

**MONITORING DEFORMASI GUNUNG API ANAK KRAKATAU
BERDASARKAN DATA GPS KONTINU
PERIODE JANUARI – MARET 2023**

(Skripsi)

Oleh

**PUTRI REGINA SEPTIANI
(2015071002)**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**MONITORING DEFORMASI GUNUNG API ANAK KRAKATAU
BERDASARKAN DATA GPS KONTINU
PERIODE JANUARI – MARET 2023**

Oleh

PUTRI REGINA SEPTIANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

MONITORING DEFORMASI GUNUNG API ANAK KRAKATAU BERDASARKAN DATA GPS KONTINU PERIODE JANUARI – MARET 2023

Oleh

PUTRI REGINA SEPTIANI

Salah satu gunungapi di Indonesia yang masih aktif hingga sekarang adalah Gunung api Anak Krakatau berada di perairan Selat Sunda di wilayah Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Gunung api Krakatau pertama kali tercatat meletus pada tahun 1883 setelah erupsi lalu muncul gunung api yaitu Anak Krakatau yang saat ini ada. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji deformasi Gunung Api Anak Krakatau berdasarkan analisis pergeseran dari stasiun PNJG, SRTG, dan TNJG periode Januari sampai dengan Maret 2023.

Metode yang diterapkan untuk mengamati tingkat deformasi Gunung Api Anak Krakatau adalah metode GPS. Data GPS yang diperoleh diproses secara berkelanjutan dari Januari sampai dengan Maret 2023. Proses mengolah data dilakukan menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK untuk menentukan posisi, arah, dan besar pergeseran titik pengamatan dari waktu ke waktu. Setelah besar pergeseran tersebut ditentukan, nilai tersebut digunakan sebagai pendekatan untuk memperkirakan adanya inflasi atau deflasi di lokasi pusat gunung api.

Informasi yang diperoleh dari hasil pengolahan ini memberikan gambaran tentang aktivitas serta keberadaan kantong magma di Gunung Api Anak Krakatau. Arah dan besar pergeseran titik pengamatan 3 stasiun Gunung Api Anak Krakatau selama periode Januari sampai Maret 2023 secara statistik mengalami pergeseran horizontal 3,32 mm sampai dengan 40,86 mm setiap bulannya dengan vektor kecepatan pergeseran dimulai dari bulan Januari stasiun PNJG dan TNJG terlihat kecenderungan ke arah Tenggara dengan kecepatan pergeseran 3,32 hingga 40,86 mm/tahun. Sementara itu, titik pengamatan yang berada di sisi kiri gunung api yaitu stasiun SRTG memiliki kecenderungan pergerakan ke arah barat laut dengan kecepatan pergeseran sebesar -26,93 sampai dengan -30,34 mm/tahun. Pergeseran vertikal dari ketiga titik stasiun pengamatan mengalami perubahan yang tidak jauh beda yaitu dimana adanya deflasi pada Gunung Api Anak Krakatau.

Kata Kunci : Deformasi, GPS, GAMIT/GLOBK, Gunung Api Anak Krakatau

ABSTRACT

MONITORING OF DEFORMATION OF ANAK KRAKATAU VOLCANO BASED ON CONTINUOUS GPS DATA FOR THE PERIOD OF JANUARY – MARCH 2023

By

PUTRI REGINA SEPTIANI

One of the active volcanoes in Indonesia to this day is Mount Anak Krakatau, located in the Sunda Strait waters within the Kalianda Subdistrict, South Lampung Regency, Lampung Province. The Krakatau volcano was first recorded to have erupted in 1883, and following the eruption, a new volcano emerged, known as Anak Krakatau, which still exists today. The purpose of this study is to examine the deformation of Mount Anak Krakatau based on displacement analysis from the PNJG, SRTG, and TNJG stations during the period of January to March 2023. The method applied to observe the deformation level of Mount Anak Krakatau is the GPS method. The GPS data obtained were continuously processed from January to March 2023. Data processing was carried out using the GAMIT/GLOBK software to determine the position, direction, and magnitude of the observation point displacement over time. Once the displacement magnitude was determined, this value was used as an approach to estimate the location of the volcanic center. The information obtained from this data processing provides insights into the activity and the presence of magma pockets within Mount Anak Krakatau. The direction and magnitude of the displacement of the observation points from the three stations of Mount Anak Krakatau during the period of January to March 2023 statistically experienced horizontal displacements ranging from 3.32 mm to 40.86 mm each month, with displacement velocity vectors as follows: in January, PNJG station recorded 40.86 mm/year towards the northwest, SRTG station recorded -13.94 mm/year towards the southwest, and TNJG station recorded -26.93 mm/year towards the southeast. In February, PNJG station recorded 5.01 mm/year towards the northeast, SRTG station recorded -25.32 mm/year towards the northwest, and TNJG station recorded -26.93 mm/year towards the northeast. Meanwhile, in March, PNJG station recorded 22.67 mm/year towards the northeast, SRTG station recorded 4.35 mm/year towards the northwest, and TNJG station recorded -27.03 mm/year towards the southeast.

Keywords : Deformation, GPS, GAMIT/GLOBK, Volcano Anak Krakatau

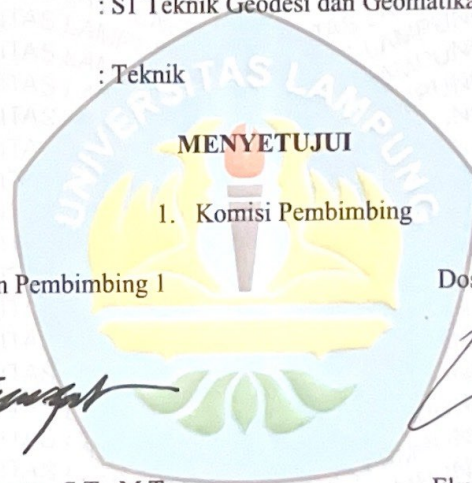
Judul Skripsi : MONITORING DEFORMASI GUNUNG API ANAK KRAKATAU BERDASARKAN DATA GPS KONTINU PERIODE JANUARI – MARET 2023

Nama Mahasiswa : Putri Regina Septiani

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015071002

Program Studi : SI Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 19720302 200604 1 002

Eko Rahmadi, S.T., M.T.
NIP 19710210 200501 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 19641012 199203 1 002

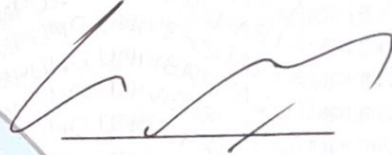
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

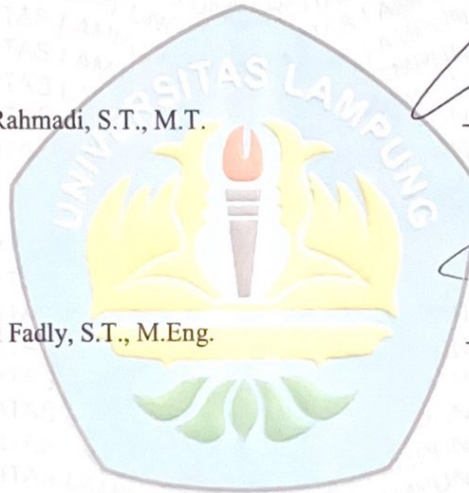
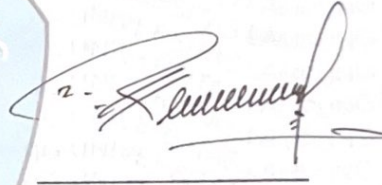
Ketua : Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



Sekretaris : Eko Rahmadi, S.T., M.T.



Anggota : Romi Fadly, S.T., M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. H. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 197509282004121002

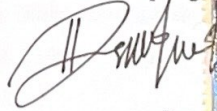
Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Oktober 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya Putri Regina Septiani, NPM 2015071002, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam skripsi yang berjudul "MONITORING DEFORMASI GUNUNG API ANAK KRAKATAU BERDASARKAN DATA GPS KONTINU PERIODE JANUARI – MARET 2023" adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Dosen Pembimbing I yaitu Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. dan Dosen Pembimbing II yaitu Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil masukan dari beberapa sumber lain (buku, jurnal, tesis, dan lain-lain) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapatkan dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkan.

Bandar Lampung



Putri Regina Septiani

NPM 2015071002

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 24 September 2002, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari bapak Heryanto dan ibu Sumasri. Penulis memiliki kakak bernama Ahmad Handica Afredo, S.T. dan adik bernama Rizka Anggraini. Penulis berdomisili di Kota Bandar Lampung.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Pratama Kids Sukabumi, Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 2007, Sekolah Dasar (SD) di selesaikan di SDN 1 Sukarame Bandar Lampung pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 23 Bandar Lampung pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA YP UNILA Bandar Lampung pada tahun 2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Program Studi S1 Teknik Geodesi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik Universitas Lampung tahun 2020 melalui jalur SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswi, penulis juga aktif dalam berorganisasi internal kampus seperti anggota Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik (BEM FT) pada tahun 2021, anggota Koperasi Mahasiswa Unila (KOPMA UNILA) pada tahun 2022, dan menjadi anggota departemen Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi (HIMAGES) FT UNILA pada tahun 2022.

Selain organisasi, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Survei Teretris pada tahun 2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Juli - Agustus 2023 selama 40 hari di Desa Kedamaian, Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Setelah menjalankan KKN penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Badan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat selam 90 hari pada bulan Agustus – November 2023 dengan

judul laporan “MONITORING DEFORMASI GUNUNG ANAK KRAKATAU PERIODE JANUARI 2023 – OKTOBER 2023 MENGGUNAKAN TEKNOLOGI INTERFEROMETRIC SYNTHETIC APERTURE RADAR (InSAR) DENGAN PERBANDINGAN DATA GNSS WEBOS PVMBG ”. Setelah melaksanakan Kerja Praktik, penulis melakukan penelitian skripsi dengan judul “MONITORING DEFORMASI GUNUNG API ANAK KRAKATAU BERDASARKAN DATA GPS KONTINU PERIODE JANUARI – MARET 2023” pada tahun 2024.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Puji syukur kepada Allah SWT tuhan semesta alam dan atas dukungan do'a dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan rasa syukur dan bahagia saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada :

Kedua orang tua saya dan orang –orang terkasih yang senantiasa membantu, mendukung, dan memberikan semangat selama penyusunan skripsi ini sampai akhir. Saya selalu bersyukur atas keberadaan kalian sebagai orang tua dan orang-orang tercinta di kehidupan saya.

MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”

(*Q.S Al- Insyirah, 94 : 5*)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(*Umar Bin Khattab*)

“Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulit nya kita yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini, tetap berjuang ya!”

“Apapun yang terjadi di perkuliahan kamu pulanglah sebagai seorang Sarjana”

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Proposal Penelitian yang berjudul berjudul “ *Monitoring Deformasi Gunung Api Anak Krakatau Berdasarkan Data GPS Kontinu Periode Januari – Maret 2023*” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun guna melengkapi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi bagi mahasiswa Program Studi S1 Teknik Geodesi Universitas Lampung.

Dalam proses penulisan sampai dengan penyusunan Skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan dan pembimbing akademik Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Skripsi Teknik Geodesi Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan dan nasihat berharga dalam penyusunan skripsi ini
5. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji utama yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan
7. Orang tua, kakak, dan adik saya yang selalu mendoakan agar kegiatan perkuliahan saya dilancarkan oleh Allah SWT serta memberikan dukungan moril dan juga dukungan materil.
8. Kepada teman seperjuangan saya Bella Rahmalia, Firda Putri Aprilia, Ahmad Adhiguna Justiono, Chanif Ponco Prasetyo, Vanny Fadhillah, Fadhilah Dewi, dan

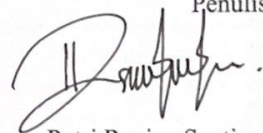
Clara Farahdiba yang telah mendukung serta memberi semangat, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.

9. Kak Regan Feriza yang telah menjadi pendengar yang baik untuk saya setiap hari serta menjadi orang yang selalu memberikan semangat, bantuan dan menyakinkan saya bahwa segala masalah yang dihadapi selama proses skripsi bisa saya lewati.
10. Sahabat - sahabat SMP saya yang sudah mensupport dan selalu ada disetiap moment kehidupan saya khususnya sudah menyempatkan waktunya hadir di semua moment sidang skripsi saya.
11. Serta Teman-teman Teknik Geodesi dan Geomatika angkatan 2020 yang sudah berkontribusi selama perkuliahan.
12. Terakhir kepada diri saya sendiri Putri Regina Septiani. Terimakasih sudah bertahan atas segala perjuangan, air mata dan ketidakpastian perjalanan panjang ini, meskipun sering ingin menyerah dan merasa putus asa. Apapun kurang dan lebihmu, mari merayakan sendiri.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam menyelesaikan Skripsi ini, sehingga laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan lebih lanjut. Demikian skripsi ini disusun sebaik-baiknya agar dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 24 September 2024

Penulis



Putri Regina Septiani

NPM 2015071002

DAFTAR ISI

SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Ruang Lingkup.....	4
1.6. Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Gunung Api.....	5
2.2. Gunung Api Anak Krakatau	7
2.3. Deformasi.....	8
2.3.1. Deformasi Gunung Api	8
2.4. <i>Global Positioning System (GPS)</i>	9
2.5. Pemantauan Deformasi Gunung Api Menggunakan GPS.....	10
2.6. Kecepatan (<i>Velocity</i>).....	12
2.7. TEQC	13
2.8. GAMIT/GLOBK.....	13
2.9. Transformasi Koordinat Geosentrik ke Toposentrik	14
2.10. Uji T- <i>Student</i>	15
2.11. Penelitian Terdahulu	17
III. METODE PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	20
3.2. Diagram Alir Penelitian	21
3.3. Studi Literatur	23
3.4. Pengumpulan Data.....	23
3.5. Alat.....	24
3.6. Pengolahan Data	25
3.6.1. Pengecekan Kualitas Data	25
3.6.2. Pengolahan Data dengan Perangkat <i>Software</i> GAMIT	26

3.6.3.	Pengolahan Data dengan <i>Software</i> GLOBK	27
3.6.4.	Perhitungan Koordinat Toposentrik	27
3.6.5.	Perhitungan Pergeseran dan <i>Velocity</i>	28
3.6.6.	<i>Plotting</i> Peta <i>Velocity</i> dengan <i>Software</i> GMT	28
3.6.7.	Uji Statistik <i>T-student</i>	28
3.6.8.	Analisis Hubungan Hasil GAMIT/GLOBK dengan Data GNSS WebOBS ..	29
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1.	Kualitas Data.....	30
4.2.	Hasil Pengolahan Data <i>RINEX</i> GAMIT	32
4.3.	Hasil Pengolahan GLOBK.....	35
4.4.	Hasil Nilai Pergeseran Titik Pengamatan	37
4.5.	Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan.....	47
4.6.	Uji Statistik <i>T-student</i>	54
4.7.	GNSS <i>WebObs</i>	55
4.8.	Kajian Deformasi	59
V.	KESIMPULAN.....	62
5.1.	Kesimpulan	62
5.2.	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	65
	LAMPIRAN A	67
	LAMPIRAN B.....	75
	LAMPIRAN C	80
	LAMPIRAN D	99

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu.....	17
2. Stasiun Titik Pengamatan.....	21
3. Alat Penelitian	25
5. Hasil TEQC MP1 dan MP2 PNJG	30
6. Hasil TEQC MP1 dan MP2 SRTG.....	30
7. Hasil TEQC MP1 dan MP2 TNJG	31
8. Posfit nrms dan Fase Ambiguitas	32
9. Koordinat Geosentrik Stasiun PNJG	35
10. Koordinat Geosentrik Stasiun SRTG	36
11. Koordinat Geosentrik Stasiun TNJG.....	36
12. Koordinat Geodetik Stasiun PNJG.....	37
13. Koordinat Geodetik Stasiun SRTG	37
14. Koordinat Geodetik Stasiun TNJG.....	37
15. Nilai Pergeseran Bulan Januari Sampai Februari 2023	47
16. Nilai Pergeseran Bulan Februari Sampai Maret 2023	47
17. Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan Periode Januari sampai Februari 2023	48
18. Kecepatan Pergeseran titik Pengamatan Bulan Februari sampai Maret 2023	49
19. Kecepatan pergeseran titik pengamatan bulan Januari sampai Februari tanpa pengaruh regional	50
20. Kecepatan pergeseran titik pegamatan Februari sampai Maret tanpa regional	51
21. Uji Statistik Pergeseran Bulan Januari sampai Februari 2023	54
22. Uji Statistik Pergeseran Bulan Februari sampai Maret 2023	54
23. Hasil TEQC MP1 dan MP2 PNJG	76
24. Hasil TEQC MP1 dan MP2 SRTG.....	77

25. Hasil TEQC MP1 dan MP2 TNJG	79
26. Koordinat Geosentrik PNJG	81
27. Koordinat Geosentrik SRTG	84
28. Koordinat Geosentrik TNJG.....	87
29. Koordinat Toposentrik PNJG	90
30. Koordinat Toposentrik SRTG	93
31. Koordinat Toposentrik TNJG.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Gunung Api	5
2. Gunung Api di Indonesia.....	6
3. Gunung Api Anak Krakatau	7
4. Inflasi dan Deflasi Gunung Api.....	9
5. Pemantuan Deformasi Menggunakan GPS	11
6. Peta Lokasi Penelitian	20
7. Titik Koordinat Lintang dan Bujur Stasiun Pengamatan.....	21
8. Diagram Alir Penelitian.....	22
9. Persebaran Titik Ikat IGS yang akan digunakan	24
10. Hasil Pengecekan Kualitas Data Menggunakan TEQC	26
11. <i>Trend</i> Perubahan Nilai <i>Northing</i> Stasiun PNJG Periode Januari	38
12. <i>Trend</i> Perubahan Nilai <i>Easting</i> Stasiun PNJG Periode Januari	38
13. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun SRTG periode Januari	39
14. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun SRTG periode Januari	39
15. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun TNJG periode Januari	40
16. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun TNJG periode Januari.....	40
17. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun PNJG periode Febuari	41
18. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun PNJG periode Februari	41
19. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun SRTG periode Februari	42
20. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun SRTG periode Februari	42
21. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun TNJG periode Februari	43
22. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun PNJG periode Februari	43
23. Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun PNJG periode Maret	44

24. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>Easting</i> stasiun PNJG periode Maret	44
25. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun SRTG periode Maret	45
26. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun SRTG periode Maret	45
27. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>northing</i> stasiun TNJG periode Maret	46
28. <i>Trend</i> Perubahan nilai <i>easting</i> stasiun PNJG periode Maret	46
29. <i>Plot</i> Kecepatan Pergeseran Horizontal Periode Januari sampai Maret 2023	48
30. <i>Plot</i> Kecepatan Pergeseran Horizontal Periode Januari sampai Februari 2023	49
31. <i>Plot</i> kecepatan pergeseran horizontal Periode Januari sampai Februari tanpa regional.	50
32. <i>Plot</i> kecepatan pergeseran horizontal periode Februari sampai Maret tanpa regional...	51
33. <i>Plot</i> Pergeseran Vertikal Periode Januari sampai Febuari 2023.....	52
34. <i>Plot</i> Pergeseran Vertikal Periode Febuari sampai Maret 2023.....	53
35. GNSS WebOBS PVMBG Januari.....	55
36. GNSS WebOBS PVMBG Februari.....	56
37. GNSS WebOBS PVMBG Maret.....	58

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Geografi Indonesia didominasi oleh gunung api yang terbentuk akibat zona subduksi antara lempeng Eurasia Indo-Australia. Secara geografis, Indonesia terletak pada 6° LU sampai dengan 11° LS dan 95° BT sampai dengan 141° BT. Setelah pertemuan lempeng ini, jalur pegunungan berapi yang membentang dari Sumatra hingga wilayah Sulawesi Utara melintasi Indonesia. Indonesia memiliki 129 gunung api aktif dan terbesar di dunia (BPPTKG, 2016).

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) adalah salah satu lembaga yang bertanggung jawab untuk menetapkan kebijaksanaan, standarisasi, bimbingan teknis, dan evaluasi dalam bidang vulkanologi dan mitigasi bencana alam geologi. Pemantauan aktivitas gunung api merupakan salah satu tugas dari PVMBG. Salah satu gunungapi di Indonesia yang masih aktif hingga sekarang adalah Gunung api Anak Krakatau berada di perairan Selat Sunda di wilayah Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan posisi geografis $6^{\circ}06'06''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}25'27''$ Bujur Timur. Gunung api Krakatau pertama kali tercatat meletus pada tahun 1883 setelah erupsi lalu muncul gunung api yaitu Anak Krakatau yang saat ini ada. Hasil letusan tersebut menghasilkan empat pulau utama yaitu Pulau Rakata, Pulau Panjang, Pulau Sertung dan Anak Krakatau sendiri. Hingga sampai saat ini Gunungapi Anak Krakatau masih sangat aktif sehingga pemantauan aktifitas Gunung api Anak Krakatau masih dilakukan.

