

**RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI DAERAH
ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE DIFFERENCE* (DD)**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1

Program Studi Fisika



diajukan oleh :

Fani Rohmiasih

17106020025

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2022



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-254/Un.02/DST/PP.00.9/01/2022

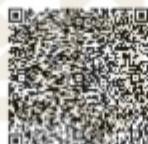
Tugas Akhir dengan judul : RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE DOUBLE DIFFERENCE (DD)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : FANI ROHMIASIH
Nomor Induk Mahasiswa : 17106020025
Telah diujikan pada : Senin, 10 Januari 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Andi, M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 61ff0d1d03a5f4d



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

Valid ID: 61ff0cfad125e7



Pengaji II
Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 61ff095303549a



Yogyakarta, 10 Januari 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Dr. Dra. Hj. Khumul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 61ff0653a5cb



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 : FANI ROHMIASIH
NIM : 17106020025
Judul Skripsi : RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
MENGGUNAKAN METODE DOUBLE DIFFERENCE (DD)

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 mengharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I

Andi, M.Sc

NIP. 19870210 201903 1005

Yogyakarta, 31 Desember 2021

Pembimbing II

Muambo Rudi Wibowo, M.Si.

NIP. 198402232008011011

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fani Rohmiasih

NIM : 17106020025

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE *DOUBLE DIFFERENCE (DD)*" 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, 23 Desember 2021

Penulis



Fani Rohmiasih

17106020025

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.”

(QS. Al-Baqarah:216)

“Hidup itu sederhana, kita yang membuatnya sulit.”

(Confucius)



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Relokasi Hiposenter Gempabumi Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Metode *Double Difference* (DD)” untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains dalam program studi Fisika ini dapat terselesaikan dengan baik.

Proses penyusunan Tugas akhir ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Kedua orangtua yang selalu mendoakan penulis sepanjang waktu, serta keluarga yang selalu memberikan dukungan baik dukungan moral dan materi.
2. Rektor UIN Sunan Kalijaga, Bapak Prof. Dr. Phil Ali Makin, S.Ag., MA.
3. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Ibu Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
4. Ibu Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph. D. selaku Ketua Program Studi Fisika sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dalam proses perkuliahan.
5. Bapak Andi, M. Sc selaku pembimbing I yang telah membimbing, mengoreksi dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Nugroho Budi Wibowo, M. Si selaku pembimbing II yang telah membimbing, mengoreksi dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir ini.

7. Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S. Si., M. Si selaku dosen Geofisika yang telah memberikan ilmunya.
8. Jajaran dosen dan staff TU program studi Fisika.
9. Teman-teman seperjuangan Fisika 2017 yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan semangat. Terimakasih untuk kebersamaan kalian.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, kesalahan dan keterbatasan, oleh karena itu diharapkan saran dan kritik agar lebih baik lagi. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, Desember 2021



**RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA MENGGUNAKAN METODE *DOUBLE DIFFERENCE*
(DD)**

**Fani Rohmiasih
1710602205**

INTISARI

Penelitian relokasi hiposenter gempabumi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan metode *double difference* yang dilakukan menggunakan program hypoDD bertujuan untuk merelokasi hiposenter gempabumi dan mempelajari struktur tektonik wilayah penelitian. Data yang digunakan adalah 23 data gempabumi yang terjadi di Yogyakarta pada tahun 2019, dan menggunakan referensi model kecepatan gelombang Wegner dan Ak135. Metode *double difference* menggunakan waktu tempuh pasangan gempabumi terhadap stasiun. Jumlah gempabumi yang berhasil direlokasi sebanyak 23 data dengan menggunakan 4 stasiun pencatat gempa. Hasil relokasi menghasilkan posisi hiposenter yang lebih baik ditandai dengan residual waktu tempuh sesudah relokasi lebih banyak mendekati nol, setelah relokasi menghasilkan 87 residual yang mendekati nol. Hasil relokasi gempabumi pada wilayah darat Gunungkidul berada pada kedalaman dangkal yang dipicu oleh sesar dan diperkirakan berada pada Formasi Gamping Wungkal, sedangkan pada wilayah darat sekitar Gunung Merapi diperkirakan terjadi akibat dari gempabumi *volcano tectonic*. Hasil relokasi pada wilayah laut berada pada kedalaman yang dalam mengarah pada garis tunjaman subduksi, dan pada kedalaman yang dangkal diperkirakan akibat sesar aktif di bawah laut. Pergeseran gempabumi setelah relokasi tersebar acak ke segala arah pada jarak kurang dari 20 km dengan arah dominan ke timur laut dan barat laut.

