

RELOKASI PARAMETER HIPOSENTER DI WILAYAH NUSA TENGGARA BARAT (NTB) DAN SEKITARNYA DENGAN MENGGUNAKAN METODE *DOUBLE DIFFERENCE*

I Gusti Ketut Satria Bunaga¹ Ibnu Purwana² M. Muzli³

¹²Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Komplek Meteorologi Jl. Perhubungan No.5 Pondok Betung, Pondok Aren, Tangerang Selatan 15221

³Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa I No. 2 Kemayoran, Jakarta Pusat 10720
Email : satriabunaga@rocketmail.com

Abstrak

Wilayah Nusa Tenggara Barat (NTB) dan sekitarnya merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kejadian gempa bumi yang tinggi. Kejadian tersebut dikarenakan oleh dua aktivitas tektonik, yaitu subduksi antar dua lempeng (Indo-Australia dan Eurasia) dan aktivitas *back arc thrust*. Aktivitas ini dapat diidentifikasi melalui penentuan hiposenter gempa bumi, salah satunya adalah metode *Double-Difference*. Metode tersebut digunakan dalam penelitian ini untuk merelokasi hiposenter gempa bumi. Hasil relokasi menunjukkan bahwa distribusi gempa bumi dapat terelokasi dengan baik berdasarkan tampilan kedua sumber kejadian gempa bumi yang semakin jelas.

Kata Kunci : hiposenter, *Double-Difference*, relokasi, subduksi, dan *back arc thrust*.

Abstract

West Nusa Tenggara area and its vicinity are the regions which have high level of earthquake occurrences. These events are caused by two tectonic activity which are subduction of two plates (Indo-Australia plate and Eurasia) and the back arc thrust activity. This activity can be identified by the determination of the earthquake hypocenter, one of which is Double-Difference method. This method was used in this research to relocate the earthquake hypocenter. The relocated results show that earthquake distribution can be relocated well based on the image of two tectonic activity which are more clearly.

Keyword: hypocenter, *Double-Difference*, relocation, subduction, and back arc thrust.

1. Pendahuluan

Nusa Tenggara Barat (NTB) dan sekitarnya merupakan salah satu kawasan dengan aktivitas tektonik yang sangat aktif, hal ini disebabkan oleh proses subduksi dua lempeng dan sesar naik belakang busur (*back arc thrust*). Keberadaan kedua aktivitas tersebut dapat diidentifikasi berdasarkan distribusi hiposenter gempa bumi. Untuk menghasilkan pencitraan yang baik, maka keakuratan penentuan lokasi hiposenter gempa bumi sangatlah dibutuhkan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik penentuan lokasi gempa bumi relatif, salah satunya adalah *Double-Difference*.

Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan metode *Double-Difference* seperti Ramdhan (2012) yang menunjukkan bahwa metode *Double-Difference* mampu merelokasi gempa bumi di wilayah Selat Sunda dengan baik, dimana aktivitas seismo tektonik yang bekerja pada daerah tersebut dapat terpetakan dengan jelas. Selain itu Enescu (2005) menunjukkan bahwa metode *Double-Difference* mampu mengubah distribusi episenter menjadi lebih tajam. Selain itu, metode tersebut mampu meningkatkan hasil relokasi walaupun ketidakpastian terhadap kedalamannya besar dan jaringan stasiun pencatat yang tidak baik. Aswad (2011) menyatakan bahwa metode *Double-Difference* mampu mengembalikan posisi hiposenter gempa bumi lebih baik pada data yang telah diberikan kesalahan

sistematik jika dibandingkan dengan penentuan *event tunggal*.

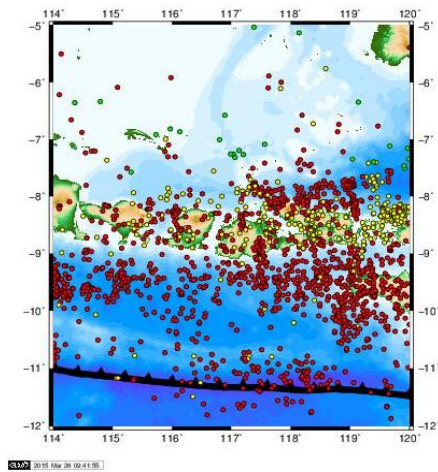
Berdasarkan penelitian tersebut, penggunaan metode *Double-Difference* masih digunakan secara luas sebagai salah satu metode penentuan relatif parameter hiposenter sehingga penulis tertarik untuk menerapkannya di wilayah NTB dan sekitarnya untuk membuktikan adanya aktivitas subduksi dan *back arc thrust* di Utara wilayah NTB dan sekitarnya.

