

**ANALISIS MOMENT TENSOR UNTUK  
IDENTIFIKASI SESAR LOKAL DI KABUPATEN  
GUNUNGGKIDUL D.I YOGYAKARTA**

**TUGAS AKHIR**

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Mencapai derajat Sarjana S-1  
Program Studi Fisika



Diajukan oleh :

Siti Estiya Pujiningtiyas

17106020002

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA  
PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2021**

# LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

## PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2440/Un.02/DST/PP.00.9/12/2021

Tugas Akhir dengan judul : ANALISIS MOMENT TENSOR UNTUK IDENTIFIKASI SESAR LOKAL DI  
KABUPATEN GUNUNGKIDUL D.I YOGYAKARTA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : SITI ESTIYA PUJININGTIYAS  
Nomor Induk Mahasiswa : 17106020002  
Telah diujikan pada : Senin, 27 Desember 2021  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. Tha'ibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 61cc312e2a790



Penguji I

Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 61cc37dee2884



Penguji II

Andi, M.Sc.  
SIGNED

Valid ID: 61cc181e353eb



Yogyakarta, 27 Desember 2021  
UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 61cd2e81099b0

## BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Estiya Pujiningtiyas

NIM : 17106020002

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan Bahwa Skripsi Saya Yang Berjudul “Analisis Moment Tensor untuk Identifikasi Sesar Lokal di Kabupaten Gunungkidul D.I Yogyakarta” merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 8 Desember 2021

Penulis



Siti Estiya Pujiningtiyas  
17106020002



**SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan skripsi

Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains  
dan Teknologi UIN Sunan  
Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : SITI ESTIYA PUJININGTIYAS

NIM : 17106020002

Judul Skripsi : ANALISIS MOMENT TENSOR UNTUK IDENTIFIKASI SESAR  
LOKAL DI KABUPATEN GUNUNGKIDUL D.I YOGYAKARTA

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 8 Desember 2021

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si  
NIP. 19771025 200501 1 004

Nugroho Budi Wibowo, S.Si., M.Si  
NIP. 19840223 200801 1 011

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ يُسْرٍ الْعُسْرَ \*\* إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan \*\* sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan”*

فَمَنْ لَمْ يَذُقْ مَرَّ التَّعَلُّمِ سَاعَةً \*\* تَجَرَّعَ ذُلَّ الْجَهْلِ طُولَ حَيَاتِهِ

*“Barangsiapa belum pernah merasakan pahitnya menuntut ilmu walau sesaat \*\* Ia kan menelan hinanya kebodohan sepanjang hidupnya.”*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Puji syukur penulis ucapkan atas segala karunia serta nikmat dari Allah *Subhanallah Ta'ala* yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Sholawat serta salam kepada Nabi Muhammadd SAW atas segala tuntunan serta sunnahnya. Laporan penelitian tugas akhir dengan berjudul “ANALISIS MOMENT TENSOR UNTUK IDENTIFIKASI SESAR LOKAL DI KABUPATEN GUNUNGKIDUL D.I YOGYAKARTA” memiliki tujuan utama yakni sebagai syarat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program sarjana S1 di Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Bersama ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Mohammad Sairi dan Ibu Fatmawati Triwulanhari, S.Pd.I.,M.Pd selaku orangtua atas kasih sayang, doa, semangat, motivasi yang telah diberikan kepada penulis hingga saat ini.
2. Adik-adik tercinta yang selalu memberikan kebahagiaan dan semangat kepada penulis.
3. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si selaku pembimbing I atas waktu, ilmu serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama penulis menimba ilmu di UIN Sunan Kalijaga.
4. Bapak Nugroho Budi Wibowo S.Si., M.Si selaku pembimbing II atas pengalaman, kepercayaan, bimbingan serta arahnya disela padatnya jam kerja yang telah diberikan kepada penulis.

5. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Pembimbing akademik yang selalu memberikan waktunya dengan sabar untuk membantu dan membimbing penulis hingga dapat sampai pada tahap ini.
6. Seluruh jajaran dosen dan staf TU Program Studi Fisika.
7. Seluruh teman-teman Fisika 2017, khususnya teman-teman *Geophysics Study Club* UIN Sunan Kalijaga atas pengalaman seta pelajarannya.
8. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, terima kasih atas doa, motivasi, serta waktu yang telah diberikan untuk selalu mendampingi penulis.

Besar harapan penulis bahwa tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada banyak pihak. Aamiin..

