

**IDENTIFIKASI AWAL PERGERAKAN SESAR PETERJAJAR DENGAN
METODE PENGAMATAN SURVEI GPS TAHUN 2022 DAN TAHUN 2023**

(Skripsi)

Oleh

**Rinaldo Dwi Kusuma
NPM 1815013015**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**IDENTIFIKASI AWAL PERGERAKAN SESAR PETERJAJAR DENGAN
METODE PENGAMATAN SURVEI GPS TAHUN 2022 DAN TAHUN 2023**

Oleh

RINALDO DWI KUSUMA

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

IDENTIFIKASI AWAL PERGESERAN SESAR PETERJAJAR DENGAN METODE PENGAMATAN SURVEI GPS TAHUN 2022 DAN TAHUN 2023

Oleh

RINALDO DWI KUSUMA

Daerah Bakauheni terletak di ujung Pulau Sumatra di Provinsi Lampung. Daerah ini terdapat sesar minor yang bernama sesar Peterjajar. Hasil studi geologi dan geofisika, sesar ini tergolong sesar dengan pergerakan sinistral dan komponen vertikal naik, atau disebut *oblique fault*. Oleh karena itu, perlu penelitian lanjut melalui metode survei GPS untuk melihat pergerakan awal dari Sesar Peterjajar. Tujuan penelitian ini untuk melihat seberapa besar deformasi yang di akibatkan oleh aktivitas sesar Peterjajar serta kaitannya dengan mekanisme pergerakan sesar.

Pada penelitian ini menggunakan metode pengamatan survei GPS Geodetik selama dua tahun pengamatan dengan waktu pengamatan selama 20 jam sampai dengan 24 jam, dengan interval 15 detik dan *mask angel* 15° serta jumlah titik pengamatan yang digunakan berjumlah enam titik pengamatan yang tersebar di zona Sesar Peterjajar. Titik ikat yang digunakan adalah titik *International GNSS Service* (IGS) yang tersebar diseluruh wilayah penelitian.

Hasil dari penelitian ini adalah deformasi dari masing-masing titik pengamatan GPS selama dua tahun, yaitu tahun 2022 dan tahun 2023. Kecepatan pergeseran horizontal paling sedikit terjadi pada titik pengamatan GB09 sebesar 1,909 mm/tahun dan paling besar terjadi pada titik pengamatan GB08 sebesar 23,830 mm/tahun. Kemudian, pergeseran vertikal paling sedikit terjadi pada titik pengamatan GB09 sebesar -4,28 mm/tahun dan paling besar terjadi pada titik GB07 sebesar 73,30 mm/tahun. Berdasarkan hasil dari masing-masing titik pengamatan GPS metode geodetik, sesar ini memiliki deformasi dengan arah pergerakan mengiri atau *sinistral* dan komponen vertikal relatif turun. Akan tetapi, setelah hasil kecepatan pergeseran di uji statistik, titik pengamatan tidak mengalami pergeseran yang signifikan.

Kata Kunci: Deformasi, Survei GPS, GAMIT/GLOBK, Sesar Peterjajar

ABSTRACT

EARLY IDENTIFICATION OF PETERJAJAR FAULT SHIFT WITH GPS SURVEY OBSERVATION METHOD IN 2022 AND 2023

By

RINALDO DWI KUSUMA

The Bakauheni area is located at the tip of Sumatra Island in Lampung Province. This area has a minor fault called the Peterjajar fault. As a result of geological and geophysical studies, this fault is classified as a fault with sinistral movement and vertical component up, or called oblique fault. Therefore, further research is needed through GPS survey method to see the initial movement of the Peterjajar Fault. The purpose of this study is to see how much deformation is caused by the activity of the Peterjajar fault and its relation to the mechanism of fault movement. This study uses the Geodetic GPS survey observation method for two years of observation with an observation time of 20 hours to 24 hours, with an interval of 15 seconds and a mask angel of 15° and the number of observation points used is six observation points spread across the Peterjajar Fault zone. The tie points used are International GNSS Service (IGS) points spread throughout the study area. The result of this study is the deformation of each GPS observation point for two years, namely 2022 and 2023. The least horizontal displacement speed occurred at observation point GB09 by 1.909 mm/year and the largest occurred at observation point GB08 by 23.830 mm/year. Then, the least vertical shift occurred at observation point GB09 by -4.28 mm/year and the largest occurred at point GB07 by 73.30 mm/year. Based on the results of each GPS observation point of the geodetic method, this fault has deformation with a leftward or sinistral direction of movement and a relatively downward vertical component. However, after the results of the shifting speed are statistically tested, the observation points do not experience significant shifts.

Keywords: *Deformation, GPS Survey, GAMIT/GLOBK, Peterjajar Fault*

Judul Skripsi : IDENTIFIKASI AWAL PERGERAKAN
SESAR PETERJAJAR DENGAN METODE
PENGAMATAN SURVEI GPS TAHUN 2022
DAN TAHUN 2023

Nama : Rinaldo Dwi Kusuma

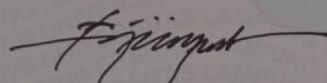
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815013015

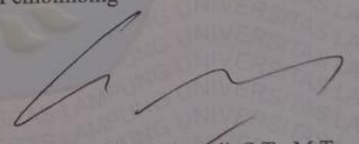
Program Studi : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

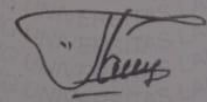
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP 197203022006041002


Eko Rahmadi, S.T., M.T.
NIP 197102102005011002

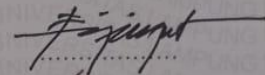
2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi Dan Geomatika


Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP 196410121992031002

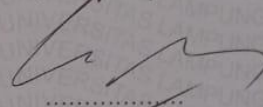
MENGESAHKAN

1. TIM PENGUJI

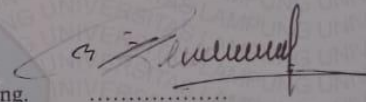
Ketua : Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.



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



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



2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Eng. Ir. Henry Fitriawan, S.T., M.sc.)
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Mei 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya Rinaldo Dwi Kusuma, NPM 1815013015, dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini 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. Tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain sepanjang sepengetahuan saya, kecuali secara tertulis yang mengacu naskah ini sebagaimana yang telah disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa Skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukuman yang berlaku

Bandar Lampung, 24 Juni 2024



Rinaldo Dwi Kusuma
NPM. 1815013015

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Muara Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan, pada tanggal 19 Oktober 2000. Penulis merupakan anak ke dua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Waluyo Saputro dan Ibu Gusna Yuliana. Penulis mempunyai kakak yang bernama Wahyu Setyo Nugroho dan juga adik yang bernama Ridho Nopriaji

Penulis menempuh Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Pertiwi Muara Enim pada tahun 2005 hingga 2006, Sekolah Dasar (SD) di SDN 11 Muara Enim pada tahun 2006 hingga tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Muara Enim pada tahun 2012 hingga tahun 2015 dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMKN 2 Muara Enim pada tahun 2015 hingga tahun 2018. Penulis menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Lampung tahun 2018 melalui jalur SBMPTN.

Saat menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah survei reyakasa pada ajaran semester genap tahun 2021/2022. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Budi Gema Gempita – Site Lahat pada bulan Agustus 2021 hingga Oktober 2021. Setelah melakukan Kerja Praktik, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Pargardin, Kota Pagar Alam pada bulan Juni 2022 hingga Februari 2022.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamiin

Puji Syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa dan Maha Besar atas segala Rahmat dan hidayah-Nya serta Selawat kepada nabi Muhammad Shalallahu Alaihi Wassalam selalu menjadi suri tauladan bagi kehidupan. Saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan penuh perjuangan dan pengorbanan.

Saya persembahkan karya ini untuk kedua orang tua saya, Bapak Waluyo Saputro dan Ibu Gusna Yuliana sebagai wujud cinta dan kasih sayang serta perjuangannya yang telah di diberikan. Juga tidak lupa kepada kakak dan adik saya serta keluarga besar saya atas doa dan motivasi yang selalu diberikan

Bapak/Ibu Dosen dan staff Kependidikan Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika UNILA terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu pengetahuan selama proses perkuliahan ini,

Teman-teman Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika UNILA Angkatan 2018, sebelumnya dan sesudahnya yang banyak membantu dan memberikan dukungan positif kepada saya.

MOTTO

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.
(Q.S. Al-Insyirah : 6)

When I can't, GOD can.

Seperti apapun masalahmu, serumit apapun itu pulanglah sebagai Sarjana.

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas Skripsi ini dengan baik yang berjudul “Identifikasi Awal Pergerakan Sesar Peterjajar Dengan Metode Pengamatan Survei GPS Tahun 2022 Dan Tahun 2023”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Progam Studi S1 Teknik Geodesi di Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, penulis ucapkan terima kasih 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 Jurusan Teknik Geodesi Geomatika Universitas Lampung dan selaku Dosen Pembimbing akademik
3. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah membimbing dan memberi arahan terkait penelitian ini
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi yang telah membimbing dan memberi arahan terkait penelitian ini.
5. Bapak Romi Fadly, S.T., M. Eng. selaku Koordinator Skripsi Program Studi S1 Teknik Geodesi sekaligus Dosen penguji yang telah memberi masukan dan saran pada penelitian ini.
6. Bapak Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T. yang banyak membantu dalam proses pengambilan data penelitian ini.
7. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung yang telah berbagi ilmu dan pengalaman selama perkuliahan.

8. Seluruh Staff kependidikan Jurusan Teknik Geodesi Universitas Lampung, yang telah memberi banyak bantuan dalam proses administrasi.
9. Keluarga tercinta Ibu (Gusna Yuliana), Bapak (Waluyo Saputro), Kak Wahyu dan dek Ridho yang selalu memberi Doa, dukungan, selalu menyemangati dan motivasi terbesarku untuk dapat menyelesaikan pendidikan
10. Tim pengukuran GPS Bakauheni yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi, serta memberikan dukungan dan motivasi satu sama lain.
11. Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika UNILA Angkatan 2018, sebelumnya dan sesudahnya yang telah memberikan dukungan dan semangat bagi penulis.
12. Teman-teman mahasiswa Sumatra Selatan Universitas Lampung, terimakasih atas kebersamaan, berbagi cerita keluh kesah di perantauan selama masa studi pendidikan. Sukses selalu untuk kalian semua.
13. Teman-teman B1/14 (Abdul, Alif, Redy, Didik, Deki, Usman, Kak wan, Kak Dedy, Kak Berli, Kak Tyas) terimakasih atas kebersamaan tinggal di kontrakkannya.
14. Rekan kerja D.I Komering konsultan dan kontraktor PT. Putra Sejati, KSO yang telah memberi waktu dan dukungan semangat dalam penyelesaian Skripsi ini.
15. Semua pihak yang terlibat selama penyusunan Skripsi ini yang telah memberikan kesempatan, bantuan dan pengalaman yang sangat luar biasa. Penulis ucapkan terima kasih.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Skripsi ini tidak terlepas dari kekurangan. Akhir kata, penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Juni 2024
Penulis,

Rinaldo Dwi Kusuma

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.5. Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.6. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Terdahulu	6
2.2. Sesar	7
2.3. Sesar Peterjajar.....	9
2.4. <i>Global Positioning System</i> (GPS).....	11
2.5. Deformasi.....	12
2.6. Pemantauan Deformasi Menggunakan GPS	13
2.7. Nilai Pergeseran	14
2.8. <i>Velocity</i> (Kecepatan dan Arah Pergeseran).....	15
2.9. <i>International GNSS Services</i> (IGS)	16
2.10. TEQC	17
2.11. GAMIT/GLOBK.....	18
2.12. Uji T-Student.....	19
III. METODE PENELITIAN	21
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	21
3.2. Data yang Digunakan.....	21
3.3. Alat dan Bahan yang Digunakan	22
3.4. Metode	22
3.5. Tahap Penelitian.....	24
3.5.1. Tahap Persiapan.....	25

