

PROSIDING

**Konferensi Teknik dan
Sains Informasi Geospasial ke-1**

**Tatakelola Informasi Geospasial yang Baik
untuk Pembangunan Nasional yang Berkelanjutan**

**(Good Geospatial Information Governance for
Sustainable National Development)**

21-22 November 2012

Gedung University Club Universitas Gadjah Mada

**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA**



**The 1st Conference on Geospatial Information
Science and Engineering**

ISBN 978-979-98731-4-9



9 789799 987314

Prosiding

Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial ke-1

The 1st Conference on Geospatial Information Science and Engineering

Tatakelola Informasi Geospasial yang Baik untuk

Pembangunan Nasional yang Berkelanjutan

Good Geospatial Information Governance for

Sustainable National Development

Yogyakarta, 21-22 November 2012

Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, 2012

Editor:

Heri Sutanta

Abdul Basith

Harintaka

Parseno

Purnama Budi Santosa

Reviewer:

Abdul Basith

Catur Aris Rokhmana

Dedi Atunggal

Djawahir

Djurdjani

Fahmi Amhar

Heri Sutanta

Purnama Budi Santosa

Sumaryo

Kata Pengantar

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan YME atas segala kemudahan dari-Nya sehingga acara Seminar Nasional ini dapat terselenggarakan dengan lancar termasuk kehadiran buku prosiding ini.

Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial ke-1 ini diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dengan tema **“Tatakelola Informasi Geospasial yang Baik untuk Pembangunan Nasional yang Berkelanjutan”**. Melalui konferensi ini, para akademisi, peneliti, praktisi, dan pemangku kepentingan pelaksanaan pembangunan daerah dapat bertukar ide dan temuan terbaru terkait teknologi survei, pemetaan dan pengelolaan informasi geospasial yang bermanfaat dalam pembangunan nasional yang berkelanjutan.

Panitia konferensi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu sekalian atas kontribusi makalahnya maupun atas kehadirannya pada acara ini. Tak lupa, terima kasih yang sebesar-besarnya kami haturkan pada seluruh jajaran panitia yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu, pihak sponsor dan kontributor lainnya atas bantuannya baik secara moril maupun materiil.

Kami juga menyadari, meskipun dengan sekuat tenaga acara telah direncanakan dengan matang, tetapi jika dalam penyelenggaraan acara ini masih terdapat kekurangan, kami mohon maaf sebesar-besarnya.

Yogyakarta, 21 November 2012

Konferensi Teknik dan Sain Informasi Geospasial

Teknik Geodesi FT-UGM

Ketua Panitia,

Dr.Eng. Purnama Budi Santosa

Daftar Isi Prosiding

Halaman Judul	i
Susunan Panitia	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Kumpulan Makalah Konferensi	
1. Aplikasi Basis Data Jaring Kontrol Geodesi Guna Mendukung Percepatan Penyebarluasan Informasi Geospasial (IG) [Refereed Paper] <i>Arisauna M. Pahlevi, Marsono J.T.P</i>	1
2. Menuju Tata Kelola Data Garis Pantai Nasional dalam Kaitannya dengan <i>One Map Policy</i> [Refereed Paper] <i>Fajar Triady Mugiarto, Kusumo Widodo</i>	9
3. Urgensi Penegakan Hukum Dalam Tata Kelola Informasi Geospasial [Refereed Paper] <i>Akbar Hiznu Mawanda</i>	15
4. Keterbukaan Informasi Publik Data Spasial Bidang Tanah Untuk Menjamin Kepastian Hukum Pendaftaran Tanah [Refereed Paper] <i>Tjahjo Arianto</i>	25
5. Migrasi Metadata Spasial Nasional dari SNI 7335:2008 ke Metadata Nasional Berdasarkan ISO 19115 <i>Trias Aditya, Agung Indrajit, Antonius B. Wijanarko, Purnama B. Santosa, Tandang Y. Putra</i>	33
6. Crowdsourcing Geoportals for Rapid Post-disaster Damage Mapping <i>Arie Yulfa</i>	39
7. Penatakelolaan dan Berbagi Data dan Informasi Geospasial Komunitas dengan OpenStreetMap dan JOSM Editor <i>Purnama Budi Santosa</i>	49
8. Purwarupa Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi Berbasis Desktop <i>Yanto B., Trias Aditya, Rochmad M.</i>	55
9. Penerapan Struktur Topologi Pada Basisdata Spasial 3 Dimensi Untuk Kadaster 3 Dimensi <i>Wahyu Marta M., Trias Aditya, Waljiyanto</i>	65

10. Pemanfaatan Terintegrasi Data Citra Satelit dan SIG dalam Mendukung Kebijakan Pengelolaan Pertanahan
*Budi Jaya Silalahi, Irawan Sumarto, Asmadi Adnan
Purnomo Hadi, Faus Tinus Handi Feryandi* _____ 75
11. Pembangunan Model Distribusi Populasi Penduduk Pada Sistem Grid Skala Ragam (Studi Kasus: Wilayah Bandung) [Refereed Paper]
Reneica Ayu Pratiwia, Akhmad Riqqi, R. Driejana _____ 81
12. LIDAR Block Adjustment Self Calibration Using General Least Square Method [Refereed Paper]
Soetaat, Agung Setianto, G.H. Anto, Handy _____ 89
13. DSM LIDAR Sebagai Data Pendukung Pemetaan Rupabumi Skala 1:10000
Wildan Firdaus, Aldino Rizaldy _____ 93
14. Orthorectification and Visualization of Mobile Laser Scanning (MLS) Data in the Context of Large Scale Mapping
W. Tampubolon, E. Hendrayana, M. Hahn _____ 97
15. Perbedaan Ketelitian Metode Registrasi Data *Laser Scanner* Menggunakan Koordinat Station dan Koordinat Target *Backsight*
Sigit Riyanto _____ 105
16. Robust and Fully Automated Mosaicing UAV Images : A Preliminary Result [Refereed Paper]
Martinus Edwin Tjahjadi, Hery Purwanto, Silvester Sari Sai. _____ 113
17. Metode Cepat, Ekonomis, dan Akurat Penentuan Deformasi Struktur Material Jembatan Baja dengan Kamera SLR [Refereed Paper]
Pradono Joanes D. Deo, Silvester Sari Sai, Martinus Edwin Tjahjadi _____ 119
18. Pemodelan Kondisi Bangunan Candi Borobudur Pasca Erupsi Merapi dengan UAV-based Fotogrametri
Ruli Andaru, Catur Aries Rokhmana _____ 125
19. Potensi Sistem Penginderaan Jauh dengan Wahana Udara Nir-Awak Untuk Pemetaan Tata Ruang Wilayah Urban
Catur Aries Rokhmana _____ 131
20. Modelling Deformation at Sunda Strait Based on GPS Observation of Year 2006-2011
Fajriyanto, Irwan Meilano, Parluhutan Manurung, Eko Rahmadi _____ 135

