

## PEMODELAN MEKANISME SUMBER GEMPA BUMI RANSIKI 2012 BERKEKUATAN MW 6,7

<sup>1</sup>Yopi Ruben Serhalawan, <sup>2</sup>Dimas Salomo J. Sianipar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Stasiun Geofisika Sorong, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Sorong, Papua Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

e-mail: yopiruben@gmail.com, dimas.salomo@bmgk.go.id

### Abstrak

Salah satu gempa bumi merusak yang terjadi di Indonesia pada tahun 2012 adalah gempa bumi Ransiki, Papua Barat 21 April 2012, Mw 6,7. Yang menarik dari gempa bumi ini adalah lokasi gempa bumi yang berdekatan dengan dua sesar, yaitu sesar Ransiki dan sesar Yapen. Tujuan penelitian ini adalah membuat pemodelan dan menganalisis mekanisme sumber gempa bumi untuk mengetahui sesar penyebab gempa bumi Ransiki. Mekanisme sumber gempa bumi dimodelkan dari proses inversi tensor momen menggunakan program *Isola*. Untuk menentukan "bidang sesar sebenarnya" (*true fault plane*) digunakan program *HC-plot*. Hasil inversi tensor momen menunjukkan bahwa gempa bumi Ransiki merupakan gempa bumi mekanisme sesar geser dengan bidang nodal 1; *strike* 355°, *dip* 68°, *rake* -165° dan bidang nodal 2; *strike* 259°, *dip* 76°, *rake* -23°. Pengolahan dengan program *HC-plot* menghasilkan "bidang sesar sebenarnya" yaitu bidang nodal 2 dengan *strike* 259°, *dip* 76°, *rake* -23°. Hasil ini menunjukkan bahwa gempa bumi Ransiki 21 April 2012 Mw 6,7, disebabkan oleh sesar Yapen dengan mekanisme sesar geser mengiri berarah barat-timur, tidak disebabkan oleh sesar Ransiki.

**Kata kunci:** mekanisme sumber, inversi, *isola*, *HC-plot*

### Abstract

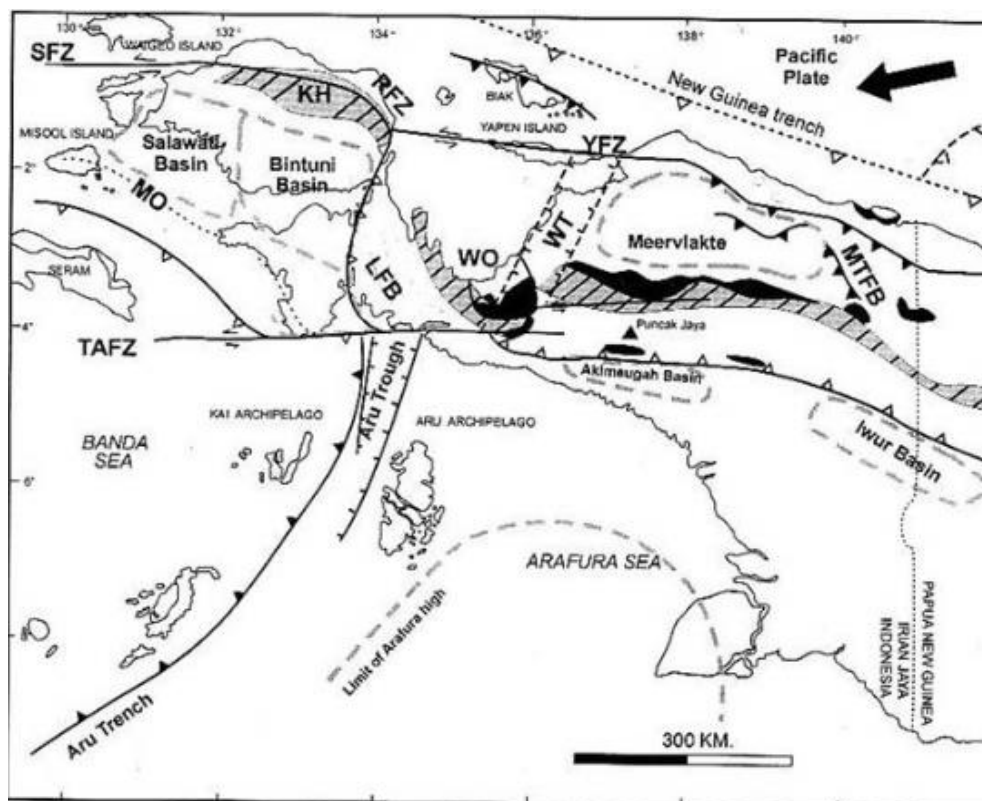
One of destructive earthquake that occurred in Indonesia region in year 2012, is Ransiki, April 21<sup>th</sup>, 2012 earthquake, with Mw 6.7. The interesting thing of this event is its location which is very close with two geological faults, i.e. Ransiki Fault and Yapen Fault. The aim of this study is to determine the source mechanism of this Mw 6.7 earthquake and to analyze its implication as a generation source of a destructive earthquake. Earthquake source mechanism is determined by moment tensor inversion method using *Isola* program. To determine the true fault plane, *HC-plot* program is used. Moment tensor inversion results show that the source mechanism of the earthquake is a strike-slip fault with nodal plane 1; strike 355°, dip 68°, rake -165° and nodal plane 2; strike 259°, dip 76°, rake -23°. Using *HC-plot* method, the true fault plane is nodal plane 2 with strike 259°, dip 76°, rake -23°. These results indicate Ransiki, April 21<sup>th</sup>, 2012 earthquake caused by Yapen fault which is a sinistral strike-slip fault trending west-east, not caused by Ransiki Fault.