3.5.2. Tahap Pengolahan.....	31
3.5.3. Tahap Kajian.....	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1. Hasil Pengolahan Menggunakan TEQC	34
4.2. Hasil Pengolahan GAMIT	35
4.3. Hasil Pengolahan GLOBK.....	36
4.4. Pergeseran Titik Pengamatan.....	38
4.5. Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan.....	42
4.5. Uji Statistik.....	45
4.6. Kajian Deformasi	46
V. SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu yang berkaitan.	6
2. Data yang digunakan.....	22
3. Alat yang digunakan.	22
4. Lokasi titik ikat IGS yang digunakan.....	24
5. Perintah untuk mengunduh data pendukung.	30
6. Hasil pengecekan kualitas data pengamatan tahun 2022.	34
7. Hasil pengecekan kualitas data pengamatan tahun 2023.	34
8. <i>Posfit nrms</i> dan <i>fase ambiguitas</i> tahun 2022.....	35
9. <i>Posfit nrms</i> dan <i>fase ambiguitas</i> tahun 2023.....	35
10. Hasil koordinat geosentrik titik pengamatan tahun 2022.....	37
11. Hasil koordinat geosentrik titik pengamatan tahun 2023.....	37
12. Hasil koordinat geodetik titik pengamatan tahun 2022 dan tahun 2023.....	38
13. Nilai pergeseran titik pengamatan.....	40
14. Kecepatan pergeseran titik pengamatan.....	42
15. Nilai kecepatan pergeseran komponen setiap titik pengamatan tanpa pengaruh efek blok regional.	44
16. Uji statistik pergeseran titik pengamatan.	46
17. Uji statistik kecepatan pergeseran titik pengamatan.	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Lokasi titik gempa bumi berdasarkan data USGS <i>earthquake</i> tahun 2000 sampai tahun 2023.	2
2. Peta kegempaan daerah Bakauheni dan sekitarnya.....	3
3. Sesar <i>dextral</i> dan sesar <i>sinistral</i>	8
4. Sesar naik (<i>reverse fault</i>)	8
5. Sesar turun (<i>normal fault</i>)	9
6. Sesar <i>oblique</i>	9
7. DEM daerah penelitian yang memperlihatkan adanya <i>offset</i> unggungan.....	10
8. <i>Offset</i> unggungan dalam bentuk 3D (tiga dimensi) berdasarkan data DEM...	10
9. Segmen utama GPS.....	11
10. Ilustrasi pengamatan GPS untuk deformasi.	14
11. Sebaran titik IGS	17
12. Peta lokasi penelitian.....	21
13. Sebaran titik ikat IGS yang digunakan.....	23
14. Diagram alir penelitian.....	25
15. Sebaran titik-titik pengamatan.	26
16. Survei rencana penempatan titik pengamatan.....	27
17. Pemasangan benchmark titik pengamatan.	27
18. Proses pengambilan data GPS.....	28
19. Proses pengambilan data GPS.....	28
20. Proses konversi data raw GPS menjadi RINEX.	29
21. Tampilan hasil running TEQC.....	29
22. Contoh grafik pergeseran komponen <i>northing</i> GB01.....	39
23. Contoh grafik pergeseran komponen <i>Easting</i> GB01.	39
24. Contoh grafik pergeseran komponen <i>Up</i> GB01.....	40

25. <i>Plot</i> kecepatan pergeseran vertikal titik-titik pengamatan.....	41
26. <i>Plot</i> kecepatan pergeseran horizontal titik-titik pengamatan.....	43
27. <i>Plot</i> kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan tanpa pengaruh blok regional.	45

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

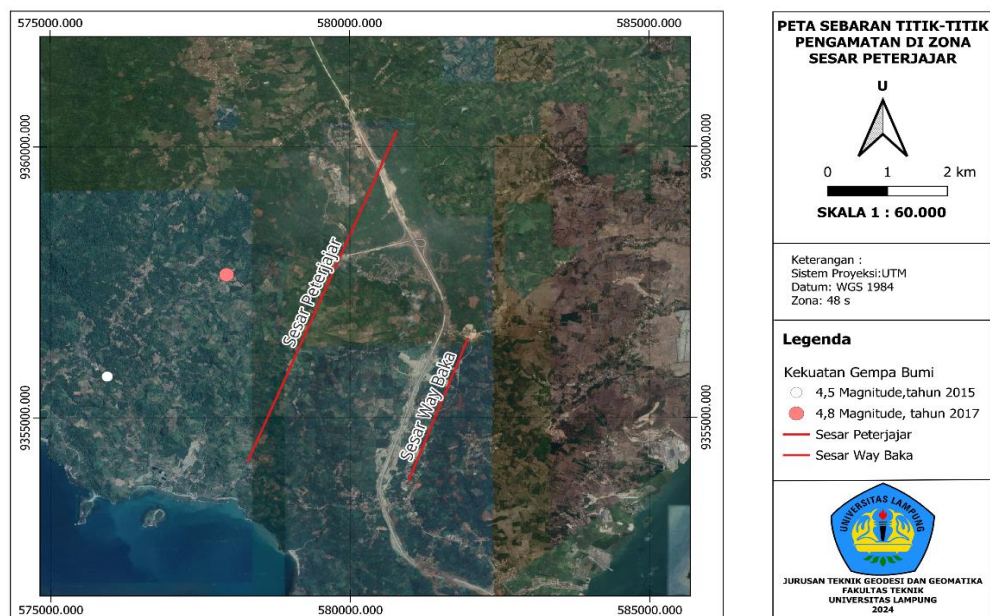
Daerah Bakauheni dan sekitarnya terletak di ujung Pulau Sumatra di Provinsi Lampung. Daerah ini akan ada pembangunan *Bakauheni Harbour City (BHC)* di tahun 2024, yang merupakan destinasi modern berskala internasional yang terintegrasi dengan kawasan titik nol Sumatra. Selain itu, daerah ini menarik perhatian para ilmuwan berbagai bidang. Kerawanan daerah ini bahaya terhadap kegempaan ditentukan oleh berbagai kondisi, termasuk geologi, kondisi seismotektonik dan struktur geologi, dan sifat fisik batuan penyusun gempa bumi. Akibat berbagai kondisi tersebut wilayah Bakauheni terdapat sesar kecil yang terbentuk akibat aktivitas Sesar Semangko. Sesar tersebut yaitu Sesar Way Baka dan Sesar Peterjajar. Aktivitas dari pergerakan Sesar tentunya membuat suatu wilayah menjadi rawan akan bencana kegempaan.

Secara geologi, sesar atau patahan adalah sebagai bidang rekahan yang disertai oleh adanya pergeseran relatif antara satu blok terhadap blok batuan lainnya. Jarak pergeseran tersebut bisa beberapa milimeter sampai puluhan kilometer, sedangkan dibidang sesarnya mulai dari beberapa sentimeter sampai puluhan kilometer. Keberadaan sebuah sesar biasanya ditunjukkan adanya lipatan, graben, lembahan, pegunungan bukit, ataupun *sag pond*. Pergerakan sesar aktif dapat menyebabkan daerah di zona sesar atau patahan menjadi daerah yang rawan gempa.

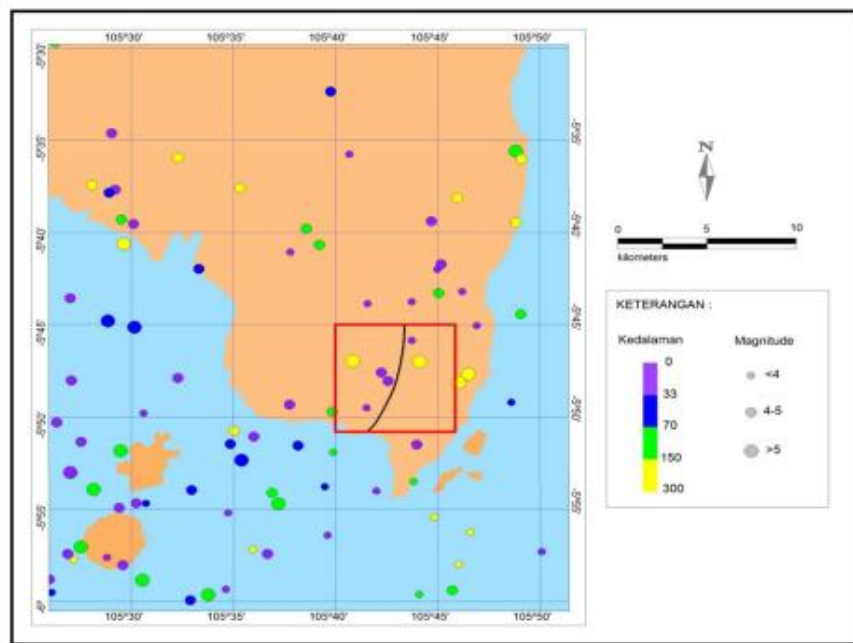
Menurut (Prasitio, dkk., 2013), Sesar Peterjajar merupakan sesar naik yang bergerak secara sinistral dengan arah jurus N20°E. Sesar ini teridentifikasi keberadaannya menggunakan data *Digital Elevation Model*, metode geolistrik dan metode seismik refraksi. Berdasarkan hasil penelitian (Febriani, 2023) hasil

komparasi *Fault Fracture Density*, *SVD*, dan *Inverse Modeling 3D (slice horizontal 200 m)* mempertegas keberadaan Sesar Peterjajar dengan arah jurus N20°E. Aktivitas sesar tersebut terlihat dengan adanya episenter gempa yang berada disekitar zona sesar ataupun patahan.

Data kegempaan menurut *USGS earthquake* tahun 20 tahun terakhir (dapat dilihat dalam gambar 1) telah terjadi dua kali gempa bumi tektonik, yaitu pada tahun 2015 dengan kekuatan 4,5 magnitude yang berlokasi 5,828°S, 105,686 °E dan pada tahun 2017 dengan kekuatan 4,8 magnitude yang berlokasi di 5,811°S, 105,704°S.



Gambar 1. Lokasi titik gempa bumi berdasarkan data *USGS earthquake* tahun 2000 sampai tahun 2023.



Gambar 2. Peta kegempaan daerah Bakauheni dan sekitarnya (Anonim, 2012 dalam Prasetio, dkk., 2013).

Menurut (Anonim, 2012 dalam Prasetio, dkk., 2013) kegempaan daerah Bakauheni dan sekitarnya dari tahun 1990 sampai tahun 2012, terjadi kegempaan dangkal hingga menengah di daerah ini (dapat dilihat pada gambar 2) di sekitar zona Sesar Peterjajar, memiliki kedalaman struktur geologi dangkal. Keberadaan sesar aktif ini juga ditunjang dari hasil penelitian geologi bawah permukaan. Berdasarkan penelitian terdahulu (Prasetio, dkk., 2013) dan (Febriani, 2023) dan sejarah gempa bumi tersebut, menunjukkan bahwa sekitar Sesar Peterjajar terdapat pusat-pusat gempa yang berarti Sesar Peterjajar merupakan sesar aktif.

Aktivitas geodinamika dan deformasi dari sebuah titik dapat dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya akibat aktivitas tektonik lempeng dan aktivitas sesar. Untuk keperluan mitigasi bencana dan studi geodinamika. Menurut (Zaenudin, dkk., 2013), identifikasi dan karakteristik sesar (*fault*) sangatlah penting dilakukan untuk mengetahui pergeseran terhadap keadaan bawah permukaan, baik untuk kebencanaan maupun sumber daya yang terbentuk setelah patahan.