KATA KUNCI: program hypoDD, histogram residual, sesar, subduksi

***RELOCATION EARTHQUAKE HYPOCENTER IN SPECIAL REGION
OF YOGYAKARTA USING DOUBLE DIFFERENCE (DD) METHOD***

Fani Rohmiasih
17106020025

ABSTRACT

Research earthquake hypocenter relocation in Special Region of Yogyakarta has done by double difference method using hypoDD program to relocate earthquake hypocenter and study the tectonic structure in research area. This research using 23 earthquake data that occurred in Yogyakarta at 2019, and used as reference model of wave velocity Wegner and Ak135. Double difference method using travel time of earthquake pairs to the station. The earthquake which were successfully relocated was about 23 data using 4 earthquake recording stations. The relocation result hypocenter position that is better marked by residual travel time after relocation more approach to zero, after relocation there are 87 residuals more approach to zero. The result of the earthquake relocation in the land area of Gunungkidul are at shallow depths by faults and are estimated in the Gamping Wungkal Formation, in the land area around Mount Merapi is estimated by volcano tectonic earthquakes. The result of relocation in the sea area at a deep depth by a subduction line, and at a shallow depth it is by an active fault under the sea. Earthquake shifts after relocation are randomly distributed in all direction at a distance of less than 20 km with a dominant direction to the northeast and northwest.

KEYWORDS: *hypoDD program, residual histogram, fault, subduction*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI.....	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Batasan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Studi Pustaka	10
2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 Gempabumi	13

2.2.2	Pergerakan lempeng	17
2.2.3	Sesar	19
2.2.4	Gelombang seismik	21
2.2.5	Parameter sumber gempabumi.....	30
2.2.6	Metode <i>Double Difference</i>	32
2.2.7	Tatanan tektonik wilayah penelitian	36
2.2.8	Seismisitas wilayah penelitian	40
	BAB III METODE PENELITIAN.....	42
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	42
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	42
3.2.1	Alat Penelitian.....	42
3.2.2	Bahan Penelitian.....	43
3.3	Prosedur Kerja	44
3.3.1	Persiapan data.....	45
3.3.2	Pengelompokan data	47
3.3.3	Relokasi data	49
3.3.4	Analisis hasil relokasi	53
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1	Hasil Penelitian.....	54
4.2	Pembahasan	61
4.2.1	Lokasi Daerah Penelitian	61
4.2.2	Relokasi Gempabumi dengan Metode <i>Double Difference</i>	63
4.2.3	Histogram Residual Relokasi Hiposenter	67

4.2.4	Hasil Relokasi Hiposenter.....	68
4.2.5	Diagram Kompas dan Diagram <i>Rose</i> Hasil Penelitian	73
4.2.6	Integrasi Interkoneksi.....	74
BAB V	PENUTUP.....	76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78	
LAMPIRAN	83	



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Model referensi kecepatan gelombang (Wegner dan AK 135) 49

Tabel 4.1 Data gempabumi sebelum dan sesudah relokasi wilayah darat 55

Tabel 4.2 Data gempabumi sebelum dan sesudah relokasi wilayah laut 55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta tektonik Indonesia (Bock dkk, 2003).....	3
Gambar 1.2 Peta seismisitas Indonesia (Setiyono dkk, 2019).....	4
Gambar 2.1 Mekanisme sumber gempabumi (Lowrie, 2007).....	16
Gambar 2.2 Arus konveksi penggerak lempeng bumi (Sunarjo dkk, 2012)	17
Gambar 2.3 Gerakan divergen lempeng (IRIS, 2020).....	18
Gambar 2.4 Gerakan konvergen lempeng (IRIS, 2020)	18
Gambar 2.5 Gerakan transform lempeng (IRIS, 2020)	19
Gambar 2.6 Jenis sesar (Pluim & Marshak, 2004).....	21
Gambar 2.7 Hukum <i>Snellius</i> (Stein & Wysession, 2003)	22
Gambar 2.8 Asas <i>Fermat</i> (Linda dkk, 2019).....	23
Gambar 2.9 Prinsip <i>Huygens</i> (Stein & Wysession, 2003).....	24
Gambar 2.10 Komponen tegangan (Telford dkk, 1990)	25
Gambar 2.11 Analisis regangan dua dimensi (Telford dkk, 1990)	26
Gambar 2.12 Gelombang P dan S (Stein & Wysession, 2003)	28
Gambar 2.13 Gelombang R (Lowrie, 2007).....	29
Gambar 2.14 Gelombang L (Lowrie, 2007)	30
Gambar 2.15 Diagram Wadati (Sunarjo dkk, 2012).....	31
Gambar 2.16 Ilustrasi hubungan episenter dan hiposenter (Lowrie, 2007).....	31
Gambar 2.17 Ilustrasi metode <i>double difference</i> (Waldhauser & Ellsworth, 2000)	
.....	33
Gambar 2.18 Rekonstruksi lempeng tektonik di Indonesia (Zakaria, 2007).....	37
Gambar 2.19 Bagian skematis subduksi di Jawa (Katili, 1975)	39

