

Identifikasi Deformasi Pulau Bali Berdasarkan Rekaman Data GPS, Menggunakan *Software* GAMIT/GLOBK 10.6

Identification of Bali Island Deformation Based on Recorded GPS Data, Using GAMIT/GLOBK Software 10.6

K.N. Suarbawa¹, I Ketut Sukarasa¹, Elvin Riyono¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: *suarbawa@unud.ac.id, iketutsukarasa@unud.ac.id, elvinriyo@gmail.com

Abstrak - Telah dilakukan penelitian aktivitas tektonik Pulau Bali yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan arah pergerakan deformasi pulau Bali. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data hasil pencatatan GPS lokal di sebelas titik pengamatan di Pulau Bali. Pengolahan data dilakukan menggunakan SOFTWARE GAMIT/GLOBK 10.6 dan beberapa software pendukung seperti *teqc* untuk menguji kualitas data perekaman GPS dan GMT untuk memplot data hasil pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi pergeseran titik pengamatan yang mengindikasikan adanya aktivitas tektonik di Pulau Bali. Pola pergeseran titik menunjukkan terjadinya pergeseran yang cenderung ke arah timur hingga tenggara. Pola deformasi tersebut diperkirakan terjadi akibat aktivitas lempeng tektonik yang berada di bagian timur dan selatan pulau Bali.

Kata kunci: GPS, deformasi, aktivitas tektonik, Pulau Bali, GAMIT/GLOBK.

Abstract - Research on the tectonic activity of the island of Bali has been carried out which aims to identify and determine the direction of the deformation movement of the island of Bali. The research was conducted using local GPS data recorded at eleven observation points on the island of Bali. Data processing was carried out using GAMIT / GLOBK 10.6 SOFTWARE and several supporting software such as *teqc* to test the quality of GPS and GMT recording data to plot the processed data. The results showed that there was a shift in the observation point which indicates tectonic activity on the island of Bali. The point shift pattern shows a shift that tends to be east to southeast. The deformation pattern is thought to have occurred due to tectonic plate activity in the eastern and southern parts of the island of Bali.

Key words: GPS, deformation, tectonic activity, Bali Island, GAMIT/GLOBK.

1. Pendahuluan

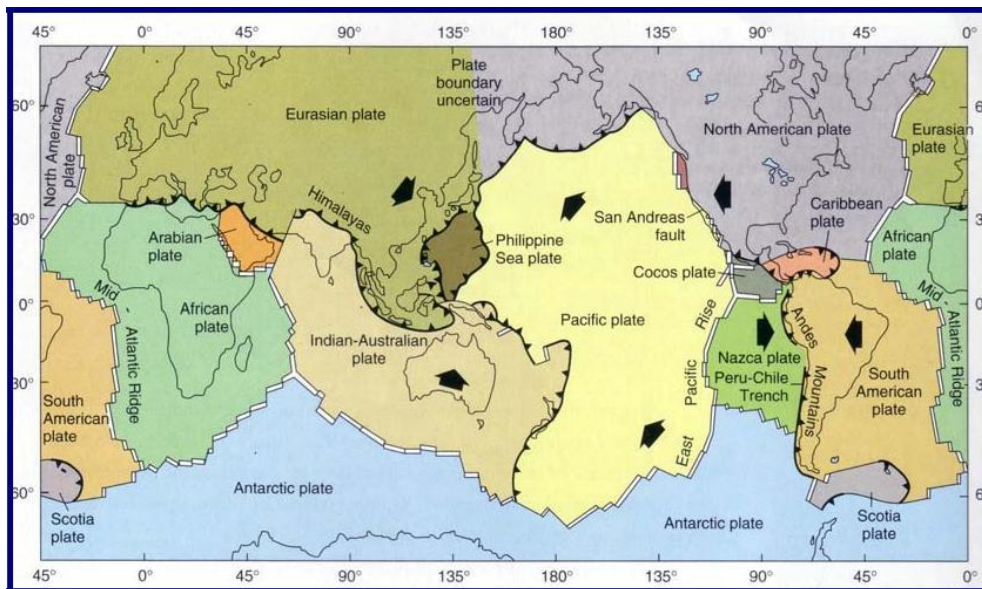
Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada di kawasan rawan bencana. Ini disebabkan karena Indonesia terletak di antara tiga pertemuan lempeng aktif dunia, yaitu lempeng Indo-Australia yang cenderung bergerak ke utara, lempeng Eurasia yang bergerak ke selatan, dan lempeng Pasifik yang bergerak dari timur ke barat. Akibat dari pertemuan ketiga lempeng tersebut menyebabkan terjadinya penekanan pada lapisan bawah bumi yang mengakibatkan wilayah negara kepulauan Indonesia memiliki morfologi yang bergunung-gunung dan relief yang relatif kasar [1].

