

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.EPA.09

# ANALISIS *COULOMB STRESS* GEMPA BUMI DELI SERDANG 16 JANUARI 2017

Tio Azhar Prakoso Setiadi <sup>a)</sup>, Yusuf Hadi Perdana, Supriyanto Rohadi

*Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG, Jl. Angkasa 1 no 2 Kemayoran, Jakarta*

Email: <sup>a)</sup> tio.prakoso@bmgk.go.id

## Abstrak

Gempabumi darat dengan magnitudo M 5,6 mengguncang wilayah Deli Serdang, Sumatera Utara pada 16 Januari 2017. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui perubahan *Coulomb stress* gempabumi Deli Serdang. Analisis perubahan nilai *Coulomb stress* dilakukan untuk menunjukkan pengaruh gempabumi utama terhadap gempabumi susulannya. Data mekanisme sumber gempabumi diperoleh dari *Global Centroid Moment Tensor (GCMT)* dan *German Research Centre for Geosciences (GFZ)*. Distribusi gempabumi utama dan gempabumi susulan sebelumnya telah direlokasi menggunakan metode *Modified Joint Hypocenter Determination (MJHD)*. Data yang digunakan untuk merelokasi hiposenter adalah data waktu tiba fase gelombang primer dan sekunder. Data tersebut diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan rentang waktu 16 Januari 2017 – 30 Januari 2017..

**Kata-kata kunci** Perubahan *Coulomb stress*, relokasi MJHD, gempabumi Deli Serdang.

## Abstract

Earthquake magnitude M 5,6 shaken around Deli Serdang, North Sumatera on January 16th 2017. This research aims to understand Coloumb stress changes of Deli Serdang Earthquake. The analysis of Coloumb stress changes has done to indicate the influence of mainshock toward aftershocks. Earthquake source mechanisms data obtained from Global Centroid Moment Tensor (GCMT) and German Research Centre for Geosciences (GFZ). The distribution of the mainshock and aftershocks had been relocated using Modified Joint Hypocenter Determination (MJHD) method. We used arrival time of primary and secondary wave phase to relocate the hypocenter. The data obtained from the Indonesian Agency for Meteorology Climatology and Geophysics (BMKG) in the period from January 16th 2017 to January 30th 2017.

**Keywords:** Coloumb stress changes, MJHD relocation, Deli Serdang earthquake.

## PENDAHULUAN

Sumatera merupakan wilayah dengan tingkat kegempaan yang tinggi. Sumber utama gempa bumi di wilayah ini adalah busur Sunda dan sesar Sumatera. Penelitian Natawidjaja [1] menunjukkan bahwa lempeng busur Sunda menumbuk lempeng Eurasia secara oblique dengan kecepatan 6 cm/tahun. Sesar Sumatera merupakan konsekuensi dari tumbukan oblique subduksi di busur Sunda bagian barat. Konvergensi pada busur Sunda juga diakomodasi oleh sesar Sumatera di sepanjang zona gunung api dengan arah sejajar dengan arah trench [2];[3].

Gempabumi terjadi akibat adanya pelepasan stress batuan. Ketika batas elastis batuan terlampaui maka terjadi pelepasan energi sebagai gempa bumi akibat batuan sudah tidak mampu lagi menahan stress. Salah satu metode untuk melihat sebaran stress gempa bumi adalah metode perubahan *Coulomb stress* [4]. Penelitian untuk mempelajari perubahan *Coulomb stress* telah banyak dilakukan oleh para peneliti, antara lain oleh Parsons, dkk [5] dan Miao [6]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan *Coulomb stress* gempa bumi Deli Serdang dan pengaruh pelepasan stress gempa bumi utama tersebut terhadap gempa bumi berikutnya.

## METODE PENELITIAN

### Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mekanisme sumber yang diperoleh dari GFZ [7]. Informasi solusi bidang sesar dari GFZ mencakup strike, dip, dan rake pada 2 bidang nodal. Data waktu tiba gempa bumi diperoleh dari BMKG [8] dengan batasan 3°-4° LU dan 97°-99° BT. Relokasi data gempa bumi susulan menggunakan metode Relokasi *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD) [9] dilakukan untuk menentukan bidang sesar dari dua bidang nodal.

