

**ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API TANGKUBAN PERAHU
BERDASARKAN DATA GPS KONTINYU PADA TAHUN 2019**

(Skripsi)

Oleh

**ANDREEAN JONATHAN EDISON
NPM 1415013001**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API TANGKUBAN PERAHU BERDASARKAN DATA GPS KONTINYU PADA TAHUN 2019

Oleh

ANDREEAN JONATHAN EDISON

Gunung Api Tangkuban Perahu adalah salah satu gunung api aktif di Indonesia yang terletak di bagian utara Kota Bandung, Jawa Barat. Dengan ketinggian 2084 m dpl dan merupakan gunung api tipe strato dan memiliki letusan eksplosif berintensitas kecil serta mengakibatkan hujan abu serta batuan dan kerikil.

Maka diperlukan suatu upaya mitigasi dalam meminimalisir bahaya erupsi Gunung Api Tangkuban Perahu, dan salah satu upaya tersebut adalah pengamatan Deformasi menggunakan data pemantauan GPS secara Kontinyu. Karakteristik Deformasi yang dianalisis meliputi arah, besar pergeseran dan menentukan *inflasi* atau *deflasi*. Dari analisis unsur tersebut, dapat diketahui karakter deformasi pada Gunung Api Tangkuban Perahu. Untuk pengolahan data GPS digunakan *scientific software* yaitu GAMIT/GLOBK.

Dari hasil analisis yang dilakukan selama 1 tahun, yaitu bulan Januari sampai Desember 2019, didapatkan nilai pergeseran horizontal pada stasiun POSP sebesar 24,27 mm menuju kearah timur dan vertikal sebesar 49,36 dengan sifat *inflasi*, Untuk Stasiun ITBR, horizontal sebesar 24,07 mm menuju kearah Tenggara dan vertikal sebesar 23,02 mm dengan sifat *inflasi*, untuk stasiun SUCL, horizontal sebesar 27,26 mm kearah Timur Laut dan vertikal sebesar -72.94 mm dengan sifat *deflasi*.

Kata Kunci : Gunung Api Tangkuban Perahu, Deformasi, GPS, Deflasi, Inflasi

ABSTRACT

DEFORMATION ANALYSIS OF THE TANGKUBAN PERAHU VOLCANO BASED ON CONTINUOUS GPS DATA IN 2019

BY

ANDREEAN JONATHAN EDISON

Tangkuban Perahu Volcano is one of the active volcanoes in Indonesia which is located in the northern part of Bandung City, West Java. With an altitude of 2084 m above sea level and is a strato-type volcano and has a small-intensity explosive eruption and causes ash rain as well as rocks and gravel.

So a mitigation effort is needed to minimize the danger of the Tangkuban Perahu Volcano eruption, and one of these efforts is the observation of deformation using continuous GPS monitoring data. Deformation characteristics analyzed include direction, magnitude of shift and determine inflation or deflation. From the analysis of these elements, it can be seen the deformation character of Tangkuban Perahu Volcano. For processing GPS data, scientific software is used, namely GAMIT/GLOBK.

From the results of the analysis carried out for 1 year, from January to December 2019, the value of the horizontal shift at the POSP station was 24.27 mm towards the east and 49.36 vertically with the nature of inflation, For ITBR Station, the horizontal was 24.07 mm towards towards the southeast and vertically by 23.02 mm with inflation characteristics, for SUCI stations, horizontally by 27.26 mm towards the Northeast and vertically by -72.94 mm with deflationary properties.

Keywords: Tangkuban Perahu Volcano, Deformation, GPS, Deflation, Inflation

**ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API TANGKUBAN PERAHU
BERDASARKAN DATA GPS KONTINYU PADA TAHUN 2019**

Oleh

Andreean Jonathan Edison

Skripsi

**Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

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



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API
TANGKUBAN PERAHU BERDASARKAN
DATA GPS KONTINYU PADA TAHUN 2019**

Nama Mahasiswa : **Andrean Jonathan Edison**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1415015001

Program Studi : Teknik Geodesi dan Geomatika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



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

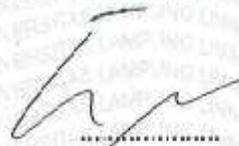
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Fausan Mardapa, M.T., IPM.



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



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



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helary Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP 19750928 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 18 Desember 2021

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Andreas Jonathan Edison** NPM 1415013001 dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Ir. Fauzan Mudapa, M.T., IPM. dan 2) Eko Rahmadi, S.T., M.T. Berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang saya dapatkan, karya ilmiah ini berisi materi yang dibuat sendiri dan hasil beberapa rujukan sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah di publikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggung jawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 20 Desember 2021
Yang Membuat pernyataan



Andreas Jonathan Edison
NPM 1415013001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sukananti pada tanggal 22 November 1996 yang merupakan anak pertama dari tiga saudara Alm. Bapak Feri Edison, S.Pd., M.M. dan Sunarmah.

Riwayat pendidikan penulis dimulai dengan menyelesaikan pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK)

Negri Suka Raja pada tahun 2002, Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Blambangan Umpu pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 5 Blambangan Umpu pada tahun 2011, Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Blambangan Umpu pada tahun 2014.

Pada Tahun 2014 Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswi, penulis terdaftar sebagai Ketua Departemen Multimedia dan Komunikasi di Himpunan Mahasiswa Geodesi Unila (HIMAGES) pada tahun periode 2015/2016. Pada Tahun 2016/2017 terdaftar sebagai Staff Ahli di Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung, Pada tahun 2018/2019 terdaftar di Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia sebagai Ketua Forum Komunikasi Universitas Lampung. dan pada tahun 2018 penulis melaksanakan Kerja Praktik

(KP) di Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG), yang terletak di Jalan Diponegoro No.57 Bandung, Jawa Barat dengan tema : **“Pengolahan Data Deformasi Gunung Api Sinabung Berdasarkan data Pengamatan Berbasis Satelit Periode Januari – Desember 2017”**. Pada tahun 2018 bulan Januari Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Neglasari, Kec. Pagelaran Utara, Kab. Pringsewu selama 40 hari. Kemudian pada bulan Januari 2020 Penulis melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul **“Analisis Deformasi Gunung Api Tangkuban Perahu Berdasarkan Data GPS Kontinyu Pada Tahun 2019”**.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanawata'ala berkat rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Analisis Deformasi Gunung Api Tangkuban Perahu Berdasarkan Data GPS Kontinyu Pada Tahun 2019**". Skripsi ini merupakan salah satu bagian dari persyaratan meraih gelar S1 Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.

Harapan penulis penelitian ini dapat memberi manfaat baik bagi penulis maupun pembaca terutama dalam bidang ilmu Geodesi. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu kritik dan saran sangat dibutuhkan guna membangun tulisan ini.

Bandar Lampung, 20 Desember 2021

Andreean Jonathan Edison
1415013001

SANWANCANA

Puji syukur khadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan penelitian hingga penulisan Skripsi yang berjudul **“ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API TANGKUBAN PERAHU BERDASARKAN DATA GPS KONTINYU PADA TAHUN 2019”** sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng., Ir. Helmy Fitriawan, S.T, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung dan selaku Dosen Pembimbing I atas ketersediannya telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian penelitian skripsi ini.
3. Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu sabar menjelaskan dalam setiap proses bimbingan, membantu memberikan saran dan kritik yang sangat dibutuhkan oleh penulis, selalu

meluangkan waktunya serta memberikan semangat dalam proses penyelesaian penelitian skripsi ini.

4. Romi Fadly, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang sangat bermanfaat untuk penelitian skripsi ini
5. Heruning Tyas, S.T. Selaku Pembimbing di Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG) yang telah membimbing dalam proses persediaan data Tugas Akhir dan memberikan saran, kritik yang sangat dibutuhkan oleh penulis.
5. Seluruh Dosen Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu dan pengetahuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian skripsi ini.
6. Kedua orang tuaku yang telah memberikan segalanya, sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Lampung, serta Alm. Nenekku terimakasih selalu mendoakanku, memberikan kasih sayang dan memotivasiku.
7. Teman seperjuanganku, 9 Serigala Terakhir yang telah bersama-sama melewati suka duka dalam penyelesaian penelitian ini.
8. Anfa Anisa yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan mendo'akanku.
9. Teman-teman Teknik Geodesi dan Survey Pemetaan 2014 dan 2016 terimakasih atas kebersamaan dan dukungannya selama masa perkuliahanku.

Bandar Lampung, 20 Desember 2021

Andreean Jonathan Edison

DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
KATA PENGANTAR.....	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.3.1 Metode Penelitian	3
1.3.2 Sistematika Penulisan	4
1.4 Hipotesis	4
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Sebaran Gunung Api Di Indonesia	9
2.3 Gunung Api Tangkuban Perahu.....	11
2.4 Metode Deformasi	12
2.5 Analisis Deformasi.....	12
2.6 Global Position System (GPS).....	13
2.7 Deformasi Gunung Api.....	14
2.8 Pemantauan Deformasi Dengan GPS	16
2.9 Perangkat Lunak GAMIT	20
2.10 Perangkat Lunak GLOBK.....	21
2.11 IGS (International GNSS Service).....	21
2.12 Pergeseran	22
2.13 Velocity	23