Pemantauan yang dilakukan terhadap gunung api perlu dilakukan untuk melihat aktivitas vulkanik sehingga diharapkan mampu mendeteksi tanda-tanda peningkatan terjadinya bahaya. Metode yang bisa digunakan untuk monitoring aktivitas gunung api ada banyak, seperti metode deformasi, metode seismik, metode thermal, metode penginderaan jauh, dan

metode geokimia. Banyaknya metode yang dilakukan untuk pemantauan gunung api bertujuan untuk validasi data. Metode deformasi dianggap memiliki banyak potensi besar dalam pemantauan gunung api untuk mendapatkan pola dan kecepatan arah horizontal maupun vertikal dari deformasi permukaan gunung api. Deformasi merupakan perubahan posisi, bentuk, dan ukuran suatu benda. Menurut definisi ini, deformasi juga dapat dipahami sebagai perubahan posisi atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolute atau relatif. Perubahan posisi atau pergerakan suatu titik biasanya mengacu pada sistem kerangka acuan (absolut atau relatif).

Metode yang diterapkan untuk mengamati tingkat deformasi Gunung Api Anak Krakatau adalah metode GPS. Data GPS yang diperoleh diproses secara berkelanjutan dari Januari sampai dengan Maret 2023. Proses mengolah data dilakukan menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK untuk menentukan posisi, arah, dan besar pergeseran titik pengamatan dari waktu ke waktu. Setelah besar pergeseran tersebut ditentukan, nilai tersebut digunakan sebagai pendekatan untuk memperkirakan terjadinya adanya aktivitas gunung api seperti inflasi dan deflasi pada periode Januari sampai Maret 2023 dan divalidasi dengan GNSS WebObs dari PVMBG. Informasi yang diperoleh dari hasil pengolahan ini memberikan gambaran tentang aktivitas serta keberadaan kantong magma di Gunung Api Anak Krakatau.

1.2. Rumusan Masalah

Gunung Api Anak Krakatau merupakan gunung api di Indonesia yang masih sangat aktif yang terletak di provinsi Lampung. Riwayat dan potensi erupsi yang dimiliki segmen ini meningkatkan kewaspadaan bagi masyarakat akan terjadinya erupsi gunung api Anak Krakatau dikemudian hari. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memantau aktivitas pergerakan erupsi melalui studi deformasi guna melakukan mitigasi dan meminimalisir dampak yang terjadi akibat terjadinya erupsi dikemudian hari.

Berdasarkan permasalahan tersebut, ada beberapa pertanyaan penelitian yang diajukan yaitu :

1. Berapa besar pergeseran posisi titik stasiun Gunung Anak Krakatau menggunakan data GPS secara kontinu periode Januari sampai dengan Maret 2023?
2. Seperti apa bentuk posisi titik stasiun Gunung Anak Krakatau pada periode Januari sampai dengan Maret 2023 dari data GPS Kontinu.
3. Bagaimana bentuk deformasi Gunung Anak Krakatau terjadi inflasi atau deflasi pada periode Januari sampai dengan Maret 2023?

1.3. Tujuan

Ada beberapa tujuan dari dilakukannya penelitian ini, antara lain :

1. Melakukan analisis besaran dan arah pergeseran posisi titik stasiun pengamatan PNJG , SRTG , TNJG selama periode Januari sampai dengan Maret 2023.
2. Melakukan analisis bentuk posisi titik stasiun Gunung Anak Krakatau pada periode Januari sampai dengan Maret 2023 dari data GPS Kontinu.
3. Mengkaji deformasi Gunung Anak Krakatau berdasarkan analisis pergeseran dari stasiun PNJG, SRTG, dan TNJG untuk mengetahui adanya inflasi atau deflasi pada periode Januari sampai dengan Maret 2023.

1.4. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini ialah memperoleh informasi terkait deformasi erupsi Gunung Anak Krakatau berdasarkan analisis besaran dan arah pergeseran dari pengamatan GPS dengan menggunakan titik pengamatan yang terdiri dari 3 stasiun lokal. Informasi yang dihasilkan selanjutnya dapat menjadi masukan dan digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam upaya mitigasi bencana gunung api khususnya di provinsi Lampung.

1.5. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini yaitu :

1. Penelitian ini dilakukan di area Gunung Anak Krakatau di wilayah Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.
2. Titik Pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa 3 stasiun lokal (PNJG, SRTG, TNJG) dan 14 stasiun titik ikat IGS (IISC, AIRA, BAKO, CEDU, DARW, DGAR, JOG2, NTUS, KARR, KMMN, PIMO, XMIS, STK2, TOW2).
3. Data pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data pengamatan satelit GPS 24 jam format RINEX selama periode Januari sampai dengan Maret 2023 sebanyak 3 DoY setiap bulannya dengan rentang waktu pengamatan 1 bulan sekali.
4. Metode Pengolahan yang digunakan adalah metode pengolahan GPS dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK 10.7
5. Kajian pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi terkait deformasi Gunung Anak Krakatau berupa vektor dan arah pergeseran pada gunung api.

1.6. Hipotesis

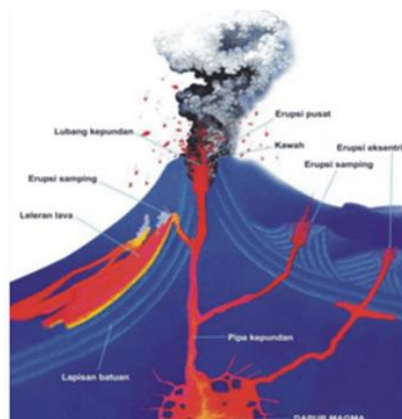
Berdasarkan referensi dan penelitian terdahulu yang diperoleh dari studi literatur, penulis menduga bahwa deformasi Gunung Anak Krakatau dapat teridentifikasi melalui pergerakan berdasarkan pengamatan titik stasiun GPS Kontinu. Penulis menduga bahwa akan terjadi perbedaan vektor atau arah pergeseran yang diikuti dengan perbedaan besaran dan kecepatan pergeseran sekitar 8 sampai 12 mm/bulan berdasarkan riwayat penelitian terdahulu dan dapat divalidasikan dengan hasil GNSS *WebObs* dari PVMBG untuk mengetahui adanya aktivitas vulkanik seperti inflasi ataupun deflasi pada periode januari sampai maret 2023.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gunung Api

Gunung api adalah sistem saluran fluida panas yang terletak sekitar 10 km di bawah permukaan bumi. Endapan gunung api berasal dari material yang dikeluarkan saat meletus. Gunung api lubang atau rekahan di kerak bumi dimana cairan magma, gas, atau adalah cairan lainnya keluar ke permukaan bumi. Gunung api dapat diklasifikasikan kedalam 4 sumber erupsi , yaitu :

- Erupsi pusat mengeluarkan erupsi melalui kawah utama
- Erupsi samping mengeluarkan erupsi dari lereng tubuh.
- Erupsi celah mengeluarkan erupsi pada retakan atau sesar yang dapat berjarak hingga beberapa kilometer.
- Erupsi eksentrik merupakan erupsi samping dimana magma keluar langsung dari magma, bukan dari kepundan pusat yang menyimpang kesamping.



Gambar 1. Struktur Gunung Api

Sumber : https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Gunung_Api.pdf

Struktur gunung api terdiri atas :

1. Struktur kawah yang memiliki bentuk depresi yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik gunung api dan relatif bundar.
2. Struktur kaldera yang memiliki bentuk seperti kawah tetapi garis tengah lebih dari 2 km. Kaldera ini terdiri dari kaldera letusan, kaldera runtuh, kaldera *resurgent*, dan kaldera erosi.
3. Rekahan dan graben adalah patahan pada tubuh gunung api yang panjangnya mencapai puluhan kilometer dan ribuan meter. Rekahan paralel ini menyebabkan blok ambles di antara rekahan.
4. Depresi volcano-tektonik pembentukannya ditandai dengan deretan pegunungan yang berasosiasi dengan pembentukan gunungapi sebagai akibat dari ekspansi volume besar magma asam kepermukaan bumi.

Gunung Api di Indonesia terklasifikasi menjadi 3 tipe, yaitu (Nuswantoro, F. 2010) :

1. Tipe A adalah gunung api yang pernah mengalami erupsi magmatic sekurang-kurangnya satu kali setelah 1600.
2. Tipe B adalah gunung api yang setelah tahun 1600 belum lagi terdapat erupsi magmatic, namun masih memperlihatkan gejala kegiatan vulkanik seperti kegiatan solfara.
3. Tipe C adalah gunung api yang erupsinya tidak diketahui dalam sejarah manusia, tetapi masih menunjukkan tanda-tanda aktivitas vulkanik masa lalu yang berupa lapangan solfatare/fumarole pada tingkat lemah.



Gambar 2. Gunung Api di Indonesia
 Sumber : <https://magma.vsi.esdm.go.id/>

2.2. Gunung Api Anak Krakatau

Gunung Api Anak Krakatau terletak di perairan Selat Sunda di Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan posisi geografis $6^{\circ}06'06''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}25'27''$ Bujur Timur yang berada di bawah laut dengan kedalaman 180 meter di bawah permukaan laut (Stehn, 1929; Sinkim dan Fiske, 1983). Gunung Api Krakatau pertama kali tercatat meletus pada tahun 1883. Hasil letusan tersebut menghasilkan empat pulau utama yaitu Pulau Rakata, Pulau Panjang, Pulau Sertung dan Anak Krakatau sendiri (Kriswati, 2008). Hingga sampai saat ini Gunung Api Anak Krakatau masih sangat aktif sehingga pemantauan aktifitas Gunung Api Anak Krakatau masih dilakukan. Percepatan pertumbuhan Gunung Api Anak Krakatau seiring dengan peningkatan persentase kandungan silika yang diletuskan selama masa pertumbuhan ini, sementara suksesi vegetasi di Pulau Anak Krakatau tidak pernah mencapai klimaks akibat aktivitas vulkanik yang terus-menerus. Oleh karena itu, penelitian dan mitigasi terhadap aktivitas Gunung Api Anak Krakatau sangat penting untuk diperhitungkan, mengingat perkembangan penduduk di wilayah Selat Sunda yang semakin padat.