Yogyakarta, 03 Desember 2021

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
Penulis  
YOGYAKARTA

## ANALISIS MOMENT TENSOR UNTUK IDENTIFIKASI SESAR LOKAL DI KABUPATEN GUNUNGKIDUL D.I YOGYAKARTA

Siti Estiva Pujiningtias  
17106020002

### INTISARI

Penelitian ini dilatar belakangi oleh banyaknya kejadian gempabumi yang belum diteliti arah pergeseran bidang patahannya. Gempabumi merupakan fenomena alam yang sering terjadi dengan 81% kejadian berada pada zona pertemuan antar lempeng. Indonesia sebagai negara pertemuan antar lempeng benua memiliki tingkat seismisitas yang tinggi khususnya di pulau Jawa. Tiga Jalur sesar besar yang masih aktif berada di pulau Jawa salah satunya yakni sesar Opak yang melalui wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian pemodelan mekanisme fokus dengan *software* ISOLA-GUI menggunakan metode analisis momen tensor bertujuan untuk menentukan jenis pergeseran sesar dan arah bidang patahan *strike*, *dip* dan *rake*. Proses inversi gelombang gempabumi menggunakan tahap fungsi *green* dengan rentang frekuensi 0,01 Hz s.d. 0,05 Hz menghasilkan nilai variasi reduksi yang mendekati 1,00. Mekanisme fokus gempabumi Yogyakarta pada 3 kejadian yakni pada tahun 2009, tahun 2015 dan tahun 2017 menghasilkan pemodelan sesar geser (*strike slip fault*) dan sesar naik (*reverse fault*) berbentuk *beachball*. Hasil 3 mekanisme fokus berada pada formasi Kebobutak, formasi Wonosari dan formasi Nglangran dengan arah pergeseran menuju ke Tenggara. Hasil solusi momen tensor masing-masing kejadian gempa memiliki rentang nilai yaitu  $M_{rr} = 1,7438 \exp 11$  hingga  $14,5620 \exp 13$ ,  $M_{tt} = -28,5891 \exp 13$  hingga  $29,0578 \exp 11$ ,  $M_{ff} = -30,8015 \exp 11$  hingga  $14,0271 \exp 13$ ,  $M_{rt} = -52,4710 \exp 11$  hingga  $27,4405 \exp 11$ ,  $M_{rf} = -2,6331 \exp 13$  hingga  $-2,8499 \exp 11$  dan  $M_{tf} = -1,7299 \exp 11$  hingga  $7,7102 \exp 13$ .

Kata kunci : ISOLA-GUI, Mekanisme fokus, *Beachball*, Sesar naik, Sesar geser.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



**TENSOR MOMENT ANALYSIS FOR A LOCAL FAULT IDENTIFICATION IN THE  
GUNUNGKIDUL REGENCY, YOGYAKARTA SPECIAL REGION**

**Siti Estiva Pujiningtiyas**

**17106020002**

**ABSTRACT**

*The research is based on the direction of the shift in the fault plane having not been studied in most earthquakes occurring. Earthquakes are natural phenomena often occurring with 81% of occurrences in the zone where the plates meet. Indonesia as a meeting country between continental plates has a high level of seismicity, especially Java Island. There are still 3 active major fault lines on Java, one of which is the Opak fault passing through the Special Region of Yogyakarta. The mechanism modeling research focuses on the ISOLA-GUI software which uses the moment tensor analysis method and aims to determine the type of fault shift and the direction of the strike, dip and rake fault planes. The earthquake wave inversion process used the green function stage with a frequency range of 0.01 Hz to 0.05 Hz and resulted in a reduction variation value close to 1.00. The focus mechanism of the Yogyakarta earthquake on 3 events at 2009, 2015 and 2017 resulted in modeling a strike slip fault and a reverse fault in the form of a beachball. The results of 3 focus mechanisms are in the Kebobutak formation, the Wonosari formation and the Nglangran formation with a shift towards the Southeast. The result of the moment tensor solution for each earthquake event has a range of values, which are  $M_{rr} = 1.7438 \times 10^{11}$  to  $14.5620 \times 10^{13}$ ,  $M_{tt} = -28.5891 \times 10^{13}$  to  $29.0578 \times 10^{11}$ ,  $M_{ff} = -30.8015 \times 10^{11}$  up to  $14.0271 \times 10^{13}$ ,  $M_{rt} = -52.4710 \times 10^{11}$  to  $27.4405 \times 10^{11}$ ,  $M_{rf} = -2.6331 \times 10^{13}$  to  $-2.8499 \times 10^{11}$  and  $M_{tf} = -1.7299 \times 10^{11}$  to  $7.7102 \times 10^{13}$ .*

*Key words : ISOLA-GUI, focus mechanism, beachball, strike slip fault, reverse fault.*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
BEBAS PLAGIASI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR .....	iv
MOTTO .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
INTISARI.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Batasan Penelitian .....	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Studi Pustaka .....	9
2.2 Landasan Teori .....	12
2.2.1 Geologi Lokal D.I Yogyakarta .....	12
2.2.2 Gempabumi.....	13
2.2.3 Gelombang Seismik.....	22
2.2.4 Sesar.....	26
2.2.5 Mekanisme Fokus .....	29