Gambar 2.20 Peta sesar aktif di Jawa (Naryanto, 2018)	40
Gambar 2.21 Seismisitas di Pulau Jawa dari katalog PuSGeN 2017 dengan magnitudo $\geq 4,5$ (Pusat Gempa Studi Nasional, 2017).....	41
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	44
Gambar 3.2 Data katalog gempabumi	45
Gambar 3.3 Data lokasi stasiun	46
Gambar 3.4 Tampilan ph2dt.inp.....	47
Gambar 3.5 Tampilan hypoDD.inp	50
Gambar 4.1 Histogram residual sebelum relokasi.....	54
Gambar 4.2 Histogram residual sesudah relokasi	54
Gambar 4.3 Peta sesimisitas sebelum dan sesudah relokasi hiposenter gempabumi wilayah laut tahun 2019	56
Gambar 4.4 Peta seismisitas sebelum dan sesudah relokasi hiposenter gempabumi wilayah darat tahun 2019	57
Gambar 4.5 Peta sebaran gempabumi sebelum dan sesudah relokasi dengan garis A-A' (wilayah darat) dan garis B-B' (wilayah laut).....	58
Gambar 4.6 <i>Cross section</i> B-B' wilayah laut.....	59
Gambar 4.7 <i>Cross section</i> A-A' wilayah darat	59
Gambar 4.8 Diagram kompas jarak arah pergeseran gempabumi.....	60
Gambar 4.9 Diagram <i>rose</i> jumlah dan sudut pergeseran gempabumi.....	60
Gambar 4.10 Peta sebaran gempabumi wilayah penelitian	63
Gambar 4.11 Peta sebaran lokasi stasiun pencatat gempabumi	64
Gambar 4.12 Hasil <i>running</i> ph2dt	65

Gambar 4.13 Hasil *running HypoDD*..... 66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data dan Hasil	83
Lampiran 2 Pengolahan Relokasi dengan HypoDD	98
Lampiran 3 Pengolahan Histogram Residual dengan <i>Microsoft Excel</i>	105
Lampiran 4 Pemetaan dengan GMT	109
Lampiran 5 Pembuatan Diagram Kompas dan Diagram <i>Rose</i>	115



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gempabumi merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), gempabumi diartikan sebagai guncangan atau gerakan bumi. Gempabumi merupakan peristiwa alam berupa getaran atau gerakan bergelombang pada kulit bumi yang ditimbulkan oleh tenaga asal dalam bumi. Gempabumi yang disebabkan oleh pergeseran tanah atau lempeng tektonik disebut gempabumi tektonik, dan gempabumi yang disebabkan oleh gunung berapi disebut gempabumi vulkanik (Sunarjo dkk, 2012).

Gempabumi merupakan salah satu tanda kebesaran Allah SWT, dalam Al-Qur'an terdapat ayat yang menggambarkan tentang gempabumi, misalnya dalam QS Al-Zalzalah ayat 1:

إِذَا زُلْزَلَتِ الْأَرْضُ زُلْزَالَهَا

"Apabila bumi digoncangkan dengan goncangannya (yang dahsyat)"

Ayat tersebut menggambarkan gempabumi dalam bahasa arab yang diistilahkan dengan *Al-Zalzalah*. *Al-Zalzalah* memiliki makna gelombang yang besar, goncangan yang besar dan pergerakan yang besar. Menurut istilah, kata *Al-Zalzalah* didefinisikan oleh Luis Ma'luf di kamus *Al-Munjid fi Al-Lughat* dengan *Iritijaf Al-Ardli wa Ihtizaazuhaa wa Idltiraabuha* yang dibahas dalam Jurnal Gempabumi dalam Al-Quran oleh Abha tahun 2013 memiliki arti goncangan,

goyangan atau pergerakan dan gelombang besar yang terjadi di dalam bumi (Abha, 2013).

