

**ANALISIS PERUBAHAN NILAI *COULOMB STRESS*  
PADA SESAR PALU-KORO AKIBAT KEJADIAN  
GEMPABUMI SULAWESI TENGAH TAHUN 2000 - 2019**

**SKRIPSI**

*Dibuat sebagai salah satu syarat tugas akhir*



**OLEH:**

**RANY MEIDIANI**

**08021181621020**

**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN  
ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PERUBAHAN NILAI *COULOMB STRESS* PADA SESAR  
PALU-KORO AKIBAT KEJADIAN GEMPABUMI SULAWESI TENGAH  
TAHUN 2000-2019**

**SKRIPSI**

Bidang Studi Fisika

Oleh:

**Rany Meidiani**

**08021181621020**

**Menyetujui,**

**Indralaya, Juni 2021**

Pembimbing I



**Dr. Siti Sailah, M.T.**

**NIP. 197010201994122001**

Pembimbing II



**Dr. Azhar Kholiq Affandi, M.S.**

**NIP. 196109151989031003**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Fisika**



**Dr. Fransyah Virgo, S.Si., M.T.**

**NIP. 197009101994121001**

# **Analisis Perubahan Nilai *Coulomb Stress* Pada Sesar Palu-Koro Akibat Kejadian Gempabumi Sulawesi Tengah Tahun 2000-2019**

## **ABSTRAK**

Wilayah Sulawesi Tengah memiliki resiko yang tinggi terhadap terjadinya gempabumi. Hal ini disebabkan wilayah Sulawesi Tengah memiliki sumber gempabumi yang berada di laut dan di darat. Sumber gempabumi di laut berasal dari penunjaman sesar Sulawesi Utara yang terletak di sebelah utara pulau Sulawesi, sedangkan sumber gempabumi di darat berasal dari sesar-sesar aktif di daratan Sulawesi Tengah yang salah satunya adalah sesar Palu-Koro yang merupakan sesar utama di Sulawesi Tengah.

Di antara banyaknya kejadian gempabumi yang terekam selama kurun waktu tahun 2000-2019, terdapat 19 kejadian gempabumi utama yang memiliki magnitudo  $\geq 5,8$ . Kejadian gempabumi utama ini di analisis menggunakan metode *coulomb stress* untuk melihat distribusi perubahan nilai *stress* serta interaksi antar kejadian gempabumi utama. Data penelitian di dapatkan dari katalog *Global Centroid Moment Tensor* (GlobalCMT) dan *United States Geological Survey* (USGS).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan nilai coulomb stress disebabkan oleh beberapa faktor yaitu parameter bidang sesar, magnitudo dan hiposenter gempabumi. Kejadian gempabumi susulan dominan berada di wilayah yang mengalami peningkatan nilai coulomb stress dan di sekitar bidang patahan sesar. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat satu kejadian gempabumi utama yang memicu gempabumi utama lainnya, yaitu gempabumi 18 Agustus 2012 yang memicu gempabumi 29 Mei 2017.

**Kata Kunci:** *coulomb stress*, interaksi kejadian gempabumi signifikan wilayah Sulawesi Tengah, sesar Palu-Koro, pemicuan gempabumi

## **Coulomb Stress Change Analysis on Palu – Koro Fault Caused by Central Celebes Earthquake in 2000 – 2019 Period**

### **ABSTRACT**

Central Celebes region have a high risk towards earthquake event. This is caused by the source of earthquake can be triggered both on land and at sea. The sea earthquake occurred because the subduction from the Northern Celebes fault that located on Northern part of Sulawesi Island, while the land earthquake source are caused by active faults in Central Sulawesi one of which is Palu – Koro fault, where which is the main fault in Central Sulawesi.

Among the many earthquake events recorded during the 2000-2019 period, there are 19 major earthquake events with a magnitude  $\geq 5.8$ . The main earthquake events are analyzed using the coulomb stress method to see the distribution of changes in stress values and the interactions between major earthquake events. Research data was obtained from the Global Centroid Moment Tensor (GlobalCMT) and United States Geological Survey (USGS) catalogs.