21. GNSS Kinematic of Doppler Noise Effect with Respect to Airborne Precision: Case Study in Sangatta, East Kalimantan Island, in Indonesia
Sunantyo ARIS, Istarino, and Haryanto Bambang _____ 145
22. Pemanfaatan BPN Web CORS Station / Spiderweb untuk Keperluan Survei Kadastral BPN RI [Refereed Paper]
Rangga Bayu Prasetya , Carisma Bramantio , Adhityo Susilo Nugroho _____ 155
23. Pemanfaatan GNSS CORS untuk Penentuan Titik Dasar Teknik Orde 3 Menggunakan Metode Rapid Static dengan Moda Radial [Refereed Paper]
Nurrohmat Widjajanti, Margareta Ellya Lim Putraningtyas, Amon Yoga Mausara _____ 161
24. Pengaruh Penggunaan Titik Ikat GPS untuk Penentuan Posisi Offshore Platform [Refereed Paper]
Hidayat Panuntun, Nurrohmat Widjadjanti, T. Aris Sunantyo, Djawahir, Parseno 171
25. Pemodelan Spasial Ladaan Tsunami Menggunakan Variasi Lokasi Sumber dan Magnitude Gempa Studi Kasus Kota Padang
Abdul Basith, Widjo Kongko, Nadya Oktaviani _____ 179
26. Analisis Persebaran Sedimentasi Waduk Berdasarkan Data Multi Epoch Hasil Pengukuran Bathymetry yang Terikat Pada Stasiun GNSS-CORS
Bambang Kun Cahyono, Dedi Atunggal SP _____ 187
27. Artificial Neural Network Analysis for Landslide Susceptibility Modeling in Karanganyar Regency
Faus Tinus Handi Feryandi, Albert Remke, Jorge Mateu, Pedro Cabral _____ 195
28. Pemetaan Risiko Bencana Banjir Rob Kota Semarang [Refereed Paper]
Arief L.N, Purnama B.S., Trias Aditya _____ 207
29. Penanganan dan Aplikasi Data Pasang Surut IOC untuk Menunjang Perencanaan Sosial Wilayah Pesisir Daerah
Abdul Basith, Anggun Wara Pangesti _____ 219
30. Kontrol Kualitas Data Pasang Surut Jaring *Permanent Service for Mean Sea Level* (PSMSL) di Pulau Jawa
Leni S. Heliani, Danardono, Irwan Endaryanto, Anggun Pangesti, Ari D. Hartanto _____ 227
31. Perbandingan Segmen Batas Wilayah yang Berbatasan Antara Dua Daerah yang Berbeda Tahun Pembentukannya: Studi Kasus Kabupaten Kepahiang dan

Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu [Refereed Paper]	
<i>Hary L. Prabowo</i>	233
32. Sebuah Alternatif Terhadap Pelaksanaan Permendagri Nomor 1 Tahun 2006 [Refereed Paper]	
<i>Bambang Riadi, Fahmi Amhar</i>	241
33. Aspek Geospasial dalam Sengketa Pulau Berhala	
<i>Sumaryo</i>	247
34. Delimitasi Batas Maritim Antara Indonesia dan Malaysia di Perairan Tanjung Berakit	
<i>I Made Andi Arsana, Farid Yuniar</i>	257
35. Identifikasi Daerah Resapan Air dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Keduang)	
<i>Bandi Sasmito, Bambang Sudarsono, Fajar Dwi Hastono</i>	269
36. Program Aplikasi Android Berbasis GIS Untuk Mencari Lokasi ATM (Anjungan Tunai Mandiri)	
<i>Agung Setiawan, Andri Suprayogi</i>	277
37. Pengelola Tanah Kas Desa (Studi Kasus: Desa Panggungharjo Bantul)	
<i>Djurdjani, Parningotan HS</i>	283
38. Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Lokasi Papan Iklan di Wilayah Kota Semarang	
<i>Andri Suprayogi, Arwan Putra Wijaya, Lea Kristi Agustina</i>	289
39. Pembinaan Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP untuk Menyiapkan Lulusan yang Memiliki Kompetensi Bidang Informasi Geospasial	
<i>Bambang Sudarsono</i>	295

Modeling Deformation at Sunda Strait Base On GPS Observation of Year 2006 - 2011

Fajriyanto^a, Irwan Meilano^b, Parluhutan Manurung^c, Eko Rahmadi^a

^a Staf Pengajar Prodi Teknik Survei dan Pemetaan, FT-UNILA(fajri_yanto@yahoo.com)

Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No 1, Bandar Lampung, Telp. +062-721-704947, Fax. +062-721-704947

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi, FITB-ITB (irwan.meilano@gmail.com)

^c Pusat Geodesi dan Geodinamika, BIG, Cibinong (parluhutan@bakosurtanal.go.id)

Abstract

The Sunda Strait is the meeting of two tectonic plates, the Eurasian plate and Indo-Australian plate. Sunda Strait has a fairly high seismic activity. This is shown by several earthquakes that have occurred in the Sunda Strait. The high seismic activity was caused by the presence of active faults and subduction zones in the Sunda Strait. Based on the fairly high seismic activity in the Sunda Strait is necessary to do research on the velocity, strain rate, slip rate, and modeling of subduction that occurred in the Sunda Strait. In this study CGPS observations contained in the Sunda Strait and parts of Java Barat performed in 2009 to 2011, using data that is managed by BIG (Bakosurtanal). Based on the results of GPS data processing, the observation point in the western part of the Sunda Strait has velocity in the direction of the North West with a value ranging from 2.21 to 3.16 shift in cm / year and the eastern part of the Sunda Strait between 2.09 to 3.24 shift cm / year to the Northeast. Based on the pattern of strain, the West tends to have an extension of the Sunda Strait, as well as for the eastern Sunda Strait. While the northern part of the Sunda Strait compressed. This shows the activity and the Sumatran Subduction Fault in the area. Of the estimated shear rate, Sumatra fault segments Semangko Fault has a value of slip rate of 25 mm / year. Modeling of subduction (coupling) is conducted in this study were divided into 4 (four) areas, with a coupling value varying rate. The smallest rms value indicates that the model was approaching from the CGPS observations, so as to provide information related to the seismic activity that occurred in the Sunda Strait.

Keywords: Selat Sunda, CGPS, Regangan, Laju geser, Subduksi.

Pendahuluan

Selat Sunda terletak pada wilayah transisi dari segmen zona penunjaman normal di Pulau Jawa ke zona benturan miring di Pulau Sumatera, dengan kedalaman gempa tektonik sampai dengan 250 km dan kecepatan 7.7 cm/tahun. Daerah ini sangat terbebani oleh perubahan pola sesar mendatar yang lebih cepat ke arah Andaman, ke gerak normal di Jawa (Krisnanto, 2004). Oleh karena itu daerah ini berkecenderungan bentangan dan perluasan Selat Sunda, lebih didominasi oleh suatu deformasi lokal seperti diantaranya gerak graben dan sejumlah patahan normal. Lajur kemiringan gempa mencapai 350 km dan kesenjangan terjadi pada kedalaman 200 km (Kertapati, 1997). Maksimum magnitudo gempa dari aktivitas penunjaman di Selat Sunda mencapai 7.9 Mw pada kedalaman 80 km (Vera Schindwein dalam Pramumijoyo, 1991). Pada zona subduksi ini, pada tanggal 24 November 1833 berdasarkan catatan sejarah pernah terjadi gempa bumi sebesar 8.8 M

yang bersifat destruktif sehingga menimbulkan tsunami.

Selain zona subduksi, deformasi di Selat Sunda juga ditimbulkan oleh sumber gempa lain yaitu zona Patahan Sumatera yang masuk kedalam segmen Selat Sunda, dimana patahan ini bergerak ke arah kanan (*dextral*) dengan panjang kurang lebih 1900 km. Interaksi dari zona subduksi ini menimbulkan beberapa Gunung Api aktif dari Banda Aceh diujung Barat Laut sampai dengan Kota Agung diujung Tenggara, representasi dari aktivitas tektonik ini adalah terbentuknya pegunungan Bukit Barisan yang merupakan perwujudan dari Patahan Sumatera. Berdasarkan kenampakan morfologinya Patahan Sumatera terbagi dalam tiga segmen yaitu : segmen Utara, Tengah dan Selatan. Selat Sunda termasuk dalam segmen selatan (*southern domain*) (Natawidjaja, 2007)

Hasil dari survei *micro earthquake* di sekitar Selat

Sunda pada tahun 1984 (Harjono), menunjukkan bahwa sebagian besar gempa kerak bumi di area ini merupakan gempa tektonik dan terjadi di bawah kompleks Krakatau dan di dalam graben dari sisi Barat Selat Sunda.