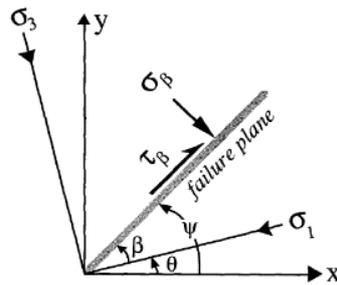
### Metode Penelitian

*Coulomb stress* merupakan metode yang digunakan untuk melihat distribusi *stress* baik yang sudah terlepas atau yang masih tersimpan pada suatu lempengan atau sesar. Melalui metode ini dapat ditentukan arah pergerakan *stress* yang sangat membantu dalam memperkirakan arah persebaran gempa bumi susulan. Formula sederhana pada *Coulomb Failure Stress* [4] dinyatakan dengan persamaan 1.

$$\sigma_f = \tau_\beta - \mu(\tau_\beta - p) \quad (1)$$

$\tau_\beta$  menyatakan *shear stress* paralel terhadap arah *slip*,  $\sigma_\beta$  adalah *normal stress*,  $p$  tekanan pori fluida, dan  $\mu$  koefisien friksi. Nilai  $\tau_\beta$  dalam persamaan ini harus selalu positif, namun proses perhitungan *stress* pada suatu sesar dapat bernilai positif atau negatif tergantung pada arah *slip* potensial ke kanan atau mengarah ke kiri.

Melalui sistem koordinat sumbu *stress* pada Gambar 1 ditunjukkan bidang sesar (*failure plane*) yang dikenakan *normal stress*  $\sigma_\beta$ . Selanjutnya orientasi bidang sesar dengan sudut  $\beta$  membentuk  $\sigma_1$  sebagai *stress* utama terbesar dan  $\sigma_3$  sebagai *stress* utama terkecil, dengan  $\tau_\beta$  adalah *shear stress* bidang sesar. Kompresi dan *shear stress* mengangan pada bidang sesar pada gambar 1 dianggap positif. Tanda  $\tau_\beta$  terbalik dalam perhitungan *Coulomb stress* untuk sesar geser mengangan pada bidang sesar spesifik. Perubahan *Coulomb stress* dalam bidang sesar optimal dapat dihitung sebagai hasil dari *slip* sesar utama tempat gempa bumi susulan diperkirakan terjadi pada bidang sesar tersebut.



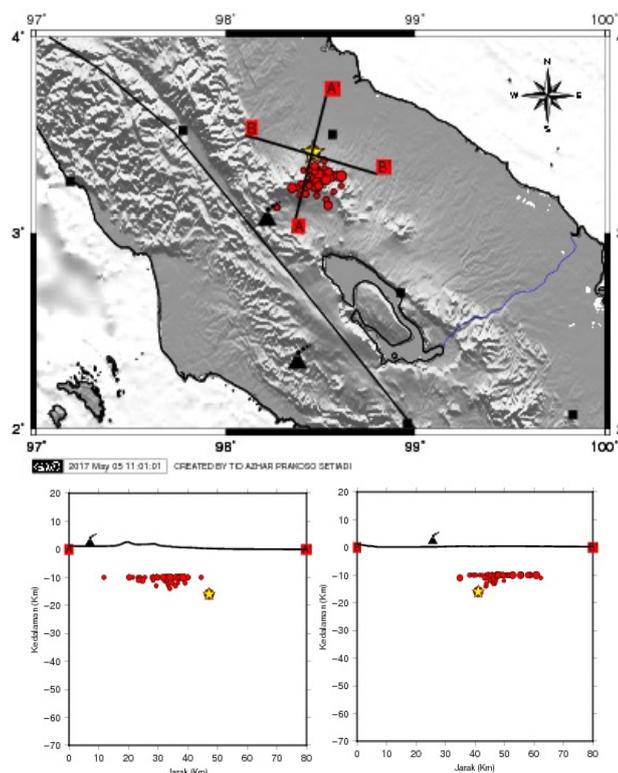
**GAMBAR 1.** Sistem koordinat sumbu yang digunakan untuk perhitungan *Coulomb stress* pada bidang sesar optimal [4].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Relokasi Gempabumi dengan Metode MJHD

