

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

4.1.1 Data Seismisitas

Data seismisitas di dapat dari jaringan sensor sesimik milik BMKG. Dari data seismik ini kemudian diproses menjadi data gempa bumi. Data gempa bumi merupakan kejadian gempa bumi yang terjadi di lokasi sekitar PLTA Cirata yang tercatat dan dianalisa oleh Pusat Gempa Bumi dan Tsunami, Kedeputusan Bidang Geofisika, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) di kantor BMKG, Kemayoran, Jakarta. Data berupa informasi parameter kejadian gempa bumi yang terdiri dari, waktu kejadian, lokasi kejadian, kedalaman gempa bumi dan besar kekuatan gempa bumi.

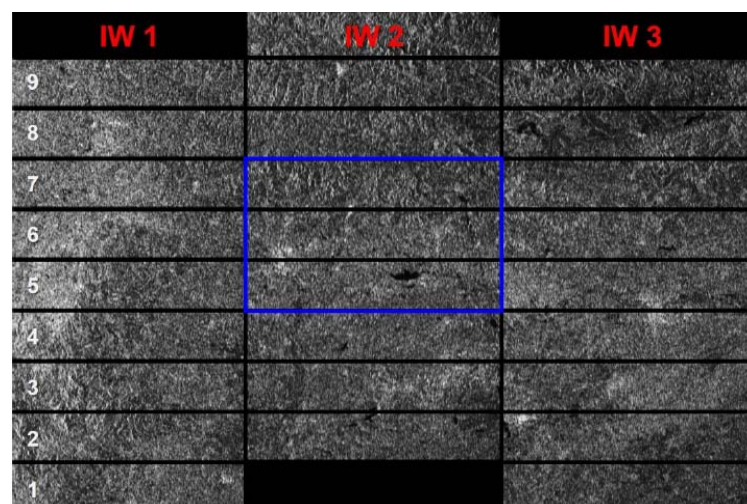


Gambar 4.1 Sinyal seismik dilihat dengan Software SeiscomP3

Sumber: diolah oleh peneliti

4.1.2 Data Citra Satelit

Data citra satelit Sentinel-1A merupakan citra radar aktif yang diperoleh dari *Alaska Satellite Facility* (ASF) pada portal (<https://search.asf.alaska.edu>). Citra Sentinel-1A merupakan jenis sensor SAR dengan frekuensi di pita C (*C-band*) yang diluncurkan oleh ESA pada 3 April 2014 dengan resolusi temporal 12 hari. Citra satelit Sentinel-1A terdiri dari empat (4) mode, yaitu mode *Interferometric Wide swath* (IW), mode *Extra Wide swath* (EW), mode *Strip-Map* (SM) dan mode *Wave* (WV). Pada penelitian ini hanya digunakan data dengan mode *Interferometric Wide swath* (IW). Mode IW ini merupakan mode dalam Sentinel-1A yang dikhususkan untuk merekam citra *Synthetic Aperature Radar* (SAR). Resolusi spasialnya 5 m x 20 m (tampilan tunggal) yang merekam data dengan luas 250 km. Mode IW merekam 3 *sub-swaths* menggunakan *Terrain Observation with Progressive Scans SAR* (TOPSAR) yaitu IW1, IW2 dan IW3 (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Contoh citra Sentinel-1A yang terdiri dari 3 *sub-swaths* (merah), 9 hamburan (putih) dan lokasi yang dipilih (biru).

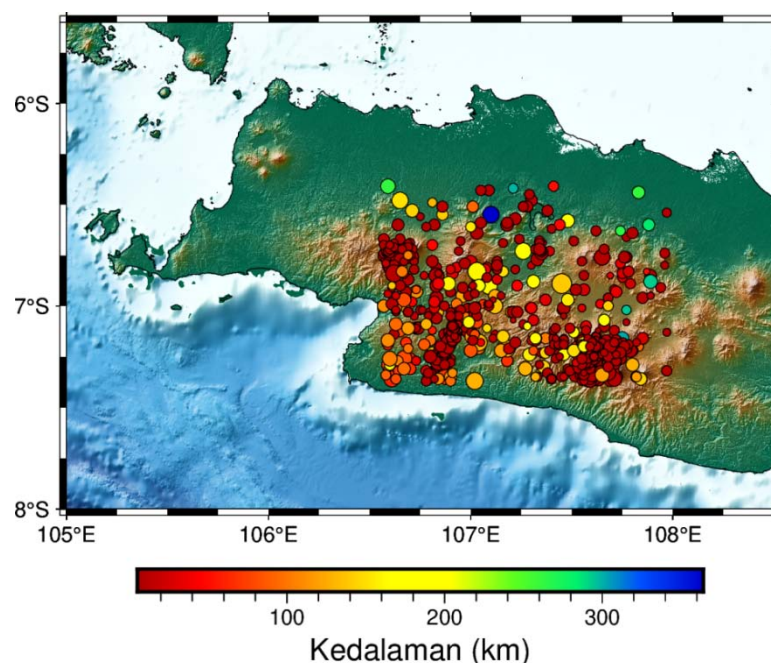
Sumber: Andreas Braun dan Luis Veci, 2021

Kemudian tiap IW tersebut terdiri dari 9 sampai 12 hamburan (*bursts*). Teknik TOPSAR digunakan untuk mengarahkan sinar dalam rentang yang masih dapat dijangkau, seperti pada teknik ScanSAR. Selain itu, juga digunakan untuk menghindari *scalloping*, mendapatkan kualitas gambar yang sama di seluruh petak (*swath*) dan mengarahkan sinar secara elektronik dari belakang ke depan dalam arah azimuth untuk setiap hamburan (*burst*).