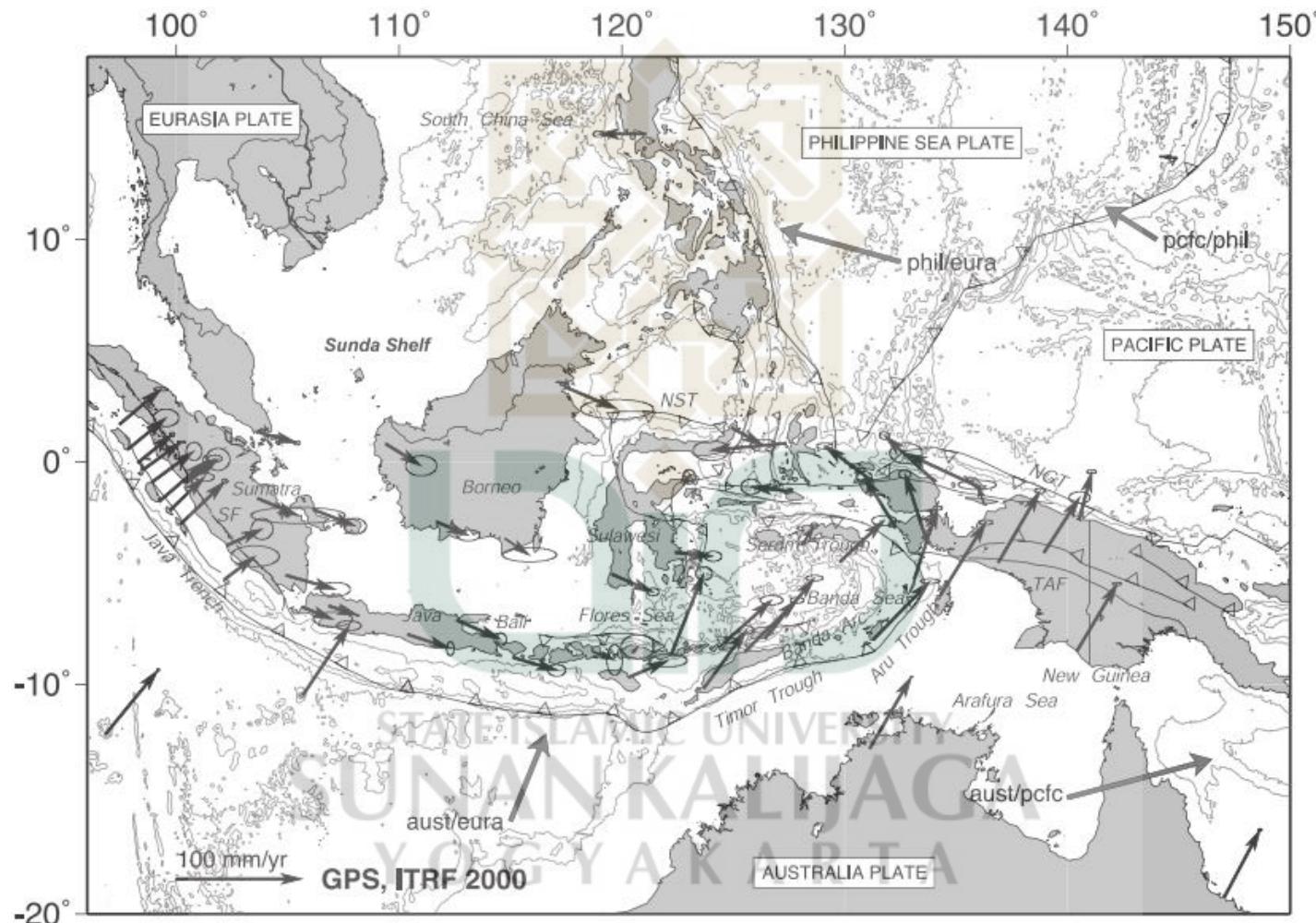
Ayat lain dalam Al-Qur'an yang menggambarkan gempabumi adalah QS Al-Haqqah ayat 14:

وَحْمِلْتِ الْأَرْضُ وَالْجِبَالُ فَدُكَّتَا دَكَّةً وَاحِدَةً

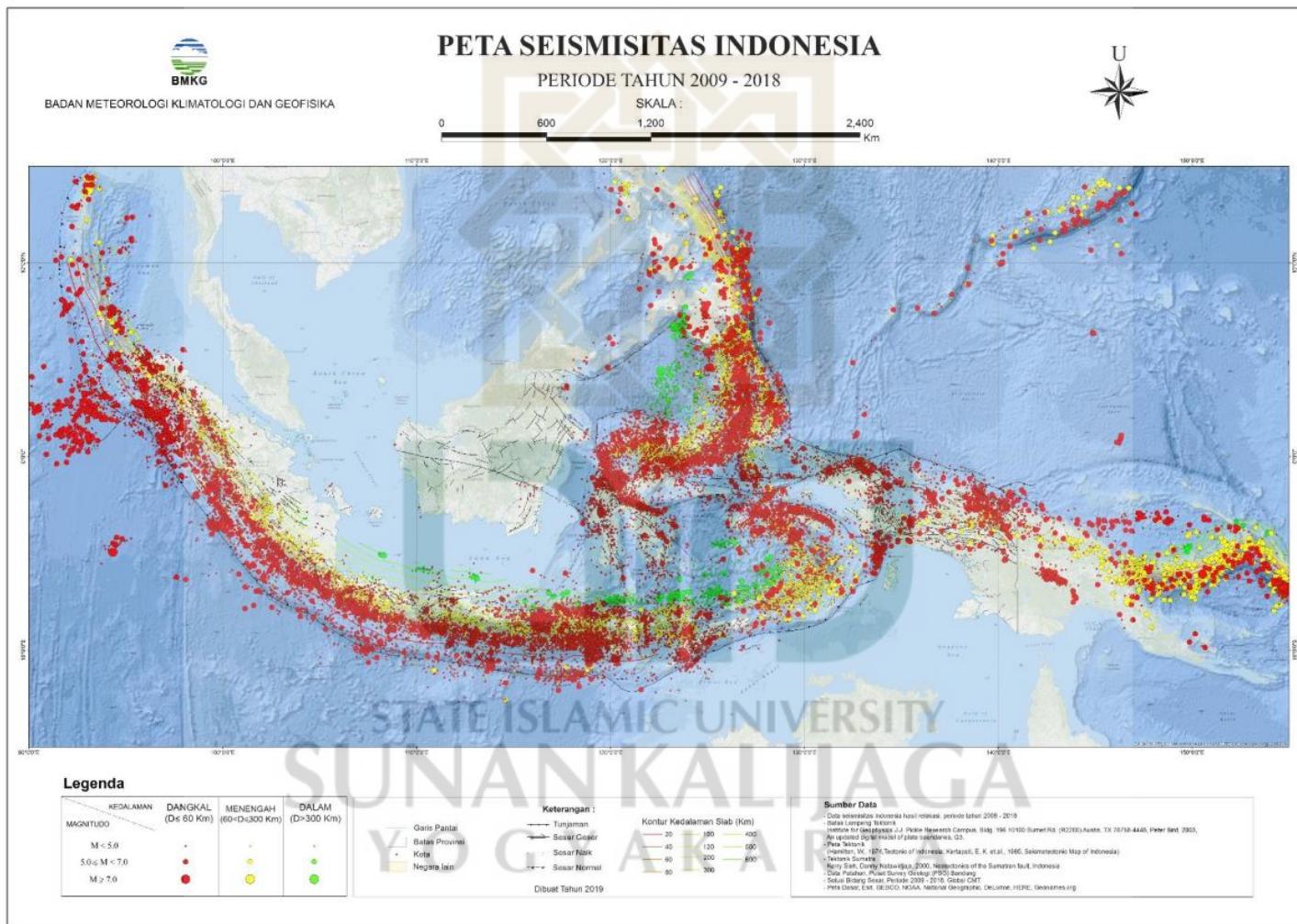
"Dan diangkatlah bumi dan gunung-gunung, lalu dibenturkan keduanya sekali bentur."