**Keywords :** source mechanism, inversion, *isola*, *HC-plot*

### PENDAHULUAN

Wilayah Papua merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki tingkat kompleksitas tektonik yang tinggi. Tingkat kompleksitas tersebut disebabkan oleh pertemuan beberapa lempeng tektonik besar diantaranya lempeng Indo-Australia,

lempeng Pasifik dan lempeng laut Filipina (Baldwin, Fitzgerald, & Webb, 2012; Pubellier & Ego, 2002). Hal ini berimplikasi pada munculnya sesar-sesar lokal yang tersebar di wilayah Papua seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.



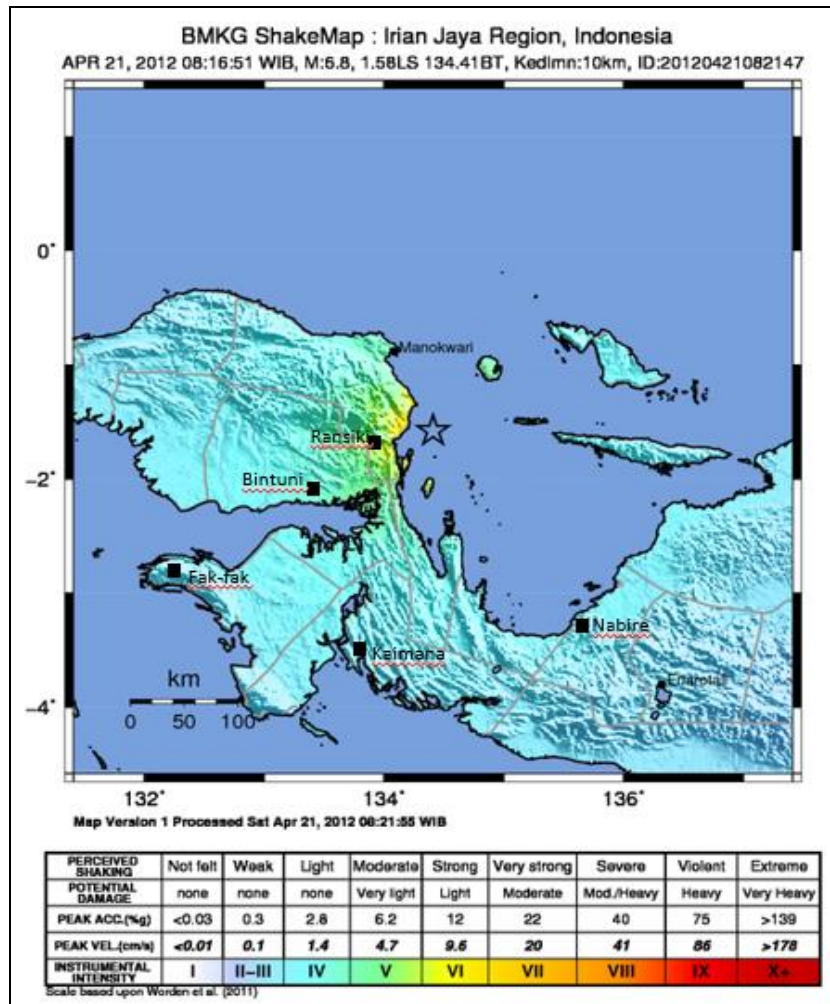
Gambar 1. Tatanan tektonik wilayah Papua. MTFB = *Mamberamo Thrust and Fold Belt*; WO = *Weyland Overthrust*; WT = *Waipona Through*; TAFZ = *Tarera-Aiduna Fault Zone*; RFZ = *Ransiki Fault Zone*; LFB = *Lengguru Fault Belt*; SFZ = *Sorong Fault Zone*; YFZ = *Yapen Fault Zone*; MO = *Misool-Onin High* (Darman & Sidi, 2000).

Pertemuan lempeng tektonik dan aktivitas sesar-sesar lokal ini berpotensi menjadi sumber pembangkit gempa bumi di wilayah Papua. Beberapa gempa bumi besar yang signifikan dan merusak tercatat pernah terjadi di wilayah Papua dalam satu dekade terakhir di antaranya gempa 16 Juni 2010 M 7,0, dan gempa 3 Januari 2009 berkekuatan M 7,6 menjadi bukti terkait pentingnya pemahaman kejadian gempa bumi di wilayah Papua dan usaha mitigasinya. Gempa bumi dapat menyebabkan dampak negatif yang cukup signifikan yaitu kerugian ekonomi karena kerusakan bangunan dan berhentinya aktivitas manusia dan dapat mengakibatkan korban jiwa.

Pada tanggal 21 April 2012, terjadi kembali gempa bumi kuat di dekat wilayah Ransiki, Provinsi Papua Barat. Berdasarkan data katalog BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), gempa bumi ini terjadi pada pukul 08:05:33 WIB dengan kekuatan gempa bumi 6,6  $M_w(mB)$  pada koordinat  $1,64^{\circ}$  LS,  $134,39^{\circ}$  BT pada

kedalaman 12,0 Km. Skala intensitas pada peta tingkat guncangan gempa bumi (*shakemap*) (lihat Gambar 2) menunjukkan bahwa gempa bumi ini dirasakan di beberapa wilayah seperti di Ransiki (V-VI MMI atau *Modified Mercally Intensity*), Manokwari (IV-V MMI), Bintuni (III-IV MMI), Biak (III MMI), (Sorong II-III MMI), Fak-fak (II-III MMI), Nabire (II MMI), Kaimana (II MMI).

Berdasarkan laporan dari tim survey BMKG, gempa bumi menyebabkan 1 korban luka berat, 1 korban luka sedang dan 1 korban luka ringan. Sebanyak tujuh bangunan mengalami kerusakan berat, 20 bangunan mengalami kerusakan sedang dan 16 bangunan mengalami kerusakan ringan. Selain itu sebagian besar masyarakat Ransiki mengalami luka trauma dalam skala ringan. Karena dampak yang ditimbulkannya, gempa bumi ini bisa digolongkan "gempa bumi merusak" walaupun dari segi kekuatan tergolong bukan gempa bumi besar.