2.14 Uji Statistik T-Student	24
III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Lokasi Penelitian.....	26
3.2 Peralatan dan Data	27
3.2.1 Peralatan.....	27
3.2.2 Data	27
3.3 Diagram Alir Penelitian	28
3.4 Tahap Persiapan	29
3.4.1 Studi Literatur	29
3.4.2 Persiapan Administrasi	29
3.5 Pengumpulan Data	29
3.5.1 Pemilihan Stasiun Referensi	30
3.6 Tahapan Proses Pengolahan Data	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Pengolahan GAMIT	38
4.1.1 Nilai Normalized Root Mean Square (NRMS).....	38
4.1.2 Nilai Wide Lane Dan Narrow Lane	38
4.2 Hasil Dari Pengolahan GLOBK.....	39
4.3 Hasil Pengolahan Vektor Pergeseran.....	43
4.4 Uji Statistik Vektor Pergeseran.....	44
4.5 Analisis Deformasi.....	46
V. PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu	8
2. Peralatan Penelitian Yang Digunakan	27
3. Data Penelitian Yang Digunakan	27
4. Stasiun Pengambilan GPS Di Sekitar Gunung Api Tangkuban Perahu	30
5. Stasiun Referensi IGS Yang Digunakan	36
6. Nilai NRMS Hasil Pengolahan GAMIT	38
7. Nilai Wide Lane Dan Narrow Lane	39
8. Nilai WRMS Sebelum Dihilangkan Outlier	41
9. Nilai WRMS Setelah Dihilangkan Outlier	42
10. Hasil Besar Vektor Pergeseran	43
11. Hasil Uji Statistik Vektor Pergeseran	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Sebaran Pemantauan Gunung Api Di Indonesia.....	10
2. Tiga Segmen Teknologi GPS.....	14
3. Gejala Deformasi Pada Gunung Api Aktif	15
4. Pemantauan Gunung Api Menggunakan GPS	17
5. Pemantauan Secara Episodik	19
6. Peta Sebaran Internasional GNSS Service.....	22
7. Lokasi Penelitian Di Gunung Api Tangkuban Perahu.....	26
8. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	28
9. Titik GPS Yang Terletak Di Gunung Api Tangkuban Perahu	30
10. Sebaran Stasiun IGS Yang Digunakan	31
11. Plotting Time Series Stasiun SUCI Yang Mengalami Outlier	40
12. Plotting Time Series Stasiun SUCI Setelah Dihilangkan Outlier	41
13. Pergeseran Horizontal Gunung Api Tangkuban Perahu pada periode Januari – Desember 2019.....	45
14. Pergeseran Vertikal Gunung Api Tangkuban Perahu pada periode Januari – Desember 2019	46
15. Arah Pergeseran Gunung Api Tangkuban Perahu Januari-Desember 2019	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang mempunyai gunung api aktif sebanyak 127 buah yang berderet di jalur tektonik sepanjang 7.000 km, mulai dari Pulau Sumatera, Pulau Jawa, Kepulauan Nusa Tenggara, Pulau Banda, Pulau Sulawesi dan Pulau Halmahera. Kondisi ini menyebabkan Indonesia sebagai salah satu negara dengan gunung api aktif terbanyak di dunia dengan potensi meletus sewaktu-waktu dan dapat mengancam penduduk di sekitarnya. (Data Dasar Gunung api Indonesia, 2011)

Terdapat beberapa gunung api aktif di Indonesia salah satunya adalah Gunung Tangkuban Perahu secara geografis terletak pada koordinat 6°45'34" LS dan 107°36'56" BT. Gunung Tangkuban Perahu memiliki ketinggian 2.087 mdpl, Gunung ini termasuk ke dalam jenis gunung api Strato dan memiliki letusan eksplosif berintensitas kecil serta mengakibatkan hujan abu serta batuan dan kerikil. Gunung ini tidak pernah menunjukkan erupsi magmatik besar kecuali erupsi abu tanpa diikuti oleh lelehan lava, awan panas ataupun lontaran batu pijar (ESDM, 2014). Gunung Tangkuban Perahu memiliki catatan sejarah letusan berkisar antara 2-50 tahun (van bemmelen, 1934). Letusan tertua terjadi pada tahun 1829, Menurut data dari Instansi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Gunung Api Tangkuban Perahu pada tanggal 7 September 2019 kembali erupsi dengan mengakibatkan abu vulkanik setinggi 200 meter dari atas kawah.

Berdasarkan aktivitas Gunung Tangkuban Perahu saat ini, kemungkinan terjadinya potensi bencana di masa yang akan datang, untuk mengantisipasi bahaya yang diakibatkan oleh erupsi Gunung Tangkuban Perahu, maka perlu dilakukan penelitian dan pemantauan secara terus menerus menerus, salah satunya metode survey deformasi menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

Pada perinsipnya pemantauan deformasi secara kontinyu pada GPS dengan menempatkan *receiver* GPS pada beberapa titik ukur, untuk Gunung Api Tangkuban Perahu ditempatkan pada 3 Stasiun yaitu POSP, ITBR, SUCI. Pemantauan deformasi menggunakan GPS pada tubuh gunung api digunakan untuk mengetahui dan memprediksi perubahan bentuk yang terjadi pada Gunung Api Tangkuban Perahu pada saat kenaikan permukaan tanah dan penurunan permukaan tanah, sehingga dapat mengetahui aktivitas yang terjadi pada Gunung Api Tangkuban Perahu. Untuk mengetahui aktivitas yang akan terjadi sehingga dapat mengurangi dampak kerugian yang diakibatkan letusan maupun erupsi Gunung Api Tangkuban Perahu. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengamati besar deformasi dari Gunung Api Tangkuban Perahu dengan menggunakan data pemantauan GPS dan dilakukan pengolahan data yang bersifat kontinyu dalam kurun waktu 1 tahun dari Januari hingga Desember tahun 2019.

Berlandaskan uraian diatas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan yakni berapakah besaran dan arah pergeseran posisi titik stasiun pengamatan pada Gunung Tangkuban Perahu dengan metode deformasi menggunakan data GPS secara *kontinyu* dan bagaimana perubahan *inflasi* (kenaikan permukaan tanah) dan *deflasi* (penurunan permukaan tanah).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis besaran dan arah pergeseran posisi titik stasiun pengamatan pada Gunung Api Tangkuban Perahu dengan metode deformasi menggunakan data GPS secara *kontinyu* pada bulan Januari sampai dengan bulan Desember 2019.
2. Mengetahui besar perubahan *inflasi* (penaikan permukaan tanah) dan *deflasi* (penurunan permukaan tanah).

1.3 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu metode penelitian dan sistematika penulisan, yakni :

1.3.1 Metode Penelitian

Upaya yang dapat dilakukan dalam pemantauan Gunung Api Tangkuban Perahu yakni dengan metode deformasi. Metode Deformasi secara *kontinyu* ini umumnya menggunakan sensor-sensor *tiltometer*, *extensiometer*, *dilatometer*, yang hanya mengkarakteristik deformasi yang sifatnya relatif lokal. Dengan demikian diperlukan ketersediaan informasi gunung api secara *kontinyu* dengan GPS agar lebih efektif.

Metode deformasi secara *kontinyu* dapat dilakukan dengan menggunakan *software* GAMIT/GLOBK melalui data pemantauan stasiun lokal yang berada di Gunung Api Tangkuban Perahu dan titik ikat IGS (*International GNSS Service*). *Software* GAMIT menghasilkan estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun, parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada *Software* GLOBK. Tujuan utama dari GLOBK adalah sebagai *kalman filter* untuk mengkombinasikan solusi dari data yang telah diproses di GAMIT dengan pengamatan titik stasiun yang berada di Gunung Api Tangkuban Perahu dan titik ikat IGS, sehingga diperoleh estimasi posisi dan kecepatannya. Hasil dari

GAMIT/GLOBK dapat menganalisis besar dan arah pergeseran serta mengetahui besar perubahan *inflasi* (penaikan permukaan tanah) dan *deflasi* (penurunan permukaan tanah), selanjutnya melakukan uji statistik dengan membandingkan t-hitungan dan t-tabel atau melihat kolom signifikansi pada masing-masing t-hitungan, dengan tujuan untuk menguji *keofisien regresi* secara individual. Uji statistik dilakukan dengan cara menguji variabel titik pergeseran dan membandingkannya pada pengukuran sebelumnya.

1.3.2 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini secara umum selaras dengan penulisan karya ilmiah, antara lain: Bab I, Bab II, Bab III, Bab IV, dan Bab V. Bab pertama ialah pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang dan masalah, tujuan penelitian, kerangka pemikiran, hipotesis, manfaat penelitian dan ruang lingkup penelitian. Bab kedua berisi penjelasan teoritis terkait dengan sebaran gunung api di Indonesia, karakteristik Gunung Api Tangkuban Perahu, sejarah letusan, metode deformasi, analisis deformasi, GPS, deformasi gunung api, pemantauan deformasi dengan GPS, perangkat lunak GAMIT dan GLOBK, IGS, dan uji statistik *T-Student*. Bab ketiga ialah metode penelitian, menjabarkan tentang lokasi penelitian, peralatan dan data, diagram alir penelitian, tahap penelitian (tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap proses pengolahan data, dan tahap penyelesaian). Bab keempat ialah hasil dan pembahasan, menjelaskan hasil pengolahan penelitian (GAMIT, GLOBK, vektor pergeseran, dan analisis deformasi). Bab kelima ialah kesimpulan dan saran yang akan membantu untuk penelitian selanjutnya.

1.4 Hipotesis

Gunung Api Tangkuban Perahu yang berjenis Strato yaitu lapisan pada dinding kawah karena mengeluarkan abu, batuan dan krikil yang akan

mengakibatkan potensi bencana sewaktu-waktu. Oleh karena itu dilakukan penelitian dan pemantauan terhadap Gunung Api Tangkuban Perahu dengan metode deformasi secara terus menerus dengan menggunakan data GPS stasiun lokal dan titik ikat IGS.

Pemantauan deformasi adalah pemantauan perubahan bentuk permukaan gunung api yang berupa pengembangan atau pengerutan yang diakibatkan oleh aktivitas gunung api. Pemantauan deformasi biasanya digunakan untuk menentukan gejala, pola dan kecepatan deformasi pada gunung api secara horizontal dan vertikal. Secara garis besar gejala deformasi dapat berupa *inflasi* (pengangkatan permukaan tanah) karena proses pergerakan magma ke permukaan yang menekan permukaan tanah di atasnya, *inflasi* sering dijadikan sebagai tanda-tanda akan terjadinya erupsi pada gunung. *Deflasi* (penurunan permukaan tanah) umumnya terjadi sesudah masa letusan, saat tekanan magma di dalam tubuh gunung berapi telah melemah tetapi pada beberapa kasus *deflasi* juga terjadi selama letusan. Oleh sebab itu, diperlukannya pemantauan deformasi secara *kontinyu* sehingga dapat digunakan untuk memperkirakan dan mengungkapkan karakteristik dari aktivitas tubuh gunung api dengan mengaplikasikan *software* ilmiah yang dapat memantau karakteristik gunung api.

Salah satu *software* ilmiah yang mampu memantau kegiatan aktivitas gunung api ialah *software* GAMIT/GLOBK, dengan menggunakan data GPS stasiun lokal yang berada di Gunung Api Tangkuban Perahu. Data GPS dapat mencakup suatu kawasan yang relatif luas tanpa memerlukan keterlibatan antar titik-titik pengamatan. GPS memberikan nilai vektor koordinat serta pergerakan titik dalam tiga dimensi (dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal). GPS memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai orde mm, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. GPS dimanfaatkan secara *kontinyu* tanpa tergantung waktu (siang maupun malam), dan segala kondisi cuaca. Dengan karakteristik semacam ini maka pelaksanaan *survey* GPS untuk studi deformasi gunung api dapat dilaksanakan secara efektif dan *fleksibel*.

