

**RELOKASI KATALOG GEMPABUMI DI PUSAT GEMPA
REGIONAL II TANGERANG SELATAN MENGGUNAKAN
METODE DOUBLE DIFFERENCE (HYPODD)
EARTHQUAKE CATALOG RELOCATION AT THE REGIONAL
EARTHQUAKE CENTER II TANGERANG SELATAN USING
DOUBLE DIFFERENCE METHOD (HYPODD)**

**Moh Iqbal Tawakal, ^{1,*} Vibriana Septa Rini,¹ Yesi Januarti,¹ Samin¹
Retno Yogi Widjayanti¹**

¹⁾ Pusat Gempabumi Regional II Tangerang Selatan), Jl. Abdul Ghani No. 5, Cempaka Putih, Kec. Ciputat Timur. Tangerang Selatan, 15412
*Email: moh.iqbal@bmqg.go.id

ABSTRAK

Penentuan hiposenter yang akurat menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi sumber gempabumi. Kajian seismologi yang dapat dilakukan ialah dengan relokasi hiposenter gempabumi dengan metode double-difference. Katalog gempabumi di Pusat Gempabumi Regional II Tangerang Selatan perlu dilakukan relokasi agar dapat memberikan pemahaman lebih baik tentang karakteristik seismisitas lokal dan potensi patahan yang ada di bawah permukaan. Data yang digunakan ialah data hasil Quality Control berdasarkan picking phase gelombang P dan S, periode Januari 2023 – Juli 2024. Jumlah event gempa yang tercatat sebanyak 4014 event. Batasan wilayah Regional II terletak pada koordinat 98° – 109° BT dan 3° – 12° LS. Jumlah stasiun pencatat gempabumi sebanyak 127. Hasil relokasi menggunakan hypocenter Double Difference (hypoDD) menunjukkan pergeseran lokasi gempabumi diatas 40 km sebanyak enam event. Arah pergeseran terbanyak ialah ke arah barat daya. Parameter gempabumi setelah dilakukan relokasi memberikan hasil yang cukup baik. Sumber-sumber patahan yang berada di wilayah observasi terdelineasi dengan lebih jelas. Penggunaan metode hypoDD dapat dilakukan secara berkelanjutan dan periodik, sehingga diharapkan data-data yang dihasilkan mendekati kondisi geologis sebenarnya.

Kata kunci: Katalog Gempabumi, HypoDD, Relokasi

ABSTRACT

Accurately determining the hypocenter is essential to identify the source of an earthquake. Seismological studies can be conducted by relocating the hypocenter of an earthquake using the double-difference method. The earthquake catalog at the South Tangerang Regional Earthquake Center II needs to be relocated to provide a better insight into the characteristics of local seismicity and potential faults that lie beneath the surface. The data used are Quality Control results based on P and S wave phase picking, from January 2023 - July 2024. The number of earthquake events recorded was 4014 events. The boundaries of Regional II are located at coordinates 98° - 109° east and 3° - 12° north. The number of earthquake recording stations is 127. The results of relocation using the Double Difference hypocenter (hypoDD) show a shifting of the earthquake location above 40 km for six earthquake events. The direction of most shifting is to the southwest. earthquake parameters after relocation provide relatively good results. The sources of faults in the observation area are more clearly delineated. The use of the hypoDD method can be carried out in a periodically sustainable manner, so it is hoped that the data produced will be close to the actual geological conditions.

Keywords: Earthquake Catalog, HypoDD, Relocation

1. Pendahuluan

Penentuan hiposenter yang akurat menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi sumber gempa bumi. Kajian seismologi yang dapat dilakukan ialah dengan relokasi hiposenter gempa bumi dengan metode *double-difference*. Metode ini melakukan penentuan ulang hiposenter gempa bumi berdasarkan perbedaan waktu tiba gelombang gempa antara gempa-gempa yang berdekatan. Di Pusat Gempabumi Regional II Tangerang Selatan, relokasi ini perlu dilakukan agar dapat memberikan pemahaman lebih baik tentang karakteristik seismisitas lokal dan potensi patahan yang ada di bawah permukaan.