Gambar 2. Peta tingkat guncangan gempa bumi Ransiki 21 April 2012, Mw 6,7. Tanda bintang menunjukkan lokasi episenter gempa bumi Ransiki.

Hal yang menarik dari kejadian gempa bumi Ransiki ini yaitu lokasi gempa bumi yang terletak di dekat dua sesar lokal (*local fault*) yaitu sesar Ransiki dan sesar Yapen. Hal ini menimbulkan pertanyaan tentang aktivitas sesar yang mana yang sebenarnya menyebabkan gempa bumi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemodelan dan menganalisis mekanisme sumber gempa bumi Ransiki, menentukan “bidang sesar sebenarnya” dan mengasosiasikannya dengan tektonik wilayah sekitar untuk mengetahui sesar penyebab gempa bumi Ransiki, 21 April 2012, Mw 6,7.

Pemodelan mekanisme sumber gempa bumi dapat dilakukan dengan metode analisis tensor momen. Salah satu pendekatan mekanisme sumber gempa bumi dengan analisis tensor momen dilakukan dengan program *Isola* (*Isolated*

*Asperities*) (E. N. Sokos & Zahradnik, 2008; E. Sokos & Zahradnik, 2013).

Kode *fortran* program *Isola* untuk mencari *asperities* terisolasi (*isolated asperities*) dari data gelombang seismik lokal dan regional telah dikembangkan sejak tahun 2003 (E. N. Sokos & Zahradnik, 2008). Pendekatan yang digunakan dalam program *Isola* berdasarkan pada representasi sumber banyak titik dan dekonvolusi iteratif, mirip dengan yang digunakan pada metode Kikuchi-Kanamori (Kikuchi & Kanamori, 1991) tetapi keseluruhan gelombang digunakan dan fungsi *green* dihitung dengan metode bilangan gelombang diskrit dari Bouchon dan Coutant (Bouchon, 1981; Coutant, 1989).

Tensor momen dari *sub-events* didapatkan dengan minimalisasi *least-square* dari kecocokan antara sinyal

observasi dan sintetik, sementara posisi dan waktu dari *sub-events* dioptimalkan melalui *grid-search*.

Penggunaan program *Isola* untuk mendapatkan parameter mekanisme sumber gempa bumi telah dilakukan sebelumnya oleh banyak peneliti gempa bumi di Indonesia (Kasmolan, Santosa, Lees, & Utama, 2010; Rasmid, 2014; Santosa, 2012) dan banyak peneliti gempa bumi di luar Indonesia (Carvalho, Barros, & Zahradník, 2016; Choi & Noh, 2010; Dias & Assumpcao, 2013; Kumar, Gupta, & Kumar, 2015; Mohamed & Omar, 2014; E. N. Sokos & Zahradnik, 2008; Srijyanthi, Kumar, Prasanna, & Rao, 2017).

## METODE

Dalam pemodelan mekanisme sumber gempa bumi, dilakukan proses inversi tensor momen menggunakan data sinyal seismik, koordinat stasiun pencatat gempa bumi, data *polezero*, data model kecepatan dan data parameter gempa bumi. Data stasiun pencatat gempa bumi yang termasuk sinyal observasi, koordinat stasiun pencatat gempa bumi dan data *polezero* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari jaringan stasiun BMKG-GFZ (*GeoForschungsZentrum*). Sinyal seismik yang digunakan dalam penelitian ini diunduh dari layanan sistem informasi data seismik GFZ secara daring.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode inversi tensor momen dengan prinsip iterasi dekonvolusi dan diimplementasikan dalam program *Isola* (*Isolated Asperities*) (E. N. Sokos & Zahradnik, 2008). Program ini dijalankan dengan bantuan perangkat lunak *Matlab* dengan paket *Isola-GUI*. *Isola-GUI* merupakan *graphical user interface* yang dikembangkan pada *Matlab* dengan tujuan untuk mengkombinasikan kecepatan pemrosesan dari kode *fortran Isola* dengan lingkungan *Matlab* yang *user-friendly*. Fitur-fitur utama dari *Isola-GUI* sangat efisien dalam penanganan data, kontrol iteratif proses inversi dan banyak pilihan dalam fasilitas *plotting* untuk melihat hasil-hasil pemodelan.

Data sinyal observasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dalam format SAC (*Seismic Analysis Code*) (Goldstein &

Snoke, 2005). Data sinyal observasi yang diterima pada stasiun pencatat gempa bumi merupakan konvolusi dari sinyal seismik sumber gempa bumi, medium penjalaran dan respon instrumen (Stein & Wysession, 2009).

Data *polezero* digunakan untuk menghilangkan respon instrumen, agar sinyal yang diterima merupakan sinyal sebenarnya dari sumber gempa bumi. Perhitungan fungsi *green* dalam program *Isola* dihitung berdasarkan metode *discrete wavenumber* (Bouchon, 1981). Perhitungan fungsi *green* digunakan untuk membuat sinyal sintetik berdasarkan model bumi yang dijadikan masukan. Inversi tensor momen dilakukan dengan membandingkan data *displacement* antara sinyal observasi dan sinyal sintetik. Hasil yang didapatkan akan semakin akurat apabila sinyal observasi dan sinyal sintetik saling tumpang tindih (E. N. Sokos & Zahradnik, 2008). Pentingnya kecocokan sinyal sintetik dan sinyal observasi ini membuat perlunya dilakukan metode *try and error* untuk mendapatkan kondisi inversi yang paling ideal dan paling optimal.

Hasil mekanisme sumber gempa bumi yang didapatkan dari proses inversi tensor momen masih mengandung ambiguitas. Ambiguitas tersebut disebabkan oleh adanya dua bidang nodal dalam pemodelan sumber gempa bumi berupa parameter *strike*, *dip* dan *rake* dari kedua bidang nodal. Ambiguitas dalam hal ini maksudnya adalah peneliti harus menentukan "bidang sesar sebenarnya" (*true fault plane*) dari kedua bidang nodal tersebut. Bidang sesar yang didapatkan melalui pemodelan ini menunjukkan bidang yang menjadi sumber penyebab gempa bumi.

