



Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

Overall Similarity: **9%**

Date: Apr 2, 2023

Statistics: 410 words Plagiarized / 4347 Total words

Remarks: Low similarity detected, check your supervisor if changes are required.

ANALISIS SEBARAN HIPOSENTER GEMPA MIKRO DAN POISSON'S RATIO DI LAPANGAN PANASBUMI DESERT PEAK SEBELUM DAN SESUDAH STIMULASI ENHANCED GEOTHERMAL SYSTEM (EGS) Farkhan Raflesia^{1*}, Nandi Haerudin¹, Rustadi¹ ¹Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Email : farkhan.rafflesia@gmail.com^{1*} ABSTRAK Telah dilakukan penelitian tentang analisis sebaran hiposenter dan poisson's ratio di Lapangan Panasbumi Desert Peak, Negara Bagian Nevada, Amerika Serikat. Tujuan penelitian ini adalah membuat program penentuan hiposenter menggunakan Graphical User Interfaces (GUI) di MATLAB, menganalisis sebaran hiposenter dan poisson's ratio. Metode gempa mikro menggunakan sumber pengukuran gelombang seismik natural yang memiliki frekuensi rendah. Gempa mikro merekam gempa-gempa (≤ 3 SR). ⁹Data yang digunakan dalam ^{penelitian ini adalah data} katalog gempa mikro Lapangan Panasbumi Desert Peak sebelum EGS (September 2008 hingga Agustus 2010) dan sesudah EGS (Maret 2013 hingga Februari 2015). Sumber data dari ⁴Northern California Earthquake Data Center (NCEDC) dan merupakan data sekunder yang meliputi waktu tiba gelombang P dan S, posisi stasiun serta model kecepatan 1 dimensi. Penentuan hiposenter menggunakan metode SED dengan data awal ¹⁰berupa waktu tiba gelombang P dan S, model kecepatan 1 dimensi dan lokasi stasiun (UTM X, UTM Y dan elevasi). Sedangkan penentuan poisson's ratio menggunakan diagram wadati dengan data awal berupa selisih antara ¹³waktu tiba gelombang P dan S dengan origin time. Penentuan hiposenter gempa mikro berhasil dilakukan menggunakan program GUI di MATLAB yang dikembangkan penulis. Sebaran hiposenter yang dihasilkan mengikuti alur sesar ridge rhyolite yang merupakan lokasi utama Lapangan Panasbumi Desert Peak. Sesudah dilakukannya stimulasi EGS sebaran gempa mikro meningkat dua kali, dengan peningkatan paling tinggi berada di elevasi 500m (zona stimulasi EGS). Terjadi peningkatan nilai poisson's ratio sesudah dilakukan stimulasi EGS terutama di elevasi 500m (zona stimulasi EGS). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan saturasi air di area EGS sesudah stimulasi EGS. ABSTRACT A research has been conducted on analysis of hypocenter distribution and poisson's ratio in the Desert Peak Geothermal Field, the State of Nevada, USA. The purpose of this research is to make a

hypocenter determination program using Graphical User Interfaces (GUI) in MATLAB, analyze hypocenter and poisson's ratio distribution. Methods of micro earthquake using natural seismic wave measurement sources that have a low frequency. Micro earthquake recording earthquakes (≤ 3 SR). The data used in this research are the micro earthquake data catalog of Desert Peak Geothermal Field before EGS (September 2008 to August 2010) and after EGS (March 2013 to February 2015). The data source is from [Northern California Earthquake Data Center \(NCEDC\)](#) and is secondary data covering the arrival time of P and S waves, station position and 1dimensional speed model. Hypocenter determination using the SED method with preliminary data of the arrival time of P and S waves, 1-dimensional speed model and station location (UTM X, UTM Y and elevation). While the determination of poisson's ratio using wadati diagram with initial data in the form of [the difference between the arrival time of](#) wave P and S with origin time. Determination of the hypocenter of micro earthquake successfully done using the GUI program in MATLAB developed by writer. The resulting hypocenter distribution follows the rhyolite ridge fault groove which is the main location of Desert Peak Geothermal Field. After the EGS stimulation the micro earthquake distribution increased twice, with the highest increase being in the 500m elevation (EGS stimulation zone). An increase in the value of poisson's ratio after EGS stimulation, especially in the 500m elevation (EGS stimulation zone). This suggests an increase in water saturation in the EGS area after EGS stimulation. Keywords: MATLAB, Hypocenter, Poisson's ratio