Penerapan metode *double-difference* untuk relokasi hiposenter telah banyak dilakukan oleh berbagai penelitian sebelumnya, yang menunjukkan adanya peningkatan akurasi lokasi hiposenter setelah proses relokasi [1]. Hal ini kemudian perlu dilakukan atau diterapkan terhadap gempa-gempa yang tercatat di Pusat Gempa Regional II Tangerang Selatan.

Penerapan relokasi hiposenter di wilayah PGR II Tangerang Selatan diharapkan dapat menghasilkan katalog gempa bumi yang lebih akurat dan perubahan signifikan pada episenter maupun hiposenter yang berkorelasi dengan struktur geologi lokal. Selain itu parameter seperti kedalaman agar dapat diperbaharui, sehingga memberikan hasil yang bervariasi. Parameter yang akurat dapat membantu untuk mengidentifikasi zona patahan aktif yang mungkin belum terdeteksi sebelumnya [2].

Validasi parameter-parameter gempa bumi hasil analisis observer sangat penting dilakukan. Melalui analisis waktu tiba gelombang pada

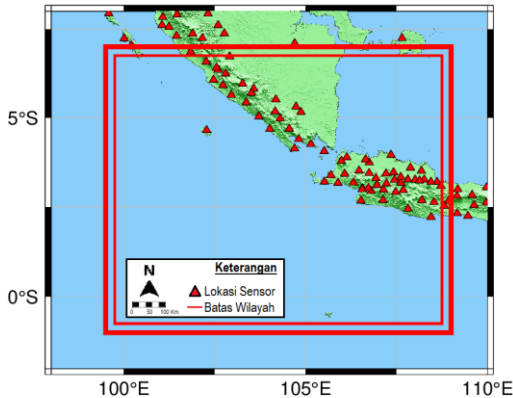
setiap event gempa bumi dapat memastikan bahwa hasil relokasi lebih akurat daripada analisis sebelumnya. Validasi dapat dilakukan dengan melihat histogram waktu residual pada tiap event gempa bumi. Teknik ini terbukti efektif untuk menilai kualitas hasil relokasi [3].

Dengan demikian, penelitian relokasi hiposenter terhadap katalog gempa bumi di PGR II Tangerang Selatan dengan metode *double-difference* diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pemetaan patahan aktif dan analisis bahaya seismik di wilayah ini. Selain itu, peningkatan kualitas data gempa bumi yang dihasilkan dapat mendorong tercapainya data-data yang akurat, cepat dan terpercaya. Kualitas data yang baik akan dapat bermanfaat untuk mengetahui struktur bawah permukaan dan potensi gempa di wilayah ini.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Data dan Jaringan Pencatat Gempabumi

Penelitian ini menggunakan katalog gempa bumi Pusat Gempabumi Regional II Tangerang Selatan yang telah dilakukan *Quality Control* terhadap tiap signal gempa bumi, dengan Batasan wilayah $98^{\circ} - 109^{\circ}$ BT dan $3^{\circ} - 12^{\circ}$ LS seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Data yang digunakan ialah *arrival time* (waktu tiba gelombang) selama periode Januari 2023 sampai Juli 2024. Jumlah Stasiun pencatat gempa bumi sebanyak 127 yang tersebar di wilayah Regional II.



Gambar 1. Peta sebaran Jaringan pencatat Gempabumi dan Batas Wilayah PGR II Tanagerang Selatan.

