

Analisis Jenis Patahan Gempa Menggunakan Metode Inversi *Waveform* (Kasus Gempa Banten 2018)

¹Ratna Hidayanti, ²Muhammad Arsyad, ³Sulistiawaty

¹Mahasiswa KBK Fisika Bumi FMIPA UNM Makassar

^{2,3}Dosen KBK Fisika Bumi FMIPA UNM Makassar

Kampus Parangtambung, Jl. Daeng Tata Raya, Makassar 90224

*e-mail : ratna.hidayanti29@gmail.com

Abstrak – Analisis data waveform kejadian gempa bumi di Banten pada tanggal 23 Januari 2018 dilakukan untuk mengetahui jenis patahannya. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data seismik lokal yang diunduh dari geofon. Data seismik dianalisis menggunakan metode inversi waveform yang diimplementasikan di software ISOLA. Pada software ISOLA dilakukan pengolahan data yang meliputi: menginput data AK135, event gempa, memilih stasiun, melakukan inversi, dan menampilkan hasil berupa nilai momen tensor, strike, dip, dan rake. Dari hasil analisis data diperoleh parameter gempa yaitu magnitude gempa sebesar 7,9 Mw, kedalaman 51 km, besar nilai strike 242° , besar nilai dip adalah 48° , dan besar nilai rake adalah 179° . Berdasarkan nilai rake pada nodal plane jenis patahan yang terjadi yaitu patahan mendatar (pure strike slip).

Kata kunci: Strike, Dip, Rake, Metode Inversi Waveform, Patahan Mendatar.

Abstract – The seismic wave data analysis in Banten on January 23, 2018 was conducted to determine the type of fault. The data used in this study are local seismic data downloaded from geophones. The seismic data were analyzed used waveform inversion method implemented in software ISOLA. In ISOLA software data processed includes: entered AK135 data, earthquake events, selected stations, inversions, and displayed moment tensor, strike, dip, and rake results. From the results of data analysis obtained earthquake parameters are earthquake magnitude of 7.9 Mw, 51 km depth, strike value of 242° , large value of dip 48° , and the value of rake is 179° . Based on the rake value on nodal plane the type of fault that occurs is a horizontal fault (pure slip strike).

Keywords: Strike, Dip, Rake, Waveform Inversion Method, Pure Slip Strike.

I. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia termasuk daerah rawan terjadinya bencana terutama bencana alam. Salah satu bencana alam yang sering terjadi adalah gempa bumi. Gempa bumi disebabkan karena posisi Indonesia terletak pada pertemuan 3 (tiga) lempeng tektonik di dunia yaitu: Lempeng Australia di Selatan, Lempeng Euro-Asia di bagian Barat dan Lempeng Samudra Pasifik di bagian Timur, yang dapat menunjang terjadinya sejumlah bencana. Berdasarkan posisinya tersebut, maka hampir di seluruh Indonesia kecuali daerah Kalimantan yang relatif stabil, kejadian bencana akan sangat mungkin terjadi setiap saat dan sangat sukar diperkirakan kapan dan dimana persisnya bencana tersebut akan terjadi. Jawa Barat termasuk daerah rawan terjadinya bencana seperti halnya daerah lain di Indonesia, karena di wilayah ini selain kondisi geologinya menunjang terjadinya sejumlah bencana, juga banyak terdapat gunung berapi yang masih aktif (Handayani, 2011).

Aktivitas tumbukan Lempeng India-Australia dengan Lempeng Eurasia membentuk sistem busur kepulauan yang disebut “*Sunda Arc System*”. Dalam sejarah tektoniknya, kedua lempeng yang bertumbukan mengalami beberapa kali perubahan kecepatan gerakannya. Peristiwa ini menghasilkan sistem tegasan yang berulang antara kompresi dan regangan. Pada tersier awal, kecepatan gerak Lempeng Hindia adalah dengan kecepatan 18 cm/tahun, menjelang oligosen, kecepatan gerak lempeng berkurang menjadi 3–4 cm/tahun, menjelang miosen akhir terjadi kembali pecepatan gerak Lempeng Hindia menjadi sebesar 5–6,5 cm/tahun dan diperkirakan menerus hingga sekarang (Hilmi, 2008). Pergerakan lempeng yang terjadi terus menerus hingga

lapisan batuan tidak dapat menahan *strees* mengakibatkan terjadinya patahan. Peristiwa ini biasa disebut gempa bumi.

Parameter gempa bumi meliputi waktu terjadinya gempa bumi, episenter, kedalaman gempa, magnitude gempa, dan bidang patahan seperti (*strike, dip, dan rake*). *Strike* adalah sudut yang dibentuk oleh jurus sesar dengan arah utara. *Dip* adalah sudut yang dibentuk oleh bidang sesar dengan bidang horizontal dan diukur pada bidang vertikal dengan arahnya tegak lurus jurus patahan. *Rake* adalah sudut yang dibentuk arah slip dan jurus patahan.