BAB III METODE PENELITIAN.....	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	35
3.2 Alat dan Bahan .....	35
3.3 Prosedur Kerja .....	36
3.4 Metode Analisa Data .....	39
3.4.1 Konversi Data SAC Ke ASCII .....	39
3.4.2 <i>Pole Zero file</i> .....	41
3.4.3 <i>Event Info</i> (Informasi kejadian gempa) .....	41
3.4.4 <i>Raw Data Preparation</i> .....	41
3.4.5 <i>Define Crustal Model</i> .....	42
3.4.6 Pemilihan Stasiun .....	43
3.4.7 <i>Seismic Source Definition</i> .....	44
3.4.8 Fungsi <i>Green (Green Function)</i> .....	44
3.4.9 <i>Waveform Inversion</i> .....	44
3.4.10 <i>Plotting Hasil</i> .....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	46
4.1 Hasil Penelitian.....	46
4.2 Pembahasan .....	59
4.2.1 Parameter dan jenis sesar .....	59
4.2.2 Identifikasi pola bidang sesar .....	64
4.2.3 Analisis Pemetaan sebaran mekanisme fokus .....	67
4.3 Integrasi – interkoneksi .....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran .....	74
DAFTAR PUSTAKA .....	75
LAMPIRAN.....	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Informasi model bumi AK-135.....	42
Tabel 3.2 Informasi stasium perekaman gelombang.....	43
Tabel 4.1 Informasi kejadian gempabumi.....	47
Tabel 4.2 Informasi momen tensor .....	47
Tabel 4.3 Informasi DC dan CLVD.....	47
Tabel 4.4 Mekanisme fokus gempabumi .....	47
Tabel 4.5 Parameter bidang patahan .....	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Jalur Sesar di Pulau Jawa .....	4
Gambar 2.1. (a) Gelombang P (b) Gelombang S .....	25
Gambar 2.2. (a) Gelombang <i>Rayleigh</i> (b) Gelombang <i>Love</i> .....	26
Gambar 2.3. Arah sesar .....	28
Gambar 2.4. <i>Double Couple</i> .....	32
Gambar 2.5. Tiga bentuk utama mekanisme fokus dan jenis sesar .....	33
Gambar 2.6. Jenis pergerakan sesar dalam bola mekanisme fokus .....	34
Gambar 3.1 Alat penelitian.. .....	35
Gambar 3.2 Proses instalasi <i>package</i> ISOLA kedalam Matlab R2013a .....	37
Gambar 3.3 Diagram alir pengolahan data seismik.. .....	38
Gambar 3.4 Pengecekan kelengkapan ISOLA-GUI. ....	39
Gambar 3.5 Tampilan ISOLA-GUI untuk import data SAC ke ASCII .....	40
Gambar 4.1 Kurva gelombang <i>synthetic vs observed</i> 1 .....	49
Gambar 4.2 Kurva gelombang <i>synthetic vs observed</i> 2 .....	50
Gambar 4.3 Peta hasil sebaran mekanisme fokus .....	51
Gambar 4.4 Peta mekanisme fokus gempa bumi 2009 DIY .....	52
Gambar 4.5 Peta mekanisme fokus gempa bumi 2015 DIY .....	53
Gambar 4.6 Peta mekanisme fokus gempa bumi 2017 DIY .....	54
Gambar 4.7 Peta sebaran mekanisme fokus pada lembar geologi DIY .....	55
Gambar 4.8 Peta mekanisme fokus tahun 2009 pada lembar geologi DIY .....	56
Gambar 4.9 Peta mekanisme fokus tahun 2015 pada lembar geologi DIY .....	57
Gambar 4.10 Peta mekanisme fokus tahun 2017 pada lembar geologi DIY .....	58
Gambar 4.11 Peta jaringan stasiun seismogram BMKG di Pulau Jawa .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Persamaan Kecepatan Gelombang dan Momen Tensor.....	81
LAMPIRAN 2 Data Awal Gelombang Gempabumi .....	86
LAMPIRAN 3 Hasil Pengolahan Data .....	111
LAMPIRAN 4 Proses Instal ISOLA kedalam Matlab R2013a .....	140
LAMPIRAN 5 Proses Pengolahan Data .....	143
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	161



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Manusia merupakan makhluk hidup yang kehidupannya berdampak dengan makhluk hidup lain dalam sebuah lingkungan. Lingkungan yang dimaksud ialah bumi dan seisinya. Bukan hal yang baru lagi untuk diketahui bahwa manusia merupakan makhluk yang diciptakan oleh Allah *Subhanallah Ta'ala* dengan akalnyanya. Karunia tersebut yang menjadikan manusia lebih unggul dari makhluk lain yang ada di bumi, oleh karena itu telah ada di dalam Al Qur'an bahwa manusia mengemban tugas sebagai Khalifah di muka bumi ini. Keberadaan manusia sebagai khalifah tidak hanya mengatur kehidupan yang berkaitan dengan ibadah saja namun juga bertujuan agar dapat memberikan keselamatan dunia dan akhirat (Ilyas, 2016).

Hidup dalam sebuah lingkungan artinya hidup berdampak dengan bumi dan seisinya termasuk dengan berbagai kemungkinan mengenai berbagai kejadian yang ada di bumi. Kejadian yang ada di muka bumi dapat disebut sebagai fenomena alam. Fenomena menurut KBBI adalah hal-hal yang dapat dijelaskan oleh panca indera serta dinilai secara ilmiah seperti fenomena alam (Fenomena, 2020). Fenomena alam di muka bumi ini sangat banyak salah satunya ialah fenomena alam gempabumi.

Fenomena alam gempabumi ini sudah terjadi sejak zaman dahulu, dikatakan dalam sejarah gempabumi terawal yang pernah dicatat ialah gempabumi di Cina

pada tahun 1177 SM. Al-Qur'an sudah lama memberitakan tentang fenomena gempabumi tersebut. Tercatat dalam Al-Qur'an bahwa gempabumi pernah terjadi beberapa kali pada zaman para nabi diantaranya dalam surat Al-Hijr : 73 dan 83, surat Al-'Araf : 78, 91 dan 155, surat Al-Ankabut : 37,40, surat Al-Mu'min : 4, surat Al-Hud : 94 (Basiron dan Abd Razzak, 2015). Gempabumi di dalam Al-Qur'an disebutkan dengan beberapa istilah diantaranya yakni

Q.S Al-Zalzalah : 1

إِذَا زُلْزِلَتِ الْأَرْضُ زِلْزَالَهَا

Artinya : Apabila bumi *digoncangkan* dengan goncangan (yang dahsyat),

Q.S Al-Hajj : 1

يَا أَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوا رَبَّكُمُ ۖ إِنَّ زُلْزَلَةَ السَّاعَةِ شَيْءٌ عَظِيمٌ

Artinya : Wahai manusia! Bertakwalah kepada Tuhanmu; sungguh, *guncangan* (hari) Kiamat itu adalah suatu (kejadian) yang sangat besar.