4.2 Hasil Pengumpulan Data

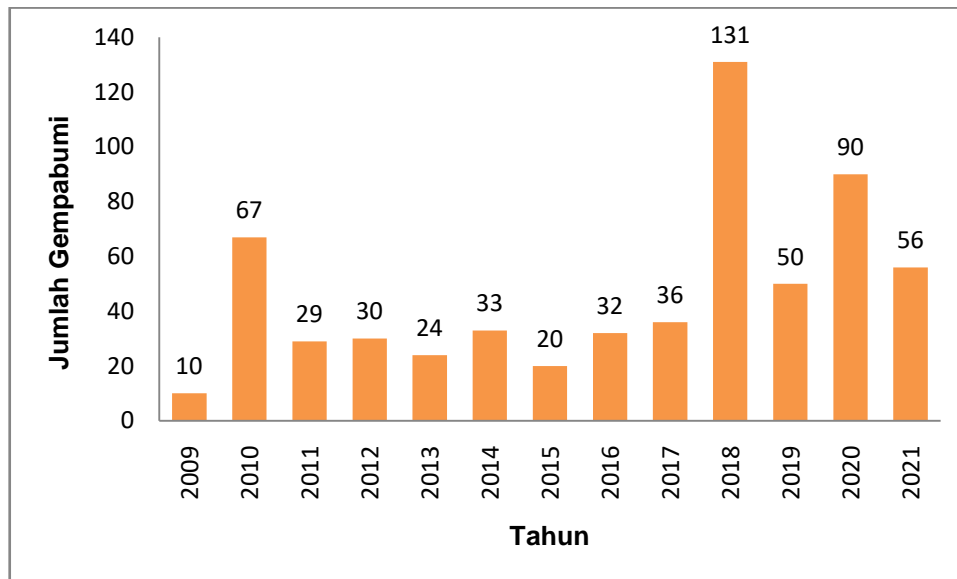
4.2.1 Hasil Pengumpulan Data Seismisitas

Data seismisitas dikumpulkan dari periode April 2009 sampai Desember 2021 di wilayah sekitar PLTA Cirata dengan koordinat 6,390905 LS – 7,378422 LS, 106,564052 BT – 107,989512 BT tercatat gempa bumi sebanyak 608 kejadian (Lampiran 1), sebaran gempa bumi seperti pada Gambar 4.3 dan jumlah kejadian gempa bumi tiap tahun seperti pada Grafik 4.1



Gambar 4.3 Sebaran gempa bumi di sekitar PLTA Cirata periode April 2009 sampai Desember 2021

Sumber: diolah oleh peneliti



Grafik 4.1 Jumlah kejadian gempa bumi periode April 2009 – Desember 2021 di sekitar PLTA Cirata

Sumber: diolah oleh peneliti

4.2.2 Hasil Pengumpulan Data Citra Satelit

Data citra satelit menggunakan data rekaman citra Sentinel-1A yang dikumpulkan berdasarkan kejadian gempa bumi yang terjadi di sekitar PLTA Cirata. Didapatkan data Sentinel-1A selama periode tahun 2020 sebanyak 6 buah, yaitu:

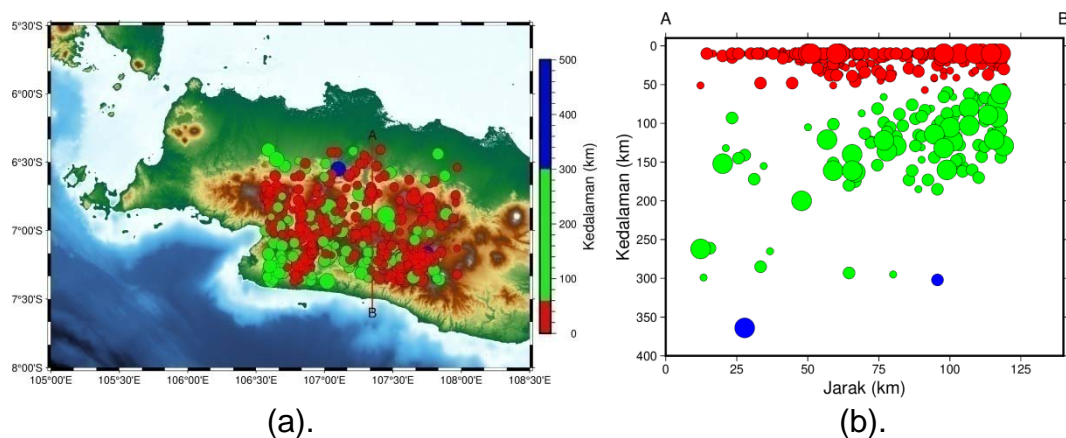
- a. S1A_IW_SLC__1SDV_20200110T223350_20200110T223418_030744_03866D_8BD0
- b. S1A_IW_SLC__1SDV_20200122T223350_20200122T223418_030919_038C93_3BB2
- c. S1A_IW_SLC__1SDV_20200310T223349_20200310T223417_031619_03A4DC_8BC8
- d. S1A_IW_SLC__1SDV_20200322T223349_20200322T223417_031794_03AB02_A970
- e. S1A_IW_SLC__1SDV_20200918T223358_20200918T223426_034419_0400E1_D73F