The results showed that the changes in the coulomb stress value were caused by several factors, namely the fault plane parameter, magnitude and hypocenter of the earthquake. The dominant aftershocks events occurred in areas where the coulomb stress value has increased and around the fault area. Based on the research result, there was one major earthquake that triggered another major earthquake, namely the 18 August 2012 earthquake which triggered the 29 May 2017 earthquake.

**Key Words: coulomb stress, interaction between significant earthquake in Central Sulawesi region, Palu-Koro fault, earthquake triggering**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT. karena berkat rahmat taufik dan karunia-Nya skripsi berjudul “**Analisis Perubahan Nilai *Coulomb Stress* Pada Sesar Palu-Koro Akibat Kejadian Gempabumi Sulawesi Tengah Tahun 2000 – 2019**” ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad Saw beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas motivasi, doa, serta ide-ide yang sangat membantu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Anis Saggaf, M.S.C.E., selaku Rektor Universitas Sriwijaya dan Civitas Akademika Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Hermansyah, M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Siti Sailah, M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, nasihat serta bantuan yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir penyusunan.
5. Bapak Dr. Azhar Kholiq Affandi, M.S., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, nasihat serta bantuan yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir penyusunan.
6. Ibu Dr. Erry Koriyanti, M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dalam proses akademik.
7. Bapak Sutopo, M.Si., Bapak Dr. Supardi, S.Pd., M.Si., Bapak M. Yusup Nur Khakim, S.Si., M.Si., Ph.D.Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan koreksi dalam penulisan skripsi ini.
8. Seluruh Bapak/Ibu dosen serta Staff karyawan Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

9. Bapak Litman, S.T., M.Ling. selaku Ketua Stasiun Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kepahiang.
10. Bapak Milzam Wafiazizi, S.Tr., selaku pembimbing penelitian tugas akhir di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kepahiang.
11. Seluruh Bapak/Ibu Staff karyawan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Kepahiang yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
12. Kedua orang tua, Bapak Muhammad Nur dan Ibu Pertiwi, yang selalu memberikan doa, ilmu, pelajaran hidup serta motivasi.
13. Saudara-saudari penulis yaitu Novran Muhammad Zulqornain, Arjunita Eka Putri Muhammad Ridho, Naria Nur Fitri, Rina Triana serta keponakan Syifa Zahira Faiha, Azka Zaina Ardiningrum dan Akhmar Muhammad Arvan yang memberi semangat dan motivasi dalam penulisan skripsi ini.
14. Rekan-rekan seperjuangan dalam penelitian tugas akhir Dwi Anggraeny Agustieny dan Bayu Karneda.
15. Rekan seperjuangan Abdul Ghofur, Retno Alviah, Kurniasi, Eliantina Avianti, Harni Mei Lastinah, Auliyah Rahma Wardani, Ilham Maulana yang banyak membantu sebelum dan saat mengerjakan skripsi dan yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis.
16. Rekan seperjuangan Fisika Angkatan 2016.
17. Milzam Wafiazizi yang membantu dalam penyusunan serta memberikan masukan dan ide-ide skripsi dari awal hingga akhir. Dan sebagai motivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

**Indralaya, Mei 2021**

**Rany Meidiani**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACK</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang` .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. <i>Elastic Rebound Theory</i> .....	3
2.2. Pengaruh Perubahan <i>Coulomb Stress</i> .....	4
2.3. Penentuan Parameter Bidang Sesar.....	6
2.4. Metode <i>Coulomb Stress</i> .....	8
2.5. Susunan Tektonik Sulawesi Tengah.....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	13
3.2. Data Penelitian.....	13
3.3. Wilayah Penelitian.....	14
3.4. Perangkat Lunak Penelitian.....	15
3.5. Metode Penelitian.....	15

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Gempabumi Utama Dengan Magnitudo 5,8 – 5,9.....	18
4.2. Gempabumi Utama Dengan Magnitudo 6,0 – 6,5.....	22
4.3. Gempabumi Utama Dengan Magnitudo 6,7 – 7,5.....	27
4.4. Analisis Kejadian Gempabumi Utama 4 Mei 2000 Menggunakan Model Distribusi Slip Bidang.....	30
4.5. Analisis Gempabumi Pemicu.....	34