Upaya selanjutnya melakukan Analisis deformasi dari hasil pengolahan dari *software* GAMIT/GLOBK dan melakukan pengujian Statistik untuk melihat hasil vektor pergeseran, tidak hanya secara kuantitatif namun juga kualitatif, apakah titik stasiun GPS tersebut mengalami pergeseran atau tidak. Pengujian dilakukan untuk melihat vektor pergeseran dalam arah horizontal.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan yakni memberikan informasi mengenai arah pergeseran, besaran pergeseran dan perubahan *inflasi* (penaikan permukaan tanah) atau *deflasi* (penurunan permukaan tanah) pada Gunung Api Tangkuban Perahu, agar dapat menjadi masukan dalam mitigasi bencana pemantauan Gunung Api.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Area pengamatan adalah kawasan Gunung Api Tangkuban Perahu yang berada di bagian utara kota Bandung, Jawa Barat. Gunung ini berada pada koordinat $6^{\circ} 46' 12''$ LS, $107^{\circ} 36' 0''$ BT dan tinggi gunung mencapai 2084 mdpl.
2. Data pengamatan GPS (*Global Positioning System*) secara *kontinyu* menggunakan 3 titik stasiun lokal, yaitu POSP, ITBR dan SUCI yang terletak di area Gunung Api Tangkuban Perahu pada tahun 2019.
3. Data pengamatan menggunakan 10 titik ikat IGS yaitu : BAKO (Cibinong, Indonesia), YAR2 (Nangety, Australia), PIMO (Quezon City, Filipina), COCO (Coco Island, Australia), DARW (Darwin, Australia), NTUS (Singapore), CUSV (Patumwan, Thailand), XMIS (Christmas Island, Australia), DGAR (British Indian Ocean Territory, Samudra Hindia), dan KAT1 (Katherin, Australia).

4. Pengolahan data GPS menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK 10.7.
5. Penelitian ini menghitung arah pergeseran, besar pergeseran posisi titik stasiun pengamatan, perubahan *inflasi* (Penaikan permukaan tanah) dan *deflasi* (Penurunan permukaan tanah) pada Gunung Api Tangkuban Perahu.
6. Hasil dari penelitian ini menganalisis arah dan besaran pergeseran titik pengamatan, penyebab terjadinya *inflasi* (penaikan permukaan tanah) dan *deflasi* (penurunan permukaan tanah) pada Gunung Api Tangkuban Perahu pada tahun 2019.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan beberapa kajian dari beberapa penelitian yang berkaitan dengan analisis deformasi menggunakan data GPS *kontinyu*. beberapa penelitian terdahulu tersebut sebagai berikut :

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Efrita Lusy Andriany Saragih. (2019)	Deformasi Gunung Api Lokon Periode Erupsi Agustus 2015.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arah dan Besar pergeseran. Horisontal/vertical 2. Perkiraan lokasi pusat tekanan. 3. Suplai magma. 	Metode Deformasi dan menggunakan Model Mogi.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deformasi yang terjadi di gunung api lokon 2. Vektor Pergeseran Horisontal 3. Perhitungan lokasi pusat tekanan 4. Suplai magma berdasarkan data GPS.
Achmad Faris. (2015)	Analisis Deformasi Gunung Api Batur berdasarkan Data pengamatan GPS berkala Tahun 2008, 2009, 2013, dan 2015.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui pola deformasi Gunung batur serta keterkaitannya dengan peningkatan vulanis pada tahun 2009. 2. Analisis vektor pergeseran dan pola regangan masing-masing titik pengamatan GPS berkala pada area Gunung Batur. 	Metode deformasi melalui pengamatn <i>Global Position System (GPS)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vektor dan arah pergeseran titik pengamatan GPS. 2. Inflasi dan deflasi Gunung Batur.

Tabel 1. Lanjutan Penelitian Terdahulu

Peneliti, Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Sri Wani Oktarina, (2019)	Studi Deformasi Gunung Api Sinabung Berdasarkan Data GNSS Tahun 2018-2019	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui besar pergeseran 2. menentukan inflasi dan deflasi dengan analisis terkait aktivitas vulkanik Gunung Api Sinabung 	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 3. Aktivitas Vulkanik dan kegempaan pada Gunung api Sinabung
Ihsan Naufal Muafiry (2015)	Analisis Deformasi Akibat Gempa Bumi Kepulauan Mentawai Menggunakan Pengamatan GPS Kontinyu (studi kasus : Gempa Mentawai Tahun (2008)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui arah pergeseran deformasi pada saat sebelum (<i>intorsesmic</i>) dan sesudah (<i>postseismic</i>) gempa Mentawai Tahun 2008 (<i>cosesmic</i>). 2. Menentukan besar vektor pergeseran deformasi. 	Pemantauan deformasi dengan <i>Global position System</i> (GPS)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arah pergeseran vektor horisontal setiap stasiun GPS 2. Nilai dan arah pergeseran vektor horisontal setiap stasiun GPS.

Berdasarkan uraian tabel 1, yang membedakan penelitian ini dengan penelitian terdahulu ialah menggunakan 3 data GPS stasiun lokal dan 10 titik ikat IGS pada periode Januari - Desember 2019. lokasi penelitian yakni di Gunung Api Tangkuban Perahu, Jawa Barat,. Persamaan dari penelitian terdahulu ialah yang dianalisis yakni besar dan arah vektor pergeseran, metode yang digunakan deformasi secara *kontinyu* sama seperti penelitian Efrita Lusy Andriany Saragih. (2019), achmad faris. (2015), Sri Wani Oktarina. (2019), Ihsan Naufal Muafiry. (2015).

2.2 Sebaran Gunung Api di Indonesia

Indonesia merupakan negara yang terletak di zona tektonik aktif karena

berada dikawasan pertemuan tiga lempeng bumi, yaitu Eurasia, Pasifik, dan Indo Australia. Kondisi ini mengakibatkan Indonesia berada di jalur cincin api atau yang dikenal dengan sebutan *Ring of fire*. Indonesia memiliki 129 gunung api aktif yang berderet dari barat ke timur jumlah ini sama dengan 13% gunung api aktif di dunia (Akhmad Zaennudin,2009). Jumlah Gunung api aktif yang masih dalam pantauan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) di Indonesia sebanyak 68 Gunung api Aktif, tersebar sebanyak 19 Gunungapi di Jawa, 12 Gunung api di Sumatera, 6 Gunung api di Sulawesi, 16 Gunung di Nusa Tenggara Timur, dan 5 Gunung api di Bali dan Nusa Tenggara Barat. Untuk lebih detailnya peta sebaran Gunung api dapat dilihat pada gambar 1.

Letusan gunung api yang *eksplosif* sering diawali kenaikan permukaan tanah yang relatif cukup besar. Bahkan untuk gunung api yang sudah lama tidak menunjukkan aktivitasnya. Deformasi indikator yang dapat dipercaya dari bangkitnya kembali aktivitas gunung api tersebut. Deformasi permukaan gunung api yang berupa vektor pergeseran titik dan vektor percepatan, perubahannya dapat memberikan informasi tentang karakteristik dan dinamika dari kantong (*reservoir*) magma Informasi gejala deformasi tersebut dapat dimodelkan untuk menentukan lokasi, kedalaman, bentuk, ukuran dan perubahan-perubahan tekanan sumber penyebab deformasi.



Gambar 1. Peta Sebaran Pemantauan Gunung Api Di Indonesia
Sumber : indonesian vestments list volcano Indonesia

2.3 Gunung Api Tangkuban Perahu

Gunung Tangkuban Perahu merupakan sebuah gunung api bertipe strato yang berada di bagian utara kota Bandung, Jawa Barat. Gunung ini berada pada koordinat $6^{\circ} 46' 12''$ LS, $107^{\circ} 36' 0''$ BT. Tinggi gunung ini mencapai 2084 mdpl dengan 13 kawah yang tersebar di puncaknya. Berdasarkan catatan sejarah erupsinya, gunung ini termasuk ke dalam gunung api tipe A. Berdasarkan pembagian fisiografi daerah Jawa Barat, daerah penelitian termasuk ke dalam Zona Bandung. Zona Bandung merupakan geantiklin Jawa Barat, kemudian runtuh setelah pengangkatan. Daerah rendah ini kemudian terisi oleh endapan gunung api muda (Van Bemmelen, 1949).

Gunung Tangkuban Perahu terbentuk sekitar 90.000 tahun lalu di Kaldera Sunda. Gunung ini, menurut T. Bachtiar dan Dewi Syafriani dalam buku Bandung Purba, lebih muda dari Gunung Burangrang. Gunung Burangrang yang terletak di sisi barat Gunung Tangkuban Perahu terbentuk sekitar 210.000 hingga 105.000 tahun lalu. Menurut T. Bachtiar, Gunung Tangkuban Perahu lahirnya setelah terbentuknya Sesar Lembang. Ketika Gunung Tangkuban Perahu meletus, sebagian material alirannya yang mengalir ke selatan tertahan di kaki patahan. Sepanjang sejarahnya, aktivitas yang terjadi di gunung Tangkuban Perahu telah membentuk 13 kawah. Tiga kawah diantaranya populer dijadikan destinasi wisata, yakni Kawah Ratu, Kawah Upas, dan Kawah Domas. Sementara perincian 13 kawah lengkapnya sebagai berikut: Kawah Upas terdiri dari Kawah Upas (termuda), Kawah Upas (muda), dan Kawah Upas (tua). Kawah Ratu juga terdiri dari Kawah Ratu (1920), Kawah Ratu (muda), dan Kawah Ratu (tua). Kemudian ada kawah baru, Kawah Pangguyanganbadak, Kawah Badak, Kawah Ecoma, Kawah Jurig, Kawah Siluman, dan Kawah Domas.

Pada tahun 2005, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Daerah sudah membuat peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Tangkuban Perahu. Daerah-daerah yang rawan bencana dibagi dalam tiga kategori. Masing-masing Kawasan Rawan Bencana I, II, dan III. Ada yang berada dalam radius 1 km, 5 km dari letusan, dan yang berpotensi terkena terjangan

lahar dan hujan abu atau lontaran batu pijar. Dalam buku Bandung Purba disebutkan, lembah yang berpotensi dilanda lahar meliputi Ciasem, Cimuji, Cikole, Cibogo, Cikapundung.

2.4 Metode Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, dimensi, dan posisi dari suatu benda (Kuang, 1996). Perubahan yang terjadi secara umum disebabkan gaya berat atau beban yang terjadi pada objek tersebut. Sumber beban atau gaya yang bekerja ini bisa dari luar objek maupun dari dalam objek. Pergerakan atau perubahan posisi yang terjadi dapat ditinjau dari dua sisi. Jika ditinjau dari sisi atau titik pada objek itu sendiri, dinamakan dengan pergerakan titik absolut. Sedangkan jika ditinjau dari titik yang lain, dinamakan dengan pergerakan titik relatif (Yunazwardi, 2010).

Deformasi pada suatu materi dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu translasi, rotasi, dan regangan. Translasi merupakan perpindahan posisi materi sesuai dengan sumbu koordinat acuan tanpa mengalami perubahan bentuk (Widjajanti, 1997). Rotasi adalah perubahan posisi materi tanpa mengalami perubahan bentuk yang membentuk perubahan sudut (w) terhadap koordinat acuan (Andriyani, 2012). Sedangkan regangan merupakan deformasi yang terjadi per unit panjang pada suatu materi (Widjajanti, 1997). Ketiga jenis deformasi ini merupakan parameter-parameter deformasi.