Pulau Bali merupakan bagian dari busur kepulauan Sunda Kecil yang terbentuk sebagai akibat proses subduksi lempeng Indo-Australia ke bawah lempeng Eurasia. Proses subduksi ini tidak hanya menimbulkan aktivitas tektonik tetapi juga aktivitas vulkanik Gunungapi. Serupa dengan busur kepulauan lainnya, busur Sunda Kecil ditandai oleh bidang pusat gempa yang menukik yang dikenal sebagai Zona Benioff-Wadati [2]. Daerah Bali dan sekitarnya merupakan salah satu kawasan dengan tingkat aktivitas kegempaan yang tinggi di Indonesia. Subduksi lempeng Eurasia dengan kecepatan 7 cm per tahun [3], telah menghasilkan efek berupa struktur geologi sesar aktif di daerah Bali dan sekitarnya sehingga dapat menyebabkan perubahan bentuk dari daerah ini. Untuk mengetahui perubahan bentuk yang terjadi dapat dilakukan dengan beberapa metode. Salah satu metode pemantauan deformasi adalah dengan pengamatan rekaman GPS. Pemantauan dilakukan untuk mengamati perubahan secara horizontal maupun vertikal yang mungkin terjadi, bahkan dalam hitungan cm hingga mm.

2. Landasan Teori

2.1 Lempeng Tektonik

Lempeng Tektonik adalah struktur dan bentuk bumi khususnya susunan batuan yang membentuk benua, pulau ataupun gunung. Pulau atau benua pada dasarnya ditopang oleh sebuah plat atau landasan yang kuat ke dasar bumi yang sebagian besar tertutup oleh lautan [4]. Sudah sejak lama para ahli geologi meyakini bahwa benua-benua yang ada di muka bumi ini sebenarnya tidaklah tetap di tempatnya, akan tetapi secara perlahan benua-benua tersebut bergerak di sepanjang permukaan bumi, yang terletak diantara beberapa lempeng seperti pada Gambar 1. Terpisahnya bagian daratan dari daratan asalnya dapat membentuk suatu lautan yang baru dan dapat juga berakibat pada terjadinya proses daur ulang lantai samudra kedalam interior bumi. Sifat mobilitas dari kerak bumi diketahui dengan adanya gempa bumi, aktifitas gunung api dan pembentukan pegunungan (*orogenesis*). Berdasarkan ilmu pengetahuan geologi, teori yang menjelaskan mengenai bumi yang dinamis dikenal dengan Lempeng Tektonik [5].



Gambar 1. Sebaran lempeng tektonik dunia [1].

Teori lempeng tektonik adalah suatu teori yang menjelaskan mengenai sifat-sifat bumi yang dinamis, disebabkan oleh gaya yang berasal dari dalam bumi. Dalam teori tektonik lempeng, dinyatakan bahwa pada dasarnya kerak-bumi (*litosfer*) terbagi dalam 13 lempeng besar dan kecil.

2.2 Sesar/Patahan

Sesar merupakan retakan pada batuan yang telah mengalami pergeseran. Apabila retakan batuan belum bergerak atau bergeser dinamakan kekar (*joint*). Sesar dapat berupa retakan tunggal, membentuk lajur atau zona sesar (*fault zone*) yang terdiri dari sekumpulan retakan.