Gambar 3. Gunung Api Anak Krakatau

Sumber : <https://magma.esdm.go.id/v1/gunung-api/laporan>

2.3. Deformasi

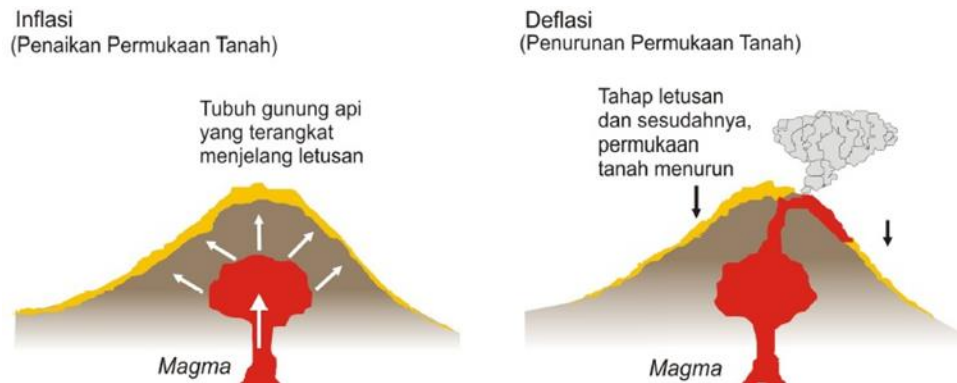
Deformasi adalah pergeseran bentuk, posisi dan dimensi dari suatu benda (Cui dkk., 2023). Deformasi gunung api terjadi akibat adanya pergerakan magma dibawah permukaan yang berpengaruh pada pergeseran tekanan pada kantong magma (Jamel dkk. 2013). Suatu sistem kerangka referensi *absoult* atau relatif biasanya mengacu pada perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik. Untuk dapat mengetahui pergeseran yang terjadi perlu dilakukan survey dan pemantauan gunung api dengan dua metode yaitu metode episodik dan kontinu. Pada metode episodik pengamatan dilakukan secara berkala dengan menggunakan data pengamatan terestris. Sedangkan pada metode kontinu pemantauan dilakukan secara terus menerus dan otomatis (Abidin dkk. 2018). Suatu wilayah dianggap mengalami deformasi jika terjadi perubahan atau pergeseran koordinat pada titik – titik pengamatan secara berkala. Pergeseran yang digunakan diukur dalam koordinat toposentrik, dengan pengamatan awal di setiap titik sebagai acuan. Pergeseran koordinat ini kemudian digunakan untuk menghitung vektor kecepatan pergeseran di suatu titik, salah satunya dengan metode *linear-fitting*. Melalui *linear-fitting*, nilai vektor kecepatan pergeseran atau *velocity* setiap titik pengamatan per tahun dapat diketahui, serta prediksi kecepatan pergeseran untuk waktu yang akan dapat dibuat. *Velocity* yang dimaksud menggambarkan perubahan posisi dengan kecepatan dan arah pergerakannya (Nurfarida, 2010 ; Saputra dkk. 2015 dalam Santi dkk. 2021).

2.3.1. Deformasi Gunung Api

Banyak orang mengetahui bahwa letusan gunung api yang eksplosif sering dimulai dengan deformasi yang disebabkan oleh kenaikan permukaan tanah yang cukup besar. Inflasi yaitu proses migrasi magma menuju permukaan tanah yang mendobrak dinding batuan yang berada didalam tanah sehingga mempengaruhi morfologi permukaan tanah menjadi naik sedangkan deflasi yaitu perubahan morfologi disekitar permukaan gunungapi akibat material yang telah dikeluarkan dari dalam tubuh gunung api. Deformasi permukaan

gunung api yang merupakan perubahan vektor titik dan vektor kecepatan perubahan dapat menunjukkan sifat dan dinamika pusat magma.

Menurut (Kurniawan dan Anjasmara, 2016) Deformasi gunung api mempunyai arti sebagai perubahan bentuk gunung api dapat berupa pembumbungan (inflasi) atau pengerutan (deflasi) yang diakibatkan oleh adanya suatu aktivitas gunung api yaitu tekanan yang berada dalam tubuh gunung api tersebut yang bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Inflasi dan Deflasi Gunung Api
Sumber : Abidin, 2001

2.4. Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah sistem navigasi radio dan penentuan posisi dan penentuan posisi berbasis satelit yang dimiliki dan dioperasikan oleh Amerika Serikat. GPS terdiri dari 24 satelit yang terkonstelasi, dirancang untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang akurat serta informasi waktu secara kontinu di seluruh dunia. Pada dasarnya, GPS terdiri dari tiga segmen utama (Seeber, 2003), yaitu :

1. Segmen Angkasa (*space segment*) : Terdiri dari 24 satelit yang dibagi ke dalam enam orbit dengan inklinasi 55 derajat, berada pada ketinggian 20.200 km, dan memiliki periode orbit 11 jam 58 menit.
2. Segmen Sistem Kontrol (*control system segment*) : Segmen ini bertanggung jawab untuk memantau dan memastikan kinerja GPS agar berfungsi dengan baik dan akurat. Tugas

utama dari sistem kontrol ini termasuk memprediksi orbit, monitoring kondisi satelit, dan melakukan sinkronisasi waktu.

3. Segmen Pemakai (*user segment*) : Segmen pemakai mencakup pengguna sistem GPS di darat, laut, maupun udara. Pada dasarnya, segmen ini menggunakan receiver GPS untuk menangkap sinyal dari satelit GPS, sehingga dapat menghasilkan informasi seperti posisi, kecepatan, atau parameter lainnya.

GPS bekerja berdasarkan prinsip trilaterasi. Trilaterasi adalah metode pengukuran jarak dari beberapa titik referensi (satelit) untuk menentukan lokasi.

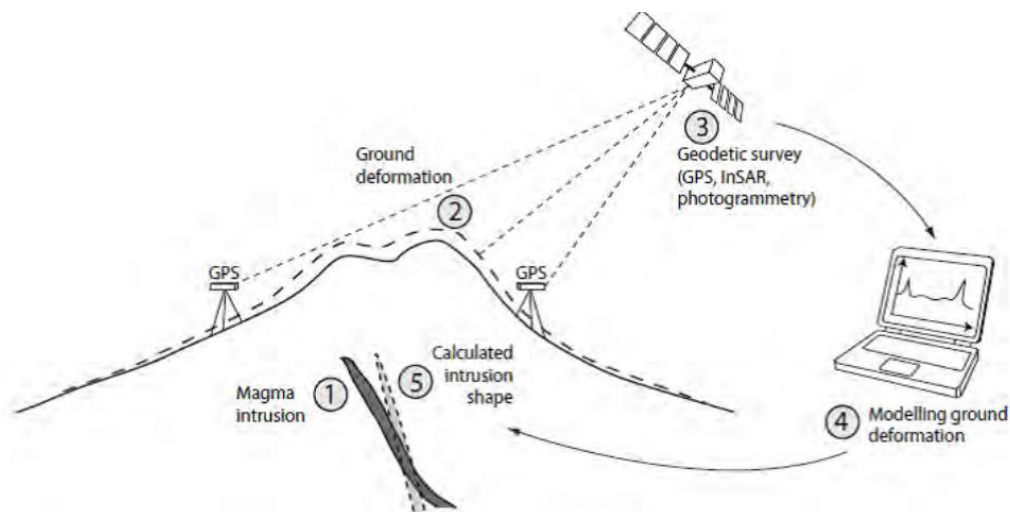
1. Sinyal Satelit yaitu setiap satelit GPS mengirimkan sinyal dengan informasi posisi satelit saat itu dan waktu saat sinyal dikirim. Penerima GPS di bumi menangkap sinyal dari setidaknya empat satelit untuk menentukan lokasi pengguna
2. Mengukur jarak yaitu penerima GPS mengukur waktu yang diperlukan oleh sinyal untuk mencapai perangkat. Dengan mengalihkan waktu perjalanan sinyal dengan kecepatan cahaya, jarak, dari satelit ke perangkat dapat dihitung.
3. Penentuan posisi yaitu setelah menghitung jarak dari empat satelit atau lebih, perangkat GPS menggunakan trilaterasi untuk menghitung posisi tiga dimensi pengguna seperti lintang, bujur, dan ketinggian. Posisi ini dihitung secara *real-time*, memberikan informasi lokasi yang terus diperbarui.

2.5. Pemantauan Deformasi Gunung Api Menggunakan GPS

Pemantauan deformasi gunung api menggunakan GPS telah dilakukan selama cukup lama di berbagai belahan dunia. Ada beberapa alasan penting mengapa metode GPS dipilih untuk pemantauan deformasi gunung api, diantaranya :

1. GPS mampu memberikan vektor koordinat dalam ruang tiga dimensi dalam satu sistem koordinat yang konsisten secara spasial dan temporal. Hal ini memungkinkan informasi deformasi disajikan secara akurat dan konsisten dari waktu ke waktu.

2. GPS menawarkan tingkat ketelitian hingga orde millimeter dengan konsisten yang tinggi, sehingga bahkan pergerakan tanah yang sangat kecil dapat direkam dengan baik.
3. GPS dapat mencakup area yang luas tanpa memerlukan keterlihatan antar titik, sehingga dapat merepresentasikan perubahan posisi gunung api secara menyeluruh. Selain itu, GPS dapat digunakan secara kontinu tanpa tergantung pada waktu dan kondisi cuaca.



Gambar 5. Pemantauan Deformasi Menggunakan GPS
Sumber : (Abidin, 2007)

1. Gunung api yang sedang dipantau untuk mendeteksi aktivitas dan perubahan deformasi di permukaannya. Deformasi ini bisa terjadi akibat pergerakan magma didalam gunung.
2. Stasiun GPS dilapangan yaitu disekitar gunung, terdapat *receiver* GPS yang dipasang pada titik tetap untuk mengukur perubahan posisi secara terus menerus. Alat ini menangkap sinyal dari satelit GPS.
3. Satelit GPS mengorbit bumi dan mengirimkan sinyal ke stasiun GPS didarat. Satelit ini merupakan komponen penting dalam menentukan koorsinat dan pergeseran titik-titik dipermukaan bumi.

4. Deformation yaitu panah disekitar gunung menunjukkan arah dan besarnya pergerakan permukaan bumi, yang diukur oleh GPS. Perubahan ini bisa disebabkan oleh tekanan magma yang mendorong tanah di sekitar gunung
5. Data yang dikumpulkan dari stasiun GPS di lapangan dikirimkan ke pusat pengolahan data di mana ilmuwan menganalisis hasil pergeseran permukaan dengan perangkat lunak khusus seperti GAMIT/GLOBK.

