

Penentuan *Aftershock* Gempabumi Yogyakarta Tanggal 6 Juni 2006 Dengan Menggunakan Metode Geiger

Determination of the Aftershock of Yogyakarta Earthquake on June 6, 2006 Using Geiger Method

Dinda Shakila Farah¹, Wiji Raharjo¹, Setyoajie Prayoadhie², Budiarta², Dini Vermiratih², Yusuf Hadi Perdana²

¹Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta, Jl. Padjajaran, Sleman, Yogyakarta 55283

²Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, Jl. Wates Km. 8, Jitengan, Balekatur, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55295

INFO ARTIKEL

Naskah masuk : 14 April 2023
Naskah diperbaiki : 18 Mei 2023
Naskah diterima : 16 Juni 2023

Kata kunci:

Episenter
gempa susulan
Metode Geiger
SeisComp3
gempa Yogyakarta

Keywords:

Epicenter
aftershocks
Geiger Method
SeisComp3
Yogyakarta earthquake

* Email Korespondensi:

dindasfn@gmail.com

ABSTRAK

Gempa Yogyakarta 2006 merupakan gempabumi tektonik kerak dangkal yang mengguncang Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan sekitarnya pada 27 Mei 2006. Gempa ini diikuti banyak gempa susulan (*aftershock*) hingga 10 hari setelahnya, yaitu pada tanggal 6 Juni 2006. Untuk mendapatkan informasi tentang sebaran gempa bumi susulan, dilakukan pengolahan parameter gempa bumi susulan pada tanggal 6 Juni 2006. Penentuan parameter gempa susulan ini dilakukan menggunakan software SeisComp3 dengan prinsip dan teori metode Geiger. Metode Geiger merupakan metode yang menggunakan optimasi *least square* untuk menentukan titik hiposenter dan episenter. Terdapat 122 gempa yang terjadi pada tanggal 6 Juni 2006 dengan magnitudo gempa dari 0,8 – 3,7 dan terjadi pada kedalaman 1,5 km – 18,6 km. *Aftershock* gempa bumi susulan tersebar disepanjang perbatasan Kabupaten Bantul dan Gunungkidul, dikarenakan adanya sesar Opak dan banyak nya sesar-sesar minor di sekitar Sesar Opak. Hal itu menyebabkan wilayah Kabupaten Bantul dan Gunungkidul sangat aktif tingkat kegempaan.

ABSTRACT

The 2006 Yogyakarta earthquake was a shallow crustal tectonic earthquake that rocked the Special Region of Yogyakarta (DIY) and its surroundings on May 27 2006. This earthquake was followed by many aftershocks up to 10 days later, namely on June 6 2006. To get information about the distribution aftershock earthquake, aftershock parameter processing was carried out on June 6 2006. Determination of the aftershock parameters was carried out using SeisComp3 software with the principles and theory of the Geiger method. The Geiger method is a method that uses least squares optimization to determine the hypocenter and epicenter points. There were 122 earthquakes that occurred on June 6 2006 with earthquake magnitudes ranging from 0.8 – 3.7 and occurring at depths of 1.5 km – 18.6 km. Aftershock aftershocks spread along the border of Bantul and Gunungkidul Regencies, due to the Opak fault and the many minor faults around the Opak fault. This causes the Bantul and Gunungkidul Regency areas to be very active in terms of seismicity.

© 2023 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

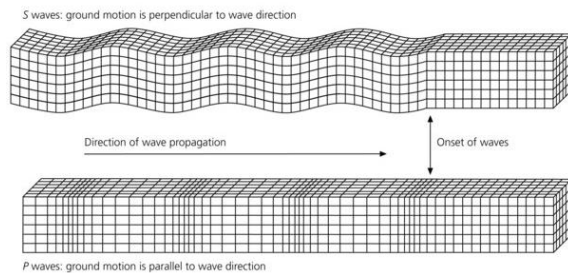
1. Pendahuluan

Gempabumi adalah getaran yang ditimbulkan oleh gelombang seismik yang dipancarkan dari suatu sumber energi elastik yang dilepaskan secara tiba-tiba. Gempabumi dibagi menjadi beberapa jenis salah satunya yaitu, gempa tektonik. Gempa ini terjadi akibat adanya aktivitas lempeng yaitu pergeseran lempeng tektonik secara mendadak dengan kekuatan dari kecil sampai besar. Daerah Yogyakarta berada di utara jalur pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia [1, 2]. Gempa Yogyakarta 2006 merupakan gempabumi tektonik kerak dangkal yang mengguncang Daerah

