

Studi Relokasi Hiposenter Gempa di Sekitar Patahan Palu Koro dan Matano Menggunakan Metode Geiger

Kuni Azizah¹, Adi Susilo¹, Tri Deni Rachman²

¹Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya

²Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Kelas II Tretes

Email: azizah.kuni1@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai aktifitas kegempaan di daerah patahan Palu Koro dan patahan Matano. Penelitian ini dilakukan untuk merelokasi hiposenter gempa yang terjadi di sekitar kedua patahan tersebut supaya dapat diketahui lokasi hiposenter yang lebih akurat. Data yang digunakan sebanyak 141 gempabumi dengan 683 waktu tiba gelombang P yang terjadi sepanjang tahun 2013. Metode yang digunakan adalah metode Geiger dengan model *Coupled Velocity-Hypocenter*. Metode ini merupakan metode relokasi gempa, penentuan model kecepatan gelombang seismik bawah permukaan 1D, dan koreksi stasiun secara bersamaan menggunakan prinsip Geiger. Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software Velest33*. Hasil relokasi menunjukkan posisi hiposenter lebih baik daripada sebelumnya, hal ini ditandai dengan menurunnya nilai residual waktu tempuh, yakni dari 0.954 detik menjadi 0.69 detik. Posisi hiposenter setelah dilakukan relokasi menjadi lebih dekat dengan daerah patahan. Posisi hiposenter baru memiliki ketelitian hingga 0,01 km. Model baru kecepatan gelombang P 1D memiliki kecepatan yang lebih lambat daripada model awal yang digunakan. Sebanyak 8 stasiun yang berada di daerah penelitian memiliki nilai koreksi stasiun berkisar antara -0.96 detik sampai 0.4 detik. Koreksi stasiun didominasi dengan nilai koreksi negatif dengan stasiun PCI sebagai stasiun referensinya.

Kata kunci : Palu Koro, Matano, relokasi, Geiger, *Velest33*

Pendahuluan

Pulau Sulawesi merupakan wilayah yang memiliki tatanan tektonik yang kompleks karena berada di daerah *triple junction*. Aktivitas tektoniknya menyebabkan adanya beberapa patahan di antaranya patahan Palu Koro dan patahan Matano. Daerah patahan Palu Koro dan patahan Matano memiliki aktifitas kegempaan yang cukup tinggi dengan kedalaman dangkal antara 0 hingga 60 kilometer yang merupakan cerminan pelepasan tegangan kerak bumi yang dipicu oleh aktivitas patahan aktif [1].

Penelitian yang membahas aktivitas tektonik di daerah patahan Palu Koro dan patahan Matano masih sedikit. Kedua patahan tersebut merupakan patahan yang aktif di daerah Sulawesi yang layak untuk diteliti aktivitas tektoniknya, khususnya mengenai distribusi hiposenter gempa yang terjadi di sekitar daerah tersebut. Sehingga hal inilah yang mendorong penulis untuk mengkajinya dalam penelitian ini.

Rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi bagaimana cara merelokasi hiposenter di sekitar patahan Palu Koro dan Matano, bagaimana perbandingan posisi hiposenter sebelum dan sesudah direlokasi, dan cara menentukan model kecepatan lokal 1-D gelombang P dan koreksi stasiun. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perbedaan posisi hiposenter gempabumi sebelum dan sesudah relokasi di sekitar patahan Palu Koro dan Matano, menganalisis posisi hiposenter baru terhadap patahan Palu Koro dan Matano yang

didapatkan setelah dilakukan relokasi, dan menentukan model kecepatan lokal 1-D gelombang P dan koreksi stasiun daerah penelitian setelah direlokasi.