2. Metode Penelitian

Metode *Double-Difference* memanfaatkan data pasangan waktu tempuh gempa bumi observasi yang terekam pada stasiun pencatat yang sama untuk memperbaiki parameter hiposenter gempa bumi. Selain itu, metode ini bekerja dengan optimal jika jarak pasangan gempa bumi lebih pendek dibandingkan jarak pasangan gempa bumi ke stasiun pencatat, sehingga *raypaths* antara kedua gempa bumi ke stasiun pencatat dapat dianggap hampir sama [5].

Residual terhadap jarak hiposenter antara dua gempa bumi i dan j yang tercatat pada stasiun pencatat yang sama (i & j), didefinisikan sebagai berikut:

$$\frac{\partial t_k^i}{\partial m} \Delta m^i - \frac{\partial t_k^j}{\partial m} \Delta m^j = dr_k^{ij} \quad (1)$$

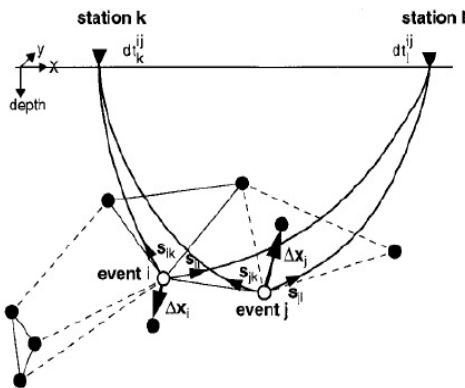


Gambar 1.1 Seismisitas wilayah NTB dan sekitarnya. Lingkaran merah (●) merupakan gempa bumi dangkal (0-100km), lingkaran kuning (●) merupakan gempa bumi menengah (100-300km), dan lingkaran hijau (●) merupakan gempa bumi dalam (≥ 300 km).

Jika dijabarkan lebih spesifik sebagai berikut :

$$\frac{\partial t_k^i}{\partial x} \Delta x^i + \frac{\partial t_k^i}{\partial y} \Delta y^i + \frac{\partial t_k^i}{\partial z} \Delta z^i + \Delta \tau^i - \frac{\partial t_k^j}{\partial x} \Delta x^j - \frac{\partial t_k^j}{\partial y} \Delta y^j - \frac{\partial t_k^j}{\partial z} \Delta z^j - \Delta \tau^j = \Delta d \quad (2)$$

Proses perhitungan terus dilakukan sampai nilai residual antara waktu tempuh observasi dan kalkulasi mendekati nol. Proses iterasi ini dilakukan secara efisien dengan menggunakan program hypoDD. Adapun ilustrasi metode *Double-Difference* yang ditampilkan pada Gambar 2.1.



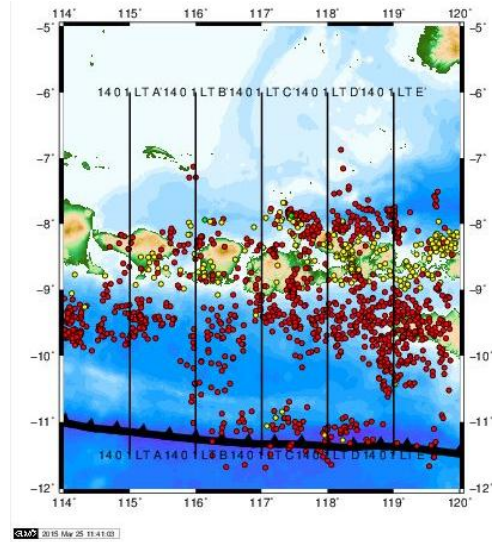
Gambar 2.1 Ilustrasi metode *Double-Difference* (● ○ sebaran hiposenter). Arah panah Δx_i dan Δx_j menunjukkan vektor event i dan j. Garis lengkung menunjukkan *ray path* masing-masing event yang dicatat oleh stasiun k dan l [5].

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, gempa bumi yang berhasil terelokasi sejumlah 1471 dari 1754 gempa bumi.