## **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran.....	36

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>37</b>
----------------------------	-----------

<b>DAFTAR INDEKS.....</b>	<b>39</b>
---------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>
----------------------	-----------



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Data Gempabumi Utama.....	14
Tabel Data Gempabumi Susulan.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Mekanisme Terjadinya Gempabumi.....	3
Gambar 2.2. Siklus Gempabumi.....	4
Gambar 2.3. Parameter Bidang Sesar.....	6
Gambar 2.4. Tipe pergerakan sesar gempabumi.....	7
Gambar 2.5. Mekanisme fokus dari tiga jenis sesar utama.....	8
Gambar 2.6. Peta Seismisitas Wilayah Sulawesi Tengah.....	11
Gambar 2.7. Tatanan tektonik pulau Sulawesi.....	12
Gambar 2.8. Lima <i>suture</i> (garis hitam) di Indonesia.....	12
Gambar 3.1. Peta wilayah Sulawesi Tengah beserta mekanisme sumber gempabumi utama.....	15
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian.....	17
Gambar 4.1.1. Geometri Sesar dan distribusi gempabumi susulan pada gempa bumi utama dengan magnitudo 5,8-5,9 Mw.....	20
Gambar 4.1.2. Distribusi perubahan nilai <i>coulomb stress</i> gempa bumi utama pada magnitudo 5,8-5,9 Mw.....	22
Gambar 4.2.1. Geometri sesar dan distribusi gempabumi susulan pada gempa bumi utama dengan magnitudo 6,0 – 6,5 Mw.....	24
Gambar 4.2.2. Distribusi perubahan nilai <i>coulomb stress</i> gempa bumi utama pada magnitudo 6,0 – 6,5 Mw.....	27
Gambar 4.3.1. Geometri sesar dan distribusi gempabumi susulan pada gempa bumi utama dengan magnitudo 6,7 – 7,5 Mw.....	28
Gambar 4.3.2. Distribusi perubahan nilai <i>coulomb stress</i> gempa bumi utama pada magnitudo 6,7 – 7,5 Mw.....	29
Gambar 4.4.1. Proyeksi terhadap permukaan dari distribusi <i>slip</i> berdasarkan hasil inversi data <i>waveform broadband</i> .....	30

Gambar 4.4.2. Hasil <i>cross section</i> memperlihatkan proses <i>slip</i> yang terjadi pada bidang patahan. Perubahan <i>slip</i> terbesar ditandai dengan gradasi warna merah dengan nilai maksimum sebesar 2 m, dengan arah pergerakan dominan naik ditunjukkan oleh arah panah berwarna abu-abu.....	31
Gambar 4.4.3. Pola perubahan nilai <i>coulomb stress</i> gempa bumi 04 Mei 2000 dengan skala perubahan nilai sebesar 0,5 bar menggunakan bidang <i>finite fault</i> .....	31
Gambar 4.4.4. Perbandingan perubahan nilai <i>coulomb stress</i> gempa bumi 04 Mei 2000 dengan skala perubahan nilai sebesar satu bar menggunakan bidang <i>finite fault</i> (b) dan tidak menggunakan <i>finite fault</i> (a).....	32
Gambar 4.4.5. Hasil <i>cross section</i> kejadian gempa bumi 04 Mei 2000 menunjukkan perubahan nilai <i>stress</i> terhadap kedalaman.....	33
Gambar 4.5.1. Peta kejadian gempa bumi yang diperkirakan memicu gempa bumi di sekitarnya.....	33
Gambar 4.5.2. Gempa bumi utama yang memicu gempa bumi utama lainnya.....	34
Gambar 4.5.3. Gempa bumi utama yang tidak memicu gempa bumi utama lainnya.....	35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Script software Coulomb 3.3.01</i> berbasis Matlab.....	40
Lampiran 2. Tampilan <i>software Coulomb 3.3.0</i> .....	41
Lampiran 3. Tabel Data gempabumi susulan.....	42