f. S1A_IW_SLC__1SDV_20200930T223358_20200930T223426_034
594_040714_BC60

4.3 Hasil Pengolahan Data

4.3.1 Hasil Pengolahan Data Seismisitas

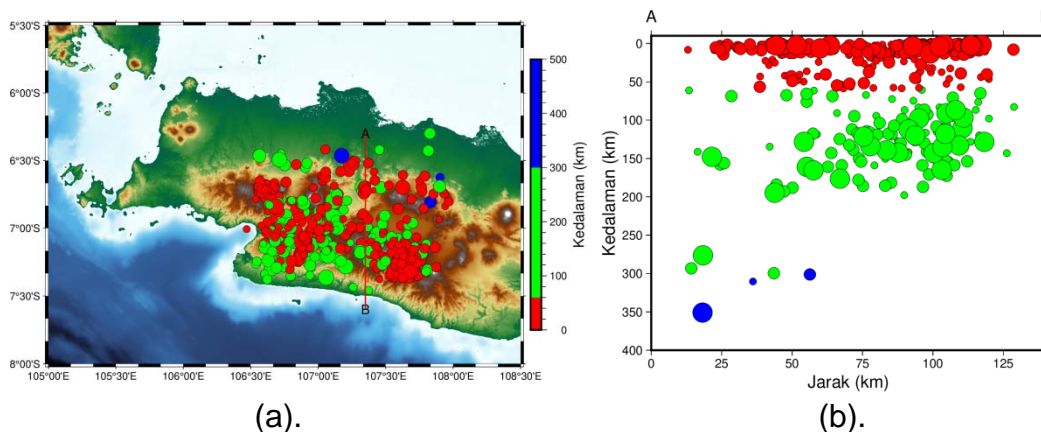
Pengolahan data seismisitas dari katalog gempa bumi BMKG selama periode April 2009 sampai Desember 2021 di wilayah sekitar PLTA Cirata dilakukan relokasi hiposenter. Gambar 4.4 merupakan hasil dari katalog gempa bumi BMKG yang belum dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode relokasi hiposenter.



Gambar 4.4 (a). Sebaran Gempa di sekitar Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sebelum relokasi ; (b). Cross-section Gempa di sekitar Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sebelum relokasi

Sumber: diolah oleh peneliti

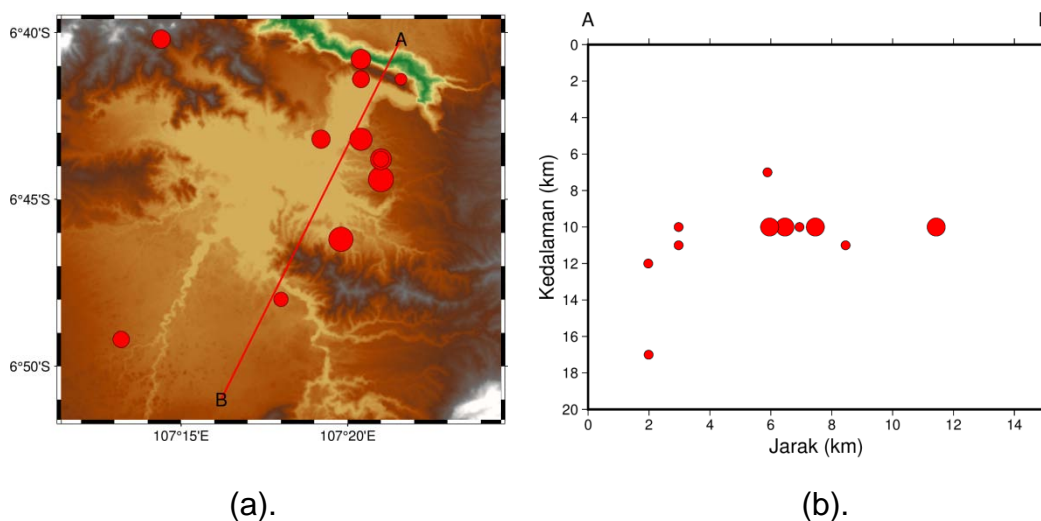
Metode relokasi hiposenter yang digunakan adalah metode relokasi hiposenter hypoDD. Didapatkan hasil pengolahan relokasi gempa bumi seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 (a). Sebaran Gempa di sekitar Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sesudah relokasi; (b). Cross-section Gempa di sekitar Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sesudah relokasi