Istimewa Yogyakarta (DIY) dan sekitarnya pada 27 Mei 2006. Gempabumi ini diikuti oleh banyak gempabumi susulan setelahnya dari yang berkekuatan besar sampai gempabumi mikro [3]. Gempabumi susulan ini terjadi karena adanya sesar Opak di wilayah Yogyakarta serta banyak nya sesar-sesar minor yang menyebabkan aktifnya kegempaan di wilayah tersebut.

Gempabumi tidak terlepas dari teori gelombang seismik. Gelombang seismik adalah gelombang yang merambat dalam bumi. Perambatan gelombang ini bergantung pada sifat elastisitas batuan. Gelombang seismik terbagi menjadi dua, yaitu gelombang badan dan gelombang

permukaan. Gelombang badan dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu, gelombang primer (P) dan Gelombang Sekunder (S). Gelombang Primer yaitu gelombang yang terjadi karena adanya tekanan dan bergerak 21.600 km/jam lebih cepat dari gelombang S, sehingga akan terdeteksi pertama oleh seismograf (Gambar 1). Gelombang P menarik dan mendorong batuan, karena itu merupakan gelombang longitudinal [4]. Gelombang sekunder (S) menggerakkan batuan ke atas, ke bawah, ke kiri, dan ke kanan sehingga berdasarkan gerakannya termasuk gelombang transversal. Gelombang ini menjalar lebih lambat dibandingkan dengan gelombang primer, tetapi memancarkan energi lebih banyak [5, 6].



Gambar 1. Ilustrasi gelombang P dan S [5, 6].

Parameter gempabumi merupakan keterangan yang menjelaskan tentang suatu kejadian gempa. Parameter gempabumi meliputi waktu kejadian, koordinat episenter (dinyatakan dengan koordinat garis lintang dan garis bujur), kedalaman hiposenter, magnitudo, waktu kejadian (*origin of time*) dan intensitas gempabumi [7].

Episenter (*epicentre*) adalah hasil proyeksi hiposenter ke permukaan bumi atau dapat disebut juga sebagai titik di permukaan bumi yang didapat dengan menarik garis tegak lurus pada permukaan bumi. Letak episenter tegak lurus terhadap hiposenter, dan sekitar daerah ini pada umumnya merupakan wilayah yang paling besar merasakan getaran gempabumi.

Hiposenter (*hypocentre*) adalah pusat gempabumi, yaitu tempat terjadinya perubahan lapisan batuan atau dislokasi di dalam bumi sehingga menimbulkan gempabumi. Kebanyakan gempabumi yang terjadi pusatnya terletak dekat permukaan bumi pada kedalaman rata-rata 25 km, dan berangsur ke bawah tidak lebih dari 700 km. Gempabumi dangkal cenderung lebih kuat dari pada gempabumi dalam, oleh sebab itu gempabumi dangkal lebih banyak menyebabkan kerusakan. Adapun hiposenter yang terletak didasar laut maka getaran gempabumi yang terjadi dapat menimbulkan gelombang air pasang yang sangat besar dengan ketinggian mencapai puluhan meter. Semakin besar energi yang dikeluarkan dari hiposenter maka semakin besar pula gelombang air laut yang dihasilkan.