Geologi di sekitar Selat Sunda umumnya terdiri dari vulkanisme *calc-alkaline* pada masa *Quaternary*, yang meliputi metamorfosis basement pada masa *Pra-Tersier*, batuan vulkanik andesit dari masa *Oligo-Miosen* dan sedimen laut masa *Mio-Pliosen* (Pramumijoyo dan Sebrier, 1991).

Zona deformasi yang terdapat dalam Selat Sunda dibatasi di bagian Barat Daya Jawa Barat oleh batuan vulkanik andesit pada masa Miosen sampai ke Barat bukit-bukit yang dibatasi oleh garis pantai, di sebelah Timur bukit-bukit berada dalam sedimen Pliosen Neritik, Di sebelah Utara, sedimen Pliosen secara ekstensif tercakup pada masa Kuartar (0.02 Ma). Di ujung Selatan Sumatera terdapat pantai curam di sekitar Teluk Semangko dan Lampung adalah dikendalikan oleh Patahan Sumatera (Bemmelen, dalam Pramumijoyo 1991)

Dari hasil penelitian Sasajima (dalam Pramumijoyo, 1978) menyatakan untuk membuka Selat Sunda tidak perlu harus ada rotasi, akan tetapi cukup dengan menggerakkan lempeng mikro Sumatera sepanjang Patahan Sumatera ke arah barat laut, maka Selat Sunda akan terjadi opening / regangan, dan ternyata koheren seperti yang terjadi di Laut Andaman. Kejadian ini memberikan gejala penipisan kerak bumi di Selat Sunda. Pembukaan Selat Sunda telah dianggap sebagai konsekuensi dari gerakan lateral dextral Sesar Sumatera (Pramumijoyo, 1991), sementara itu dari hasil penelitian yang lain menyatakan bahwa pembukaan Selat Sunda dihipotesiskan sebagai konsekuensi dari gerakan barat laut dari barat daya Blok Sumatera sepanjang Patahan Sumatera (Huchon dan Le Pichon 1984, Lassal et al 1989 dalam Pramumijoyo 1991)

Data sejarah kegempaan suatu wilayah sangat penting guna mengetahui status potensi kegempaan dari suatu patahan, atau segmen patahan. Hasil dari analisis kekuatan gempa dengan menggunakan data sejarah kegempaan sangat tergantung pada seberapa banyak data yang pernah terekam, tersedia, kualitas dan intensitas kerusakan laporan yang ada pada tahun-tahun sebelumnya. Sehingga informasi tersebut dapat dipergunakan sebagai data awal berkaitan dengan potensi kegempaan yang mungkin bakal terjadi lagi, yang pada akhirnya perlu dilakukan kajian lebih intensif dari berbagai sumber data.

Beberapa kejadian gempa disekitar Selat Sunda yang

pernah tercatat antara lain :

- (1) Gempa di Utara Pulau Panaitan pada tanggal 9 November 1974 dengan magnitudo 6.1 Mw dan pusat gempa pada koordinat 6.5° LS, 105.3° BT.
- (2) Pada tanggal 17 Maret 1997 dengan pusat gempa berkoordinat 7.4° LS, 104° BT dan berkekuatan magnitudo 6.0 Mw.
- (3) Gempa berkekuatan 6.0 Mw pada skala magnitudo dengan pusat gempa pada koordinat 7.21° LS, 105.64° BT terjadi tanggal 21 Desember 1999.
- (4) Pada tanggal 25 Oktober 2000 dengan magnitudo 6.5 SR dengan pusat gempa pada koordinat 7.2° LS, 105.0° BT.

Paper ini akan membahas analisis potensi bahaya kegempaan yang terjadi di Selat Sunda berdasarkan informasi hasil survey geodetik secara langsung, yang pada akhirnya diharapkan akan bermanfaat bagi Pemerintah Daerah (Pemda), BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) baik Propinsi Lampung maupun Propinsi Banten dalam menyusun Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dengan memperhatikan potensi bencana yang mungkin terjadi seperti yang dicanangkan dan diamanatkan dalam Undang Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan dari paper ini adalah :

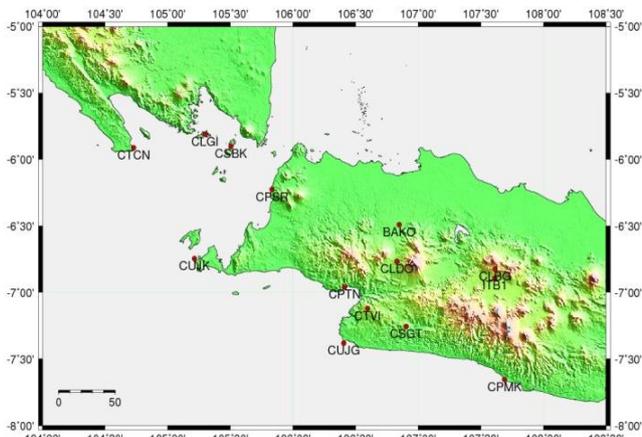
- (1) Mengidentifikasi nilai vektor pergeseran sebaran titik pengamatan GPS di sekitar Selat Sunda dalam rentang waktu pengukuran dan pengamatan GPS kontinyu dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2011.
- (2) Mengestimasi dan menganalisa pola regangan tektonik di Selat Sunda dan sekitarnya serta implikasinya terhadap potensi bahaya kegempaan berdasarkan hasil pengolahan data pengamatan GPS.
- (3) Menentukan besarnya laju geser dan membuat model sumber gempa dengan model subduksi di lokasi penelitian.

Dalam paper ini membatasi pada ruang lingkup sebagai berikut :

- (1) Identifikasi dan pendefinisian pola regangan tektonik di Selat Sunda berdasarkan pada beberapa kajian referensi. dan informasi Geologi wilayah penelitian (Propinsi Lampung, Propinsi Banten, Selat Sunda dan Propinsi Jawa Barat) dan sejarah kegempaan yang pernah terjadi di wilayah penelitian sebagai akibat dari pergerakan lempeng, sesar dan subduksi.
- (2) Pengumpulan dan pengolahan data GPS kontinyu yang dikelola oleh BIG (dahulu Bakosurtanal) dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2011, proses pengolahan data dilakukan dengan *software* ilmiah GPS *Bernese 5.0*

- (3) Pembuatan *velocity*, tingkat regangan tektonik untuk mengetahui karakteristik regangan di Selat Sunda. dan melakukan estimasi laju geser, serta pembuatan model subduksi di wilayah studi yang nantinya akan digunakan dalam analisis potensi bahaya kegempaan dan p penggambaran menggunakan perangkat lunak *open source Generic Mapping Tools (GMT)*.

Pengamatan GPS kontinyu dilakukan di Pulau Sumatera Bagian Selatan (Propinsi Lampung), Propinsi Banten dan Propinsi Jawa Barat Bagian Selatan. Distribusi titik pengamatan GPS kontinyu dideskripsikan pada gambar 1, yaitu : CPMK, CLBG, CSGT, CUJG, CTVI, CLDO, CPTN, CPSR, CUJK, CSBK, CLGI dan CTCN.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan distribusi CGPS

Metodologi

Data Pengamatan GPS kontinyu di Selat Sunda diperoleh dari BIG (dahulu Bakosurtanal) yang sudah terpasang disekitar lokasi penelitian yaitu tiga stasiun di Propinsi Lampung (CTCN, CLBG, dan CSBK) dan beberapa stasiun yang terdistribusi di wilayah Propinsi Banten dan Jawa Barat (CPSR, CUJK, CPMK, CLBG, CSGT, CLDO, CTVI, CPTN dan CUJG), serta stasiun referensi (BAKO dan ITB1). Dalam hal ini meskipun titik BAKO sebenarnya dikategorikan sebagai stasiun IGS, strategi yang digunakan adalah titik BAKO sebagai stasiun bantu

Pengamatan data GPS kontinyu yang dipergunakan dalam penelitian ini dimulai dari tanggal 1 Januari 2009 sampai dengan 30 April 2011. Hasil pengamatan yang diperoleh menggunakan GNSS-GPS pada dasarnya merupakan sistem pemantauan relatif, dimana untuk memperoleh posisi absolutnya diperlukan transformasi ke dalam suatu sistem referensi yang diketahui. Pada saat ini sistem referensi yang diadopsi untuk penentuan posisi dipermukaan bumi adalah ITRF.

