

Perbandingan Hasil Relokasi Gempa bumi Mamasa Berdasarkan Model Kecepatan

¹Emelda Meva Elsera, ²Muhammad Arsyad, ³Pariabti Palloan.

Universitas Negeri Makassar
Email: emeldameva@gmail.com

Abstrak – Pada awal November 2018, wilayah Mamasa, Sulawesi Barat diguncang gempa bumi secara terus menerus. Fenomena ini dikenal dengan gempa bumi swarm, sebelumnya gempa bumi swarm terjadi di Jailolo, pada tahun 2015. Proses penentuan episenter gempa bumi, hasil yang diperoleh sangat bergantung pada pembacaan impuls awal sinyal gempa bumi, distribusi stasiun atau sensor, dan model kecepatan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode relokasi HypoDD (*Hypocenter Double-Difference*) dengan menggunakan dua model kecepatan global, yaitu IASP91 dan AK135. Metode HypoDD dapat meminimalisir kesalahan pada model kecepatan dan lokasi hiposenter dengan menggunakan perbedaan waktu tempuh pasangan gempa bumi yang tercatat pada stasiun yang sama. Data yang digunakan adalah data gempa bumi Mamasa dengan magnitudo $M \geq 5.0$ bulan November 2018. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat selisih posisi lintang, bujur, dan kedalaman antara kedua model tersebut jika dibandingkan dengan posisi awal. Namun, selisih tidak terlalu signifikan untuk posisi lintang, bujur, dan magnitudo, sedangkan kedalaman memiliki selisih yang cukup signifikan.

Kata kunci: HypoDD, IASP91, AK135

Abstract – In early November 2018, Mamasa region, West Sulawesi was continuously shaken by earthquake. This phenomenon known by swarm earthquake, previously swarm earthquake occurred at Jailolo in 2015 ago. The process of determining an earthquake, the result depend on earthquake initial impulse reading, distribution of station or sensor, and velocity model. The method used in this study is relocation by HypoDD (*Hypocenter Double-Difference*) with two global velocity models, IASP91 and AK135. HypoDD method can minimize errors in velocity model and fix the hypocentre using the difference of travel time paired earthquake that observed in common station. The data used in this study are Mamasa earthquake with $M \geq 5.0$ in November 2018. The result shows that there is a difference position of latitude, longitude, and depth between both of model if we compare with initial position. However, the difference not significant for latitude, longitude, and depth, while in depth there is quite significant differences.

Keywords: HypoDD, IASP91, AK135

I. PENDAHULUAN

Pada awal November 2018, wilayah Mamasa Sulawesi Barat diguncang gempa bumi secara terus menerus. Fenomena ini dikenal dengan gempa bumi swarm, swarm adalah serangkaian aktifitas gempa bumi dengan magnitudo relatif kecil dengan jumlah kejadian yang sangat tinggi yang berlangsung sangat lama di suatu wilayah. Fenomena swarm di Indonesia sudah terjadi beberapa kali, misalnya Madiun (2015) dan Jailolo (2015).

Mogi (1963) menggolongkan gempa bumi menjadi tiga tipe, yaitu gempa bumi tipe I merupakan rangkaian gempa bumi dengan kejadian gempa bumi utama (*main shock*) kemudian diikuti oleh banyak gempa susulan (*after shock*). Gempa bumi tipe II merupakan rangkaian gempa bumi dengan gempa bumi utama (*main shock*) yang didahului oleh beberapa gempa bumi pendahuluan (*foreshock*) dan disertai oleh banyak gempa bumi susulan (*after shock*). Gempa bumi tipe III merupakan gempa bumi yang tidak memiliki gempa bumi utama [1].

Berdasarkan data seismisitas gempa bumi BMKG dan USGS selama tahun 1979-2017, wilayah mamasa memang memiliki historis kegempaan dan gempa bumi tersebut memiliki rentang magnitudo antara $M 2,0$ hingga $M 5,9$. Namun, pada November 2018 frekuensi kejadian gempa

bumi meningkat pesat. Gempa bumi di wilayah Mamasa pada bulan November 2018 berjumlah 704 kejadian dengan magnitudo yang bervariasi antara $M 1,8$ hingga $M 5,5$. Dua atus lima puluh tiga (253) kejadian merupakan gempa bumi dirasakan. Hingga September 2019 gempa bumi di wilayah Mamasa masih sering terjadi.