Identifikasi sesar sangat diperlukan, dalam keilmuan geodesi monitoring untuk studi geodinamika dan deformasi dapat dilakukan secara kontinu maupun periodik menggunakan titik pengamatan untuk studi deformasi dan geodinamika. Salah satu

cara yang digunakan untuk melakukan pemantauan tingkat aktivitas sesar adalah dengan menggunakan data hasil pengukuran geodetik pada titik-titik di sekitar sesar secara kontinu dan periodik dalam selang waktu tertentu dan hal ini dapat dilakukan dengan cara metode survei *Global Positioning System* atau biasa disebut dengan metode survei GPS (Abidin, 1995). Kelebihan dari metode ini bisa mendapatkan hasil pengukuran dengan akurasi yang tepat.

Pada penelitian ini, membahas studi deformasi dan identifikasi awal pergerakan sesar Peterjajar berdasarkan data pengamatan GPS tahun 2022 dan 2023 terhadap titik-titik yang dipasang di sekitar lokasi sesar tersebut. Pergeseran titik pengamatan tersebut didapatkan berdasarkan hasil pengolahan data GPS tahun 2022 dan 2023 menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Alasan dari penggunaan perangkat lunak GAMIT/GLOBK merupakan perangkat lunak ilmiah untuk penentuan posisi secara teliti dan tingkat akurasi yang tinggi (Yuwono, dkk., 2017).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Berapakah besar pergeseran pada titik pengamatan sesar Peterjajar?
2. Bagaimana arah pergerakan sesar Peterjajar berdasarkan titik pengamatan?
3. Bagaimana mekanisme pergeseran sesar Peterjajar berdasarkan data titik pengamatan?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui nilai kecepatan pergeseran setiap titik pengamatan GPS.
2. Mengetahui arah pergeseran setiap titik pengamatan GPS
3. Mengetahui mekanisme pergerakan Sesar Peterjajar berdasarkan hasil data pengamatan survei GPS.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Sebagai studi pendahuluan yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut tentang deformasi Sesar Peterjajar.
2. Dapat memberikan masukan dalam kajian mitigasi bencana.

1.5. Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di daerah Bakauheni dan sekitarnya, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.
2. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah pengamatan GPS Geodetik metode statik.
3. Melakukan pengolahan data menggunakan perangkat lunak ilmiah yaitu GAMIT/GLOBK.

1.6. Hipotesis

Berdasarkan penelitian terdahulu yang diperoleh dari studi literatur, keaktifan Sesar Peterjajar ini telah dikaji dengan dua metode, yaitu geologi (morfotektonik) dan geofisika (resistivitas dan seismik refraksi). Berdasarkan kedua metode tersebut, menunjukkan Sesar Peterjajar mengalami pergeseran mendatar secara sinistral. Untuk melihat pergerakan sesar lebih lanjut dapat dilakukan dengan pengamatan survei GPS metode geodetik. Dalam menentukan besaran nilai suatu deformasi menggunakan GPS, dilakukan pengamatan minimal dua kali di lokasi atau titik yang sama. Hal ini bertujuan untuk melihat pergerakan awal Sesar Peterjajar berdasarkan hasil dari pergeseran titik pengamatan yang tersebar di lokasi zona Sesar Peterjajar. Jika arah dan kecepatan pergeseran titik pengamatan sesuai dengan mekanisme secara geologinya, maka dapat dikatakan Sesar Peterjajar mengalami pergeseran secara sinistral.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan menggunakan daftar pustaka yang diperoleh dari jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut merupakan penelitian sebelumnya yang dijadikan referensi.

Tabel 1. Penelitian terdahulu yang berkaitan.

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	Aditya Dwi Prasetio, Dicky Muslim, Marjiyono, Asdani Soehaimi (2013)	Studi sesar aktif Peterjajar daerah Bakauheni, Lampung Selatan	Geolistrik, DEM dan seismik refraksi	Sesar Peterjajar merupakan patahan naik yang bergerak secara sinistral. dan berpotensi menjadi sumber gempa bumi
2	Rindy Febrinai (2023)	Identifikasi Patahan Di Daerah Bakauheni Berdasarkan Analisis <i>Fault Fracture Density</i> Dan Pemodelan Metode Gaya Berat	Gaya Berat	Keberadaan Patahan Peterjajar dengan arah jurus N20°E. Adanya aktivitas patahan tersebut terlihat dengan adanya episenter gempa yang berada di sekitar zona patahan

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
3	Siti Fathimah, Bambang Sudarsono, dan M. Awaluddin. (2019)	Survei Deformasi Daerah Jembatan Penggaron Dengan Metode GPS Tahun 2018	Survei GPS dengan titik ikat IGS dan CORS	Titik pengamatan mengalami perubahan koordinat setiap bulannya, nilai perubahan kartesian terbesar n: -0,02471 m, e: 0,10821 m dan u: 0,05623 m dan yang terkecil sebesar n: 0,00123 m, e: -0,00119 m dan u: -0,00088 m.
4	Sheilla Annisa Uzzahra (2023)	Kajian Deformasi Sesar Sumatra Segmen Komering Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2020-2022	Survei GPS CORS dengan titik ikat IGS	Segmen Komering Sesar Sumatra mengalami deformasi sesar <i>dextral</i> .
5	Rinaldo Dwi Kusuma (2024)	Identifikasi Awal Pergerakan Sesar Peterjajar Berdasarkan Metode Pengamatan Survei GPS Tahun 2022 Dan Tahun 2023	Survei GPS metode geodetik	Sesar peterjajar termasuk sesar <i>oblique</i> dengan arah kecepatan mengiri dan komponen vertikal relatif turun, akan tetapi sesar ini tidak memiliki deformasi yang signifikan.

2.2. Sesar

Secara umum, sesar terbentuk ketika adanya gaya pada batuan (dapat berupa gaya yang menekan, gaya yang menarik, maupun kombinasi keduanya) dengan waktu yang lama sehingga batuan tidak mampu lagi menahan Gaya tersebut. Ketika ini terjadi, maka akan adanya sebuah gaya yang sangat besar sehingga berdampak getaran bagi sekitarnya peristiwa ini sering disebut dengan peristiwa gempa bumi.

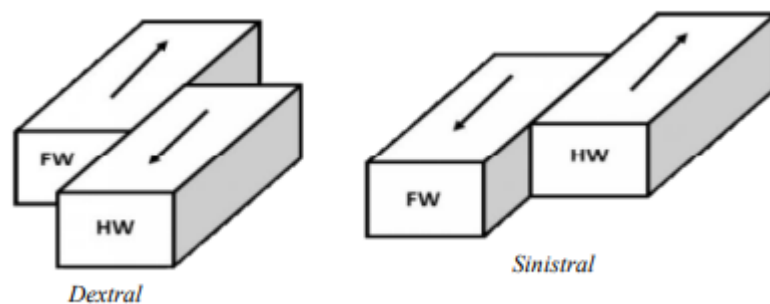
Berdasarkan tingkat aktivitasnya, sesar dibagi kedalam dua jenis, yaitu sesar aktif dan sesar tidak aktif. Sesar aktif adalah sesar yang bergerak kurang waktu 10.000 tahun lalu, sedangkan sesar tidak aktif adalah sesar yang belum atau bahkan tidak

pernah mengalami pergerakan dalam kurun waktu 2 juta tahun yang lalu. Selain itu ada juga sesar yang berpotensi aktif, sesar yang berpotensi aktif adalah sesar yang gerakanya pada kurun waktu 2 juta tahun lalu (Massinai, 2015 dalam Febriani 2023).

Berdasarkan pergerakannya Sesar dibagi menjadi tiga jenis, yaitu sesar mendatar, sesar naik dan sesar turun. Selain ketiga jenis tersebut, ada pula jenis sesar yang merupakan kombinasi sesar mendatar dan sesar naik/turun yang disebut *oblique fault* (Ical, 2017). Berikut ini gambaran terkait ketiga jenis sesar tersebut.

1. Sesar mendatar (*Strike-slip Fault*)

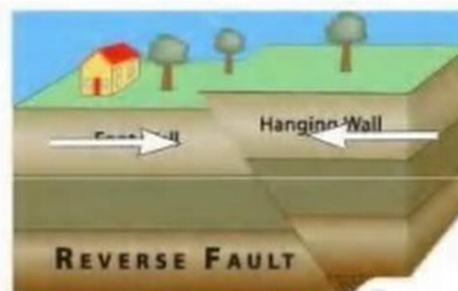
Merupakan sesar yang arahnya relatif mendatar ke kiri atau ke kanan. Bila gerakan sesar ke kanan disebut sesar geser *dextral* dan bila ke kiri dinamakan sesar geser *sinistral*.



Gambar 3. Sesar *dextral* dan sesar *sinistral* (Emilogi.com, 2021).

2. Sesar Naik (*Reverse Fault*)

Merupakan sesar dengan arah blok *footwall* yang relatif turun dibanding *hanging wall*. Ciri dari patahan ini adalah sudut kemiringan yang relatif kecil yaitu kurang dari 45° .



Gambar 4. Sesar naik (*reverse fault*) (Ibrahim,dkk., 2010).

3. Patahan Turun (*Normal Fault*)

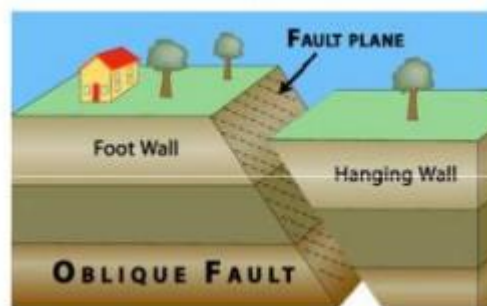
Merupakan patahan yang memungkinkan satu blok (*footwall*) lapisan batuan bergerak dengan arah relatif naik terhadap blok lainnya (*hanging wall*). Ciri dari patahan ini adalah sudut kemiringan besar hingga mendekati 90°.



Gambar 5. Sesar turun (*normal fault*) (Ibrahim, dkk., 2010).

4. *Oblique Fault*

Merupakan kejadian kombinasi *dip-slip fault* dan *strike-slip fault*. Sehingga pergerakan batuan terjadi secara naik atau turun dan juga mengalami pergerakan secara horizontal ke kanan atau ke kiri, sehingga pergerakan yang timbul secara vertikal dan horizontal. Sesar ini disebabkan oleh gaya tekan dari atas atau dari bawah dan juga gaya samping yang diberikan atau dikenakan pada batuan.

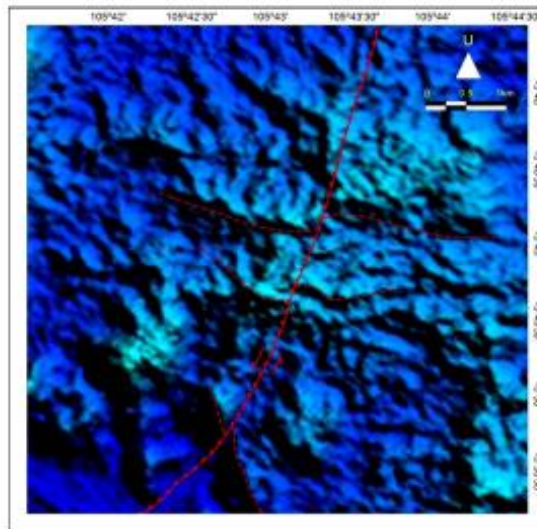


Gambar 6. Sesar *oblique* (Ibrahim, dkk., 2010).