Untuk selanjutnya stasiun pengamatan diikatkan ke

stasiun IGS (*International GNSS Service*) dengan kerangka referensi ITRF-05. Jumlah stasiun IGS yang digunakan dalam pengolahan data terdiri dari empat titik stasiun, yaitu NTUS, COCO, BAKO dan XMIS.

Secara umum pengolahan data GPS kontinyu dapat dilakukan dengan metode *differential* ataupun dengan metode PPP (*Point Precise Positioning*). Terkait dengan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini hanya mengaplikasikan metode *differential*.

Hasil unduhan data pendukung yang diperlukan oleh *software Bernese 5.0* untuk selanjutnya digabungkan dengan data RINEX stasiun GPS kontinyu dan stasiun IGS. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan metode *differential* dengan desain jaringan radial. Titik stasiun BAKO dan ITB1 dijadikan sebagai titik bantu dan diikatkan ke stasiun IGS yaitu NTUS, COCO dan XMIS. Kerangka referensi global yang digunakan dalam penelitian ini adalah ITRF-05.

Dalam strategi *baseline*, dimana parameter orbit dan parameter orientasi bumi dianggap/dinyatakan fix, maka seluruh stasiun pengamatan GPS kontinyu tidak terjadi distorsi pada saat dilakukan perhitungan *baseline* nantinya (Sarsito, 2010). Pemilihan *baseline* dengan menetapkan secara manual stasiun referensi IGS yang digunakan dan stasiun GPS kontinyu yang akan dicari koordinat akhirnya (toposentrik). Prinsip dalam menentukan *baseline* ini adalah dipilih jarak *baseline* yang tidak terlalu panjang dengan tujuan mereduksi efek dari kesalahan pemilihan *baseline* itu sendiri.

Deformasi dan Survey Geodetik untuk Studi Regangan

Pergerakan bumi yang dinamis menghasilkan deformasi yang terjadi pada lempeng. Pergerakan yang terjadi pada distribusi titik pengamatan diatas permukaan bumi dalam rentang waktu tertentu sehingga menghasilkan nilai tertentu. Analisis deformasi digunakan untuk menentukan kuantitas pergeseran dan parameternya yang mempunyai ciri khas dan karakteristik dalam ruang dan waktu dan dimanifestasikan dengan pergeseran koordinat suatu titik pengamatan yang dilakukan baik secara episodik maupun secara kontinyu.

Dalam studi deformasi akibat pergerakan kerak bumi, perubahan posisi titik pengamatan adalah perubahan atau pergerakan titik-titik pengamatan yang diletakkan di sekitar daerah-daerah patahan aktif yang diperkirakan berpotensi terjadi gempa bumi. Penggunaan dua receiver GPS atau lebih secara statik (metode *static differential*) akan memberikan hasil kualitas ketelitian yang tinggi.

Pengamatan secara geodetik merupakan pengamatan deformasi dengan sistem GPS (salah satu metode survei deformasi) untuk mempelajari dinamika bumi baik pergerakan akibat patahan, tektonik dan vulkanik, yang direpresentasikan dengan melakukan pemantauan suatu titik secara teliti (perubahan posisi dan lokasi dengan periodisasi tertentu).

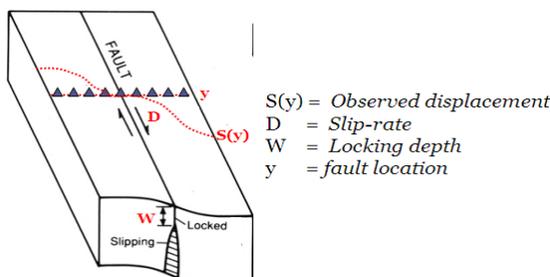
Pelaksanaan survei deformasi menggunakan jaring titik-titik kerangka dasar (baik secara horisontal maupun vertikal), untuk menentukan perubahan geometri dari suatu materi terhadap acuan titik referensi yang bersifat stabil.

Berkaitan dengan deformasi akibat pergerakan bumi, diperlukan tingkat ketelitian pergeseran yang tinggi (dalam fraksi mm/tahun), untuk mengetahui pola dan kecepatan perubahan blok kerak bumi dapat dilakukan dengan survei GPS terhadap titik pengamatan baik secara episodik maupun secara kontinyu. Metode ini dapat memberikan analisis yang cukup akurat dan teliti sehingga pola kecepatan, pola regangan dan pergerakan blok kerak bumi dapat dimodelkan dengan baik

Geometri regangan Selat Sunda

Dari hasil penelitian Sasajima (1978) menyatakan untuk membuka Selat Sunda tidak perlu harus ada rotasi, akan tetapi cukup dengan menggerakkan lempeng mikro Sumatera sepanjang Patahan Sumatera ke arah barat laut, maka Selat Sunda akan terjadi *opening*/regangan. Kejadian ini memberikan gejala penipisan kerak bumi di Selat Sunda.

Analisis pola regangan yang dilakukan untuk menghitung parameter regangan adalah metode hitungan segmen segitiga. Oleh karena itu, langkah awal perlu dibuat segmen-segmen segitiga yang melalui titik-titik pengamatan di Selat Sunda. Selanjutnya dilakukan estimasi laju geser pada dua sesar yaitu segmen *Kota Agung Fault* (KAF) dan segmen terusan *East Sumatera Fault* (ESF).



Gambar 2. Estimasi laju geser
Sumber : Meilano (2010)

Estimasi tingkat laju geser ini bertujuan untuk mengetahui tingkat aktivitas dari suatu sesar. Tingkat

laju geser dimodelkan dengan persamaan sebagai berikut (Segall, 2010) :

$$S(y) = \frac{D}{\pi} \operatorname{atan} \left(\frac{y}{W} \right) \quad (1)$$

dimana :

$S(y)$ = pergeseran dari permukaan sebagai fungsi dari jarak

D = laju geser (*slip rate*)

W = kedalaman bidang yang terkunci (*locking depth*)

Metode Analisis Regangan

Vektor pergeseran setiap titik pengamatan harus dihitung terlebih dahulu sebelum melakukan analisis regangan. Untuk mencari besarnya pergeseran, koordinat toposentrik titik pengamatan pada waktu tertentu ($n+1$) dikurangkan dengan koordinat toposentrik titik pengamatan pada saat ini (n), dengan persamaan :

$$\begin{bmatrix} dn \\ de \\ du \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{T(n+1)} \\ e_{T(n+1)} \\ u_{T(n+1)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} n_{T(n)} \\ e_{T(n)} \\ u_{T(n)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Kemudian dihitung besar dan arah vektor pergeseran horisontal dari titik tersebut dengan persamaan :

$$ds = \sqrt{dn^2 + de^2} \quad (3)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{de}{dn} \right) \quad (4)$$

Setelah itu perlu dihitung nilai regangan dengan menggunakan model regangan setelah diketahui deformasi masing-masing titik. Model regangan terdiri dari Sembilan parameter, yaitu enam parameter regangan dan tiga parameter rotasi. Pada model tersebut hubungan fungsional antara vektor pergeseran dan parameter deformasi dalam sistem koordinat toposentrik dinyatakan sebagai berikut (Abidin H, 2009) :

$$\begin{aligned} dn &= \epsilon_{nn}n + \epsilon_{ne}e + \epsilon_{nu}u + \Omega_{ne}e + \Omega_{nu}u \\ de &= \epsilon_{en}n + \epsilon_{ee}e + \epsilon_{eu}u - \Omega_{ee}e + \Omega_{eu}u \\ du &= \epsilon_{un}n + \epsilon_{ue}e + \epsilon_{uu}u - \Omega_{ue}e + \Omega_{uu}u \end{aligned} \quad (5)$$

