

REGANGAN TEKTONIK DAN ESTIMASI POTENSI BAHAYA GEMPA DI SELAT SUNDA BERDASARKAN DATA PENGAMATAN GPS

TECTONIC STRAIN AND SEISMIC HAZARD ESTIMATION IN SUNDA STRAIT BASED ON GPS OBSERVATION DATA

Marta Nugraha Hidayat *, Irwan Meilano ** dan Irwan Gumilar **

*Balai Bangunan Hidraulik dan Geoteknik Keairan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum

Jln. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung 40135

**Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian Institut Teknologi Bandung, Labtek IXC, Jl. Ganesa No. 10 Bandung 40132

Pos-el: marta.nugraha@gmail.com

ABSTRACT

Sunda strait has a relatively high seismic activity. The high seismic activity was caused by the seismic zone at that region, including the faults zone. Based on the high seismic activity in the Sunda Strait, it is necessary to do research about the strain that occurred in the Sunda Strait region to determine the tectonic activity in that area and its seismic hazard. To observe the tectonic activity in the Sunda Strait, GPS observations were made periodically with static differential method at the observation points located in the Sunda Strait region. Based on the strain analysis, the southwestern part of the Sunda Strait tend to experience compression and the northeastern part tend to experience extension. Sunda Strait had a relatively high seismic hazard with maximum PGA 0,47 g.

Keywords: Sunda Strait, Tectonic strain, Seismic hazard

ABSTRAK

Selat Sunda memiliki aktivitas seismik yang cukup tinggi. Tingginya aktivitas seismik tersebut disebabkan oleh adanya zona gempa di wilayah tersebut, diantaranya adalah berupa sesar. Maka perlu dilakukan penelitian mengenai regangan yang terjadi di wilayah Selat Sunda untuk mengetahui aktivitas tektonik di daerah tersebut dan potensi bahaya gempanya. Untuk mengamati aktivitas tektonik di Selat Sunda, dilakukan pengamatan GPS secara periodik dengan metode diferensial statik di titik-titik pengamatan yang terdapat di wilayah Selat Sunda. Pola regangan pada bagian barat daya Selat Sunda cenderung mengalami kompresi dan bagian timur laut mengalami ekstensi. Potensi bahaya gempa pada wilayah Selat Sunda cukup tinggi dengan nilai maksimum PGA sebesar 0,47 g.

Kata kunci: Selat Sunda, Regangan tektonik, Potensi bahaya gempa

PENDAHULUAN

Selat Sunda merupakan wilayah yang menghubungkan Pulau Sumatera dengan Pulau Jawa. Wilayah Selat Sunda ini berada pada pertemuan dua lempeng tektonik, yaitu lempeng benua Eurasia dan lempeng samudera Indo-Australia. Akibat dari pertemuan kedua lempeng tersebut

adalah terbentuknya zona subduksi dengan arah dan jenis penunjaman yang berbeda-beda di sekitar Selat Sunda. Di Pulau Sumatera, penunjaman lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia membuat sudut yang agak menyerong dengan kecepatan 5–6 cm/tahun.¹ Akibat dari subduksi tersebut, terjadi patahan di Pulau Sumatera yang

membentang di sepanjang Sumatera. Patahan tersebut dikenal sebagai sesar Sumatera. Sementara di Pulau Jawa, penunjaman yang terjadi relatif tegak lurus.

Adanya pertemuan kedua lempeng tersebut menyebabkan terjadinya akumulasi energi pada zona subduksi sehingga lempeng mengalami tekanan dan regangan. Sampai akhirnya tumbukan kedua lempeng tersebut terkunci dan terjadi pelepasan energi. Peristiwa pelepasan energi inilah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi.

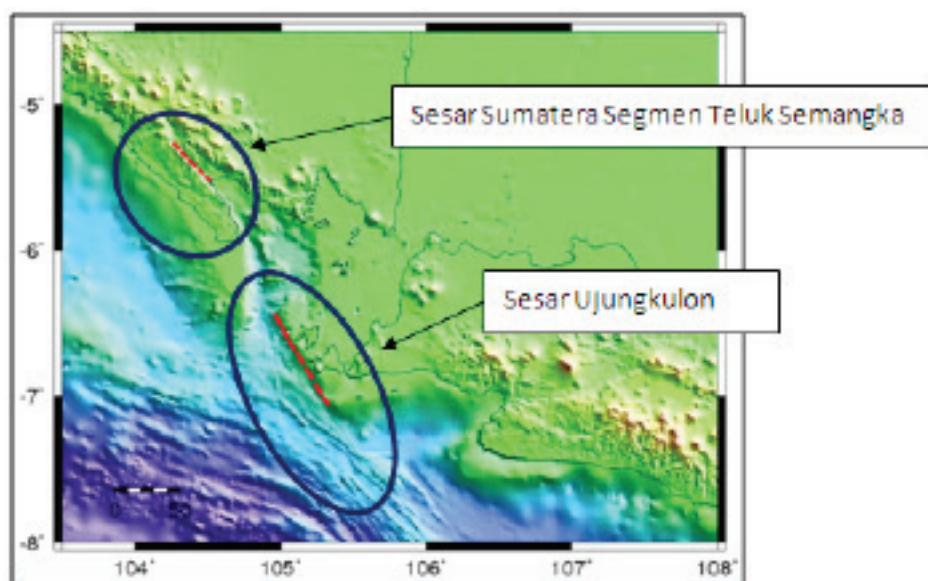
Terdapat beberapa zona sumber gempa di wilayah Selat Sunda, antara lain zona sumber gempa subduksi, yaitu daerah pertemuan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Selain zona subduksi, terdapat zona sumber gempa lain yang berada di wilayah Selat Sunda, antara lain sesar Sumatera segmen Teluk Semangka dan sesar Ujungkulon (Gambar 1).^{2,3}

