

ANALISA POLA DEFORMASI STASIUN CORS BIG SEKITAR PUSAT GEMPA DI KABUPATEN PANDEGLANG 14 JANUARI 2022

Ridho Rizkandi¹, Fauzan Murdapa², Eko Rahmadi³, Romi Fadly⁴

^{1,2,3,4}*Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng, Bandar Lampung, Lampung 35145
email korespondensi: rrizkandi@gmail.com

(Diterima 9 September 2022, Disetujui 29 Desember 2022)

Abstrak

Secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang menjadi tempat bertemunya empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Kondisi tersebut sangat berpotensi sekaligus rawan bencana gempa bumi. Pada 14 Januari 2022 terjadi gempa bumi di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang. Gempa bumi yang terjadi berkekuatan 6,7 Magnitudo dengan kedalaman 10 Km (BMKG, 2022). Untuk itu perlu dilakukannya penelitian deformasi yang terjadi di wilayah terdampak gempa untuk mengetahui perubahan pergeseran dan pola arah yang terjadi.

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data Rinex 7 Stasiun CORS BIG, Data Rinex 12 Stasiun IGS, file precise ephemeris final orbit dan, file broadcast ephemeris. Data tersebut akan diproses menggunakan GAMIT/GLOBK untuk mendapatkan nilai Velocity dari data tersebut. Setelah itu nilai Velocity dari data tersebut dilakukan uji statistik untuk mengetahui apakah sebelum dan sesudah gempa mengalami perubahan pola pergeseran arah dan kecepatan secara signifikan.

Hasil penelitian ini adalah nilai kecepatan pergeseran stasiun CORS sebelum gempa 14 Januari 2022 adalah -1,119 mm/13hari sampai 6,15 mm/13hari untuk arah timur, -3,599 mm/13hari sampai 7,163 mm/13hari untuk arah utara, sedangkan nilai kecepatan pergeseran stasiun CORS sesudah gempa 14 Januari 2022 adalah -2,842 mm/13hari sampai 5,907 mm/13hari untuk arah timur, -7,945 mm/13hari sampai 5,165 mm/13hari untuk arah utara. Sedangkan Nilai perubahan kecepatan pergeseran horizontal terbesar antara sebelum dan sesudah gempa adalah stasiun CPSR dengan nilai 3,985 mm dimana stasiun CPSR berada di area terdampak gempa paling berat. Sedangkan nilai perubahan kecepatan pergeseran horizontal terkecil antara sebelum dan sesudah gempa adalah stasiun CRKS dengan nilai 0,145 mm.

Kata Kunci: *Gempa, GAMIT/GLOBK, Kecepatan, CORS.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Pada bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik (volcanic arc) yang memanjang dari Pulau Sumatera, Jawa – Nusa Tenggara, Sulawesi, yang sisinya berupa pegunungan vulkanik tua dan dataran rendah yang sebagian didominasi oleh rawa-rawa. Kondisi tersebut sangat berpotensi sekaligus rawan bencana seperti letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor. Data menunjukkan bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kegempaan

yang tinggi di dunia, lebih dari 10 kali lipat tingkat kegempaan di Amerika Serikat (Arnold, 1986).

Berdasarkan algoritma ID3, kemungkinan gempa yang dihasilkan melalui pengukuran magnitudo (*Skala Richter*) akan memberikan informasi efek kerusakan diantaranya:

1. Jika Magnitudo < 4.99 magnitudo, maka tidak ada efek kerusakan yang dihasilkan.
2. Jika Magnitudo > 4.99 magnitudo, maka efek kerusakan yang dihasilkan adalah kerusakan kecil.
3. Jika Magnitudo > 5.94 magnitudo, dengan kedalaman < 55.7 Km maka efek kerusakan yang dihasilkan adalah kerusakan berat hingga radius 160 Km, sedangkan apabila kedalaman nya > 55.7

Km maka akan terjadi kerusakan sedang (Lukman Irawan, 2020).

Pada 14 Januari 2022 terjadi gempa bumi di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang dan berpusat di 7.01 LS 105.26 BT. Gempa bumi yang terjadi berkekuatan 6,7 magnitudo dengan kedalaman 10 Km (BMKG, 2022). Gempa ini termasuk dalam kategori gempa bumi dangkal. Maka dari itu perlu dilakukannya penelitian deformasi yang terjadi di wilayah terdampak gempa untuk mengetahui perubahan pergeseran dan pola arah yang terjadi. Penelitian ini menggunakan stasiun CORS BIG radius 160 Km dari pusat gempa (Lukman Irawan, 2020).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah dalam penelitian ini :

1. Berapa nilai pergeseran sebelum dan sesudah gempa di sekitar pusat gempa yang terjadi di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang pada 14 Januari 2022?
2. Bagaimana perubahan arah dan kecepatan pergeseran sebelum dan sesudah terjadi gempa di sekitar pusat gempa yang terjadi di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang pada 14 Januari 2022?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dalam penelitian ini :

1. Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai kecepatan pergeseran serta perubahan arah di sekitar pusat gempa yang terjadi di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang 14 Januari 2022.
2. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai dan kecepatan pergeseran serta perubahan arah di sekitar pusat gempa yang terjadi di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang 14 Januari 2022.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini :

1. Memperoleh hasil *plotting* pergeseran di sekitar pusat gempa yang digunakan untuk menganalisa dampak gempa di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang 14 Januari 2022.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan oleh pemerintah daerah ataupun instansi sebagai informasi dari dampak gempa di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang 14 Januari 2022.
3. Hasil Penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian antara lain :

1. Analisa deformasi sekitar pusat gempa menggunakan Stasiun CORS BIG radius 160 Km dari pusat gempa.
2. Stasiun CORS BIG yang digunakan berjumlah 7 stasiun yaitu CGON (Jombang, Cilegon), CPSR (Pasauran, Serang), CMLP (Malingping Selatan, Lebak), CPTN (Cisolok, Sukabumi), CPTU (Pelabuhan Ratu, Sukabumi), CUJG (Gunung Batu, Sukabumi), CRKS (Rangkas Bitung, Lebak).
3. Data Stasiun CORS BIG yang digunakan dalam penelitian ini adalah bulan Januari 2022.
4. Menggunakan 12 stasiun IGS sebagai titik ikat antara lain BNOA00IDN (Indonesia), XMISS00AUS (Australia), COCO00AUS (Australia), DGAR00GBR (United Kingdom), ANMG00MYS (Malaysia), SIN100SGP (Singapore), PTGG00PHL (Philipina), GUGG00USA (Amerika), POHN00FSM (Micronesia), PNGM00PNG (Papua Nugini), DARW00AUS (Australia), KARR00AUS (Australia).
5. Pengolahan data stasiun CORS BIG menggunakan software GAMIT/GLOBK
6. Perhitungan perubahan pola arah dan kecepatan pergeseran stasiun CORS BIG radius 160 km dari pusat gempa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari bawah permukaan secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi atau lempeng bumi. Selain itu gempa bumi juga bisa disebabkan oleh letusan gunung api.