Magnitudo gempa adalah besaran yang berhubungan dengan kekuatan sumber gempa. Gempa dengan magnitudo besar belum tentu bersifat merusak jika

sumbernya sangat dalam. Pada umumnya magnitudo dinyatakan dengan SR (Skala Richter). Satuan yang dipakai adalah skala Richter yang bersifat logaritmik. Ada beberapa jenis magnitudo yang pernah diperkenalkan dan dipakai sampai saat ini, antara lain, Magnitudo gelombang badan yaitu magnitudo gempa yang diperoleh berdasar magnitudo gelombang badan (P atau S) dan Magnitude gelombang permukaan yaitu magnitudo yang diukur berdasarkan amplitudo gelombang permukaan.

Intensitas gempabumi pada suatu tempat diklasifikasikan berdasarkan efek yang terlihat akibat gempa yang terjadi. Intensitas gempabumi digunakan untuk mengukur tingkat getaran tanah berdasarkan kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa. Intensitas gempabumi dinyatakan dalam bentuk skala Mercally yang biasa disebut MMI (*Modified Mercally Intensity*). Skala ini diusulkan oleh G. Mercalli pada tahun 1902 yang berisi 12 tingkatan dari akibat yang ditimbulkan gempabumi, dimulai dari yang lemah sampai yang kuat. Terdapat hubungan secara empiris dari nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas dalam MMI [8].

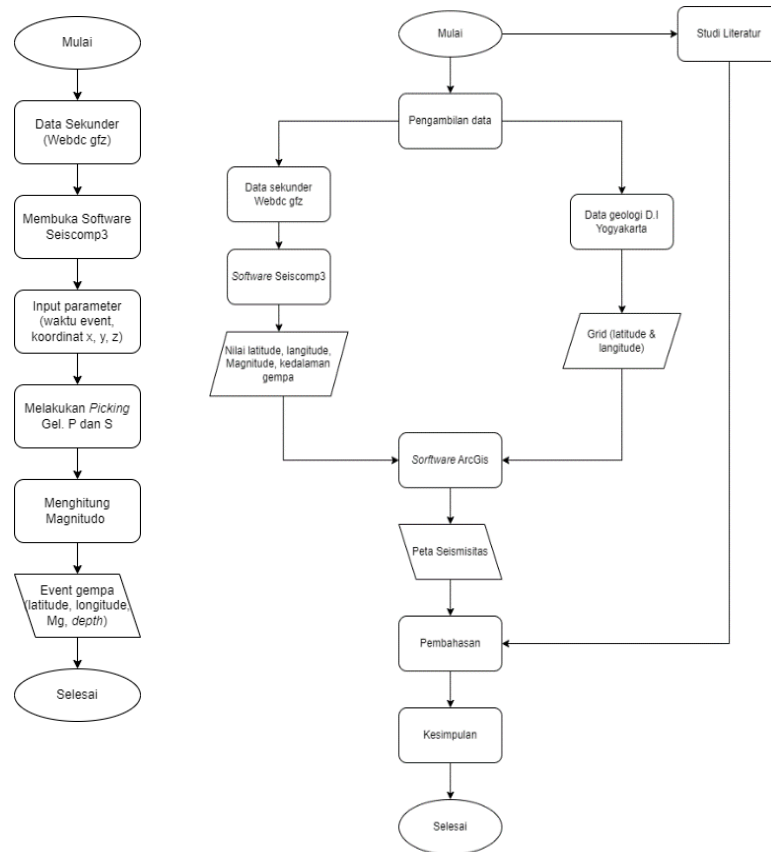
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui episenter gempabumi susulan (*aftershock*) gempa Yogyakarta yang terjadi pada tanggal 6 Juni 2006 ini dengan menggunakan metode Geiger serta memetakan lokasi sebaran episenter *aftershock* gempabumi Yogyakarta tersebut.

2. Metode Penelitian

Daerah penelitian melingkupi seluruh wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta karena gempa susulan atau *aftershock* yang terjadi menyebar di seluruh wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan *software* SeisComp3 [9] untuk mengolah data *aftershock* gempanya, pada *software* SeisComp3 ini menggunakan teori dan prinsip metode Geiger sebagai metode perhitungannya.