Ayat tersebut menjelaskan bahwa bumi bergoncang yang menggambarkan terjadinya gempabumi. Imam Al-Mawardi menjelaskan bahwa ayat ini diturunkan untuk memberi ancaman dan peringatan kepada orang-orang kafir yang tidak mau beriman kepada hari akhir. Adanya gempabumi ini menurut jumhur ulama' merupakan salah satu tanda akan datangnya hari kiamat (Abha, 2013).

Gempabumi merupakan salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Bencana adalah peristiwa yang dapat mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam atau faktor non-alam maupun faktor manusia, sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak sosial (Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana). Kesiapsiagaan sangat diperlukan dalam menghadapi suatu bencana. Kesiapsiagaan berarti merencanakan tindakan yang diperlukan jika terjadi bencana (Utomo dkk, 2018).



Gambar 1.1 Peta tektonik Indonesia (Bock dkk, 2003)



Gambar 1.2 Peta seismisitas Indonesia (Setiyono dkk, 2019)

Indonesia merupakan negara dengan pertemuan lempeng aktif dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, serta lempeng-lempeng kecil lainnya (Gambar 1.1). Pada daerah pertemuan lempeng terdapat kumpulan energi yang sewaktu-waktu lapisan bumi tidak dapat menahan akumulasi energi tersebut sehingga menyebabkan terjadinya gempabumi. Indonesia juga berada di jalur “*Ring of Fire*” atau cincin api Pasifik yang merupakan jalur rawan terjadinya aktivitas seismik yang dapat menyebabkan sering terjadi gempabumi dan letusan gunung berapi

Seismisitas tinggi di wilayah Indonesia ditunjukkan pada peta seismisitas (Gambar 1.2) menunjukkan banyaknya gempabumi yang terjadi di wilayah Indonesia. Salah satu wilayah di Indonesia yang rentan terjadi gempabumi adalah wilayah Yogyakarta dan sekitarnya. Berdasarkan catatan sejarah kegempaan beberapa tahun terakhir, gempabumi Yogyakarta pada Mei 2006 merupakan gempabumi yang merusak (Pusat Gempa Studi Nasional, 2017). Sampai saat ini wilayah Yogyakarta masih sering terjadi gempabumi baik yang dirasakan ataupun tidak. Gempabumi yang terjadi di Yogyakarta merupakan salah satu akibat dari letak geografis Yogyakarta yang berada pada zona tumbukan aktif antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Selain rawan gempabumi akibat tumbukan lempeng, wilayah Yogyakarta rawan gempabumi akibat aktifitas beberapa sesar lokal (Wibowo & Sembri, 2017).

Kondisi tektonik Yogyakarta yang kompleks menyebabkan wilayah tersebut menjadi kawasan seismik aktif dengan frekuensi kegempaan yang cukup tinggi. Aktifitas gempabumi yang tinggi menjadikan wilayah Yogyakarta rawan bencana,

maka diperlukan kesiapsiagaan untuk menghadapi bencana. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan mitigasi bencana dengan relokasi hiposenter gempabumi. Hiposenter merupakan pusat gempabumi yang berada di bawah permukaan bumi. Relokasi hiposenter gempabumi merupakan suatu metode untuk menghitung ulang atau mengoreksi ulang posisi hiposenter gempabumi menjadi lebih baik dan akurat (Kusmita dkk, 2020).

Penentuan informasi hiposenter gempabumi yang dikeluarkan oleh BMKG biasanya menggunakan metode *grid search* dan *geiger*, dengan ketentuan penetapan kedalaman (*fix depth*) 10 km pada gempabumi yang memiliki kedalaman kurang dari atau sama dengan 10 km untuk menyederhanakan proses iterasi dan meningkatkan keefisienan waktu (Nabila, 2020). Informasi gempabumi tersebut dapat disampaikan kepada masyarakat dalam waktu beberapa menit saja setelah terjadinya gempabumi. Namun hasil tersebut belum sesuai dengan keadaan sebenarnya, maka perlu dilakukan relokasi hiposenter untuk mengoptimalkan akurasi hiposenter dari keadaan sebelumnya yang telah diperoleh.