Gempa bumi juga bisa diartikan sebagai suatu peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Frekuensi gempa bumi di suatu wilayah mengacu pada jenis dan ukuran gempa bumi yang di alami selama periode waktu. Gempa bumi diukur dengan menggunakan alat Seismometer. *Moment* magnitudo adalah skala yang paling umum di mana gempa bumi terjadi untuk seluruh dunia. Skala Richter adalah skala yang di laporkan oleh observatorium seismologi nasional yang di ukur pada skala besarnya lokal 5 magnitudo. Kedua skala yang sama selama rentang angka mereka valid. Gempa 3 magnitudo atau lebih sebagian besar hampir tidak terlihat dan besarnya 7 kali lebih berpotensi menyebabkan kerusakan serius di daerah yang luas, tergantung pada kedalaman gempa.

2.2 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang,1996). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sitem kerangka referensi (absolut atau relatif). Untuk mengetahui terjadinya deformasi pada suatu tempat diperlukan suatu survei, yaitu

survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika sendiri adalah survei geodetik yang dilakukan untuk mempelajari fenomena-fenomena deformasi dan geodinamika. Fenomena-fenomena tersebut terbagi atas 2, yaitu fenomena alam seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan lain-lain. Fenomena yang lain adalah fenomena manusia seperti bangunan, jembatan, bendungan, permukaan tanah, dan sebagainya.

Survei deformasi dan geodinamika itu sendiri bisa bermacam-macam metodenya. Dengan metode konvensional bisa dilakukan juga, contohnya dengan menggunakan theodolite ataupun sipat datar. Dengan kemajuan teknologi muncul metode baru dalam survei deformasi dan geodinamika, yaitu metode satelit. Dengan metode satelit dapat dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) ataupun dengan menggunakan penginderaan jauh.

2.3 Global Positioning System (GPS)

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sebuah alat, sistem serta navigasi berbasis satelit yang dapat digunakan untuk menginformasikan lokasi penggunanya di permukaan bumi. GPS adalah satu-satunya sistem satelit navigasi global untuk penentuan lokasi, kecepatan, arah, dan waktu yang telah beroperasi secara penuh didunia saat ini. Sistem ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika yang digunakan untuk kepentingan militer maupun sipil (survei dan pemetaan).

GPS istilah awalnya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satelit Timing and Ranging Global Positioning system*). GPS mempunyai tiga komponen utama, yaitu: satelit, pengendali, dan penerima/pengguna.

2.4 CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan

kontinu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara post processing maupun secara *real time* (sumber: Guidelines for New and Existing CORS).

2.5 GAMIT/GLOBK

2.5.1 GAMIT

GAMIT tersusun dari beberapa file – file yang berfungsi didalam prosesing GPS, file – file tersebut dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu :1. *Site Occupation Spesific*. 2. *Session* atau *survey specific* dan 3. *Global files*, berikut masing – masing penjelasannya:

1. *Site occupation specific files*

- a. RINEX obs file : Data observasi yang terdiri dari L1 dan L2 *carrier beat phases* dan *pseudo-ranges* , sinyal *amplitude*, inisial koordinat stasiun dan *antenna offset*, waktu mulai dan berakhirnya data, dan identifikasi *track* satelit di penerimaan channel lain.
- b. RINEX met file : Koleksi data meteorologi pada stasiun.
- c. X – file : GAMIT observasi file , sama seperti RINEX file kecuali semua file untuk seluruh stasiun yang menggunakan waktu awal dan waktu akhir pada waktu yang sama (dengan *epoch* kosong dimana observasi tidak diperoleh).
- d. C – file : File utama untuk data analisis, dibentuk oleh model dari X-file dan menggunakan sebagai input untuk *autcln*, *cview*, dan *solve*. Terdiri observasi, *prefit residual* , *parsial derivative* dan informasi bantuan.
- e. K – file : Data jam *receiver* dihitung oleh *makex* atau *makek* menggunakan nominal site koordinat, *broadcast ephemeris* dan *pseudo-range*. Ini digunakan oleh *fixdrv* untuk mengestimasi koefisien dari linear atau *cubic polynomial* model untuk jam selama session.
- f. P – file :<P>rint file untuk model *run* - menyediakan rekaman dari prosesing.
- g. Z – file : Print file ditulis oleh model menyediakan program external full

record dari nilai atmosfer dan model yang digunakan untuk prosesing.

2. *Session – or survey – specific files*

Ada beberapa file yang digunakan untuk prosesing yang harus diedit sesuai dengan project-project tertentu, namun ada beberapa file juga yang tidak perlu diubah (atau diedit) . File-file tersebut disimpan dalam direktori */tables*. File-file tersebut adalah sebagai berikut :

- a. *Process.default*
 - b. *Sites.default*
 - c. *Sestbl*.
 - d. *Sittbl*.
 - e. *L-file*
- #### 3. Global files
- a. *Ftp_info* : Alamat atau *protocol* yang digunakan untuk *download* data yang dibutuhkan dalam prosesing. Misalnya dengan menggunakan syntax sebagai berikut :

<i>Sh_get_hfiles,</i>	<i>sh_get_nav,</i>
<i>sh_get_orbits,</i>	<i>sh_get_rinex,</i>
<i>sh_get_stinfo,</i>	<i>sh_update_eop</i>
 - b. *Rcvant.dat* :Tabel dari koresponden antara GAMIT 6 kode karakter dan full 20 karakter nama dari receiver dan antenna menggunakan RINEX dan SINEX files
 - c. *Guess_rcvant.dat* : menggunakan opsional oleh *sh_gamit* untuk determinan GAMIT kode dari non-exact 20 – char menggunakan nama *receiver* dan *antenna* pada header RINEX dan SINEX files
 - d. *Antmod.dat* : tabel dari fase antenna pusat *offset* dan pilihannya, variasi dari fungsi elevasi dan azimuth.
 - e. *Svnav.dat* : tabel yang memberikan nama body satelit, PRN numbers, spacecraft mass dan yaw parameter sebagai fungsi waktu pada satelit GNSS yang lain.
 - f. *Dcb.dat* : tabel yang memberikan rata-rata bulanan P1-C1 *differential code biases* (DCBs) untuk saletit GNSS yang lain, harus dijaga agar tetap *up to date*.
 - g. *Svs_exclude.dat* : tabel yang memberikan tanggal untuk excluding satelit dari prosesing.