Metode Geiger adalah suatu langkah pengerjaan iterasi dengan menggunakan optimasi *least square* dalam penentuan lokasi hiposenter. Metode Geiger ini dilakukan dengan menggunakan persamaan linear dengan menggunakan minimal 4 stasiun rekaman dikarenakan metode Geiger ini mencari 4 variabel yaitu latitude, longitude, magnitudo dan kedalaman gempa dengan hasil perhitungannya dinyatakan dalam bentuk matriks inversi yang dilakukan berulang kali sampai mendapatkan nilai r (selisih dari travel time: $t_{cal} - t_{obs}$) terkecil.

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data *aftershock* gempa Yogyakarta tanggal 06 Juni 2006 yang diakses melalui website WebDC3 gfz (<http://eida.gfz-potsdam.de/webdc3/>) [10] pada tanggal 9 Oktober 2022. Data gempa bumi berupa data latitude, longitude, magnitudo dan kedalaman gempa. Alur pengambilan data dan alur pengolahan data ditampilkan pada Gambar 2.



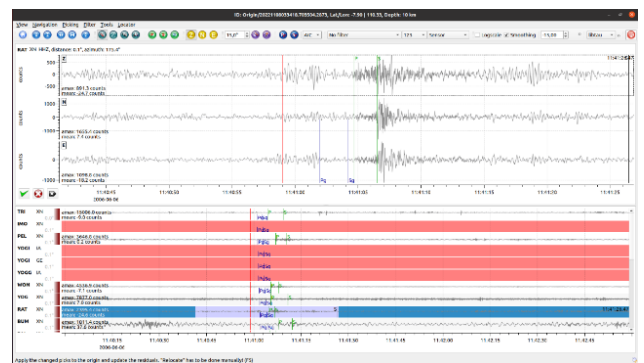
Gambar 2. Diagram alir pengambilan data, dan pengolahan data.

3. Hasil Dan Pembahasan

Pengolahan data *aftershock* gempa Yogyakarta yang terjadi pada tanggal 6 Juni 2006 ini diolah menggunakan software SeisComp3 [8]. Software ini menggunakan prinsip metode Geiger sebagai perhitungannya sehingga minimal stasiun yang digunakan minimal 4 karena metode Geiger mencari 4 variabel. Pada Gambar 3 terlihat ada beberapa stasiun yang bisa merekam event *aftershock* gempa yang diolah ini yaitu TRI, PEL, WON, YOG, BUM dan RAT. pada bagian atas terlihat ada tiga arah sensor yang terekam dari tiap stasiun yaitu Z, N dan E. gelombang P di *picking* pada arah sensor Z karena gelombang P merupakan gelombang yang lebih dulu sampai dan gelombang S di *picking* pada arah sensor N dan E.

Garis hijau P dan S yang ditandai dengan kotak merah merupakan hasil *picking* sebagai Pcal dan Scal atau nilai P dan S kalkulasi sedangkan garis biru Pg dan Sg merupakan nilai gelombang P dan S observasi atau nilai yang sudah ada dari perhitungan awal data *aftershock* gempa. Kemudian garis merah yang melintang dari Z sampai E merupakan nilai waktu tiba gelombang (*origin time*) berdasarkan data awal saat mengunduh data *aftershock* gempa ini. Berdasarkan hasil *picking* yang dilakukan, gelombang P tiba pada pukul 11:41:04 dan gelombang S tiba pada pukul 11:41:06. Saat melakukan *picking* gelombang P dan S ini, menggunakan filter yang tersedia pada software SeisComp3 ini. Saya menggunakan filter Bandpass dengan rentang frekuensi yang berbeda untuk

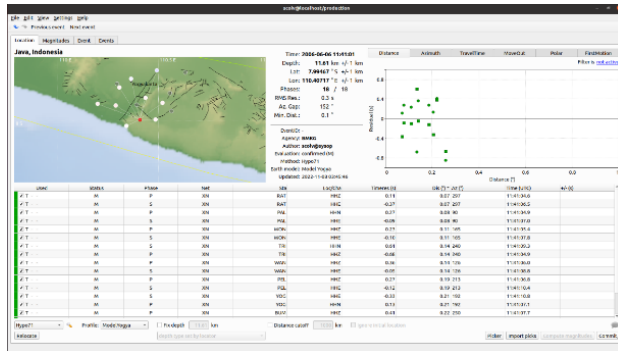
melihat gelombang P dan gelombang S pada rentang frekuensi yang berbeda agar memperjelas terlihatnya waktu tiba gelombang.