Beberapa kejadian gempa yang pernah terjadi di daerah sekitar Selat Sunda antara lain: gempa di Sukabumi dengan *magnitude* 5,5 pada tanggal 10 Februari 1982 dengan pusat gempa pada koordinat 6,86° LS 106,94° BT, gempa Liwa tanggal 15 Februari 1994 dengan *magnitude* 6,9 dan pusat gempa berada pada koordinat 4,97° LS 104,3° BT, gempa di Cijeruk dengan *magnitude* 5,4 pada tanggal 12 Juli 2000 dengan pusat gempa berada pada koordinat 6,68° LS 106,85° BT, gempa di Pandeglang dengan *magnitude* 6,8 pada

tanggal 25 Oktober 2000, dan gempa di Garut pada tanggal 2 Februari 2005 dengan *magnitude* 4,8 dengan pusat gempa berada pada koordinat 7,04° LS 107,82° BT.⁴ Beberapa kejadian gempa tersebut menunjukkan bahwa daerah Selat Sunda memiliki aktivitas seismik yang cukup tinggi.

Berdasarkan cukup tingginya aktivitas seismik di Selat Sunda, maka perlu dilakukan penelitian mengenai regangan yang terjadi di wilayah Selat Sunda untuk mengetahui pola regangan di daerah tersebut. Informasi regangan menggambarkan aktivitas tektonik di Selat Sunda, yaitu yang dibahas dalam penelitian ini adalah aktivitas dari sesar. Aktivitas dari sesar tersebut digunakan untuk melakukan analisis mengenai potensi bahaya gempa di Selat Sunda. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melihat tingkat regangan di daerah tersebut adalah dengan pengukuran GPS. GPS merupakan suatu alat berbasis sistem satelit yang dapat mengamati deformasi hingga ketelitian milimeter.⁵

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai vektor pergeseran titik-titik pengamatan di Selat Sunda berdasarkan data pengamatan GPS tahun 2006–2010, menentukan pola regangan di Selat Sunda, menentukan laju geser sesar Sumatera segmen Teluk Semangka dan sesar Ujung kulon, serta menentukan potensi bahaya gempa Selat Sunda.



Gambar 1. Zona sesar di daerah Selat Sunda

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada tahun 2010. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data titik-titik pengamatan GPS yang berada di bagian selatan Sumatera dan bagian barat Jawa. Pengamatan GPS dilakukan secara episodik dengan mengamati secara teliti perubahan koordinat titik-titik yang dipantau dengan selang waktu tertentu pada tahun 2006–2010 menggunakan GPS tipe geodetik dual frekuensi (Topcon dan Trimble). Ilustrasi survei GPS dalam pemantauan deformasi ditampilkan pada Gambar 2.

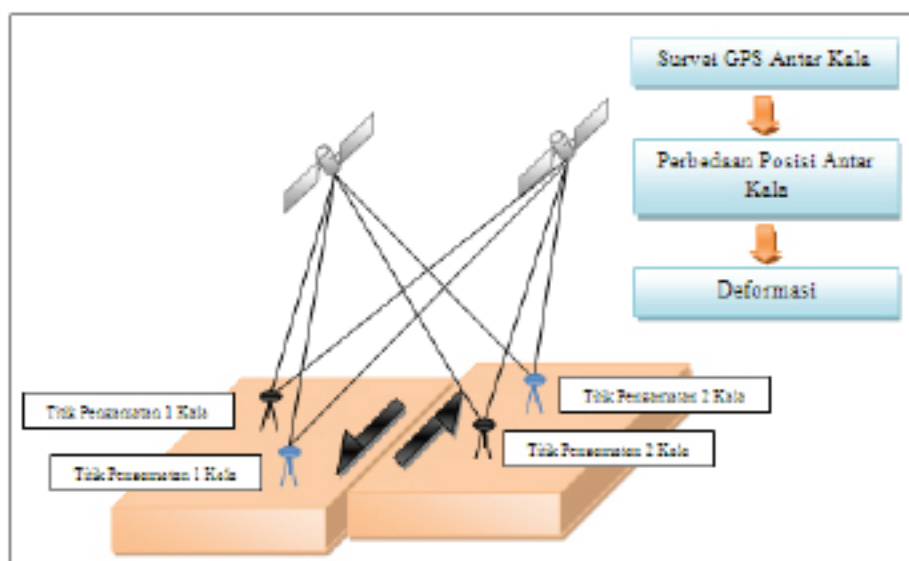
Titik-titik pengamatan GPS di Selat Sunda yang diamati pada penelitian ini adalah titik KNAT, AGNG, PDNG, SEWU, UNLA, 8210, dan BKHN di wilayah Lampung, serta titik PKRA, ELF1, KLN0, CICG, dan KDUA di wilayah Jawa bagian barat (Gambar 3). Data pengamatan GPS tersebut selanjutnya diolah dengan menggunakan perangkat lunak Bernese 5.0.