2.2 Relokasi Hiposenter

Relokasi hiposenter merupakan proses pemetaan ulang lokasi pusat gempabumi dengan tujuan meningkatkan akurasi penempatan hiposenter yang sebelumnya ditentukan. Teknik relokasi yang umum digunakan dalam seismologi modern adalah metode *double-difference* (DD). Metode ini memungkinkan peningkatan akurasi dengan meminimalkan perbedaan waktu tiba antara gempabumi yang berdekatan pada stasiun yang sama.

Metode *double-difference* adalah teknik yang dikembangkan untuk meningkatkan resolusi spasial penentuan hiposenter. Metode ini bekerja dengan membandingkan perbedaan waktu tiba gelombang seismik dari dua gempabumi yang berdekatan yang terekam di stasiun seismik yang sama. Dengan mengasumsikan bahwa dua gempa bumi yang berdekatan memiliki jalur propagasi yang hampir serupa, perbedaan waktu tiba yang dihasilkan lebih dipengaruhi oleh perbedaan posisi hiposenter daripada oleh struktur bawah permukaan yang kompleks [4].

Proses perhitungan *double-difference* pada penelitian ini

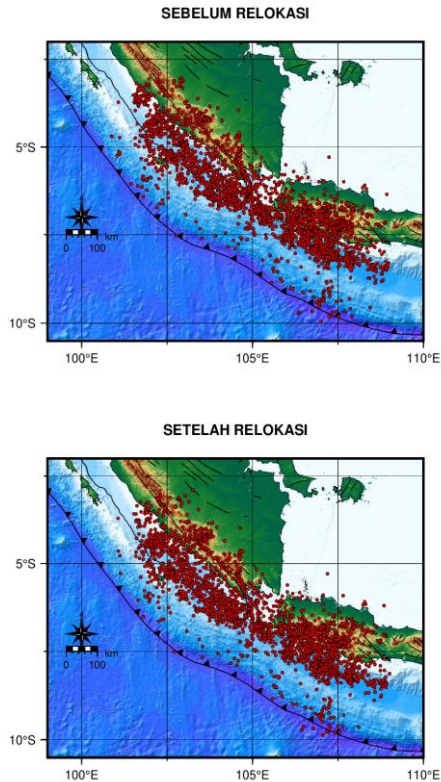
dilakukan dengan bantuan program *hypoDD* berbasis *fortran* yang dikembangkan oleh USGS [5]. Ada tiga tahapan yang dilakukan dalam menggunakan program ini. Pertama, input data *arrival time* gempabumi, kedua adalah metadata stasiun pencatat dan yang ketiga, parameterisasi model kecepatan. Kecepatan model yang digunakan berdasarkan interpolasi model AK 135 seperti yang ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Model Kecepatan AK 135 [6].

Kedalaman	Kec.Gel P (m/s)	Kec.Gel S (m/s)
0	5.8	3.46
20	5.8	3.46
20	6.5	3.85
35	6.5	3.85
35	8.04	4.48
77.5	8.045	4.49
120	8.05	4.5
165	8.175	4.509
210	8.3	4.518
210	8.3	4.523
260	8.4825	4.609
310	8.665	4.696
360	8.8475	4.783
410	9.03	4.87
410	9.36	5.08
460	9.528	5.186
510	9.696	5.292

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perubahan hiposenter sebelum dan sesudah dilakukan relokasi menggunakan metode hiposenter *double difference* diperlihatkan oleh gambar 2.

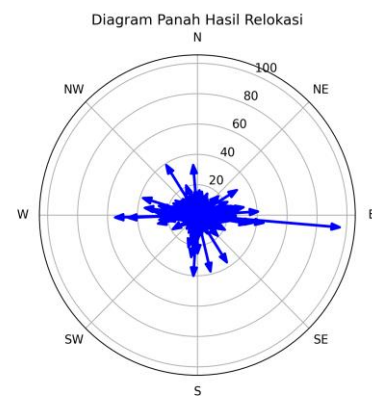


Gambar 2. Peta sebaran seismisitas sebelum dan sesudah relokasi dengan hypoDD.