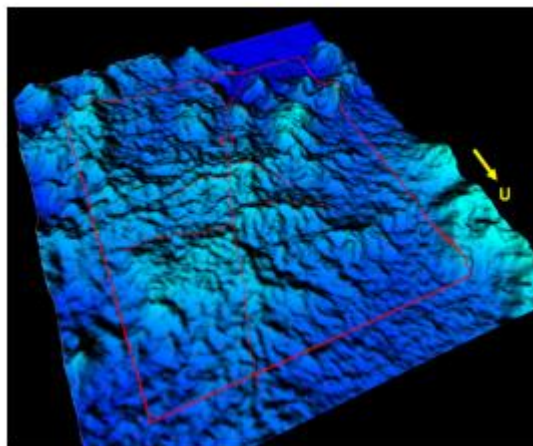
2.3. Sesar Peterjajar

Sesar Peterjajar merupakan salah satu sesar yang berada di daerah Bakauheni. Dalam peta geologi regional (Mangga dkk., 1993) tidak menunjukkan keberadaan Sesar Peterjajar, sedangkan berdasarkan data DEM (*Digital Elevation Model*) pada daerah Bakauheni terdapat tiga pegunungan yang mengalami *offset* (Gambar 7). *Offset* punggung gunung ini memperlihatkan bergerak secara sinistral. Untuk dapat

mengetahui pergerakan secara vertikal, dilakukan pengukuran geolistrik resistivitas dan seismik refraksi.



Gambar 7. DEM daerah penelitian yang memperlihatkan adanya *offset* punggungan (Prasetio, dkk., 2013).



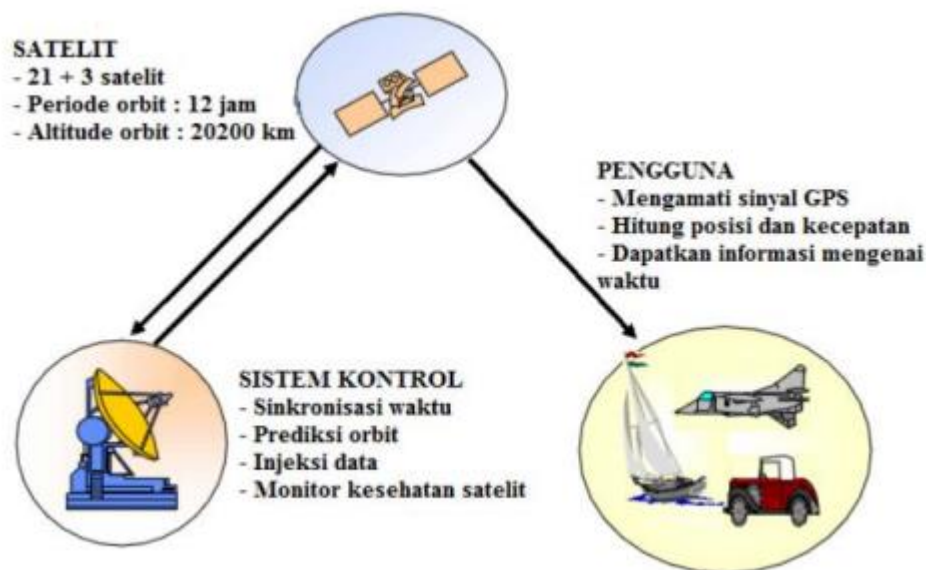
Gambar 8. *Offset* punggungan dalam bentuk 3D (tiga dimensi) berdasarkan data DEM (Prasetio, dkk., 2013).

Berdasarkan penelitian (Prasetio, dkk., 2013) menggunakan metode geolistrik dan metode seismik refraksi keberadaan sesar tersebut teridentifikasi keberadaannya dengan pergerakan *oblique* dengan gerak arah sinistral dan komponen vertikal naik dengan arah jurus N20°E dan patahan ini berpotensi menjadi sumber gempa bumi yang akan datang.

2.4. Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) merupakan salah satu bagian dari GNSS yaitu sistem navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk menyediakan informasi lokasi dan waktu serta kecepatan tiga-dimensi, secara kontinu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, bagi banyak orang secara simultan dengan hasil akurasi yang tinggi. Saat ini GPS sudah banyak digunakan dalam berbagai bidang aplikasi untuk keperluan informasi tentang lokasi, kecepatan dan waktu secara teliti. GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian yang bervariasi dari nilai milimeter sampai dengan puluhan meter (Abidin, 2007).

Sistem GPS dasarnya terdiri dari tiga segmen utama yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun monitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2007). Untuk lebih jelasnya segmen GPS dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Segmen utama GPS (Abidin, 2007).

Dalam proses pengumpulan data, sinyal dari satelit menuju antena GPS, terdapat kemungkinan adanya kesalahan dan bias yang dapat mempengaruhi ketelitian informasi yang diperoleh serta penentuan ambiguitas fase GPS. Berikut beberapa jenis kesalahan yang dimiliki sistem GPS, antara lain:

1. Kesalahan Jam Satelit dan *Receiver*
2. Kesalahan *Ephemeris* (Orbit)
3. Kesalahan *Multipath*
4. Bias Ionosfer
5. Bias Troposfer
6. Ambiguitas Fase
7. *Cycle Slip*

2.5. Deformasi

Deformasi secara umum diartikan sebagai perubahan posisi bentuk dan dimensi dari suatu benda baik secara absolut maupun relatif akibat suatu gaya yang bekerja pada benda tersebut (Kuang, 1996 dalam Andriyani, 2012). Perubahan secara absolut merupakan perubahan yang terjadi menurut dari objek itu sendiri, sedangkan perubahan secara relatif adalah perubahan bentuk yang terjadi dan dikaji dari posisi titik lainnya.

Prinsip pengukuran deformasi adalah dengan memantau perubahan jarak, beda tinggi, sudut maupun koordinat antara titik-titik yang mewakili daerah tersebut. Berdasarkan definisi tersebut dapat dijelaskan bahwa deformasi adalah perubahan bentuk dari suatu objek yang dikaji dalam sumbu X, Y maupun Z. Perubahan bentuk objek ini dapat perubahan secara absolut maupun relatif.

Suatu wilayah dikatakan mengalami deformasi apabila terjadi perubahan nilai koordinat pada titik pengamatan secara berkala. Pergeseran yang digunakan di sini adalah pergeseran dalam koordinat toposentrik, dimana titik acuan yang digunakan merupakan pengamatan awal di setiap titik. Pergeseran koordinat ini kemudian digunakan untuk menghitung vektor kecepatan pergeseran di suatu titik. Dalam konteks geodetik dan geodinamika, deformasi kerak bumi mengacu pada perubahan

bentuk atau posisi relatif dari lapisan kerak bumi sepanjang waktu. Deformasi kerak bumi dapat terjadi karena berbagai proses geologis, seperti aktivitas tektonik, gempa bumi, letusan gunung berapi, dan pengangkatan atau penurunan tanah. Proses ini dapat menyebabkan perubahan bentuk dan posisi stasiun pengukuran geodetik di permukaan bumi.

Untuk mengetahui terjadinya aktivitas deformasi pada suatu tempat diperlukan kegiatan survei yaitu survei deformasi dan geodinamika. Kedua survei ini merupakan survei yang dilakukan untuk mempelajari deformasi dan fenomena geodinamika. Fenomena ini terbagi menjadi dua, yaitu fenomena alam seperti gerakan lempeng dan fenomena buatan manusia seperti pengaruh manusia, seperti pembangunan bendungan. (Sudarsono dkk., 2017).

Pemantauan deformasi kerak bumi menjadi penting untuk memahami dinamika bumi, memprediksi potensi bencana geologis seperti gempa bumi, dan memonitor pergerakan lempeng tektonik. Dalam melakukan survei deformasi, terdapat beberapa metode seperti dengan menggunakan alat ukur *total station* ataupun bisa juga dengan menggunakan sipat datar. Seiring dengan perkembangan teknologi, survei deformasi dan geodinamika juga dapat dilakukan dengan menggunakan satelit, misalnya menggunakan GPS metode Geodetik (Rafiq, 2023).

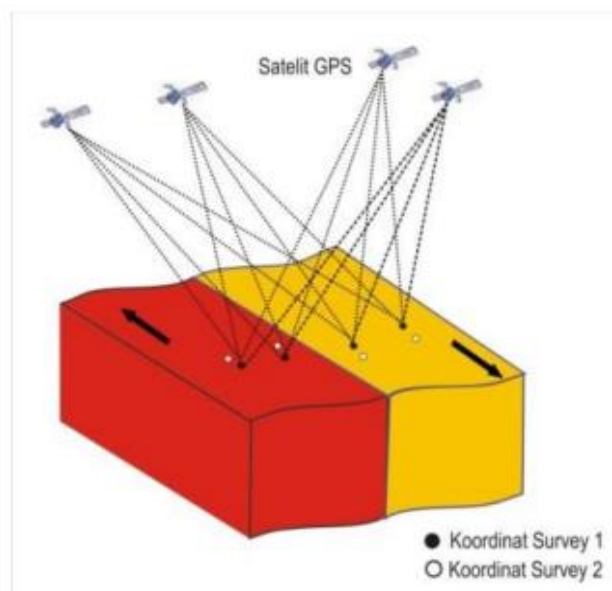
2.6. Pemantauan Deformasi Menggunakan GPS

Pergerakan bumi yang dinamis menghasilkan deformasi yang terjadi pada lempeng. Pergerakan yang terjadi pada distribusi titik pengamatan di atas permukaan bumi dalam rentang waktu tertentu sehingga menghasilkan nilai tertentu. Analisis deformasi digunakan untuk menghitung jumlah pergeseran dan parameternya, yang memiliki karakteristik ciri khas dalam ruang dan waktu. Pergeseran koordinat suatu titik pengamatan ditunjukkan secara periodik dan kontinu.

Perubahan posisi titik pengamatan dalam penelitian deformasi yang disebabkan oleh pergerakan kerak bumi termasuk perubahan atau pergerakan titik-titik pengamatan yang terletak di sekitar area patahan aktif yang diperkirakan memiliki

kemungkinan terjadi gempa bumi (Hartadi, 2015). Pengamatan GPS secara periodik dan kontinu, yang sangat akurat dan presisi hingga beberapa milimeter, adalah salah satu cara untuk melihat deformasi. Pengamatan GPS dengan metode periodik adalah pengamatan yang dilakukan secara berkala dalam selang waktu tertentu, sedangkan dengan metode kontinu pengamatan dilakukan terus-menerus secara otomatis, dimana perangkat GPS disimpan di lokasi titik pengamatan

Prinsip penentuan aktivitas sesar dengan metode pengamatan GPS dilakukan dengan menempatkan beberapa titik pengamatan di lokasi sekitaran sesarnya, kemudian didapatkan nilai koordinatnya secara periodik maupun kontinu. Dengan mempelajari dan mengamati pola dan kecepatan perubahan koordinat dari titik-titik pengamatan tersebut dari survei yang pertama ke survei berikutnya, maka karakteristik pergeseran sesar akan dapat dilihat dan dipelajari lebih lanjut guna pembuatan model potensi bencana alam gempa bumi.



Gambar 10. Ilustrasi pengamatan GPS untuk deformasi (Abidin, 2010).

2.7. Nilai Pergeseran

Pergeseran adalah di mana suatu benda berubah posisi relatif terhadap posisi semula. Dalam hal ini, perpindahan posisi dapat dihitung dengan cara mengurangi posisi akhir ke posisi semula. Nilai pergeseran dikategorikan menjadi dua, yaitu

pergeseran horizontal dan pergeseran vertikal. pergeseran horizontal merupakan pergeseran titik berdasarkan komponen (*northing* dan *easting*). Sedangkan pergeseran vertikal merupakan perubahan nilai tinggi atau elevasi yang dihitung (Welsch, 2003 dalam Wananda, 2016).