Penentuan episenter gempa bumi yang tepat sangat penting. Berdasarkan penentuan episenter gempa bumi, informasi mengenai aktivitas seismik dan pola sumber seismik dapat diketahui. Namun, hasil episenter gempa bumi tidak sepenuhnya menggambarkan keadaan yang sebenarnya dan heterogenitas medium menjadi salah satu penyebabnya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan sebaran episenter gempa bumi yang baik, maka perlu diminimalisir nilai errornya.

Salah satu untuk cara untuk meminimalisir *error* dalam penentuan episenter gempa bumi yaitu dengan melakukan relokasi gempa bumi. Terdapat berbagai metode relokasi gempa bumi, salah satunya adalah metode DD (*Double Difference*). Metode ini telah diterapkan di beberapa wilayah Indonesia, misalnya wilayah Maluku (Utama, Nugraha, dan Puspito, 2015)[2], Utara Bali (Diaz, Suarbawa, dan Mursitanyo, 2018)[3], dan lain-lain. Pada penelitian ini, penulis akan membandingkan hasil dari

relokasi gempa bumi dengan menggunakan dua model kecepatan. Parameter yang digunakan yaitu lintang, bujur, magnitudo, dan kedalaman yang akan dibandingkan dengan parameter awal.

II. LANDASAN TEORI

Proses penentuan episenter gempa bumi sangat bergantung pada pembacaan impuls awal sinyal gempa bumi, distribusi stasiun atau sensor, dan model kecepatan (Pavlis, 1986)[4]. Model kecepatan menjadi salah satu faktor penting dalam keakuratan penentuan lokasi gempa bumi baik dalam skala lokal maupun regional. Model kecepatan menggambarkan tingkat heterogenitas batuan pada lapisan-lapisan di bawah permukaan bumi (Sianipar dan Furqon, 2015)[5].

Beberapa model kecepatan global yang digunakan dalam studi seismologi, yaitu model PREM, IASP91, dan AK135 (Bormann, 2002)[6]. Masing-masing model memiliki metode penentuan dan asumsi yang berbeda-beda. Pada penelitian ini, penulis hanya menggunakan dua model kecepatan, yaitu IASP91 dan AK135.

IASP91 merupakan model kecepatan satu dimensi yang dihasilkan *International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI)*. Nilai kecepatan diperoleh berdasarkan ribuan data gelombang P dan S yang terekam oleh ribuan sensor di seluruh dunia. Asumsi medium pada model IASP91 adalah homogenitas medium, yakni medium dianggap sama. Sedangkan model kecepatan AK135 merupakan model kecepatan yang dirancang untuk memberikan kesesuaian yang baik untuk berbagai fase seismik. Model kerapatan diperoleh dari PEM yang sesuai untuk perhitungan sintetik sederhana melalui kecepatan dan interpolasi linier dalam suatu radius. Masing-masing kecepatan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Model kecepatan IASP91 dan AK135 (Bormann, 2002)

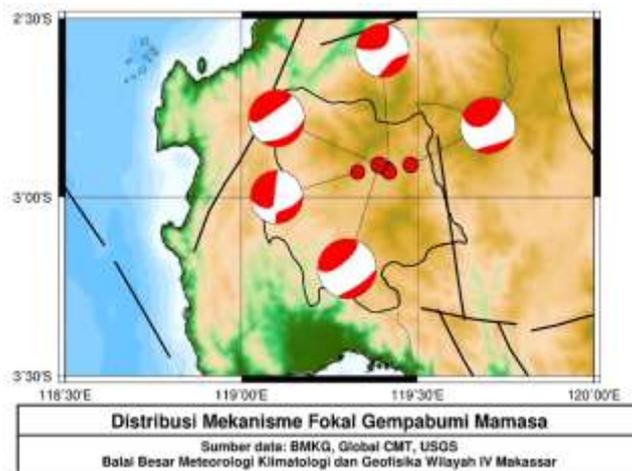
No	Kedalaman (km)	IASP91 (km/s)	Kedalaman (km)	AK135 (km/s)
1	3	4,3000	0	1,4500
2	20	6,5000	3,3	5,8000
3	35	8,0400	10	6,8000
4	71	8,0442	18	6,8000
5	120	8,0500	43	8,0300
6	171	8,1917	80	8,0400
7	210	8,3000	120	8,0500
8	271	8,5227	165	8,1700