Hasil relokasi menunjukkan sebaran sumber gempabumi memiliki pola yang hampir sama, namun terjadi pergeseran episenter yang signifikan, seperti yang diperlihatkan oleh gambar 3. Perubahan episenter memperjelas sumber-sumber gempa yang berada di wilayah PGR II Tangerang Selatan.

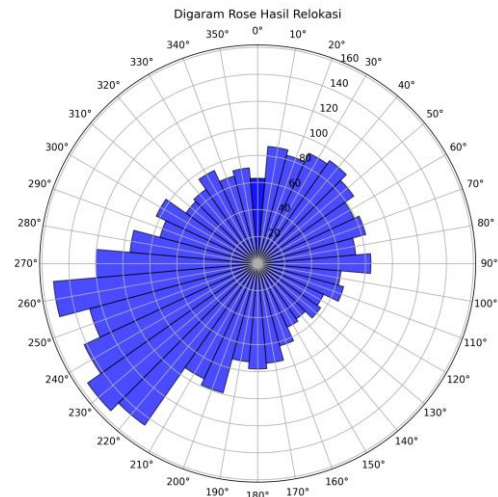
Berdasarkan diagram panah yang diperlihatkan oleh gambar 3 menunjukkan terdapat satu event gempa yang bergeser sejauh 88 km dengan arah timur, lima event gempabumi bergeser 40 - 60 km

dengan arah barah, empat puluh enam event bergeser sejauh 20 - 40 km yang didominasi oleh arah barat laut dan selatan. Jumlah ini sangat kecil jika dibandingkan dengan event gempa yang berhasil direlokasi sebanyak 3854 *event*. Hal ini memperlihatkan bahwa metode hypoDD cukup efektif karena relatif sedikit *event* gempa yang mengalami pergeseran cukup jauh. Pergeseran didominasi oleh jarak geser kurang dari 10 km dengan arah pergeseran ke segala arah.



Gambar 3. Diagram Panah yang menunjukkan arah dan jarak pergeseran setelah relokasi. Terdapat 1 event yang bergeser sejauh 88 Km dengan arah Timur.

Gambar 4 adalah diagram rose yang memperlihatkan jumlah gempabumi dan pergeseran arah azimuth setelah relokasi. Pada diagram ini skala 0 sampai 350 menunjukkan arah azimuth dan skala 20 sampai 160 menandakan jumlah event gempabumi. Dari diagram ini terlihat bahwa arah azimuth 220 hingga 270 mendominasi arah pergeseran. Jumlah gempabumi terbanyak dengan arah azimuth 230 dan 260 sebanyak 150 event. sedangkan terkecil sebanyak 30 dengan arah azimuth 140. Arah pergeseran umumnya dipengaruhi oleh konfigurasi stasiun, parameter model yang digunakan dan kluster gempabumi yang terbentuk [7].



Gambar 4. Diagram rose yang menunjukkan jumlah gempabumi dan arah azimuth pergeseran setelah relokasi.

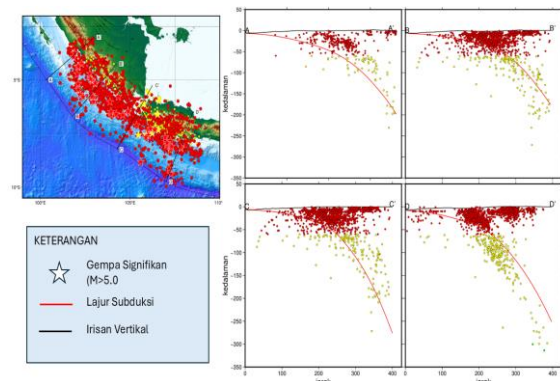
Irisan vertikal terhadap kedalaman hasil relokasi *hypoDD* disajikan pada Gambar 5. Garis Merah menunjukkan lajur subduksi, garis hitam pada peta ialah irisan vertikal. Gempa-gempa signifikan dengan magnitudo diatas lima ditandai oleh simbol bintang. Perbedaan warna mewakili perbedaan kedalaman gempabumi. Ada empat *zona interest* yang dibentuk untuk menganalisis sumber gempabumi, yaitu segmen mentawai, enggano, selat sunda dan jawa bagian barat.