2.5 Analisis Deformasi

Analisis deformasi bertujuan untuk menentukan kuantifikasi pergeseran dan parameter-parameter deformasi, yang mempunyai karakteristik dalam ruang dan waktu. Apabila suatu benda mengalami deformasi maka dapat dilakukan analisis dengan 2 macam cara, yaitu: interpretasi fisik dan analisis geometri. Interpretasi fisik dilakukan dengan menggunakan status fisik dari materi yang terdeformasi. Metode geometrik dilakukan dengan

menggunakan data pengamatan geodetik sehingga didapatkan deformasi secara kuantitatif yang meliputi besar dan pola pergeseran, besar dan pola parameter-parameter deformasi serta model deformasinya (Sari, 2014).

Dalam melakukan analisis deformasi metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah analisis geometrik. Berdasarkan Chrzanowski (1986) dalam Sulasdi (1995) analisis geometrik dapat menghasilkan interpretasi secara kuantitatif objek yang mengalami deformasi tanpa melihat penyebab dari deformasi tersebut. Analisis geometrik terdiri dari 2 jenis (Sulasdi, 1995) yaitu :

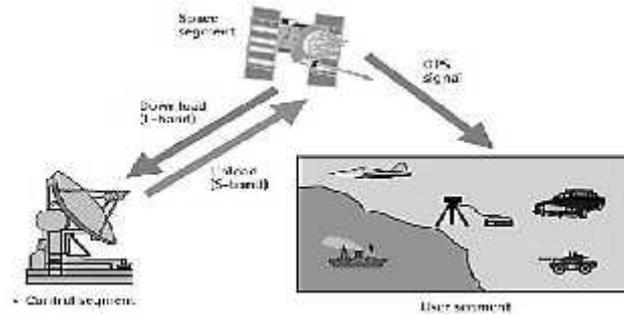
1. Analisis pergeseran dilakukan mengacu pada perbedaan nilai posisi yang meliputi translasi dan rotasi saja yang diperoleh dari hasil hitung perataan dari perbedaan pengamatan geodetik medan pergeseran pada kala yang berbeda.
2. Analisis yang menunjukkan perubahan posisi, bentuk, dan ukuran suatu benda dengan menggunakan data regangan atau menggunakan data regangan yang diperoleh dari data pengamatan geodetik medan pergeseran.

2.6 Global Position System (GPS)

GPS adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Nama formalnya adalah NAVSTAR GPS, kependekan dari “*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning Sistem*”. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara *kontinyu* tanpa tergantung waktu dan cuaca. GPS didesain untuk memberikan informasi posisi, kecepatan, dan waktu. GPS mempunyai 3 segmen, yaitu segmen angkasa, segmen pengontrol, dan segmen penerima/ pengguna (Abidin, 2006). Penjelasan dari tiga segmen tersebut adalah sebagai berikut (El-Rabbany, 2002).

1. Segmen pengontrol (*control segment*)

Mempunyai tanggung jawab untuk memantau satelit GPS supaya satelit GPS dapat tetap berfungsi dengan tepat. Secara spesifik segmen kontrol terdiri atas *Ground Control Stations (GCS)*, *Monitor Stations (MS)*, *Prelaunch Compatibility Stations (PCS)*, dan *Master Control Stations (MCS)*.



Gambar 2. Tiga Segmen Teknologi GPS

2. Segmen angkasa (*space segment*)

Segmen angkasa terdiri atas satelit-satelit GPS yang beredar pada orbitnya masing-masing. Satelit GPS terdiri dari 24 satelit yang terbagi dalam 6 orbit dengan inklinasi 55° dan ketinggian 20200 km dan periode orbit 11 jam 58 menit.

3. Segmen pengguna (*user segment*)

Segmen pengguna merupakan pihak pengguna dari teknologi GPS. Dalam segmen pengguna, diperlukan suatu receiver GPS untuk menangkap sinyal satelit GPS, sehingga didapatkan posisi.

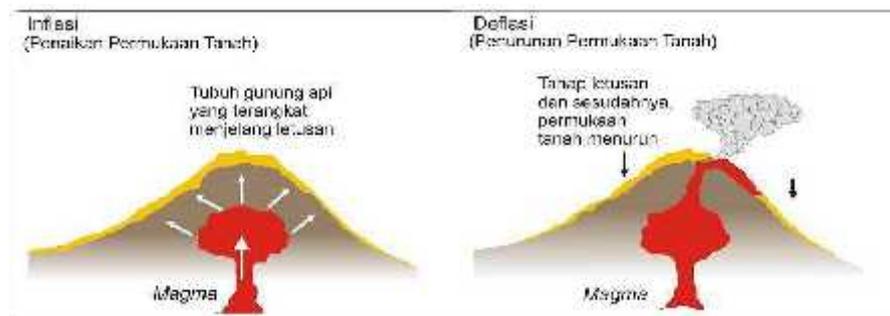
2.7 Deformasi Gunung Api

Deformasi gunung api adalah perubahan bentuk dan dimensi gunung api. Perubahan dimensi menyangkut perubahan geometri atau pergerakan suatu titik di tubuh gunung api secara absolut maupun relatif. Deformasi gunung api dapat terjadi berupa kenaikan permukaan tanah (*inflasi*) ataupun penurunan muka tanah (*deflasi*) yang diakibatkan oleh aktivitas gunung api.

Aktivitas gunung api ini terjadi karena adanya perubahan tekanan pada tubuh gunung api. Perubahan tekanan ini sebagai sumber yang menyebabkan terjadinya pergerakan magma, ataupun uap air yang berada di dalam tubuh gunung api. Pergerakan magma, gas, ataupun uap air ini dapat diakhiri dengan suatu letusan, yaitu proses keluarnya magma dari tubuh gunung api (Segall, 2010).

Secara garis besar gejala deformasi gunung api dapat berupa *inflasi* dan *deflasi* (Jamel, 2012), yaitu:

1. *Inflasi* pengangkatan permukaan tanah, umumnya terjadi karena proses pergerakan magma ke permukaan yang menekan permukaan tanah di atasnya. Inflasi disebabkan oleh adanya magma yang bergerak naik ke permukaan gunung api. *Inflasi* sering dijadikan sebagai tanda-tanda akan terjadinya erupsi pada gunung api.
2. *Deflasi* penurunan permukaan tanah, umumnya terjadi sesudah masa letusan, saat tekanan magma di dalam tubuh gunung api telah melemah tapi pada beberapa kasus *deflasi* juga terjadi selama letusan.



Gambar 3. Gejala Deformasi Pada Gunung Api Aktif
Sumber : Abidin (2001)

Deformasi permukaan gunung api yang berupa vektor pergeseran titik dan vektor percepatan, perubahannya dapat memberikan informasi tentang karakteristik dan dinamika dari kantong (*reservoir*) magma. Informasi gejala deformasi tersebut dapat dimodelkan untuk menentukan lokasi, kedalaman, bentuk, ukuran dan perubahan-perubahan tekanan sumber penyebab deformasi. Pada dasarnya deformasi dari tubuh gunung api dapat berupa kenaikan tanah (*inflasi*) maupun penurunan tanah (*deflasi*). Deformasi yang berupa *inflasi* umumnya terjadi karena proses gerakan magma ke

permukaan yang menekan permukaan di atasnya, dalam hal ini deformasi maksimal biasanya teramati tidak lama sebelum letusan gunung api berlangsung. Sedangkan deformasi berupa *deflasi* umumnya terjadi selama atau sesudah masa letusan, pada saat itu permukaan tanah cenderung kembali ke posisinya semula (Kriswati, 2006).

Pemantauan deformasi gunung api dengan metode deformasi umumnya dapat diklasifikasikan atas dua tipe, (Abidin, 2007) yaitu:

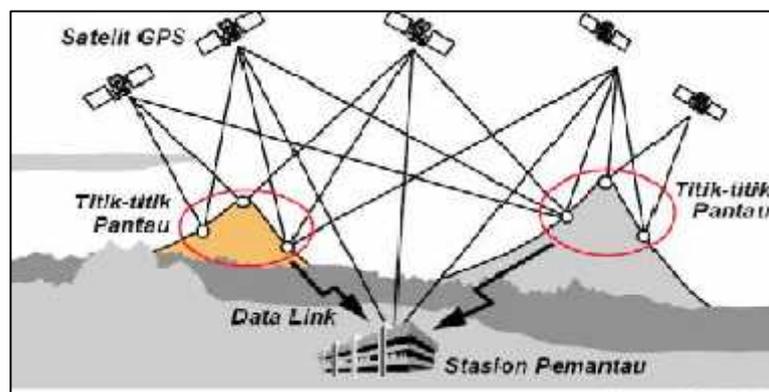
- a. Metode Episodik Pemantauan dilakukan secara berkala dalam selang waktu tertentu. Metode deformasi episodik ini umumnya menggunakan data terestis, seperti jarak (dari EDM atau *Electronic Distance Measurement*), arah (dari theodolite), beda tinggi (dari sipat datar) dan perubahan gaya berat (dari pengukuran mikrogravitasi), dan sekarang ini mulai menggunakan data pengamatan GPS dan juga INSAR (*Inferometric Synthetic Aperture Radar*).
- b. Metode Kontinyu pada metode kontinyu pemantauan dilakukan terus menerus secara otomatis. Metode deformasi kontinyu ini umumnya menggunakan sensor-sensor *tiltometer*, *extensiometer*, *dilatometer*, yang hanya mengkarakteristik deformasi yang sifatnya relatif lokal. Untuk gunung api-gunung api yang lebih aktif, sehubungan dengan adanya tuntutan ketersediaan informasi dalam waktu yang relatif cepat, maka pemantauan secara kontinyu dengan GPS akan lebih efektif.

2.8 Pemantauan Deformasi dengan GPS

Letusan-letusan gunung api pada umumnya didahului dengan beberapa gejala fenomena awal, seperti meningkatnya aktifitas seismik, terjadinya deformasi dari gunung api, adanya perubahan komposisi dan kecepatan semburan gas, adanya perubahan-perubahan temperatur, serta adanya perubahan percepatan gaya berat di kawasan gunung api oleh sebab itu untuk dapat memprediksi akan terjadinya letusan gunung api dengan baik, maka gejala fenomenal awal tersebut yang pada dasarnya mengkarakteristik aktivitas gunung api, harus diminati dan dipantau secara baik pula. Di

Indonesia mengingat jumlah gunung api relatif banyak, Indonesia memiliki 127 Gunung Api aktif, serta 271 titik erupsi yang merupakan konsekuensi dari interaksi dan tumbukan lempeng antara beberapa lempeng benua, deformasi gunung api dapat berupa kenaikan permukaan tanah (*inflasi*) maupun penurunan tanah (*deflasi*).