Sumber: diolah oleh peneliti

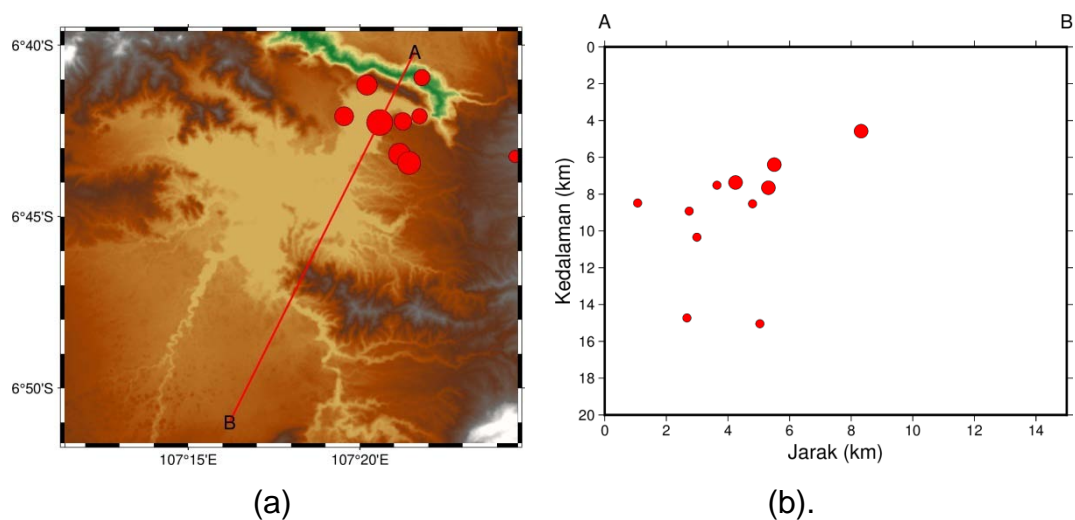
Untuk kegempaan di daerah sekitar PLTA Cirata dari Gambar 4.5 diatas difokuskan di Bendungan Cirata.



Gambar 4.6 (a). Sebaran gempa di PLTA Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sebelum relokasi; (b). Cross-section gempa di PLTA Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sebelum relokasi

Sumber: diolah oleh peneliti

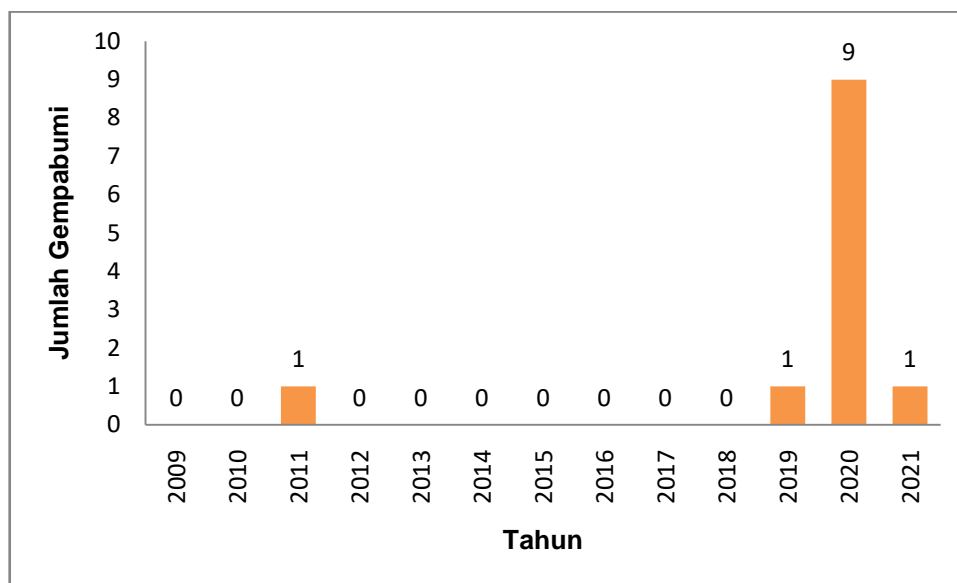
Didapatkan hasil pengolahan dan sebaran gempa bumi sebelum dilakukan relokasi hiposenter seperti pada Gambar 4.6. Kejadian gempa bumi yang dilakukan analisa hanya gempa bumi dangkal dengan kedalaman 0 – 60 km, dimana gempa bumi dangkal merupakan gempa bumi akibat adanya patahan atau sesar aktif di darat. Kemudian, dilakukan pengolahan relokasi hiposenter dengan metode hypoDD diperoleh sebaran gempa bumi seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 (a). Sebaran gempa di PLTA Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sesudah relokasi; (b). Cross-section gempa di PLTA Cirata periode April 2009 – Desember 2021 sesudah relokasi

Sumber: diolah oleh peneliti

Jumlah kejadian gempa bumi dangkal periode April 2009 sampai dengan Desember 2021 di PLTA Cirata sebanyak 12 kejadian, seperti pada Grafik 4.2. Dengan kekuatan magnitudo gempa bumi berkisar antara M 1,8 sampai M 3,8 (Tabel 4.1).



Grafik 4.2 Jumlah kejadian gempa bumi dangkal periode April 2009 – Desember 2021 di PLTA Cirata

Sumber: diolah oleh peneliti

Tabel 4.1 Kejadian gempa bumi dangkal di PLTA Cirata

| No. | Tanggal | Waktu (UTC) | Lintang | Bujur | Kedalaman (km) | Magnitudo |
|-----|-------------------|-------------|---------|--------|----------------|-----------|
| 1 | 3 September 2011 | 17:49:01 | -6.75 | 107.35 | 11 | 2.8 |
| 2 | 22 Agustus 2019 | 13:33:29 | -6.8 | 107.3 | 19 | 2.2 |
| 3 | 14 Januari 2020 | 20:16:07 | -6.77 | 107.33 | 10 | 3.7 |
| 4 | 11 Maret 2020 | 14:41:32 | -6.74 | 107.35 | 10 | 3.8 |
| 5 | 11 Maret 2020 | 14:51:49 | -6.69 | 107.34 | 11 | 2.3 |
| 6 | 11 Maret 2020 | 15:50:14 | -6.69 | 107.36 | 17 | 1.8 |
| 7 | 15 Maret 2020 | 17:40:41 | -6.73 | 107.35 | 10 | 3.2 |
| 8 | 16 Maret 2020 | 2:09:17 | -6.73 | 107.35 | 10 | 2.4 |
| 9 | 19 September 2020 | 3:21:09 | -6.72 | 107.32 | 10 | 2.8 |
| 10 | 19 September 2020 | 13:25:55 | -6.68 | 107.34 | 12 | 3 |
| 11 | 30 Oktober 2020 | 22:25:04 | -6.69 | 107.34 | 10 | 2.6 |
| 12 | 7 Desember 2021 | 22:18:34 | -6.72 | 107.34 | 10 | 3.4 |