I. PENDAHULUAN Lapangan Panasbumi Desert Peak berada di Negara Bagian Nevada, Amerika Serikat. Lapangan panasbumi ini merupakan lapangan panasbumi hydrothermal dengan temperatur sedang. Lapangan panasbumi ini mengalami penambahan produksi sebesar 1,7 MWe dari proses [enhanced geothermal system](#) (EGS) (Ethan dan Ezra, 2013). Proses ini dilakukan dengan cara menginjeksikan air bertekanan tinggi (stimulasi) melalui sumur injeksi ke dalam batuan reservoir. Akibatnya terjadi peningkatan permeabilitas batuan reservoir ke tingkatan komersial. Proses stimulasi EGS dilakukan pada tahun 2010 hingga 2013 di sumur 27-15 oleh Ormat Nevada, Inc.. Lapangan panasbumi sangat erat kaitannya dengan aktivitas gempa mikro (Foulger dan

Long, 1984). Gempa jenis ini dapat digunakan untuk mempelajari lebih dalam mengenai sistem panasbumi yang sudah ataupun belum dieksploitasi (Maulida, 2015). Aktifitas gempa mikro yang terjadi pada lapangan panasbumi dapat menjadi sumber informasi yang penting mengenai kondisi reservoir. Terdapat kaitan hiposenter gempa mikro dengan munculnya zona rekahan akibat fluida reinjeksi serta aktifitas produksi (Gei dkk., 2010). Dengan mengintegrasikan posisi sebaran hiposenter dan nilai poisson's ratio bawah permukaan, dapat diamati perubahan yang mungkin terjadi pada area stimulasi EGS sebelum dan sesudah stimulasi EGS. Penelitian ini menggunakan data waktu tiba gelombang P dan S sebelum EGS (September 2008 hingga Agustus 2010) dan sesudah EGS (Maret 2013 hingga Februari 2015) dan model kecepatan 1 dimensi dari katalog, penentuan hiposenter menggunakan program yang dikembangkan penulis menggunakan Graphical User Interfaces (GUI) di MATLAB, serta pengolahan data hingga model 3D sebaran poisson's ratio menggunakan software Oasis Montaj. Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah membuat program penentuan hiposenter menggunakan Graphical User Interfaces (GUI) di MATLAB, menganalisis sebaran hiposenter gempa mikro di Lapangan Panasbumi Desert Peak sebelum dan sesudah stimulasi EGS, dan menganalisis sebaran poisson's ratio di Lapangan Panasbumi Desert Peak sebelum dan sesudah stimulasi EGS.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Lokasi Daerah Penelitian

Posisi lokasi daerah penelitian diperlihatkan pada Gambar 1. Lapangan panasbumi Desert Peak secara administratif berada di Wilayah Churchill, Nevada. Terletak di bagian utara Pegunungan Hot Spring dengan ketinggian 1400 mdpl. Berada di koordinat geografis 39,75^o Lintang Utara dan 118,95^o Bujur Barat.

B. Geologi Daerah Penelitian

Lapangan panasbumi Desert Peak adalah sistem panas bumi yang tidak memiliki manifestasi permukaan berupa mata air panas atau fumarol. Suhu air di sumur produksi sekitar 215°C sesuai dengan data termometer geokimia. Lapangan panasbumi Desert Peak didominasi oleh sesar normal dengan tren utara-timur laut. Sesar yang paling signifikan di daerah ini adalah Zona Sesar Rhyolite Ridge, yang terdiri dari beberapa helai di sekitar lapangan panasbumi. Lapangan panasbumi Desert Peak lokasi utamanya berada di Zona Sesar Rhyolite Ridge. Secara