Menurut katalog kegempaan (USGS, ISC, CMT, dll), kegempaan Sulawesi Tengah tersebar dan ditandai dengan beberapa gempa dangkal yang terletak di sekitar kedua zona PKF (*Palu Koro Fault*) dan MF (*Matano Fault*) [2]. Sebelumnya pernah dilakukan penelitian mengenai relokasi hiposenter gempabumi di sekitar patahan Palu Koro menggunakan metode *Modified Joint Hypocenter Determination* (MJHD) dan *Double Difference* (DD) [3]. Metode MJHD menambahkan nilai koreksi stasiun untuk merelokasi hiposenter, sedangkan metode DD menggunakan data relatif waktu tempuh antar dua hiposenter yang berdekatan. Sedangkan pada penelitian ini digunakan metode Geiger dengan model *Coupled Velocity-Hypocenter* yang melakukan relokasi hiposenter, menentukan model baru kecepatan gelombang P 1D dan koreksi stasiun secara bersamaan.

Metode

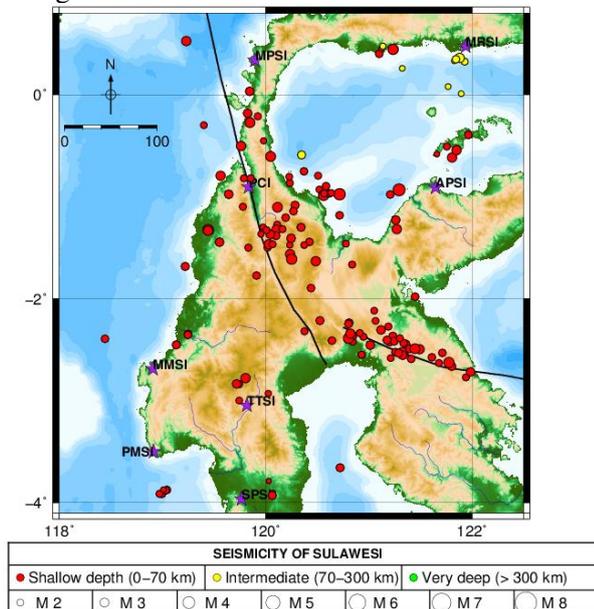
Pada penelitian ini digunakan data gempabumi yang didapatkan dari katalog BMKG kelas II Tretes. Data yang digunakan yaitu sebanyak 141 gempabumi dengan 683 waktu tiba gelombang P yang terjadi sepanjang tahun 2013. Data tersebut akan dianalisis untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dari sebelumnya.

Adapun software yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Microsoft Excel* untuk *plotting* model baru kecepatan gelombang P 1D, *Notepad++* untuk membuat *script* proses pengolahan data, *Velest33* untuk merelokasi hiposenter, dan *Generic Mapping Tool (GMT)* untuk memvisualisasikan hasil relokasi.

Sebelum dilakukan relokasi, terlebih dahulu data awal diubah dalam format yang dapat diproses oleh program *Velest33*. Metode yang digunakan dalam program *Velest33* adalah metode Geiger untuk model *Coupled Velocity-Hypocenter* yang merupakan metode relokasi gempa, penentuan model kecepatan bawah permukaan 1-D, dan koreksi stasiun secara simultan menggunakan algoritma pemodelan inversi non-linier dengan pendekatan linier [4]. Terdapat 4 data input untuk proses inversi antara lain data gempabumi, daftar stasiun yang digunakan, *parameter control*, dan model awal kecepatan gelombang P 1D (AK135). Proses program *Velest33* menggunakan metode iterasi Jacobi. Setelah didapatkan hasil relokasi, model baru kecepatan gelombang P 1D, dan nilai koreksi stasiun maka dipetakan menggunakan GMT.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat ditampilkan peta seismisitas daerah penelitian sebagai berikut :



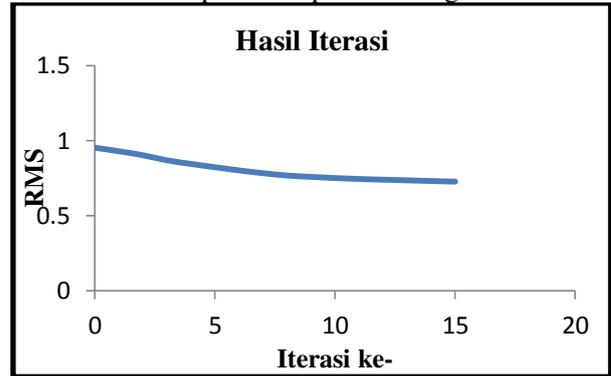
Gambar 1 Seismisitas Daerah Penelitian

Gempa didominasi oleh gempa dangkal dengan kedalaman antara 0-70 km, dan bermagnitudo 2-5SR, namun terdapat beberapa gempa tipe sedang yang terjadi di laut.

