

**MONITORING DEFORMASI PULAU PAGAI UTARA DAN  
SELATAN MENGGUNAKAN DATA GPS GEODETIK**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar*

*Sarjana Sains*



**Oleh:**

**TESA KURNIA**

**NIM. 17034031/2017**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

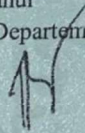
## PERSETUJUAN SKRIPSI

### *MONITORING DEFORMASI PULAU PAGAI UTARA DAN SELATAN MENGGUNAKAN DATA GPS GEODETIK*

Nama : Tesa Kurnia  
NIM : 17034031  
Program Studi : Fisika (NK)  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Aiam

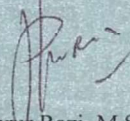
Padang, 23 Agustus 2022

Mengetahui  
Kepala Departemen Fisika



Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si  
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:  
Pembimbing



Pakhrur Razi, M.Si., Ph.D  
NIP.197908122006041003

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

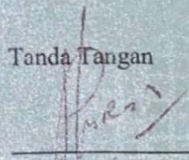
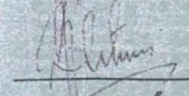
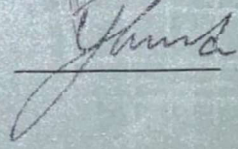
Nama : Tesa Kurnia  
NIM : 17034031  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### MONITORING DEFORMASI PULAU PAGAI UTARA DAN SELATAN MENGGUNAKAN DATA GPS GEODETIK

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, 23 Agustus 2022

#### Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si, Ph.D	1. 
2. Anggota	: Drs. Letmi Dwiridal, M.Si	2. 
3. Anggota	: Yohandri, M.Si., Ph.D	3. 

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Tesa Kurnia  
NIM/TM : 17034031/2017  
Program Studi : FISIKA  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul:” Monitoring Deformasi Pulau Pagai Utara dan Selatan menggunakan data GPS Geodetik” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun di masyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,



Tesa Kurnia  
NIM. 17034031

# MONITORING DEFORMASI PULAU PAGAI UTARA DAN SELATAN MENGUNAKAN DATA GPS GEODETIK

**Tesa Kurnia**

## ABSTRAK

Daerah barat Pulau Sumatera khususnya Pulau Pagai Utara dan Selatan merupakan daerah yang rawan terhadap bencana alam. Hal ini dikarenakan daerah tersebut terletak pada pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Namun informasi mengenai besar dan arah deformasi masih belum dipetakan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui estimasi perubahan kecepatan pergeseran dan arah deformasi perbulan di Pulau Pagai Utara dan Selatan pada Tahun 2019.

Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran deformasi di area Pulau Pagai Utara dan Selatan menggunakan data GPS Geodetik Jaringan SuGAR (*Sumatran GPS Array*) dan IGS (*International GNSS Service*) yang diolah menggunakan *software* GAMIT/GLOBK 10.71. Pengamatan dilakukan selama 1 tahun dari DoY (*Day of Year*) 001-365 dengan mengamati 4 stasiun SuGAR (SMGY, SLBU, BSAT, dan PRKB) dan 16 stasiun IGS.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kecepatan deformasi dari setiap bulan dari rentang 0,018-1,676 cm/bulan dengan arah yang bervariasi dan mengalami deformasi sebesar 24,8 mm di stasiun SMGY dan 10 mm di stasiun SLBU disebabkan aktivitas gempa dangkal 02 Februari 2019 di Kepulauan Mentawai. Dari penelitian ini diharapkan nantinya bisa menjadi acuan untuk mitigasi bencana di wilayah Pulau Pagai Utara dan Selatan.

Kata Kunci: Deformasi, SuGAR, GPS Geodetik, GAMIT/GLOBK.

# **MONITORING OF NORTH AND SOUTH PAGAI ISLAND DEFORMATION USING GEODETIC GPS DATA**

**Tesa Kurnia**

## **ABSTRACT**

The western area of Sumatra Island, especially North and South Pagai Island, is an area that is prone to natural disasters. This is because the area is located at the confluence of the Indo-Australian plate and the Eurasian plate. However, information regarding the magnitude and direction of deformation has not yet been mapped. The purpose of this study is to determine the estimated monthly changes in the shift speed and direction of deformation in North and South Pagai Islands in 2019.

In this study, deformation measurements were carried out in the area of North and South Pagai Island using Geodetic GPS data from the SuGAR Network (Sumatran GPS Array) and IGS (International GNSS Service) which were processed using GAMIT/GLOBK 10.71 software. Observations were made for 1 year from DoY (Day of Year) 001-365 by observing 4 SuGAR stations (SMGY, SLBU, BSAT, and PRKB) and 16 IGS stations.