umum, batuan yang tersingkap dipermukaan deposit eolian kuartar ¹⁴ yang terdiri dari batuan alluvial yang berasosiasi dengan batuan vulkanik dari Danau Lahontan saat Pleistosen (Formasi Truckee), Basalt Miosen (Formasi Choropaghus), dan Oligosen sampai miosen riolitik. Batuan bawah permukaan di Lapangan Panasbumi Desert Peak terdiri dari batuan vulkanik oligosen akhir sampai miosen awal yang berada diatas basement granitik dan metamorfik mesozoik. Urutan bagian yang paling tebal dari deretan aliran debu riolitik tersier ubahan aliran lava dan tuff menghampar dan mengerosi bagian atas dari basement metamorfik. Fluida reservoir terlihat naik dari kedalaman melewati rekahan atau patahan, lalu tertahan oleh sedimen permeabel yang berperan sebagai batuan penudung (cap rock). Batuan penudung ini memiliki ketebalan 244 meter yang terdiri dari zona aluvial dan Formasi Truckee. Reservoir terdiri dari Batuan vulkanik Tersier, batuan metavulkanik dan metasedimen pre-tercier. Keberadaan reservoir ⁸ ini di kedalaman 244 meter sampai 2135 meter. Keberadaan dari sedikitnya empat akuifer panas dekat permukaan telah dibuktikan dengan pemboran. ²² Bagian paling atas dari reservoir ini berada pada elevasi 1262 meter dan bagian paling bawah dari akuifer ini berada pada elevasi 896 meter. Ketebalan akuifer bervariasi dari 3m sampai 366m. Sedangkan temperaturnya dari 39°C sampai 148°C. Akuifer tersebut diperkirakan memiliki luas 14 mil². Berdasarkan data geokimia, air dari akuifer ini berasal dari reservoir panasbumi Desert Peak dengan temperatur 204°C (Benoit dkk., 1982). C. Energi Panasbumi Energi panasbumi (geothermal) merupakan ¹⁶ salah satu bentuk energi alami yang dihasilkan oleh bumi. Sesuai dengan namanya, energi panasbumi mengacu pada panas (di atas suhu lingkungan rata-rata) ⁸ yang tersimpan di dalam bumi, dan berasal terutama dari peluruhan bahan radioaktif di kerak bumi. Secara alami, suhu bumi bertambah besar secara konstan selaras dengan bertambahnya kedalaman pada sistem panasbumi bumi mengalami peningkatan panas yang kontinyu seiring bertambahnya kedalaman lapisan. ¹⁶ Perubahan suhu bumi ini biasa disebut gradien panasbumi (Suharno, 2013). Rata-rata peningkatan temperatur kerak bumi sebesar 72°F/mil atau 25°C/km, meskipun masih dimungkinkan adanya perbedaan yang besar dari satu tempat dengan tempat lainnya (Kirkland, 2010). D. ²⁴ EGS (Enhanced Geothermal System)

EGS (Enhanced Geothermal System) adalah metode memanen energi dari kerak bumi dengan cara melewatkan fluida melalui zona yang ditingkatkan permeabilitasnya di batuan bawah permukaan. Peningkatan dimulai dari 1) mengebor sampai kedalaman yang cukup dimana temperature tinggi berada; 2) menciptakan permeabilitas yang cukup sehingga fluida dapat dibilas pada tingkatan yang signifikan melewati batuan panas, sasarannya mentransfer energi panas ke fluida tanpa terlalu banyak kehilangan fluida ke dalam batuan dan 3) mengekstrak energy dari fluida untuk menghasilkan listrik (Jeanloz dan Stone, 2013).

III. TEORI DASAR A. Pemrograman MATLAB MATLAB merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh MathWorks dan dikhususkan untuk komputasi numerik, visualisasi dan pemrograman. Selain itu pengguna matlab dapat melakukan analisa data, mengembangkan algoritma dan membuat aplikasi. Bahasa, tools dan fungsi-fungsi built-in akan memudahkan pengguna untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dan memperoleh solusi dengan lebih cepat dibandingkan apabila menggunakan bahasa pemrograman tradisional seperti C/C++ atau Java. MATLAB menggunakan konsep array/matrik sebagai standar variable elemennya tanpa memerlukan pendeklarasian array seperti pada bahasa lainnya. Selain itu juga diintegrasikan dengan aplikasi dan bahasa pemrograman eksternal seperti C, Java, NET dan Microsoft Excel (Kodong, 2015). B.