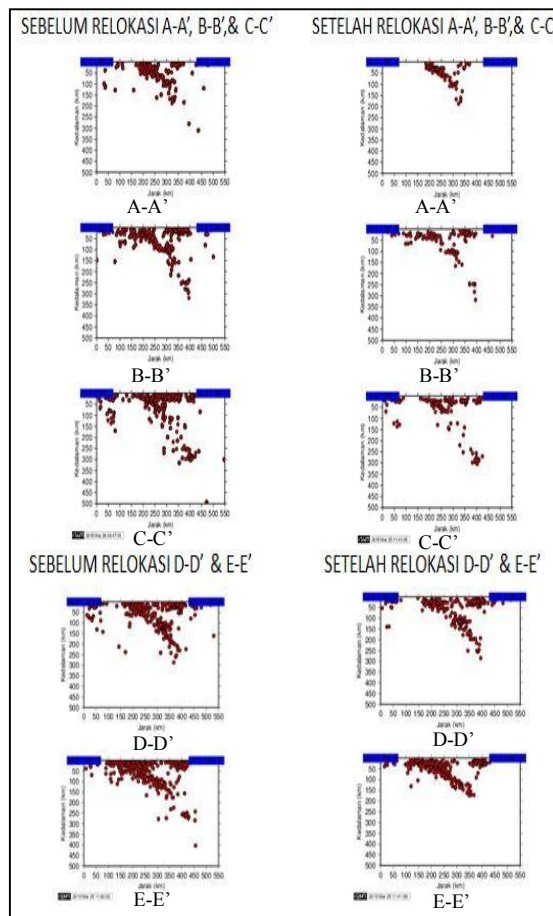
Pengurangan yang terjadi sejumlah 283 *event* dimana 232 *event* akibat data katalog gempa tidak memenuhi syarat kondisi oleh *user* berdasarkan prinsip dari *Double-Difference* itu sendiri dan 51 *event* mengalami *airquake* akibat perubahan posisi hiposenter gempa bumi yang berada diatas permukaan.

Peta seismisitas berikut merupakan tampilan distribusi episenter gempa bumi setelah direlokasi (Gambar 3.1) dan perbandingan sebelum dan setelah relokasi berdasarkan proyeksi penampang vertikal hiposenter gempa bumi (Gambar 3.2). Irisan vertikal dilakukan pada koordinat tertentu dengan penampang A-A', B-B', C-C', D-D', & E-E'.



Gambar 3.1. Tampilan Seismisitas Setelah Direlokasi. Lingkaran merah (●) merupakan gempa bumi dangkal (0-100km), lingkaran kuning (●) merupakan gempa bumi menengah (100-300km), dan lingkaran hijau (●) merupakan gempa bumi dalam (≥ 300 km).

Berdasarkan tampilan pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa distribusi episenter gempa bumi semakin rapat jika dibandingkan sebelum relokasi. Kejadian tersebut terlihat jelas karena gempa bumi-gempa bumi yang sebelumnya tersebar, kini dirapatkan membentuk beberapa *cluster*. Pengelompokan tersebut lebih dominan terjadi karena tidak direlokasinya atau dihilangkannya gempa bumi yang tidak memiliki pasangan gempa bumi dengan syarat kondisi yang telah diberikan. Sehingga tampilan distribusi episenter gempa buminya terlihat mengumpul. Selain itu, kejadian tersebut diakibatkan oleh pengaruh gempa bumi disekitarnya, sehingga posisi gempa bumi dapat ditarik dekat dengan kumpulan pasangan gempa bumi yang awalnya telah terbentuk dengan baik. Hal ini akan lebih jelas jika distribusi hiposenter gempa buminya dilihat berdasarkan penampang vertikal. Selanjutnya, kejadian *airquake* juga turut serta didalam proses pengurangan gempa bumi. Kejadian tersebut terjadi akibat proses pengiterasian dan kurang mendapatkan pengaruh dari gempa bumi lainnya, sehingga posisi gempa buminya menjadi labil dan mudah untuk bergeser ke atas permukaan.

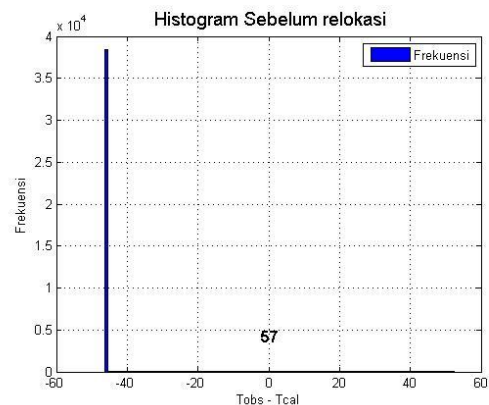


Gambar 3.2 Perbandingan tampilan proyeksi penampang vertikal hiposenter gempa bumi sebelum dan sesudah relokasi (A-A', B-B', C-C', D-D' & E-E').