Perangkat lunak Bernese 5.0 dapat menghasilkan ketelitian posisi yang tinggi karena kemampuannya dalam mengestimasi kesalahan dan bias yang optimal. Kesalahan dan bias yang dapat diestimasi secara optimal menggunakan Bernese 5.0 antara lain:

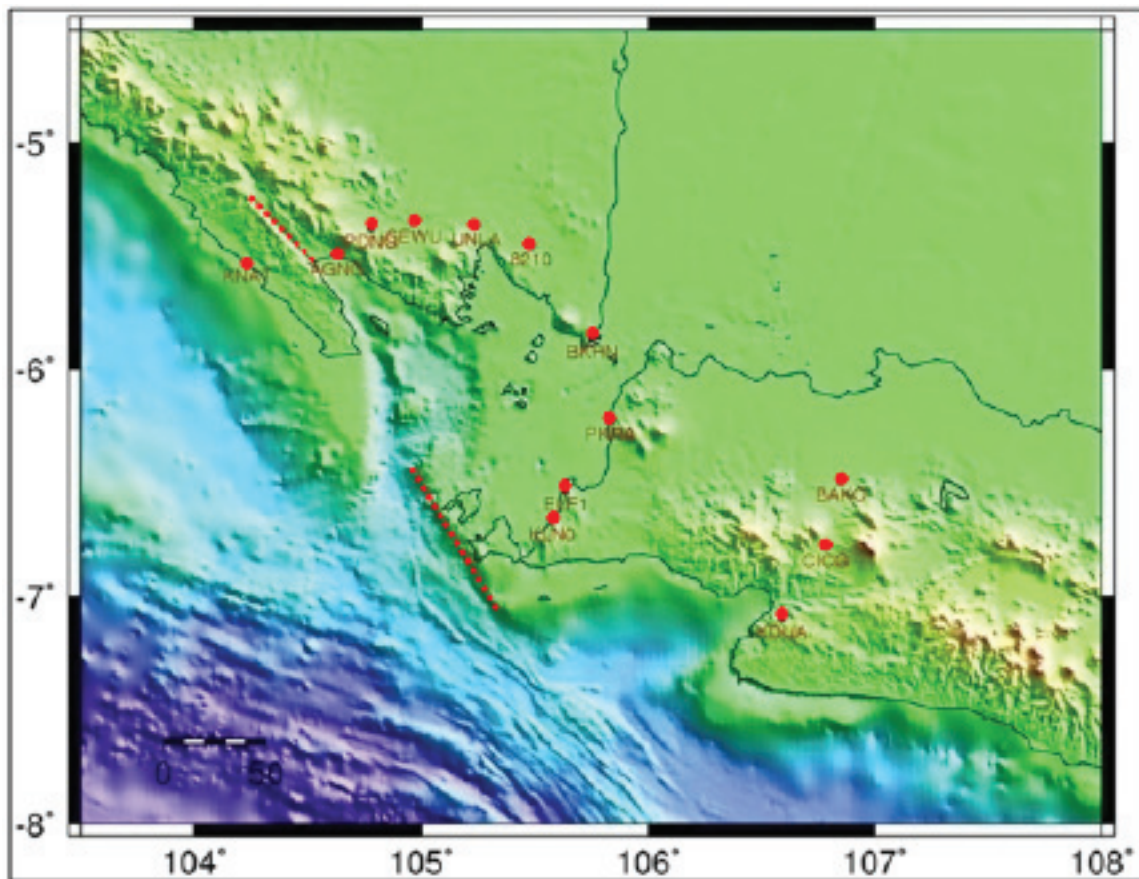
1. Kesalahan orbit direduksi dengan menggunakan informasi orbit teliti (*precise ephemeris*)

2. Kesalahan akibat media propagasi, yaitu bias ionosfer dan troposfer direduksi dengan melakukan pemodelan tertentu, juga dapat dilakukan dengan mengestimasi parameter bias tersebut. Pemodelan troposfer yang terdapat pada perangkat lunak Bernese 5.0 antara lain *Saastamoinen*, *Niell*, *Hopfield*, *Essen and Frome*, dan *Marini-Murray*. Sedangkan untuk bias ionosfer dapat dilakukan dengan pemodelan ionosfer global atau regional
3. Kesalahan akibat antenna *receiver* dapat direduksi menggunakan model-model tertentu yang terkait dengan variasi pusat antenna yang digunakan
4. Pemecahan ambiguitas fase dapat dilakukan dengan berbagai metode, antara lain *Round*, *Sigma*, *Search*, dan *Quasi Ionosphere Free (QIF)*.

Data hasil pengamatan GPS di Selat Sunda tahun 2006–2010 diolah dengan menggunakan metode diferensial dengan desain radial. Titik BAKO yang dijadikan sebagai titik bantu, diikatkan kepada titik-titik IGS, yaitu titik COCO, DGAR, KUNM, dan TSKB. Titik-titik IGS tersebut tergabung dalam suatu kerangka ITRF-2005. Selanjutnya titik-titik pengamatan yang berada di daerah Selat Sunda diikatkan kepada titik BAKO tersebut sehingga didapatkan koordinat masing-masing titik untuk masing-masing waktu pengamatan. Setelah didapatkan koordinat,



Gambar 2. Survei GPS dalam pemantauan deformasi



Keterangan: ● : lokasi titik pengamatan
 ... : bidang sesar

Gambar 3. Sebaran titik-titik pengamatan GPS

dilakukan analisis kecepatan pergeseran menggunakan metode *linear fitting* dengan persamaan:⁶

$$y(t) = ax + b \dots\dots\dots(1)$$

dimana: x = waktu pengamatan (tahun+(doy/365))
 ; y = nilai pergeseran pada waktu t (m); a = kecepatan pergeseran (m/tahun); b = konstanta