Relokasi hiposenter menghasilkan gambaran yang merepresentasikan struktur sesar di bawah permukaan bumi dan dapat mengidentifikasi zona patahan sehingga dapat diketahui kondisi tektonik wilayah tersebut (Kusmita dkk, 2020). Terdapat beberapa metode dalam melakukan relokasi hiposenter, diantaranya yaitu metode *double difference*, metode *coupled velocity hypocenter*, metode *geiger*, metode *modified joint hypocenter determination*, dan metode *simulated annealing*.

Metode yang digunakan untuk relokasi hiposenter pada penelitian ini adalah metode *double difference*. Metode *double difference* merupakan salah satu teknik

relokasi gempabumi dengan memanfaatkan data waktu tempuh dari suatu pasangan gempabumi ke suatu stasiun pengamat (Waldhauser, 2001). Metode *double difference* digunakan dalam penelitian ini karena dapat merelokasi data gempabumi yang banyak atau dalam periode waktu yang panjang. Model kecepatan gelombang yang digunakan juga dapat disesuaikan dengan wilayah penelitian.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Mohamad Ramdhan yang merelokasi hiposenter gempabumi wilayah Jawa Tengah dan sekitarnya dengan metode *double difference*. Penelitian tersebut menggambarkan zona sesar opak dengan *dip* bidang sesar ke arah timur. Aktivitas magma dangkal Gunung Merapi juga terdeteksi pada penelitian (Ramdhan dkk, 2020).

Wilayah Yogyakarta merupakan wilayah dengan aktifitas gempabumi yang cukup tinggi, maka diperlukan penelitian tentang kegempaan lebih lanjut. Penelitian relokasi gempabumi Yogyakarta ini menggunakan data gempabumi Yogyakarta tahun 2019 yang direkam dari berbagai stasiun pengamat. Data tersebut diolah untuk melihat bagaimana posisi hiposenter yang lebih akurat dan mengetahui keadaan tektonik dari wilayah penelitian.

Hasil relokasi distribusi gempabumi yang lebih akurat dapat menunjukkan struktur geologi yang lebih detail dari wilayah Yogyakarta. Data yang diolah dapat membentuk *cluster* atau kelompok *event* gempabumi yang dapat berkorelasi dengan bidang sesar, sehingga patahan dan sesar dapat diidentifikasi dari hasil relokasi kemudian dapat dianalisa kemungkinan bencana gempabumi yang akan terjadi di wilayah penelitian. Sehingga penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu langkah mitigasi bencana dan bisa dijadikan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses relokasi hiposenter gempabumi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode *double difference* (DD)?
2. Bagaimana perubahan hiposenter gempabumi Daerah Istimewa Yogyakarta sesudah direlokasi menggunakan metode *double difference* (DD)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merelokasi hiposenter gempabumi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode *double difference* (DD).
2. Menganalisa perubahan hiposenter gempabumi Daerah Istimewa Yogyakarta sebelum dan sesudah direlokasi.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi kasus gempabumi yang terjadi di Daerah Istimewa Yogyakarta dalam kurun waktu tahun 2019.
2. Wilayah penelitian berada di Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya dengan batas koordinat $7,5^{\circ}$ LS sampai $8,5^{\circ}$ LS dan 110° BT sampai 111° BT.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang hiposenter gempabumi yang lebih akurat kepada pemerintah dan masyarakat sebagai rujukan atau pandangan dalam upaya mitigasi bencana alam yaitu gempabumi pada lokasi terkait.
2. Memberikan pengetahuan tentang relokasi gempabumi dan sebagai referensi untuk penelitian lebih lanjut terkait daerah rawan gempabumi lainnya.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Penelitian dapat merelokasi seluruh gempabumi yaitu 23 *event* gempabumi dengan stasiun pencatat yang digunakan sebanyak 4 stasiun. Hasil relokasi menunjukkan posisi hiposenter mendekati posisi sebenarnya yang dapat dilihat dari histogram residual mendekati nol. Sebelum direlokasi residual berkisar 0,5 sampai 1,5 sekon, setelah relokasi menjadi -1 sampai 1,5 sekon.
2. Gempabumi darat wilayah Gunungkidul setelah relokasi bergeser ke garis sesar dan pada kedalaman 3 km sampai 18 km diperkirakan pusat gempabumi berada pada Formasi Wungkal. Gempabumi darat wilayah Gunung Merapi setelah relokasi semakin dekat ke puncak gunung dan diperkirakan sumber gempabumi *volcano tectonic* karena waktu terjadinya gempabumi berdekatan dengan adanya erupsi Gunung Merapi. Gempabumi laut setelah relokasi pada kedalaman 60 km sampai 125 km bergeser mendekati garis subduksi yang diperkirakan terjadi karena subduksi, dan pada kedalaman kurang dari 20 km diperkirakan terjadi karena sesar aktif di bawah laut. Hiposenter gempabumi setelah relokasi mengalami pergeseran ke segala arah dan dengan jarak kurang dari 20 km dengan arah dominan ke timur laut dan barat laut.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya terkait relokasi hiposenter sebagai berikut:

1. Dilakukan penambahan data sehingga terdapat distribusi gempabumi yang lebih banyak untuk memudahkan analisis kejadian gempabumi baik yang dipicu sesar maupun subduksi.
2. Adanya penambahan data *cross section* (data korelasi silang) dan menggunakan referensi model kecepatan yang sesuai dengan geologi daerah penelitian.
3. Dilakukan relokasi hiposenter dengan metode lain, sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan untuk mendukung keakuratan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & dkk. 2006. *Kerangka Dasar Keilmuan & Pengembangan Kurikulum*. Pokja Akademik UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Abercrombie, R. E., Antolik, M., Felzer, K., & Ekstrom, G. 2001. The 1994 Java tsunami earthquake: Slip over a subducting seamount. *Journal of Geophysical Research*, **Vol.106 No.B4 April 2001** : 6595–6607.
- Abha, M. M. 2013. Gempa Bumi dalam Al-Qur'an (Tafsir Tematik). *ESENSIA: Jurnal Ilmu-Ilmu Ushuluddin*, **Vol.14 No.1 April 2013** : 19-36.
- Athar, M. 2019. Bukti Kebenaran Al-Qur'an Dalam Berbagai Bidang Ilmu Pengetahuan. *Ta'dib*, **Vol.17 No.1 Juni 2019** : 83–111.
- Badan Geologi, Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2019. Siaran Pers Kronologi Letusan Gunung Merapi. Diakses 15 Januari 2022 dari <https://merapi.bgl.esdm.go.id/>
- Bemmelen, R. Van. 1949. *The Geology of Indonesia*. Goverment Printing Office. The Hague.
- Bock, Y., Prawirodirjo, L., Genrich, J. F., Stevens, C. W., McCaffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, S. S. O., & Calais, E. 2003. Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research*, **Vol.108 No.B8**.
- Dewi, F. C., Karyanto, Rustadi, & Wibowo, A. 2019. Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Sumatera Bagian Selatan Menggunakan Metode Double Difference (Hypo-DD). *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, **Vol.3 No.2**.
- Diaz, N., Suarbawa, K. N., & Mursitantlyo, A. 2018. Relokasi Gempabumi di Pulau Bali Bagian Utara Tahun 2015- 2017 dengan menggunakan Metode Double Difference (DD). *Buletin Fisika*, **Vol.19 No.2 Agustus 2018** : 64–72.
- Edwiza, D. 2008. Kajian Terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat. *TeknikA*, **Vol.1 No.29 April 2008** : 55–64.
- Eggert, S., & Walter, T. R. 2008. Volcanic Activity Before and After Large Tectonic Earthquakes: Observations and Statistical Significance. *Tectonophysics*, **Vo.471 No.2009 Januari 2008** : 14–26.

- Fauzi, R. H. 2017. *Relokasi Hiposenter Gempa di Pulau Jawa Bagian Barat Menggunakan HypoDD (Hypocenter Double Difference) Periode 2010-2016.* (Tugas Akhir), Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Haerudin, N., Alami, F., & Rustadi. 2019. *Mikroseismik, Mikrotremor dan Microearthquake dalam ilmu kebumian.* Pusaka Media. Bandar Lampung.
- IRIS. 2020. *Background guide to IRIS' Plate Boundary Animations.* Diakses Maret 2021 dari https://www.iris.edu/hq/inclass/animation/plate_boundaries_three_types_described
- Jannah, I. N., Anggono, T., & Yulianto, T. 2016. Aplikasi Metode Double Difference dalam Relokasi Hiposenter untuk Menggambarkan Zona Transisi antara Busur Banda dan Busur Sunda. *Youngster Physics Journal, Vol.5 No.3 Juli 2016* : 113–122.
- Katili, J. A. 1975. Volcanism and Plate Tectonics in the Indonesian Island Arcs. *Tectonophysics, Vol.26* : 165–188.
- Kearey, P., Klepis, K. A., & Vine, F. J. 2009. *Global Tectonics* (Third ed). John Wiley & Sons Ltd. UK.
- Kusmita, T., Pribadi, I., MZ, N., & Rohadi, S. 2020. Studi Awal Seismotektonik di Wilayah Jawa Barat Berdasarkan Relokasi Hiposenter Metode Double Difference. *Jurnal Geosaintek, Vol.6 No.1 April 2020.*
- Linda, F. N., Lepong, P., & Djayus. 2019. Interpretasi Kecepatan Gelombang Seismik Refraksi Tomografi Dalam Penentuan Litologi Bawah Permukaan di Desa Bhuana Jaya (Studi Kasus: PT. KHOTAI MAKMUR INSAN ABADI). *Jurnal Geosains Kutai Basin, Vol.2 No.2 Agustus 2019.*
- Lowrie, W. 2007. *Fundamentals of Geophysics* (Second Ed). Cambridge University Press. New York.
- Nabila, A. 2020. *Relokasi Hiposenter Gempa Lombok 17 Maret 2019 Menggunakan Metode Double Difference.* (Tugas Akhir), Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Eksplorasi dan Produksi, Universitas Pertamina, Jakarta.
- Naryanto, H. S. 2018. Analisis Patahan Bawah Permukaan dari Pengukuran Geolistrik untuk Antisipasi Benana Gempa di Kabupaten Grobogan. *Jurnal Alami, Vol.2 No.2 Tahun 2018* : 73–81.