2.3 Tektonik Setting Pulau Bali

Pulau Bali merupakan bagian dari busur kepulauan Sunda Kecil yang terbentuk sebagai akibat proses subduksi lempeng Indo-Australia kebawah lempeng Eurasia. Pulau Bali memiliki tatanan tektonik yang unik serta memiliki cekungan yang berada di bagian utara Pulau Bali. Cekungan ini terjadi akibat adanya struktur geologi sesar naik belakang busur. Tatanan tektonik Pulau Bali dikatakan unik karena diapit oleh dua sumber gempa, yaitu sesar naik belakang busur di bagian utara dan subduksi lempeng Indo-Australia di selatan [2].

2.4 Gempabumi

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang seismik sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Gempa bumi mempunyai sifat berulang, dalam arti bahwa suatu gempa bumi di suatu daerah akan terjadi

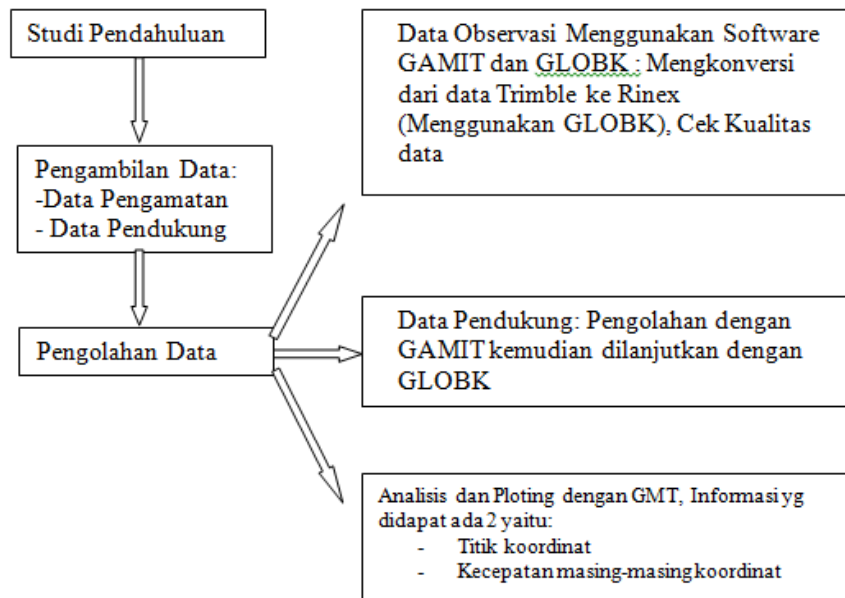
lagi di masa yang akan datang dalam periode waktu tertentu (biasanya ratusan tahun). Istilah perulangan gempa bumi ini dinamakan *earthquake cycle*.

2.5 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu materi atau perubahan kedudukan. Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi [6].

3. Metode Penelitian

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Bagan alir penelitian.

Dari bagan alir di atas dapat dijelaskan bahwa sebelum melakukan penelitian ini terlebih dahulu dilakukan studi pendahuluan tentang deformasi, kemudian dilanjutkan dengan pengambilan data pengamatan maupun data pendukung berupa data perubahan posisi dari titik-titik pengamatan yang sudah ditentukan dengan menggunakan GPS. Setelah mendapatkan data pengamatan perubahan posisi dari masing-masing titik pengamatan dilanjutkan pengolahan dengan menggunakan GAMIT dan GLOBK, kemudian hasil pengolahan dianalisa dan dilakukan plotting dengan menggunakan GMT.

3.1 Hasil Pengolahan GAMIT

Data pengamatan dari GPS diolah dengan menggunakan *software* GAMIT, dari pengolahan ini menghasilkan file baru. Data yang digunakan untuk mengetahui informasi penting dan proses pengolahan selanjutnya adalah berupa file *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary*. Semua file tersebut berada dalam *folder DOY*. Dimana *h-files* merupakan file yang memuat nilai *adjustment* dan matriks varian-kovarian yang digunakan sebagai input dalam pengolahan GLOBK. *H-files* hasil pengolahan GAMIT.