Pemantauan terhadap perubahan koordinat dari waktu ke waktu, metode ini beberapa *receiver* GPS ditempatkan di beberapa titik pantau yang ditempatkan pada punggung dan puncak gunung yang dipantau, serta pusat pemantau (stasiun referensi) ditempatkan disekitar wilayah gunung api tersebut. Koordinat titik-titik pantau ditentukan secara teliti dengan GPS, relatif pada pusat pemantau dengan menggunakan penentuan posisi *diffrensial* secara *realtime* dengan menggunakan data pengamatan *fase*. Data pengamatan GPS dari titik pantau dikirimkan secara *realtime* ke pusat pemantau (stasiun referensi) untuk di proses data pengamatan GPS di pusat pemantau. Berikut ini merupakan ilustrasi pemantauan deformasi gunung api menggunakan GPS.



Gambar 4. Pemantauan Gunung Api Menggunakan GPS
Sumber : Hassanudin Z. Abbidin, 1996

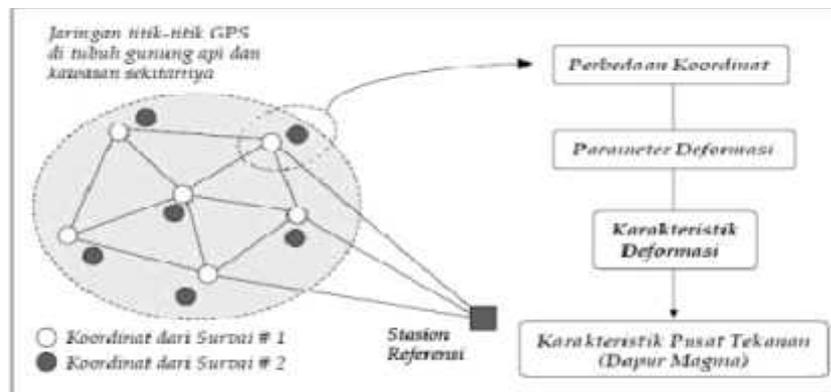
GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit milik Amerika Serikat. Nama formal dari sistem satelit militer ini adalah NAVSTAR GPS, kependekan dari *NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*. Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai

waktu, secara kontinyu di seluruh dunia. Prinsip pemantauan deformasi secara kontinyu yaitu pemantauan terhadap perubahan koordinat beberapa titik yang mewakili sebuah gunung api dari waktu ke waktu. Metode ini, menggunakan beberapa alat penerima sinyal (*reciever*) GPS yang ditempatkan pada beberapa titik pantau pada punggung dan puncak gunung api, serta pada suatu pusat pemantau (stasiun referensi) yang merupakan pusat pemroses data.

Pusat pemantau adalah suatu lokasi yang telah diketahui koordinatnya, dan sebaiknya ditempatkan di kota yang terdekat dengan gunung api yang bersangkutan (misalkan di pos pengamatan gunung api). Koordinat titik-titik pantau tersebut kemudian ditentukan secara teliti dengan GPS, relatif terhadap pusat pemantau, dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial secara *real-time*. Untuk itu data pengamatan GPS dari titik-titik pantau harus dikirimkan secara *real-time* ke pusat pemantau untuk diproses bersama-sama dengan data pengamatan GPS dari pusat pemantau. Pengiriman data ini dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan satelit komunikasi ataupun telemetri dengan gelombang radio.

Pemantauan secara episodik yaitu, pemantauan GPS terhadap titik-titik pantau secara berkala, yang membedakannya dengan pemantauan secara kontinyu, adalah disini pemantauan dilakukan pada periode tertentu dengan metode pengukuran secara statik. Prinsip dari metode pemantauan aktivitas gunung api dengan metode Survei GPS pada dasarnya relatif mudah, yaitu pemantauan terhadap perubahan koordinat dari beberapa titik yang mewakili gunung tersebut secara periodik. Pada metode ini, beberapa alat penerima sinyal (*receiver*) GPS ditempatkan pada beberapa titik pantau yang ditempatkan pada punggung dan puncak gunung yang akan dipantau, serta pada suatu stasion referensi yang dianggap sebagai titik stabil. Koordinat dari titik-titik pantau tersebut kemudian ditentukan secara teliti dengan GPS, relatif terhadap stasion referensi, dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial menggunakan data pengamatan fase.

Selanjutnya dengan mempelajari perubahan koordinat titik-titik pantau tersebut, baik terhadap stasion referensi maupun di antara sesama titik pantau secara periodik, maka karakteristik deformasi dan magmatik gunung berapi yang bersangkutan dapat dipelajari dan dianalisa, seperti yang titik-titik pantau tersebut, baik terhadap stasion referensi maupun di antara sesama titik pantau secara periodik, maka karakteristik deformasi dan magmatik gunung berapi yang bersangkutan dapat dipelajari dan dianalisa, seperti yang diilustrasikan pada gambar 5.



Gambar 5. Pemantauan Secara Episodik.
 Sumber : Abidin,dkk, 1998

Dalam konteks studi deformasi gunung api dengan metode survei GPS, ada beberapa keunggulan dan keuntungan dari GPS yang perlu dicatat, yaitu antara lain:

- a. GPS dapat mencakup suatu kawasan yang relatif luas tanpa memerlukan saling keterlihatan antar titik-titik pengamatan. Dengan karakteristik seperti ini, GPS dapat memantau sekaligus beberapa gunung api yang berdekatan.
- b. GPS memberikan nilai vektor koordinat serta pergerakan titik (dari minimum dua kala pengamatan) dalam tiga dimensi (dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal), sehingga dapat informasi deformasi yang lebih baik dibandingkan metode-metode *terestris* yang umumnya memberikan informasi deformasi dalam satu atau dua dimensi.

- c. GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa mm, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini maka diharapkan besarnya pergerakan titik yang kecil sekalipun akan dapat terdeteksi dengan baik.
- c. GPS dapat dimanfaatkan secara kontinyu tanpa tergantung waktu (siang maupun malam), dalam segala kondisi cuaca. Dengan karakteristik semacam ini maka pelaksanaan survei GPS untuk studi deformasi gunung api dapat dilaksanakan secara efektif dan *fleksibel*.

2.9 Perangkat Lunak GAMIT

GAMIT adalah paket analisis data GPS yang komprehensif dikembangkan oleh MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) untuk melakukan perhitungan posisi tiga dimensi dan satelit orbit. Perangkat lunak GAMIT dikembangkan mulai tahun 1970-an ketika MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) mengembangkan alat penerima (*receiver*) GPS. Setelah pengembangannya, GAMIT bermigrasi dengan platform sistem operasi Linux pada tahun 1987. Dengan berdirinya IGS (*International GPS Service*) pada tahun 1992 semakin memungkinkan pengembangan skema pengolahan data GPS secara otomatis. Pada pertengahan tahun 1990, GAMIT menjadi perangkat lunak ilmiah *fully automatic processing* yang menyertakan data stasiun-stasiun kontinyu di seluruh dunia diantaranya IGS (Anonim, 2000).

Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah bisa memasukkan data koreksi atmosfer, pasang surut laut, dan pemodelan cuaca. Pembobotan stasiun pengamatan, tujuh informasi stasiun, koordinat pendekatan, pengaturan sesi pengamatan dapat dilakukan dengan perangkat lunak ilmiah ini. Hasil keluaran dari perangkat lunak GAMIT berupa estimasi dan matrik kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK (Bahlefi, 2013 dikutip dalam Saputra dkk., 2015).

2.10 Perangkat Lunak GLOBK

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan hasil pemrosesan data survey terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari data koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan koordinat hasil pengamatan lapangan (Herring, dkk., 2006).

Tujuan utama dari GLOBK adalah sebagai kalman filter untuk mengkombinasikan solusi dari data yang telah diproses di GAMIT dengan pengamatan space geodesy, sehingga didapat estimasi posisi dan kecepatannya. Hasil akhir pengolahan dengan GLOBK berupa file*.org yang merupakan perhitungan akhir terhadap koordinat dan ketelitian tiap stasiun, panjang baseline, ketelitian dan matrik baseline-nya (Saputra dkk., 2015).

2.11 IGS (International GNSS Service)

IGS (*International GNSS Service*) ditetapkan dan diperkenalkan secara formal oleh IAG (*International Association Of Geodesy*) pada tahun 1993 dan mulai dioperasionalkan pada 1 Januari 1994 (Edy, 2013). IGS menyediakan data GNSS yang berupa *orbit, tracking data*, dan produk GNSS berkualitas dalam waktu yang hampir *real time*. Pada saat ini IGS mencakup dua jenis GNSS yaitu GPS (*Global Positioning System*) dan GLONAS. IGS terbentuk dari jaringan stasiun GNSS permanen global, pusat data dan analisis, kantor pusat, dan pengaturan. Jaringan IGS terdiri dari sekitar 200 stasiun dengan *receivers* GNSS dan *dual-frequency* yang beroperasi secara *kontinyu*. Jaringan IGS permanen digunakan untuk merealisasikan ITRF, dimana semua pengamatan GNSS dapat dihubungkan. Selain itu, IGS juga menyediakan berbagai macam data diantaranya adalah GNSS dari stasiun IGS. Data semuanya digunakan untuk kepentingan penelitian ilmiah dan kebutuhan penggunaan GNSS secara komersial. Persebaran stasiun IGS dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6. Peta Sebaran *Internasional GNSS Service*

Sumber : <http://www.igs.org/network>

2.12 Pergeseran

Pergeseran merupakan 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 sistem kerangka referensi (absolut atau relatif). Untuk menentukan perubahan geometri dari suatu materi terhadap acuan titik referensi yang bersifat stabil. Dapat dibedakan menjadi dua jaringan yaitu :

1. Jaring Absolut

Titik referensi yang digunakan terletak diluar wilayah pengamatan deformasi dan diasumsikan cukup / relatif stabil.

2. Jaring Relatif

Titik referensi yang dipergunakan terletak didalam wilayah pengamatan deformasi, sehingga ikut bergerak.

Untuk memonitoring perpindahan pergeseran dari stasiun pengamatan bisa dimungkinkan dengan menggunakan cara pengukuran berulang jaring geodesi pada waktu yang berbeda. Dalam kaitannya dengan deformasi

akibat pergerakan bumi, diperlukan tingkat ketelitian pergeseran yang tinggi (dalam fraksi mm/tahun), untuk mengetahui pola dan kecepatan perubahan blok kerak bumi dapat dilakukan dengan survei GPS terhadap titik pengamatan baik secara episodik maupun secara kontinyu.

Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif). Bumi merupakan benda yang dapat dikatakan dinamis terutama dibagian permukaannya karena dapat mengalami perubahan seiring berjalannya waktu. Banyak hal yang menjadi sumber gaya-gaya bekerja pada bagian bumi sehingga menyebabkan deformasi terjadi seperti adanya gempa, aktivitas gunung berapi (Saputra, 2015 dikutip dalam Saputra dkk.,2017).

2.13 Velocity

Velocity adalah sebuah laju perpindahan dari sebuah kerangka acuan dan merupakan fungsi dari waktu. *Velocity* mengacu pada tingkat dimana sebuah objek berubah posisi dari posisi awal. Dalam hal ini dapat diartikan bahwa perpindahan posisi adalah perpindahan dari posisi awal menuju posisi berikutnya. Dalam *velocity* ini dapat digambarkan kecepatan objek, misalkan pergerakan lempeng yang ada di Indonesia yaitu pergerakan lempeng di pulau Jawa atau pergerakan lempeng di pulau Sumatra dan pulau-pulau lainnya. Karena bicara tentang *velocity*, maka biasanya disertakan juga arah pergerakannya. (Saputra dkk.,2015). Berikut rumus kecepatan pergeseran dengan metode *linear fitting*:

$$y(t) = ax + b \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

x = waktu pengamatan (tahun+(doy/366))

a = kecepatan pergeseran (m/tahun)

y = nilai pergeseran pada waktu t (m)

b = konstanta.

Dengan metode hitung kuadrat terkecil/perataan maka persamaan 2.1 dapat dimodelkan menjadi :

$$A.X = F$$

Dengan

$$A = \begin{bmatrix} x1 & 1 \\ x2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ xn & 1 \end{bmatrix} \quad F = \begin{bmatrix} y1 \\ y2 \\ \vdots \\ yn \end{bmatrix} \quad x = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Sehinggah diperoleh:

$$V = AX - F \dots\dots\dots(2.3)$$

$$X = (A^T P A)^{-1} (A^T P F) \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\Sigma_{xx} = \frac{V^T P V}{r} (A^T P A)^{-1} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

A = matriks desain

P = matriks bobot

V = matriks koreksi

r = derajat kebebasan

X = matriks parameter

xx = matriks variansi-kovariansi kecepatan pergeseran.

Dari hasil *linear fitting*, maka didapatkan nilai a dan b sehingga dapat ditentukan fungsi liniernya yang merupakan representasi dari besarnya vektor pergeseran.

2.14 Uji Statistik T-Student

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui perbedaan secara statistik terhadap parameter yang akan di uji. 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 mambandingkan t-hitungan dengan t-tabel atau dengan melihat kolom signifikansi pada masing-masing t-hitungan. Uji-t digunakan untuk mengetahui *koefesien 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 *keofisienregresi* secara individual. Uji statistik dilakukan dengancara menguji variabel titik pergeseran dengan dibandingkan pada pengukuran sebelumnya dengan rumus 1 dan 2 berikut (Prasetya,2017 dalam Kasfari, 2018) :

$$t = \frac{P_{ij}}{Std P_{ij}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Penurunan dinyatakan signifikan atau hipotesa nol ditolak jika :

$$t > d_{df, \frac{\alpha}{2}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

t = Besaran yang menunjukkan signifikansi penurunan

P_{ij} = Penurunan titik Pengamatan (i=tahun pertaman j=tahun selanjutnya)

Std = Standar deviasi P_{ij}

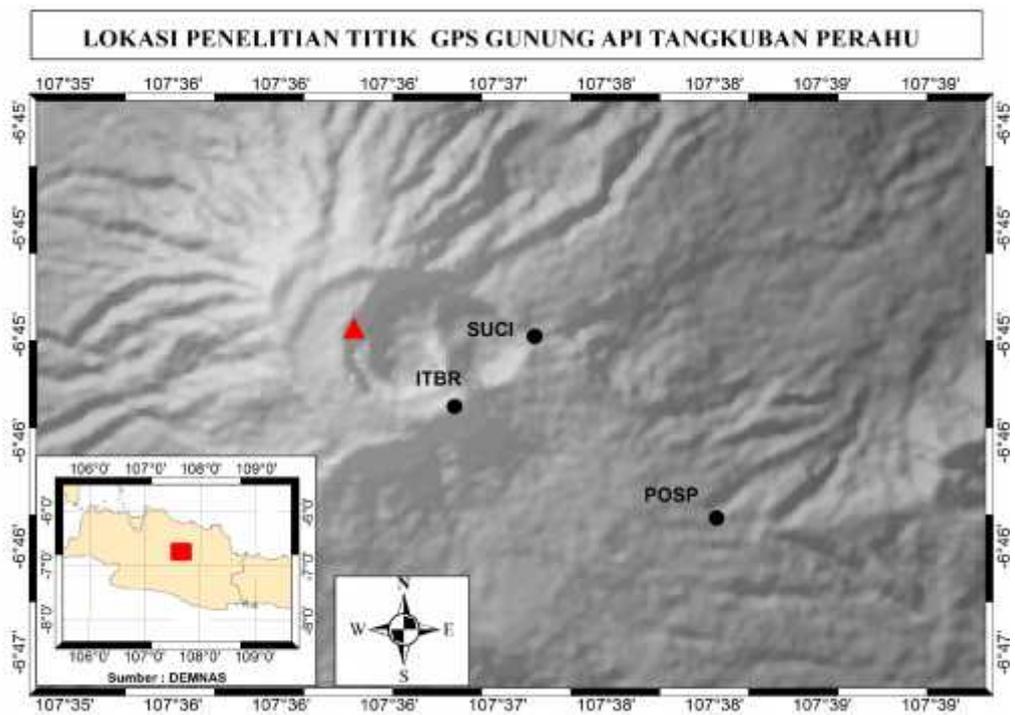
Df = derajat kebebasan

= level signifikan yang digunakan. (Kasfari, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi gunung api yang di kerjakan dalam penelitian ini adalah Gunung Api Tangkuban Perahu, dimana secara geografis Gunung api Tangkuban perahu terletak pada koordinat $6^{\circ} 46' 12''$ LS, $107^{\circ} 36' 0''$ BT, secara administratif Gunung api tangkuban perahu terletak di kabupaten subang dan kabupaten Bandung, Provinsi Jawa barat. Gunung api tangkuban perahu memiliki



Gambar 7. Lokasi Penelitian di Gunung Api Tangkuban Perahu

3.2 Peralatan dan Data

3.2.1 Peralatan

Tabel 2. Peralatan penelitian yang digunakan

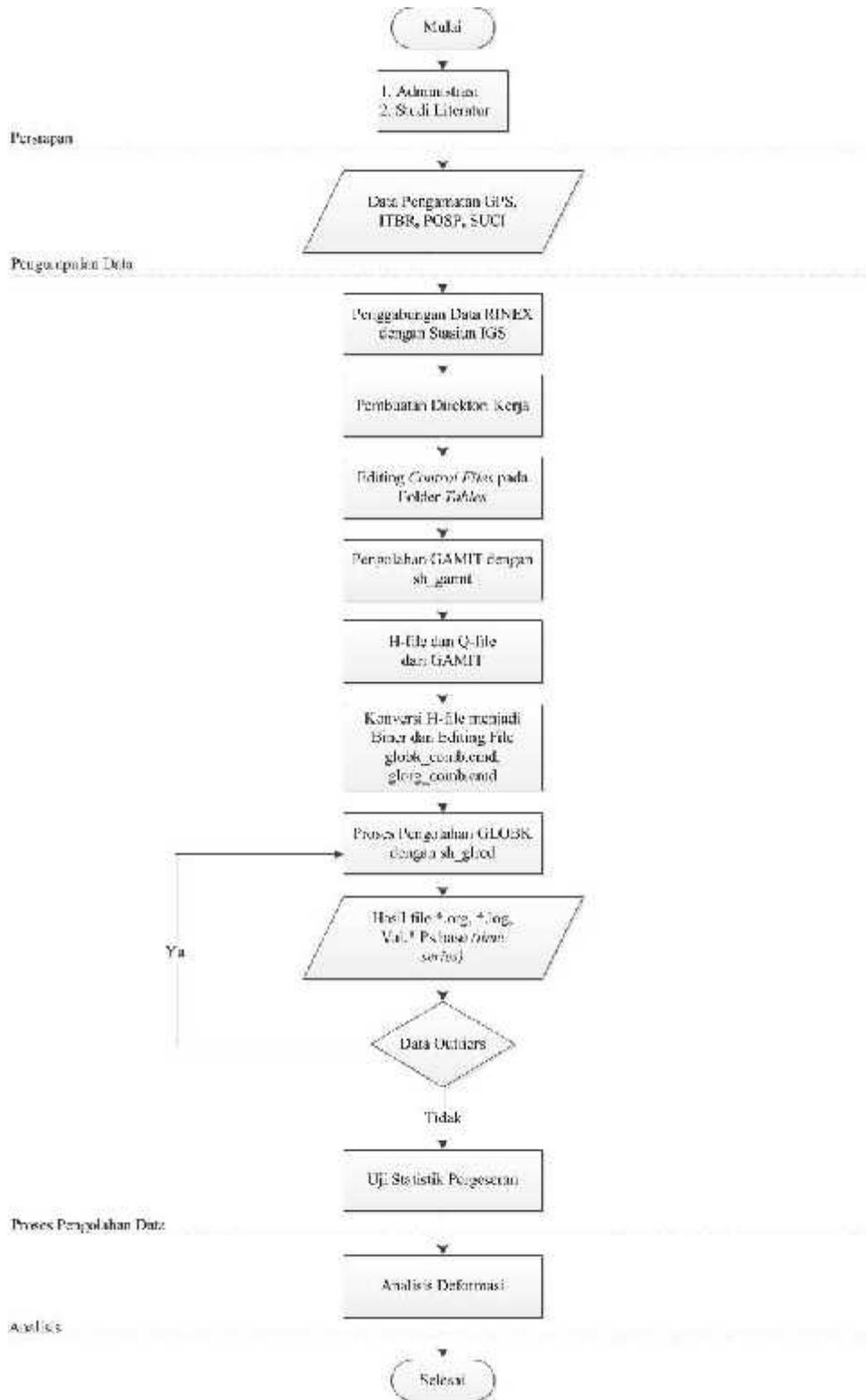
Alat	Kegunaan
Laptop/Komputer dengan <i>Operating System Linux</i> dan Windows 7	Pengolahan data
Software GAMIT/GLOBK 10.7	
Software MATLAB	
Microsoft word 2010	
Microsoft excel 2010	

3.2.2 Data

Tabel 3. Data penelitian yang di gunakan

Data	Sumber Data
Stasiun lokal Pengamatan GPS (<i>Global Positioning System</i>) <i>Rinex</i> di Gunung api Tangkuban Perahu	Badan Geologi, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PMVBG)
Stasiun Referensi GNSS	IGS (<i>Internasional GNSS Service</i>)

3.3 Diagram alir Penelitian



Gambar 8. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.4 Tahap Persiapan

Tahapan persiapan dalam penelitian ini yaitu, studi literatur, persiapan administrasi, persiapan alat, pengumpulan data, dan pemelihan stasiun refrensi.