- h. Gdetic.dat : Tabel untuk parameter datum *geodetic*.

2.5.2 GLOBK

Merupakan Kalman Filter yang memiliki tujuan utama untuk mengkombine solusi dari prosesing data utama dari GPS kontinu atau Terrestrial Observasi. Ada 3 (tiga) persamaan mode atau aplikasi yang globk gunakan:

1. Kombinasi dari sesi per individu (misal , per hari) pengamatan untuk mendapatkan perkiraan koordinat stasiun rata-rata lebih dari percobaan multi – hari untuk analisis GNSS, parameter orbital dapat diperlakukan sebagai *stochastic* sehingga baik pendek atau solusi panjang.
2. Kombinasi dari percobaan rata (dari (1)) perkiraan koordinat stasiun diperoleh dari beberapa tahun pengamatan untuk memperkirakan kecepatan stasiun.
3. Estimasi Independen koordinat dari sesi individu untuk menghasilkan waktu penilaian serangkaian pengukuran presisi selama hari atau tahun.

Beberapa hal-hal yang tidak bisa dilakukan globk :

1. Globk mengasumsikan model linier. Oleh karena itu setiap penyesuaian besar ke Stasiun baik posisi atau parameter orbit (> 10 m untuk stasiun dan > 100 m untuk orbit satelit) perlu mengulangi melalui perangkat lunak proses utama untuk menghasilkan quasi-observations baru.
2. Globk tidak bisa memperbaiki kekurangan dalam analisis utama (tahap) karena dilewatkan siklus slip, "bad" data dan kesalahan *delay atmospheric*. Kita tidak dapat menghilangkan efek satelit tertentu atau Stasiun pada tahap globk pengolahan, meskipun globk dapat bermanfaat dalam mengisolasi sesi yang tidak konsisten dengan ansambel dan dalam beberapa kasus efek stasiun di globk solusi dapat dikurangi.
3. Globk tidak dapat menyelesaikan tahap ambiguitas: solusi GPS utama harus kuat cukup sendiri untuk mencapai hal ini. Kebutuhan untuk menggabungkan sesi

untuk ambiguitas resolusi adalah satu alasan kita mungkin, ingin melakukan sesi multi solusi utama pengamatan.

2.6 Sistem Referensi Koordinat

Sistem referensi koordinat adalah sistem (termasuk teori, konsep, deskripsi fisis dan geometris, serta standar dan parameter) yang digunakan dalam pendefinisian koordinat dari suatu atau beberapa titik dalam ruang. Sistem referensi digunakan sebagai acuan untuk menyatakan nilai suatu titik (Abidin, 2001).

Posisi suatu titik di permukaan bumi umumnya ditetapkan dalam/terhadap suatu sistem koordinat terestris. Titik nol dari sistem koordinat terestris ini dapat berlokasi di titik pusat massa bumi (sistem koordinat geosentrik), maupun di salah satu titik di permukaan bumi (sistem koordinat toposentrik).

Sistem koordinat geosentrik banyak digunakan oleh metode-metode penentuan posisi ekstra-terestris yang menggunakan satelit dan benda-benda langit lainnya, baik untuk menentukan posisi titik-titik di permukaan bumi maupun posisi satelit. Sedangkan sistem koordinat toposentrik banyak digunakan oleh metode-metode penentuan posisi terestris (Abidin, 2001).

2.7 Uji Statistik

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui perbedaan secara statistik terhadap parameter yang akan di uji. Uji statistik pada penelitian ini yaitu untuk menguji perbedaan kecepatan pergeseran yang dihasilkan sebelum dan sesudah gempa. Uji stastistik yang digunakan adalah uji-t *student*.

Uji-t dikenal dengan uji parsial, yaitu untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikatnya. Uji ini dapat dilakukan dengan membandingkan t-hitungan dengan t-tabel atau dengan melihat kolom signifikansi pada masing-masing t-hitungan. Uji-t digunakan untuk mengetahui koefisien regresi sampel

(individual) dari dua perhitungan data dengan metode yang sama namun kurun waktu pengambilan data berbeda (Kasfari, 2018).

Tujuan dari uji-t adalah untuk menguji keefisien regresi secara individual. uji statistik dilakukan dengan cara menguji variabel titik pergeseran dengan dibandingkan pada pengukuran sebelumnya dengan rumus 1 dan 2 berikut (Prasetya, 2017)

$$t = \frac{P_{ij}}{std P_{ij}} \dots \dots \dots (1)$$

Penurunan dinyatakan signifikan atau hipotesa nol ditolak jika :

$$t > d_{df,\alpha/2} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- t : Besaran yang menunjukkan signifikansi penurunan
- P_{ij} : Penurunan titik Pengamatan
- Std : Standar deviasi P_{ij}
- df : Derajat Kebebasan
- α : Level signifikan yang digunakan. (Kasfari, 2018)