Parameter gempa bumi dapat diketahui dari hasil analisis data gempa yaitu gelombang seismik. Data yang digunakan untuk menentukan karakteristik gempa bumi adalah data *waveform* atau bentuk gelombang lokal tiga komponen (Fahntalia, 2017). Metode untuk menentukan jenis sesar adalah dengan meneliti pergerakan awal gelombang P di mana ditentukan gerakan *up* dan *down* pada gelombang seismik yang terbaca dalam seismogram.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode inversi *waveform*. Metode ini diimplementasikan dalam *software* ISOLA (Madlazim, 2014). Penelitian ini membandingkan *waveform* yang terukur oleh stasiun dan *waveform* sintetik yang telah terhitung melalui fungsi Green. Nilai variasi reduksi digunakan sebagai acuan untuk melihat akurasi hasil pengolahan data. Hasil pengolahan data gempa bumi di Pulau Jawa tahun 2010 menggunakan metode inversi *waveform* memberikan informasi penyebab gempa yang terjadi pada tanggal 10 Januari 2010 dan 18 Mei 2010 adalah sesar mendatar dan sesar *oblique normal fault* (Setyowidodo, 2015). Metode inversi *waveform* ini bisa digunakan untuk analisis data seismik dari stasiun dengan

jarak pusat gempa yang jauh. Metode ini bisa digunakan untuk analisis data seismik lokal dan regional.

Pada skala waktu geologi, banyak patahan yang menghasilkan gerakan secara berulang-ulang sehingga menghasilkan sesar aktif. Gempa bumi yang terjadi di Banten, pada tanggal 23 Januari 2018 menarik untuk diteliti karena daerah Banten yang rawan terjadi gempa dan gempa ini baru terjadi di awal tahun 2018. Untuk itu, diperlukan penelitian dengan judul “analisis jenis patahan gempa menggunakan metode inversi *waveform* (kasus gempa Banten 2018)”. Adapun tujuan penelitian ini yaitu menentukan parameter bidang patahan (*strike*, *dip*, dan *rake*) dan mengetahui jenis patahan gempa bumi Banten.

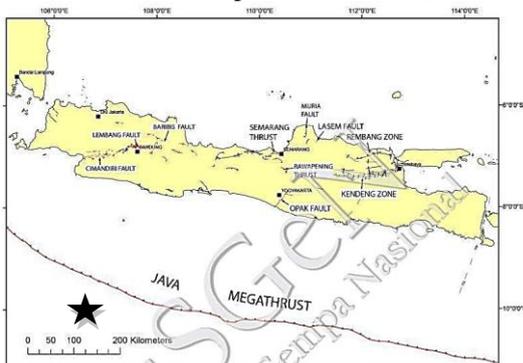
II. LANDASAN TEORI

A. Kondisi Geologi Banten

Adanya zona tunjangan lempeng Indo-Australia ke bawah lempeng Eurasia di selatan Pulau Jawa menyebabkan Pulau Jawa memiliki kondisi geologi yang unik dan rumit. Pada zaman pra tersier Jawa merupakan kompleks melange yaitu zona percampuran antara batuan kerak samudra dengan batuan kerak benua. Terdiri dari batuan metamorf, vulkanik dan batuan beku, yang diketahui dari data pemboran di bagian utara laut Jawa Barat (Martodjojo, 1984).

Daerah sepanjang patahan umumnya merupakan daerah pusat gempa bumi karena selalu mengalami pergeseran batuan kerak bumi di sepanjang patahan. Wilayah pantai selatan Banten pada umumnya tersusun oleh endapan kuarter, berupa endapan aluvium, endapan rombakan gunung api, serta endapan tersier yang sebagian telah mengalami pelapukan, sehingga bersifat memperkuat efek guncangan gempa bumi (Roemaf, 2013). Wilayah yang tersusun oleh endapan kuarter tersebut akan mengalami guncangan gempa bumi lebih kuat dibandingkan wilayah lainnya.

Secara umum struktur geologi aktif di Jawa didominasi oleh sesar geser dan sesar naik dengan sesar turun sebagai struktur minor. Pada Gambar 2.1 sesar Cimandiri membentuk gawir sepanjang 100 km berarah NE-SW dari Padalarang hingga Pelabuhan Ratu di Jawa Barat. Banyak gempa yang cukup besar terjadi di zona sesar ini antara lain M5,5 pada tahun 1982, M5,4 dan M5,1 pada tahun 2000 (Supartoyo, 2000). Slip dari sesar ini diperkirakan cukup kecil berkisar antara 0,4-1 mm/tahun. Zona Sesar Cimandiri terdiri dari sesar naik dan sesar mendatar dengan arah orientasi barat-timur dan timur laut-barat daya. Berdasarkan hasil perhitungan laju geser, Sesar Cimandiri bergerak dengan mekanisme sesar geser mengiri dengan kecepatan 2-5 mm/tahun (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).