Hasil kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan digunakan untuk melakukan analisis regangan tektonik. Metode yang digunakan untuk menghitung parameter regangan tersebut adalah metode hitungan segmen segitiga. Pada metode ini akan dibuat segmen-segmen segitiga yang melalui titik-titik pengamatan dengan prinsip jarak terdekat kemudian dihitung nilai parameter regangan yang melalui tiga titik pengamatan. Bidang segitiga merupakan geometri yang paling optimal untuk mendapatkan nilai parameter regangan. Pada perhitungan deformasi metode ini, hubungan fungsional antara vektor pergeseran dan

parameter-parameter deformasi dalam koordinat toposentrik dinyatakan sebagai berikut:⁷

$$dn = \varepsilon_{nn} n + \varepsilon_{ne} e + \Omega_{ne} e \dots\dots\dots(2)$$

$$de = \varepsilon_{ne} n + \varepsilon_{ee} e - \Omega_{ne} n \dots\dots\dots(3)$$

dengan: dn, de = vektor pergeseran; n, e = koordinat toposentrik; $\varepsilon_{nn}, \varepsilon_{ne}, \varepsilon_{ee}$ = parameter regangan; Ω_{ne} = parameter rotasi.

Persamaan (2) dan (3) dalam notasi matriks dinyatakan sebagai berikut:

$$d = Bc \dots\dots\dots(4)$$

$$d = [dn \ de]^T \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

$$B = \begin{bmatrix} n & e & e \\ n & e & -n \end{bmatrix} \dots\dots\dots(6)$$

$$c = \begin{bmatrix} \varepsilon_{nn} & \varepsilon_{ne} \\ \varepsilon_{ne} & \varepsilon_{ee} \\ \Omega_{ne} & \Omega_{ne} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7)$$

dengan: d = vektor pergeseran; B = matriks desain; c = parameter-parameter deformasi.

Parameter-parameter deformasi dapat dihitung dengan metode hitung perataan kuadrat terkecil, yaitu:

$$c = (B^T \Sigma_{dd} B)^{-1} (B^T \Sigma_{dd} d) \dots\dots\dots (8)$$

dengan: Σ_{dd} = standar deviasi ukuran.

Berdasarkan parameter-parameter tersebut, besaran yang akan digunakan dalam analisis regangan yaitu besaran principal strain ϵ_1 dan ϵ_2 dapat diturunkan. Persamaan yang digunakan untuk melakukan analisis regangan adalah:⁶

$$\epsilon_1 = \epsilon_{ee} \cos^2 \theta + 2 \epsilon_{ne} \sin \theta \cos \theta + \epsilon_{nn} \sin^2 \theta \dots (9)$$

$$\epsilon_2 = \epsilon_{ee} \cos^2 (\theta + 90^\circ) + 2 \epsilon_{ne} \sin (\theta + 90^\circ) \cos (\theta + 90^\circ) + \epsilon_{nn} \sin^2 (\theta + 90^\circ) \dots\dots\dots (10)$$

$$\tan 2\theta = \frac{2\epsilon_{ne}}{(\epsilon_{ee} - \epsilon_{nn})} \dots\dots\dots (11)$$

dengan: ϵ_1 = ekstensi (μ strain); ϵ_2 = kompresi (μ strain); dan θ = arah regangan ($^\circ$); dimana $\epsilon_1 > \epsilon_2$.

Hasil kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan juga digunakan untuk mengestimasi nilai laju geser sesar. Namun sesar yang akan diestimasi tingkat laju gesernya hanya sesar segmen Teluk Semangka, karena pada sesar Ujungkulon, titik-titik pengamatan hanya berada di salah satu sisi sesar sehingga tingkat laju gesernya tidak dapat diestimasi. Dalam penelitian ini, untuk sesar segmen Teluk Semangka, nilai laju geser (D) diasumsikan berkisar antara 5,5–12 mm/tahun dengan selang interval 0,5 mm/tahun, dan kedalaman bidang kuncian (W) diasumsikan 18 km. Selisih antara pengamatan deformasi yang sebenarnya dengan pemantauan deformasi pada model dihitung, kemudian dihitung nilai *root mean square* (RMS) selisih tersebut. Untuk menentukan tingkat laju geser dimodelkan sebagai berikut.⁸

$$S(y) = \frac{D}{\pi} \operatorname{atan} \left(\frac{y}{W} \right) \dots\dots\dots (12)$$

dimana: $S(y)$ = pergeseran dari permukaan sebagai fungsi dari jarak; D = laju geser (*slip rate*); W = kedalaman bidang yang terkunci (*locking depth*).

Untuk mengestimasi *maximum magnitude*, panjang sesar Sumatera segmen Teluk Semangka

didefinisikan sebesar 40 km, sedangkan untuk sesar Ujungkulon panjang sesar didefinisikan sebesar 81 km. *Maximum magnitude* dihitung dengan menggunakan formula:⁹

$$M_{\max} = 5.08 + 1.16 \log L_f \dots\dots\dots (13)$$

dimana: $M_{\max}$ = momen *magnitude* (M_w); L_f = panjang sesar (km)

Nilai laju geser sesar Sumatera segmen Teluk Semangka yang telah diestimasi sebelumnya digunakan untuk mengestimasi periode ulang gempa di sesar tersebut. Sedangkan untuk sesar Ujungkulon tidak dapat ditentukan periode ulang gempanya karena nilai laju geser sesar tersebut tidak dapat diestimasi. Periode ulang dihitung dengan menggunakan formula:⁹

$$T_{\max} = \left(\frac{1000}{\text{slip rate}} \right) 10^{(-5.46 + 0.82 M_{\max})} \dots\dots\dots (14)$$

dengan: $M_{\max}$ = momen *maximum magnitude* (M_w); $T_{\max}$ = periode ulang kejadian momen *maximum magnitude* (tahun); *slip rate* = laju geser sesar (mm/tahun).