III. METODE PENELITIAN/EKSPERIMEN

Data yang digunakan pada penelitian ini, adalah data parameter sintesis gempa bumi, yaitu lintang, bujur, magnitudo, dan kedalaman yang diperoleh dari hasil seiscomp3 yang ditunjukkan pada Tabel 2. Data input lainnya yaitu data *arrival time* (waktu tiba) gempa bumi Mamasa dengan $M \geq 5,0$ dan koordinat stasiun yang mencatat 5 event tersebut. Wilayah penelitian terletak di wilayah Mamasa dengan batas koordinat pada 2,50 LS - 3,50 LS dan 118,50 BT - 120,0 BT seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.

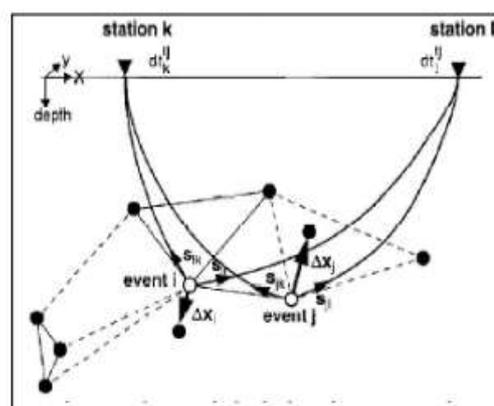
Tabel 2. Parameter gempa bumi Mamasa $M \geq 5.0$ (BMKG, 2018)

Tanggal	OT (WITA)	Bujur	Lintang	Mag	Kedalaman (km)
06-Nov-18	02:35:53,9	119,46	-2,89	5,4	10
07-Nov-18	17:42:25,0	119,44	-2,90	5,4	4
08-Nov-18	21:40:13,5	119,47	-2,87	5,3	3
15-Nov-18	07:01:20,0	119,42	-2,93	5,5	6
15-Nov-18	07:31:24,7	119,45	-2,93	5,0	6



Gambar 1. Wilayah Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah relokasi gempa bumi dengan menggunakan metode DD melalui program HypoDD (*Hypocenter Double Difference*). Metode DD prinsipnya mengasumsikan jarak hiposenter antara dua gempa bumi yang lebih pendek dibandingkan jarak antara hiposenter dan stasiun, maka raypath kedua gempa bumi dianggap sama. Sehingga, selisih waktu tempuh antara kedua gempa yang terekam pada satu stasiun yang sama dapat dianggap hanya sebagai fungsi jarak antara kedua hiposenter. Sehingga kesalahan model kecepatan bisa diminimalisasi tanpa menggunakan koreksi stasiun (Waldhauser dan Ellsworth, 2000)[7].



Gambar 2. Ilustrasi metode HypoDD (Waldhauser dan Ellsworth, 2000)

Nilai residual mendekati nol antara perbedaan waktu tempuh kalkulasi dan observasi dua gempa bumi pada stasiun pencatat merupakan salah satu solusi yang dicari didalam metode ini. Residual antara waktu tempuh kalkulasi dengan observasi dua gempa bumi yang berdekatan, didefinisikan sebagai berikut :