Gambar 3. *Picking* gelombang P dan S.

Dari hasil *picking* gelombang P dan S yang sudah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa banyaknya stasiun yang dapat merekam kejadian event *aftershock* gempa ini ada 9 stasiun. Dapat dilihat pada peta region Jawa, Indonesia di sebelah kiri terdapat titik titik putih yang bersambung dengan satu titik merah ditengah. Titik putih itu menandakan stasiun yang terekam dan titik merah merupakan lokasi titik episenter event *aftershock* gempa yang terjadi. Pada grafik sebelah kanan terdapat titik bulat hijau dan titik kotak hijau, titik titik ini menandakan persebaran nilai gelombang P dan gelombang S yang sudah di *picking*. Dapat dilihat rentang nilai

persebaran gelombang P dan S ini diantara -0,8 sampai 0,8 s. ini menandakan bahwa hasil rekaman waktu tiba gelombang P dan S dari tiap stasiun masih dalam waktu yang sama atau dekat sehingga masih dari satu sumber getaran, dan waktu tiba gelombang dari tiap stasiun ini yang menentukan letak titik episenter *aftershock* gempanya.



Gambar 4. Contoh hasil pengolahan penentuan parameter gempa susulan.

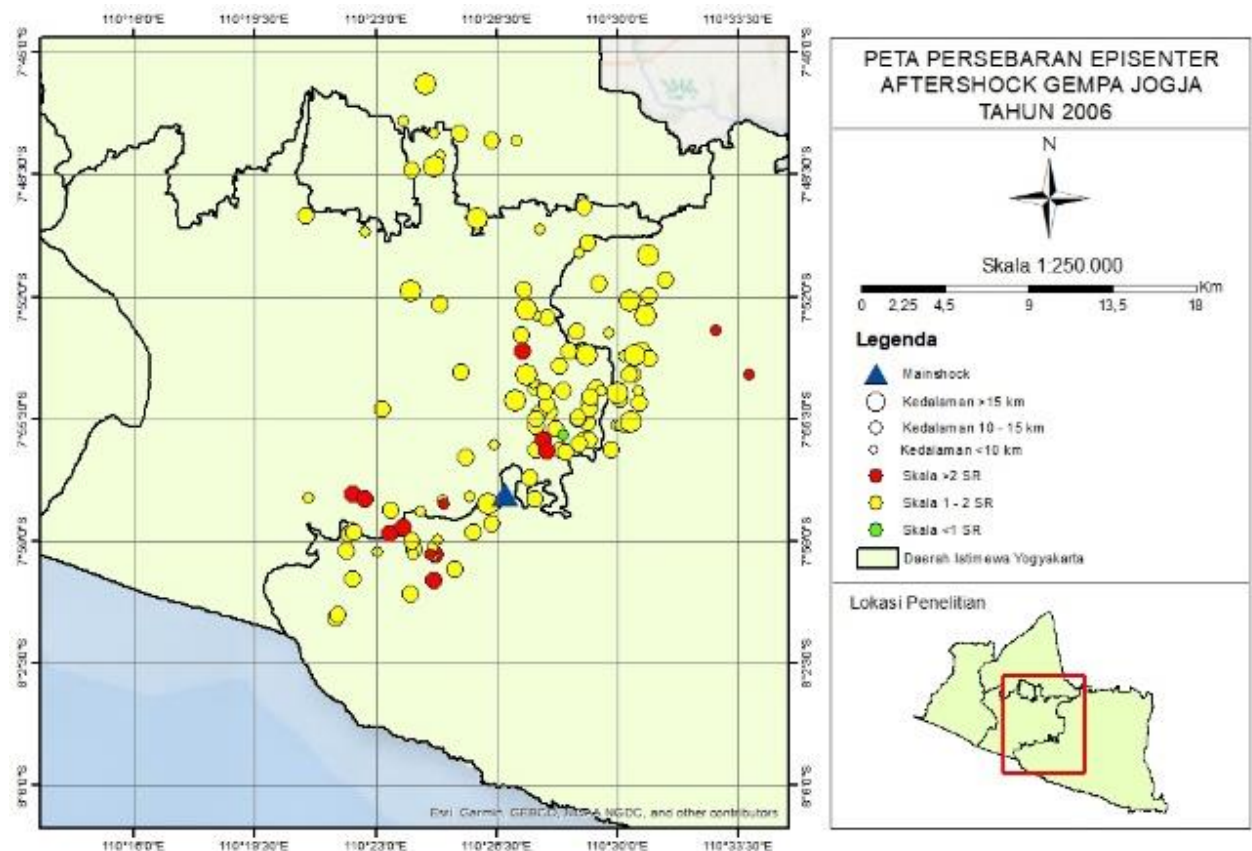
Kemudian di bagian tengah dapat dilihat informasi terkait hasil pengolahan data gelombang P dan S berdasarkan hasil *picking*. *Aftershock* gempa ini terjadi pada tanggal 6 Juni 2006 dengan waktu tepatnya pukul 11:41:01, memiliki kedalaman 11,61 km, berada di titik latitude 7.99647S dan titik longitude 110.40717E, serta memiliki