Menurut istilah arti kata Al Zalzalah yang didefinisikan oleh Luis Ma'luf dalam kamus *Al-Munjid fi Al-Lughat* dengan *Iritijaf Al-Ardli wa Ihtizaazuhaa wa Idlthiraabuha* artinya goncangan, goyangan atau gerakan dan gelombang besar yang terjadi di dalam bumi (Ma'luf, 1975). Istilah lain di dalam Al-Qur'an yang menjelaskan tentang gempabumi adalah kata *dakk* (terbenturnya bumi, digoncangkannya bumi), *syaaq* (terbelahnya bumi), *qath'* (terbelahnya bumi), *badl Al-ardl* (penggantian bumi), *rajfah* (gempa yang dahsyat), *rajj* (gocangan

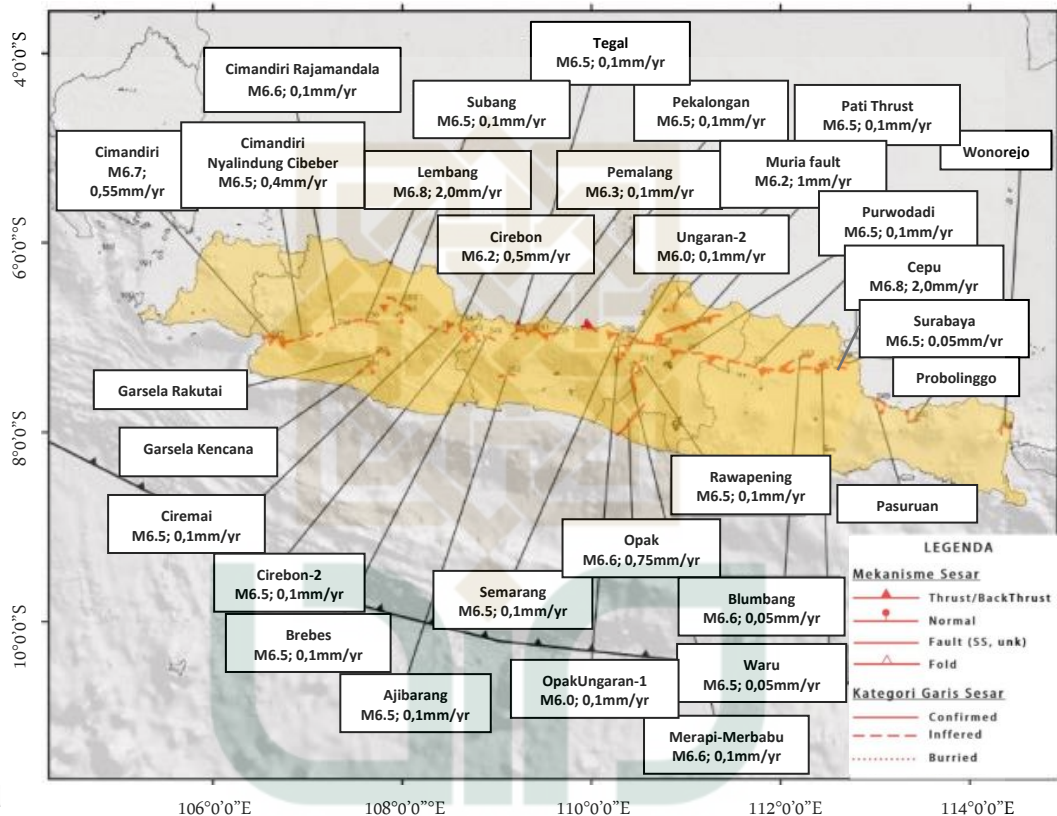


yang dahsyat), *madd* (meratakan bumi), *hasf* (terbenamnya bumi) dan *fasad Al-Ardl* yang artinya kerusakan bumi (Makmun-Abha, 2013).

Istilah gempabumi dalam beberapa kamus yakni Kamus Dewan (2007) memiliki arti guncangan atau gerakan bumi. Kamus Longman Geografi Fizikal (1982) mengartikan gempabumi sebagai getaran bumi yang kuat akibat pelepasan tenaga yang terpendam apabila dua bidang batuan tergelincir dan menurut Alva Kurniawan dan Kenzie (2009) dalam *General Dictionary of Geology* gempabumi “*A trembling of the earth caused by a sudden release of energy stored in subsurface rock units*” (Basiron dan Abd Razzak, 2015). Gempabumi merupakan peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi karena pergerakan atau pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik (Sunarjo, 2012). Kesimpulan dari beberapa pengertian dan istilah dalam kamus serta Al-Qur’an bahwa gempabumi merupakan peristiwa bergesernya bumi diakibatkan oleh pergeseran atau benturan antar lempeng penyusun bumi yang dapat juga mengakibatkan patahan karena pelepasan energi antar lempeng yang besar.

Gempabumi sering terjadi di wilayah zona subduksi aktif. Negara Indonesia termasuk dalam zona subduksi aktif dan berada dalam zona *ring of fire* (cincin api) menyebabkan intensitas gempabumi di Indonesia sangat tinggi, 81% gempabumi terbesar terjadi disepanjang cincin api ini tercatat di Indonesia (Nugroho, 2017). Telah terjadi gempa sebanyak 3.486 kali gempabumi dengan magnitudo lebih dari 6,0 SR selama kurun waktu 1976 s.d 2006 (Sunarjo, 2012). Pulau Jawa menjadi salah satu pulau yang berada pada zona subduksi aktif antara

lempeng benua Eurasian dan lempeng Indo-Australia yang menyebabkan di pulau Jawa terdapat 3 jalur patahan utama yakni sesar Cimandiri, sesar Opak dan sesar Grindulu (Subhan, 2017).