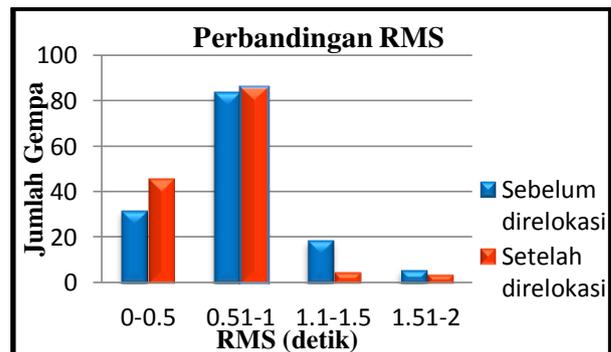
Hasil Relokasi Hiposenter Gempa

Iterasi data menggunakan program *Velest33* menghasilkan nilai RMS *travel time*

residual yang konvergen pada iterasi ke-12. Kurva iterasi dapat ditampilkan sebagai berikut :



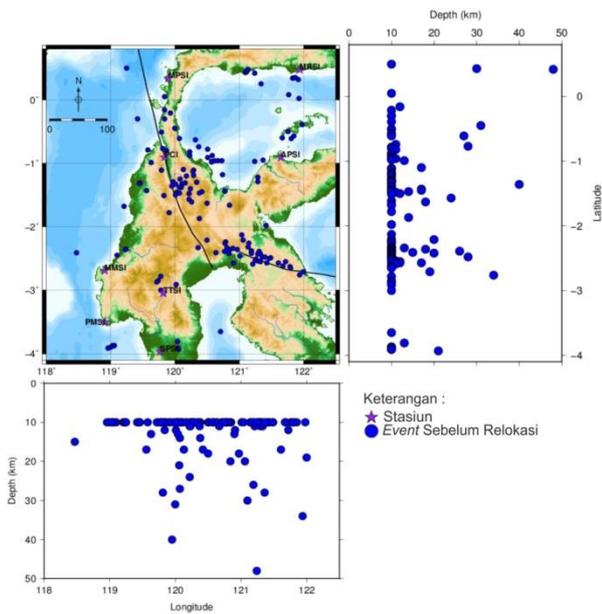
Gambar 2 Kurva Iterasi



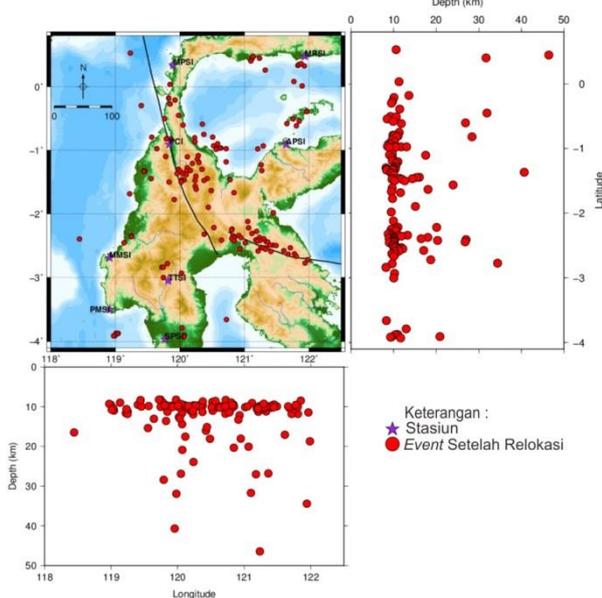
Gambar 3 Histogram RMS

Nilai RMS menurun dari 0.954 detik menjadi 0.69 detik. RMS *travel time residual* menunjukkan kualitas dari *travel time* kalkulasi. Data waktu tiba gelombang P dari gempa lokal dengan kualitas baik akan memberikan nilai RMS *travel time residual* yang kecil. Hal ini dikarenakan penentuan waktu tiba gelombang P akan mempengaruhi besarnya nilai *travel time* gelombang P observasi dan menghasilkan *travel time residual* yang mendekati nol. Perbandingan besarnya nilai