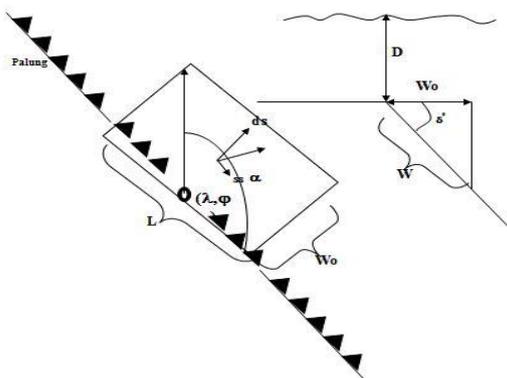
Dari parameter-parameter deformasi diatas, dapat diturunkan besaran principal strain (ϵ_1 dan ϵ_2). Dimana ϵ_1 menunjukkan nilai ekstensi dan ϵ_2 menunjukkan nilai kompresi.

Metode yang digunakan untuk menghitung sembilan parameter deformasi tersebut adalah metode hitungan segmen segitiga. Pada metode ini akan dibuat segmen/jaringan segitiga yang melalui distribusi titik pengamatan dengan prinsip jarak terdekat, untuk kemudian dihitung nilai parameter regangan yang melalui tiga titik pengamatan. Bidang segitiga yang dibangun tersebut digunakan untuk melihat pola regangan, dimana jaringan ini merupakan geometri yang paling optimal untuk mendapatkan sembilan nilai parameter deformasi.

Pemodelan Bidang Gempa

Dengan memodelkan zona subduksi disepanjang titik pengamatan, guna melihat residu antara vektor pengamatan GPS dengan vektor model yang dibuat, yaitu dengan jalan mengidentifikasi *coupling rate*. Parameter model bidang gempa yang digunakan dalam formula Okada adalah :

- (1) Geometri bidang gempa yang terdiri dari panjang (L), lebar (W), koordinat titik tengah bidang gempa (lintang, bujur), *strike*, *dip* dan kedalaman.
- (2) *Strike slip* (ss), *dip slip* (ds) dan *opening*.



Gambar 3. Ilustrasi model bidang gempa
Sumber : Awaluddin (2010)

Pemilihan bidang ini berdasarkan dari kenampakan fisik batimetri (*trench*) dan histori kegempaan di daerah penelitian.

Hasil dan Pembahasan

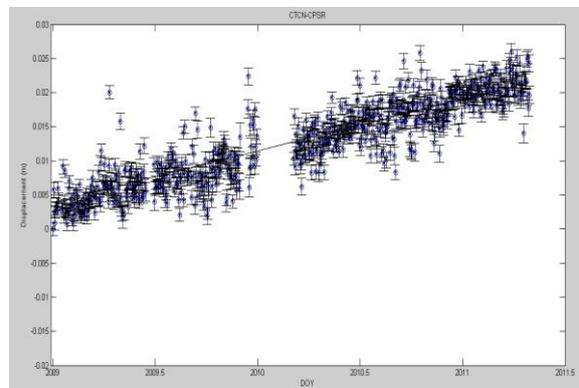
Analisis Time Series CGPS

Proses awal adalah melakukan *plotting/scatter* data pengolahan dalam sistem koordinat toposentrik untuk masing-masing stasiun GPS kontinyu. Agar mendapatkan data hasil pengolahan yang terbebas dari kesalahan data/*outlier*, maka perlu dilakukan deteksi dan eliminasi *outlier* tersebut, dengan tujuan memastikan apakah terjadi pergeseran pada stasiun GPS pengamatan

Analisis pergeseran dilakukan dengan cara melihat kecepatan pergeseran masing-masing titik pengamatan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui pola pergeseran adalah metode *linear fitting*. Contoh hasil *linear fitting* dapat dilihat pada lampiran 1.

Dari contoh tersebut, titik CPSR memiliki kecepatan pergeseran untuk komponen N-S sebesar -0.004 m/tahun, komponen E-W sebesar 0.024 m/tahun dan komponen U-D sebesar 0.004 m/tahun. Hal serupa juga dapat dilakukan analisis kecepatan pergeseran tiap komponennya di setiap titik pengamatan GPS

Selain itu dari data *time series* ini, juga dilakukan analisis awal terhadap pola regangan yang terjadi di Selat Sunda dengan membandingkan jarak antar stasiun GPS kontinyu yang terletak di wilayah penelitian.



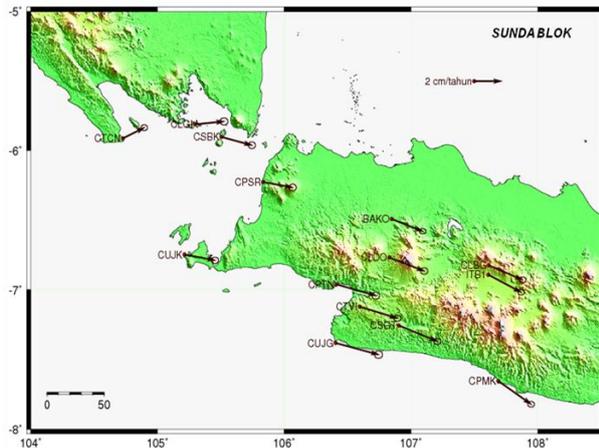
Gambar 4. Variasi jarak antara titik CTCN-CPSR

Dalam Gambar 4 terlihat bahwa variasi jarak antara CTCN-CPSR terjadi perubahan panjang sebesar 0.015 m/tahun. Hal tersebut memberikan indikasi telah terjadi peregangan di Selat Sunda selama waktu pengamatan (bagian selatan Selat Sunda terdeformasi).

Analisis Pergeseran Kecepatan (velocity)

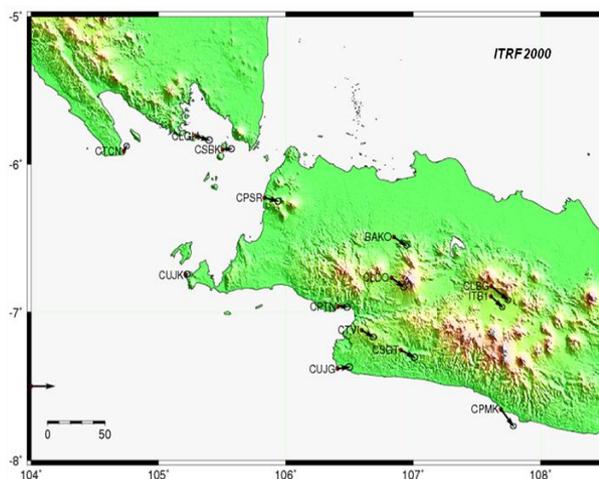
Secara garis besar hasil kecepatan tiap titik masih belum menggambarkan deformasi yang terjadi

diwilayah penelitian. Hasil pergeseran tersebut belum merepresentasikan deformasi yang sebenarnya karena masih dipengaruhi oleh pergerakan lempeng Sunda Blok, untuk itu perlu dihilangkan dengan menggunakan model Euler Pole ITRF 2000 (Simon, 2007) dengan besaran lintang = 52.1° , bujur -90.0° dan omega = 0.3222, seperti diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pola *velocity* yang dipengaruhi Sunda Blok

Secara umum kecepatan pergeseran yang tergambar bergerak ke arah Timur agak condong ke Tenggara. Arah tersebut sesuai dengan pola pergerakan sunda blok yaitu ke arah Timur. Pergeseran horisontal yang paling besar terjadi di titik CLBG sebesar 3.8 cm/tahun, dan nilai pergeseran terkecil di titik CUJK sebesar 2.0 cm/tahun.