Gambar 2.1 Pola Struktur Patahan di Pulau Jawa (ESDM Provinsi Banten, 2018)

Gempa bumi sebenarnya berkonsentrasi di palung laut sebelah selatan Pulau Jawa yang ditandai dengan bintang hitam, akan tetapi terdapat beberapa patahan yang melintang memotong Jawa Barat. Gempa yang terjadi pada palung sebelah selatan Banten dapat merambat ke daratan Jawa Barat. Patahan Utama terdapat melintang dari Pelabuhan Ratu ke Sukabumi sampai ke Padalarang pada arah lebih kurang barat daya-timur laut, patahan kedua adalah Patahan Cilacap - Kuningan yang melalui Tasikmalaya sampai ke Kuningan pada arah tenggara – barat laut (ESDM Provinsi Banten, 2018). Gempa bumi yang merusak sering terjadi di daerah ini. Oleh karena terdapat konsentrasi penduduk di sini, maka gempa bumi ini seringkali menimbulkan kerugian harta benda dan jiwa manusia.

B. Teori Patahan

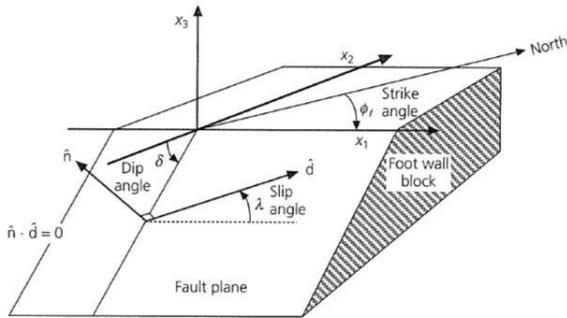
Bergeraknya massa batuan/tanah lebih banyak diakibatkan oleh aktivitas tektonik yang kemudian secara umum disebut gerakan lempeng tektonik. Tegangan yang dapat mengakibatkan patahan (*fault*) pada umumnya diakibatkan oleh pengaruh dua gaya yang saling berlawanan baik arah vertikal maupun horizontal. Apabila terjadi patahan/*fault* maka berarti telah terjadi *permanent shear displacement* antar dua blok massa tanah/batuan. *permanent shear displacement* dapat ke arah horizontal, vertikal maupun kombinasi diantaranya. Secara umum patahan mempunyai karakteristik fisik yaitu panjang, dalam, dan lebar patahan (*displacement*). Panjang patahan dapat beberapa meter sampai ratusan kilometer, sedangkan dalam patahan umumnya kurang dari 20-30 km lebar patahan dapat beberapa meter sampai puluhan meter (Pawirodikromo, 2012).

Mekanisme pensesaran akibat gempa bumi yang terjadi pada sumber gempa bumi tersebut, apakah itu patahan normal, patahan naik, patahan geser, ataupun kombinasi dari ketiganya. Dalam hal itu pergerakan blok batuan yang menyebabkan gempa sesar bergerak, ataupun sesar bisa relatif turun, naik hingga menyebabkan zona subduksi, bisa bergerak geser secara relatif, akibat mengalami tekanan, tarikan dan geseran pada batas lempeng yang mengakibatkan terjadinya gempa bumi dengan kekuatan gempa yang besar. Gempa bumi inilah yang akan terus terjadi hingga menimbulkan sesar aktif (Anjelina, 2017).

Sesar (*fault*) adalah celah pada kerak bumi yang berada di perbatasan antara dua lempeng tektonik. Gempa bumi sangat dipengaruhi oleh pergerakan batuan dan lempeng pada sesar. Terdapat tiga jenis sesar penyebab gempa bumi, yaitu sesar turun, sesar naik, dan sesar geser seperti yang terlihat pada Gambar 2.10. Selain ketiga jenis sesar tersebut, dikenal pula sesar yang merupakan kombinasi antara sesar mendatar dan sesar naik/turun yang disebut *oblique fault*. Menurut Pranata (2017), parameter bidang patahan yang terdiri dari *strike*, *dip*, dan *rake*.