Peak ground acceleration (PGA) atau percepatan tanah maksimum merupakan fungsi dari *maximum magnitude* dan jarak. Jarak tersebut merupakan jarak dari suatu titik ke pusat gempa (episenter). Nilai PGA dihitung untuk masing-masing sesar, yaitu PGA sesar Sumatera segmen Teluk Semangka dan sesar Ujungkulon. Pada penelitian ini, pusat gempa diasumsikan berada di bagian ujung dan di tengah sesar. Untuk menghitung nilai PGA, dibuat grid sebanyak 12 x 9 dengan interval grid sebesar 30 km. Kemudian dihitung jarak dari titik-titik grid ke pusat gempa dari masing-masing sesar. Setelah itu dihitung nilai PGA maksimum di setiap titik grid. Setelah didapatkan nilai PGA di setiap titik grid, dilakukan interpolasi sehingga didapatkan peta nilai PGA di Selat Sunda. Untuk *peak ground acceleration* (PGA) dihitung dengan menggunakan formula:¹⁰

$$A = \frac{1080 e^{0.5 M}}{(R+25)^{1.82}} \dots\dots\dots (15)$$

dengan: A = *peak ground acceleration* (g); M = *maximum magnitude* (M_w); R = jarak titik pengamatan ke pusat gempa (km).

Tabel 1. Deskripsi skala MMI

Getaran yang dirasakan	Tidak terasa	Lemah	Ringan	Sedang	Kuat	Sangat kuat	Keras	Hebat	Ekstrim
Potensi kerusakan	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Sangat ringan	Ringan	Sedang	Sedang/berat	Berat	Sangat berat
Percepatan maksimum (g)	<0,0017	0,0017–0,014	0,014–0,039	0,039–0,092	0,092–0,18	0,18–0,34	0,34–0,65	0,65–1,24	> 1,24
Intensitas (MMI)	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Tabel 2 Kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan di Selat Sunda

No.	Nama Titik	ve (m/tahun)	vn (m/tahun)	σ ve (m/tahun)	σ vn (m/tahun)	Pergeseran Horizontal (m/tahun)
1	8210	0,025	-0,004	0,002	0,001	0,026
2	KNAT	0,055	0,028	0,002	0,001	0,062
3	AGNG	0,009	-0,015	0,002	0,001	0,018
4	PDNG	0,013	-0,004	0,002	0,002	0,014
5	SEWU	0,033	-0,003	0,002	0,002	0,033
6	ELF1	0,037	0,007	0,002	0,002	0,038
7	KLNO	0,022	0,004	0,002	0,001	0,022
8	PKRA	0,016	0,002	0,002	0,001	0,016
9	UNLA	0,005	-0,007	0,002	0,001	0,009
10	BKHN	0,062	0,027	0,002	0,002	0,068
11	BAKO	0,024	-0,006	0,002	0,001	0,025
12	CICG	0,027	-0,008	0,002	0,001	0,028
13	KDUA	0,039	-0,004	0,002	0,001	0,039

Keterangan:

ve : kecepatan pergeseran horizontal pada arah timur-barat;

vu : kecepatan pergeseran horizontal pada arah utara-selatan;

σ ve : standar deviasi untuk ve; σ vu:standar deviasi untuk vu

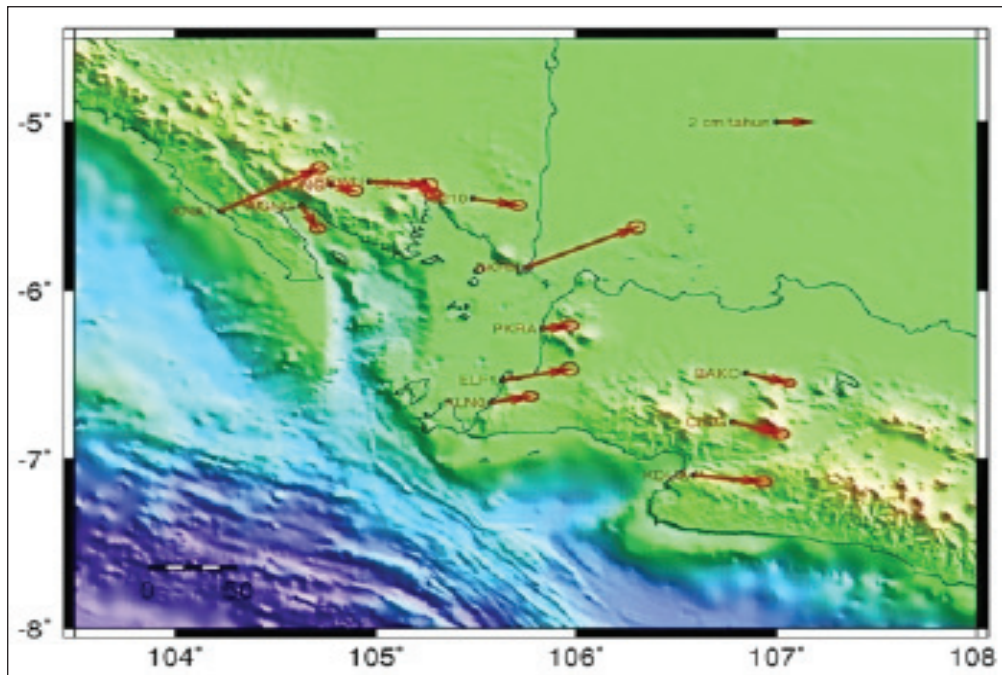
Untuk keperluan praktis, nilai PGA tersebut kemudian dikonversi ke dalam skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) agar lebih mudah dipahami (Tabel 1).¹¹

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kecepatan Pergeseran

Pada Tabel 2 ditampilkan kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan di Selat Sunda. Hasil plot vektor kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan ditampilkan pada Gambar 4.