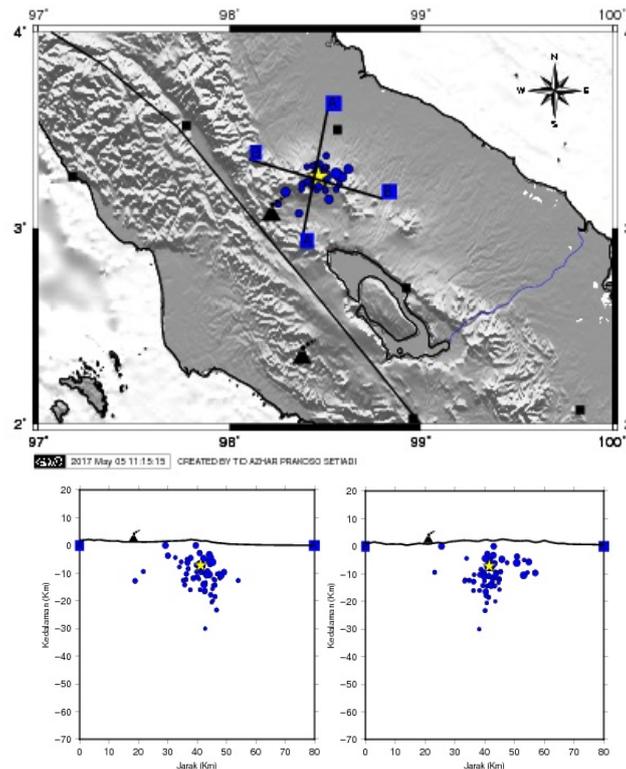
Posisi hiposenter gempabumi yang tepat sangat menentukan hasil penelitian tentang interaksi antara gempabumi utama terhadap gempabumi berikutnya. Untuk mendapatkan data hiposenter yang baik dengan nilai resiudal yang kecil, maka dilakukan relokasi hiposenter gempabumi menggunakan data dari katalog BMKG. Metode yang digunakan dalam perhitungan relokasi ini adalah metode MJHD. Prinsip metode MJHD adalah melakukan perhitungan relokasi menggunakan sistem koordinat bola dan model kecepatan global satu dimensi [10].

Penggunaan sistem koordinat bola pada metode MJHD bertujuan untuk mengurangi efek sebaran stasiun lokal yang kurang baik di wilayah Deli Serdang karena dalam pengolahannya melibatkan data waktu tiba gelombang seismik dari jaringan stasiun seismik global. Dalam relokasi metode MJHD terdapat koreksi stasiun yang ditambahkan guna mendapatkan hiposenter baru. Hal ini menyebabkan adanya perbedaan hasil perhitungan relokasi dengan perhitungan hiposenter awal meskipun model kecepatan yang digunakan sama, dan membuat hasilnya menjadi lebih akurat.

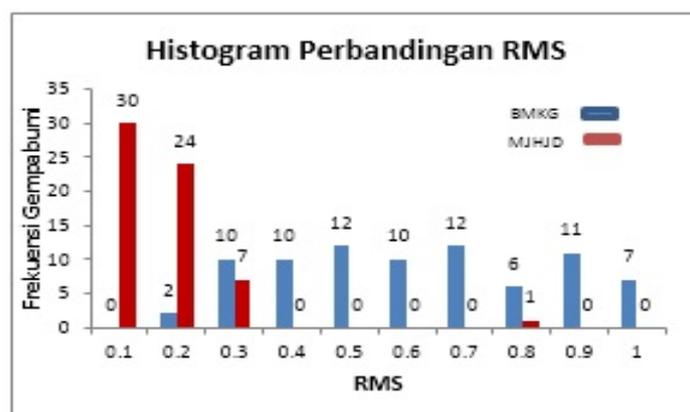


**GAMBAR 2.** Distribusi gempabumi sebelum relokasi. Sebaran gempabumi hasil *cross section* ditunjukkan dengan lingkaran warna merah, simbol bintang merupakan gempabumi utama studi kasus penelitian.

Sebelum dilakukan relokasi (gambar 2), episenter gempabumi tampak terdistribusi secara acak bahkan *cross section* hiposenter menunjukkan banyak gempabumi dengan kedalaman *fix depth* 10 km. Hasil relokasi gempabumi (gambar 3) menunjukkan sebanyak 63 gempabumi terelokasi dari 81 kejadian gempabumi yang terekam. Berkurangnya jumlah kejadian setelah relokasi ini disebabkan adanya batas minimal stasiun dan residu yang ditetapkan, sehingga gempabumi yang tidak memiliki stasiun pencatat yang cukup dan residu yang kurang baik akan dihilangkan.



**GAMBAR 3.** Distribusi gempabumi setelah relokasi. Sebaran gempabumi hasil *cross section* ditunjukkan dengan lingkaran warna biru, simbol bintang merupakan gempabumi utama studi kasus penelitian.