Based on the results of the study, it was found that the speed of deformation every month ranged from 0.018-1,676 cm/month in various directions and experienced a deformation of 24.8 mm at the SMGY station and 10 mm at the SLBU station due to shallow earthquake activity on February 2, 2019 in the Mentawai Islands. From this research, it is hoped that later it can be a reference for disaster mitigation in the North and South Pagai Islands.

**Keywords:** Deformation, SuGAR, Geodetic GPS, GAMIT/GLOBK.

## KATA PENGANTAR

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Monitoring Deformasi Pulau Pagai Utara dan Selatan Menggunakan Data GPS Geodetik**”. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam penyelesaian skripsi ini penulis mendapat bimbingan, arahan, dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ayahanda dan Ibunda yang tak hentinya memberikan nasehat, motivasi dan do'a.
2. Bapak Pakhrur Razi, S.Pd, M.Si, PhD, Sebagai pembimbing skripsi atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas memberikan motivasi, bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Deasy Arisa, Ph.D, selaku Staf Ahli BRIN yang telah membantu penulis baik dalam melakukan penelitian baik dalam pengolahan dan penulisan laporan.
4. Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si, dan Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D, sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan pandangan kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si, selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D, sebagai Ketua Prodi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
7. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

8. Staf administrasi dan Laboran Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
9. Adik-adik tersayang Tesi kurnia, S.Pd. , Fizia Yurian dan Fetiami Dwi Kurnia yang telah memberikan dukungan, dorongan, motivasi, serta do'a.
10. Winda dwiyanti dan Reno Fadilah, teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
11. Azlan Azilla Bahar, Hendrawan Koto, Fadilla Monica dan Vira Friska, selaku teman Penulis yang banyak membantu.
12. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Fisika khususnya Fisika 2017.
13. Semua pihak yang telah membantu memberikan bantuan moril maupun materil yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semoga Allah SWT membalas semua kebaikannya, Aamiin.

Semoga bimbingan, arahan, dan bantuan Bapak dan Ibu serta rekan-rekan menjadi amal kebaikan dan memperoleh balasan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan karya ilmiah yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Padang, Agustus 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Pembatasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	6
A. Tektonik Lempeng .....	6
B. Deformasi .....	8
C. GPS ( <i>Global Positioning System</i> ) .....	10
D. GAMIT/GLOBK.....	15
E. Penelitian-Penelitian Relevan.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	19
A. Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	19
B. Jenis Penelitian .....	19
C. Alat Penelitian .....	20
D. Variabel Penelitian .....	20
E. Prosedur Penelitian.....	21
F. Data Penelitian .....	22
G. Teknik Pengolahan Data .....	25
H. Teknik Interpretasi Data.....	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	31
A. Hasil.....	31
B. Pembahasan .....	54
BAB V PENUTUP.....	58
A. Kesimpulan.....	58
B. Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	59
LAMPIRAN.....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jalur Lempeng Tektonik di Indonesia (BMKG Wilayah III).....	6
Gambar 2. Lapisan Bumi (BMKG Wilayah III) .....	7
Gambar 3. Segmen Penentuan posisi GPS (Abidin, 2007).....	11
Gambar 4. Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS .....	13
Gambar 5. Metode penentuan posisi absolut (Abidin, 2007).....	14
Gambar 6. Prosedur Penelitian.....	22
Gambar 7. Direktori Kerja .....	23
Gambar 8. Posisi Stasiun SuGAR yang berada di Sumatera Barat.....	25
Gambar 9. Penyebaran Stasiun IGS di Dunia ( <a href="https://www.igs.org/network">https://www.igs.org/network</a> ) .....	26
Gambar 10. Penyebaran Stasiun SuGAR di Daerah Penelitian .....	31
Gambar 11. Penyebaran Stasiun IGS .....	32
Gambar 12. Nilai fract hasil pengolahan GAMIT .....	34
Gambar 13. Grafik Nilai Narrow Lane (NL) .....	35
Gambar 14. Grafik Nilai Wide Lane (WL).....	36
Gambar 15. Grafik Nilai Postfit nrms.....	36
Gambar 16. Time Series Stasiun SMGY Tahun 2019 .....	38
Gambar 17. Time Series Stasiun SLBU tahun 2019.....	39
Gambar 18. Time Series Stasiun BSAT Tahun 2019 .....	40
Gambar 19. Time Series Stasiun PRKB Tahun 2019 .....	41
Gambar 20. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Januari .....	42
Gambar 21. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Februari .....	43
Gambar 22. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Maret .....	44
Gambar 23. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan April .....	45
Gambar 24. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Mei .....	46
Gambar 25. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Juni .....	47
Gambar 26. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Juli .....	48
Gambar 27. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Agustus.....	49
Gambar 28. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan September.....	50
Gambar 29. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Oktober.....	51
Gambar 30. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan November.....	52
Gambar 31. Arah Kecepatan Pergeseran Bulan Desember.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Waktu Pelaksanaan Penelitian .....	19
Tabel 2. Lokasi Stasiun SuGAR.....	24
Tabel 3. Stasiun SuGAR yang Digunakan .....	26
Tabel 4. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Januari.....	43
Tabel 5. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Februari .....	44
Tabel 6. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Maret .....	45
Tabel 7. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan April .....	46
Tabel 8. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Mei .....	47
Tabel 9. Besar Pergeseran Bulan Juni.....	48
Tabel 10. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Juli.....	49
Tabel 11. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Agustus .....	50
Tabel 12. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan September .....	51
Tabel 13. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Oktober .....	52
Tabel 14. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan November.....	53
Tabel 15. Besar Kecepatan Pergeseran Bulan Desember .....	54