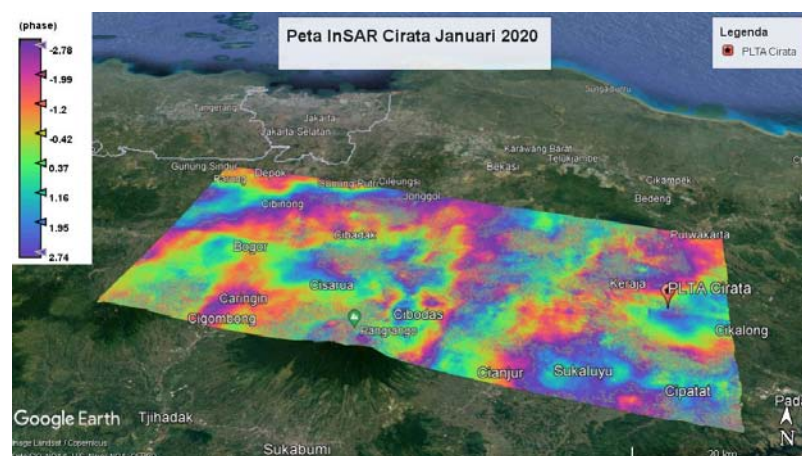
Sumber: diolah oleh peneliti

Dimana ada beberapa gempa bumi yang dilaporkan dirasakan sampai II – III MMI (*Modified Mercalli Intensity*), yaitu:

- Gempa bumi yang terjadi hari Rabu, 11 Maret 2020 pada pukul 21:41:33 WIB, lokasi di 6,72 LS – 107,31 BT (22 km Timur Laut Kab. Cianjur), kedalaman gempa 2 km, magnitudo M 3,7, dirasakan di Plered II-III MMI dan Cikalong Wetan II MMI.
- Gempa bumi yang terjadi hari Senin, 16 Maret 2020 pada pukul 00:40:41 WIB, lokasi 6,73 LS – 107,33 BT (22 km Barat Daya Kab. Purwakarta), kedalaman gempa 4 km, magnitudo M 3,2, dirasakan di Purwakarta II-III MMI.
- Gempa bumi yang terjadi hari Rabu, 8 Desember 2021 pada pukul 05:18:33 WIB, lokasi di 6,71 LS – 107,35 BT (18 km Barat Daya Purwakarta), kedalaman gempa 7 km, magnitudo M 3,4, dirasakan di Cirata, Cipeundeuy dan Maniis III MMI serta di Purwakarta II MMI.

4.3.2 Hasil Pengolahan Data Citra Satelit

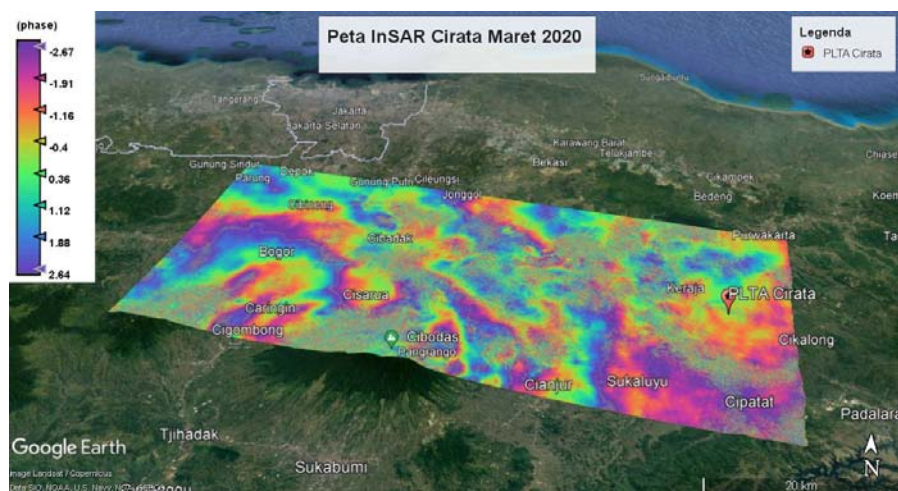
Pengolahan data citra satelit dilakukan dua pengolahan, yaitu pengolahan InSAR dan DInSAR. Hasil pengolahannya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.8 Hasil pengolahan dengan metode InSAR periode bulan Januari 2020