2.8 Velocity

Velocity adalah sebuah laju perpindahan dari sebuah kerangka acuan dan merupakan fungsi dari waktu. Dalam *velocity* ini kita dapat menggambarkan kecepatan objek misalkan pergerakan lempeng yang ada di Indonesia yaitu pergerakan lempeng di pulau Jawa atau pergerakan lempeng di pulau Sumatra dan pergerakan lempeng-lempeng pulau lainnya. Karena bicara tentang *velocity*, maka biasanya disertakan juga arah pergerakannya misalkan ke arah timur atau timur laut. Perhitungan *velocity* dilakukan dengan menggunakan koordinat toposentrik. Kecepatan pergeseran yang diperoleh adalah pada arah *north, east* dan *up* dengan satuan kecepatan meter/tahun. Kecepatan pergeseran adalah besaran yang menyatakan perubahan sebuah titik pengamatan yang telah dilakukan pengamatan sebelumnya dalam selang waktu

tertentu sehingga bisa menjadi indikator adanya deformasi pada daerah pengamatan tersebut. Metode *linier fit* adalah salah satu metode yang digunakan dalam melakukan perhitungan kecepatan pergeseran (Saputra, 2015). Metode ini menggunakan pendekatan fungsi linier. Dari persamaan *linier fit* dapat disederhanakan untuk penentuan *velocity* menjadi :

$$V_n = 366/(t-t_0) \times n \dots \dots \dots (4)$$

$$V_e = 366/(t-t_0) \times e \dots \dots \dots (5)$$

$$V_u = 366/(t-t_0) \times u \dots \dots \dots (6)$$

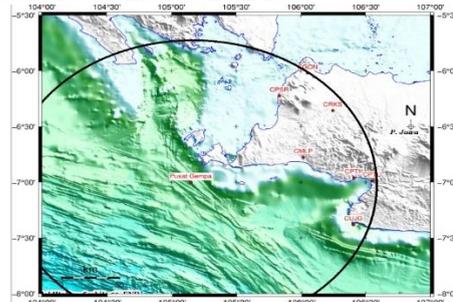
Keterangan:

- V_n, e, u = Kecepatan pergeseran sumbu *north, east, up* selama setahun
- t = DOY akhir pengamatan
- t_0 = DOY awal pengamatan
- n, e, u = Koordinat toposentrik sumbu *north, east, up* (Saputra, 2015).

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

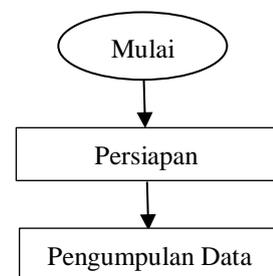
Lokasi Penelitian dilakukan di stasiun CORS radius 160 Km dari pusat gempa yang berada di 7.01 LS 105.26 BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian analisis deformasi stasiun CORS BIG radius 160 Km dari pusat gempa di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang 14 Januari 2022 , secara garis besar seperti diagram alir dibawah ini :



Bahan yang di perlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Data pengamatan 7 stasiun CORS BIG

Tabel 3.1. Data pengamatan stasiun CORS BIG

Nama Stasiun CORS	Lokasi	DOY Tahun 2022
CGON	Kel. Jombang, Kec. Jombang	001 sampai 027
CPSR	Kel. Pasauran, Kec. Cinangka	001 sampai 027
CRKS	Kel. Muara Ciujung Barat, Kec. Rangkas Bitung	001 sampai 027
CMLP	Kel. Malingping Selatan, Kec. Malingping	001 sampai 027
CPTN	Kel. Cisolok, Kec. Cisolok	001 sampai 027
CPTU	Kel. Pelabuhan Ratu, Kec. Pelabuhan Ratu	001 sampai 027
CUJG	Kel. Gunung Batu, Kec. Ciracap	001 sampai 027

Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.3. Persiapan

Tahapan persiapan ini meliputi studi literatur dan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian.

3.3.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah tahap mencari referensi-referensi yang berhubungan dengan penelitian yang di lakukan, referensi-referensi tersebut berupa jurnal, buku dan penelitian penelitian sebelumnya.

3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Perangkat Keras
 - a. PC HP Intel Core i5 Ubuntu 16.04 LTS.
 - b. Laptop Asus Vivobook Intel Core i5-1135G7 Windows 10.
2. Perangkat Lunak
 - a. Perangkat lunak GAMIT/GLOBK 10.71.
 - b. GMT 6.0
 - c. Jupyter Notebook
 - d. Microsoft office 2019

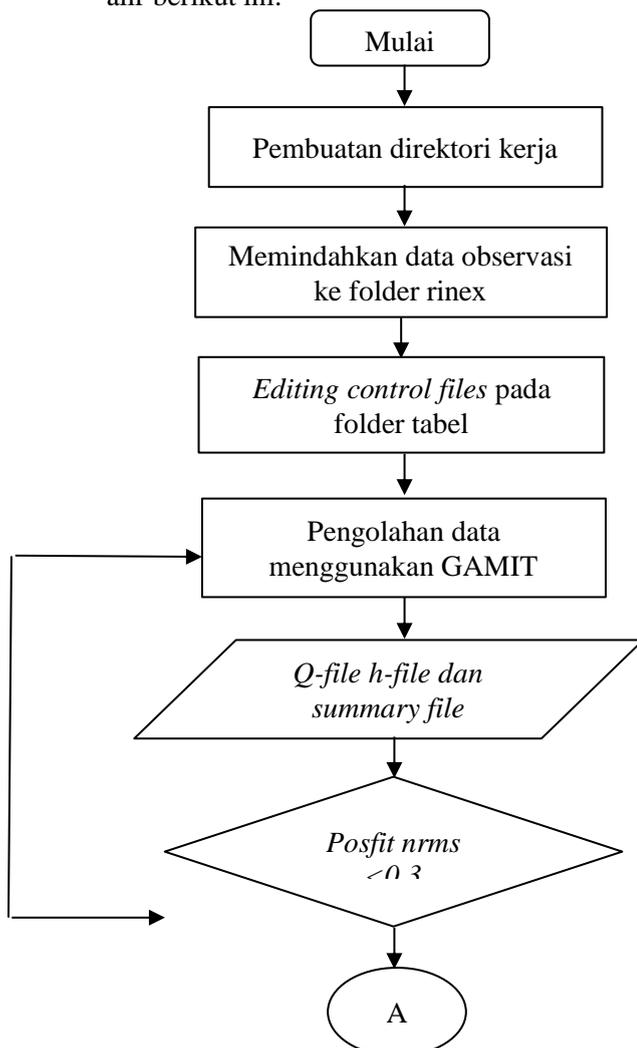
2. Data RINEX 12 Stasiun IGS (BNOA, XMIS, COCO, DGAR, ANMG, SIN1, PTGG, GUGG, POHN, PNGM, DARW, KARR)
3. File *precise ephemeris* final orbit (*sp3) adalah data informasi posisi satelit yang dihitung berdasarkan posisi tracking station (jaring jejak satelit) secara kontinu. Data ini digunakan untuk pengolahan data GPS/GNSS agar mendapatkan hasil koordinat pengolahan yang lebih teliti.
4. File broadcast ephemeris adalah data informasi mengenai prediksi posisi satelit yang dikirimkan secara *real time* dari satelit *receiver* GPS/GNSS.