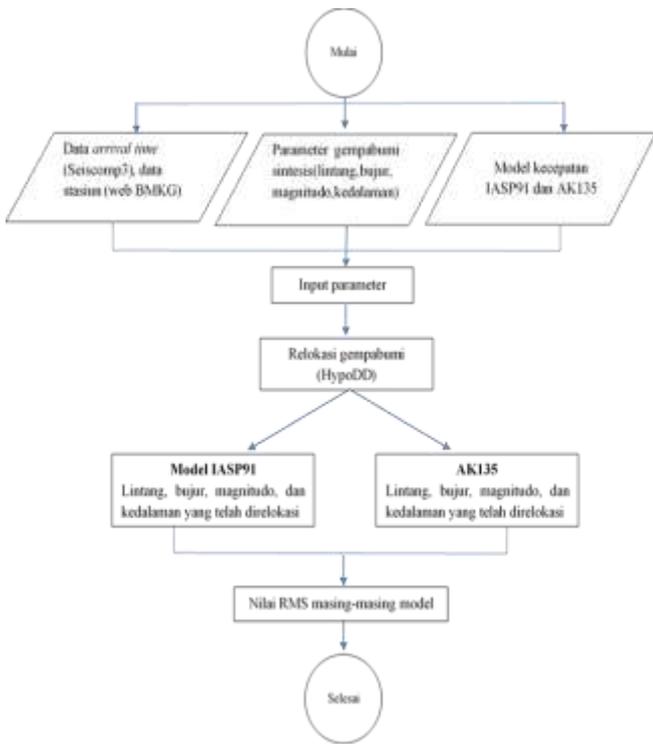
$$dr_k^{kl} = (t_k^i - t_k^j)^{obs} - (t_k^i - t_k^j)^{cal}$$

(1)

t_k^i merupakan waktu tempuh gelombang gempa bumi i ke stasiun k dan t_k^j adalah waktu tempuh gelombang gempa bumi j ke stasiun k.

Data *arrival time* lima kejadian gempa bumi sebagai input dalam program HypoDD. Selain data *arrival time*, input lain yang digunakan yaitu model kecepatan IASP91 dan AK135. Hasil relokasi gempa bumi tersebut berupa lintang, bujur, magnitudo, dan kedalaman yang telah direlokasi. Kemudian penulis menghitung pergeseran hasil relokasi terhadap parameter awal, sehingga penulis mendapatkan nilai selisih keduanya. Nilai selisih kecil menunjukkan bahwa hasil relokasi terletak mendekati posisi awal, sebaliknya jika nilai selisih besar maka hasil relokasi berada jauh dari titik awal. Keseluruhan penelitian ditunjukkan pada diagram alir penelitian pada gambar 3.

$$\text{Selisih} = \text{Data awal} - \text{Data akhir} \quad (2)$$



Gambar 3. Diagram alir penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 3 dan table 4. Tabel 3 menunjukkan hasil relokasi gempa bumi dengan menggunakan model IASP91, sedangkan tabel 4 merupakan hasil relokasi gempa bumi dengan menggunakan model AK135. Kemudian penulis menghitung selisih dari masing-masing hasil tersebut terhadap parameter awal

Tabel 3. Hasil relokasi gempa bumi menggunakan model kecepatan IASP91

Bujur	Lintang	Mag	Kedalaman
119,45218	-2,840509	5,5	5,675
119,44094	-2,911881	5,4	5,178
119,4691	-2,880253	5,3	4,782
119,42528	-2,950241	5,4	6,721
119,45153	-2,928152	5,0	5,155

Tabel 4. Hasil relokasi gempa bumi menggunakan model kecepatan AK135

Bujur	Lintang	Mag	Kedalaman
119,45196	-2,811794	5,5	3,088
119,44238	-2,900113	5,4	5,002
119,4689	-2,876642	5,3	3,06
119,41363	-2,916427	5,5	4,421
119,45946	-2,896893	5,0	4,694

Berdasarkan gambar 4, hasil menunjukkan bahwa hasil relokasi gempa bumi untuk posisi lintang dan bujur secara umum tidak mengalami pergeseran yang signifikan, Hal ini didukung dengan hasil selisih antara posisi awal dan posisi setelah direlokasi, Nilai selisih pergeseran bujur model IASP91 berada pada rentang 0,000902-0,007818 dan lintang pada rentang 0,001848-0,049491. Untuk model AK135 nilai selisih bujur berada pada rentang 0,001104-0,00946 dan lintang pada rentang 0,000113-0,078206.