1. *Strike* (ϕ) adalah sudut yang dibentuk oleh jurus sesar dengan arah utara. Strike diukur dari arah utara ke arah timur searah dengan jarum jam hingga jurus patahan ($0^\circ \leq \phi \leq 360^\circ$)
2. *Dip* (δ) adalah sudut yang dibentuk oleh bidang sesar dengan bidang horizontal dan diukur pada bidang vertikal dengan arahnya tegak lurus jurus patahan ($0^\circ \leq \delta \leq 360^\circ$)

3. *Rake* (λ) adalah sudut yang dibentuk arah slip dan jurus patahan. *Rake* berharga positif pada patahan naik (*Thrust Fault*) dan negative pada patahan turun (*Normal Fault*) ($-180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$)



Gambar 2.11 Arah Bidang Patahan (Stein, 2003)

Table 1 Jenis Sesar Berdasarkan Nilai *Rake* (Baumbach, 2002)

Besar Sudut <i>Rake</i> (°)	Jenis Patahan (Sesar)
0 atau 180	Patahan mendatar (<i>pure strike slip</i>)
90	Patahan naik (<i>pure dip-slip reverse</i>)
-90	Patahan turun (<i>pure dip-slip normal</i>)
-20-20	Patahan mendatar ke kiri (<i>left-lateral strike slip</i>)
20-70	Patahan oblique naik ke kiri (<i>reverse left-lateral oblique</i>)
70-110	Patahan naik (<i>reverse</i>)
110-160	Patahan oblique naik ke kanan (<i>reverse right-lateral oblique</i>)
-160-160	Patahan mendatar ke kanan (<i>right-lateral strike slip</i>)
-110—160	Patahan oblique turun ke kanan (<i>normal right-lateral oblique</i>)
-70—110	Patahan turun (<i>normal</i>)
-20—70	Patahan oblique turun ke kiri (<i>normal left-lateral oblique</i>)

Nilai sudut *rake* dapat memberikan informasi sudut yang dibentuk arah slip dan jurus patahan. Struktur Geologi akti di Jawa didominasi oleh sesar geser, sesar naik, dan sesar turun. Tabel 2.1 memperlihatkan nilai *rake* sesar geser yaitu 0° dan 180° , nilai *rake* sesar naik yaitu 90° , dan nilai *rake* sesar turun yaitu -90° .

D. Inversi Momen Tensor

Berdasarkan definisinya momen adalah kecenderungan suatu gaya untuk memutar sebuah benda disekitar sumbu tertentu dari benda tersebut. Sedangkan tensor didefinisikan sebagai generalisasi dari besaran dan vektor. Skalar dan vektor merupakan bentuk besaran tensor. Tensor memiliki nilai dan arah. Skalar merupakan tensor yang memiliki orde nol dan vektor merupakan skalar yang memiliki orde 1. Untuk tensor dengan orde dua atau lebih memiliki nama yang berbeda-beda (*dyad*, *triad*, dll). Orde pada tensor menentukan jumlah komponen tensor itu sendiri karena dirumuskan secara matematis sebagai 3^n , dimana n adalah ordonya.

Inversi adalah menentukan suatu himpunan model parameter yang tidak diketahui $m = [m_i]$ ($i=1,2,3,\dots,N$) dari himpunan data hasil pengamatan $d = [d_i]$ ($i=1,2,3,\dots,M$).

Untuk data dengan parameter model suatu fungsi linear, persamaan dapat dinyatakan sebagai:

$$d_i = \sum_{j=1}^M G_{ij} m_j \quad (2.17)$$

Berikut ini persamaan fungsi green:

$$G_z(\vec{r}) = \int_R \frac{g(1-v^2)}{\pi E} \quad (2.18)$$

$$G_r(\vec{r}) = \int_R -\frac{g(1+v)(1-2v)}{2\pi E} \quad (2.19)$$

keterangan :

d_i adalah data rekaman seismogram

G_{ij} adalah fungsi Green

m_j adalah komponen moment tensor

v adalah rasio poisson

E adalah modulus young

g adalah percepatan gravitasi

r dan z adalah sistem koordinat

Fungsi green menunjukkan tensor inersia yang memperlihatkan perubahan medium. Solusi inversi linear dari parameter model m dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$m = \frac{d G^T}{G G^T} \quad (2.20)$$

$$m = [G^T G]^{-1} G^T d \quad (2.21)$$

Keterangan:

$G^T G$ = matriks bujur sangkar berukuran ($N \times M$) sesuai dengan jumlah parameter model yang dicari

Solusi inversi linear diatas ditentukan oleh sejauhmana data dapat mendefinisikan atau mengkarakterisasi parameter model serta perbandingan jumlah data terhadap jumlah parameter model. Umumnya diasumsikan bahwa jumlah data selalu jauh lebih besar dari pada jumlah parameter model ($N > M$) sehingga permasalahannya bersifat *over-determined* (Styowidodo, 2015).

Momen tensor ini menggambarkan kekuatan dari kopel gaya dari gempa (Priyanto, 2015). Konsep dari momen tensor dapat memberikan deskripsi yang lengkap tentang gaya yang berasal dari sumber titik seismik. Momen tensor M_{ij} memiliki sembilan komponen momen tensor.