3.4. Pengumpulan Data

1. Data Rinex 7 Stasiun CORS BIG, data rinex didapatkan dengan mengirim surat permohonan data kepada Badan Informasi Geospasial (BIG).
2. Data Rinex 12 Stasiun IGS, data rinex didapatkan dengan mendownload data tersebut menggunakan software GAMIT.
3. File *precise ephemeris* final orbit, data sp3 didapatkan dengan mendownload data tersebut menggunakan software GAMIT.
4. File *broadcasr ephemeris*, data BRDC didapatkan dengan mendownload data tersebut menggunakan software GAMIT.

3.5 Pengolahan Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian dilakukan tahapan pengolahan data. Proses pengolahan data dalam penelitian ini terdapat beberapa langkah yakni seperti di diagram alir berikut ini.



Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data

Penjelasan dari diagram alir sebagai berikut :

3.5.1 Pengolahan Menggunakan GAMIT

Setelah semua *file* yang dibutuhkan telah dimasukkan ke folder direktori kerja dan *file control* telah di *edit* maka proses pengolahan menggunakan GAMIT dapat dilakukan. Perintah untuk menjalankan proses pengolahan menggunakan GAMIT adalah :

```
Sh_gamit -expt {expt} -s {yyyy} {doy1}
{yyyy} {doy2} -pres ELEV -orbit IGSF
```

Keterangan :

{expt} : nama *experiment* yang digunakan

{yyyy} : tahun pengamatan rinex

{doy1} : doy pertama data yang akan diolah

{doy2} : doy terakhir data yang akan diolah

-pres : opsi untuk *plot* residu dan *sky plot*

ELEV : opsi untuk *plot* residu dan *phase elevation*

IGSF : opsi untuk menggunakan orbit final IGS

Setelah selesai melakukan pengolahan GAMIT lakukan pengecekan kualitas dari hasil tersebut. Cek pada *file summary* di setiap folder doy apabila hasil *postfit nrms* < 0.3 hasil tersebut dikatakan baik, sedangkan jika hasil *postfit nrms* > 0.3 perlu di lakukan pengolahan ulang menggunakan GAMIT.

3.5.2 Editing file *glogr.cmd* dan *globk.cmd*

Sebelum melakukan pengolahan menggunakan GLOBK, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengedit *file globk.cmd* dan *glogr.cmd*. *Copy file*

globk.cmd dan *glorg.cmd* dari *~gg/tables* ke folder *gsoln*. Lalu *edit file globk.cmd* bagian *prt_opt* dirubah menjadi *prt_opt GDLF CMDS GEOD UTM* dan bagian *org_opt* dirubah menjadi *org_opt PSUM CMDS GDLF BLEN*. Pada *file glorg.cmd* tambahkan *x* pada awal baris *command*

sourch~\gg\tables\igb14_comb.site yang berarti *command* tersebut tidak digunakan, lalu tambahkan nama-nama stasiun IGS pada baris setelah baris *stab_site*.

3.5.3 Pengolahan Menggunakan GLOBK

Setelah *file globk.cmd* dan *glorg.cmd* sudah di rubah, selanjutnya dapat melanjutkan proses pengolahan menggunakan GLOBK. Perintah untuk menjalankan Pengolahan GLOBK yaitu :

```
Sh_glred -expt {expt} -s {yyyy} {d1}
{yyyy} {d2} -opt H G T
```

Keterangan :

{expt} : nama *experiment*
 {yyyy} : tahun dari data yang diolah
 {d1} : doy awal dari data yang diolah
 {d2} : doy akhir dari data yang diolah
 H : memindahkan *h file* ke folder *glbf*
 G : membentuk *file* ekstensi *.gdl* pada ke folder *gsoln*
 T : *plotting time series*

Hasil dari pengolahan GLOBK ini adalah *file time series* dan *file* dengan ekstensi *.prt* dan *.org* yang berada di folder *gsoln*. *File .prt* dan *.org* berisi nilai koordinat hasil pengolahan GLOBK.

3.5.4 Transformasi Koordinat

Hasil dari pengolahan data menggunakan software GAMIT/GLOBK adalah berupa koordinat dalam sistem koordinat geosentrik (X,Y,Z) dan geodetik (L,B,h), yaitu koordinat dengan titik acuan yang bereferensi terhadap pusat bumi. Sedangkan untuk perhitungan mengenai deformasi, vektor pergeseran yang akan dianalisis terletak

pada permukaan bumi, maka hasil pengolahan data GPS tersebut harus dilakukan transformasi terlebih dahulu ke dalam sistem koordinat toposentris yaitu sistem koordinat yang bereferensi terhadap salah satu titik acuan dipermukaan bumi.

3.5.5 Perhitungan Velocity

Velocity adalah besaran yang menyatakan perubahan suatu titik pengamatan dalam selang waktu tertentu sehingga bisa menjadi indikator terjadinya deformasi di daerah pengamatan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui besar pergeseran/velocity adalah metode linear fitting dengan menggunakan pendekatan fungsi linier. Dalam hitungan linier fitting untuk menghitung pola dan kecepatan pergeseran digunakan format data sistem koordinat toposentrik. Titik acuannya adalah sesi pertama pengamatan masing-masing stasiun, sehingga pergeseran titik yang sama pada sesi selanjutnya mengacu kepada pengamatan sesi pertama.

Pada perhitungan *velocity* ini menggunakan software *jupyter notebook*. Pada tahap ini membutuhkan *file .prn* sebagai input dari perhitungan. *File .prn* ini berisi hasil koordinat semua doy yang telah diolah.