RMS sebelum relokasi dan sesudah relokasi ditunjukkan oleh Gambar 3, jumlah gempa setelah relokasi relatif lebih tinggi pada skala RMS <1 detik. Jumlah gempa setelah relokasi menurun secara signifikan pada skala RMS >1 detik dibandingkan jumlah gempa sebelum relokasi. Pada RMS *travel time residual* setelah relokasi diperoleh *lower confidence limit* 0,6082 detik dan *upper confidence limit* 0,7055 detik dengan tingkat kepercayaan 95%.

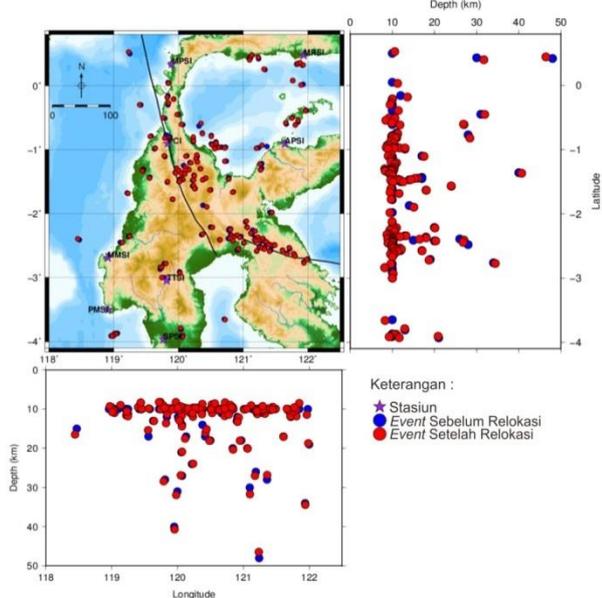
Data gempabumi yang diperoleh melalui metode *Single Event Determination (SED)* dalam Sistem Peringatan Dini menghasilkan peta sebaran hiposenter gempabumi seperti Gambar 4 di bawah. Sebagian besar gempabumi bertipe dangkal dan terdistribusi pada kedalaman rata-rata 10,00 km.



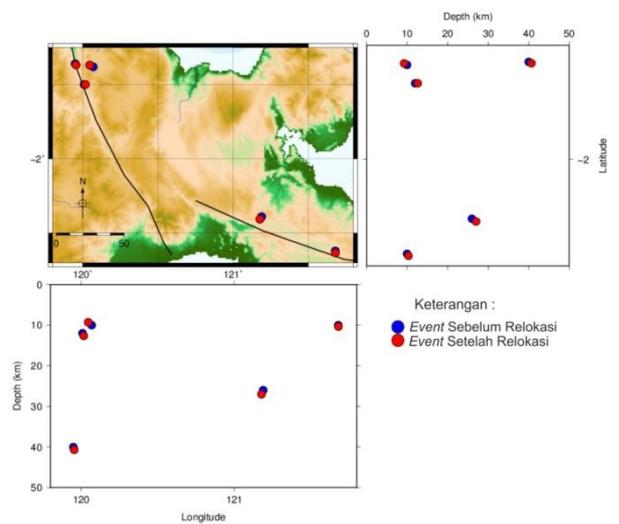
Gambar 4 Sebaran Hiposenter Sebelum Direlokasi