Momen tensor selalu bersifat simetris. Momen tensor ini juga dapat dideskripsikan sebagai pasangan ganda atau DC (*double couple*) yang memiliki solusi sembilan komponen seperti yang terlihat pada Gambar 2.17. Momen tensor sumber gempa juga dapat dituliskan ke dalam matriks orde 3×3 sebagai berikut:

$$M_{ji} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{xx} & M_{xy} & M_{xz} \\ M_{xy} & M_{yy} & M_{yz} \\ M_{xz} & M_{yz} & M_{zz} \end{bmatrix}$$

M_{ji} bersiat simetris sehingga sama dengan M_{ij} . Sembilan komponen momen tensor terdapat enam komponen momen tensor independen. Enam komponen momen tensor tersebut dapat digunakan untuk mengetahui parameter-parameter sesar seperti *strike*, *dip*, dan *rake*. Hubungan parameter-parameter tersebut terhadap momen tensor dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$M11 = M_{xx} = -M0(\sin\delta\cos\lambda\sin2\phi + \sin2\delta\cos\lambda\sin2\phi) \quad (2.22)$$

$$M12 = M_{xy} = M0(\sin\delta\cos\lambda\cos2\phi + 0.5\sin2\delta\cos\lambda\sin2\phi) \\ = M21 = M_{yx} \quad (2.23)$$

$$M13 = M_{xz} = -M0(\cos\delta\cos\lambda\cos\phi + \cos2\delta\sin\lambda\sin\phi) \\ = M31 = M_{zx} \quad (2.24)$$

$$M22 = M_{yy} = M0(\sin\delta\cos\lambda\sin2\phi - \sin2\delta\sin\lambda\cos2\phi) \quad (2.25)$$

$$M23 = M_{yz} = -M0(\cos\delta\cos\lambda\sin\phi - \cos2\delta\sin\lambda\cos\phi) \\ = M32 = M_{zy} \quad (2.26)$$

$$M_{33}=M_{zz}=-\frac{1}{2}(M_{11}+M_{22})=M_0(\sin 2\delta \sin \lambda) \quad (2.27)$$

di mana M_0 merupakan momen seismik untuk mengukur kekuatan gempa bumi. M_0 dapat dituliskan secara matematis dengan persamaan sebagai berikut.

$$M_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\sum_{ij} M_{ij}^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.28)$$

Dengan mengetahui komponen momen tensor, maka kita dapat mengetahui parameter-parameter sesar yang nantinya digunakan untuk identifikasi gempa bumi.

III. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan yaitu data kejadian gempa di Banten yang diperoleh dari web geofon dan data struktur kecepatan gelombang gempa bumi model Ak135 yang diperoleh dari web Australia National University. Data tersebut diolah menggunakan software Isola.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

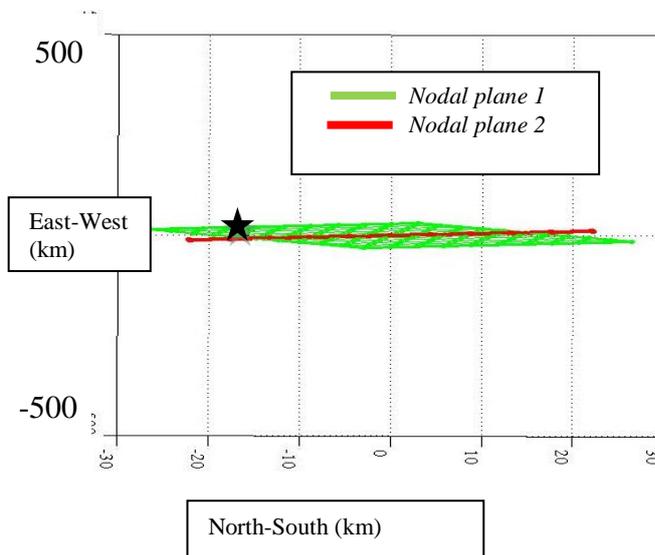
Hasil

Setelah dilakukan pengolahan data gelombang seismik tiga komponen pada Isola diperoleh nilai momen tensor untuk gempa di Banten. Besar nilai momen tensor ini merupakan hasil dari aktivitas dari area patahan atau pertengahan antara dua lempeng yang mengalami slip. Nilai momen tensor menunjukkan adanya gaya yang dibutuhkan untuk meneruskan gelombang seismik setelah terjadi gempa. Komponen momen tensor yang diperoleh yaitu $M_{rr} = 1,000$ Nm, $M_{tt} = 5,959$ Nm, $M_{pp} = -6,959$ Nm, $M_{rt} = -1,316$ Nm, $M_{rp} = 6,567$ Nm, dan $M_{tp} = -3,216$ Nm (dimana r adalah x, t adalah y, dan p adalah z dalam koordinat kartesian). Data yang didapatkan setelah nilai momen tensor adalah besar dari karakteristik bidang sesar berupa nilai *strike*, *dip*, dan *rake*. Hasil analisis data dengan program Isola diperoleh parameter gempa yaitu magnitude gempa sebesar 7,9 M_w pusat gempa berada di kedalaman 51 km.