Melalui pemodelan mekanisme sumber gempa bumi ini, didapatkan juga nilai *Mw* (*moment magnitude*), nilai tensor momen, *azimuth*, *plunge*, komponen DC (*Double Couple*), komponen CLVD (*Compensated Linear Vector Dipole*), lokasi *centroid*, waktu *centroid* dan nilai variansi reduksi. *Moment magnitude* (*Mw*) merupakan jenis magnitudo yang diestimasi paling menggambarkan energi yang dirilis oleh gempa bumi pada saat *slip koseismik*.

Hal yang perlu diperhatikan dari hasil pemodelan adalah nilai variansi reduksi yang merupakan ukuran kecocokan sinyal

observasi dan sinyal sintetik. Variansi reduksi ini nilainya antara nol sampai dengan satu. Semakin besar nilai variansi reduksi, maka hasil pemodelan mekanisme sumber yang diperoleh semakin akurat.

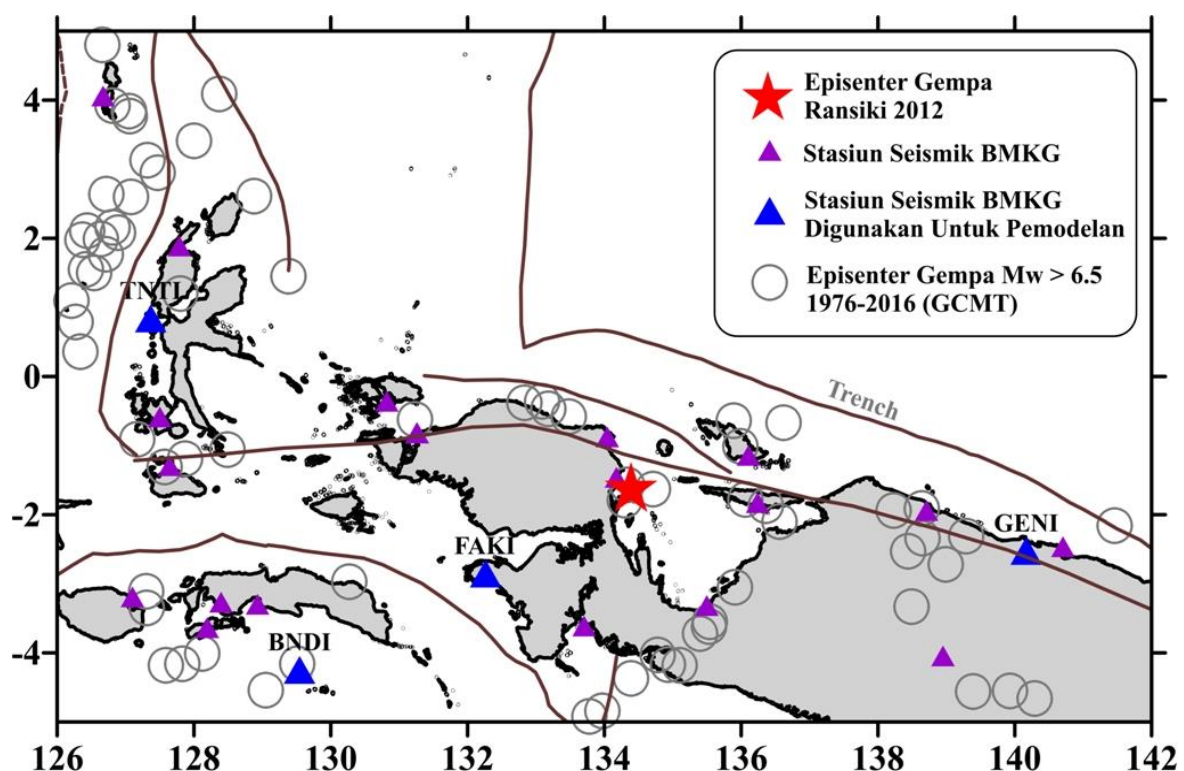
Parameter mekanisme sumber yang dihasilkan masih mengandung ambiguitas karena terdapat dua bidang nodal yang belum diketahui bidang nodal yang mana merupakan "bidang sesar sebenarnya". Untuk menentukan "bidang sesar sebenarnya", digunakan metode *geometry hypocenter centroid* yang diimplementasikan dalam program *HC-plot* (Zahradnik, Gallovic, Sokos, Serpetsidaki, & Tselentis, 2008). Yang menjadi masukan dalam program *HC-plot* yaitu lokasi hiposenter gempa bumi, lokasi *centroid*, dan parameter *strike* dan *dip* dari kedua bidang nodal.

Hiposenter diartikan sebagai titik awal keluarnya energi gempa bumi, dan *centroid* diartikan sebagai titik tengah perpotongan antara bidang nodal 1 dan bidang nodal 2. Bidang nodal yang jaraknya paling dekat

dengan lokasi hiposenter diestimasi sebagai "bidang sesar sebenarnya" (Zahradnik et al., 2008). Metode ini telah diuji untuk gempa bumi Parkfield, gempa bumi Andeanof, gempa bumi Athens dan gempa bumi Leonidio dan hasil "bidang sesar sebenarnya" yang didapatkan sesuai dengan yang terjadi di kenyataannya (Zahradnik et al., 2008).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