**Gambar 1.1.** Peta Jalur Sesar di Pulau Jawa (PUSGEN).

Pola struktur yang ada di Jawa dapat dilihat pada gambar 1.1, merupakan sebaran sesar aktif disepanjang pulau Jawa, selain itu juga diperkuat oleh data seismik dan magnetik serta beberapa citra satelit dan juga ditunjukkan dalam penelitian (Prarono dkk., 1990; Gresko dkk, 1995; Ryacudu dan Bachtiar, 2000) menyatakan bahwa terdapat struktur dari arah Sumatera menuju Jawa Barat yang akhirnya menghilang di arah timur Jawa Tengah (Satyana dan Purwaningsih, 2002 *cit* Ryacudu dan Bachtiar, 2000). Struktur tektonik pulau Jawa juga

mengalami kompresi dari Utara-Selatan oleh subduksi Lempeng Hindia yang membentuk sesar mendatar di pulau Jawa (Moody dan Hill, 1956).

Tingkat seismitas yang tinggi di sepanjang pulau Jawa diakibatkan oleh sesar-sesar aktif yang tersebar di sepanjang daratan pulau Jawa. Kajian mengenai analisis pergerakan sesar yang terdapat di sepanjang pulau Jawa khususnya wilayah Jawa Tengah, D.I Yogyakarta (DIY) dan Jawa Timur dianggap merupakan sebuah urgensitas. Wilayah tersebut dilewati oleh dua jalur sesar aktif yakni Sesar Opak (D.I Yogyakarta dan Jawa Tengah) serta sesar Grindulu (Jawa Timur). Penelitian lain yang menjadi pertimbangan peneliti adalah penelitian yang dilakukan oleh Sebah dkk (2012) dan Christian Haberland dkk (2014) menyatakan bahwa tingkat seismitas yang ada di Jawa Tengah dan Jawa Timur memiliki resolusi yang tinggi menuju arah tenggara dimulai dari eks-karasidenan Banyumas Jawa Tengah. Tercatat telah terjadi gempa bumi merusak sebanyak 12 kali di DIY sepanjang tahun 1840 s.d. 2006 lebih tepatnya pada tahun 1840, 1859, 1867, 1875, 1937, 1943, 1957, 1981, 1992, 2001, 2004 dan yang terakhir terjadi pada tahun 2006, jumlah korban tercatat 5.716 orang meninggal dan rumah yang rusak sebanyak 206 unit (Nugroho, 2017). Gempabumi yang terjadi di Yogyakarta juga terdiri dari gempabumi lokal karena adanya aktivitas sesar Opak yang tergolong sebagai sesar aktif (Cahyani dkk., 2019; Marsyelina dkk., 2014)

Menurut Sunarjo (2012) gempabumi lokal adalah gempabumi yang dominan menjalar pada lapisan kerak bumi atau pada lapisan moho. Penelitian yang dilakukan oleh Cassandra Fitrianna dkk (2016) menyatakan bahwa relokasi gempabumi dapat dijadikan sebagai pemetaan sesar aktif dan prediksi

gempabumi karena durasi perekaman yang cukup lama, sehingga memudahkan dalam penentuan hiposenter gempabumi. Hiposenter gempabumi dapat ditentukan menggunakan metode analisis mekanisme fokus gempabumi, metode ini sekaligus akan memprediksi tipe atau jenis arah pergerakan sesar (Piski, 2017). Jenis arah pergerakan sesar juga dapat ditentukan dengan metode lain seperti Metode Gravitasi yang menggunakan anomali Bouger atau dapat disebut sebagai *SVD* (*Second Vertical Derivative*) menggunakan *software* GRAV3D atau dapat juga dengan metode *H-C Plot* atau dapat disebut dengan *Hipocenter* (H) dan *Centroid* (C) untuk kemudian dijadikan nilai dalam penentuan jenis sesar (Lorna, 2018).

Mekanisme fokus gempabumi dapat dimodelkan menggunakan beberapa program seperti SeisComp3, AZMTAK dan juga ISOLA (Lorna, 2018; Subhan, 2017). Program ISOLA ini merupakan salah satu program yang telah terkoneksi dalam bahasa pemrograman MATLAB. Program ini akan memberikan informasi jenis sesar yang dimodelkan dalam bentuk bola 2 dimensi atau dapat disebut *Beachball* sebagai representasi dari bentuk bumi. Jenis dan arah pergerakan sesar yang diakibatkan oleh gempabumi lokal dapat menjadi salah satu upaya mitigasi bencana dimasa depan. Program ini menggunakan analisis momen tensor yang digunakan untuk menggambarkan arah gaya penyebab gempabumi dengan inversi *waveform* tiga arah perekaman yakni X, Y dan Z, proses ini dinilai lebih mudah dan cepat dengan acuan keakuratannya yang dapat dilihat pada gelombang sintetis dan gelombang obeservasinya yang saling berhimpit (Wifayanti dan Santosa, 2014; Sokos dan Zahradnik, 2008).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian mengenai mekanisme fokus gempa bumi di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya di kabupaten Gunungkidul dan sekitarnya merupakan suatu urgensi karena belum dilakukan pemetaan mekanisme fokus gempa bumi lokal yang terjadi di daerah tersebut sebelumnya, sebagai bentuk perhatian akan permasalahan tersebut peneliti membuat sebuah penelitian Tugas Akhir dengan judul “Analisis Moment Tensor untuk Identifikasi Sesar Lokal di Kabupaten Gunungkidul D.I Yogyakarta”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana cara menentukan jenis sesar akibat gempa bumi lokal yang terjadi di wilayah D.I Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul dan sekitarnya menggunakan metode mekanisme fokus?
2. Bagaimana arah pergerakan bidang sesar akibat gempa bumi lokal yang terjadi di wilayah D.I Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul?
3. Bagaimana peta sebaran mekanisme fokus gempa bumi lokal yang terjadi di wilayah D.I Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Menentukan jenis sesar akibat gempa bumi lokal yang terjadi khususnya di kabupaten Gunungkidul Yogyakarta dan sekitarnya menggunakan metode mekanisme fokus.
2. Mengidentifikasi arah pergerakan bidang sesar akibat gempa bumi lokal yang terjadi di wilayah D.I Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul.
3. Menganalisis peta sebaran mekanisme fokus gempa bumi lokal yang terjadi di wilayah D.I Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul.