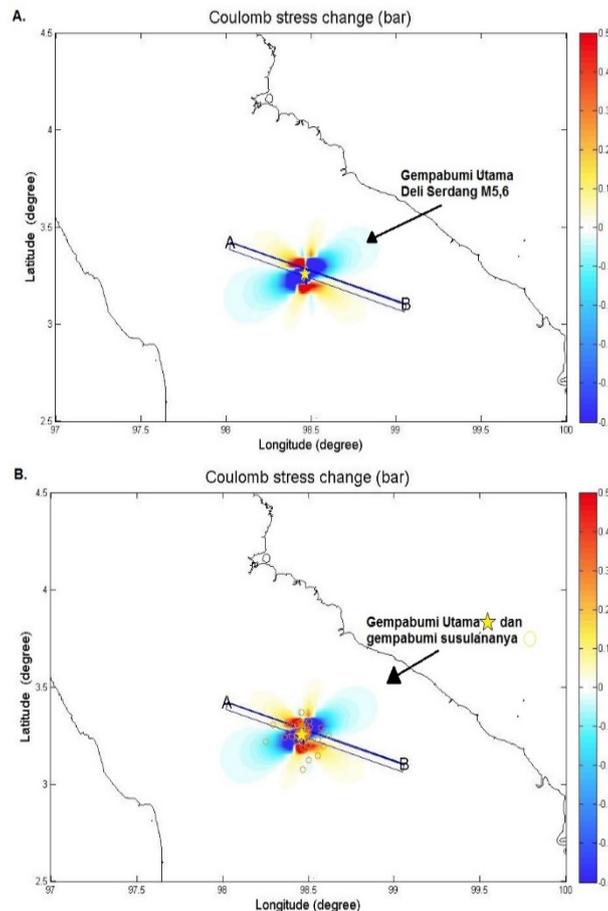


**GAMBAR 4.** Grafik perbandingan nilai RMS gempabumi sebelum dan setelah relokasi

Salah satu indikator yang menunjukkan hasil relokasi menggunakan MJHD baik adalah nilai RMS (*Root Mean Square*). Gambar 4 menunjukkan nilai RMS MJHD terkonsentrasi pada nilai antara 0,1-0,8, sementara nilai RMS BMKG tersebar pada setiap nilai, bahkan sebanyak 18 event mempunyai RMS > 0,9 (gambar 4). Hal ini membuktikan bahwa hasil relokasi dengan MJHD menghasilkan posisi hiposenter yang lebih baik.

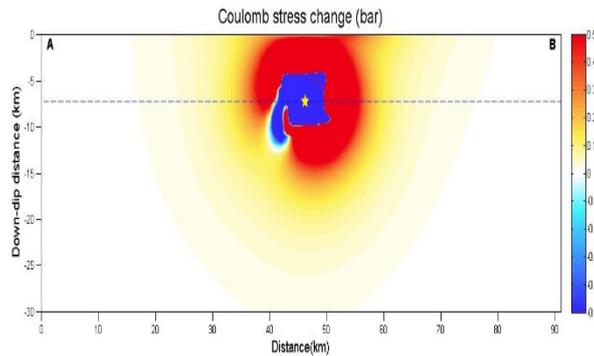
### Perubahan *Coulomb stress* Saat Gempabumi Deli Serdang 16 Januari 2017

Gempabumi yang berlokasi sekitar 28 km barat daya Kabupaten Deli Serdang dengan kekuatan M 5,6 terjadi pada 16 Januari 2017 pukul 19:42:12 WIB. Berdasarkan hasil relokasi, posisi pusat gempabumi berada pada koordinat  $3.26^\circ$  LU dan  $98,46^\circ$  BT dengan kedalaman 7,2 km. Gempabumi ini memiliki mekanisme strike-slip dengan parameter bidang sesar strike  $14^\circ$ , dip  $82^\circ$ , dan rake  $-30^\circ$  [7]. Gambar 5 menunjukkan distribusi perubahan *Coulomb stress* yang disebabkan oleh gempabumi Deli Serdang. Tampak lobus negatif menyebar pada arah timur laut - barat daya, sementara lobus positif terdistribusi di wilayah barat laut - tenggara.



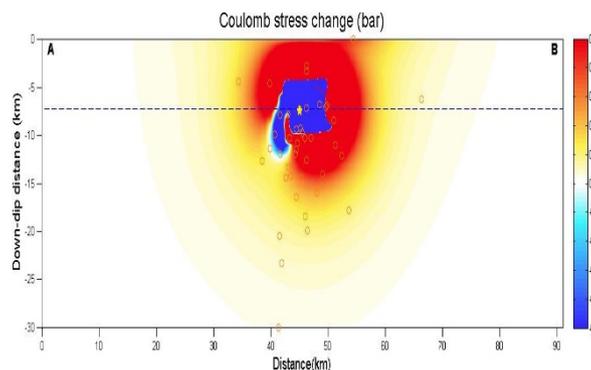
**GAMBAR 5.** A. Distribusi perubahan *Coulomb stress* gempabumi utama tanggal 16 Januari 2017 dan B. Distribusi perubahan *Coulomb stress* gempabumi utama dan susulannya tanggal 16 – 30 Januari 2017.