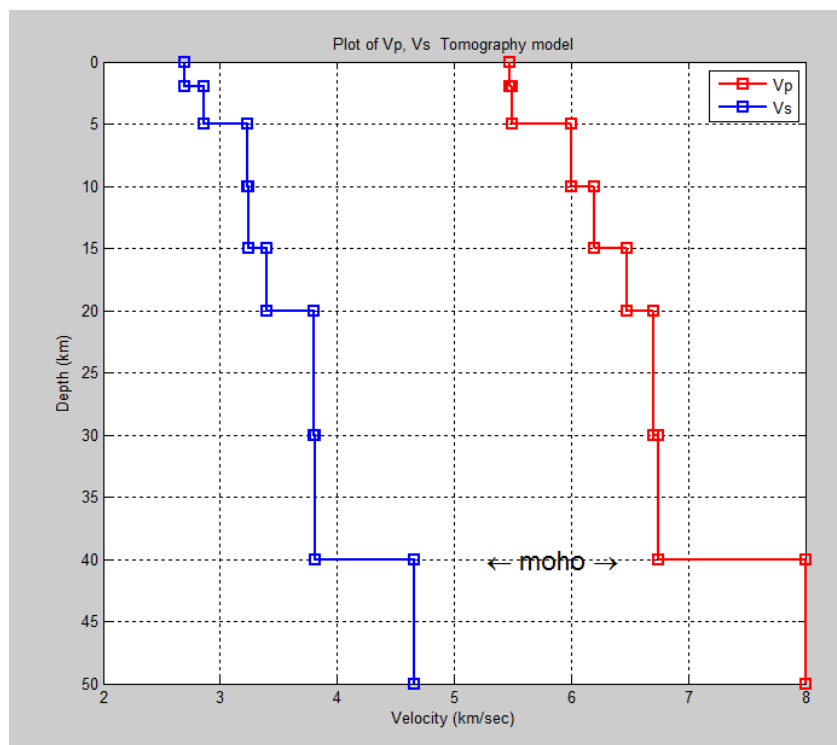
Data sinyal observasi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari 11 stasiun lokal maupun regional di wilayah Papua dan Maluku. Dari proses *trial and error* dalam proses inversi, empat stasiun dengan nilai variansi reduksi tertinggi dipilih sebagai stasiun yang digunakan untuk mendapatkan hasil mekanisme sumber gempa bumi. Empat stasiun tersebut antara lain, FAKI (Fak-Fak, Papua Barat, Indonesia), BNDI (Bandaneira, P. Banda, Maluku, Indonesia), GENI (Genyem, Jayapura, Papua, Indonesia), TNTI (Ternate, Maluku Utara) (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Stasiun seismik BMKG yang digunakan ditandai dengan warna segitiga biru. Bintang merah merupakan episenter gempa bumi. Legenda lainnya tertera pada peta.

Model kecepatan yang digunakan adalah sebagaimana digambarkan pada Gambar 4. Model kecepatan ini menggambarkan model inisal kecepatan gelombang seismik (gelombang P dan gelombang S) secara global. Hasil relokasi hiposenter gempa bumi Ransiki 21 April 2012 dari Salomo dkk. (Salomo, Daryono, & Subakti, 2015) digunakan sebagai *input* parameter lokasi hiposenter dalam program *Isola*. Panjang sinyal yang digunakan dalam

proses inversi yaitu 409,6 detik sesuai dengan panjang waktu *default* yang disediakan pada program *Isola*. Waktu ini telah mencakup keseluruhan sinyal gempa bumi Ransiki pada stasiun-stasiun seismik regional dalam proses inversi. Sinyal sepanjang 409,6 detik ini yang akan dikomparasi antara sinyal observasi (dari empat stasiun BMKG-GFZ) dengan sinyal sintetiknya yang dibuat dengan *fungsi green*.



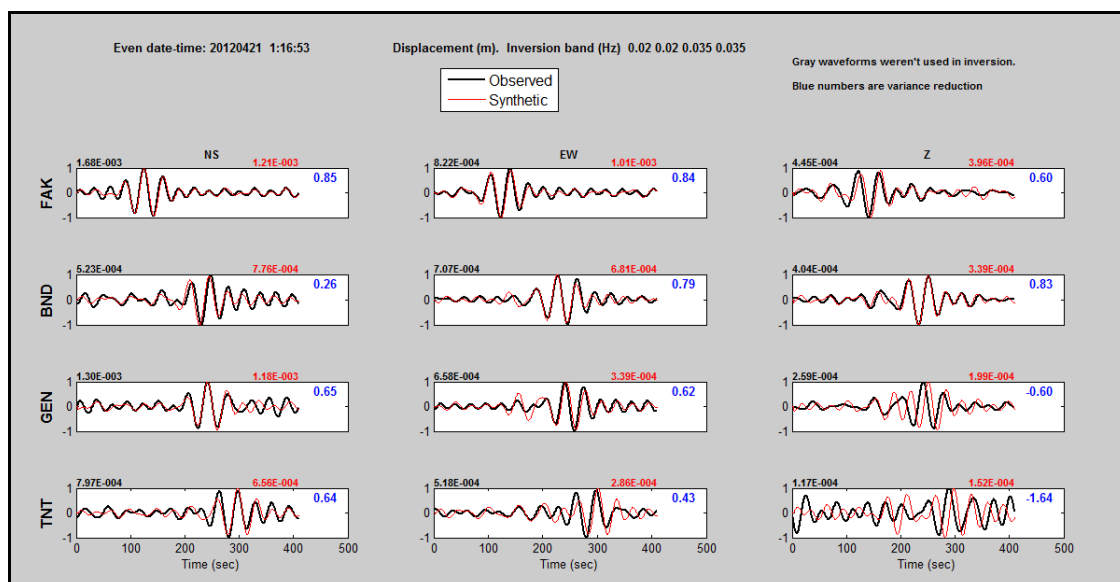
Gambar 4. Model kecepatan gelombang seismik yang digunakan dalam penelitian ini (Sokos dan Zahradnik, 2008). Warna biru merupakan model kecepatan gelombang P dan warna merah merupakan model kecepatan gelombang S.

*Filter* yang digunakan untuk konversi data *velocity* ke data *displacement* dalam proses inversi yaitu 0,02-0,035 Hz. *Filter* ini digunakan sesuai dengan Bormann dkk. (Bormann et al., 2002) yang menyatakan bahwa *filter* frekuensi rendah untuk data *displacement* berguna untuk memenuhi pendekatan sumber titik. Tipe inversi yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu *deviatoric MT (deviatoric moment tensor)*.