2.6. Kecepatan (*Velocity*)

Kecepatan, atau sering disebut *velocity*, adalah tingkat perubahan posisi dalam suatu kerangka acuan, yang bergantung pada waktu (Saputra dkk., 2015). Kecepatan merujuk pada tingkat di mana sebuah objek mengubah posisinya dari posisi sebelumnya dalam rentang waktu tertentu. Dalam konteks ini, perpindahan posisi menggambarkan perpindahan dari titik pengamatan awal ke titik pengamatan berikutnya.

Kecepatan horizontal adalah kecepatan pergerakan suatu titik berdasarkan pergerakan dalam arah horizontal (X, Y). Kecepatan horizontal dihitung dengan menjumlahkan komponen kecepatan *Northing* dan *Easting*. (Mauradhia dkk., 2019). Perhitungan arah dan kecepatan horizontal dilakukan seperti yang dijelaskan dalam persamaan 1 dan 2. Sementara itu, kecepatan vertikal adalah kecepatan yang bergantung pada perubahan ketinggian atau elevasi, dihitung dari komponen kecepatan *Up* dalam koordinat toposentrik atau Z dalam koordinat geosentrik.

$$V_{Hor} = \sqrt{(V_e^2) + (V_n^2)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

V_{Hor} = Kecepatan horizontal

V_e = Kecepatan arah *easting* atau X

V_n = Kecepatan arah *northing* atau Y

2.7. TEQC

TEQC (*Translation, Editing, Quality Control*) adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh UNAVCO untuk mengatasi berbagai masalah dalam pra-pemrosesan data GNSS (Estey dan Wier, 2014). Program ini memiliki beberapa fungsi utama yaitu :

1. *Translation* yaitu membaca data pengamatan GNSS mentah dan mengonversinya ke format lain
2. *Editing* yaitu melakukan pengeditan pada data pengamatan, seperti pemotongan, perubahan interval, serta koreksi pada *RINEX* hasil konversi
3. *Quality Check* yaitu memeriksa kualitas data GPS dan GLONASS dari data *RINEX* pengamatan, baik dengan atau tanpa data navigasi dan ephemeris.

Saat memeriksa data menggunakan TEQC, ada beberapa parameter yang harus dipenuhi agar data dianggap berkualitas baik. Data yang baik memiliki nilai MP1 dan MP2 $< 0,5$ serta IOD *slips* dan IOD/MP < 100 . Nilai MP1 dan MP2 mencerminkan pengaruh *multipath*, sedangkan IOD *slips* dan IOD/MP *slips* menunjukkan adanya faktor atmosfer (Patmurdea I, 2018).

2.8. GAMIT/GLOBK

GAMIT adalah paket analisis data GPS yang lengkap yang dibuat oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Ini memiliki kemampuan untuk menghitung posisi tiga dimensi dan orbit satelit. Perangkat lunak ini mulai dikembangkan pada tahun 1970-an bersamaan dengan penciptaan alat penerima GPS oleh *Massachusetts Institute of Technology* MIT (Bulatovic dan Affairs, 2024). GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS analysis program*) merupakan salah satu paket program yang dapat mengkombinasikan hasil pemrosesan untuk data survey teretris ataupun data survey ekstra teretris. Pengolahan hasil dari GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun,

parameter orbit, parameter rotasi bumi dan hasil koordinat pengamatan dilapangan. GLOBK bertujuan sebagai kalman filter untuk mengkombinasikan solusi dari data yang sudah diproses di GAMIT dengan pengamatan *space* geodesi, sehingga mampu mengestimasi posisi dan kecepatannya.

Hasil pengolahan GAMIT memiliki kriteria agar dapat dikatakan sebagai hasil yang baik yaitu apabila nilai posfit nrms (*normalized rms*) *free solution* dan *fixed solution* memiliki nilai di bawah 0,25. Nilai di atas 0,25 mengindiskan adanya masalah seperti efek *cycle slip* yang belum dihilangkan dan stasiun *fixed* dengan koordinat yang buruk (Iqbal 2013 dalam Ulinuha dkk. 2021). *Cycle slip* sendiri berarti kesalahan yang menunjukkan ketidak-kontinuan fase gelombang akibat sinyal ke *receiver* yang terputus pada saat pengamatan. Hasil pengolahan juga dapat dikatakan baik apabila pada ambiguitas fase yang terdapat pada *sh_gamit_(ddd).summary* memiliki nilai *wide line* (WL) di atas 90% dan nilai *narrow line* (NL) di atas 80%. Nilai tersebut menandakan bahwa tidak terdapat noise pada data *pseudo range* dan tidak terdapat kesalahan pada ukuran, konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori atau kondisi atmosfer (Herring 2006 dalam Artini 2014).

2.9. Transformasi Koordinat Geosentrik ke Toposentrik

Hasil pengolahan data menggunakan GAMIT/GLOBK memberikan koordinat dalam sistem kartesian geosentrik (X, Y, Z) yang berpusat di pusat bumi. Dari koordinat katesian ini, dilakukan transformasi ke sistem koordinat toposentrik (N, E, U) dimana sumbu pusatnya berada di permukaan bumi dan bersifat lokal. Pusat sumbu koordinat toposentrik dalam penelitian ini diambil dari periode pengamatan pertama. Sebelum dilakukan transformasi ke sistem toposentrik, koordinat tersebut harus terlebih dahulu diubah ke sistem koordinat geodetic (φ , λ , H). Setelah itu, koordinat toposentrik dapat dihitung menggunakan persamaan yang sesuai seperti yang dijlaskan oleh (Kosasih dan Wedyanto, 2005).

$$\begin{pmatrix} n \\ e \\ u \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} \dots \dots \dots (2)$$

$$\begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A - X_o \\ Y_A - Y_o \\ Z_A - Z_o \end{pmatrix} \dots \dots \dots (3)$$

$$R(\varphi_o, \lambda_o) = \begin{pmatrix} -\sin\varphi_o \cos\lambda_o & -\sin\varphi_o \sin\lambda_o & \cos\varphi_o \\ -\sin\lambda_o & \cos\lambda_o & 0 \\ \cos\varphi_o \cos\lambda_o & \cos\varphi_o \sin\lambda_o & \sin\varphi_o \end{pmatrix} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

N, E, U = Koordinat toposentrik titik A

φ_o, λ_o = Koordinat geodetic titik O

(origin sistem koordinat toposentrik)

X_o, Y_o, Z_o = koordinat geosentrik titik O

(origin sistem koordinat toposentrik)

X_A, Y_A, Z_A = Koordinat geosentrik titik A

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ = Selisih antara koordinat kartesian geosentrik titik A dan titik O

R = Matrik rotasi

2.10. Uji T- *Student*

Uji T-*Student* adalah metode statistik yang dikembangkan oleh William Searly Gosset, yang menulis dengan nama samara “*Student*” dalam publikasi ilmiahnya. Gosset merancang uji ini bahwasannya dia menemukan distribusi Z dari distribusi normal tidak cocok untuk sampel berukuran kecil. Sebagai solusinya, Gosset mengembangkan distribusi t-*student*, yang mirip dengan distribusi normal tetapi lebih tepat untuk sampel dengan berbagai ukuran, baik kecil maupun besar. Distribusi t-*Student* mendekati distribusi normal ketika ukuran sampel (n) mencapai 90 atau lebih, dan pada sampel yang sangat besar, distribusi t menjadi identik dengan distribusi normal. Uji t-*Student* memiliki banyak aplikasi dan dapat digunakan pada data berpasangan maupun tidak berpasangan. (Hanifiah dkk., 2020).

Pengujian *t-student* dilakukan dengan membandingkan T_{hitung} dan T_{tabel} dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{X_2 - X_1}{\frac{S_2}{\sqrt{n_2}} + \frac{S_1}{\sqrt{n_1}}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

X_1 = Rata- rata deformasi periode pertama

X_2 = Rata – rata deformasi periode kedua

S_1 = Standar deviasi data pertama

S_2 = Standar deviasi data kedua

n_1 = Jumlah pengamatan data pertama

n_2 = umlah pengamatan data kedua

t = T_{hitung}

Struktur pengujian hipotesis dirumuskan dengan menggunakan istilah hipotesa nol. Hipotesa nol diterima atau signifikan apabila nilai $T_{hitung} > T$, yang diartikan secara statistik dianggap telah terjadinya perubahan atau pergeseran. Sedangkan, hipotesa nol ditolak atau tidak signifikan apabila $T_{hitung} < T$, yang artinya secara statistik dianggap tidak terjadi perubahan ataupun pergeseran. Hipotesa nol terkait parameter populasi selalu dirumuskan sedemikian rupa sehingga parameter tersebut memiliki nilai tertentu yang spesifik, sementara hipotesis alternative memungkinkan adanya beberapa nilai.

2.11. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini didasarkan pada beberapa studi terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Berikut adalah beberapa penelitian yang menjadi referensi dalam penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
1.	Sri Wani Oktarina (2019)	Studi Deformasi Gunung Api Sinabung Berdasarkan Data GNSS Tahun 2018-2019	Metode survey deformasi menggunakan <i>Global Navigation Satellite System</i> (GNSS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Besar Pergeseran pada setiap stasiun pengamatan 2. Inflasi dan deflasi Gunung Api Sinabung
2.	Achmad Faris (2015)	Deformasi Gunung Api Batur berdasarkan data pengamatan GPS berkala tahun 2008, 2009, 2013, dan 2015	Metode Deformasi melalui pengamatan <i>Global Position System</i> (GPS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vektor dan arah pergeseran titik pengamatan GPS 2. Inflasi dan deflasi Gunung Batur
3.	Andreas Jonathan Edison (2019)	Analisis Deformasi Gunung Api Tangkuban Perahu Berdasarkan Data GPS Kontinyu pada Tahun 2019	Metode GNSS CORS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vektor dan arah pergeseran Gunung Api Tangkuban Perahu pengamatan GPS Kontinu 2. Inflasi dan Deflasi pada Gunung Api Tangkuban Perahu
4.	Efrita Lusy Andriany Saragih (2019)	Deformasi Gunung Api Lokon Periode Erupsi Agustus 2015	Metode Deformasi dan menggunakan Model Mogi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deformasi yang terjadi di Gunung Api Lokon Vektor 2. Vektor pergeseran horizontal