#### 1.4 Batasan Penelitian

1. Data yang digunakan adalah data sekunder gempa bumi mikro yang telah terekam oleh BMKG Stasiun Geofisika Sleman pada tahun 2009, tahun 2015 dan tahun 2017 dengan kejadian di daratan, batas wilayah  $8,0083^{\circ}$  s.d.  $7,0055^{\circ}$  Lintang Selatan dan  $109,011^{\circ}$  s.d.  $111,00^{\circ}$  Bujur Timur.
2. *Software* pengolahan yang digunakan adalah ISOLA-GUI 2018 dan Matlab R2013a. *Software* pemetaan yang digunakan adalah *Qgis*, *Arcgis*, *global mapper*, dan *surfer*.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan akan mampu memberikan informasi mengenai pola bidang sesar yang terjadi karena gempa bumi lokal sehingga mengakibatkan pergeseran lempeng bumi di kabupaten Gunungkidul dan sekitarnya. Penelitian ini juga diharapkan mampu digunakan sebagai data untuk keperluan mitigasi bencana karena besar kemungkinan setelah mengetahui pola dari bidang sesar di Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul, pembangunan infrastruktur di sekitarnya dapat diperbaiki seiring waktu agar menjadi bangunan yang siap mengatasi bencana kegempaan dengan skala besar di kemudian hari. Penelitian ini juga diharapkan mampu menjadi referensi untuk penelitian lebih lanjut.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Gelombang gempabumi yang terekam oleh seismogram pada stasiun-stasiun perekaman memiliki parameter yang dapat dikaji untuk mendapatkan 6 nilai momen tensor. Momen tensor memiliki hubungan dengan besar gaya yang dibawa oleh gelombang gempabumi dari 3 arah yakni Utara-Selatan, Barat-Timur dan vertikal. Menggunakan 3 arah inversi gelombang tersebut didapatkan wilayah yang mengalami tekanan dan regangan. Nilai tersebut kemudian dimodelkan menjadi mekanisme fokus atau pemodelan sebaran arah tekan akibat gelombang gempabumi menggunakan *beachball* dua dimensi. Data gempabumi kejadian tahun 2009 memiliki bentuk mekanisme fokus *Strike Slip Fault* dengan nilai variasi reduksi sebagai acuan keserasian gelombang sintesis dengan gelombang nyata hasil pengamatan sebesar 99,72%. Kejadian tahun 2015 memiliki bentuk *Reverse Fault* dengan nilai variasi reduksi sebesar 99,65%. Kejadian gempabumi tahun 2017 memiliki bentuk *Strike Slip Fault* dengan nilai variasi reduksi sebesar 99,55%.
2. Setiap satu kejadian gempabumi akan memiliki 2 nilai bidang patahan dalam dimana masing-masing bidangnya memiliki nilai *strike*, *dip* dan *rake*. Parameter tersebut yang akan digunakan sebagai acuan untuk mengidentifikasi arah pergerakan sesar. seperti terlihat pada tabel,

Kejadian	Bidang 1			Bidang 2		
	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	<i>Rake</i>	<i>Strike</i>	<i>Dip</i>	<i>Rake</i>
2009	306	28	-3	38	89	-118
2015	104	61	95	273	29	80
2017	216	3	31	95	88	94

Kejadian gempa bumi tahun 2009 menunjukkan nilai *strike*, *dip* dan *rake* yang merepresentasikan adanya pergerakan *hangingwall* searah dengan bidang horizontal sehingga terjadilah sesar geser lateral ke arah kanan. Kejadian gempa bumi 2015 memiliki nilai *strike*, *dip* dan *rake* yang merepresentasikan pergerakan *footwall* yang naik sehingga dikategorikan sebagai *reverse fault*. Nilai *rake* positif pada umumnya menunjukkan pergerakan sesar naik. Kejadian gempa bumi tahun 2017 memiliki nilai *strike*, *dip* dan *rake* yang merepresentasikan pergerakan *hangingwall* searah dengan bidang horizontal namun juga *footwall* mengalami sedikit kenaikan sehingga terbentuk sesar geser kombinasi naik.

3. Terbentuk 9 peta yang digunakan untuk menggambarkan sebaran mekanisme fokus di Yogyakarta khususnya kabupaten Gunungkidul. Peta tersebut merepresentasikan bahwa lokasi titik data gempa berada di sebelah Timur sesar Opak-Oyo. Hasil mekanisme fokus kejadian-kejadian gempa tersebut menjelaskan bahwa adanya kombinasi pergerakan sesar di kabupaten Gunungkidul Yogyakarta terutama sesar kecil disekitar Opak-Oyo. Peta sebaran tersebut juga menghasilkan mekanisme fokus dengan jenis pergerakan sesar mengarah ke Tenggara. Hal tersebut juga didukung oleh publikasi dan penelitian sebelumnya.