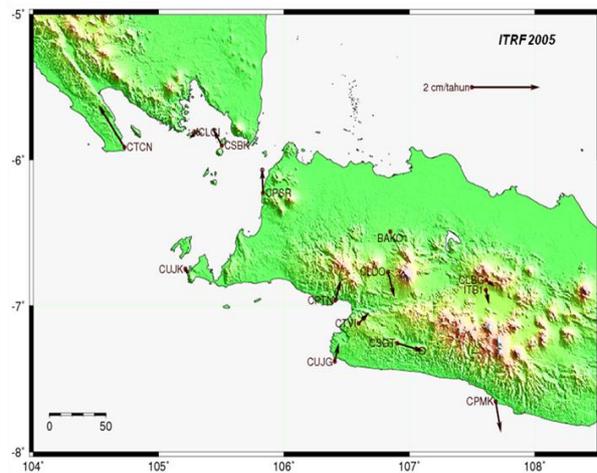


Gambar 6. Pola *velocity* residu terhadap Euler pole

Dari gambar 6 diatas memperlihatkan pola pergerakan titik masih memiliki kemiripan dengan Sunda Blok, hal ini terlihat arah vektor dominan bergerak ke arah Timur. Namun demikian titik CPMK mulai agak bergerak ke Selatan dikarenakan masih terpengaruh oleh *post seismic* gempa Pangandaran.

Di sebelah Barat Selat Sunda cenderung bergerak ke arah Barat Laut dengan kecepatan berkisar 2.21 - 3.16 cm/tahun dan memiliki kecepatan yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan sisi Timur Selat Sunda yaitu 2.09 - 3.24 cm/tahun, sehingga proses ekstensi lebih dominan terjadi diantara titik CUJK dan CTCN.

Pola yang digambarkan pada gambar 7 terlihat lebih jelas bahwa arah vektor menunjukkan pergerakan yang benar-benar murni gerakan dari masing-masing titik pengamatan. Pada titik CPMK terlihat masih adanya proses post seismik yang mempengaruhinya, terlihat dari arah vektor berlawanan arah dengan zona subduksi yaitu ke arah Selatan. Sedangkan titik-titik yang terletak dekat dengan sesar Cimandiri, antara lain : CPTN, CTVI, CUJG dan CLDO memiliki arah yang sedikit acak, kemungkinan besar terjadi karena dipengaruhi oleh aktifitas sesar Cimandiri.



Gambar 7. Pola *velocity* yang berasumsi pada ITRF 2005

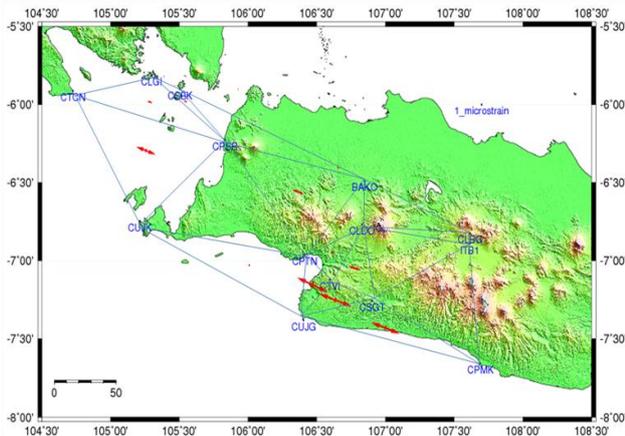
Analisis Regangan

Selanjutnya dari pola pergeseran dapat dibuat model regangan yang terdapat di seluruh titik pengamatan dengan jalan mendesain jaring segitiga sesuai prinsip segitiga *delanay*, seperti yang diperlihatkan pada gambar 8.

Secara umum, berdasarkan jaring segitiga yang dibentuk menggambarkan proses ekstensi yang dominan, terutama terlihat pada bagian selatan Jawa Barat. Selat Sunda mengalami ekstensi (bagian Selatan) yaitu antara titik CPTN dan CUJK, sedangkan pada bagian Utara mengalami kompresi (meskipun kecil), hal ini menjelaskan dan mengkonfirmasi dari beberapa penelitian terdahulu bahwa Selat Sunda mengalami ekstensi.

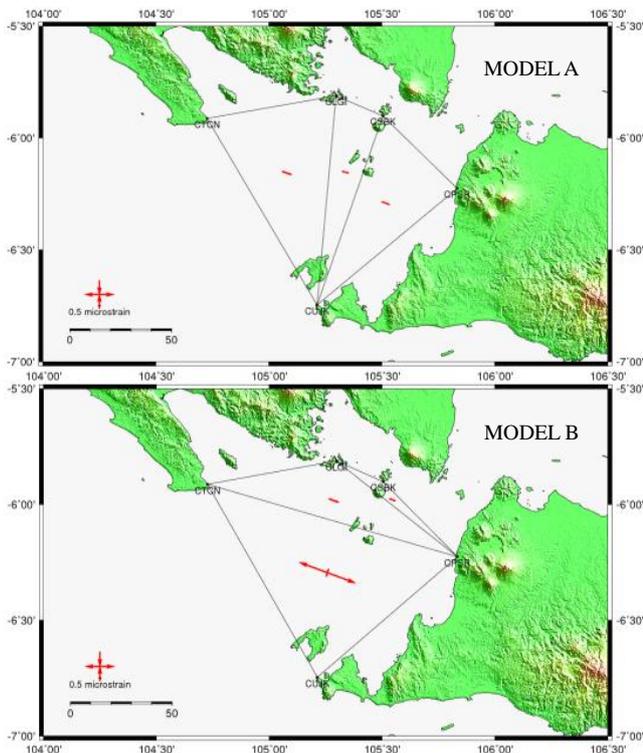
Beberapa model di bawah ini (model A dan model B) juga memperlihatkan adanya proses ekstensi secara dominan di Selat Sunda. Besarnya ekstensi maksimum adalah $0.018 \mu\text{strain}$ dan ekstensi minimum sebesar $0.00504 \mu\text{strain}$. Dan nilai

kompresi terbesar adalah $0.05925 \mu\text{strain}$, serta kompresi terkecil sebesar $0.00273 \mu\text{strain}$.



Gambar 8. Pola regangan di titik pengamatan

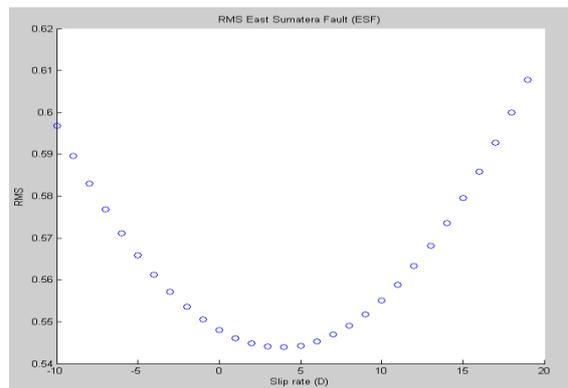
Untuk lebih mendetilkan pola yang sebenarnya terjadi di Selat Sunda, maka dalam model tersebut terdapat dua macam desain jaring segitiga, dimana masing-masing model berusaha menjelaskan kemungkinan pola regangan yang terjadi di Selat Sunda. Pada model A, memberikan gambaran telah terjadi kompresi antara titik CLGI-CSBK-CUJK, sedangkan titik CUJK-CTCN-CLGI proses ekstensi tidak begitu tampak jelas. Model B menjelaskan dengan tegas bahwa terjadi proses ekstensi antara titik CUJK dan CTCN.