3.2 Hasil Pengolahan GLOBK

Pada pengolahan GLOBK akan menghasilkan file dengan ekstensi **org*, **prt*, **res* dan **psbase*. Koordinat dari setiap titik pengamatan dapat dilihat pada file **org* maupun **prt*. Nilai koordinat yang diperoleh berupa koordinat geosentris/kartesien (X, Y, Z), maupun koordinat toposentris (N, E, U). Nilai pergeseran deformasi dari tiap titik pengamatan dapat dilihat pada file **res* maupun **psbase* dimana pada file **psbase* tersebut merupakan kurva *daily time series* atau perubahan posisi suatu titik setiap harinya.

Berdasarkan nilai pergeseran deformasi dari tiap titik pengamatan didapatkan besar kecepatan deformasi Pulau Bali. Proses pengolahan terakhir dalam penelitian ini adalah proses *plotting* data hasil pengolahan dengan GMT.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil pengolahan data

Tabel 1 memperlihatkan nilai koordinat berupa koordinat geosentris/kartesian (X, Y, Z) hasil pengolahan GLOBK. Sementara koordinat toposentris (N, E, U) dan besar kecepatan deformasi Pulau Bali ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Tabel koordinat titik pengamatan dalam koordinat kartesian.

No.	Titik Pengamatan	Koordinat (m)		
		X	Y	Z
1	BMKG	-2682275,38149	5705595,79853	-962633,28972
2	BNJR	-2664664,52574	5723571,22572	-903426,77375
3	BTUR	-2704528,16331	5704782,44630	-913027,03604
4	JMBR	-2631041,42012	5736246,58293	-921200,22312
5	KASM	-2727926,11247	5690883,70571	-921751,90938
6	KTMN	-2696504,56692	5710054,89759	-903066,77044
7	NSDA	-2681477,45869	5704450,34433	-972291,52194
8	PMTR	-2630655,15808	5740078,15352	-898519,01660
9	SKDN	-2714587,72567	5700404,63425	-901189,26094
10	SSUT	-2701953,86018	5704076,87756	-921556,49861
11	TGLG	-2694593,04217	5705956,23683	-928604,57515

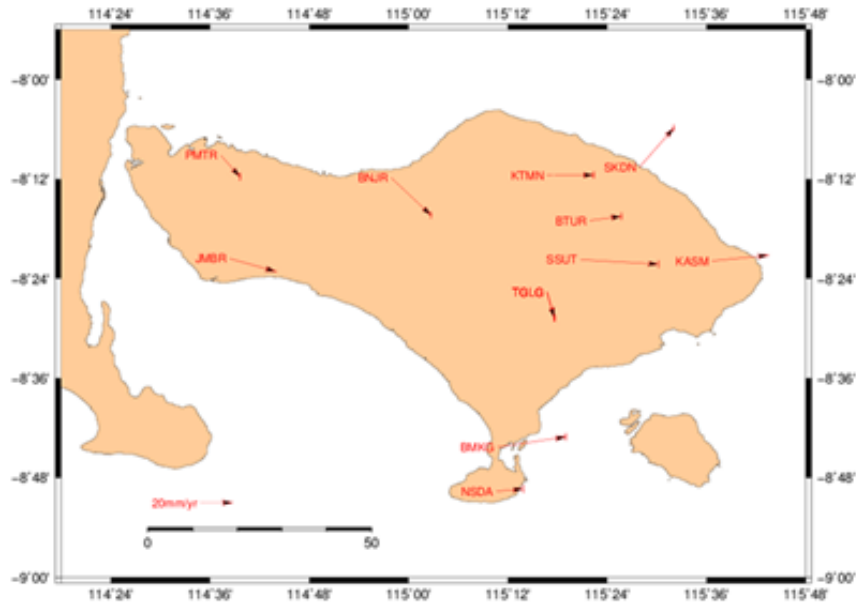
Tabel 2. Tabel kecepatan deformasi di setiap titik.