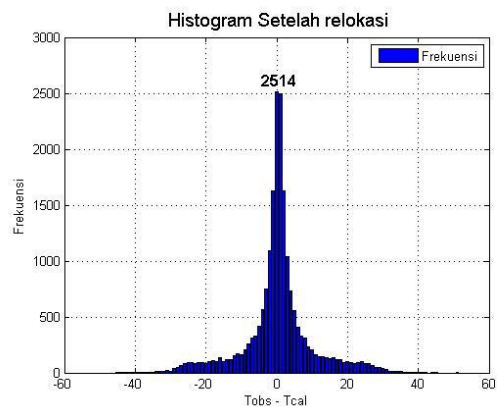
Distribusi hiposenter gempa bumi yang ditampilkan pada Gambar 3.2 menunjukkan bahwa distribusi hiposenter gempa bumi setelah direlokasi menghasilkan pola penunjaman yang lebih jelas dan rapat jika dibandingkan dengan sebaran hiposenter gempa bumi sebelum relokasi. Hal tersebut bersesuaian dengan penelitian terdahulu bahwa hasil relokasi hiposenter dapat terkonsentrasi pada satu *trend* struktur seismisitas yang jelas [4][5]. Hasil relokasi ini juga memperlihatkan aktivitas subduksi dengan sudut kemiringan yang berbeda-beda pada tiap irisan. Selanjutnya, aktivitas sesar naik belakang busur (*back arc thrust*) pada tiap-tiap irisan (350-400 km atau sebelah Utara wilayah NTB dan sekitarnya) yang ditunjukkan oleh kejadian gempa bumi dangkal (10–50 km).

Untuk mengetahui kedekatan suatu data model terhadap data observasi maka dilakukan suatu validasi secara kuantitatif berdasarkan penggunaan histogram (Gambar 3.3 dan 3.4). Validasi dilakukan dengan cara mencari selisih antara *travel time* kalkulasi dengan observasi. Selisih yang mendekati nol dengan frekuensi paling banyak menunjukkan bahwa relokasi gempa bumi sudah baik dimana asumsi ini dilakukan juga oleh Ramdhan (2012) yang menunjukkan bahwa perubahan histogram sesudah relokasi lebih rapat dengan

kemunculan frekuensi bernilai mendekati nol paling dominan.



Gambar 3.3 Histogram Selisih Tobs–Tcal Sebelum Relokasi. Nilai 57 menunjukkan selisih Tobs–Tcal yang mendekati nol berjumlah 57 kemunculan.



Gambar 3.4 Histogram selisih Tobs–Tcal setelah relokasi. Nilai 2514 menunjukkan selisih Tobs–Tcal yang mendekati nol berjumlah 2514 kemunculan.

Berdasarkan Gambar 3.4, sebanyak 91615 *travel time* yang terkumpul dan hasil selisih *travel time* yang bernilai mendekati nol sebanyak 2514 sedangkan hasil histogram sebelum direlokasi menghasilkan 57 kemunculan (Gambar 3.3). Berdasarkan hasil tersebut bahwa setelah direlokasi terjadi peningkatan keakuratan atau pendekatan terhadap data observasi yang ditandai dengan peningkatan jumlah frekuensi selisih tobs-tcal yang bernilai mendekati nol.

4. Kesimpulan

Relokasi hiposenter di wilayah NTB dan sekitarnya dengan menggunakan metode *Double-Difference* terbukti dengan baik merelokasi sebaran hiposenter gempa bumi dengan menghasilkan *trending* yang lebih tajam pada aktivitas

subduksi dan mampu merapatkan gempabumi dangkal yang terjadi di Utara wilayah penelitian sehingga aktivitas *back arc thrust* dapat diidentifikasi lebih baik jika dibandingkan sebelum relokasi.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yang telah menyediakan data katalog gempabumi, *Global Map Tool* (GMT), dan MATLAB yang telah mempermudah penulis untuk menampilkan pola sebaran gempabumi berupa peta. Terimakasih pula kepada ibu Novitasari, bapak Bagus, kak Basri Kamaruddin dan bapak Ridwan yang telah memberikan ilmunya sehingga mempermudah penulis untuk menyelesaikan tulisan ini.

Daftar Acuan

- [1] Aswad, S., 2011, Relokasi Hiposenter Menggunakan Algoritma Double Difference, *Jurnal Geofisika* Edisi 2011 No.2.
- [2] Enescu, B., Mori, J., & Ohmi, S., 2005. *Double-difference Relocations of the 2004 off the Kii Peninsula Earthquake*. Earth Planets Space, 57, 357-362, 2005.
- [3] Katalog Data Gempabumi
BMKG: <http://www.repogempa.bmkg.go.id>.
- [4] Ramdhan, M., & Nugraha, A.D., 2012, Studi Kegempaan Area Selat Sunda dan Sekitarnya Berdasarkan Hasil Relokasi Hiposenter Menggunakan Metoda Double-Difference, *JTM* Vol. XIX No. 4/2012.
- [5] Waldhauser, F., & Ellsworth, W.L., 2000, A Double-difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California, *Bull. Seismo. Soc. Am.* Vol. 90, 1353-1368.