Metode Single Event Determination (SED) Metode ini dikembangkan oleh Geiger (1912) memperkenalkan teknik iterasi least-square untuk determinasi hiposenter gempa. Teknik ini cukup sederhana dan relatif mudah untuk diaplikasikan. Pada prinsipnya metode ini merupakan prosedur iterasi dengan optimasi least square dimana kuadrat residual minimum dari waktu tempuh gelombang seismik di setiap seismometer yang digunakan. Berdasarkan propagasi gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu gelombang P dan gelombang S. Gelombang P memiliki waktu tempuh yang lebih singkat dibandingkan dengan gelombang S sehingga memiliki residual waktu kedatangan kedua gelombang. Langkah pertama adalah menebak hiposenter dan origin time (x_0, y_0, z_0, t_0). Dalam kasus event dekat atau dalam jaringan stasiun, ini dapat diselesaikan menggunakan lokasi dekat stasiun dengan waktu tiba pertama dan menggunakan waktu tiba tersebut

sebagai t_0 . Untuk melinierkan masalah, sekarang diasumsikan bahwa hiposenter sebenarnya cukup dekat dengan nilai tebakan sehingga waktu tempuh residual itu di hiposenter percobaan adalah fungsi linier dari koreksi yang kita punya untuk membuat jarak hiposenter. Alur SED diperlihatkan pada Gambar 2. Dimulai dari t_0 adalah waktu tiba pertama gelombang seismik di setiap stasiun ke- i (x_i, y_i, z_i) dari hiposenter, t_{cal} adalah waktu tempuh kalkulasi berdasarkan model kecepatan 1 dimensi bawah permukaan. Waktu residual r_i untuk stasiun i adalah selisih antara waktu tiba observasi dan waktu tiba kalkulasi yang secara matematis dirumuskan sebagai berikut: $r_i = t_{i\text{ obs}} - t_{i\text{ cal}}$ (1)

Pendekatan yang paling umum untuk menggunakan solusi least squares untuk menemukan jumlah residual kuadrat minimum e dari n observasi: $e = \sum_{i=1}^n (r_i)^2$ (2) Lokasi hiposenter akan menjadi titik yang paling sesuai antara waktu

kalkulasi dan observasi dengan cara e terkecil. Residual root mean squared (RMS) digambarkan sebagai $\sqrt{e/n}$. RMS diberikan dalam hampir semua program lokasi dan umumnya digunakan sebagai panduan untuk akurasi lokasi (Havskov dan Ottemoller, 2010). Selanjutnya residual dapat dituliskan: $r_i = \frac{\partial t_{i\text{ tra}}}{\partial x_i} \Delta x + \frac{\partial t_{i\text{ tra}}}{\partial y_i} \Delta y + \frac{\partial t_{i\text{ tra}}}{\partial z_i} \Delta z + \Delta t$ (3) Dengan, $t_{i\text{ tra}}$: waktu tempuh kalkulasi di stasiun i $t_{i\text{ tra}} = \frac{1}{v} \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2}$ (4)

Persamaan yang sama juga digunakan untuk y dan z . Prosedur terdahulu untuk sumber di lapisan kedua bisa disamaratakan untuk sumber di lapisan yang lebih dalam, sebut saja di lapisan ke- j . Turunan spasial dari waktu tempuh di sumber untuk kasus ini adalah $\frac{\partial t_{i\text{ tra}}}{\partial x} = -\frac{(x_i - x)}{(\Delta \cdot v_j)} \sin \theta$ (6) $\frac{\partial t_{i\text{ tra}}}{\partial y} = -\frac{(y_i - y)}{(\Delta \cdot v_j)} \sin \theta$ (7) $\frac{\partial t_{i\text{ tra}}}{\partial z} = \cos \theta / v_j$ (8)

Dalam bentuk matriks kita dapat menuliskan $J \cdot \Delta m = \Delta d$ (9) $[J]^T [J] \Delta m = [J]^T \Delta d$ (10) $[\Delta m] = [J^T J]^{-1} J^T \Delta d$ (11) Dengan elemen penyusun matriks sebagai berikut: $J = \begin{bmatrix} \frac{\partial t_{1\text{ tra}}}{\partial x} & \frac{\partial t_{1\text{ tra}}}{\partial y} & \frac{\partial t_{1\text{ tra}}}{\partial z} & \frac{\partial t_{1\text{ tra}}}{\partial t} & \dots & \frac{\partial t_{n\text{ tra}}}{\partial x} & \frac{\partial t_{n\text{ tra}}}{\partial y} & \frac{\partial t_{n\text{ tra}}}{\partial z} & \frac{\partial t_{n\text{ tra}}}{\partial t} & \dots \end{bmatrix}$ (12) $\Delta m = [\Delta x \ \Delta y \ \Delta z \ \Delta t]$ (13) $\Delta d = [r_1 \ \dots \ r_n]$ (14)