Tabel 4.1 *Strike, dip, dan rake*

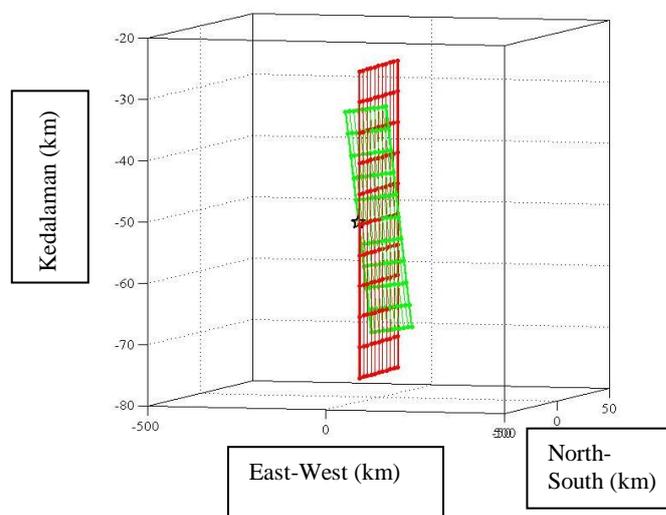
Date	Strike 1	Dip 1	Rake 1	Strike 2	Dip 2	Rake 2
1/23/2018	242°	48°	179°	332°	89°	42°

Parameter *strike* dan *dip* digunakan untuk menggambarkan *fault plane* penyebab gempa bumi dan *rake* untuk menentukan jenis patahan atau pergerakan lempeng. Pada *nodal plane 1* besar nilai *strike* adalah 242°, besar nilai *dip* adalah 48°, dan besar nilai *rake* adalah 179° sedangkan pada *nodal plane 2* besar nilai *strike* adalah 332°, besar nilai *dip* adalah 89°, dan besar nilai *rake* adalah 42°. Berdasarkan nilai *rake* pada *nodal plane 1* jenis patahan yang terjadi yaitu patahan mendatar (*pure strike slip*). Variabel yang dibutuhkan yaitu *latitude*, *longitude*, *depth*, *strike 1*, *dip 1*, *strike 2*, dan *dip 2*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis patahan yang menyebabkan gempa Banten adalah patahan mendatar (*pure strike slip*) mengacu pada tabel 2.1 dan 2.2.



Gambar 4.1 *Fault Plane Berdasarkan nilai strike*

Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa bidang patahan aktif *nodal plane 1* yang berwarna hijau karena dekat dengan posisi bintang yang diasumsikan sebagai pusat gempa. Gambar 4.1 menampilkan arah *nodal plane* sesuai nilai *strikenya*. Arah gerak patahannya baratdaya-timurlaut. Gambar 4.2 memperlihatkan arah dari *nodal plane 1* dan *nodal plane 2* dilihat dari depan. Gambar 4.2 menampilkan arah *nodal plane* sesuai nilai *dip*.



Gambar 4.2 *Fault Plane Berdasarkan nilai dip*

Penggambaran *fault plane* gempa Banten pada tanggal 23 Januari 2018 seperti pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2. Bidang patahan penyebab gempa bumi berwarna hijau. Dilihat dari nilai *rake* dan *fault plane* gempa ini disebabkan sesar mendatar dengan arah gerak baratdaya-timurlaut.

Pembahasan

Tingkat ketelitian penentuan parameter gempa bumi sangat bergantung pada kualitas data struktur kecepatan gelombang gempa bumi yang digunakan. Data struktur kecepatan gelombang gempa bumi mempengaruhi perhitungan waktu tempuh gelombang. Kecepatan gelombang elastis yang merambat di medium sama dalam semua arah disebut isotropik. Meskipun di beberapa bagian dalam bumi ada yang anisotropik tetapi asumsi isotropik

menjadi pendekatan yang layak digunakan. Data ak135 digunakan karena sudah ada nilai kerapatan dan Q (faktor kualitas) (Australian National University, 2018).

Data yang digunakan adalah data seismik lokal dari gempa bumi yang terjadi di daerah Banten pada tanggal 23 Januari 2018. Data tersebut diunduh dari data gempa geofon. Stasiun yang dipilih adalah 4 stasiun terdekat yaitu CMJI (Stasiun Cimerak, Jawa), BBJI (Bungbulang, Garut, Jawa Barat), SMRI (Semarang, Jawa Tengah), dan UGM (Wanagama, DIY).