## 5.2 Saran

Penelitian mengenai mekanisme fokus di kabupaten Gunungkidul Yogyakarta menggunakan gempa mikro dapat dilanjutkan kembali menggunakan data yang lebih banyak dan terfokus di seluruh wilayah Yogyakarta. Pemetaan menggunakan data yang lebih banyak dan relevan sesuai dengan parameter yang diinginkan ISOLA terutama penentuan nilai pemodelan muka bumi (*crustal models*), akan dapat menyimpulkan dengan baik dan akurat jenis pergeseran lempeng pulau Jawa khususnya Yogyakarta. Data tersebut juga akan bermanfaat untuk mitigasi bencana dan diperkirakan akan mampu memprediksi terjadinya bencana gempabumi dengan magnitudo lebih besar dan berpotensi merusak. Gempa bumi dengan skala mikro yang sangat banyak dan kontinyu juga akan mampu membuat pergeseran lempeng bumi yang cukup signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryanto, W. D. 2017. Geologi Daerah Gedangsari Dan Sekitarnya, Kecamatan Gedangsari Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geologi*, **Vol 1 No.1** : 1-14.
- Basiron, N. F. M., dan Abd Razzak, M. 2015. Fenomena Gempabumi Tinjauan Awal Terhadap Kewujudannya dalam Al-Quran. *Jurnal Islam dan Masyarakat Kontemporer*, **Vol 9** : 140-156.
- Benetatos, C., Málek, J., dan Verga, F. 2013. Moment Tensor Inversion For Two Micro-Earthquakes Occurring Inside The Hájé Gas Storage Facilities. *Czech Republic Journal of seismology*, **Vol 17 No. 2** : 557-577.
- Cahyani, E., Afrita, W. N., Aza, A. E. N., dan Sumunar, D. R. S. 2019. Pengembangan Sistem Jaringan Evakuasi Bencana Likuifaksi di Wilayah Sesar Opak. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, **Vol 17 No.1** : 35-46.
- Frohlich, C., dan Apperson, K. D. 1992. Earthquake Focal Mechanisms, Moment Tensors, and The Consistency Of Seismic Activity Near Plate Boundaries. *Tectonics*, **Vol 11 No.2** : 279-296.
- Gunawan, R. P. 2017. Analisa Fasies Batugamping Formasi Wonosari Daerah Beji Dan Sekitarnya, Kecamatan Patuk Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Di Yogyakarta. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geologi*, **Vol 1 No.1** : 1-15
- Goodman, R. E., Taylor, R. L., dan Brekke, T. L. 1968. A Model For The Mechanics Of Jointed Rock. *Journal of the soil mechanics and foundations division*, **Vol 94 No.3** : 637-659.
- Haberland, C., Bohm, M., dan Asch, G. 2014. Accretionary Nature Of The Crust Of Central and East Java (Indonesia) Revealed By Local Earthquake Travel-Time Tomography. *Journal of Asian Earth Sciences*, **Vol 96** : 287-295.

- Husein, S. 2016. Bencana Gempabumi. *Paper presented at the Proceeding of DRR Action Plan Workshop: Strengthened Indonesian Resilience: Reducing Risk from Disasters.*
- Idat, C. F., dan Harmoko, U. 2016. Relokasi Hiposenter Gempa Mikro dengan Metode SED Dan JHD Sebagai Analisis Reservoir Area Panas Bumi-X. *Youngster Physics Journal*, **Vol 5 No. 3** : 97-104.
- Ilyas, R. 2016. Manusia Sebagai Khalifah Dalam Perspektif Islam. *Mawa'izh: Jurnal Dakwah dan Pengembangan Sosial Kemanusiaan*, **Vol 7 No.1** : 169-195.
- KBBI Daring. 2020. Fenomena. Diakses 13 Februari 2021 dari <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/fenomena>
- Kennett, B. L., Engdahl, E., dan Buland, R. 1995. Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. *Geophysical Journal International*, **Vol. 122 No. 01** : 108-124.
- Koly, J. C., dan Arista, L. L. 2020. Identifikasi Ichnofosil Dan Lingkungan Pengendapan Formasi Kebo-Butak, Lintasan Tegalrejo, Gedangsari, Gunungkidul, Di Yogyakarta. *Paper presented at the Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan*, **Vol 2 No.1** : 451-455.
- Kurniawan, A. J. A., dan Kenzie, J. M. 2009. *General Dictionary of Geology*. Departemental of Geography, Gadjah Mada University. Yogyakarta, Indonesia.
- Lubis, A. M., dan Hadi, A. I. 2005. Analisis Kecepatan Gelombang Seismik Bawah Permukaan Di Daerah Yang Terkena Dampak Gempabumi 4 Juni 2000 (Studi Kasus: Kampus Universitas Bengkulu). *GRADIEN: Jurnal Ilmiah MIPA*, **Vol 1 No.2** : 69-73.
- Lorna, L. 2018. *Identifikasi Jenis Dan Arah Sesar Aktif di Wilayah Sulawesi Selatan Menggunakan Metode Hiposenter dan Centroid (HC)*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- Ma'luf, L. 1975. *al-Munjid fi al-Lughat* (Cet. XXVI). Dar al-Masyriq. Beirut.