nilai RMS sebesar 0,3 s. Dari perhitungan ini dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai error RMS nya, maka semakin tepat pula lokasi episenternya ditemukan.

Pada pengolahan ini, dihitung pula nilai magnitudo yang didapatkan. Berdasarkan pengolahan menggunakan software SeisComp3 ini tipe magnitudo yang dapat digunakan pada event *aftershock* gempa ini yaitu ML sebesar 1,53 dan MLv sebesar 1,69, sehingga didapatkan nilai magnitudo nya M sebesar 1,6 SR.

Hasil dari pengolahan data menggunakan software SeisComp3 ini didapatkan peta seismisitas atau peta persebaran episenter *aftershock* gempa Yogyakarta yang terjadi pada tanggal 6 Juni 2006 pada pukul 11:41:02 – 23:40:15 WIB. Terdapat 122 event *aftershock* gempa yang terjadi di wilayah Yogyakarta.

Peta seismisitas ini dibuat menggunakan software ArcGIS 10.8 dengan skala sebesar 1:250.000. Pada peta yang ditunjukkan dengan Gambar 5 ini, dapat dilihat bahwa titik episenter *aftershock* gempa yang telah diolah memiliki nilai magnitudo dan kedalaman yang berbeda – beda namun masih dalam rentang yang kecil. Nilai magnitudo atau kekuatan gempa dari 122 event *aftershock* gempa yang terjadi memiliki rentang nilai dari 0,8 SR sampai 3,7 SR serta memiliki nilai kedalaman dari 1,7 – 18 Km dibawah permukaan.



Gambar 5. Peta sebaran episenter *aftershock* gempa Yogyakarta.

Berdasarkan peta seismisitas pada Gambar 5 batas wilayah Yogyakarta ini ditandai dengan warna hijau muda pada peta dengan garis hitam yang membatasi tiap kabupaten nya. Lambang segitiga yang berwarna biru merupakan titik episenter gempa Yogyakarta atau *mainshock* dari gempa Yogyakarta 2006 yang terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 dengan kekuatan gempa sebesar 6,3 SR pada kedalaman 12,5 km. Kemudian titik episenter *aftershock* gempa Yogyakarta ini tersebar dan dibagi menjadi tiga warna yaitu titik dengan warna hijau memiliki nilai kekuatan gempa atau magnitudo sebesar <1 SR, titik dengan warna kuning memiliki nilai magnitudo sebesar $1 - 2$ SR dan titik dengan warna merah memiliki nilai magnitudo sebesar >2 SR. dengan nilai kedalaman yang dibagi menjadi tiga bagian juga yaitu kedalaman <10 km ditandai dengan lingkaran kecil, kedalaman $10 - 15$ km ditandai dengan lingkaran sedang dan kedalaman >15 km ditandai dengan lingkaran yang besar. Peta seismisitas ini memiliki nilai magnitudo terkecil sebesar 0,8 SR dan nilai magnitudo terbesar sebesar 3,7 SR. kemudian nilai kedalaman terdangkal sebesar 1,5 km dan nilai kedalaman terdalam sebesar 18,6 km.