Pada penelitian ini digunakan data *waveform* local tiga komponen (E, N, dan Z) yang diperoleh dari ke 4 stasiun. Sinyal gempa bumi yang terekam oleh seismograf terdiri dari tiga komponen, satu komponen vertikal dan dua komponen horizontal. Komponen vertikal berupa sinyal komponen z, sinyal komponen horizontal berupa sinyal komponen N (*North-South*) dan sinyal komponen E (*East-West*). Sinyal komponen vertikal menggambarkan gerakan tanah pada arah vertikal, sedangkan sinyal arah horizontal menggambarkan gerakan tanah arah horizontal. Parameter-parameter sumber gempa bumi ini diestimasi dengan menggunakan metode invers.

Gempa bumi berkekuatan 5,9 SR terjadi di perairan sebelah selatan Banten. Menurut USGS (2018) pusat gempa berada di kedalaman 45,5 km dibawah permukaan laut. BMKG (2018) menginformasikan bahwa gempa bumi berkekuatan 6,1 SR terjadi dengan koordinat episenter pada 7,23 LS dan 105,9 BT pada kedalaman 61 km. Gempa bumi ini terjadi di zona tunjaman lempeng Indo-Australia ke bawah lempeng Eurasia di Selatan Banten. Gempa ini disebabkan sesar mendatar ke kanan dengan arah gerak baratdaya-timurlaut gempa bumi diperkirakan berasosiasi dengan sesar Cimandiri. Hasil penelitian diperoleh pusat gempa di kedalaman 51 km sehingga gempa ini dapat diduga sebagai gempa dangkal.

Hasil penelitian diperoleh nilai *rake* sebesar 179° . Nilai *rake* menunjukkan nilai sudut pergerakan bidang terhadap kondisi *strike*. Bergesernya lapisan batuan sebesar 179° dapat diduga lapisan batuan mengalami pergeseran secara horizontal. Dapat diduga patahan yang terjadi di Banten yaitu patahan mendatar (*pure strike slip*). *Strike* nilai sudut yang dibentuk oleh bidang patahan dengan permukaan horizontal. Dari posisi bidang *hanging wall* yang sejajar permukaan horizontal, kemudian bergerak menuju 242° sehingga dapat diduga arah gerak patahannya baratdaya-timurlaut. *Dip* menunjukkan nilai sudut yang dibentuk antara patahan dengan bidang horizontal. *Dip* bernilai 48° berarti *hanging wall* bergerak menuju garis miring sebesar 48° sehingga diduga bidang patahan mengalami kemiringan sebesar 48° . Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis patahan yang menyebabkan gempa Banten adalah patahan mendatar (*pure strike slip*) mengacu pada tabel 2.1 dan 2.2 Jenis sesar berdasarkan nilai *rake* pada halaman 24 dan halaman 25. Sesar ini mengalami pergeseran kearah horizontal (mendatar). USGS (2018) menginformasikan parameter gempa yang terjadi di Banten pada *nodal plane 1* nilai *strike* 307° , *dip* 22° , *rake* 117° dan pada *nodal plane 2* nilai *strike* 39° , *dip* 89° , *rake* 68° . Diduga jenis patahan yang menyebabkan gempa Banten adalah patahan naik ke kanan (*reverse right-lateral oblique*). Geofon (2018) menginformasikan parameter gempa yang terjadi di Banten pada *nodal plane 1* nilai *strike* 313° , *dip* 35° , *rake* 177° dan

pada *nodal plane 2* nilai *strike* 46° , *dip* 88° , *rake* 55° . Hasil yang diperoleh Geofon menunjukkan bahwa jenis patahan yang menyebabkan gempa Banten adalah patahan mendatar (*pure strike slip*) (Stein, 2003).

Blok batuan mengalami pergeseran kearah horizontal karena lama kelamaan daya dukung pada batuan mencapai maksimum akibatnya batuan ini mengalami pergeseran pada batas lempeng sehingga mengakibatkan terjadi terjadinya patahan mendatar dan terjadilah gempa bumi tektonik. Wilayah selatan Banten pada umumnya tersusun oleh endapan kuartar, berupa endapan aluvium, endapan rombakan gunungapi, serta endapan tersier yang sebagian telah mengalami pelapukan (Roemaf, 2013). Susunan batuan di wilayah terjadinya gempa bersifat memperkuat efek guncangan gempa bumi.

Gambar 4.1 memperlihatkan bahwa bidang patahan aktif *nodal plane 1* yang berwarna hijau karena dekat dengan posisi bintang yang diasumsikan sebagai pusat gempa. Nilai *strike* dapat memperlihatkan arah gerak lempeng yaitu barat daya-timur laut.