Setiap titik pengamatan memiliki nilai kecepatan pergeseran yang berbeda-beda. Titik-titik pengamatan yang berada di daerah Lampung (KNAT, AGNG, PDNG, SEWU, UNLA, 8210, BKHN) dominan mengalami pergeseran ke arah timur dengan kecepatan pergeseran berkisar antara 1,4 cm/tahun sampai 6,8 cm/tahun. Kemudian titik-titik pengamatan yang berada di daerah Jawa bagian barat (ELF1, KLN0, PKRA, UNLA, BAKO, KDUA) dominan mengalami pergeseran ke arah timur dengan nilai kecepatan pergeseran berkisar antara 1,6 cm/tahun sampai 3,9 cm/tahun. Titik yang memiliki pergeseran



Keterangan: → : vektor kecepatan pergeseran

Gambar 4. Hasil *plot* kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan di Selat Sunda (panjang vektor menunjukkan kecepatan pergeseran)

Tabel 3 Nilai regangan segmen segitiga di Selat Sunda (2006–2010)

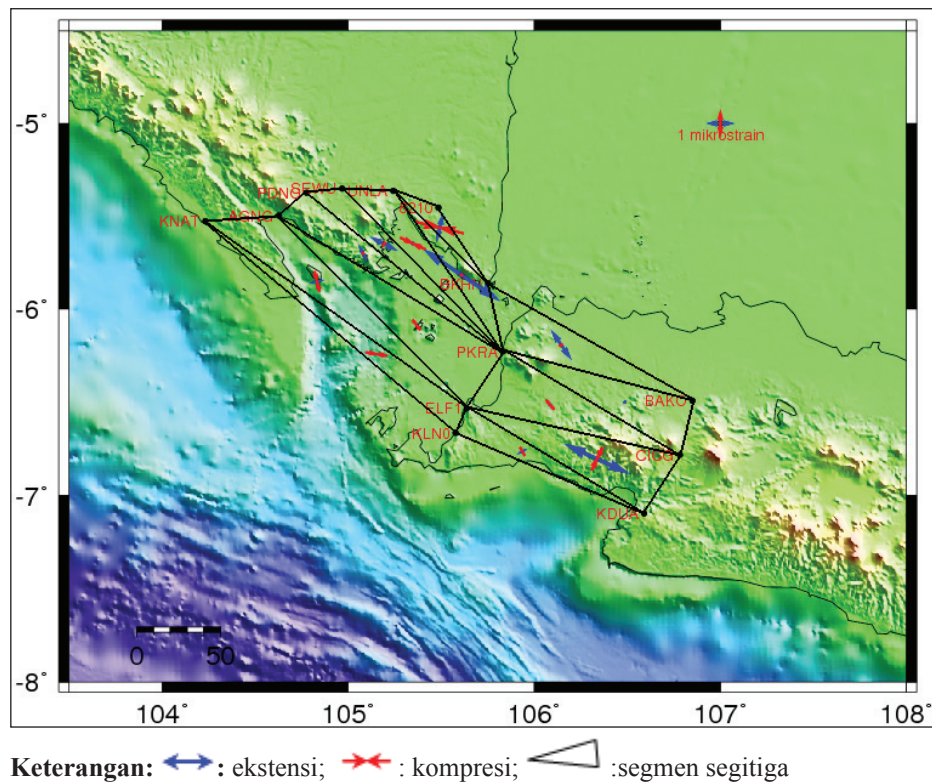
No.	Segmen Segitiga	Principal Strain		
		ϵ_1 (μ strain)	ϵ_2 (μ strain)	θ (°)
1	KNAT–ELF1–KLN0	0,000461	-0,905410	279,016
2	KNAT–AGNG–ELF1	0,330402	-0,880270	346,119
3	AGNG–PKRA–ELF1	0,031948	-0,528870	322,056
4	AGNG–PDNG–PKRA	0,555725	-0,021528	62,158
5	PDNG–SEWU–PKRA	1,095773	-0,171930	26,961
6	SEWU–UNLA–PKRA	0,103469	-1,191010	294,403
7	UNLA–BKHN–PKRA	3,825857	-0,061367	33,943
8	UNLA–8210–BKHN	1,029521	-2,140950	283,489
9	BKHN–PKRA–BAKO	1,348771	-0,127110	55,536
10	PKRA–CICG–BAKO	0,073668	-0,014250	308,204
11	PKRA–ELF1–CICG	0,079294	-0,534730	319,889
12	ELF1–CICG–KDUU	2,894768	-1,076610	24,388
13	ELF1–KLN0–KDUU	0,261395	-0,384820	331,793

Keterangan:

ϵ_1 : parameter ekstensi regangan; ϵ_2 :parameter kompresi regangan; θ : arah regangan

paling besar adalah titik BKHN di Bakauheuni, Lampung, dengan kecepatan pergeseran sebesar 6,8 cm/tahun. Sedangkan titik yang memiliki

pergeseran paling kecil adalah titik PDNG di Banten dengan kecepatan pergeseran sebesar 1.4 cm/tahun.



Gambar 5. Hasil *plot* nilai regangan segmen segitiga di Selat Sunda (2006–2010)

Analisis Regangan

Hasil analisis regangan tektonik di Selat Sunda berupa nilai parameter-parameter regangan ditampilkan pada Tabel 3 dan hasil *plot* regangan tersebut ditampilkan pada Gambar 5.