No	Penelitian	Judul	Metode	Hasil
5.	Tania Sari Rahmawati	Analisis Deformasi Gunung Api Sinabung berdasarkan Data Pengamatan GPS periode 2017-2018	Metode GNSS CORS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memantau pergeseran Gunung Api Sinabung setelah mengalami erupsi Agustus 2010 menggunakan metode GPS. 2. Mengetahui adanya Inflasi dan Deflasi di Gunung Api Sinabung
6.	Ihsan Naufal Muafiry (2015)	Analisis Deformasi Akibat Gempa Bumi Kepulauan Mentawai Menggunakan Pengamatan GPS Kontinyu (studi kasus : Gempa Mentawai Tahun 2008)	Pemantauan deformasi dengan <i>Global Position System</i> (GPS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arah pergeseran vektor horizontal setiap stasiun GPS 2. Nilai dan Arah pergeseran vektor horizontal setiap stasiun GPS
7.	Putri Regina Septiani (2024)	Monitoring Perubahan Deformasi Gunung Api Anak Krakatau berdasarkan Data GPS Kontinu	Metode GPS Kontinu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vektor dan arah pergeseran Gunung Api Anak Krakatau pengamatan GPS Kontinu 2. Nilai dan Arah pergeseran vektor horizontal setiap stasiun GPS

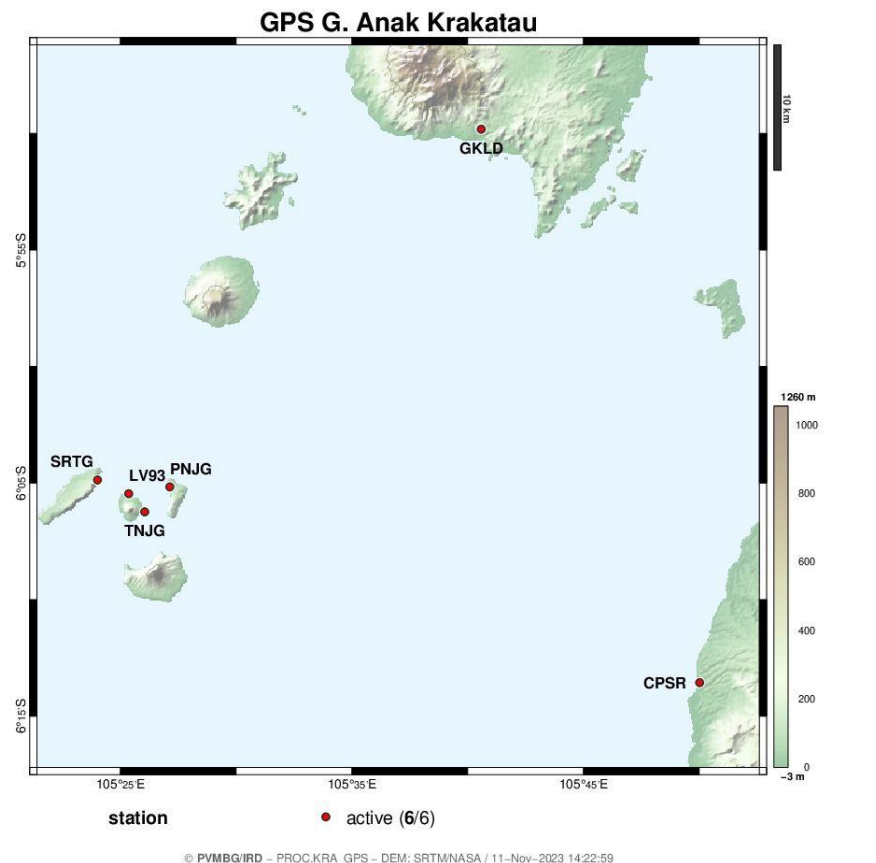
Dari penelitian terdahulu diatas merupakan sebuah referensi dalam penulisan penelitian ini. Perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini yaitu dari segi lokasi penelitian, metode penelitian, dan aplikasi yang digunakan dalam penelitian. Pada penelitian ini menggunakan lokasi deformasi pengamatan Gunung Api Anak Krakatau menggunakan 3 stasiun titik ikat yaitu PNJG, SRTG, dan TNJG untuk *monitoring* perubahan pergerakan

horizontal terhadap gunung api dan divalidasikan menggunakan data hasil GNSS WebOBS PVMBG.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Gunung api Anak Krakatau merupakan lokasi utama dari penelitian ini, dimana secara geografis lokasinya di perairan Selat Sunda di wilayah Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung dengan posisi geografis $6^{\circ}06'06''$ Lintang Selatan dan $105^{\circ}25'27''$ Bujur Timur menggunakan titik pengamatan lokal yang terdiri dari 3 titik stasiun yaitu PNJG, SRTG, dan TNJG.



Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian
Sumber : PVMBG

Untuk pemantauan deformasi Gunung Anak Krakatau digunakan 3 titik stasiun GPS, dengan rincian sebagai berikut :



List of station(s)						
Nodes [Active Valid All] - Coordinates [Lat/Lon UTM XYZ] - Export [TXT CSV KML] - Proc. parameters [On Off] - Projec						
	Alias	Name	Coordinates			Lifetime and V
			Lat. (WGS84)	Lon. (WGS84)	Elev. (m)	Start / Installation
	CPSR	"Pasauran"	-6.22601	105.83362	31	2022-08-11
	GKLD	"Kalianda"	-5.83033	105.67643	150	2023-07-21
	LV93	"Lava93"	-6.09093	105.42274	29	2022-08-11
	PNJG	"Panjang"	-6.08609	105.45224	18	2022-07-28
	SRTG	"Sertung"	-6.08111	105.40020	21	2022-07-28
	TNJJ	"Tanjung"	-6.10392	105.43423	28	2022-07-28

Gambar 7. Titik Koordinat Lintang dan Bujur Stasiun Pengamatan

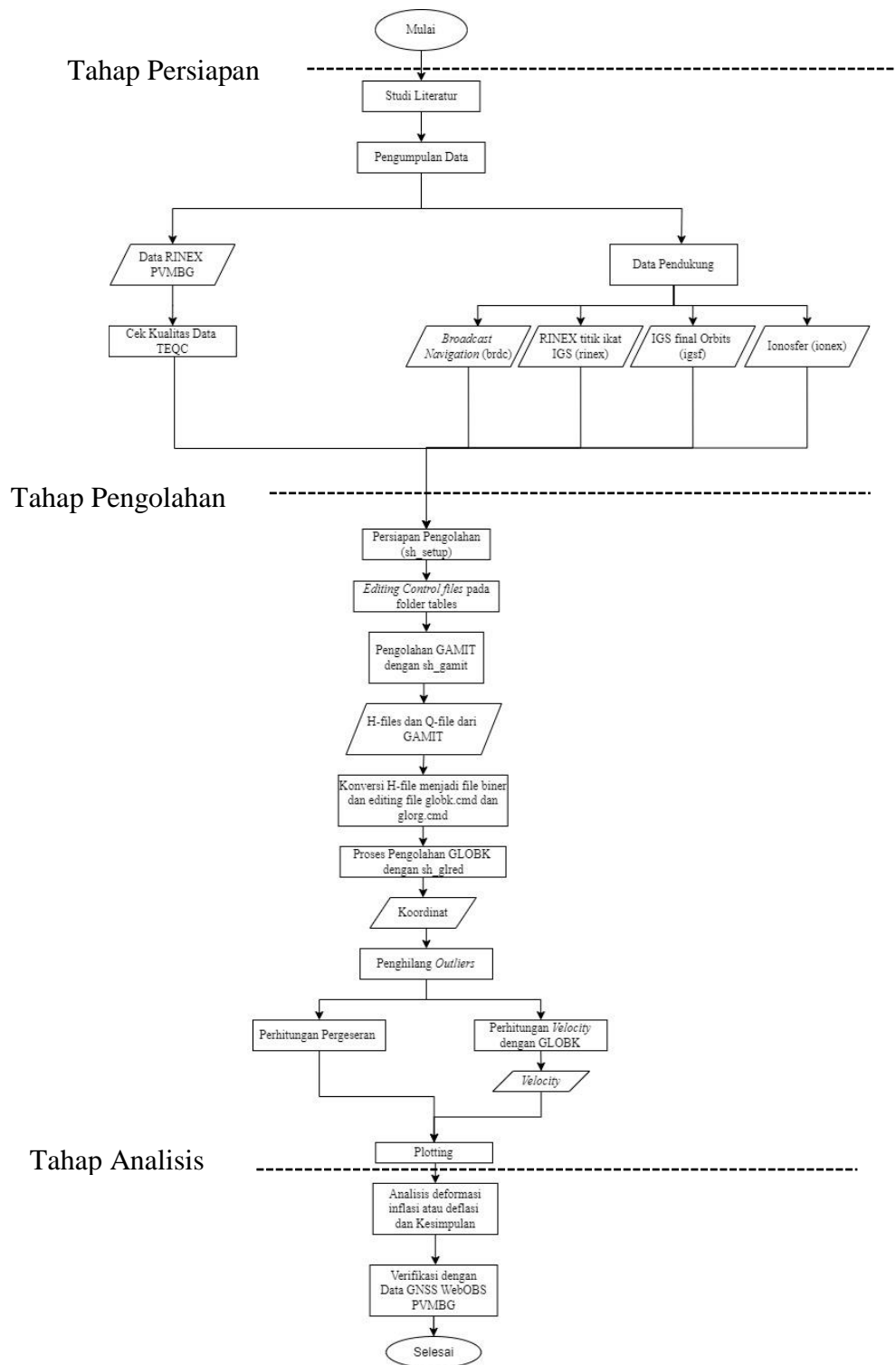
Sumber : PVMBG

Tabel 2. Stasiun Titik Pengamatan

No	Stasiun	Lokasi
1	PNJG	Selat Sunda, Pulau Panjang
2	SRTG	Selat Sunda, Pulau Sertung
3	TNJJ	Selat Sunda, Pulau Tanjung

3.2. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian yang telah dilakukan memiliki tahapan yang disajikan dalam satu diagram alir. Lebih dijelaskan dalam gambar diagram alir seperti dibawah ini :