Sumber: diolah oleh peneliti

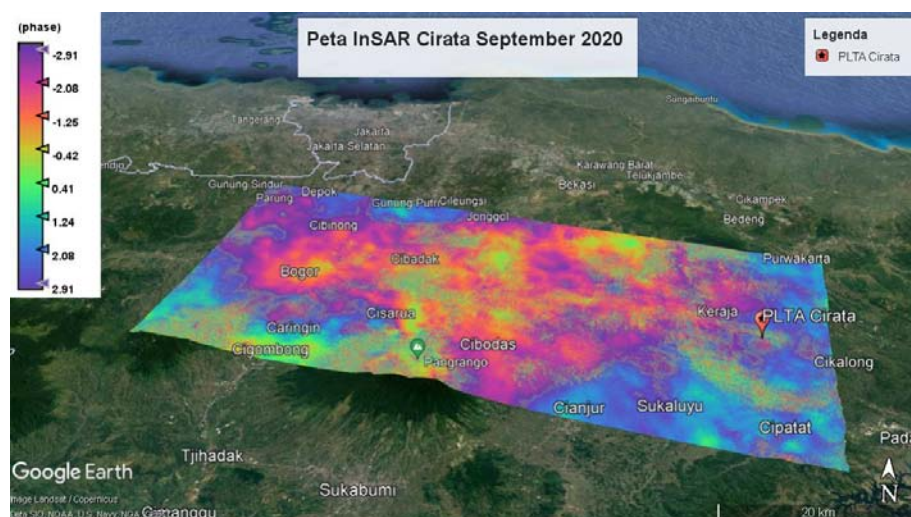
Gambar 4.8 menunjukkan hasil pengolahan dengan metode InSAR pada bulan Januari 2020 yang terlihat ada beda fase di lokasi penelitian.



Gambar 4.9 Hasil pengolahan dengan metode InSAR periode bulan Maret 2020

Sumber: diolah oleh peneliti

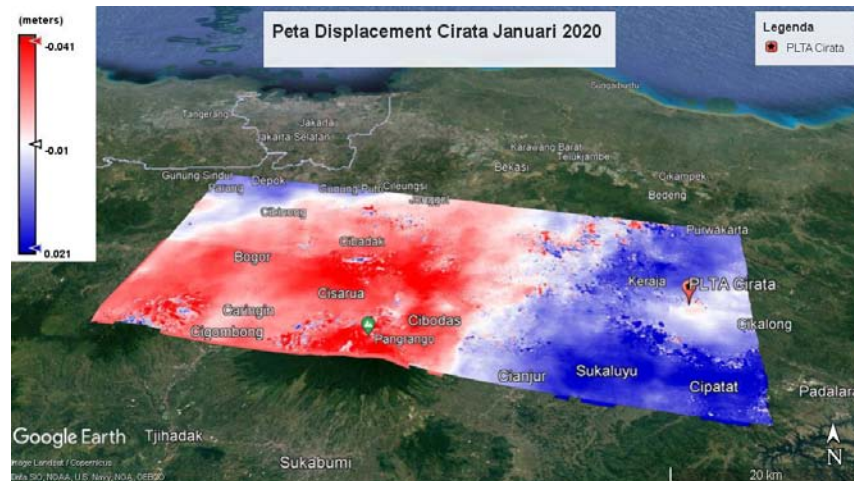
Gambar 4.9 menunjukkan adanya pola beda fase pada lokasi PLTA Cirata pada periode bulan Maret 2020 dengan menggunakan metode InSAR.



Gambar 4.10 Hasil pengolahan dengan metode InSAR periode bulan September 2020

Sumber: diolah oleh peneliti

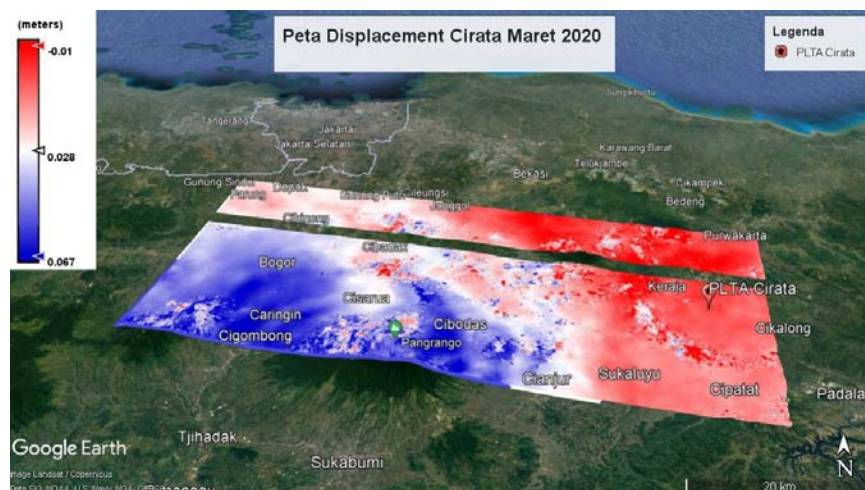
Gambar 4.10 menunjukkan bahwa pada daerah PLTA Cirata terlihat ada beda fase pada bulan September 2020 dengan metode InSAR.