Lintasan A-A' berasosiasi dengan segmen *megathrust* mentawai. Terlihat jika pada segmen ini frekuensi gempa relatif lebih sedikit daripada segmen Enggano. Ketiadaan event gempa di wilayah ini sering disebut dengan *Seismic Gap*. Gempa-gempa yang bersumber dari *zona intraplate* lebih mendominasi di wilayah ini. Sumber gempabumi yang terjadi di darat dengan kedalaman sangat dangkal, umumnya disebabkan oleh keberadaan sesar Musi, sesar Mana dan sesar minor lainnya. Gempabumi signifikan yang terjadi diakibatkan dari aktivitas sesar bawah laut yang terjadi pada zona

lempeng *Eurasia*, ditandai dengan kedalaman dangkal.

Lintasan B-B' berada pada segmen *Megathrust* Enggano. Gempa-gempa signifikan sering terjadi di segmen ini, dengan episenter gempa terjadi di laut. Namun tercatat tidak ada yang berpotensi tsunami. Sumber gempa signifikan diakibatkan dari zona *interplate* dan zona *intraplate*. Gempa-gempa dengan kedalaman diatas 300 km tidak terjadi di wilayah ini, sehingga memperjelas bahwa zona subduksi di segmen ini lebih landai daripada zona selat Sunda dan Jawa.

Pada segmen *megathrust* selat Sunda yang ditunjukkan oleh lintasan C-C', terlihat bahwa gempa-gempa dengan skala magnitudo diatas lima tidak disebabkan oleh segmen ini, melainkan dipengaruhi oleh zona sesar bawah laut pada lempeng benua. Sumber gempa yang mendominasi ialah gempa-gempa darat akibat keberadaan patahan aktif seperti Ujung kulon, Semangko, Bayah, Citarik, Cimandiri serta sesar-sesar minor lainnya.



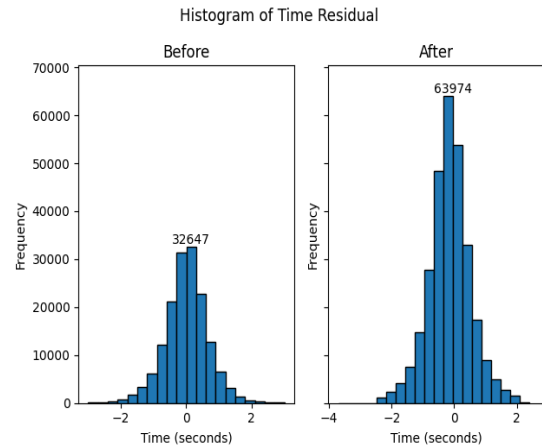
Gambar 5. Peta hasil *cross-section* gempabumi setelah dilakukan relokasi *hypoDD*

Selama periode Januari 2023 sampai juli 2024, gempa-gempa signifikan lebih sering terjadi di segmen *megathrust* Jawa bagian barat, seperti yang diperlihatkan pada lintasan D-D'. Pengaruh aktivitas

subduksi lebih mendominasi terhadap kejadian gempabumi. Kedalaman gempa menengah berkontribusi cukup besar terhadap aktivitas kegempaan. Lajur subduksi yang lebih menitik nampak berkorelasi dengan gempa-gempa dalam. Sumber gempa dari patahan aktif sesar Cipamingkis, Garsela, Lembang dan Cirebon membentuk *cluster-cluster* sendiri yang mengindikasikan bahwa gempa-gempa tersebut memiliki karakteristik yang sama antara tiap sumbernya.