Pada penelitian ini, total 122 event *aftershock* gempa yang terjadi ini termasuk kedalam gempa mikro karena memiliki nilai magnitudo lebih kecil dari 3 SR. dan dapat dilihat pula pada peta bahwa persebaran titik episenter *aftershock* gempa ini tersebar di daerah perbatasan Kabupaten Bantul dan Gunung Kidul dengan dominan berada di Kabupaten Bantul. Hal ini dikarenakan adanya sesar Opak di daerah Bantul yang aktif dan banyaknya patahan – patahan aktif yang terdapat di sekitaran sesar Opak ini sehingga menyebabkan aktivitas lempeng yang sangat sangat dibandingkan wilayah Yogyakarta lainnya

4. Kesimpulan

Data *aftershock* gempa Yogyakarta tanggal 6 Juni 2006 yang diunduh dari webDC3 GFZ diolah menggunakan *software* SeisComp3 dan mendapatkan nilai latitude, longitude, magnitude serta kedalaman gempa. *Aftershock* gempa ini terjadi pada 06 Juni 2006 pukul 11:41 – 23:40 WIB dengan total event *aftershock* gempa ada 122 gempa di wilayah Yogyakarta utamanya di Sesar Opak serta sesar-sesar minor di sekitarnya. Posisi episenter *aftershock* gempa Yogyakarta yang terjadi pada tanggal 6 juni 2006 cenderung mengumpul di batas Kabupaten Bantul dan Kabupaten Gunungkidul dengan Magnitudo gempa sekitar 0,8 – 2,8 dan kedalaman 1,7 – 18 km.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Kelas I Sleman dan Teknik Geofisika UPN “Veteran” Yogyakarta yang telah mendukung penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Van Bemmelen, R. W., “*The Geology of Indonesia Vol. 1A*,” Netherlands: Government Printing Office, Martinus Nijhoff, The Hague, 1949.
- [2] Hall, R., “Cenozoic Geological and Plate tectonic Evolution of SE Asia and The SW Pacific: Computer-Based Reconstruction, Model and Animations,” *Journal of Asian Earth Science*, 20, 2002.
- [3] Husni, Y. M., Nugraha, A. D., Rosalia, S., Zulfakriza, Z., Sahara, D. P., “Aftershock location determination of the 27 May 2006, M 6.4 Yogyakarta earthquake using a non-linear algorithm: A preliminary results,” *AIP Conf. Proc.* 1987, 020049, 2018.
- [4] Philip, S., “*Planet yang Bergolak*,” Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama, 2007.
- [5] Stein, S. & Wysession, M., “*An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*,” Oxford: Blackwell Science, 2003.
- [6] Elnashai, S. A., dan Sarno, D. L., “*Fundamental of Earthquake Engineering*,” Wiley, Hongkong, 2008.
- [7] Waluyo, “Geologi Daerah Gunung Tenong Dan Sekitarnya Kecamatan Tulakan Dan Kecamatan Ngadiraja Kabupaten Pacitan Propinsi Jawa Timur,” *Jurnal Ilmiah MTG*, Vol. 6 No.1, 2013.
- [8] Wald, D. J., Quitoriano, V., Heaton, T. H., dan Kanamori, H., “Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California,” *Earthquake Spectra*, 15, No.3, 1999.
- [9] SeisComp3. “June 2020: New SeisComp AGPL released,” Internet: <https://www.seiscomp.de/seiscomp3/>, diakses 15 Januari 2000.
- [10] GFZ. “GEOFON and EIDA Data Archives,” Internet: <http://eida.gfz-potsdam.de/webdc3/>, diakses 15 Januari 2000.