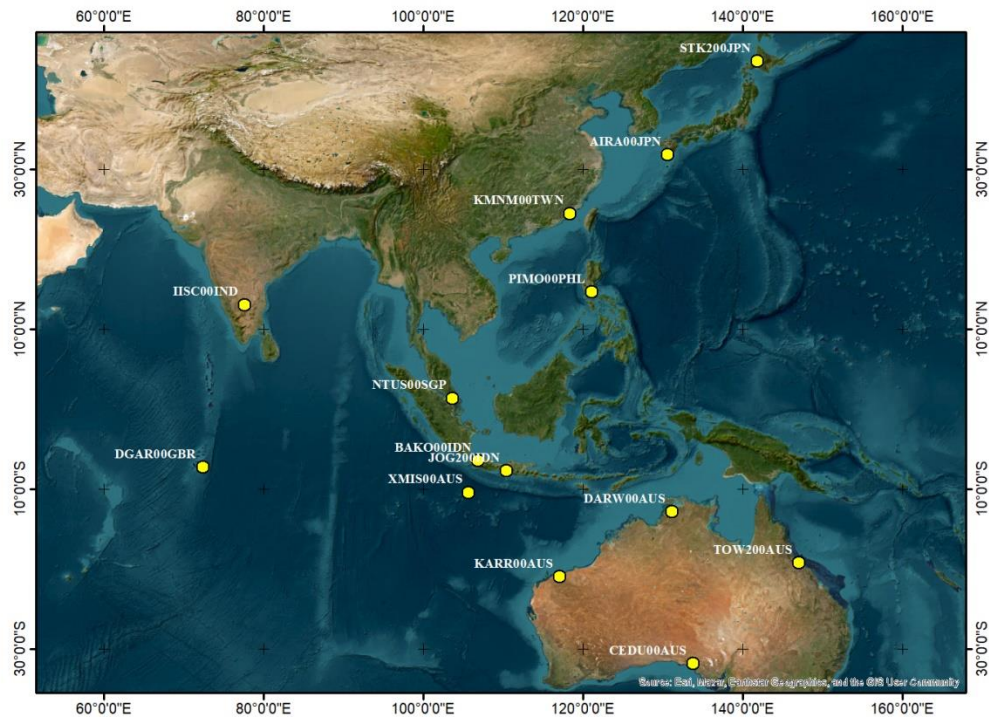
Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

3.3. Studi Literatur

Dalam pengumpulan literatur yang relevan untuk mendukung penelitian yang sedang dilakukan, penting untuk menggunakan referensi yang berkaitan dengan permasalahan yang terkait dengan tema penelitian. Misalnya, referensi tersebut dapat mencakup karakteristik deformasi Gunung Api Anak Krakatau, metode deformasi yang akan diterapkan, serta perhitungan untuk menentukan nilai kecepatan pergeseran. Referensi yang digunakan dapat berupa jurnal penelitian, tugas akhir, dan buku. Dalam studi literatur ini juga memiliki tujuan untuk pengaruh inflasi dan deflasi Gunung Api Anak Krakatau terhadap aktivitas vulkanik dengan melakukan pengamatan pergerakan Gunungapi tersebut melalui pemantauan deformasi.

3.4. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data GPS dari tiga titik pengamatan yaitu stasiun PNJG, TNJG, dan SRTG yang berada disekitar Gunung Anak Krakatau. Didapatkan data GPS dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dalam format *RINEX* sebanyak 90 data dalam rentang waktu tiga bulan, yaitu bulan Januari sampai Maret 2023 dan data stasiun titik ikat IGS (*Internasional GNSS Service*) berformat *RINEX* yang didapatkan dari situs web <https://igs.org/> menggunakan 14 stasiun ikat yaitu AIRA, BAKO, CEDU, DARW, DGAR, IISC, JOG2, KARR, KMNM, NTUS, PIMO, STK2, TOW2, XMIS.



Gambar 9. Persebaran Titik Ikat IGS yang akan digunakan

3.5. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Adapun perangkat keras yang digunakan berupa laptop MSI dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe	: MSI <i>Gaming GF63 Thin 10SC-819</i>
Sistem Operasi	: - Linux Ubuntu - <i>Windows 10 64-bit</i>
Memori sistem	: 512GB
Processor	: Intel Core i5-10500H

Sedangkan perangkat lunak atau *software* yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa *software* yang memiliki kegunaan masing-masing. Berikut *software* yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. Alat Penelitian

Software / Perangkat Lunak	Kegunaan
TEQC (<i>Translation, Editing, Quality Control</i>)	Cek kualitas data
GAMIT/GLOBK 10.7	Pegolahan data
MATLAB 2021 (<i>Matrix Laboratory</i>)	Cek hasil data
GMT (<i>Generic Mapping Tools</i>)	<i>Plotting</i>
<i>Microsoft Office</i>	Penyusunan laporan
<i>Microsoft Excel</i>	Penyusunan hasil data

3.6. Pengolahan Data

Pengolahan Data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengolah seluruh data yang telah diakuisi. Tahapan- tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang nantinya akan dilakukan analisi dan penarikan kesimpulan. Tahap – tahap pengolahan terdiri dari tahap- tahap sebagai berikut :

3.6.1. Pengecekan Kualitas Data

Pengecekan kontrol kualitas dan interval data *RINEX* yang digunakan dalam pengolahan. Data yang digunakan diambil dengan interval perekaman setiap 30 detik. TEQC dijalankan melalui *Command Prompt* pada sistem operasi Windows 10. Perintah yang digunakan untuk melakukan kontrol kualitas adalah sebagai berikut : “*teqc + qc -nav filenav.yyn fileobs.yyo*”. Kontrol kualitas dilakukan terlebih dahulu sebelum melanjutkan pengolahan data. Kualitas data akan dievaluasi berdasarkan nilai MP1, MP2 dan IOD/MP. Semua nilai

ini dapat dilihat dari hasil pemeriksaan kualitas data dalam *file* dengan ekstensi “*filepengamatan.yys*,” yang dapat dibuka menggunakan aplikasi Notepad, seperti gambar dibawah ini :

```

Rx tracking capability : unknown
Poss. # of obs epochs : 5760
Epochs w/ observations : 5760
Epochs repeated      : 0 (0.00%)
Complete observations : 126224
  Deleted observations : 7578
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP12  : 0.687197 m
Moving average MP21  : 0.773904 m
Moving average MP15  : 0.663864 m
Moving average MP51  : 0.638757 m
Moving average MP17  : 0.868489 m
Moving average MP71  : 0.704766 m
Moving average MP18  : 0.863763 m
Moving average MP81  : 0.664620 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1              : 46.36 (sd=5.17 n=131579)
Mean S2              : 44.79 (sd=5.01 n=67913)
Mean S5              : 47.65 (sd=4.88 n=60774)
Mean S7              : 47.99 (sd=4.84 n=37359)
Mean S8              : 50.16 (sd=5.09 n=37670)
No. of Rx clock offsets : 0
Total Rx clock drift  : 0.000000 ms
Rate of Rx clock drift : 0.000 ms/hr
Avg time between resets : Inf minute(s)
Freq no. and timecode : 5 15701 ffffff
Report gap > than    : 10.00 minute(s)
  but < than         : 90.00 minute(s)
epochs w/ msec clk slip : 0
other msec mp events   : 0 (: 2594) {expect ~= 1:50}
IOD signifying a slip  : >400.0 cm/minute
IOD slips              : 2878
IOD or MP slips       : 1694
  first epoch  last epoch  sn1  sn2  sn5  sn7  sn8

```

Gambar 10. Hasil Pengecekan Kualitas Data Menggunakan TEQC

3.6.2. Pengolahan Data dengan Perangkat *Software* GAMIT

Proses pengolahan data pada software GAMIT akan menghasilkan *files q-file*, *h file* dan *autcl. Summary*. Dilakukan dengan pembuatan direktori yang terdiri dari folder “brdc” dengan perintah `sh_get_nav - archive sopac -yr - DoY (ddd) -ndays -allnav`, pembuatan folder *igs*” dengan perintah `sh_get_orbits -yr -DoY -ndays -orbits igsf`, pembuatan folder “ionex” dengan perintah `sh_get_ion -yr -DoY -ndays` , pembuatan folder “rinex” dengan

perintah *sh_get_rinex -archive cddis sopac unavco -yr DoY -ndays -sites*, dan pembuatan folder “tables” dengan perintah *sh_setup -yr* . Pada folder *tables* dilakukan perubahan parameter pada file *site.defaults*, file *process.default*, file *sittbl*, file *lfile*. Kemudian melakukan perintah *sh_gamit -expt -s -orbit IGSF -pres ELEV* pada terminal.

3.6.3. Pengolahan Data dengan Software GLOBK

Proses pengolahan data pada *software* GLOBK akan menghasilkan koordinat definitif titik pengamatan. Sebelum melakukan pengolahan titik pengamatan menggunakan GLOBK diperlukan file *globk.cmd* dan *glorg.cmd*. Untuk mendapatkan file tersebut menggunakan perintah *sh_glerd -cmd* pada folder utama. Selanjutnya melakukan editing file, pada file *globk.cmd* bagian *prt_opt* dan *org_opt* ditambahkan opsi BLEN UTM GEOD. Editing file *glorg.cmd* dilakukan dengan menambah opsi *x* pada baris *command source~/gg/tables/igs14_comb.stab_site* yang berarti bahwa command tersebut tidak digunakan. Penyesuaian dilakukan dengan menambah *command stab_site* pada baris selanjutnya yang diikuti dengan nama-nama stasiun IGS yang digunakan. Kemudian untuk mendapatkan hasil koordinat memasukkan perintah pada terminal berikut perintahnya *sh_glred -expt -s < DoY awal> < DoY akhir> -opt H G T*.

3.6.4. Perhitungan Koordinat Toposentrik

Hasil dari olahan *software* GAMIT/GLOBK menghasilkan koordinat olahan Kartesian Geosentrik dan Geodetik, dengan menggunakan koordinat pengamatan pertama sebagai pusat sumbu koordinat, dihitung dari koordinat toposentrik dengan rumus transformasi koordinat. Koordinat toposentrik merupakan perubahan nilai koordinat selama periode pengamatan.

3.6.5. Perhitungan Pergeseran dan *Velocity*

Proses perhitungan ini dilakukan dengan memasukkan nilai koordinat hasil pengamatan periode Januari sampai Maret tahun 2023 ke dalam Microsoft Excel 2016. Selanjutnya, perubahan nilai koordinat antara periode Januari sampai Maret 2023 tersebut dihitung dengan mengurangkan koordinat pada waktu awal dari koordinat pada waktu akhir. Vektor pergeseran (ΔV) ini memberikan informasi mengenai jarak dan arah pergerakan titik tersebut. Kecepatan diperoleh dengan menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada Sub bab 2.6, dinyatakan dalam satuan panjang per waktu (m/tahun).