Tingkat kualitas hasil relokasi dengan *hypoDD* dapat ditentukan berdasarkan histogram residual waktu tiba gelombang. Semakin kecil residual waktu tempuh menunjukkan bahwa parameter gempabumi mendekati sumber gempa sebenarnya.

Analisis histogram waktu tempuh disajikan oleh grafik Gambar 6. Dari grafik ini terlihat Histogram residual waktu tempuh setelah relokasi memiliki frekuensi lebih banyak pada nilai 0 dibandingkan histogram sebelum relokasi yang memiliki banyak residual relatif tinggi. Dengan demikian, hasil relokasi menggunakan metode *hypoDD* memberikan residual waktu tempuh lebih baik. Namun, hasil ini perlu dikonfirmasi dengan data geologi agar penentuan hiposenter gempabumi menjadi lebih baik. Secara umum, relokasi menggunakan metode *hypoDD* cukup baik digunakan untuk skala regional dan akan lebih baik lagi diaplikasikan pada skala lokal.



Gambar 6. Histogram residual waktu tempuh gelombang sebelum dan sesudah dilakukan relokasi *hypoDD*.

4. Kesimpulan

Dari hasil relokasi data katalog gempabumi PGR II Tangerang Selatan periode Januari 2023 sampai Juli 2024 menggunakan *hypocenter Double Difference* dapat disimpulkan bahwa parameter gempabumi memberikan hasil yang cukup baik setelah dilakukan relokasi. Sumber-sumber patahan yang berada di wilayah observasi terdelineasi dengan lebih jelas. Adanya peningkatan residual waktu tempuh gelombang yang lebih baik berdasarkan analisis histogram waktu tempuh. Perubahan pergeseran parameter gempabumi relatif kecil, sehingga menandakan kualitas data yang baik.

Penggunaan metode *hypocenter Double Difference* dapat dilakukan secara berkelanjutan dan periodik, sehingga data-data yang dihasilkan, diharapkan mendekati kondisi geologis sebenarnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada rekan-rekan pengamat di lingkungan Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan

Geofisika Wilayah II Tangerang Selatan bidang Geofisika atas penyediaan data gempabumi yang cepat, handal dan terpercaya.

Daftar Pustaka

- [1] Aprilia Puspita, C., Nugraha, A., & Puspito, N. (2015). Earthquake hypocenter relocation using double difference method in East Java and surrounding areas. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1658, 030021.
- [2] Jayadi, H., Janat, N. R., Santosa, B. J., Warnana, D. D., Nugraha, A. D., Leopatty, H., Asyhar, I. F., Meidji, I. U., Fitriana, T., & Ninasafitri. (2023). Hypocenter Relocation of Local Earthquake using Double Difference Method in Central Sulawesi from BMKG Network Data: Time Periods of July 26 - August 18, 2021. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1157.
- [3] Nugraha, A., Supendi, P., Widiyantoro, S., & Daryono. (2018). Hypocenter relocation of earthquake swarm around Jailolo volcano, North Molucca, Indonesia using the BMKG network data: Time periods of September 27-October 10, 2017. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1987, 020093.
- [4] Enescu, B., Mori, J., & Ohmi, S. (2005). Double-difference relocations of the 2004 off the Kii peninsula earthquakes. Earth,
- [5] Waldhauser, F. & Ellsworth, W.L. (2000). A double difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, California. Bull. Seism. Soc. Am., 90(6), 1353–1368.
- [6] Snoke, J. A. (2009). Traveltime tables for iasp91 and ak135. Seismological Research Letters, 80(2), 260-262.
- [7] Sunardi, B., Rohadi, S., Masturyono, M., Widiyantoro, S., Sulastrri, S., Susilanto, P., Setyonegoro, W. (2012). Relokasi Hiposenter Gempabumi Wilayah Jawa Menggunakan Teknik Double Difference. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 13(3).