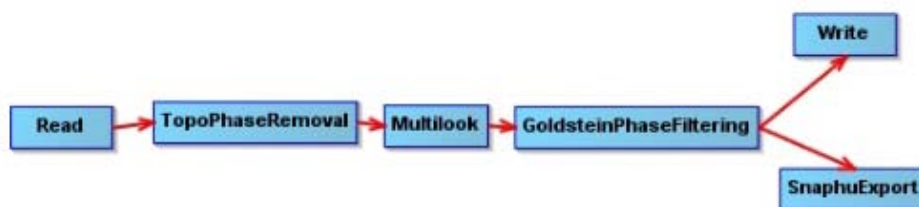


Gambar 3.5 Diagram alir metode InSAR menggunakan software SNAP 8.0

Sumber: diolah oleh peneliti

Sedangkan metode DInSAR merupakan metode pengolahan data InSAR dengan melakukan pendiferensialkan. Prinsip metode ini yaitu dengan menggunakan dua pasang interferogram, kemudian dihilangkan efek topografinya, sehingga didapatkan perubahan *displacement* dengan

ketelitian hingga milimeter. Jadi, hasil yang diperoleh dari metode DInSAR ini adalah perubahan *displacement* pada permukaan bumi. Proses pengolahan dengan metode DInSAR seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram alir metode DInSAR menggunakan software SNAP 8.0

Sumber: diolah oleh peneliti

3.7 Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisa data dengan cara melakukan analisa terkait hasil pengolahan gempa bumi, relokasi hiposenter, analisa tipe mekanisme gempa bumi dan analisa potensi maksimum kekuatan gempa bumi dan analisa terkait perubahan topografi dan deformasi di lokasi penelitian seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Teknik analisa data

Tahap	Metode	Variabel
Analisa Seismisitas	Analisa seismik dan relokasi hiposenter	<ul style="list-style-type: none"> • Parameter gempa bumi • Lokasi hiposenter hasil relokasi
	Analisa mekanisme fokal	Tipe sesar (<i>strike</i> , <i>dip</i> dan <i>rake</i>)
	Analisa magnitudo	<ul style="list-style-type: none"> • Magnitudo • Panjang <i>rupture</i>
Analisa Citra Satelit	Analisa InSAR dan DInSAR	<ul style="list-style-type: none"> • Beda fase (interferogram) • <i>Displacement</i>

Sumber: diolah oleh peneliti