3.4.1 Studi Literatur

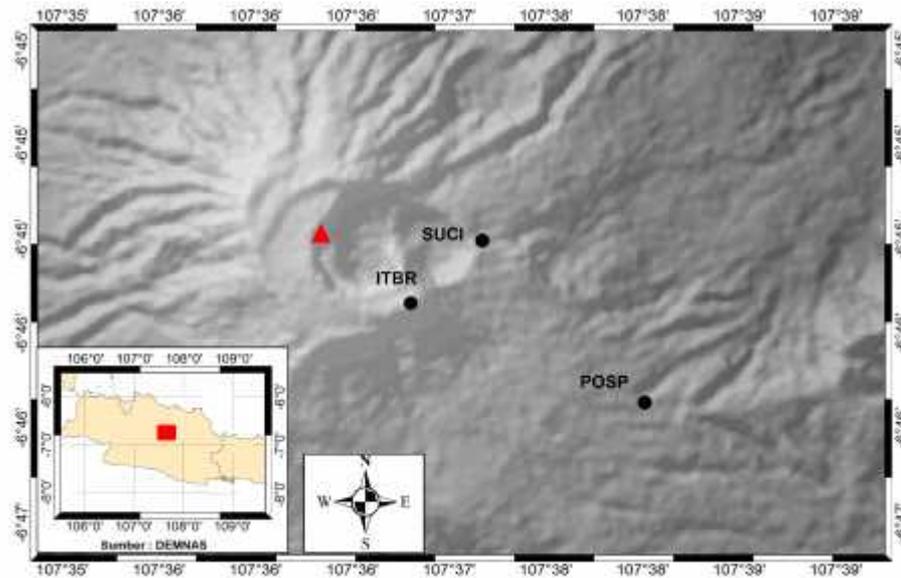
Pengumpulan data-data literatur yang berkaitan dengan penelitian untuk menunjang dalam penelitian, yang nantinya akan digunakan sebagai referensi. Literatur referensi dapat berupa jurnal, tugas akhir, penelitian dan buku. Referensi yang digunakan harus minimal memiliki sumber, bukti penulisan dan permasalahan yang berkaitan dengan penelitian seperti analisis deformasi gunung api, metode deformasi gunung api, perhitungan untuk mendapatkan nilai pergeseran deformasi.

3.4.2 Persiapan Administrasi

Persiapan administrasi merupakan tahapan mendapatkan surat pengantar dari pihak kampus untuk mendapatkan dan mengolah data dari pihak BADAN GEOLOGI PVMBG (Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana).

3.5 Pengumpulan Data

Data pengamatan GPS yang dikumpulkan yaitu data yang berformatkan *RINEX* dari GPS yang diperoleh dari Badan Geologi ,Instansi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (PVMBG), masing-masing stasiun lokal pengamatan berada di Gunung Api Tangkuban Perahu. GPS yang di pakai adalah format *RINEX* agar terbaca di perangkat lunak GAMIT 10.7 yang di gunakan pada penelitian ini. Stasiun lokal yang digunakan pada penelitian ini ada 3 stasiun lokal yaitu stasiun ITBR, POSP, SUCI seperti pada gambar 9 dan tabel 4.



Gambar 9. Titik GPS Yang Terletak Di Gunung Api Tangkuban Perahu

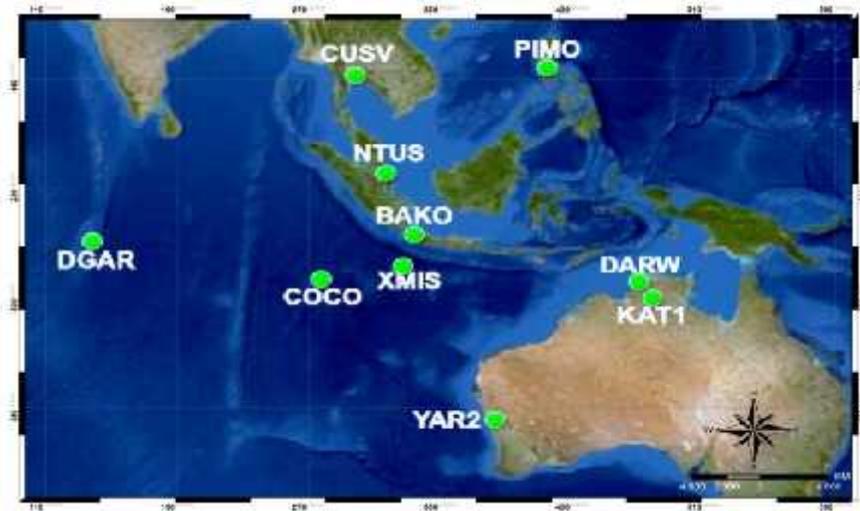
Tabel 4. Stasiun lokal Pengamatan GPS di Gunung Api Tangkuban Perahu

Nama Stasiun	Lokasi	Sumber	Tahun
ITBR	Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Bandung	Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PMVBG)	2019
POSP			
SUCI			

3.5.1 Pemilihan Stasiun Referensi

Data pengamatan yang di pakai adalah 10 stasiun *Internasional GNSS Service (IGS)* yang terdiri dari YAR2, PIMO, COCO, DARW, NTUS, CUSV, XMIS, BAKO, DGAR, dan KAT1. Stasiun pengamatan tersebut dipilih berdasarkan lokasi jarak terdekat dari pengamatan deformasi yang berada di Gunung Api Tangkuban Perahu, 10 stasiun tersebut memiliki perekaman yang stabil dalam pengambilan datanya, penggunaan stasiun berjumlah 10 ini pun berdasarkan pengamatan yang di pakai di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bancana (PVMBG) untuk melakukan pemantauan deformasi gunung api aktif yang ada di Indonesia yang memberikan ketelitian posisi dalam fraksi 1/10 mm., dalam hal ini dapat

meningkatkan ketelitian posisi yang di hasilkan. 10 stasiun yang di gunakan dan akan di jelaskan pada gambar 10 dan tabel 5 berikut ini



Gambar 10. Sebaran Stasiun IGS Yang Digunakan

Tabel 5. Stasiun Referensi IGS Yang Digunakan

Nama Stasiun	Sumber	Lokasi	Tahun
YAR2	IGS (<i>Internasional GNSS Service</i>)	Nangety, Australia	2020
PIMO		Quezon City, Filipina	
COCO		Coco Island, Australia	
DARW		Darwin, Australia	
NTUS		Singapore	
CUSV		Patumwan, Thailand	
XMIS		Christmas Island, Australia	
BAKO		Cibinong, Indonesia	
DGAR		British Indian Ocean Territory, Samudra Hindia	
KAT1		Katherin, Australia	

3.6 Tahapan Proses Pengolahan Data

Adapun tahap proses pengolahan data dalam penelitian ini secara rinci adalah sebagai berikut :

1. Penggabungan Data Rinex

Sebelum melakukan pengolahan data menggunakan *software* GAMIT/GLOBK, langkah awal dilakukan penggabungan data rinex dalam format setiap satu jam menjadi satu hari menggunakan *software*

TEQC. Proses menjalankan *software* TEQC dilakukan melalui *command prompt*, file rinex diletakan dalam satu direktori dengan *software* teqc.exe. sebelum menjalankan perintah teqc, *command prompt* harus masuk ke direktori teqc. Setelah masuk ke dalam direktori masukan perintah berikut ini :

```
Teqc -phc [file.obs] [file2.obs] > filenew.obs
```

“-phc” adalah khusus pada teqc untuk menghapus post header comment. “file.obs” dan “file2.obs” merupakan contoh file pertama dan kedua yang akan digabungkan, pada penelitian ini terdapat 360 file rinex yang akan digabungkan menjadi satu file dalam format harian yang terakhir adalah “filenew.obs” merupakan file *output* dari proses penggabungan menggunakan *software* TEQC.

2. Pembuatan Direktori kerja File GAMIT

Untuk melakukan pengolahan data dengan GAMIT diperlukan pembuatan direktori kerja yang terletak pada direktori home (~/.). Umumnya pada setiap direktori kerja memiliki direktori project yang menjadi tempat utama dalam pengolahan data.

Dalam direktori *project* tersebut nantinya terdapat folder-folder yang menyusun struktur dari pengolahan GAMIT, adapun folder tersebut adalah :

- a. Rinex, digunakan untuk menyimpan file-file rinex observasi baik itu dari titik pengamatn maupun titik control.
- b. IGS, digunakan untuk menyimpan file pendukung yaitu orbit satelit. Umumnya file IGS yang digunakan bertipe *final IGS precise ephemeris*.
- c. Brcd, digunakan untuk menyimpan file pendukung yaitu file navigasi global sesuai dengan DOY *project* yang akan diolah. File navigasi tersebut terdapat dua tipe yaitu auto[ddd]0.[yy]n dan brcd[ddd]0.[yy]n. dimana ‘ddd’ adalah DOY atau hari dari pengamatan dan ‘yy’ adalah *year*/tahun.

- d. Tables, folder yang berisi file-file kontrol dari pengamatan GAMIT. Folder tables dibuat secara otomatis menggunakan perintah bawaan dari *software* GAMIT yaitu dengan mengetikkan “sh_setup-yr [yyyy] –apr [apr file]” pada direktori *project*. Perintah ‘yyyy’ menyatakan tahun dari data yang digunakan dan ‘apr.file’ menyatakan ITRF yang digunakan.

3. *Editing Control Files* Pada Folder Tables

Editing Control Files merupakan tahapan untuk mengatur parameter dan scenario pengamatan dari *software* GAMIT sesuai yang telah direncanakan. Adapun *control files* yang perlu diedit adalah sebagai berikut :

- a. File *lfile*, berisi koordinat pendekatan (apriori) dari stasiun pengamatan global. Koordinat dari stasiun pengamatan baik titik pantau maupun titik kontrol harus ditambahkan ke dalam file ini.
- b. File *stasiun.info*, merupakan file yang berisi informasi dari setiap stasiun yang diolah, adapun informasi yang terdapat pada file *stasiun.info* seperti informasi waktu, tinggi antena, tipe *receiver*, dll.
- c. File *process.default*, digunakan untuk menentukan lokasi file-file yang akan digunakan pengolahan GAMIT. File ini juga digunakan untuk menentukan tipe file navigasi yang digunakan serta *apr* file yang digunakan.
- d. File *sestbl*, merupakan file yang berisi scenario pengolahan. Untuk melakukan analisa deformasi pada Gunung Tangkuban Perahu, maka salah satu parameter yang perlu diubah menjadi “BASELINE”. Selain *choice of experiment* bagian lain yang diubah adalah *atml.grid* yang menunjukkan kandungan atmosfer pilih opsi “Y”, *map.grid* sebagai pengeplotan koordinat *repeatabilities* dengan GMT pilih opsi “Y” dan *otl.grid*. karena pengolahan tidak memerlukan estimasi parameter orbit, karena titik yang ada berjarak dekat.