Gambar 5 Sebaran Hiposenter Setelah Direlokasi



Gambar 6 Overlay Sebaran Hiposenter



Gambar 7 Sample Hiposenter

Pada Gambar 75 di atas, terlihat peta sebaran hiposenter setelah direlokasi di daerah penelitian. Pada peta tersebut terjadi pergeseran posisi hiposenter hingga 2 km. Posisi hiposenter yang dihasilkan memiliki ketelitian hingga 0,01 km. Terdapat zona seismisitas tinggi yang mengumpul di dekat patahan Palu Koro dan Matano. Pada zona yang memiliki kerapatan distribusi gempa bumi yang cukup rapat diindikasikan terdapat patahan lokal yang dipicu oleh gempa-gempa di patahan utama Palu Koro dan Matano. Zona seismisitas tinggi di sekitar patahan Palu Koro yakni berada di sekitar Taman Nasional Lore Lindu yang dahulunya terbentuk melalui proses tektonik. Menurut laporan ANZDEC tahun 1997, daerah ini mengandung banyak garis patahan yang bergerak beberapa sentimeter per tahun. Sementara pada patahan Matano menunjukkan pola gempa yang mengikuti struktur patahan utama (*major fault*) yang berada di wilayah tersebut.

Pada Gambar 56 ditampilkan *overlay* sebaran hiposenter sebelum relokasi dan setelah relokasi. Perubahan posisi hiposenter terjadi secara vertikal dan horizontal. Perubahan secara horizontal terlihat dari perubahan posisi episenter, sedangkan perubahan secara vertikal terlihat dari peta penampang kedalaman.

Pada Gambar 7 ditampilkan *sample overlay* hiposenter. *Sample* gempa yang digunakan yaitu sebanyak 5 gempa di sekitar kedua patahan tersebut. Pada peta tersebut terlihat terjadi pergeseran posisi hiposenter dari posisi sebelumnya. Episenter setelah direlokasi cenderung lebih dekat dengan patahan utama daripada sebelum direlokasi. Hal ini menandakan bahwa aktivitas seismik dipengaruhi oleh pergerakan patahan utama. Relokasi ini memperbaiki *fix depth* yang digunakan oleh BMKG dalam penentuan posisi hiposenter.

Koreksi Stasiun

Koreksi stasiun merupakan perbaikan waktu penjalaran gelombang seismik gempabumi untuk sampai pada stasiun seismik. Pada penelitian ini digunakan stasiun PCI sebagai stasiun referensi.

Tabel 1 Nilai Koreksi Stasiun

Nama Stasiun	Lintang (°)	Bujur (°)	Koreksi Stasiun (detik)
APSI	-0.9109	121.6487	-0.56
MMSI	-2.6892	118.909	-0.46
MPSI	0.3373	119.898	-0.6
MRSI	0.477	121.9405	-0.96
PCI	-0.9054	119.8366	0
PMSI	-3.5008	118.9149	0.4
SPSI	-3.9646	119.7691	-0.45
TTSI	-3.0451	119.8189	-0.84

Stasiun referensi memiliki nilai nol, sedangkan stasiun-stasiun yang lainnya bernilai negatif atau positif. Nilai koreksi stasiun ini bergantung pada kondisi geologi di sekitar stasiun pencatat. Adanya penambahan koreksi stasiun ternyata mampu mengurangi efek akibat variasi kecepatan lateral yang tidak diperhitungkan dalam metode SED. Pada stasiun yang bernilai negatif, harga pembacaan waktu tiba gelombang P yang terekam dikurangi dengan nilai koreksi stasiun. Hal ini mengindikasikan bahwa batuan di bawah permukaan lebih kompak daripada batuan di sekitar stasiun referensi. Sedangkan untuk stasiun yang memiliki nilai koreksi positif harga pembacaan waktu tiba ditambah dengan nilai koreksi stasiun. Hal ini mengindikasikan batuan penyusun di sekitar stasiun lebih renggang.