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gempabumi merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Hal ini disebabkan karena Indonesia dilalui oleh jalur pertemuan empat lempeng tektonik yang tiga di antaranya merupakan lempeng besar dunia, yaitu Lempeng Laut Filipina, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Pertemuan lempeng dapat saling mendekat (*collision*), saling menjauhi (*spreading*) dan juga saling geser (*transform*). Pergerakan lempeng umumnya tidak dapat dirasakan karena pergerakannya sangat lambat. Ketika pergerakan lempeng ini terkunci maka terdapat energi yang terakumulasi sangat besar sehingga lempeng tektonik mengalami patahan akibat tidak mampu menahan energi yang terakumulasi. Sehingga dampaknya terjadi gempabumi yang berupa patahan lempeng tektonik secara tiba-tiba (Simanjuntak dan Olymphina, 2017).

Daerah Sulawesi Tengah merupakan salah satu daerah rawan bencana gempabumi di Indonesia hal ini dikarenakan letak geografis wilayah Sulawesi Tengah yang berdekatan dengan sumber gempabumi berupa sesar-sesar aktif pulau Sulawesi, salah satunya yaitu sesar Palu-Koro yang berada di wilayah Sulawesi Tengah dan merupakan salah satu sesar utama wilayah Sulawesi. Dan dekat juga dengan sumber gempabumi yang berada di laut, yaitu dari penunjaman sesar Sulawesi Utara (Supartoyo dkk, 2014).

Gempabumi Terjadi akibat adanya patahan lempeng yang melepaskan *stress* batuan. Ketika pergerakan lempeng tektonik terkunci maka energi yang terakumulasi akan dilepaskan secara tiba-tiba dan lempeng tektonik tidak mampu menahan energi, sehingga terjadi pelepasan *stress* batuan yang disebut gempabumi. Kemudian pelepasan *stress* ini akan menyebar di sekitar patahan lempeng tektonik, untuk mengetahui sebaran *stress* tersebut maka digunakan metode *coulomb stress* yang digunakan untuk melihat distribusi *stress* (Setiadi dkk, 2017). Metode *coulomb stress* lebih efektif dibanding dengan beberapa metode seperti metode distribusi poisson dan metode likelihood maksimum yang digunakan untuk mendapatkan nilai peluang terjadinya gempabumi, karena wilayah yang memiliki peluang terjadinya gempabumi masih mencakup wilayah

yang sangat luas jika dibanding dengan metode *coulomb stress* (Ilham, 2012) dan (Azkia, 2010).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana pola perubahan nilai *coulomb stress* setelah gempabumi utama terjadi di wilayah Sulawesi Tengah?
2. Bagaimana distribusi persebaran gempabumi susulan di wilayah Sulawesi Tengah akibat gempabumi utama?
3. Bagaimana pengaruh perubahan nilai *coulomb stress* suatu gempabumi terhadap kejadian gempabumi utama selanjutnya?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi pola perubahan nilai *coulomb stress* setelah gempabumi utama terjadi di wilayah Sulawesi Tengah.
2. Mengetahui distribusi persebaran gempabumi susulan di wilayah Sulawesi Tengah dengan metode perubahan nilai *coulomb stress*.
3. Mengetahui proses pemicu atau interaksi antar kejadian gempabumi utama di wilayah Sulawesi Tengah.

## **1.4. Batasan Masalah**

Analisis interaksi perubahan nilai *coulomb stress* statis dilakukan dengan menggunakan data gempabumi  $M_w \geq 5,8$  pada rentang waktu antara Januari 2000 hingga Desember 2019. Batasan wilayah penelitian interaksi gempabumi yaitu di wilayah Sulawesi Tengah dengan koordinat  $3^\circ \text{ LS} - 1^\circ \text{ LU}$  dan  $119^\circ \text{ BT} - 124^\circ \text{ BT}$ .