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Site defaults dalam GAMIT .....	62
Lampiran 2. Nilai Pergeseran stasiun SMGY .....	65
Lampiran 3. Nilai Pergeseran Stasiun SLBU.....	80
Lampiran 4. Nilai Pergeseran Stasiun BSAT.....	94
Lampiran 5. Nilai Pergeseran Stasiun PRKB .....	100
Lampiran 6. Nilai NL,WL,Postfit nrms .....	102
Lampiran 7. Daftar Lokasi Stasiun IGS .....	110
Lampiran 8. Gempa Mentawai 02 Februari 2019 .....	111
Lampiran 9. Script Pemetaan Menggunakan GMT .....	112
Lampiran 10. Besar Pergeseran Setiap Bulan .....	114

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Wilayah di sebelah barat pulau Sumatera khususnya Pulau Pagai merupakan daerah yang rawan terhadap bencana alam. Hal ini dikarenakan daerah tersebut terletak pada pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Daerah pertemuan kedua lempeng ini dikenal dengan daerah subduksi (Razi, 2010). Hal ini menyebabkan daerah tersebut menyimpan energi yang dilepaskan dalam bentuk gempa bumi (Ardiansyah, 2014). Secara historis, sejumlah gempa bumi besar telah terjadi dalam beberapa abad terakhir di sepanjang zona subduksi Sumatera; gempa 8.9  $M_w$  pada tahun 1833 di dekat segmen Siberut, dan gempa 8.3  $M_w$ -8.7  $M_w$  pada tahun 1797, keduanya terjadi di bagian selatan zona subduksi Sumatera (Scholl et al., 2015). Baru-baru ini, zona subduksi ini juga telah melepaskan energinya yang menghasilkan beberapa gempa bumi besar; gempa bumi Nias-Simeulue 8.7  $M_w$  pada tahun 2005 dan gempa bumi Sumatra-Andaman 9.2  $M_w$  pada tahun 2004 yang diikuti oleh tsunami yang dahsyat.

Gempa bumi merupakan peristiwa terjadinya guncangan yang disebabkan oleh gangguan di dalam kulit bumi (litosfer). Selain itu gempa bumi juga disebabkan oleh adanya pelepasan energi yang dihasilkan dari pergerakan lempeng yang bergerak. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Pelepasan akumulasi energi tersebut terjadi dalam kurun waktu yang sangat lama yang menyebabkan terjadinya deformasi dikerak bumi. Proses terjadinya deformasi dikerak bumi disebabkan adanya

pergerakan lempeng-lempeng tektonik disekitarnya, hal ini yang menyebabkan lempeng tersebut mengalami gerakan saling mendekat (*Convergent*), saling menjauh (*Divergent*), dan gerak lempeng bergesekan secara horizontal (*Transform*).

Deformasi merupakan perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda. Analisis deformasi pada tahapan gempabumi merupakan salah satu upaya untuk pemantauan potensi dan mitigasi bencana, yaitu dengan memahami karakteristik siklus kegempaan dari suatu segmen. Pemantauan karakteristik deformasi yang terjadi di suatu daerah dengan melihat pola deformasi atau pergerakan yang terjadi di sekitar daerah gempa. Untuk mengetahui fenomena tersebut dilakukan pendekatan geodesi yaitu dengan menggunakan instrumen geodetik satelit GNSS (*Global Navigation Systems*) yang umumnya dikenal sebagai GPS (*Global Positioning System*).