No.	Titik Pengamatan	Koordinat		Kecepatan (mm/th)	
		Longitude (E)	Latitude (N)	v_e	v_n
1	BMKG	115,1788324168	-8,7388559464	42,01	6,38
2	BNJR	114,9647926923	-8,1976235615	24,39	-22,99
3	BTUR	115,3647346117	-8,2835922162	19,51	2,59
4	JMBR	114,6394805323	-8,3600344742	28,37	-7,91
5	KASM	115,6107379892	-8,3648826369	34,58	3,52
6	KTMN	115,2784586293	-8,1927529529	28,71	0,19
7	NSDA	115,1766982993	-8,8270558432	16,55	1,39
8	PMTR	114,6217995389	-8,1527691878	11,70	-13,01
9	SKDN	115,4642408144	-8,1772014908	21,25	24,23
10	SSUT	115,3463622338	-8,3621648416	47,84	-2,80
11	TGLG	115,2786558295	-8,4271136783	4,57	-15,97

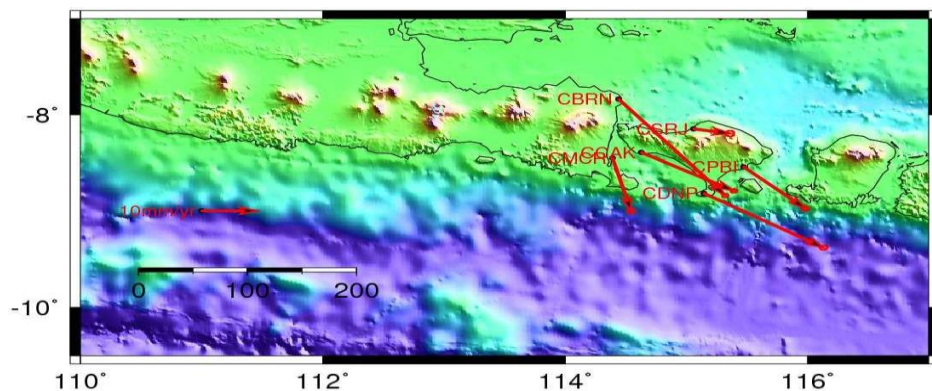
Berdasarkan koordinat-koordinat data yang digabungkan dari masing-masing periode pengamatan serta kecepatan pergerakan masing-masing titik maka diperoleh hasil sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3. Pada gambar diperlihatkan arah pergerakan tanah sesuai dengan arah panah di masing-masing titik pengamatan.

4.2 Pembahasan

Gambar 3 menunjukkan bahwa selama periode April-Oktober 2017 Pulau Bali mengalami pergerakan yang didominasi menuju arah timur hingga tenggara, walaupun titik pengamatan SKDN nampak pergerakan menuju arah timur laut. Jika dibandingkan hasil penelitian periode Maret-Oktober 2017 dengan penelitian Andriani dkk (2012) tampak adanya persamaan. Dalam penelitian selat Bali yang dilakukan Andriani menunjukkan pergerakan daerah di sekitar selat Bali mengalami pergerakan yang didominasi kearah timur hingga tenggara. Berdasarkan *historical* data tersebut menunjukkan bahwa Pulau Bali memiliki kecenderungan terdefomasi menuju ke timur hingga tenggara (Gambar 4).

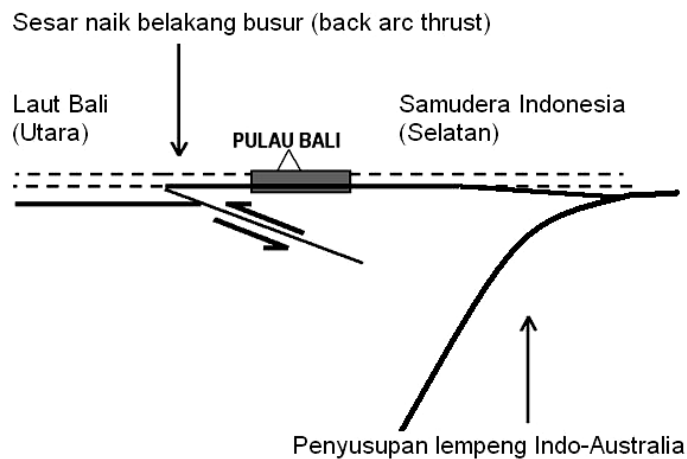


Gambar 3. Peta deformasi Pulau Bali periode April-Oktober 2017.