3.5.6 Uji Statistik

Uji statistik bertujuan untuk mengetahui apakah sebelum dan sesudah gempa mengalami perubahan pola pergeseran arah dan kecepatan secara signifikan di radius 160 Km dari pusat gempa. Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji beda rata-rata dua sampel berpasangan (*paired sample t-test*). Model uji beda ini digunakan untuk menganalisis model penelitian pre-post atau sebelum dan sesudah. Rumus *t-test* yang digunakan adalah:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r\left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}}\right)\left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}}\right)}}$$

KETERANGAN :

\bar{x}_1 = Rata-rata sampel 1

\bar{x}_2 = Rata-rata sampel 2

s_1 = Simpangan baku sar

s_2 = Simpangan baku sar

s_1^2 = Varians sampel 1
 s_2^2 = Varians sampel 2
 r = Korelasi antara dua sampel

Uji statistik beda sampel dilakukan dengan menggunakan t student dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$) dan derajat kebebasan jumlah sampel dikurang 1. Dasar pengambilan keputusan untuk menerima atau menolak H_0 pada uji ini adalah sebagai berikut.

1. Jika t hitung > t tabel dan probabilitas < 0,05, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan.
2. Jika t hitung < t tabel dan probabilitas > 0,05, maka H_0 diterima dan H_a ditolak, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

3.5.7 Plotting menggunakan GMT

Dari hasil semua data pengolahan selanjutnya di lakukan *plotting* menggunakan software GMT. Proses ini akan menghasilkan peta yang memuat informasi *velocity* dan pola arah sebelum dan sesudah terjadinya gempa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengolahan GAMIT

Pada pengolahan GAMIT akan menghasilkan folder semua DOY yang kita olah. Dalam folder DOY berisi beberapa *file* berupa *h-file*, *q-file*, dan *summary file*. *File* tersebut berisi informasi hasil pengolahan untuk menentukan kualitas data dan untuk proses pengolahan selanjutnya.

H-files memuat nilai *adjustment* dan matrik varian-kovarian yang digunakan untuk pengolahan lanjut menggunakan GLOBK. Format *h-files* yaitu $h\{nama_project\}a.\{doy\}$. Sedangkan *q-files* memuat hasil analisis program *solve* yang berisi hasil evaluasi dari pengolahan data dan berisi nilai *fract*. Nilai *fract* dikatakan baik

apabila menunjukan nilai kurang dari 10 (Heering, 2006 dalam panuntun, 2013).

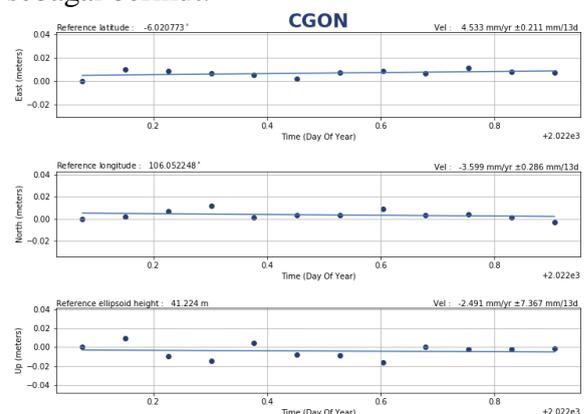
Summary file adalah *file* yang berisi rangkuman hasil dari pengolahan GAMIT. Dari hasil pengolahan tersebut dapat dilakukan pengecekan *ambiguitas fase* dengan jenis *wide lane* (WL) dan *narrow lane* (NL).

4.3 Hasil Perhitungan Pergeseran

Hasil perhitungan pergeseran di wilayah 160 km dari pusat gempa ini diperoleh dari perbedaan posisi masing -masing stasiun CORS tiap DOY. Hasil perhitungan pergeseran terbagi menjadi pergeseran sebelum gempa dan pergeseran sesudah gempa.

Apabila data pergeseran di ditampilkan dalam bentuk grafik *timeseries* adalah sebagai berikut.

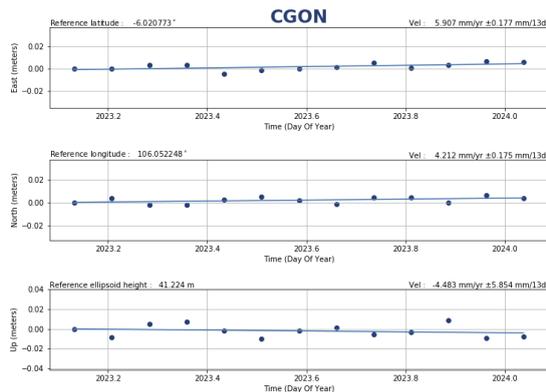
Apabila data pergeseran di ditampilkan dalam bentuk grafik *timeseries* adalah sebagai berikut.



Gambar 4.1. *Timeseries* stasiun CGON sebelum gempa

Keterangan :

mm/13d : besar kecepatan pergeseran (*velocity*) dalam 13 hari



Gambar 4.2. Timeseries stasiun CGON sesudah gempa

Gambar diatas adalah *timeseries* stasiun CGON sebelum dan sesudah gempa. Dari gambar diatas dapat terlihat *trendline* pergeseran yang terjadi. *Trendline* sebelum dan sesudah gempa ada sedikit perbedaan. yaitu pada sumbu *north*. Pada saat sebelum gempa *trendline* sumbu north mengalami penurunan, sedangkan pada saat sesudah gempa *trendline* sumbu *north* mengalami kenaikan.

4.4 Hasil Perhitungan Velocity

Hasil perhitungan *velocity* terbagi menjadi *velocity* sebelum gempa dan *velocity* sesudah gempa.

4.4.1 Hasil Perhitungan Velocity Sebelum Gempa

Hasil perhitungan kecepatan pergeseran (*velocity*) sebelum terjadinya gempa di area 160 km dari pusat gempa di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang 14 Januari 2022, didapat dari koordinat definitif. Berikut koordinat masing-masing stasiun.

Tabel 4.7. Koordinat stasiun CORS sebelum gempa

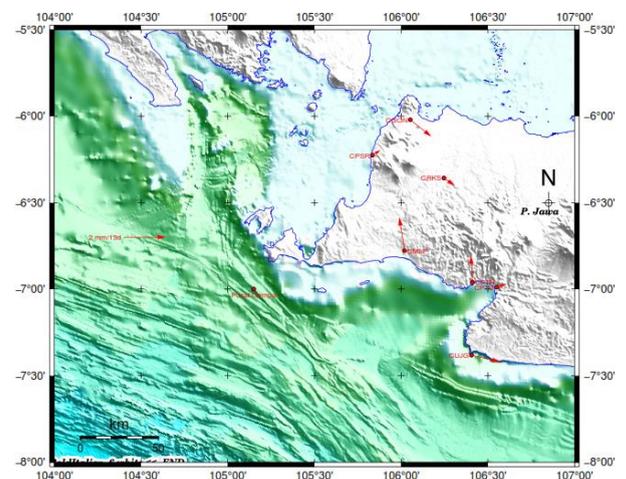
Nama Stasiun	Koordinat	
	Lintang (°)	Bujur (°)
CGON	-6,0207731513	106,0522477489
CMLP	-6,7783043725	106,0190812741
CPSR	-6,2260143534	105,8336219171
CPTN	-6,9608507246	106,4113896801
CPTU	-6,9891941209	106,5513816063
CRKS	-6,3579204002	106,2463201533
CUJG	-7,3819696874	106,4055676072

Berikut tabel hasil perhitungan kecepatan pergeseran secara horizontal sebelum terjadi gempa.