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

D = Jarak

X = Nilai koordinat *Easting*

Y = Nilai koordinat *Northing*

2.8. Velocity (Kecepatan dan Arah Pergeseran)

Velocity adalah sebuah laju di mana suatu benda berubah posisi relatif terhadap posisi semula. Dalam hal ini, perpindahan posisi dapat dipahami sebagai perpindahan dari posisi awal ke posisi berikutnya. Kecepatan dapat digolongkan sebagai besaran vektor karena dipengaruhi oleh perpindahan. Perpindahan biasanya memperhitungkan arah pergerakannya misalkan ke arah utara, selatan, timur, dan barat (Saputra, 2015).

Perhitungan *velocity* dapat dilakukan dengan menggunakan koordinat toposentrik untuk memperoleh kecepatan pergeseran pada arah *north*, *east* dan *up* dengan satuan kecepatan m/waktu. Berdasarkan kecepatan tersebut dapat diperoleh kecepatan horizontal maupun kecepatan vertikal. Kecepatan horizontal berdasarkan kecepatan dan arah pergeseran horizontal, sedangkan kecepatan vertikal berdasarkan laju kecepatan perubahan elevasi pada komponen *up*. Kecepatan pergeseran horizontal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$V \text{ Horizontal} = \sqrt{(V_e)^2 + (V_n)^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$\alpha_{2-1} = \tan^{-1} (X_2 - X_1) / (Y_2 - Y_1) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

V = Kecepatan pergeseran horizontal

V_e = Kecepatan pergeseran komponen *easting*

V_n = Kecepatan pergeseran komponen *Northing*

α = Arah kecepatan

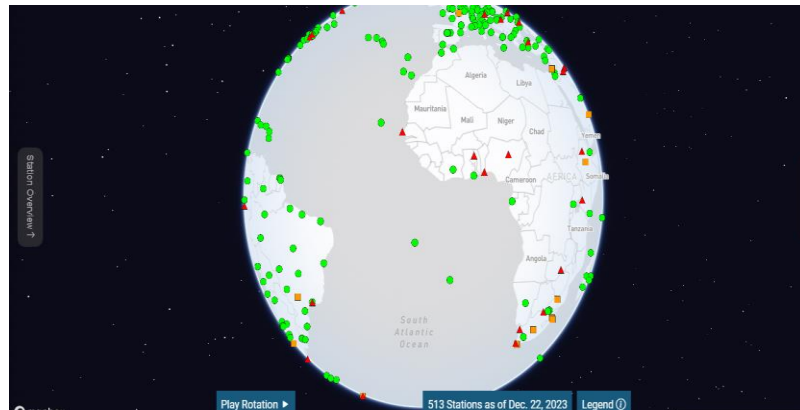
X = Koordinat *Easting*

Y = Koordinat *Northing*

2.9. International GNSS Services (IGS)

IGS (*International GNSS Service*) adalah sebuah layanan internasional yang menyediakan data dan produk dari sistem navigasi satelit global (GNSS) seperti GPS, GLONASS, Galileo, dan BeiDou. IGS didirikan oleh *International Association of Geodesy* (IAG) pada tahun 1993, dan pengoperasian formalnya tahun 1994. IGS menyediakan data yang akurat dan dapat digunakan untuk penelitian ilmiah, survei geodesi dan aplikasi multidisiplin. IGS merupakan satu komponen sebagai kerangka sistem koordinat referensi global. Setiap negara berkontribusi dalam pembangunan titik IGS. Stasiun IGS dapat juga dijadikan sebagai referensi dalam pengukuran atau penentuan posisi di Indonesia (Saputra, dkk., 2015).

Setiap stasiun IGS terdapat sebuah *receiver GPS dual frequency* yang melakukan pengukuran dengan interval 30 detik perekaman data yang aktif setiap hari dengan presisi yang tinggi. IGS merupakan komponen pendukung ke sistem ITRF sebagai referensi koordinat global. Pengamatan data dari GNSS stasiun IGS mempunyai peranan penting dalam fenomena kebumihan, pergerakan lempeng dan memungkinkan terjadinya deformasi dari lempeng tersebut.



Gambar 11. Sebaran titik IGS (Igs.Org)

2.10. TEQC

TEQC (*Translation, Editing, Quality Control*) merupakan perangkat lunak yang berguna untuk mengevaluasi data GPS yang akan diolah, TEQC dikembangkan oleh UNAVCO, Program ini memiliki beberapa fungsi seperti *translation*, *editing* dan *quality check* data bawaan *receiver* GNSS.

Berikut adalah beberapa fitur utama dari TEQC:

1. Konversi Format Data: TEQC dapat digunakan untuk mengonversi data pengukuran GNSS dari berbagai format, seperti *RINEX* (*Receiver Independent Exchange Format*), *BINEX* (*Binary Exchange Format*), dan sejumlah format data lainnya.
2. Pemeriksaan dan Koreksi Data: Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk melakukan pemeriksaan dan koreksi terhadap data GNSS yang mungkin mengandung anomali atau kesalahan. Hal ini melibatkan identifikasi dan eliminasi data yang tidak valid atau abnormal.
3. Pemotongan dan Penggabungan Data: TEQC dapat digunakan untuk memotong atau menggabungkan data dari beberapa stasiun pemantauan GNSS.
4. Pengaturan Waktu: Perangkat lunak ini dapat melakukan pengaturan waktu pada data GNSS untuk memastikan konsistensi waktu antar stasiun.
5. Pemrosesan Data *RINEX*: TEQC memiliki kemampuan untuk memproses data dalam format *RINEX*, yang merupakan format standar untuk pertukaran data GNSS antar stasiun pemantauan.

6. Pengujian Kualitas Data: TEQC memiliki fungsi untuk menguji kualitas data GNSS, termasuk pemeriksaan kesalahan pengukuran dan identifikasi data yang mungkin tidak dapat diandalkan.
7. Dokumentasi dan Laporan: TEQC menyediakan fasilitas dokumentasi dan pelaporan yang membantu pengguna memahami hasil pemrosesan dan kualitas data yang dihasilkan.

2.11. GAMIT/GLOBK

GAMIT/GLOBK merupakan perangkat lunak analisis GPS yang dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), *Harvard-Smithsonian Center of Astrophysics* (CfA) dan *Scripps Institution of Oceanography* (SIO). GAMIT digunakan untuk pemrosesan data pengukuran GPS untuk mendapatkan parameter posisi, gerakan, dan waktu dengan tingkat akurasi yang tinggi. Program ini berfokus pada pemrosesan data pengukuran yang diperoleh dari stasiun-stasiun GPS untuk menghasilkan solusi koordinat 3D dan kecepatannya.

GAMIT menggunakan algoritma hitung kuadrat terkecil (*least square*) parameter berbobot untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, parameter orbit, rotasi bumi, *zenith delay* dan ambiguitas fase melalui pengamatan *double difference*. Sedangkan GLOBK mengkombinasikan solusi data dari hasil pengolahan GAMIT dengan perhitungan *Kalman Filter* untuk penentuan posisi dan mengetahui pergeseran dan kecepatannya. Kunci dari data *input* pada GLOBK adalah matriks kovarian dari data koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan hasil pengamatan lapangan

Kombinasi GAMIT dan GLOBK sangat umum digunakan dalam penelitian geodesi, pemahaman gerakan kerak bumi, serta pemantauan deformasi dan perubahan permukaan bumi. Kedua program ini membantu para peneliti untuk memahami perubahan geodetik dan geofisika yang terjadi pada bumi dengan memanfaatkan data pengukuran GPS yang sangat presisi.

Hasil dari pengolahan GAMIT dapat dikatakan baik apabila nilai *posfit nrms* (*normalized rms*) *free solution* dan *fixed solution* memiliki nilai di bawah 0,25. Jika nilai di atas 0,25 mengindikasikan adanya masalah seperti efek *cycle slip* yang belum dihilangkan dan stasiun *fixed* dengan koordinat yang buruk (Ulinnuha 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 (Artini, 2014)

2.12. Uji T-Student

Uji-t pertama kali dikembangkan oleh William Sealy Gosset pada tahun 1908. Uji T-student dikenal dengan uji parsial, ini dilakukan untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikatnya. Uji t ini dapat dilakukan dengan cara membandingkan t-hitungan terhadap t-tabel. Caranya, dengan membagi pergerakan titik pengamatan dari pengamatan pertama ke sesi pengamatan kedua dengan standar deviasinya. Untuk melihat pergerakan deformasi secara signifikan atau tidak maka perlu dilakukan uji t-student. Adapun rumus persamaannya sebagai berikut:

$$t = \frac{R}{Stdev} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

t = T hitung

t α , v = nilai t-tabel

R = resultan pergeseran atau kecepatan pergeseran

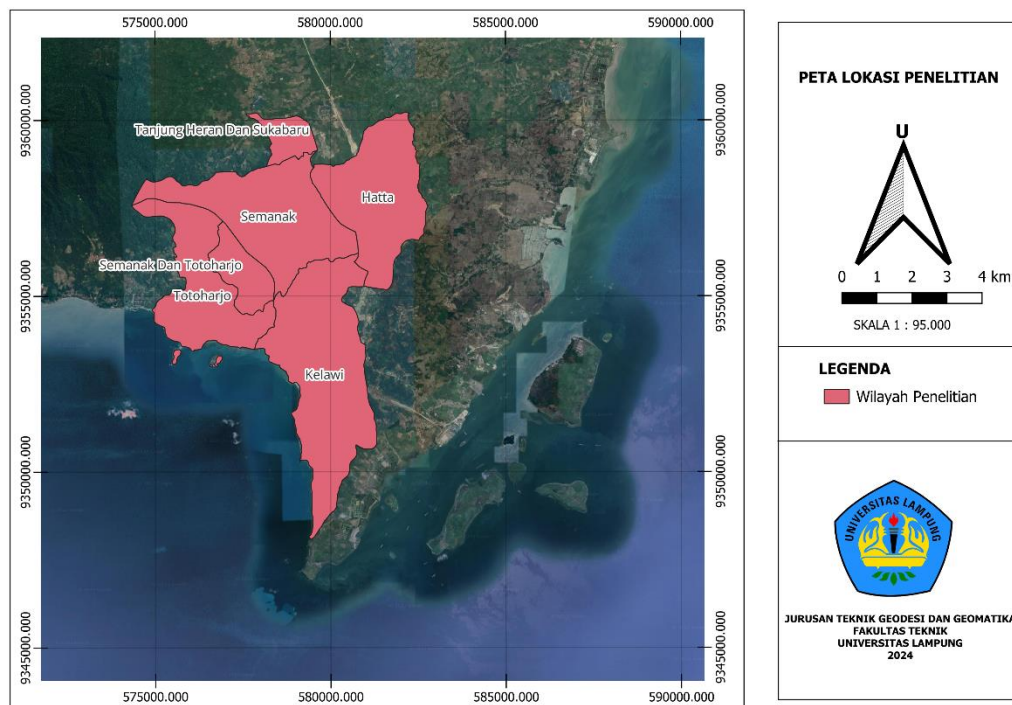
Stdev = resultan standar deviasi pergeseran ataupun kecepatan pergeseran

Hipotesa nol tidak diterima jika nilai $T\text{-hitung} > T\text{tabel}$, hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat pergeseran yang signifikan. Sedangkan hipotesa nol diterima jika nilai $T\text{-hitung} < T\text{-tabel}$, maka tidak terdapat pergeseran yang signifikan.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini di daerah Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Waktu pelaksanaan pengukuran periode September 2022 dan Oktober 2023. Selanjutnya membuat hasil laporannya di Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung sampai dengan selesai.