Gambar 4. Peta penelitian Selat Bali [6].

Terjadinya deformasi pada Pulau Bali menunjukkan bahwa kerak bumi yang kaku tidaklah diam namun mengalami pergerakan yang dinamis. Gerakan tersebut dapat terjadi disebabkan oleh berbagai faktor. Salah satu faktor penyebab pergerakan Pulau Bali yang relatif ke arah timur hingga tenggara tersebut diduga disebabkan oleh struktur tatanan tektonik Pulau Bali.



Gambar 5. Tectonic Setting Pulau Bali [2].

Jika ditinjau berdasarkan struktur tatanan tektonik Pulau Bali (*Tectonic Setting*) seperti yang ditunjukkan Gambar 5, Pulau Bali diapit oleh dua sumber gempa bumi aktif, yaitu sesar naik belakang busur di bagian utara dan subduksi lempeng Indo-Australia di selatan. Sesar naik belakang busur yang merupakan perpanjangan dari sesar Flores (*Flores back arc thrust*) tersebut merupakan sesar dengan tipe *trust fault*/patahan naik. Berdasarkan arah pergerakannya, sesar jenis ini akan menyebabkan salah satu blok akan mengalami pergerakan naik yang disebabkan oleh gaya tension pada kedua blok tersebut.

Bagian selatan Pulau Bali merupakan Samudra Hindia dimana pada bagian tersebut terdapat subduksi lempeng tektonik Indo-Australia. Subduksi lempeng tektonik merupakan tumbukan antar lempeng dimana salah satu lempeng menyusup ke dalam perut bumi sedangkan lempeng lainnya terangkat ke permukaan. Proses subduksi lempeng tektonik berpengaruh pada Bergeraknya suatu lapisan menuju titik subduksi. Sehingga Pulau Bali akan tertarik dan bergerak menuju titik subduksi yang berada di bagian selatan. Dengan terangkatnya Pulau Bali pada bagian utara serta adanya tarikan menuju titik subduksi inilah diduga menjadi penyebab pergerakan Pulau Bali didominasi pergerakan menuju arah zona subduksi yang tersebar di sepanjang Samudra Hindia.

5. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemantauan deformasi Pulau Bali dapat dilakukan dengan metode *survey* GPS dan pengolahan datanya menggunakan *software* ilmiah GAMIT/GLOBK 10.6. Hasil *survey* GPS menunjukkan bahwa titik-titik pengamatan mengalami pergeseran atau terdeformasi yang didominasi menuju arah timur hingga tenggara.

Pustaka

- [1] Hermon D., *Geografi Bencana Alam*, Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2015, hal 2-5.
- [2] Daryono, *Identifikasi Sesar Naik Belakang Busur (Back Arc Thrust) Daerah Bali Berdasarkan Seismisitas dan Solusi Bidang Sesar*, Artikel Kebumihan, Badan Meteorologi dan Geofisika, 2011, hal 1-4.
- [3] DeMets C., R.G. Gordon, D.F. Argus and S. Stein, *Effect of Recent to The Geomagnetism Reversal Time Scale on Estimates of Current Plate Motions*, Revisions Geophysical Research Letter, Vol. 21, 1994, pages 2191-2194.
- [4] Tektonik, <https://www.geocaching.com/geocache/>, diakses pada tanggal 20 Agustus 2016.
- [5] Noor,D., *Teori Pembentukan Bumi dan Tektonik Lempeng, Pengantar Geologi*, Universitas Pakuan, Bogor, 2009, hal 35-36.
- [6] Andriyani, Gina, *Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinu 2009 – 2011*, Skripsi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, 2012, hal 1-12.