- Newcomb, K. R., & McCann, W. R. 1987. Seismic History and Seismotectonics og the Sunda Arc. *Journal of Geophysical Research*, **Vol.92 No.B1 Januari 1987** : 421–439.
- Nurdiyanto, B., Sunardi, B., Harsa, H., Ngadmanto, D., Susilanto, P., Rohadi, S., Efendi, N., Nugraha, J., Guswanto, & Sari, D. L. 2010. *Integrasi Pengamatan Parameter Geofisika dalam Usaha Prediktabilitas Gempabumi*. (Laporan Akhir), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Humas DIY. 2014. *Topografi*. Diakses 15 Desember 2021 dari <https://jogaprov.go.id/berita/detail/topografi>.
- Pane, R. S., & Elsera, E. M. 2020. Aplikasi Metode Modified Joint Hypocenter Determination (MJHD) dan Hypocenter Double Difference (HYPODD) untuk Relokasi Gempabumi Swarm di Wilayah Mamasa. *Prosiding Seminar Nasional Fisika PPUs UNM*, **Vol.2 Februari 2020** : 100–103.
- Pluijm, B. A. Van der, & Marshak, S. 2004. *Earth Structure* (Second Ed). W.W Norton&Company. New York.
- Pusat Gempa Studi Nasional. 2017. *PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Perkerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Bandung.
- Putri, Y. D. A. 2016. *Mikrozonasi Indeks Kerentanan Seismik di Kawasan Jalur Sesar Opak Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. (Tugas Akhir), Program Studi Fisika, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Ragan, D. M. 2009. *Structural Geology An Introduction to Geometrical Techniques* (Fourth Ed). Cambridge University Press. New York.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. 1977. Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa.
- Ramdhani, M., Kristyawan, S., & Sembiring, A. S. 2020. Seismisitas di Wilayah Jawa Tengah dan Sekitarnya Berdasarkan Hasil Relokasi Hiposenter dari Empat Jaringan Seismik Menggunakan Model Kecepatan 3-D. *Eksplorium*, **Vol.41 No.1 Mei 2020** : 61–72.
- Rosid, M. S., Widyarta, R., Karima, T., Wijaya, S. K., & Rohadi, S. 2020. Fault Plane Estimation Through Hypocentres Distribution of the July- August 2018 Lombok Earthquakes Relocated by using Double Difference Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **854** 012053.

- Setiadi, T. A. P., & Rohadi, S. 2018. Relokasi Gempa Bumi Teleseismic Double-Difference di Wilayah Bali - Nusa Tenggara dengan Model Kecepatan 3D. *Jurnal Lungkungan dan Bencana Geologi*, **Vol.9 No.1 April 2018** : 45–52.
- Setiadi, T. A. P., Rohadi, S., Merdijanto, U., & Heryandoko, N. 2016. Relokasi Hiposenter Gempabumi Menggunakan Metode Teleseismic Double Difference untuk Analisi Pola Tektonik di Wilayah Laut Maluku. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **Vol.17 No.2 Tahun 2016** : 101–107.
- Setiyono, U., Gunawan, I., Priyobudi, Yatimantoro, T., Imananta, R. T., Ramdhan, M., Hidayanti, Anggraini, S., Rahayu, R. H., Hawati, P., Yogaswara, D. S., Julius, A. M., Apriani, M., Harvan, M., Simangunsong, G., & Kriswinarso, T. 2019. *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2018*. Pusat Gempabumi dan Tsunami, Kedeputian Geofisika, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Stein, S., & Wysession, M. 2003. *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Blackwell Publishing Ltd. UK.
- Sunardi, B., Rohadi, S., Masturyono, Widjiantoro, S., Sulastri, Susilanto, P., Hardy, T., & Setyonegoro, W. 2012. Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Jawa Menggunakan Teknik Double Difference. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, **Vol.13 No.3 Tahun 2012** : 179–188.
- Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. 2012. *Gempabumi Edisi Populer*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Jakarta.
- Surono. 2009. Litostratigrafi Pegunungan Selatan Bagian Timur Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Geo-Sciences*, **Vol.19 No.3 Juni 2009** : 209–221.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Utomo, K. S., Muryani, C., & Nugraha, S. 2018. Kajian Kesiapsiagaan Terhadap Bencana Tsunami Di Kecamatan Puring Kabupaten Kebumen Tahun 2016. *Jurnal GeoEco*, **Vol.4 No.1 Januari 2018** : 68–76.
- Waldhauser, F. 2001. hypoDD -- A Program to Compute Double-Difference Hypocenter Locations. U.S Geol. Survey.
- Waldhauser, F., & Ellsworth, W. L. 2000. A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **Vol.90 No.6 Desember 2000** : 1353–1368.

Wibowo, N. B., & 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 Oktober 2017** : 2–10.

Zakaria, Z. (2007). Aplikasi Tektonik Lempang dalam Sumber Daya Mineral, Energi, dan Kewilayahannya. *Bulletin of Scientific Contribution*, **Vol.5 No.2 April 2007** : 123–131.