Gambar 4. Plotting posisi lintang dan bujur parameter awal dan hasil relokasi

Kemudian untuk parameter magnitudo, berdasarkan model IASP91 dan AK135 secara keseluruhan hasil parameter magnitudo cukup stabil. Pada tabel 5 dan 6, hasil relokasi secara umum hampir sama seperti parameter awal. Untuk model IASP91 terdapat dua event yang berubah, sedangkan model AK135 hanya 1 parameter yang berubah.

Tabel 5. Selisih parameter awal terhadap hasil relokasi model IASP91

Bujur	Lintang	Mag	Kedalaman
0,007818	-0,049491	-0,10	4,325
-0,000943	0,011881	0,00	-1,178
0,000902	0,010253	0,00	-1,782

-0,005279	0,020241	0,10	-0,721
-0,001533	-0,001848	0,00	0,845

Tabel 6. Hasil relokasi gempa bumi menggunakan model kecepatan AK135

Bujur	Lintang	Mag	Kedalaman
0,008039	-0,078206	-0,10	6,912
-0,002376	0,000113	0,00	-1,002
0,001104	0,006642	0,00	-0,06
0,006368	-0,013573	0,00	1,579
-0,00946	-0,033107	0,00	1,306

Hasil perhitungan yang cukup signifikan diperoleh pada parameter kedalaman. Berdasarkan table 5, selisih untuk kedalaman berada pada rentang 0,06 hingga 6,912. Hasil ini cukup signifikan jika dibandingkan dengan ketiga parameter lainnya. Kedalaman merupakan parameter yang memiliki nilai ketidakpastian sangat tinggi, karena hingga saat ini belum bisa dibuktikan secara pasti kedalaman dari suatu gempa bumi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa parameter lintang, bujur, dan magnitudo hasil relokasi tidak mengalami pergeseran yang signifikan. Hasil yang signifikan ditunjukkan pada parameter kedalaman.

Model kecepatan global belum tentu cocok di wilayah tertentu. Setiap wilayah memiliki struktur batuan yang berbeda-beda, sehingga model kecepatannya pun seharusnya berbeda-beda. Hasil akan lebih baik jika untuk daerah tertentu diketahui model kecepatan lokal atau regionalnya yang mewakili struktur batuan di wilayah tersebut. Sehingga hasil yang diperoleh akan lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan kepada BMKG atas data yang telah diberikan.

PUSTAKA

- [1] Mogi, K., Experimental Study on the Mechanism of the Earthquake Occurrences of Volcanic Origin, *Bulletin of Vulcanology*, vol. 26, no. 1, 1997, pp. 197-208.
- [2] Utama, M.R.J, Nugraha A. D., and Puspito, N.T., Seismicity studies at Moluccas Area Based on the Result of Hypocentre Relocation Using HypoDD, *Proceedings International Symposium on Earthquake and Disaster Mitigation (ISED)*, AIP Conf. Proc 1658, United States, 2015, pp. 030022-1-030022-4. doi: 10.1063/1.4915030
- [3] Diaz, N, Suarbawa K. N., and Mursitanyo A., Earthquake Relocation in Northern Bali Island in 2015-2017 using Double Difference Method, *Bulletin Of Physics*, vol. 19, no. 2, 2018, pp. 6472.
- [4] Pavlis, G. L., Appraising Earthquake Hypocenter Location Errors – A Complete, Practical Approach for Single-Event Location, *Bull. Seismo. Soc. Am.*, vol. 76, 1986, pp. 1699-1717.
- [5] Sianipar, D. S. J and Raharjo F. D., Model Kecepatan Lokal Gelombang P Satu Dimensi Wilayah Toba, *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Andalas (SNFUA)*, 2015, pp. 110-116.
- [6] Bormaan, P, New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP), GeoForschungsZentrum Postdam, Germany, 2002.
- [7] Waldhauser, F. and Ellsworth, W.L., A Double-difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California, *Bull. Seismo. Soc. Am.*, vol. 90, 2000, pp. 1353-1368.
- [8] G. Ekstrom and A.M. Dziewonski, *Global Centroid Moment Tensor*, 2012. Website: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>, diakses tanggal 10 Agustus 2019.
- [9] USGS, Earthquake Data Catalog, <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> diakses tanggal 10 Agustus 2019.