Penampang vertikal pada Gambar 6 menunjukkan distribusi perubahan *Coulomb stress* terhadap kedalaman. Irisan melintang dengan lintasan memotong gempabumi utama dilakukan dengan tujuan mengetahui distribusi *stress* gempabumi utama. Simbol bintang berwarna kuning menunjukkan posisi hiposenter gempabumi utama M 5,6. Terlihat posisi hiposenter gempabumi utama berada pada lobus negatif. Pada lobus negatif ini *stress* telah terlepas sehingga zona ini telah mengalami relaksasi namun masih dimungkinkan terdapat *stress* di zona ini.



GAMBAR 6. Penampang vertikal distribusi perubahan *coulomb stress* gempa bumi 16 Januari 2017.

Gambar 7 menunjukkan bahwa posisi hiposenter gempa bumi susulan berada di lobus positif. Hasil tersebut sesuai dengan teori perubahan nilai *Coulomb stress* statis, yakni pusat gempa bumi yang terpicu oleh gempa bumi utama berada di wilayah lobus positif atau wilayah peningkatan *Coulomb stress*. Posisi hiposenter gempa bumi susulannya mendominasi wilayah akumulasi *stress* atau perubahan *Coulomb stress* positif dengan nilai sekitar 0,1 hingga 0,5 bar. Hal ini menunjukkan bahwa gempa bumi 16 Januari 2017 telah menyebabkan akumulasi *stress* yang kemudian memicu terjadinya gempa bumi susulannya hingga tanggal 30 Januari 2017.



GAMBAR 7. Penampang vertikal distribusi perubahan *coulomb stress* gempa bumi tanggal 16 - 30 Januari 2017.

### SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, hiposenter hasil relokasi menggunakan metode MJHD menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan hiposenter sebelum relokasi yang ditunjukkan dari nilai RMS yang mendekati 0. Perubahan signifikan terlihat pada gempa bumi yang mempunyai kedalaman fix depth 10 km. Dan, hasil perubahan *Coulomb stress* gempa bumi Deli Serdang 16 Januari 2017 terjadi pada lobus negatif (warna biru), tempat *stress* telah terlepas sehingga mengalami relaksasi dan memicu interaksi 64 kejadian gempa bumi berikutnya di wilayah Deli Serdang yang ditunjukkan oleh lokasi hiposenter gempa bumi yang berada pada wilayah lobus positif perubahan *Coulomb stress* (warna merah) dengan nilai berkisar antara 0,1 hingga 0,5 bar.

#### REFERENSI

- [1] D. Natawidjaja, "Neotectonics of the Sumatran fault and paleogeodesy of the Sumatran subduction zone," Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, California, Amerika, 2002
- [2] K. Sieh, dan D. Natawidjaja, , "Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia," *J. Geophys. Res.: Solid Earth* (1978–2012), 105 (2000), 28295–28326, 2000.
- [3] D.Natawidjaja, dan W. Triyoso, "The Sumatran fault zone - from source to hazard," *J. Earthquake and Tsunami* 01, 21-47, 2007.
- [4] G.C.P. King, R.S. Stein, dan J. Lin, "Static Stress Changes and the Triggering of Earthquakes," *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 84, No. 3, 935-953, 1994.
- [5] T. Parsons, S.Y. Robert, Y. Yuji, and H. Ahmad, Static Stress Change From the 8 October, 2005  $M = 7,6$  Kashmir Earthquake. *Geophysical Research Letters*, v.33, 2006.
- [6] M. Miao, and Z. Shou-Biao, Study of The Impact Of Static Coulomb stress Changes Of Megathrust Earthquakes Along Subduction Zone On The Following Aftershocks, *Chinese Journal Of Geophysics*, Vol.55, No.5, pp. 539-551, 2012.
- [7] GFZ. (2017, Mar 14). GFZ Earthquake info: event search [Online] Available: <http://geofon.gfz-potsdam.de>
- [8] BMKG. (2017, Mar 15). Earthquake Repository [Online]. Available: <http://repo.gempa.bmkg.go.id>
- [9] N. Hurukawa, B.R. Wulandari, and M. Kasahara, "Earthquake History of the Sumatran Fault, Indonesia, since 1982 Derived from Relocation of Large Earthquake," *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 104, 1750-1762, 2014.
- [10] B.L.N. Kennen, and E.R. Engdahl, Travel Times for Global Earthquake Location and Phase Association, *Geophysical Journal International*, Vol. 105, 429-465, 1991.