Tabel 4.8. Velocity stasiun CORS sebelum gempa

Nama Stasiun	Kecepatan (mm/13d)			Simpangan baku (mm)	
	Ve	Vn	Vhor	Sde	Sdn
CGON	4,533	-3,599	5,788	0,211	0,286
CMLP	-1,119	7,163	7,25	0,112	0,176
CPSR	1,767	1,102	2,082	0,143	0,437
CPTN	-0,360	5,774	5,785	0,154	0,227
CPTU	2,147	0,747	2,273	0,162	0,194
CRKS	2,381	-1,663	2,904	0,573	0,441
CUJG	6,15	-1,442	6,316	0,283	0,379

Berdasarkan tabel diatas, *velocity* terbesar adalah stasiun CMLP dengan nilai pergeseran horizontal sebesar 7,25 mm/13days dan *velocity* pergeseran horizontal terkecil adalah stasiun CPSR dengan nilai 2,082 mm/13days, Gambar vektor kecepatan pergeseran stasiun CORS sebelum gempa adalah sebagai berikut.



Gambar 4.15. Vektor kecepatan pergeseran stasiun CORS sebelum gempa

4.4.2 Hasil Perhitungan Velocity Sesudah Gempa

Hasil perhitungan kecepatan pergeseran (*velocity*) sesudah terjadinya gempa di area 160 km dari pusat gempa di barat daya Sumur Kabupaten Pandeglang

14 Januari 2022, didapat dari koordinat definitif. Berikut koordinat masing-masing stasiun.

Tabel 4.9. Koordinat stasiun CORS sesudah gempa

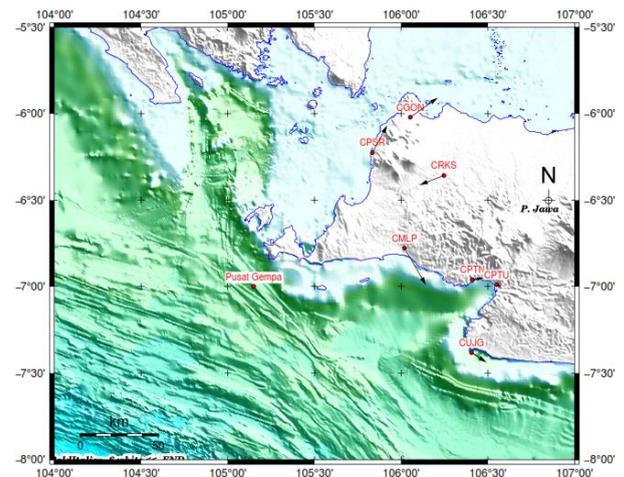
Nama Stasiun	Koordinat	
	Lintang (°)	Bujur (°)
CGON	-6,0207731771	106,0522477803
CMLP	-6,7783043467	106,0190812502
CPSR	-6,2260144169	105,8336218986
CPTN	-6,9608507120	106,4113896363
CPTU	-6,9891941278	106,5513816764
CRKS	-6,3579203146	106,2463201509
CUJG	-7,3819696584	106,4055676296

Berikut tabel hasil perhitungan kecepatan pergeseran secara horizontal sesudah terjadi gempa.

Tabel 4.10. *Velocity* stasiun CORS sesudah gempa

Nama Stasiun	Kecepatan (mm/13d)			Simpangan baku (mm0)	
	Ve	Vn	Vhor	Sde	Sdn
CGON	5,907	4,212	7,255	0,177	0,175
CMLP	4,606	-7,945	9,184	0,131	0,164
CPSR	3,185	5,165	6,068	0,149	0,306
CPTN	2,292	0,396	2,326	0,211	0,249
CPTU	1,055	-0,456	1,15	0,245	0,2
CRKS	-2,842	-1,103	3,049	0,573	0,286
CUJG	3,24	-2,109	3,866	0,205	0,421

Berdasarkan tabel diatas, *velocity* terbesar adalah stasiun CMLP dengan nilai pergeseran horizontal sebesar 9,184 mm/13days dan *velocity* pergeseran horizontal terkecil adalah stasiun CPTU dengan nilai 1,15 mm/13days. Gambar vektor kecepatan pergeseran stasiun CORS sebelum gempa adalah sebagai berikut.



Gambar 4.16. Vektor kecepatan pergeseran stasiun CORS sesudah gempa

4.5 Analisis Uji Statistik

Uji statistik bertujuan untuk mengetahui apakah sebelum dan sesudah gempa mengalami perubahan pola pergeseran arah dan kecepatan secara signifikan di radius 160 Km dari pusat gempa, Uji statistik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji beda rata-rata dua sampel berpasangan (paired sample t-test), Model uji beda ini digunakan untuk menganalisis model penelitian pre-post atau sebelum dan sesudah.

Uji statistik beda sampel dilakukan dengan menggunakan t student dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$) dan derajat kebebasan jumlah sampel dikurang 1. Dasar pengambilan keputusan untuk menerima atau menolak H_0 pada uji ini adalah sebagai berikut.