Gambar 4.11 Hasil pengolahan dengan metode DInSAR periode bulan Januari 2020

Sumber: diolah oleh peneliti

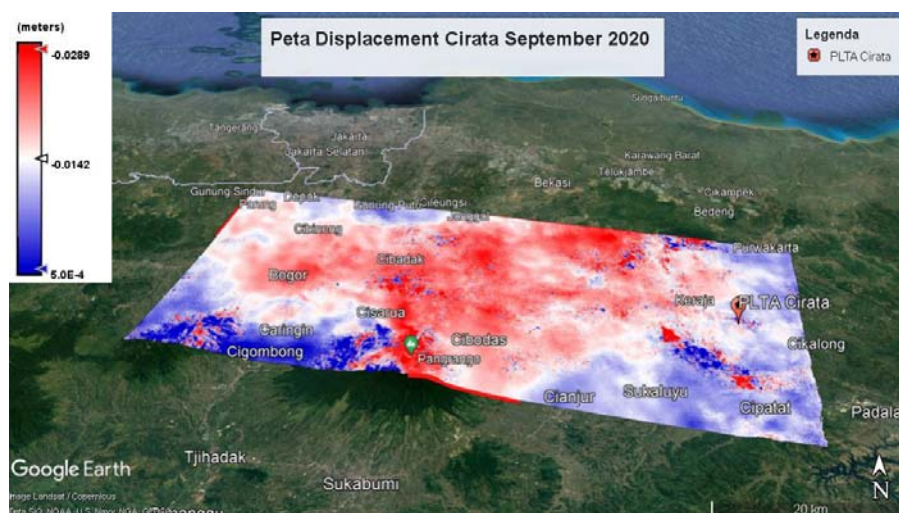
Gambar 4.11 menunjukkan terjadi perubahan *displacement* pada lokasi di PLTA Cirata pada periode bulan Januari 2020 dengan menggunakan metode DInSAR.



Gambar 4.12 Hasil pengolahan dengan metode DInSAR periode bulan Maret 2020

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar 4.12 menunjukkan lokasi di PLTA Cirata terjadi perubahan *displacement* pada periode bulan Maret 2020 dengan menggunakan metode DInSAR.



Gambar 4.13 Hasil pengolahan dengan metode DInSAR periode bulan September 2020

Sumber: diolah oleh peneliti

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa terjadi perubahan *displacement* di lokasi PLTA Cirata dengan menggunakan metode DInSAR.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Analisa Seismisitas

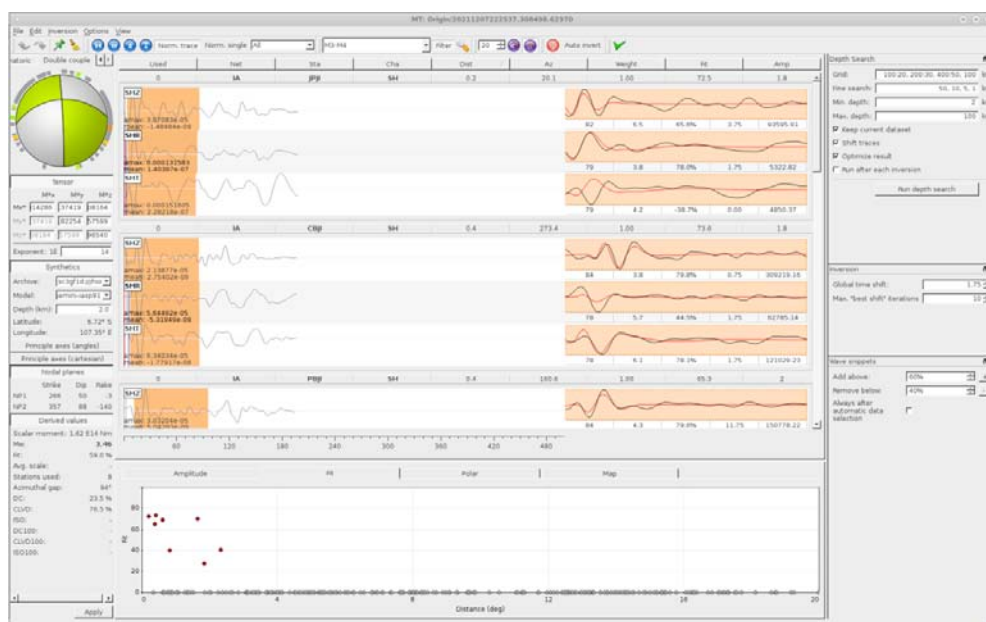
4.4.1.1 Analisa Relokasi Hiposenter

Hasil pengolahan analisa seismisitas diperoleh hasil relokasi hiposenter gempa disekitar PLTA Cirata, seperti Gambar 4.7. Sebelum dilakukan relokasi hiposenter terlihat sebaran gempa menyebar diseluruh sisi Bendungan Cirata, di sisi Timur, Barat dan Selatan (Gambar 4.7.a). Setelah dilakukan relokasi hiposenter sebaran gempa berkumpul di sisi sebelah Utara-Timur saja. (Gambar 4.7.b). Hal ini mengindikasikan bahwa sesar Cirata berada di sisi sebelah Timur Bendungan Cirata. Dari

distribusi sebaran gempa setelah dilakukan relokasi hiposenter terlihat bahwa arah dari sebaran gempa tersebut memiliki pola kearah Barat Daya – Timur Laut. Hal ini ada kesesuaian dengan peneliti sebelumnya yang menunjukkan bahwa arah dari sebaran gempa di sekitar Cirata adalah Barat Daya – Timur Laut (Priyobudi, dkk, 2021).

4.4.1.2 Analisa Mekanisme Fokal

Dari hasil pengolahan mekanisme fokal menunjukkan bahwa nilai strike 266° , dip 50° dan rake -3° . (Gambar 4.14).