GPS merupakan sistem satelit navigasi sebagai penentuan posisi sekaligus memberikan vektor pergerakan sesar dalam arah horizontal dan juga vektor deformasi arah vertikal. Berdasarkan dari pergerakan GPS dapat dilihat pergerakan sesar di daerah sekitar gempa yang mengalami deformasi (Abidin, 2009). Hal ini yang mendasari untuk dilakukan penelitian atau kajian terhadap pergerakan tanah yang mengalami deformasi akibat gempabumi. Pada metode ini, dipilih beberapa stasiun GPS secara periodik ditentukan koordinatnya secara teliti dengan menggunakan stasiun GPS. Dengan mempelajari kecepatan dan pola titik-titik koordinat dan arah vektor deformasi dari beberapa stasiun, serta dapat diestimasi pola deformasi yang terjadi untuk pemodelan potensi gempabumi selanjutnya.

Survei geodetik menurut (Sajagat et al, 2016) semakin dapat diandalkan untuk pengamatan dan analisis deformasi pada peristiwa gempabumi. Data dan metode yang dilakukan untuk analisis deformasi yaitu beragam, diantaranya yaitu menggunakan *Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR)* dan *Global Positioning System (GPS)*. Arisa (2021) menyatakan bahwa teknik pengukuran menggunakan GPS cenderung lebih praktis, dan memiliki akurasi yang tinggi. Hal ini didukung dengan pernyataan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa survei GPS memiliki tingkat akurasi 5-10 mm (Arifin, 2019). Selain itu GPS juga dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa bergantung pada waktu baik itu siang, malam dan kondisi cuaca. Pujiastuti (2020) telah melakukan penelitian tentang pengukuran GPS untuk menganalisis deformasi di segmen Mentawai pada fase *preseismic* gempa Februari 2008. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan adanya arah deformasi *preseismic* sebelum terjadinya gempa searah dengan laju deformasi akibat subduksi lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia dari arah utara ke timur. Akibatnya, terjadi pemusatan energi selama fase *preseismic* pada daerah episenter gempa seperti di Pulau Sipora dan Pagai. Penelitian tersebut hanya memperlihatkan deformasi sebelum terjadinya gempabumi atau di fase *preseismic* saja. Arisa (2021) juga telah melakukan penelitian di gempa Padang pada tahun 2009 dengan hasil sebagian stasiun di Mentawai mengalami deformasi ke arah barat daya, bervariasi dari 8-50 mm.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini dilakukan dengan pendekatan geodesi. Data yang digunakan yaitu dengan pengukuran koordinat harian GPS geodetik dari empat stasiun SuGAR (*Sumatran*



*GPS Array*) yang tersebar di sepanjang Pulau Pagai Utara dan Selatan yang akan diolah dengan menggunakan *software* GAMIT/GLOBK. Kemudian data tersebut digunakan untuk melihat kecepatan dan arah deformasi perbulan di Pulau Pagai Utara dan Selatan pada tahun 2019. Dari penelitian ini diharapkan nantinya bisa menjadi acuan untuk mitigasi bencana wilayah Pulau Pagai Utara dan Selatan.

### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu melihat vektor pergeseran deformasi yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng tektonik sebagai indikator zona yang berpotensi gempa bumi di Pulau Pagai Utara dan Selatan.

### **C. Pembatasan Masalah**

Mengingat keterbatasan penulis dan luasnya permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini, maka batasan masalah yang akan dibahas ditetapkan sebagai berikut:

1. Wilayah yang akan dipetakan yaitu wilayah Pulau Pagai Utara dan Selatan.
2. Data yang digunakan adalah data pengamatan stasiun SuGar (*Sumatran GPS Array*) pada tahun 2019.
3. Stasiun yang diamati pada penelitian ini yaitu SMGY, SLBU, PRKB, dan BSAT.
4. Pengolahan data GPS menggunakan *software* GAMIT/GLOBK.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu berapa besar kecepatan pergeseran vektor deformasi di wilayah Pulau Pagai Utara dan Selatan dengan menggunakan data GPS tahun 2019?

### **E. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah dan latar belakang, maka tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui estimasi perubahan kecepatan pergeseran dan arah deformasi perbulan pada tahun 2019 di Wilayah Pulau Pagai Utara dan Selatan menggunakan data GPS.

### **F. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan judul penelitian, terdapat beberapa kontribusi atau manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Penulis, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika.
2. Pemerintah dan masyarakat, sebagai informasi bagi pemerintah dan masyarakat tentang bahaya bencana geologis yang dapat terjadi di Pulau Pagai Utara dan Selatan.
3. Peneliti lain, sebagai referensi bagi peneliti lain untuk pengembangan penelitian selanjutnya.