Gambar 5 menunjukkan pencocokan data *displacement* antara sinyal observasi

dan sinyal sintetik dalam seismogram tiga komponen. Sinyal warna hitam merupakan sinyal observasi sedangkan sinyal warna merah merupakan sinyal sintetik. Nilai dengan warna biru merupakan nilai variansi reduksi (0-1). Gambar yang disajikan merupakan hasil final (kondisi optimal) pemodelan mekanisme sumber dalam penelitian ini setelah dilakukan metode *try and error*. Hasil ini didapatkan langsung melalui *GUI program Isola* yang dijalankan dengan program *Matlab*.





Gambar 5. Pencocohan sinyal *displacement* observasi terhadap sinyal sintetik dalam seismogram tiga komponen. Sinyal observasi ditandai dengan warna hitam, sinyal sintetik ditandai dengan warna merah. Nilai warna biru menandakan nilai variansi reduksi (0-1).

Berdasarkan nilai variansi reduksi, pencocohan data yang ditunjukkan pada Gambar 6 secara umum sudah terlihat cukup relevan, hanya ada dua stasiun pada komponen Z (vertikal) yang masih mempunyai nilai variansi minus. Ini merupakan nilai terbaik yang dihasilkan dari proses *trial and error*. Variansi rata-rata untuk keempat stasiun yang digunakan yaitu 0,70 (70 %). Berdasarkan nilai variansi, maka hasil yang didapatkan dalam penelitian ini cukup relevan apabila dihubungkan dengan keadaan nyatanya (E. N. Sokos & Zahradnik, 2008).

Gambar 6 menunjukkan hasil mekanisme sumber gempa bumi yang didapatkan dari proses inversi tensor momen. Berdasarkan parameter mekanisme sumber, gempa bumi Ransiki 21 April 2012, *Mw* 6,7 termasuk mekanisme sesar geser mendatar (*strike-slip fault*) dengan bidang nodal 1; *strike* 355°, *dip* 68°, *rake* -165° dan bidang nodal 2; *strike* 259°, *dip* 76°, *rake* -23°.

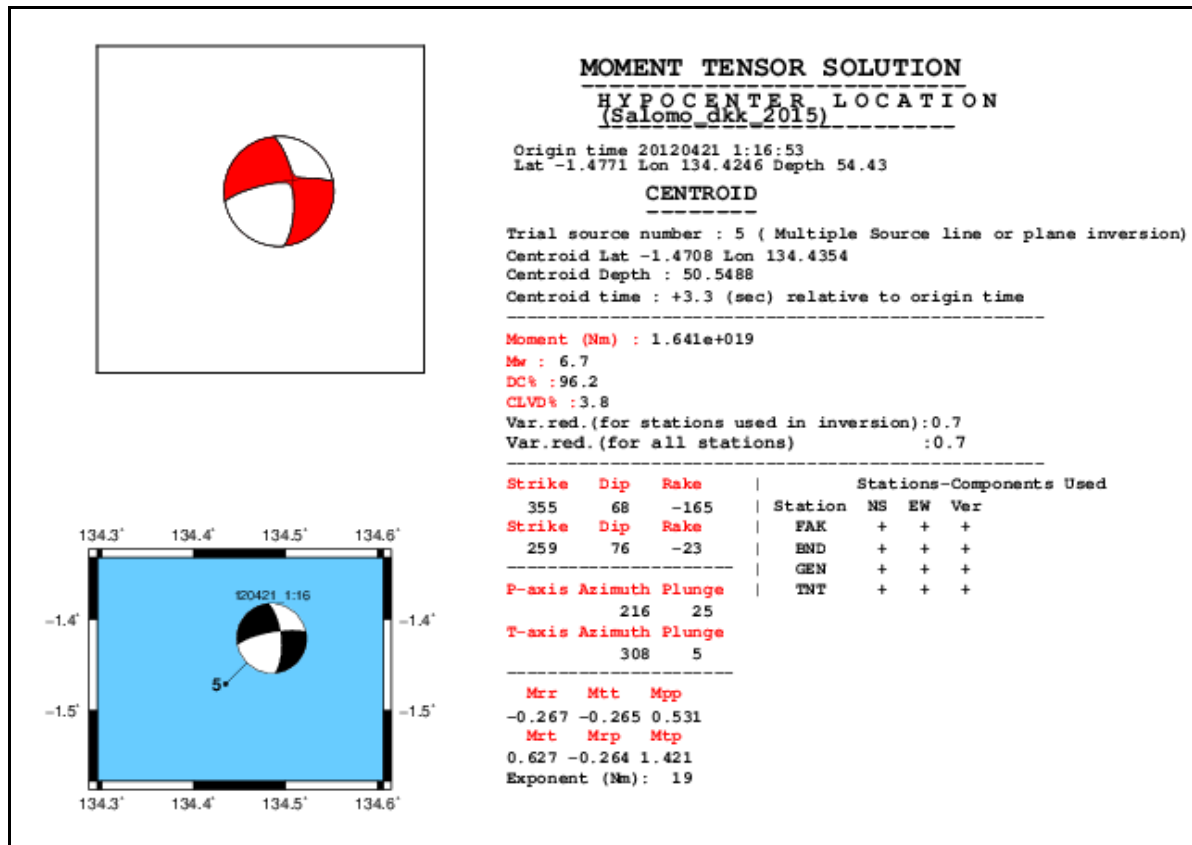
Gempa bumi ini mempunyai lokasi *centroid* dengan lintang 1,4708° LS, bujur 134,4354° BT dan kedalaman 50,5488 Km. Parameter sumber gempa bumi yang dihasilkan masih mengandung ambiguitas karena terdapat dua bidang nodal yang mana salah satu dari kedua bidang nodal

tersebut merupakan “bidang sesar sebenarnya” (*true fault plane*) dan yang lainnya adalah “bidang bantu” (*auxiliary plane*).