Gambar 12. Peta lokasi penelitian.

3.2. Data yang Digunakan

Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder dari berbagai sumber. Berikut merupakan data yang digunakan.

Tabel 2. Data yang digunakan.

No	Data	Format	Jenis Data	Sumber
1	Titik Pengamatan	RINEX	Data Primer	Pengamatan Langsung
2	Titik Ikat IGS	RINEX	Data Sekunder	CDDIS
3	Data <i>Broadcast Ephemeris</i>	Navigasi(format.yyn)	Data Sekunder	SOPAC
4	Data Model Ionosfer	(Format.yyi)	Data Sekunder	CDDIS
5	Data Orbit Final IGS	Sp3	Data Sekunder	CDDIS

3.3 Alat dan Bahan yang Digunakan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Adapun perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3. Alat yang digunakan.

Nama	Jumlah
Laptop Acer Z476-31TB	1
<i>Mouse</i>	1
GPS <i>Geodetic Hi-Target V30</i>	2
GPS <i>Geodetic Hi-Target V60</i>	1
Statif	3
<i>Tribrach</i>	3
Meteran 5m	3
Peralatan <i>Camping</i>	3
<i>Accu</i>	3

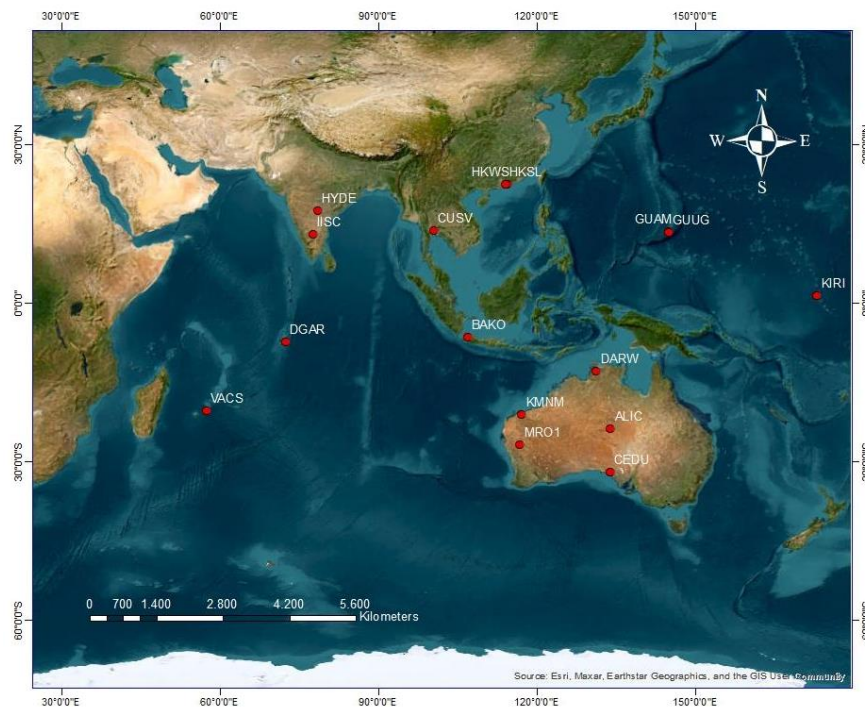
Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini:

1. *Software HGO (Hi-Target Geomatic Office)*
2. *Software TEQC (Translation, Editing, And Quality Checking)*
3. *Software GAMIT/GLOBK*
4. *Software Notepad++*
5. *Software Microsoft Office Untuk Penulisan Laporan*

3.4. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan survei GPS menggunakan metode *differensial*. Metode ini dilakukan dengan cara melakukan pengamatan statik selama 20 jam sampai 24 jam, dengan interval 15 detik dan *mask*

angel 15 detik. Hasil pengamatan GPS dalam bentuk *raw* dikonversikan menjadi format RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*) menggunakan *software* (HGO) *Hi-Target Geomatics Office*. Kemudian mengolah data hasil pengamatan data GPS menggunakan *software* GAMIT/GLOBK, yang sebelumnya dilakukan pengecekan data menggunakan TEQC. Dalam proses pengolahan data, juga melibatkan data pendukung lainnya, salah satunya data *International GNSS Service* (IGS) yang bertujuan sebagai titik ikat atau referensi dalam pengolahan untuk memperoleh hasil standar yang memenuhi. Dalam penelitian ini, digunakan sebanyak 16 titik IGS sebagai titik ikat yang terdiri dari ALIC, BAKO, CEDU, CUSV, DARW, DGAR, GUAM, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, MRO1, KIRI, KMNM dan VACS, untuk lokasi dan sebarannya bisa dilihat pada gambar 13 dan tabel 4. Hasil akhir dari pengolahan ini adalah nilai koordinat *Easting*, *Northing* dan *Up*, yang nantinya akan dihitung kecepatan dan arah pergeserannya.



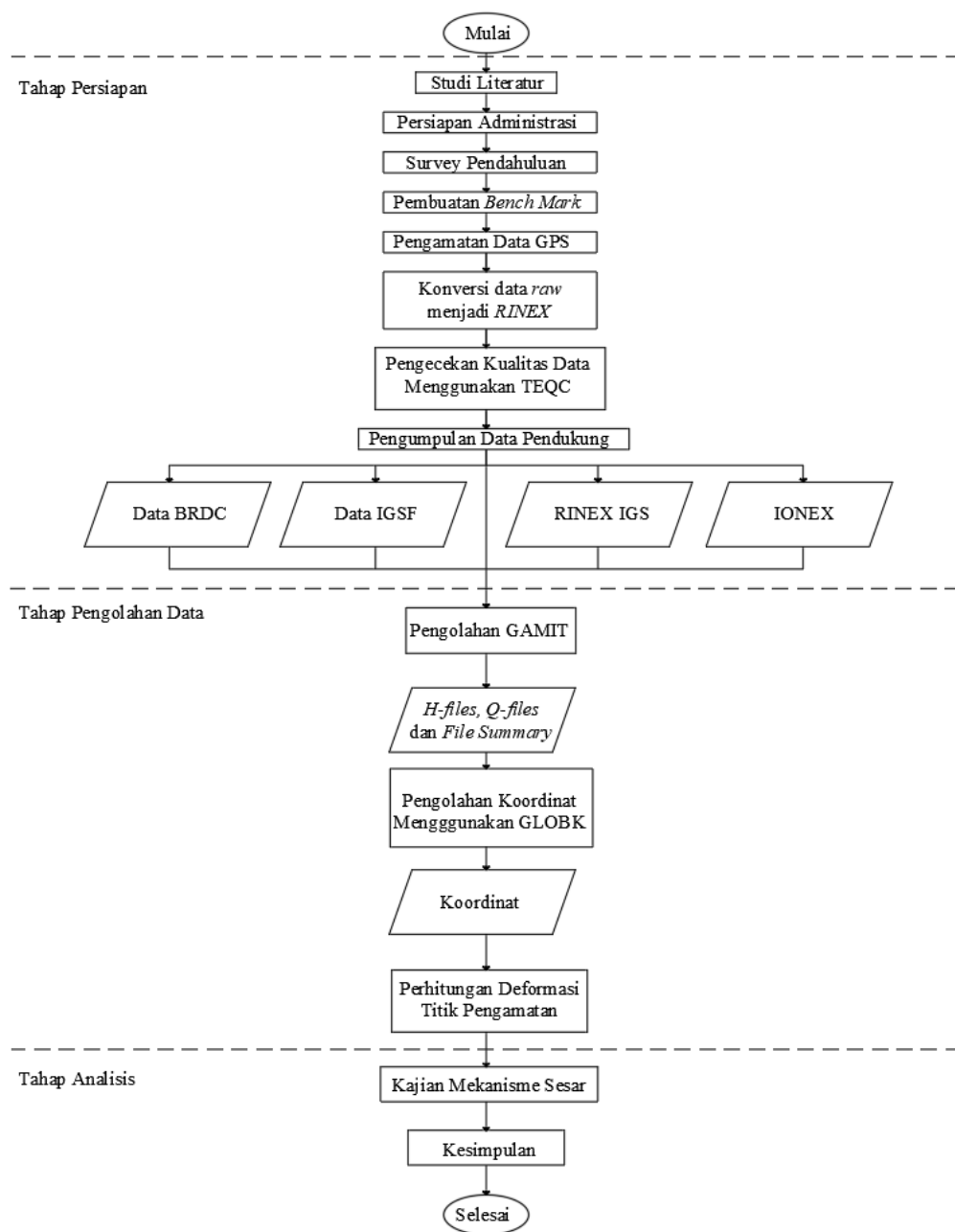
Gambar 13. Sebaran titik ikat IGS yang digunakan.

Tabel 4. Lokasi titik ikat IGS yang digunakan.

Stasiun IGS	Negara
ALIC	Australia
BAKO	Indonesia
CEDU	Australia
CUSV	Thailand
DARW	Australia
DGAR	United Kingdom
GUAM	Guam
GUUG	United States
HKSL	China
HKWS	China
HYDE	India
IISC	India
KIRI	Kiribati
KMNM	Thaiwan
MRO1	Australia
VACS	Mauritius

3.5. Tahap Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri dari tahap persiapan, tahap pengolahan data, serta tahap kajian dan kesimpulan. Tahapan penelitian ini dimulai dari tahap persiapan yang terdiri dari studi literatur, perizinan melakukan penelitian di lokasi tersebut, pengambilan data, dan pengecekan kualitas data, Selanjutnya dilakukan tahap pengolahan data menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK, perhitungan pergerakan dan *plotting* menggunakan GMT. Kemudian yang terakhir kajian dan kesimpulan hasil penelitian. Untuk lebih jelasnya alur tahap penelitian ini dapat dilihat pada gambar 14.

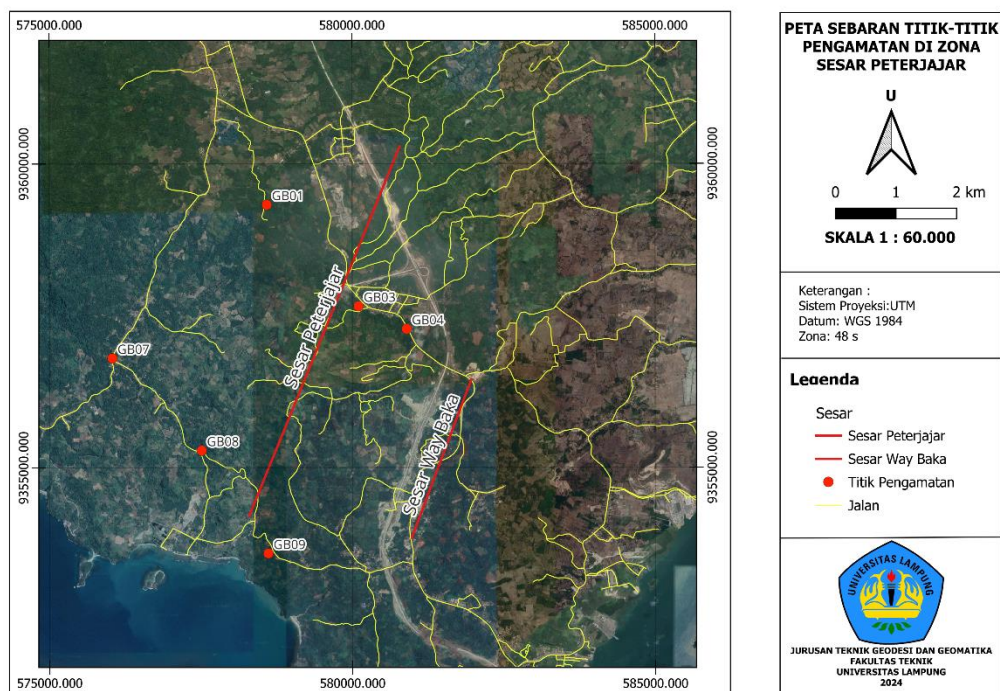


Gambar 14. Diagram alir penelitian.