3.6.6. *Plotting* Peta *Velocity* dengan *Software* GMT

Proses pembuatan peta dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Generic Mapping Tools* (GMT) versi 6.0.0. Dalam tahap ini, *script* berformat .sh dan .dat dimodifikasi untuk mengatur berbagai parameter, seperti batas wilayah, proyeksi, warna, grid, skala, arah mata angin, serta nilai *velocity* pada titik pengamatan. Hasil dari proses ini adalah peta yang menunjukkan arah kecepatan titik pengamatan secara horizontal ataupun vertikal secara visual. Selain itu, peta ini dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut mengenai pola deformasi dan dinamika geologi di area yang diteliti.

3.6.7. Uji Statistik *T-student*

Uji signifikansi dilakukan dengan metode uji statistik *T-student*, di mana nilai *Thitung* dibandingkan dengan *T*. Nilai *Thitung*s diperoleh dengan membagi resultan pergeseran horizontal koordinat dengan standar deviasinya, sedangkan *T* diambil dari *T-student* dengan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan (*df*) yang diasumsikan tak terbatas (∞) karena jumlah data yang digunakan sangat besar. Uji signifikansi ini diterapkan pada hasil perhitungan pergeseran dan vektor kecepatan pergeseran untuk menentukan apakah

terdapat perubahan atau perbedaan yang signifikan secara statistik. Hipotesis nol diterima atau dianggap signifikan jika $T_{hitung} > T$, yang menunjukkan adanya perubahan atau pergeseran secara statistik. Sebaliknya, hipotesis nol ditolak atau dianggap tidak signifikan jika $T_{hitung} < T$, yang menunjukkan tidak adanya perubahan atau pergeseran secara statistik.

3.6.8. Analisis Hubungan Hasil GAMIT/GLOBK dengan Data GNSS WebOBS

Dari hasil pengolahan menggunakan *software* GAMIT/GLOBK dapat divalidasikan dengan data GNSS WebOBS PVMBG untuk memastikan konsistensi pola pergeseran dan inflasi permukaan yang terdeteksi serta untuk membandingkan hasil pergerakan tanah yang diperoleh dari hasil kedua pengolahan data tersebut. Hasil pengolahan dan validasi disusun dengan interpretasi mengenai perubahan deformasi yang terjadi di Gunung Anak Krakatau, dengan fokus pada aktivitas vulkanik yang terdeteksi, seperti potensi peningkatan tekanan magmatik dan kemungkinan erupsi.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Arah dan besar pergeseran titik pengamatan 3 stasiun Gunung Api Anak Krakatau selama periode Januari sampai Maret 2023 secara statistik mengalami pergeseran horizontal 3,32 mm sampai dengan 40,86 mm setiap bulannya. Pada titik-titik pengamatan yang berada di sisi kanan yaitu stasiun PNJG dan TNJG terlihat kecenderungan kearah Tenggara dengan kecepatan pergeseran 3,32 hingga 40,86 mm/tahun. Sementara itu, titik pengamatan yang berada di sisi kiri gunung api yaitu stasiun SRTG memiliki kecenderungan pergerakan ke arah barat laut dengan kecepatan pergeseran sebesar -26,93 sampai dengan -30,34 mm/tahun. Sedangkan untuk pergeseran vertikal mengalami perubahan dimana disisi kiri gunung api stasiun PNJG dan TNJG memiliki kecenderungan pergerakan kearah selatan atau terjadinya deflasi (penurunan) dan disisi kanan gunung api stasiun SRTG memiliki kecenderungan pergerakan kearah utara atau terjadinya Inflasi (penaikan) pada Gunung Api Anak Krakatau periode Januari sampai Maret 2023.
2. Hasil pengolahan data dalam sistem koordinat toposentrik yang dilakukan pada Januari sampai maret 2023 pada titik-titik pengamatan untuk komponen *Norting*, *Easting*, dan *Up* sebagian besar mengalami pergeseran yang signifikan setiap bulannya yang mengakibatkan pergerakan horizontal juga mengalami pergeseran yang signifikan yaitu dimana hasil uji T- *student* menandakan bahwa pergeseran mencapai 10 sampai 66 mm/ tahun dimana nilai Thitung lebih besar dari nilai Ttabel yaitu diatas 1,96 pada periode Januari sampai Maret 2023.

3. Hasil pemantauan menggunakan GNSS WebOBS periode Januari sampai Maret Gunung Anak Krakatau menunjukkan adanya tekanan dari sumber magma di bawah permukaan yang menyebabkan inflasi pada tubuh gunung. Pemodelan isotropik mengidentifikasi sumber magma berada pada kedalaman sekitar 7 hingga 8 km, dengan volume perubahan magma yang signifikan. Area inflasi utama terdeteksi di bagian barat daya gunung, dengan pergerakan tanah yang terukur mencapai hingga 4-5 mm selama periode pengamatan. Nilai misfit menunjukkan masih ada sedikit perbedaan antara model dan kondisi aktual.
4. Analisis menggunakan *software* GAMIT/GLOBK yang divalidasi dengan data GNSS WebObs PVMBG selama periode Januari hingga Maret 2023 menunjukkan adanya aktivitas deformasi signifikan yang diakibatkan oleh tekanan magma di bawah permukaan gunung. Data deformasi menunjukkan adanya inflasi dengan pergerakan tanah yang bervariasi antara 4 hingga 5 mm, terutama di bagian barat daya tubuh gunung. Pemodelan isotropik mengidentifikasi sumber tekanan magma pada kedalaman sekitar 7 hingga 8 km dengan peningkatan volume magma, yang menyebabkan inflasi pada area tersebut. Hasil pemodelan GAMIT/GLOBK menunjukkan kesesuaian yang cukup baik dengan hasil dari GNSS WebObs, dengan nilai misfit yang relatif kecil, menunjukkan bahwa model ini mendekati kondisi aktual di lapangan. Mengindikasikan adanya potensi peningkatan aktivitas vulkanik di Gunung Anak Krakatau pada periode tersebut.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian kajian deformasi Gunung Api Anak Krakatau dengan data yang lebih banyak dan lengkap serta memiliki kualitas data yang baik guna meningkatkan keakuratan hasil penelitian kedepannya.

2. Melakukan penelitian kajian deformasi dengan metode lain untuk menambah informasi terkait aktivitas pergerakan erupsi gunung api menggunakan parameter lain misalkan dengan metode penginderaan jauh atau metode GPS menggunakan titik pengamatan yang lain.
3. Melakukan penelitian kajian deformasi gunung api untuk melakukan evaluasi dan memperkuat infrastruktur diwilayah tersebut mencakup analisis resiko dari dampaknya erupsi gunung api dimasa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z., Hendrasto, M., Andreas, H., Darmawan, D., Kusuma, M. ., Gamal, M., Suganda, O. ., Kusnadi, I., dan Wirakusumah, A. 2018. Studi Deformasi Gunungapi Batur Dengan Metode Survei Gps. *Jurnal Surveying*, 12(3), 2.
- Adhiguna, Abhie. 2020. “Analisis Gunungapi Gede berdasarkan data pengamatan GPS kontinu tahun 2017-2018”. Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional.
- Alif, S. M. dan P. T. Hapsoro. 2021. Penentuan Titik IGS Sebagai Titik Ikat Dalam Pengolahan Data GNSS Untuk Studi Geodinamika Di Pulau Sumatra. *Jurnal Ilmiah Tekno Global*. 10(2):72–78.
- Bulatovic, V., and Affairs, R. P. 2024. *GAMIT / GLOBK : A Review Of Methodology , Application , and Future. March*.
- Cui, M., Peng, N., Liu, Y., Wang, Z., Li, C., Xu, K., and Kuang, H. 2023. Recognizing deformation origins: a review of deformation structures and hypothesis on the perspective of sediment consolidation. *International Geology Review*, 65(9), 1500–1523. <https://doi.org/10.1080/00206814.2022.2094840>
- Estey, L. dan S. Wier. 2014. *Teqc Tutorial: Basics of Teqc Use and Teqc Products*. Boulder, Colorado: UNAVCO.
- Hanafiah, A. Sutedia, dan I. Ahmaddien. 2020. *Pengantar Statistika*. Bandung: Widina Bhakti Persada Bandung.
- Herring, T.A., 2010. *GAMIT Reference Manual GPS Analysis at MIT Release 10.4. San Diego: Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology*
- Jamel, I., Meilano, I., Gumilar, I., dan Sarsito, D. A. 2013. *Analisis Deformasi Gunung Api Papandayan Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2002 – 2011*. 2(3), 1–9.
- Kriswati, E. 2008. *Deformasi Pra Letusan Gunung Anak Krakatau Oktober 2007. February*, 222–232.
- Kurniawan, R., dan Anjasmara, I. M. 2016. *Utilization of Differential Interferometry*

Synthetic Aperture Radar (DInSAR) for Deformation Monitoring due to Geothermal Exploitation Activity. Jurnal Teknik ITS, 5(2), 331–336. <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Mauradhia, A., Anjasmara, I. M., Geomatika, D. T., Teknologi, I., dan Nopember, S. 2019. *44592-105990-1-Pb. 8(2), 213–218.*

Nurfarida, Nurul. 2010. Analisis Laju Geser dan Potensi Bahaya Gempa Sesar Cimandiri Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2006-2010. Tugas Akhir: Institut Teknologi Bandung

Oktarina, S. W., Alif, S. M., Irwan Meilano, S. T., dan Umar Rosadi, S. T. 2019 Studi Deformasi Gunung Api Sinabung Berdasarkan Data GNSS Tahun 2018 2019

Patmurdea I, E. D. 2018. *Analisis Pergeseran Koordinat Stasiun CORS Secara Periodik Pada Tahun 2014 Sampai Tahun 2018 (Studi Kasus : Bali Dan Nusa Tenggara). 2018, 1–7.*

Saputra, R., Awaluddin, M., dan Janu Amarrohman, F. 2015. Perhitungan Velocity Rate CORS GNSS Di Wilayah Pantai Utara Jawa Tengah. *Jurnal Geodesi Undip, 4(4), 231–239.*

Sari, A. N. A. R. 2014. Metode Differential Interferometry Synthetic Aparture Radar (Dinsar) Untuk Analisa Deformasi Di Daerah Rawan Bencana Gempa Bumi (Studi Kasus : Kepulauan Mentawai , Sumatera Barat).

Stehn, C. H. 1929. The geology and volcanism of the Krakatau Group. Pan-Pacific Science Congress Java, 1-55.

Sulasdi, W.N., 1995. Makna Kerangka Referensi dalam Analisis Deformasi. Yogyakarta : Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Geofisika.

Yulaikhah, S. Pramumijoyo, dan N. Widjajanti. 2018. Correlation of GNSS Observation Data Quality Resulted from TEQC Checking and Coordinate's Precision. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering (JGISE). 1(1):8–13.*