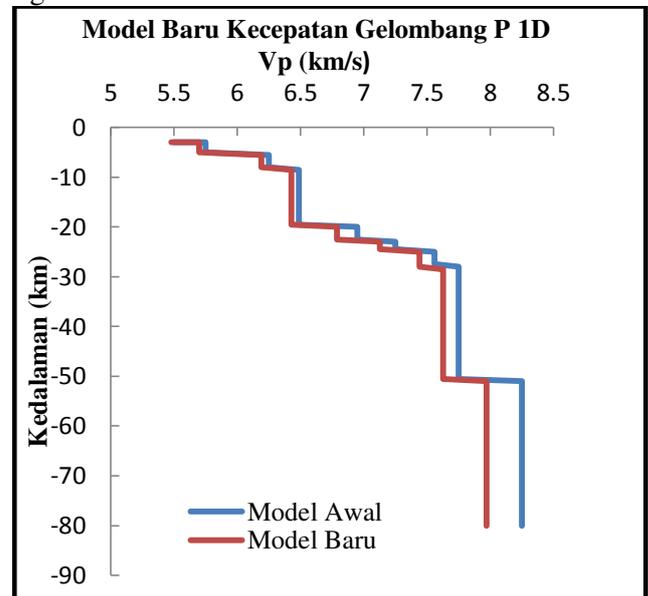
Model Baru Kecepatan Gelombang P 1D

Model kecepatan baru gelombang P 1D yang dihasilkan dapat ditampilkan seperti Gambar 8. Model baru kecepatan gelombang P menunjukkan perbedaan dengan model awal kecepatan gelombang P, semakin ke dalam selisih kecepatan semakin besar dengan model kecepatan awal. Hal ini diindikasikan adanya

Daftar Pustaka

- [1] Daryono. *Tataan Tektonik dan Sejarah Kegempaan Palu, Sulawesi Tengah*. (2011, Jakarta, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika)
- [2] Bellier, Olivier dkk. *High Slip Rate For A Low Seismicity Along The Palu Koro Activefault In Central Sulawesi (Indonesia)*. *Terra Nova*. Vol 13 No 6 hal 463-470. (2001, Blackwell Science)
- [3] Budiati, K Masyitha R, Dadang Ahmad dan Sabrianto Aswad. *Relokasi Gempa Di Sepanjang Sesar Palu Koro Menggunakan Metode Modified Joint Hypocenter Determination dan Double Difference*. (2013, Makassar, Universitas Hasanuddin)
- [4] Rachman, Tri Deni dan Andri Dian Nugraha. *Penentuan Model 1-D kecepatan Gelombang P dan Relokasi Hiposenter Secara Simultan Untuk Data Gempabumi yang Berasosiasi dengan Sesar Sumatra di Wilayah Aceh dan Sekitarnya*. *JTM* 19(1):27-33(2012, Institut Teknologi Bandung).

lapisan diskontinuitas moho. Model baru memiliki kecepatan yang lebih lambat daripada model awal. Perbedaan kecepatan ini dikarenakan oleh beberapa faktor diantaranya kondisi geologi bawah permukaan daerah penelitian, cakupan luas daerah penelitian dan model awal yang digunakan.



Gambar 8 Model Baru Kecepatan Gelombang P 1D

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, diarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Iterasi data menghasilkan RMS *travel time* residual konvergen pada iterasi ke-12. Nilai RMS menurun dari 0.954 menjadi 0.69 detik, sehingga posisi hiposenter mengalami pergeseran.
2. Posisi hiposenter setelah dilakukan relokasi cenderung lebih dekat dengan patahan Palu Koro dan Matano daripada sebelum direlokasi. Posisi hiposenter yang dihasilkan memiliki ketelitian hingga 0,01 km.
3. Model baru kecepatan gelombang P 1D memiliki kecepatan yang lebih lambat daripada model awal yang digunakan. Sebanyak 8 stasiun yang berada di daerah penelitian memiliki nilai koreksi stasiun berkisar antara -0.96 detik sampai 0.4 detik.