Parameter-parameter gempa bumi di Banten tahun 2018 telah dihasilkan dan dilaporkan beberapa lembaga, seperti Geofon dan USGS. Dari hasil penelitian diperoleh nilai yang mendekati hasil USGS dan Geofon. Hal ini berarti bahwa menentukan momen tensor dengan menggunakan metode inversi *waveform* dapat diaplikasikan

V. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

1. Nilai *strike* pada patahan gempa bumi di Banten *nodal plane 1* yaitu 242° dan pada *nodal plane 2* yaitu 332° . Nilai *dip* pada *nodal plane 1* yaitu 48° dan pada *nodal plane 2* yaitu 89° . Nilai *rake* pada *nodal plane 1* yaitu 179° dan pada *nodal plane 2* yaitu 42° .
2. Jenis patahan gempa bumi di Banten pada tanggal 23 Januari 2018 yaitu Patahan mendatar (*pure strike slip*).

PUSTAKA

- [1] Anjelina, N. R., & Asnawi. 2017. *Identifikasi Bidang Patahan Menyebabkan Aktivitas Gempa di Jawa Selatan Menggunakan Metode H-C*. Inovasi Fisika Indonesia (IFI), 06, 111-117.
- [2] Australian National University. 2018. Retrieved from <http://rses.anu.edu.au/seismology/ak135/ak135f.html>. Diakses pada tanggal 16 Mei.
- [3] Baumbach, M., & Grosser. 2002. Determination o Fault-plane Solution. IASPEI. Posdam
- [4] BMKG.2018.Retrieved from <https://www.bmkg.go.id>. Diakses pada tanggal 20 Mei.
- [5] ESDM. 2018. Retrieved from <https://desdm.bantenprov.go.id/read/berita/222/Kondisi-Fisiografi-Dan-Geologi-Regional-Jawa-Barat-Terhadap-Data-Dukung-Geopark-Banten-Bagian-II.html>. Diakses pada tanggal 2 Mei.
- [6] Fahntalia, C. P., & Madlazim. 2017. *Pengaruh Jumlah Stasiun Seismik Terhadap Hasil Estimasi Centroid Momen Tensor Gempa Bumi*. Inovasi Fisika Indonesia (IFI), 06.
- [7] Geofon. 2018. Retrieved from <http://geofon.gfz-postdam.de/>. Diakses pada tanggal 31 Januari.
- [8] Handayani, R. 2011. *Analisis Partisipasi Masyarakat dan Peran Pemerintah Daerah Dalam Pelaksanaan Manajemen Bencana Di Kabupaten Serang Provinsi*

- Banten. Proceeding Simposium Nasional Otonomi Daerah 2011
- [9] Hilmi, F., & Haryanto, I. 2008. *Pola Struktur Regional Jawa Barat*. Bulletin of Scientific Contribution, 6 no 1, pp. 57-66.
- [10] Madlazim, & Santosa, B. J. 2014. *Estimasi Parameter sumber gempa Bumi Padang 30 September 2009 $M_w=7,6$ dan Korelasinya dengan afterchocksnya*. Matematika dan Sains, 19 no 3, 88-93.
- [11] Martodjojo, S. 1984. *Evolusi Cekungan Bogor Jawa Barat*. Disertasi Doktor. ITB.
- [12] Pawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- [13] Pranata, D. A. 2017. *Analisis Mekanisme Fokus Gempa Bumi di Meulaboh (Nanggroe Aceh Darussalam) 9 Mei 2010*. E-journal Syarif Hidayatullah State Islam University Jakarta. Retrieved from <https://journal.uinjkt.ac.id>. Diakses Pada tanggal 2 April
- [14] Priyanto, Wisnu Slamet. 2015. *Atenuasi Respon Hubungannya Dengan Gempa Bumi Subduksi Sumatera*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- [15] Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman. ISN 978-602-5489-01-3: Bandung.
- [16] Roemaf, S. R. 2013. *Analisis Sesar Aktif Menggunakan Metode Focal Mechanism (Studi Kasus Data Gempa sepanjang Cincin Api zona Selatan Wilayah Jawa Barat Pada Tahun 1999-2009)*. Neutrino, 5 no 2.
- [17] Stein, S., & Wysession, M. 2003. *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Blackwell Publishing. Malden.
- [18] Setyowidodo, I., & Pamungkas, F. 2015. *Inversi Waveform Tiga Komponen Gempa Bumi Tanggal 10 Januari 2010 dan 18 Mei 2010 Untuk Menentukan Pola Bidang Patahan Ynga Berkembang di Pulau Jawa Melalui Analisis Momen Tensor*. Nusantara of Research, 2 no 2, 110-118.
- [19] Supartoyo, E. T. Putranto., & Djaja. 2005. *Active Faults and Destructive Earthquake Epicenter Distribution Map of Indonesia*
- [20] USGS. 2018. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us2000cmwz#map>. Diakses pada tanggal 16 Mei.