3.5.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan diperlukan dengan tujuan supaya penelitian ini berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Tahap persiapan ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data dan cek kualitas data:

1. Tahap studi literatur, mengumpulkan referensi yang berkaitan dengan penelitian ini. Referensi yang digunakan diperoleh dari berbagai sumber seperti artikel, jurnal, skripsi, tugas akhir dan tesis.
2. Tahap Administrasi, dilakukan dengan mengajukan surat tugas penelitian ke Dekanat Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Selanjutnya melakukan survey pendahuluan, yang mana dalam proses ini adalah melakukan penempatan rencana lokasi penempatan titik-titik pengamatan GPS yang tersebar di lokasi zona Sesar Peterjajar (Dapat dilihat pada gambar 15). Dalam penelitian ini menggunakan enam titik pengamatan dengan nama masing-masing (GB01, GB03, GB04, GB07, GB08, GB09).



Gambar 15. Sebaran titik-titik pengamatan.



Gambar 16. Survei rencana penempatan titik pengamatan.

4. Setelah lokasi titik penempatan ditentukan, selanjutnya melakukan pemasangan *benchmark* sesuai spesifikasi yang ditentukan. Tujuannya agar titik pengamatan tidak mudah hilang ataupun rusak.



Gambar 17. Pemasangan *benchmark* titik pengamatan.

5. Tahap pengamatan data GPS dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan metode statik dan lama waktu pengamatan 20 jam sampai dengan 24 jam, dengan interval 15 detik dan *mask angel* 15 detik. Berikut ini Gambaran proses dalam pengambilan data.

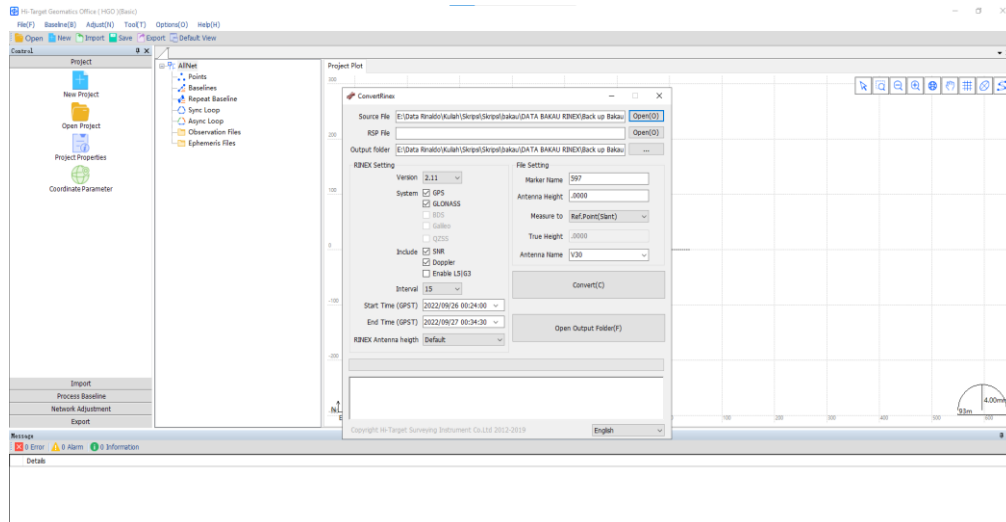


Gambar 18. Proses pengambilan data GPS.



Gambar 19. Proses pengambilan data GPS.

6. Setelah melakukan proses pengambilan data GPS, hasil *raw* data GPS dikonversikan menjadi format RINEX menggunakan *software* HGO. Dalam proses ini, perlunya untuk memasukkan nilai tinggi alat, dari hasil pengamatan GPS. Kemudian memberikan nama keluaran dari hasil *raw* data. Berikut ini adalah gambaran dari proses konversi data *raw* menjadi data RINEX.



Gambar 20. Proses konversi data *raw* GPS menjadi RINEX.

- Tahap pengecekan data menggunakan perangkat lunak TEQC, pengecekan data dilakukan per-titik pengamatan dari data RINEX format.o dan .n dengan menggunakan perintah:

Teqc +qc -nav <file rinex.o> <file rinex.n>

Hasil yang didapatkan setelah pengecekan data pengamatan dalam format.s yang berisikan informasi berupa waktu pengamatan, MP1 dan MP2, IOD *slips*

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
2022 Sep 28
*****
QC of RINEX file(s) : GB012713.22o
Input RnxNAV file(s) : GB012713.22n
GB012713.22g
*****
4-character ID      : GB01
Receiver type       : V30 (# = 10230597)
Antenna type        : V30

Time of start of window : 2022 Sep 28 07:12:30.000
Time of end of window   : 2022 Sep 29 07:16:00.000
Time line window length : 24.00 hour(s), ticked every 3.0 hour(s)
mean antenna; # of pos : 130
antenna WGS 84 (xyz) : -1718244.4464 6108823.1668 -639800.3355 (m)
antenna WGS 84 (geo) : S 5 deg 47' 44.62" E 105 deg 42' 35.41"
WGS 84 height : 121.9028 m
|qc - header| position : 10.6514 m
qc position offsets : 10.5939 m vertical 1.1049 m horizontal
Observation interval : 15.0000 seconds
Total satellites w/ obs : 53
NAVSTAR GPS SVs w/o OBS : 28
NAVSTAR GPS SVs w/o NAV :
  GLOMASS SVs w/o OBS : 16 22
  GLOMASS SVs w/o NAV :
Rtx tracking capability : unknown
Poss. # of obs epochs : 5775
Epochs w/ observations : 5775
Epochs repeated : 0 (0.00%)
Possible obs > 0.0 deg : 106600
Possible obs > 10.0 deg : 90064
Complete obs > 10.0 deg : 72763
Deleted obs > 10.0 deg : 6496
Masked obs < 10.0 deg : 10891
Obs w/ SV duplication : 0 (within non-repeated epochs)
Moving average MP12 : 1.897175 m
Moving average MP21 : 1.113552 m
Points in MP moving avg : 50
Mean S1 : 41.46 (sd=5.03 n=79259)
Mean S2 : 40.57 (sd=6.12 n=72763)

```

Gambar 21. Tampilan hasil *running* TEQC.

- Sebelum melakukan pengolahan menggunakan GAMIT, memerlukan data pendukung yang digunakan dapat di *download* melalui *software* GAMIT yang

bersumber dari CDDIS dan SOPAC. Untuk mendapatkan data sekunder yang diperlukan terlebih dahulu pembuatan direktori yang terdiri dari *folder* “brdc”, “igs”, “ionex” dan “rinex”.

Tabel 5. Perintah untuk mengunduh data pendukung.

Data	Folder	Perintah
Broadcast Ephemeris	Brcd	<i>Sh_get_nav – archive sopac -yr <yyyy> -DoY (ddd) -ndays <num> -allnav</i>
RINEX IGS titik ikat	rinex	<i>Sh_get_rinex -archive cddis sopac unavco -yr <yyyy> -DoY <ddd> -ndays <num> -sites</i>
Precise Ephemeris (sp3)	igs	<i>Sh_get_orbits -yr <yyyy> -DoY <ddd> -ndays <num> -orbits igsf</i>
Pemodelan ionosfer	ionex	<i>Sh_get_ion -yr <yyyy> -DoY <ddd> -ndays <num></i>

9. Kemudian menyiapkan *file* pendukung lainnya yaitu, *folder* “*tables*”. *Folder tables* didapatkan dengan menggunakan perintah “*sh_setup -yr <yyyy>*”. Selanjutnya melakukan *editing file control* pada *folder tables* yang berfungsi untuk mengatur parameter yang dipakai dalam proses pengolahan menggunakan GAMIT. Adapun *file-file* yang harus dilakukan *editing* adalah sebagai berikut:

- a. *File site.defaults* merupakan *file* yang digunakan untuk memasukkan titik-titik ikat IGS berupa ALIC, BAKO, CEDU, CUSV, DARW, DGAR, GUAM, GUUG, HKSL, HKWS, HYDE, IISC, KIRI, KMMN, MR01 dan VACS. yang digunakan dalam pengolahan. Adapun format penulisan *<site_GPS> <expt> <opsi>*. *Site* diubah menjadi titik ikat IGS yang digunakan, *expt* adalah nama *folder* utama yang digunakan dalam proses pengolahan GAMIT. Untuk opsi *localrx* digunakan ketika data RINEX pengamatan telah tersimpan di dalam *folder* RINEX sedangkan untuk *ftprnx* digunakan untuk melakukan pengunduhan data RINEX secara *online*.
- b. *File process.default* merupakan *file* yang berkaitan dengan perintah pengambilan data pengamatan. Pada proses *automatic batch processing* secara *online* data RINEX dari stasiun IGS akan terunduh secara otomatis, untuk menghindari pengunduhan data yang tidak diperlukan maka

diperlukannya *editing* dengan mengubah set $rx_DoY_minus = 1$ menjadi 0 yang artinya GAMIT hanya akan mengunduh data RINEX yang sesuai dengan DoY pengamatan,

- c. *File sittbl* merupakan file yang berisikan *constraint* dari setiap stasiun yang diolah. Untuk titik ikat diberikan nilai *constraint* yang kecil atau mendekati 0, pada penelitian ini digunakan nilai *constraint* 0,050 (asumsi stasiun stabil sehingga diberi bobot kecil) dan titik pengamatan diberi nilai *constraint* 99,00 yang berarti bahwa koordinat tersebut di *adjust* dengan nilai *constraint* yang besar (asumsi untuk stasiun pengamatan titik pengamatan tidak stabil).
- d. *File lfile* merupakan file yang berisikan koordinat pendekatan (apriori) dari titik ikat dan stasiun yang akan diolah, penyuntingan dilakukan dengan menambahkan nilai koordinat pendekatan yang diperoleh dari apriori masing-masing RINEX.

3.5.2. Tahap Pengolahan

Setelah semua data persiapan yang dibutuhkan telah siap diolah, selanjutnya pengolahan data titik pengamatan menggunakan *software* GAMIT secara otomatis (*automatic batch processing*), pengolahan koordinat dengan GLOBK, dan perhitungan *velocity* menggunakan persamaan 2 dan 3 yang ada di sub bab 2.7. *Velocity*.

1. Pengolahan data menggunakan *software* GAMIT dilakukan secara otomatis dengan memasukkan perintah pada terminal *linux* "*sh_gamit*" berikut perintah lengkap yang digunakan:

```
sh_gamit -expt -s <yyyy> <DoY> -orbit IGSF -pres ELEV
```

Hasil yang dikeluarkan dari pengolahan GAMIT diantaranya berupa *files q-file*, *h-file* dan *autcl. summary*. Untuk *file sh*, *summary* dan *q-files* dilakukan pengecekan hasil pengolahan untuk mengetahui kriteria yang baik dalam pengolahan.

2. Pengolahan data menggunakan GLOBK bertujuan untuk mendapatkan nilai koordinat definitif titik pengamatan. Data yang digunakan pada pengolahan ini

adalah data matriks varian kovarian yang dihasilkan oleh GAMIT yang tersimpan didalam *file h-file*. Sebelum melakukan pengolahan titik pengamatan menggunakan GLOBK diperlukan *file globk.cmd* dan *glorg.cmd* Untuk mendapatkan *file* tersebut jalankan perintah “*sh_glerd -cmd*” pada *folder* utama. Selanjutnya melakukan *editing file*, pada *file globk.cmd* bagian *prt_opt* dan *org_opt* perlu dilakukan penambahan opsi BLEN UTM GEOD, Opsi BLEN digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai panjang *baseline* sedangkan UTM dan GEOD digunakan untuk mendapatkan nilai koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM) dan koordinat geosentrik.

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. *Editing* tersebut dilakukan karena pengolahan tidak menggunakan semua stasiun IGS sehingga harus disesuaikan dengan pengolahan. 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_glrred -expt <nama folder utama> -s <DoY awal> <DoY akhir> <yyyy> -opt
H G T.*

Koordinat yang dihasilkan pada pengolahan GAMIT/GLOBK selanjutnya di transformasikan menjadi koordinat toposentrik menggunakan *plugin tsview* pada Matlab. Dalam hal ini, koordinat toposentrik sama dengan nilai besar pergeseran.

3. Setelah mendapatkan hasil koordinat toposentrik titik-titik pengamatan yang telah dihitung, dapat dilakukan perhitungan pergeseran titik pengamatan. Pada dasarnya prinsip pergeseran hanya melihat adanya perubahan koordinat dari masing-masing titik pengamatan terhadap selang waktu atau periode. Prinsip perhitungan pergeseran titik pengamatan dapat menggunakan rumus persamaan 1 dalam sub bab nilai pergeseran. Adapun cara lain agar dapat mengetahui dan memprediksi pola pergeseran yaitu dengan metode *linear fit*. Metode *linear fit*

adalah garis lurus untuk menjelaskan tren dari persebaran data tersebut. Rumus fungsi linier adalah:

$$Y(t) = ax + b \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

X = waktu pengukuran (tahun)

Y = nilai pergeseran pada waktu t (m)

a = konstanta pergeseran (m/tahun)

b = konstanta

4. *Plotting* adalah suatu proses untuk membuat dan melihat arah dan kecepatan dari pergerakan dari titik pengamatan secara visual ke dalam bentuk peta. *Plotting* dilakukan dengan menggunakan *software Generic Mapping Tools (GMT)* V.6.0.0 pada Linux. Proses pembuatan peta *plotting* kecepatan deformasi titik pengamatan dilakukan dengan membuat *script* yang diawali dengan *gmt begin* dan diakhiri dengan *gmt end show*. *Script* ini berbentuk format .sh yang berisikan beberapa perintah yang digunakan untuk mengatur batas peta, proyeksi, warna, grid, skala batang, arah mata angin, dan lainnya serta nilai *velocity* titik pengamatan dalam format .dat

3.5.3. Tahap Kajian

Setelah mendapatkan nilai *velocity* titik pengamatan, dilakukanlah reduksi terhadap pengaruh blok regional, salah satunya pengaruh blok sunda. Karena nilai *velocity* titik pengamatan masih dipengaruhi oleh pergeseran Blok Sunda. Dengan menghilangkan kecepatan Blok Sunda maka dapat melihat dan menentukan arah pergerakan sesar yang sesungguhnya.

Hasil penelitian terdahulu metode geologi (morfotektonik) dan geofisika (resistivitas dan seismik refraksi). menunjukkan bahwa arah dari pergerakan Sesar Peterjajar tergolong sesar sinistral, akan tetapi perlu dikaji dan melihat lebih lanjut secara pengamatan GPS metode geodetik. Dalam pengamatan pertama ini, bertujuan untuk melihat prediksi awal dari pergerakan Sesar Peterjajar tersebut.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan pergeseran titik pengamatan hasil pengolahan GAMIT/GLOBK selama dua tahun, periode tahun 2022 dan tahun 2023 sebesar GB01 2,697 mm/tahun, GB03 10,334 mm/tahun, GB04 19,840 mm/tahun, GB07 6,190 mm/tahun, GB08 23,830 mm/tahun dan GB09 1,909 mm/tahun.
2. Arah kecepatan pergeseran setiap blok zona sesar patahan masing-masing memiliki arah pergeseran mengiri.
3. Berdasarkan pengamatan survei GPS metode geodetik, Sesar Peterjajar dikategorikan sesar *oblique* dengan arah pergeseran mengarah kiri atau *sinistral* dan komponen vertikal turun. Akan tetapi, setelah dilakukan uji T-*student*, meskipun titik pengamatan mengalami deformasi tidak menunjukkan hasil yang signifikan.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlunya ketelitian dalam melakukan proses pengolahan data agar tidak terjadinya kesalahan selama proses pengolahan data menggunakan *software* GAMIT/GLOBK.
2. Memastikan kembali prosedur pengukuran sesuai dengan standar operasionalnya, guna meminimalisir faktor *human error* dalam melakukan pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. 1995. "Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya". Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. 2001. "Geodesi Satelit". Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Andriyani, Gina. 2012. "Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinu Tahun 2009- 2011". Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Artini, S. R. 2014. Penentuan Koordinat Stasiun GNSS CORS GMU1. PILAR: Jurnal Teknik Sipil. 10(1):37–44.
- Emilogi.com. 2021. Tektonisme, Epirogenesis, Orogenesis, Lipatan Dan Patahan. <https://emilogi.com/tektonisme-epirogenesis-orogenesis-lipatan-dan-patahan.html>.
- Fajriyanto, Suyadi, Dewi Citra, Meilano Irwan. 2013. "Estimasi Laju Geser Dan Pembuatan Model Deformasi Di Selat Sunda Dengan Menggunakan GPS Kontinyu". Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Febriani, Rindy. 2023. "Identifikasi Patahan Di Daerah Bakauheni Berdasarkan Analisis *Fault Fracture Density* Dan Pemodelan Metode Gayaberat". Skripsi: Universitas Lampung.
- Fathimah, Siti, Bambang Sudarsono, Moehammad Awaluddin. 2019. "Survei Deformasi Daerah Jembatan Penggaron Dengan Metode GPS Tahun 2018." *Jurnal Geodesi UNDIP* 8.1 (2019): 64-73.
- Fattah, Bagas Yanna Aulia. 2020. "Survei Deformasi Sesar Kaligarang Dengan Metode Survei Gnss Tahun 2019". Jurnal Geodesi Undip.
- Hartadi Joko, Raharjo Sugeng, Alfiani Dewi Oktavia. 2015. "Pemodelan Tingkat Aktivitas Sesar Berdasarkan Analisis Deformasi Menggunakan Pengamatan GPS. Seminar Nasional Kebumian.

- Herring A.T, King W, Floyd A.M, McClusky C.S. (2015). " *Introduction to Geomatics/Globe*". Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Hudayawan, M. 2017. Hitungan Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan Deformasi Dengan GPS Menggunakan Titik Ikat Regional Dan Global. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- International GNSS Service. <https://igs.org>
- Ibrahim, G., Subardjo, dan Sendjaja, P. 2010. Tektonik dan Mineral di Indonesia. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Ical, A. 2017. Identifikasi Sesar Menggunakan Metode Mekanisme Fokus di Wilayah Sesar Matano. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Kuang, Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications*. Michigan: Ann Arbor Press. Inc
- Kuncoro, H. 2013. Methodology of Euler Rotation Parameter Estimation Using GPS Observation Data. *Indonesian Journal Of Geospatial*. Vol 1. No 2. Hal 44, 47, 52. Bandung.
- Mangga, S. A., Amirudin, T., Suwarti, S., Gafoer dan Sidarto. 1993: Peta Geologi Lembar Tanjungkarang, Sumatra.
- Massinai, Muhammad Altin. 2015. Geomorfologi Tektonik. Pustaka Ilmu. Yogyakarta.
- Mauradhia, A., I. M. Anjasmara, dan Susilo. 2019. Analisis Deformasi Berdasarkan Pergeseran Titik Pengamatan GPS Di Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. 8(2):213–218.
- Syuhada, Muhammad Farrel. 2023. "Analisis Baseline CORS Ctra Dan CORS Ulpc Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2022". Skripsi: Universitas Lampung.
- Mulyanto, Sapto Bagus. 2009. "Monitoring Pergerakan Sesar Sumatera Di Wilayah Lampung Dalam Upaya Pemantauan Potensi Dan Mitigasi Bencana Alam Gempa Bumi di Lampung".
- Patmurdea I, E. D. 2018. Analisis Pergeseran Koordinat Stasiun CORS Secara Periodik Pada Tahun 2014 Sampai Tahun 2018 (Studi Kasus: Bali Dan Nusa Tenggara). Skripsi. Malang: Institut Teknologi Malang.
- Prabowo, Laurentius Immanuel Yudit Awaluddin, M. Amarrohman, Fauzi Janu. 2018. "Pengamatan Deformasi Sesar Kaligarang Dengan Metode Survei GNSS Tahun 2018". *Jurnal Geodesi Undip*.

Prasetya, Rangga B. 2011. “Analisis Ketelitian Koreksi Geometrik Citra QuickBird Menggunakan Titik CORS GNSS”. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Semarang

Prasetio Dwi Aditya, Muslim Dicky, Marjino, Soehaimi Asdani. 2013. “Studi sesar aktif Peterjajar daerah Bakauheni, Lampung Selatan”. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*.

Rafiq Muhammad. 2023. “Analisis Deformasi Pulau Jawa Bagian Timur Menggunakan Data Pengamatan GPS Tahun 2017 – 2022”. Tugas Akhir: Institut Teknologi Sepuluh November.

Rahayu, Wuri Ririn. 2018. “Pengaruh Koreksi Bias Ionosfer Terhadap Hasil Koordinat Pengamatan GPS Single Frequency Menggunakan Model Klobuchar”. Institut Teknologi Sepuluh November.

Salsabila Sinta Meylia, Rahmadi Eko, Fadly Romi. 2021. “Analisis Pergeseran Dan Regangan Wilayah Lampung Berdasarkan Data Pengamatan GPS Episodik Tahun 2018-2019”. *Datum Journal of Geodesy and Geomatics*.

Saputra Renaud. 2017. “Analisis Deformasi Di Wilayah Jawa Timur Dengan Menggunakan CORS BIG”. *Jurnal Geodesi Undip*.

Saputra Rizky, Awaluddin Moehammad, Fauzi Janu Amarrohman. 2015. “Perhitungan *Velocity Rate* CORS GNSS di Wilayah Pantai Utara Jawa Tengah”. *Jurnal Geodesi Undip*.

Sheilla Annisa, Uzzahra. 2023. “Kajian Deformasi Sesar Sumatra Segmen Komering Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2020-2022”. Skripsi: Universitas Lampung

Sudarsono, Bambang, Awaluddin, M. 2017. “Analisis Deformasi Seismik Sesar Matano Menggunakan Gnss Dan Interferometrik Sar”. *Jurnal Geodesi Undip*.

Ulinnuha, H., N. Widjajanti, Yulaikhah, P. B. Santosa, dan S. T. Novianti. 2021. Evaluasi Pergerakan Titik Kontrol Pemantauan Waduk Sermo Untuk Mendukung Mitigasi Multidisaster. FIT ISI 2020 “*SMART SURVEYORS IN THE NEW NORMAL ERA*”. 1. 2021. 158–165

USGS Earthquake. <https://earthquake.USGS.gov/>.

Wananda, Bintang Rahmat. 2016. Studi Deformasi Dan Aktivitas Sesar Baribis Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2007-2016. *Indonesian Journal of Geospatial*, Institut Teknologi Bandung

Yuwono, B. D., M. Awaluddin, dan W. Hapsari. 2017. Analisis Kecepatan Pergerakan Station GNSS CORS UNDIP. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 23(1):27

Zaenudin, A., Muhammad, S., dan Suharno. 2013. Pemodelan Sintetik Gradien Gayabarat Untuk Identifikasi Sesar. *Seminar Nasional Sains & Teknologi*