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan mampu mengetahui lokasi yang memiliki akumulasi *stress* tinggi setelah terjadi gempabumi utama terakhir di wilayah Sulawesi Tengah. Wilayah yang memiliki *stress* tinggi ini bisa dijadikan indikator peluang terjadinya gempabumi di waktu yang akan datang. Sehingga mampu memberikan informasi awal dalam mitigasi bencana alam khususnya gempabumi dan dapat dijadikan pertimbangan referensi bagi peneliti-peneliti di kemudian hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astra, I. M. K. A., 2011. *Coulomb Static Stress Change Dalam Interaksi Gempabumi Doublets 5.8 Mw Dan 5.9 Mw 22 Januari 2007 Dan Gempabumi 7.0 Mw 16 Juni 2010 Di Wilayah Papua*. Jurnal Meteorologi Dan Geofisika, 1(12): 108-109.
- Aziz, Ivan Moh. 2001. *Solusi Fundamental Untuk Media Anisotropik*. Disampaikan Pada Konferensi Nasional Matematika XI, Malang, 22-25 Juli 2002.
- Azkie, M., 2010. *Perhitungan B Value Menggunakan Metode Likelihood Untuk Daerah Sumatera Barat Dan Sekitarnya (3 Juni 1909 – 23 Desember 2009)*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Belardinelli, M. E., A. Bizzarri, M. Cocco, 2003. *Earthquake triggering by static and dynamic stress changes*. Journal Geophys. Res., 108(B3), 2135, doi:10.1029/2002JB001779.
- Hall, R. dan Wilson, M.E.J., 2000. *Neogene Sutures in Eastern Indonesia*. Journal of Asian Earth Sciences, 18 (1): 783, 789.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonic of Indonesia Region, Geological Survey Professional Paper*, United States Government Printing Office, Washington.
- Ilham, 2012. *Analisis Probabilitas Gempabumi Wilayah Sulawesi Dan Sekitarnya Dengan Metode Distribusi Poisson*. Akademi Meteorologi Dan Geofisika: Tangerang.
- King, G.C.P., Stein, R.S., Lin, J., 1994. *Static Stress Changes and the Triggering of Earthquakes*. Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 84, No. 3, 935-953.
- Lay T, Terry C Wallace. 1995. *Modern Global Seismology*. Academic Press, California New York.
- Lowrie, W., 2007. *Fundamental of Geophysics 2nd edition*. Swiss Federal Institute of Technology: Zurich.
- Madlazim, 2015. *Coulomb Stress Changes Due To Recent Aceh Earthquakes*. Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA), 1(5): 11-12.
- Okada Y. 1992. *Internal Deformation Due to Shear and Tensile Fault in A Half Space*. Bulletin Seismological Society of America, v. 82: 1018-1040.
- Pakpahan, S., Ngadmanto, D. dan Masturyono. 2015. *Analisis Kegempaan di Zona Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 3(6): 254.
- Permana, I., Irwan M. dan Dina A S., 2012. *Analisis Deformasi Gempa Padang Tahun 2009 Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinu Tahun 2009-2010*. Jurnal Geofisika, 13(2): 59-69.

- Reid H F., 1906. *The Mechanics of the Earthquake, The California Earthquake of April 18, Report of the State Investigation Commission*. Carnegie Institution of Washington: Washington, D.C.
- Setiadi, T. A. P., Perdana, Y. H. dan Rohadi, S., 2017. *Analisis Coulomb Stress Gempa Bumi Deli Serdang 16 Januari 2017*. Prosiding Seminar Nasional Fisika, 1(6): 58.
- Simanjuntak, A. V. H. dan Olymphina, 2017. *Perbandingan Energi Gempa Bumi Utama dan Susulan (Studi Kasus: Gempa Subduksi Pulau Sumatera dan Jawa)*. Jurnal Fisika FLUX, 1(14):19.
- Stein, S., Wysession, M., 2003. *An Introduction to Seismology, Earthquake, and Earth Structure*. Blackwell Publishing: United Kingdom.
- Sunarjo, Gunawan, M. T. dan Pribadi, S., 2012. *Gempabumi Edisi Populer*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Supartoyo, Sulaiman, C. dan Junaedi, D., 2014. *Kelas Tektonik Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 2(5): 112-114.
- Weatherley, D. 2006. *Coulomb stress changes due to Queensland earthquakes and the implication for seismic risk assessment*. Earthquake engineering in Australia: Canberra.
- Wan, Y., Shen, Z.-K., 2010. *Static Coulomb stress changes on faults caused by the 2008 Mw 7.9 Wenchuan, China earthquake, Tectonophysics*.