- 1, Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ dan probabilitas $< 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan.
- 2, Jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ dan probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Tabel 4.11. Analisis uji besar perubahan arah dan kecepatan stasiun CORS sebelum dan sesudah gempa

Nama Stasiun	Vhor Sebelum Gempa	Vhor Sesudah Gempa	Azimuth sebelum	Azimuth sesudah	T-hitung V	T-hitung Azimuth	T-tabel	Peruba
CGON	5,788	7,255	128,445	54,511	1,322	1,978		Tida
CMLP	7,25	9,184	351,118	149,898	1,747	3,324		Ya
CPSR	2,082	6,068	58,045	31,656	3,592	1,147		Ya
CPTN	5,785	2,326	356,426	80,197	-3,118	2,052	±2,16	Ya
CPTU	2,273	1,15	70,813	113,38	-1,012	1,632		Tida
CRKS	2,904	3,049	124,932	248,79	0,13	2,756		Ya
CUJG	6,316	3,866	103,197	123,06	-2,008	0,882		Tida

Berdasarkan hasil uji statistik yang dilakukan, terdapat stasiun yang mengalami perubahan signifikan dan tidak signifikan sebelum dan sesudah terjadi gempa, Stasiun yang mengalami perubahan signifikan sebelum dan sesudah gempa antara lain :

1. Stasiun CMLP dimana stasiun ini mengalami perubahan arah yang signifikan dengan nilai $158^{\circ}46'47,63''$ sedangkan untuk kecepatan pergeseran tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai perubahan 1,938 mm/13days.
2. Stasiun CPSR dimana stasiun ini mengalami perubahan yang signifikan pada kecepatan pergeseran dengan nilai 3,985 mm/13days sedangkan untuk arah tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai $26^{\circ}23'21,32''$.
3. Stasiun CPTN dimana stasiun ini mengalami perubahan yang signifikan pada kecepatan pergeseran dengan nilai -3,459 mm/13days sedangkan untuk arah tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai $83^{\circ}46'15,29''$.
4. Stasiun CRKS dimana stasiun ini mengalami perubahan arah yang signifikan dengan nilai $123^{\circ}51'28,6''$ sedangkan untuk kecepatan pergeseran tidak mengalami perubahan yang signifikan dengan nilai 0,144 mm/13days.

Terdapat pula stasiun yang tidak mengalami perubahan yang signifikan yaitu :

1. CGON dengan nilai perubahan arah $73^{\circ}56'4,17''$ dan nilai perubahan kecepatan 1,466 mm/13days.
2. CPTU dengan nilai perubahan arah $42^{\circ}34'0,1''$ dan nilai perubahan kecepatan -1,123 mm/13days.

3. CUJG dengan nilai perubahan arah $19^{\circ}51'44,1''$ dan nilai perubahan kecepatan -2,45 mm/13days.

5. PENUTUP

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kecepatan pergeseran stasiun CORS sebelum gempa adalah -1,119 mm/13hari sampai 6,15 mm/13hari untuk arah timur, -3,599 mm/13hari sampai 7,163 mm/13hari untuk arah utara, sedangkan nilai kecepatan pergeseran stasiun CORS sesudah gempa adalah -2,842 mm/13hari sampai 5,907 mm/13hari untuk arah timur, -7,945 mm/13hari sampai 5,165 mm/13hari untuk arah utara.
2. Nilai perubahan kecepatan pergeseran horizontal terbesar antara sebelum dan sesudah gempa adalah stasiun CPSR dengan nilai 3,985 mm dimana stasiun CPSR berada di area terdampak gempa paling berat. Sedangkan nilai perubahan kecepatan pergeseran horizontal terkecil antara sebelum dan sesudah gempa adalah stasiun CRKS dengan nilai 0,145 mm dimana stasiun CRKS berada di area terdampak gempa ringan.
3. Nilai perubahan arah pergeseran stasiun CORS terbesar antara sebelum dan sesudah gempa adalah stasiun CMLP dengan nilai $158^{\circ}46'47,63''$. Sedangkan perubahan arah terkecil antara sebelum dan sesudah gempa adalah stasiun CUJG dengan nilai $19^{\circ}51'44,1''$.
4. Secara statistik perubahan arah dan kecepatan pergeseran sebelum dan sesudah terjadi gempa pada 14 Januari 2022, terdapat 4 stasiun mengalami perubahan yaitu CMLP, CPSR, CPTN dan CRKS dan 3 stasiun tidak mengalami perubahan yaitu CGON, CPTU dan CUJG.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat

diberikan untuk kemajuan penelitian sebelumnya, yaitu :

1. Diperlukan nya data yang lebih banyak apabila ingin melihat pergeseran dalam satuan mm/year.
2. Menggunakan software pengolahan terbaru dan terupdate, untuk menghasilkan data yang lebih baik.
3. Menggunakan perangkat keras dengan spesifikasi baik, untuk memudahkan saat proses pengolahan data.
4. Melakukan pengolahan dan pengecekan data dengan teliti agar tidak terjadi kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abidin, H.Z. (2001). *Geodesi Satelit*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi pertama. ISBN 979-408-462-X
2. Abidin, H.Z. 2006. “*Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*”. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
3. Abidin, H. Z. (2018). Beberapa Pemikiran Tentang Sistem Dan Kerangka Referensi Koordinat Untuk Dki Jakarta.
4. Andreas, Heri. 2001. “*Analisis deformasi Gunung berapi Papandayan Memanfaatkan Parameter Baseline Hasil Survei GPS*”. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. ITB.
5. Irawan, Lukman dkk. 2020. “*Analisa prediksi efek kerusakan gempa dari magnitude (Skala Richter) dengan metode algoritma ID3 menggunakan data mining orange*”. Dalam Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Bidang Teknik Informatika. Jakarta Selatan : Magister Ilmu Komputer.
6. Nugroho, Adi N. R. 2016. “*Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horizontal Pada Studi Deformasi Jembatan Penggaron Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.6*”. Skripsi. Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
7. Purnamasari, Heruningtyas Desi. 2016. “*Manual instalasi dan prosesing GPS dengan GAMIT/GLOBK*”. Bandung: Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana dan Geologi.
8. Prasetya, A.B.2017. “*Pemantauan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2016 Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.6*”. Skripsi Teknik Geodesi UNDIP: Semarang.
9. Bpbd.bandaacehkota.go.id. “*Pengertian Gempa Bumi, Jenis-Jenis, Penyebab, Akibat, dan Cara Menghadapi Gempa Bumi*”. 05 Agustus 2018. <https://bpbd.bandaacehkota.go.id/2018/08/05/pengertian-gempa-bumi-jenis-jenis-penyebab-akibat-dan-cara-menghadapi-gempa-bumi/>, (diakses pada 23 Januari 2022)
10. Bmkg.go.id. “*Gempa Bumi Dirasakan*”. 14 Januari 2022. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/gempabumi-dirasakan.bmkg>, (diakses pada 23 Januari 2022).