Terlihat bahwa pada bagian timur laut Selat Sunda, sekitar daerah Bakauheuni, dominan mengalami ekstensi, sedangkan di bagian barat daya Selat Sunda dapat dilihat cenderung mengalami kompresi meskipun nilainya cukup kecil. Dua fenomena ini menunjukkan bahwa bagian timur Selat Sunda semakin melebar, sedangkan di bagian yang lain, yaitu di bagian barat, Selat Sunda mengalami penyempitan.

Adanya kompresi di bagian barat Selat Sunda menunjukkan bahwa di daerah tersebut terdapat aktivitas sesar dan juga zona subduksi. Tingkat ekstensi terbesar terdapat pada segmen segitiga UNLA-BKHN-PKRA (bagian timur laut Selat Sunda) dengan nilai ekstensi sebesar 3,825857 μ strain, sedangkan tingkat ekstensi terkecil terdapat pada segmen segitiga KNAT-ELF1-KLN0 (bagian barat daya Selat Sunda) dengan nilai 0,000461 μ strain. Tingkat kompresi

terbesar terdapat pada segmen segitiga UNLA-8210-BKHN (bagian timur laut Selat Sunda) dengan nilai kompresi sebesar 2,14095 μ strain, sedangkan tingkat kompresi terkecil terdapat pada segmen segitiga PKRA-CICG-BAKO dengan nilai 0,01425 μ strain. Nilai regangan ini dapat menjadi indikator awal mengenai aktivitas tektonik yang terjadi pada suatu daerah. Semakin tinggi nilai regangan, maka mengindikasikan semakin tingginya aktivitas tektonik yang terjadi.

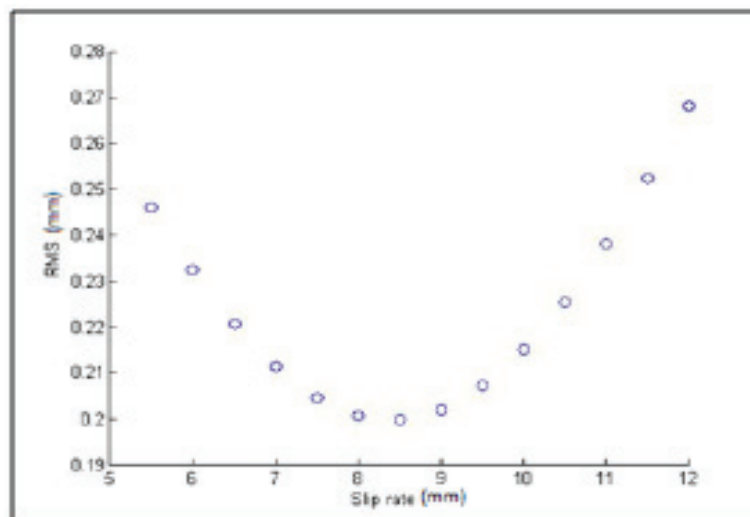
Analisis Laju Geser Sesar

Nilai *root mean square* (RMS) laju geser untuk sesar Sumatera segmen Teluk Semangka ditampilkan pada Gambar 6. Nilai RMS yang minimum menunjukkan laju geser yang optimum. Tampak bahwa nilai RMS minimum pada laju geser 8,5 mm/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat laju geser sesar pada segmen Teluk Semangka ini adalah sebesar 8,5 mm/tahun.

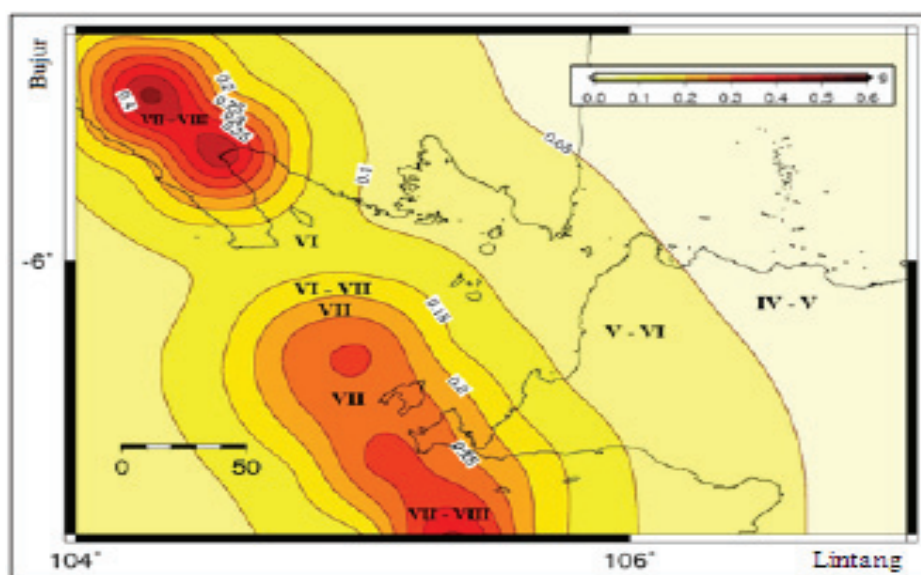
Analisis Potensi Bahaya Gempa

Dari hasil perhitungan *maximum magnitude*, untuk sesar Sumatera segmen Teluk Semangka dengan panjang sesar didefinisikan sebesar 40 km, sesar tersebut memiliki *maximum magnitude* sebesar 6,9. Sedangkan untuk sesar Ujungkulon, dengan panjang sesar didefinisikan sebesar 81 km, sesar tersebut memiliki *maximum magnitude* sebesar 7,3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *magnitude* gempa paling besar yang dapat dihasilkan oleh sesar Sumatera segmen Teluk Semangka sekitar 6,9, dan sesar Ujungkulon dapat menghasilkan gempa dengan *magnitude* paling besar sekitar 7,3.