- Madrinovella, I., Widiyantoro, S., Nugraha, A. D., dan Triastuty, H. 2013. Studi Mekanisme Fokus Gempa Mikro Sekitar Cekungan Bandung. *Jurnal Geofisika*, **Vol 14 No.1**.
- Makmun-Abha, M. 2013. Gempabumi dalam Al-Qur'an (Tafsir Tematik). *ESENSIA: Jurnal Ilmu-Ilmu Ushuluddin*, **Vol 14 No.1** : 19-36.
- Marsyelina, M., Wibowo, N. B., dan Darmawan, D. 2014. Karakteristik Mikrotremor Dan Analisis Seismisitas Pada Jalur Sesar Opak Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Jurnal Sains Dasar*, **Vol 3 No.1** : 95-101.
- Massinai, M. A. 2015. *Geomorfologi Tektonik*. Pustaka Ilmu. Yogyakarta.
- Montagner, J. P., dan Kennett, B. 1996. How to reconcile body-wave and normal-mode reference Earth models. *Geophysical Journal International*, **Vol. 125 No. 01** : 229-248.
- Moody, J. D., dan Hill, M. J. 1956. Wrench-fault tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, **Vol 67 No.9** : 1207-1246.
- Nugroho, S. C. 2017. *The Easerum Epicentre Pusat Studi Gempabumi di Kabupaten Bantul DI Yogyakarta*. (Tugas Akhir), Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.
- Piski, A. 2017. *Analisis Mekanisme Fokus Gempa 2 Maret 2016 di barat daya kepulauan mentawai dengan metode inversi waveform*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.
- Pyrak-Nolte, L. J., Myer, L. R., dan Cook, N. G. 1990. Transmission of seismic waves across single natural fractures. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **Vol 95 No.B6** : 8617-8638.
- Rahadini, A. Y. 2017. *Penentuan Mekanisme Fokus Gempa Vulkanik Menggunakan Waktu Tiba Gelombang-P pada Januari 2014 (Studi Kasus: Gunung Merapi, DIY)*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Ron, H., Freund, R., Garfunkel, Z., dan Nur, A. 1984. Block rotation by strike-slip faulting: Structural and paleomagnetic evidence. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **Vol 89 No.B7** : 6256-6270.
- Ryacudu, R., dan Bachtiar, A. 2000. The status of the OO-Brebes fault system, and its implication to hydrocarbon exploration in the eastern part of North West Java Basin. *Indonesia Petroleum Association Annual Convention Proceedings*. **Vol. 27** : 1-12.
- Satyana, A. H., dan Purwaningsih, M. E. 2002. Lekukan Struktur Jawa Tengah: Suatu Segmentasi Sesar Mendatar. *Prosiding Akatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI), Yogyakarta*, **Vol 18 No.4** :1-14.
- Setiawan, A., Rustadi, R., dan Zaenudin, A. 2019. Analisis Sebaran Hiposenter Gempa Mikro dan Poisson's Ratio Studi Kasus Hydroshearing pada Lapangan Enhanced Geothermal System Newberry Oregon. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, **Vol 3 No.3** : 15-30.
- Sehah, S., Raharjo, S.A., dan Dewi, R. 2012. Pemanfaatan Data Seismisitas untuk Memetakan Tingkat Resiko Bencana Gempabumi di Kawasan Ekskaresidenan Banyumas Jawa Tengah. Paper presented at the Seminar Nasional " Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan II". *Journal Universitas Jendral Soooedirman Purwokerto*. **Vol 3 No. 1**.
- Sharma, P. V. 1997. *Environmental and engineering geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge (UK).
- Shearer, P. M. 2009. *Introduction to seismology*. Cambridge University Press. Cambridge (UK)
- Sokos, E. N., dan Zahradnik, J. 2008. ISOLA A Fortran Code and A Matlab GUI to Perform Multiple-Point Source Inversion of Seismic Data. *Elsevier :Computers & Geosciences*, **Vol 34 No.8** : 967-977.

- Subhan, M. 2017. *Identifikasi Pola Sesar Pada Gempabumi Terasa Di Selatan Jawa Menggunakan Metode Mekanisme Fokus*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika. UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Sunarjo, M., Taufik Gunawan dan Sugeng Pribadi. 2012. *Gempabumi Edisi Populer*. BMKG. Kemayoran. Jakarta.
- Telford, W., Geldart, L., dan Sheriff, R. 1990. *Applied geophysics* (2<sup>nd</sup> ed). Cambridge University Press, Aban.
- Wibowo, N. B., dan Sembri, J. N. 2017. Analisis Seismisitas dan Energi Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Opak Oyo Yogyakarta. *Indonesian Journal Of Applied Physics*, **Vol 7 No.2** : 82-90.
- Widagdo, A., Pramumijoyo, S., dan Harijoko, A. 2016. Kajian Pendahuluan Kontrol Struktur Geologi Terhadap Sebaran Batuan-Batuan Di Daerah Pegunungan Kulonprogo-Yogyakarta. *Paper presented at the Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-9 Peran Penelitian Ilmu Kebumihan Dalam Pemberdayaan Masyarakat 6-7 Oktober 2016; Grha Sabha Pramana*, 1-12.
- Wifayanti, E. J., dan Santosa, B. J. 2014. Estimasi Pola Bidang Sesar dan Moment Tensor Gempabumi Jepang pada Tahun 2003 Menggunakan Analisis Inversi Waveform 3 Komponen. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, **Vol 3 No.2** : B126-B131.
- William, L. 2007. *Fundamentals of geophysics*. Cambridge University. Cambridge (UK).
- Yulaelawati, E dan Syihab, U. 2008. *Mencerdasi bencana: banjir, tanah longsor, tsunami, gempabumi, gunung api, kebakaran*. Gramedia Widiasarana, Indonesia.
- Zawawi, A. 2011. *Analisis Mekanisme Pusat Gempabumi Di Cilacap Jawa Tengah pada Tanggal 04 April 2011*. (Tugas Akhir), Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.