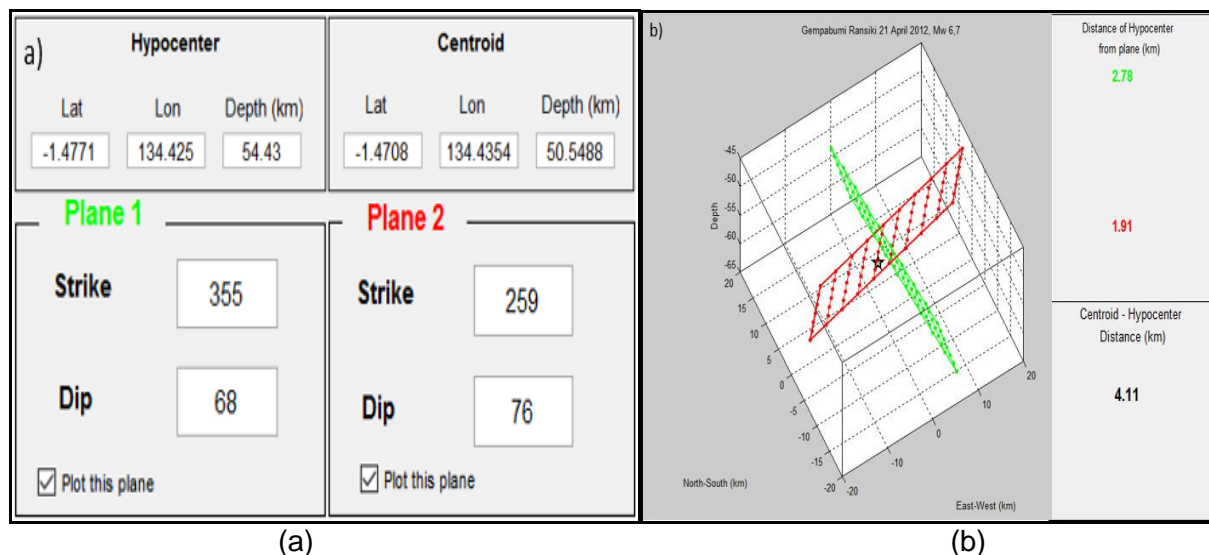
Sebagai perbandingan, katalog *Global Centroid Moment Tensor (GCMT)* (Ekström, Nettles, & Dziewoński, 2012) merilis mekanisme sumber gempa bumi Ransiki ini yaitu bidang nodal pertama dengan *strike*=82, *dip*=84, *slip*=2, dan bidang nodal kedua dengan *strike*=352, *dip*=88, *slip*=174. Katalog GCMT ini dibuat dengan menggunakan data-data seismik dari stasiun-stasiun yang jaraknya jauh (teleseismik), bukan data lokal/regional.

Parameter sumber gempa bumi dan lokasi *centroid* (lintang, bujur, kedalaman) yang didapatkan dari proses inversi digunakan sebagai *input* pada program *HC-plot*, sedangkan parameter lokasi hiposenter menggunakan hasil relokasi hiposenter gempa bumi Ransiki 21 April 2012 dari Salomo (Salomo et al., 2015) dengan lintang 1,4771° LS, bujur 134,425° BT dan kedalaman 54,43 Km (Gambar 7.a).

Menurut (Zahradnik et al., 2008), bidang nodal yang jaraknya paling dekat dengan lokasi hiposenter diestimasikan sebagai “bidang sesar sebenarnya”.



Gambar 6. Hasil pemodelan mekanisme sumber gempa bumi Ransiki 21 April 2012, Mw 6,7 yang terdiri dari parameter mekanisme sumber (*strike, dip, rake*) dari kedua bidang nodal, nilai tensor momen, lokasi *centroid*, waktu *centroid*, magnitudo momen (*Mw*), komponen DC, komponen CLVD, *azimuth, plunge* dan nilai variansi reduksi.



Gambar 7. (a) *Input* dalam program *HC-plot* berupa lokasi hiposenter (lintang, bujur, kedalaman) gempa bumi, lokasi *centroid* (lintang, bujur, kedalaman), *strike* dan *dip* dari kedua bidang nodal. (b) Hasil “bidang sesar sebenarnya”. Warna hijau merupakan bidang nodal 1 dan warna merah merupakan bidang nodal 2. Tanda bintang merupakan hiposenter gempa bumi utama.



Warna hijau menandakan bidang nodal 1, warna merah menandakan bidang nodal 2, dan tanda bintang merupakan lokasi hiposenter gempa bumi. Dapat dilihat pada Gambar 7.b, bidang nodal yang jaraknya paling dekat dengan lokasi hiposenter yaitu bidang nodal 2 (warna merah) dengan jarak 1,31 Km, sedangkan jarak lokasi hiposenter ke bidang nodal 1 (warna hijau) yaitu 2,78 Km. Jarak lokasi hiposenter ke lokasi *centroid* yaitu 4,11 Km.

Jadi berdasarkan metode *geometry hypocenter centroid* yang di implementasikan dalam program *HC-plot*, di simpulkan bahwa “bidang sesar sebenarnya” (*true fault plane*) dari kedua bidang nodal adalah bidang nodal 2 (warna merah) dengan *strike* 259°, *dip* 76°, *rake* -23° berarah barat-timur. Selanjutnya bidang sesar sebenarnya yang didapatkan, diasosiasikan dengan kondisi tektonik sekitar, yang mana terdapat dua bidang sesar yaitu sesar Ransiki dan sesar Yapen (Gambar 1). Sesar Ransiki berarah barat-laut-tenggara sedangkan sesar Yapen berarah barat-timur (Darman & Sidi, 2000).

Berdasarkan hasil pengolahan yang didapatkan dengan program *HC-plot*, dapat dinyatakan bahwa penyebab gempa bumi Ransiki yaitu sesar Yapen dengan mekanisme sesar geser mengiri sesuai dengan bidang nodal 2 yang merupakan “bidang sesar sebenarnya”. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya (Salomo et al., 2015) yang menemukan bahwa penyebab dari gempa bumi Ransiki 21 April 2012, Mw 6,7 adalah sesar Yapen berdasarkan distribusi relokasi hiposenter gempa bumi susulan (*aftershocks distribution*) dengan metode MJHD (*Modified Joint Hypocenter Determination*).

## SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil menentukan mekanisme sumber penyebab gempa bumi Ransiki 21 April 2012. Penyebab gempa bumi tersebut adalah bidang penyesaran dengan bidang nodal 1 dengan *strike* 355°, *dip* 68°, *rake* -165° dan bidang nodal 2; *strike* 259°, *dip* 76°, *rake* -23°. Dari hasil analisis mekanisme sumber gempa bumi, diketahui bahwa bidang nodal 2 merupakan “bidang sesar sebenarnya” (*true fault plane*) dan menunjukkan

eksistensi aktivitas sesar Yapen, bukan sesar Ransiki. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penyebab gempa bumi Ransiki 21 April 2012 Mw 6,7 yaitu sesar Yapen dengan mekanisme sesar geser mengiri dengan arah barat-timur.

## SARAN

Pemodelan mekanisme sumber gempa bumi merupakan langkah nyata yang penting dalam penilaian bahaya gempa bumi. Penulis merekomendasikan agar setiap gempa bumi dengan kekuatan  $M > 5,0$  dapat dibuat pemodelan mekanisme sumber gempa buminya dan kemudian dikompilasi. Tahap selanjutnya dalam peningkatan pemahaman gempa bumi di wilayah tersebut yaitu dibuat proses sumber gempa bumi yang lebih rinci baik dengan metode seismologi, geodetik maupun menggunakan data penginderaan jauh.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) atas data seismik yang dapat digunakan dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baldwin, S. L., Fitzgerald, P. G., & Webb, L. E. (2012). Tectonics of the New Guinea region. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 40, 495–520.
- Bormann, P., Baumbach, M., Bock, G., Grosser, H., Choy, G. L., & Boatwright, J. (2002). Seismic sources and source parameters. *IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice*, 1, 1–94.
- Bouchon, M. (1981). A simple method to calculate Green's functions for elastic layered media. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 71(4), 959–971.
- Carvalho, J., Barros, L. V., & Zahradník, J. (2016). Focal mechanisms and moment magnitudes of micro-earthquakes in central Brazil by waveform inversion with quality assessment and inference of the local stress field. *Journal of South American Earth Sciences*, 71, 333–343.
- Choi, H., & Noh, M. (2010). Source

- parameters of the May 2, 2009 Andong earthquake in South Korea. *Geosciences Journal*, 14(3), 269–276.
- Coutant, O. (1989). Numerical study of the diffraction of elastic waves by fluid-filled cracks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 94(B12), 17805–17818.
- Darman, H., & Sidi, F. H. (2000). An outline of the geology of Indonesia. *Indonesian Association of Geologists, Jakarta*, 192.
- Dias, F., & Assumpcao, M. (2013). Stress Field in Brazil with Focal Mechanism: Regional and Local Patterns. In *AGU Spring Meeting Abstracts* (Vol. 1, p. 5).
- Ekström, G., Nettles, M., & Dziewoński, A. M. (2012). The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 200, 1–9.
- Goldstein, P., & Snoke, A. (2005). SAC availability for the IRIS community. *Incorporated Institutions for Seismology Data Management Center Electronic Newsletter*, 7(1).
- Kasmolan, M., Santosa, B., Lees, J., & Utama, W. (2010). Earthquake source parameters at the sumatran fault zone: Identification of the activated fault plane. *Open Geosciences*, 2(4), 455–474.
- Kikuchi, M., & Kanamori, H. (1991). Inversion of complex body waves—III. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 81(6), 2335–2350.
- Kumar, R., Gupta, S. C., & Kumar, A. (2015). Determination and identification of focal mechanism solutions for Himalayan earthquakes from waveform inversion employing ISOLA software. *Natural Hazards*, 76(2), 1163–1181.
- Mohamed, G.-E. A., & Omar, K. (2014). Source parameters and moment tensor of the ML 4.6 earthquake of November 19, 2011, southwest Sharm El-Sheikh, Egypt. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 3(1), 27–36.
- Pubellier, M., & Ego, F. (2002). Anatomy of an escape tectonic zone: Western Irian Jaya (Indonesia). *Tectonics*, 21(4).
- Rasmid, R. (2014). Aktivitas Sesar Lembang di Utara Cckungan Bandung. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(2).
- Salomo, D., Daryono, & Subakti, H. (2015). Relocation of the 2010-2013 near the north coast of Papua earthquake sequence using Modified Joint Hypocenter Determination (MJHD) method. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1658, p. 30023). AIP Publishing.
- Santosa, B. J. (2012). Source Parameters Estimations of February 23 rd and 24 th, 2009 Nias Earthquakes Using Local Seismogram Analysis. *Geosciences*, 2(5), 140–150.
- Sokos, E. N., & Zahradnik, J. (2008). ISOLA a Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data. *Computers & Geosciences*, 34(8), 967–977.
- Sokos, E., & Zahradnik, J. (2013). Evaluating centroid-moment-tensor uncertainty in the new version of ISOLA software. *Seismological Research Letters*, 84(4), 656–665.
- Srijayanthi, G., Kumar, M. R., Prasanna, S., & Rao, N. P. (2017). Source Characteristics of the 2012 Earthquake Swarm Activity in the Andaman Spreading Ridge. *J. Ind. Geophys. Union (January 2017)*, 21(1), 25–33.
- Stein, S., & Wysession, M. (2009). *An introduction to seismology, earthquakes, and earth structure*. John Wiley & Sons.
- Zahradnik, J., Gallovic, F., Sokos, E., Serpetsidaki, A., & Tselentis, A. (2008). Quick fault-plane identification by a geometrical method: Application to the Mw 6.2 Leonidio earthquake, 6 January 2008, Greece. *Seismological Research Letters*, 79(5), 653–662.