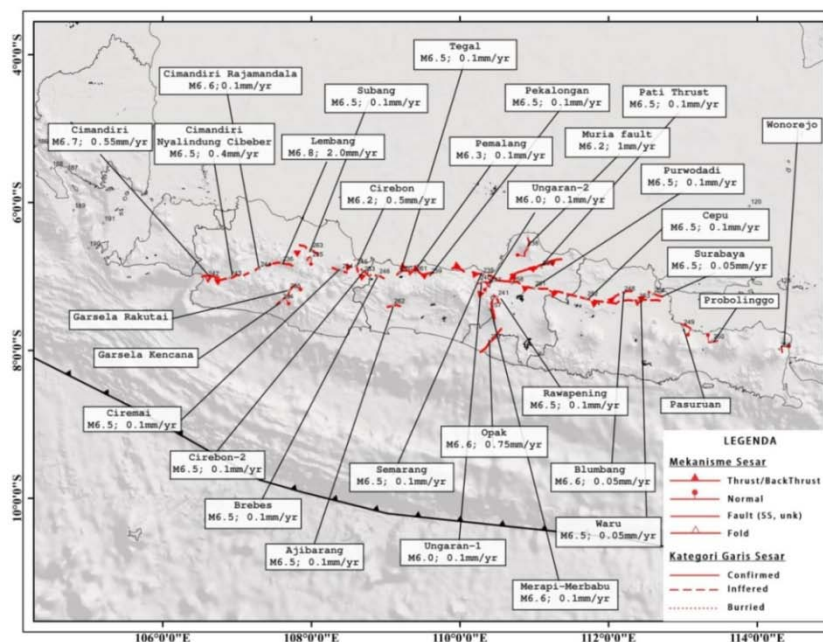
Gambar 4.14 Hasil analisa fokal mekanisme gempa bumi Cirata 07 Desember 2021 dengan menggunakan modul scmtv dalam Software SeiscomP3

Sumber: diolah oleh peneliti

Hasil pengolahan mekanisme fokal ini menunjukkan bahwa sesar Cirata adalah sesar mendatar (*strike slip*). Kemudian arah dari patahan Cirata adalah mengarah ke arah Barat-Barat Daya, Timur-Timur Laut dengan kemiringan bidang patahan 50° .

4.4.1.3 Analisa Magnitudo

Dari distribusi sebaran gempa bumi dapat diperkirakan panjang dari patahan Cirata sepanjang 9 km. Dari penelitian Wells dan Coppersmith (1994) dapat diperkirakan potensi magnitudo gempanya (Gambar 3.4). Dari korelasi yang tersebut dapat diperkirakan potensi magnitudo yang dapat terjadi pada sesar Cirata adalah M_w 6,2. Peneliti sebelumnya memperkirakan potensi magnitudo di Cirata sebesar M_w 6,7 (Priyobudi, dkk, 2021) dan M 7,0 (Soehaimi, A., 2008). Perbedaan perkiraan magnitudo ini wajar karena distribusi kegempaan di sekitra Cirata yang masih terbatas, sehingga dalam proses pengolahan dari tiap-tiap penulis yang berbeda metode menyebabkan perbedaan penentuan perkiraan panjang dari daerah patahan yang berpotensi pecah (*rupture*). Dari peta sesar aktif yang dikeluarkan PuSGeN (Gambar 4.15), menunjukkan bahwa sesar-sesar aktif di sekitar Cirata berpotensi terjadi gempa bumi berkekuatan M 6,5 (sesar Cimandiri Nyalindung Cibeber), M 6,6 (sesar Cimandiri Rajamandala), M 6,7 (sesar Cimandiri) dan M 6,8 (sesar Lembang).



Gambar 4.15 Potensi magnitudo maksimum di sekitar PLTA Cirata

Sumber: Katalog Gempa bumi PuSGeN, 2017

4.4.2 Analisa Citra Satelit

4.4.2.1 Analisa InSAR

Metode InSAR memanfaatkan perbedaan fase antara dua pengamatan radar kompleks yang diambil dari posisi sensor yang sedikit berbeda dan mengekstrak informasi tentang permukaan bumi. Dari hasil pengolahan citra Sentinel-1A pada Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 dengan metode InSAR terlihat terlihat perbedaan fase disekitar sisi Timur PLTA Cirata yang mengarah Barat Daya – Timur Laut. Nilai fase di sisi Timur cenderung bernilai positif antara 0,36 sampai 2,91. Kemudian sisi Bendungan Cirata ke arah Barat memiliki nilai fase negatif antara -0,24 sampai -2,91. Hal ini bersesuaian dengan pola sebaran gempa bumi hasil relokasi hiposenter yang berada di sisi Utara - Timur PLTA Cirata.

4.4.2.2 Analisa DInSAR

Dengan menggabungkan fase kedua gambar tersebut setelah koregistrasi, dapat dihasilkan interferogram yang fasenya sangat berkorelasi dengan topografi medan. Dalam pengolahan *differential interferometry* (DInSAR), kontribusi fase topografi ini dihilangkan dengan menggunakan model elevasi digital (DEM). Variasi yang tersisa dalam interferogram dapat dikaitkan dengan perubahan permukaan yang terjadi antara dua tanggal akuisisi gambar, serta efek atmosfer yang tidak diinginkan. Terlihat hasil pengolahan dengan metode DInSAR pada Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 terjadi pergeseran (*displacement*) di sekitar PLTA Cirata sebesar 1 sampai 2 cm. Citra Sentinel-1A yang dianalisa menggunakan data kejadian sebelum dan sesudah gempa bumi dengan magnitudo kecil yaitu M 3 sampai M 3,7. Tentunya dengan perkiraan potensi maksimum gempa di sekitar PLTA Cirata sebesar Mw 6,2 dapat mengakibatkan pergeseran permukaan yang lebih besar.