Gambar 9. Desain model pola regangan A dan B

Estimasi dan analisis laju geser

Dalam perhitungan laju geser, data pergeseran di permukaan yang digunakan adalah komponen *easting* (de) saja. mengingat Sesar ESF adalah sesar yang memiliki arah timur-barat sehingga komponen pergeseran yang paling dipengaruhi adalah bagian timur-barat. Berdasarkan data Tim Revisi Peta Gempa Tahun 2010, diketahui bahwa kedalaman *locking* adalah 20 km, dengan asumsi nilai D adalah 18 mm/tahun. Untuk selanjutnya dihitung selisih antara pengamatan deformasi dengan model, seperti terlihat pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Laju geser sesar ESF

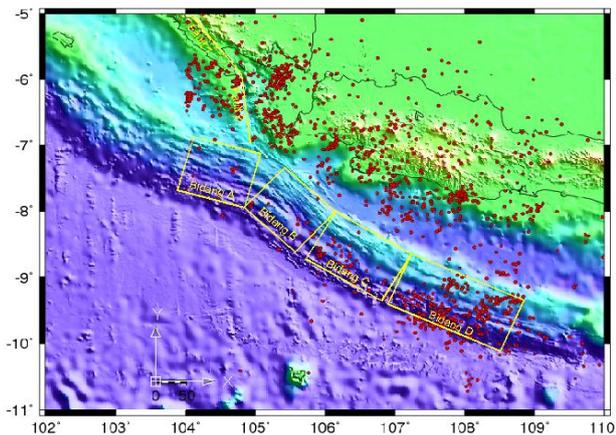
Dari grafik RMS dapat dilihat bahwa nilai yang minimum menunjukkan laju geser yang optimum, yaitu $RMS = 0.5439$, sehingga nilai laju geser ESF adalah 4.5 mm/tahun.

Analisis dan parameter sumber gempa

Proses berikutnya adalah memodelkan zona subduksi di semua titik pengamatan baik yang terdistribusi di Pulau Sumatera maupun di Pulau Jawa. Pemodelan ini dengan mengidentifikasi *coupling rate*. Adapun pemodelan tersebut bertujuan untuk melihat residu antara vektor pengamatan GPS dengan vektor model yang dibuat.

Pembagian bidang menjadi 4 (empat) segmen, yaitu bidang A dan B mewakili titik pengamatan di Selat Sunda, bidang C mewakili titik yang dekat dengan sesar Cimandiri, dan bidang D mewakili *post seismic* di dekat Pangandaran. Pemberian *coupling rate* yang berbeda-beda 100%, 50% dan 25% bertujuan untuk mengetahui model yang paling dapat mewakili data pengamatan, dan memberikan jawaban yang cukup masuk akal dengan sejarah kegunaan dan pola batimetrimya.

Selain itu juga dicoba untuk melibatkan sesar aktif Semangko, guna melihat pola vektor yang terdistribusi akibat adanya pemilihan bidang gempa tersebut.

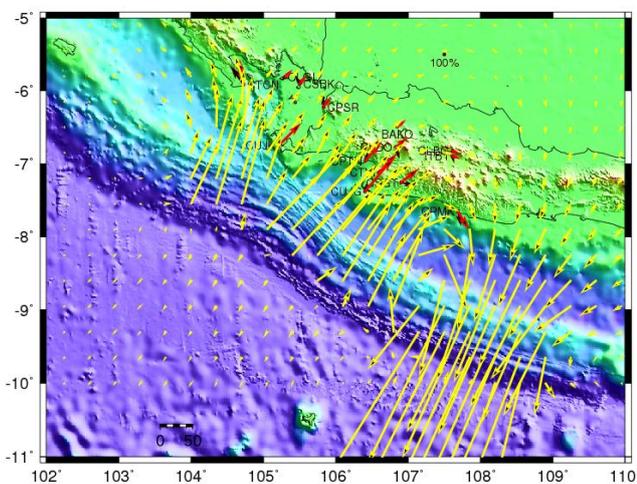


Gambar 11. Pembagian sumber bidang gempa

Pemodelan bidang sumber gempa yang pertama adalah satu bidang untuk mewakili semua titik pengamatan dengan memberikan *coupling rate* 100%. *Coupling rate* adalah presentase antara luasan bidang pertemuan lempeng yang terangkat dibandingkan dengan pergerakan lempeng secara globalnya.

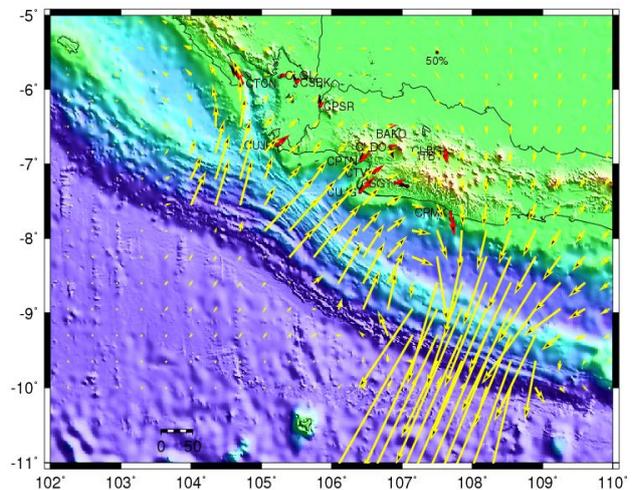
Dari plot bidang sumber gempa, parameter dapat diketahui untuk menghasilkan model, yaitu kedalaman (*D*) diasumsikan 4 km, lebar bidang (*W*) 125.43 km, panjang (*L*) bidang A = 111.85 km, bidang B = 111.85 km, bidang C = 141.69 km, bidang D = 198.58 km dan *post seismic* deformasi sebesar 18 cm/tahun

Parameter yang digunakan dalam penentuan bidang gempa dengan *coupling rate* 100%, 50% dan 25% dapat dilihat pada lampiran 2. Hasil pemodelan bidang sumber gempa dengan *coupling rate* 100% menggambarkan panah merah adalah pergeseran dari model dan panah hitam adalah pergeseran titik pengamatan yang sudah bebas dari semua pengaruh, baik global maupun lokal, panah kuning menggambarkan grid model deformasi.



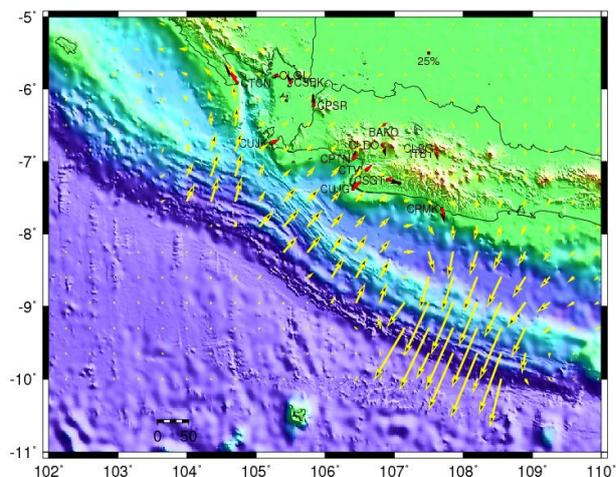
Gambar 12. Pemodelan deformasi *coupling rate* 100%

Pada gambar 12 menunjukkan arah panah model belum terlalu berhimpit dengan pengamatan di permukaan, sehingga perlu dilakukan pemodelan ulang. Pemodelan yang kedua dengan memberikan *coupling rate* 50%, kemudian dihitung dan diplot ulang agar diketahui perubahannya.