Dari hasil perhitungan periode ulang gempa, untuk sesar Sumatera pada segmen Teluk Semangka memiliki laju geser sebesar 8,5 mm/tahun dan *maximum magnitude* sebesar 6,9. dengan variabel tersebut, sesar Sumatera segmen Teluk Semangka memiliki periode ulang selama 185 tahun. Hal tersebut menjelaskan bahwa gempa dengan *magnitude* 6,9 dapat terjadi dalam rentang waktu ± 185 tahun sekali di sesar Sumatera segmen Teluk Semangka. Untuk sesar Ujungkulon tidak dapat ditentukan periode ulangnya karena nilai laju geser sesar tersebut tidak dapat diestimasi.



Gambar 6. RMS laju geser sesar Sumatera segmen Teluk Semangka



Gambar 7. Peta intensitas (MMI) dan PGA di Selat Sunda dengan sumber gempa sesar Sumatera segmen Teluk Semangka dan sesar Ujungkulon

Untuk hasil perhitungan *peak ground acceleration* ditampilkan pada Gambar 7. Nilai PGA di daerah Selat Sunda berkisar antara 0,02–0,47 g. Hal ini berarti bahwa getaran maksimum yang dapat terjadi di daerah Selat Sunda adalah 47% gravitasi.

Nilai PGA di atas diperlukan untuk kepentingan rekayasa seperti untuk membangun suatu bangunan. Ketika akan membangun suatu bangunan, maka harus diperhatikan nilai PGA pada daerah tersebut. Bangunan tersebut harus mampu menahan getaran maksimum yang dapat terjadi. Semakin dekat dengan sumber gempa, maka nilai PGA di tempat tersebut akan semakin besar. Adanya beberapa anomali nilai PGA di sekitar sesar Ujungkulon dapat disebabkan oleh ukuran grid yang kurang rapat sehingga menimbulkan anomali ketika dilakukan interpolasi. Untuk menghilangkan anomali tersebut dapat dilakukan dengan membuat grid yang lebih rapat.

KESIMPULAN

Titik-titik pengamatan yang berada di daerah Selat Sunda dominan mengalami pergeseran ke arah timur dengan kecepatan pergeseran berkisar antara 1,4 cm/tahun sampai 6,8 cm/tahun. Sesar Sumatera segmen Teluk Semangka memiliki tingkat laju geser yang cukup tinggi, yaitu 8,5 mm/tahun. Pola regangan pada bagian timur laut Selat Sunda, cenderung mengalami ekstensi, sedangkan di bagian barat daya Selat Sunda cenderung mengalami kompresi.

Daerah Selat Sunda memiliki potensi bahaya gempa yang cukup tinggi terutama untuk daerah-daerah yang dekat dengan sumber gempa sesar Sumatera segmen Teluk Semangka dan sesar Ujungkulon, seperti daerah Liwa (0.35–0.45 g), Teluk Semangka (0.2–0.4 g), dan Ujungkulon (0.2–0.3 g).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada tim Kelompok Keahlian Geodesi ITB atas data pengamatan GPS yang digunakan dalam penelitian ini, serta kepada Prof. Dr. Bambang Subiyanto atas bimbingannya dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹ Krisnanto, S. 2004. *Analisis Seismic Hazard dan Site Specific Response Untuk Selat Sunda*. Tesis, Magister Bidang Khusus Rekayasa Geoteknik Departemen Teknik Sipil dan Perencanaan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- ² Pramumijoyo, Subagyo, and M. Sebrier. 1991. Neogene and Quaternary Fault Kinematics Around The Sunda Strait Area, Indonesia. *Journal of Southern Asian Earth Sciences*, 6 (2):137–145.
- ³ Barber, M. J. Crow, and J. Milsom. 2005. *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. London: Geological Society of London.
- ⁴ Catalog of Damaging Earthquakes in the World. 2010. (<http://iisee.kenken.go.jp/utsu> , diakses Juni 2010).
- ⁵ Abidin, H. Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita
- ⁶ Abidin, S. 2009. *Analisis Regangan Antara Bagian Selatan Pulau Sumatera dan Barat Pulau Jawa Berdasarkan Data Pengamatan GPS*. Tugas Akhir, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- ⁷ Rino. 2010. *Regangan Tektonik di Sumatera Berdasarkan Pengamatan Kontinu Sumatran GPS Array (SUGAR) Tahun 2007–2008*. Tugas Akhir, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- ⁸ Zulfakriza. 2010. *Estimasi Laju Geser dan Kedalaman Sumber Gempa Pada Patahan Aktif Berdasarkan Survey GPS Untuk Analisis Bahaya Kegempaan di Provinsi Aceh*. Tesis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- ⁹ Wells, D. L. and K. J. Coppersmith. 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America*. 84: 974–1002.
- ¹⁰ Donovan, N.C., 1973. A statistical evaluation of strong motion data including the February 9, 1971 San Fernando earthquake. Proc. 5th World Conf. Earth. Eng., 1: 1252–1261.
- ¹¹ USGS Shakemaps. 2010. (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/shakemap>, diakses Agustus 2010).
- ¹² Rizky, S. R. 2010. *Penentuan Laju Geser dan Kedalaman Kunci (Locking Depth) Sesar Palu-Koro Berdasarkan Data GPS*. Tugas Akhir, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.