- e. File *sites.defaults*, merupakan file yang digunakan dalam automatic batch processing. File ini digunakan untuk mengontrol penggunaan stasiun dalam pengolahan dengan GAMIT dan GLOBK.
- f. File *sittble*. Merupakan file yang didalamnya berisi nilai constraint pada setiap koordinat apriori stasiun yang akan diolah. Titik ikat diberikan nilai *constraint* yang kecil, karena dianggap tidak memiliki perubahan posisi yang besar sedangkan untuk titik pengamatan berikanlah *constraint* yang besar.

4. Pengolahan menggunakan GAMIT

Setelah semua data sudah terkumpul dan *control files* telah diatur, langkah berikutnya adalah melakukan perintah “sh_gamit” pada terminal linux dengan perintah lengkap sebagai berikut :

```
Sh_gamit -s yyyy ddd1 ddd2 -expt [expt]
```

Dimana “yyyy” adalah tahun dari data yang diolah, “ddd1” adalah DOY awal data yang diolah, “ddd2” adalah DOY akhir data yang diolah dan “expt” adalah nama *experiment* atau nama *project* pengolahan GAMIT adalah folder sebanyak DOY yang diolah. Setiap folder DOY terdapat h-file hasil pengolahan GAMIT.

5. Konversi h-file dan editing file *globk_comb.cmd* dan *glorg_comb.cmd*

Untuk melanjutkan pengolahan data menggunakan GLOBK, file h-file hasil dari pengolahan GAMIT perlu dikonversi menjadi file biner begitu h-file global IGS, adapun cara konversi data tersebut dapat dilakukan dengan perintah sebagai berikut :

```
htoglb [directory output][ephemeris file][input file]
```

Hasil konversi dari perintah diatas adalah berupa file *.glr dan *.glx merupakan solusi *ambiguitas fase free* dan file *.glx merupakan solusi *ambiguitas fase fixed*. Setelah proses konversi, file berformat *.glx perlu digabungkan menjadi file dengan format *.gdl. penggabungan dapat dilakukan dengan menggunakan perintah sebagai berikut :

```
ls . ./[directory input] *.glx > [nama.project].gdl
```

Hasil dari perintah tersebut adalah memunculkan file “nama project.gdl”. Setelah proses konversi, dilakukan proses *editing file globk_comb.cmd* dan *glorg_comb.cmd* yang dapat dicopy dari folder ~/gg/tables, kemudian file tersebut ditempatkan pada folder geodit, maka pada bagian ort_opt dirubah menjadi PSUM CMDS GDLF FIXA RNRP PBOB

6. Pengolahan Menggunakan GLOBK

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan GLOBK untuk mendapatkan perubahan koordinat secara *time series*. Adapun bentuk perintah yang harus dimasukan pada terminal linux adalah sebagai berikut :

```
Sh_glred -s yyyy, ddd, yyyy2 ddd2 -expt [expt] - opt H G E
```

Keterangan :

yyyy1 : tahun awal dari data yang diolah

ddd1 : DOY awal dari data yang diolah

yyyy2 : tahun akhir data yang diolah

ddd2 : DOY akhir dari data yang diolah

expt : nama experiment atau nama project

H : memindah h-file kedalam direktori gdlf

G : membentuk file ekstensi .gdlf pada setiap harinya ke dalam direktori gslon

E : plotting time series

Hasil dari menjalankan GLOBK adalah file berektensi .org, kemudian file *plotting time series* dengan pola file psbase_[expt].[GPS], selain itu juga terdapat file yang berisi koordinat *toposentris* dengan pola nama VAL.[expt].

7. Menghilangkan Data *Outlier*

Outlier adalah sejenis data yang menyimpang jauh dan memiliki karakteristik berbeda dari suatu himpunan data. Agar hasil pengolahan sesuai dengan nilai sebenarnya maka data *outlier* tersebut perlu dihilangkan. Untuk mengilahkan data yang mengalami *outlier* dengan memakai $n\sigma = 4,0$. Sehingga dengan kata lain proses ini adalah termasuk ke dalam tahap uji statistik. Adapun data yang dihasilkan adalah data berformat [expt].VAL, [expt] adalah nama experiment. Kemudian dilakukan pengolahan ulang dengan melakukan proses pengolahan GLOBK kembali dengan tidak mengikutsertakan data folder DOY yang ter-*outliers*. Maka akan diperoleh data *time series* GPS yang sudah bersih dari *noises*.

8. Analisa deformasi dan besar pergeseran

Langkah berikutnya adalah mendapatkan besar dan arah vektor pergeseran pada stasiun GPS. Untuk mendapatkan nilai pergeseran adalah dengan menghitung selisih rata-rata dari data tersebut.

Pada aplikasi GLOBK pada file perintah *globk_vel.cmd* dan *glorg_vel.cmd* yang didapat dari `~gg/tables` kemudian di tempatkan pada folder *gsoln*. Kemudian menentukan parameter di dalamnya dengan menggunakan fungsi *tsfit* untuk menentukan pergeseran. *Tsfit* adalah program untuk menghitung *times series* dengan macam – macam parameter. Dengan menggunakan perintah sebagai berikut :

```
globk 6 [expt]_vel.prt [expt]_vel.log [expt]_vel.gdl globk_vel.cmd
```

Dimana *glred* adalah perintah untuk menghasilkan estimasi besar vektor pergeseran titik pantau GPS, kemudian angka 6 menunjukkan bahwa akan dibuat sebanyak 6 file.gdl dalam setiap data pengolahan, *vel.log* adalah log gile yang berisikan waktu pengolahan dan prefit *chii square* per nilai derajat kebebasan untuk setiap matriks yang diolah, *vel.gdl* adalah file *gdl list experiment* yang akan dilakukan, *globk_vel.cmd* adalah file *control* untuk menentukan besar vektor pergeseran titik.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Arah dan besar pergeseran dari titik pengamatan GPS Gunung Api Tangkuban Perahu pada bulan Januari sampai dengan bulan Desember 2019 didapatkan nilai pergeseran horizontal pada stasiun POSP sebesar 24,27 mm ke arah timur, pada stasiun ITBR sebesar 4,46 mm ke arah Tenggara, pada stasiun SUCI sebesar 27,26 mm ke arah Timur Laut.
2. Besar pergeseran secara vertikal pada stasiun POSP sebesar 49,36 mm dengan mengalami *inflasi*, pada stasiun ITBR sebesar 23,02 mm dengan mengalami *inflasi*, pada stasiun SUCI mengalami sebesar -72,94 mm dengan mengalami *deflasi*. sehingga bisa diasumsikan pada stasiun pengamatan POSP dan ITBR mengalami pengangkatan permukaan tanah di sekitar gunung api akibat adanya magma yang naik ke permukaan dan pada stasiun pengamatan SUCI mengalami *deflasi* penurunan permukaan setelah terjadinya erupsi karena tekanan magma berkurang dari permukaan gunung tersebut.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan adapun saran pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Perlunya pertimbangan dalam aspek pemilihan stasiun beserta kelengkapan data dari stasiun bersangkutan yang bertujuan untuk meningkatkan nilai kelayakan dari deformasi menggunakan GPS.

2. Dalam upaya mitigasi dari bencana gunung api diperlukan suatu upaya integrasi dari beberapa metode, selain metode deformasi untuk memberikan hasil yang lebih akurat terkait penentuan arah, besar adapun sumber tekanan magma gunung api. Beberapa metode seismik, metode pengindraan jauh, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, HZ (2001). Geodesi satelit. *Jakarta: Pradnya Paramita.*
- Abidin, H.Z., 2006. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya.* Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z. (2000). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya.* P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi ke 2. ISBN 979-408-377-1. 268 pp.
- Abidin, H.Z. 1996. *Perencanaan dan Persiapan Sebelum Melakukan survei GPS,.* ITB, Bandung.
- Abidin, Hasanudin Z. 2007. *Penentuan Posisi Dengan GPS Dan Aplikasinya.* Jakarta PT. Pradnya Paramita.
- Arikunto, S. 2002. *Prosedur Suatu Penelitian: Pendekatan Praktek. Edisi Revisi Kelima.* Jakarta: Rineka Cipta.
- Andriyani, G., 2012. *Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinu Tahun 2009-2011.* Semarang: Teknik Geodesi Universitas Diponeoro
- El-Rabbany, A., 2002. *Introduction to GPS, The Global Positioning System.* 2nd ed. Boston: Artech House. Inc.
- Faris, A., Kriswati, E., Meilano, I., & Sarsito, D. A. (2018). ANALISIS DEFORMASI GUNUNG API BATUR BERDASARKAN DATA PENGAMATAN GPS BERKALA TAHUN 2008, 2009, 2013, DAN 2015 DEFORMATION ANALYSIS OF BATUR VOLCANO BASED ON PERIODIC GPS OBSERVATIONS DATA IN 2008, 2009, 2013, AND 2015. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 9(1), 1-10.

- 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., 2012. Analisis Deformasi Gunung berapi Papandayan Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2002 - 2011. Bandung: Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB.
- McGuire, W.J. (1995). "Monitoring active volcanoes – an introduction", In *Monitoring Active Volcanoes* by B. McGuire, C.R.J. Kilburn, and J. Murray (Eds), pp. 1-31, UCL Press Limited, London, 421 pp.
- Muafiry, I. N. (2015). *Analisis Deformasi Akibat Gempa Bumi Kepulauan Mentawai Menggunakan Pengamatan GPS Kontinu (Studi Kasus: Gempa Mentawai Tahun 2008)* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Oktarina, S. W., Alif, S. M., Irwan Meilano, S. T., & Umar Rosadi, S. T. Studi Deformasi Gunung Api Sinabung Berdasarkan Data GNSS Tahun 2018-2019.
- Sulasdi, W.N., 1995. *Makna Kerangka Referensi dalam Analisis Deformasi*. Yogyakarta : Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ahli Geofisika.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia Vol. 1A : General Geology of Indonesia and Adjacent Arhipelagoes*, Government Printing Office, The Hague.
- Widjajanti, N, 1997. *Analisis Deformasi – Status Geometrik Dua Dimensi dengan*. Bandung: Tesis Program Pasca Sarjana.
- Wolf, P. R., & Ghilani, C. D. (1997). *Adjustment computations: statistics and least squares in surveying and GIS* (Vol. 3). John Wiley & Sons.