Gambar 13. Pemodelan deformasi *coupling rate* 50%

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pergerakan antara model dengan titik sebenarnya belum memberikan hasil yang maksimal, artinya model belum benar-benar mencerminkan pergerakan real dari sumber gempanya, sedangkan panah kuning menggambarkan pola deformasinya. Terlihat bahwa pemberian nilai *coupling rate* yang semakin kecil akan merubah nilai grid model yang ekuivalen dengan nilai *coupling ratenya*. Model yang terakhir dengan memberikan *coupling rate* 25%, untuk kemudian dilakukan perhitungan ulang



Gambar 14. Pemodelan deformasi *coupling rate* 25%

Secara garis besar hasil keseluruhan dari model tersebut memberikan hasil sebagai berikut :

- (1) Pada bidang D arah pergeseran percepatan grid model memberikan arti pengaruh *post seismic* deformasi masih dominan, sehingga arahnya menuju kearah selatan.
- (2) Bidang A dan B, pengaruh subduksi tidak memberikan arti yang signifikan, sehingga pada zona Selat Sunda yang dominan adalah pengaruh sesar Semangko dan Patahan Sumatera.
- (3) Besarnya percepatan pergeseran model (merah) yang hampir berhimpit dengan data pengamatan (hitam), memberikan arti model sudah sesuai dengan data pengamatan

Kesimpulan dan saran

Dari penelitian yang dilakukan, maka kesimpulan yang dapat direkomendasikan antara lain: disebelah Selatan Selat Sunda, cenderung mengalami ekstensi secara dominan sebesar $0.018 \mu\text{strain}$, sedangkan di bagian Utara Selat Sunda cenderung mengalami kompresi sebesar $0.00273 \mu\text{strain}$. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil penelitian GPS kontinyu secara empiris dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk memberikan informasi deformasi yang terjadi di Selat Sunda, dan kawasan Selat Sunda secara tektonik mengalami peregangan (*extension*), yang pada akhirnya menginformasikan adanya potensi gempa bumi di kawasan tersebut, sehingga diperlukan upaya mitigasi, dikaitkan dengan wacana pembangunan Jembatan Selat Sunda dan investasi ekonomi di kawasan industri Propinsi Banten. Faktor terbesar yang menyebabkan Selat Sunda terjadi ekstensi dan deformasi adalah adanya sesar aktif dari Patahan Sumatera, dan peranan zona subduksi kecil pengaruhnya terhadap aktivitas seismik.

Disamping itu titik-titik pengamatan GPS kontinyu yang berada di daerah Selat Sunda dominan mengalami pergeseran ke arah Barat Laut dengan kecepatan pergeseran berkisar antara 2.21 cm/tahun sampai 3.16 cm/tahun yaitu antara titik CTCN-CUJK dan bereferensi pada ITRF 2005 yang mengakibatkan tingkat laju geser Patahan Sumatera segmen Sesar Semangko adalah 2.5 cm/tahun, dengan kedalaman 8 km dan mekanisme *dextral*, hal tersebut secara kuantifikasi memberikan hasil bahwa data GPS kontinyu tidak jauh berbeda secara signifikan dengan beberapa penelitian terdahulu yaitu 0.7–2.0 cm/tahun.

Sementara itu berkaitan dengan model subduksi yang menggunakan formula dislokasi Okada dan pemberian *coupling rate* sebesar 25% serta *post seismic* sebesar 6 cm/tahun, memberikan hasil bahwa model deformasi yang dihasilkan mendekati dengan data pengamatan GPS kontinyu.

Adapun saran yang didapat dari hasil penelitian ini, yaitu : diperlukan jaringan pengamatan GPS kontinyu yang lebih rapat, terdistribusi dengan baik, dan dapat mewakili densitas untuk memantau aktifitas sesar di wilayah Selat Sunda dengan lebih baik, terutama pada zona aktif. Berkaitan dengan data *time series* diperlukannya kajian peningkatan kualitas data *time series* GPS agar dapat memberikan informasi terperinci berkaitan dengan studi deformasi mengingat konten data *time series* tersebut masih banyak bias dan *outlier*.

Pemodelan deformasi yang disarankan pada penelitian kali ini bahwa penentuan *coupling rate* yang lebih detil dengan jalan melakukan perhitungan inversi akan memberikan model bidang gempa yang lebih akurat.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didukung oleh program penelitian tektonik aktif AIFDR-LPPM ITB, dan mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada BIG yang telah berbagi data GPS kontinyu di lokasi penelitian, laboratorium GREAT dan KK Geodesi, FITB-ITB atas semua fasilitas sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., 2007, “*Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*”, P.T. Pradaya Paramita, Cetakan ketiga, Jakarta.
- Andreas, H., dan kawan kawan, 2007, “*Implikasi Co-Seismic dan Post-Seismic Horizontal Displacement Gempa Aceh 2004 Terhadap Status Geometrik Data Spasial Wilayah Aceh dan Sekitarnya*”, Kelompok Keilmuan Geodesi Program Studi Teknik Geodesi, ITB, Bandung.
- Awaluddin, 2010, “*Hitungan Distribusi Slip Gempa Bengkulu Tahun 2007 Dari Data Pengamatan GPS Dengan Teknik Inversi Kuadrat Terkecil*”, Tesis Program Studi Magister Geodesi dan Geomatika, FITB- ITB, Bandung.
- Bock, Y. et.al, 2003, “*Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System (GPS) Measurements*”, *Journal of Geophysical Research*, 108, Number B8, Pages 3-1 to 3-17, American Geophysical Union, USA
- Djawahir, 2010, “*Seminar Nasional GNSS-CORS Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia*”, Jurusan Teknik Geodesi, UGM, Yogyakarta
- Krisnanto, S., 2004, “*Analisis Seismic Hazard dan Site Specific Response untuk Selat Sunda*”, Tesis Jurusan Teknik Sipil, FTSL-ITB, Bandung.

- Natawidjaja, D., 2007, “*Tectonic Setting di Indonesia dan Pemodelan sumber Gempa dan Tsunami, Pelatihan Pemodelan Run-Up Tsunami*”, Ristek-Geoteknologi, LIPI, Bandung.
- Natawidjaja, D., et.al, 2007, “The Sumatran Fault Zone : From Source to Hazard, *Journal of Earthquake and Tsunami*, 1, Number 1, World Scientific Publishing Company, Research Grant LIPI-Tectonic Observatory Caltech-National Scientific Foundation
- Okada, Y., 1985, “Surface Deformation Due To Shear And Tensile Faults in A Half-Space”. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75, 4, h. 1135-1154.
- Pramumijoyo, Subagyo dan Michel Sebrier, 1991, “Neogene and Quaternary Fault Kinematics Around The Sunda Strait Area, Indonesia”. *Journal of Southern Asian Earth Sciences*, 6 No. 2, p. 137-145
- Pramumijoyo, S., 2008, “Geometri dan Kinematika Sesar Semangko dari Citra Radar dan Pengamatan Mikrotektonik di Lapangan”, *Jurnal Media Teknik*, 3 Tahun XXX, Edisi Agustus 2008, Halaman 284-289, Yogyakarta.
- Sarsito, D.A., 2010, “*Pemodelan geometrik dan kinematik kawasan Sulawesi, Kalimantan bagian Timur berdasarkan data GNSS-GPS dan gaya berat global*”, Disertasi Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, FITB-ITB, Bandung
- Segall, Paul., 2010, “*Earthquake and Volcano Deformation*”, Princeton University Press, Princeton and Oxford, p 37-38.
- University of Bern, 2010, “Bernese Manual GPS Software”.
<http://www.bernese.unibe.ch/features.html>
- Zulfakriza, 2010, “*Estimasi Laju Geser dan Kedalaman Sumber Gempa Pada Sesar aktif Berdasarkan Survei GPS Untuk Analisis Bahaya Kegempaan di Provinsi Aceh*”, Tesis Program Studi Magister Teknik Geodesi dan Geomatika, FITB-ITB, Bandung



Panitia Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial

Jurusan Teknik Geodesi

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jln. Grafika no 2. Bulaksumur Yogyakarta, Indonesia, 55281

Phone/Fax: +62274-520226

CP: Dr.Eng.Purnama Budi Santosa

email: cgise.ugm@gmail.com

ISBN 978-979-98731-4-9



9 789799 873149