Dimana matriks J berupa matriks kernel (jacobian), bersisi derivative parsial residual waktu tempuh tiap stasiun terhadap parameter hiposenter berukuran $n \times 4$, dengan n adalah jumlah stasiun pengamat dan 4

adalah representasi jumlah parameter hiposenter yang dicari. Matriks Δm adalah model yang diinginkan dan Δd merupakan matriks residual berisikan parameter residual waktu tiba yang diperoleh dari data. Sehingga didapatkan perkiraan koordinat setelah dikoreksi, diberikan oleh persamaan: $X_0 + \Delta x = x$ (15) $Y_0 + \Delta y = y$ (16) $Z_0 + \Delta z = z$ (17) $t_0 + \Delta t = t$ (18) Proses inversi jacobian dilakukan untuk mendapatkan matriks yang representasi dari nilai yang diinginkan. Proses inversi ini dilakukan dengan iterasi yang terus menerus untuk mendapatkan nilai konvergen sehingga nilai residual waktu tobs dan tcal mendekati 0. Untuk solusi inversi linier teredam (damped linier inversion) sebagai berikut: $\Delta m = [JTJ + \epsilon^2 I]^{-1} JT \Delta d$ (19) Pengguna istilah redaman atau damping untuk estimasi parameter model sebagaimana dinyatakan oleh persamaan (19) berasosiasi dengan proses "meredam" ketidak-stabilan yang mungkin timbul akibat keterbatasan data pada inversi yang termasuk under-determined. Secara matematis penambahan suatu bilangan relative kecil ϵ^2 pada setiap elemen diagonal matrik $[JTJ]$ seperti terlihat pada persamaan (19) dapat menstabilkan proses inversi matriks (misalnya menggunakan algoritma eliminasi Gauss-Jordan) dilakukan prosedur pivoting yaitu membagi setiap baris matriks dengan elemen diagonalnya. Tujuan prosedur pivoting adalah untuk memperoleh elemen diagonal berharga satu yang kemudian digunakan untuk mengeliminasi elemen pada baris lainnya. Jika elemen diagonal sangat kecil atau mendekati nol maka proses pivoting akan menghasilkan bilangan yang sangat besar dan proses inverse menjadi tidak stabil. Dengan kata lain parameter ϵ^2 berfungsi meredam ketidakstabilan proses inversi matriks tersebut. Faktor redaman ϵ^2 yang sering disebut pula sebagai regularization parameter harus dipilih sedemikian rupa sehingga menyatakan perimbangan atau kompromi antara masing-masing faktor yang diminimumkan. Pada umumnya ϵ^2 ditentukan secara coba-coba (trial and error) kemudian melalui mekanisme tertentu dipilih diantara beberapa harga ϵ^2 dengan menerapkan salah satu dari kriteria berikut: 1. Norm model minimum dengan kesalahan prediksi data yang masih berada di bawah harga tertentu, $E = \|e\|^2 \leq \delta$. 2. Kesalahan prediksi data minimum dengan norm model $L = \|m\|^2 \leq \lambda$. Harga L menurun sebagai fungsi ϵ^2 , sementara E meningkat sesuai peningkatan ϵ^2 . Plot harga L dan E untuk

beberapa harga ϵ^2 (biasanya dalam skala log-log) menghasilkan kurva berbentuk "L" yang disebut trade-off curve yang dapat digunakan untuk menentukan harga ϵ^2 (Grandis, 2009).

Ketika metode iterasi digunakan, perhitungan harus dihentikan di titik tertentu. Pada

penelitian ini, proses perhitungan iterasi akan berhenti ketika: $\delta d < s$ (20) $\delta d = \sqrt{\Delta x^2 +$

$\Delta y^2 + \Delta z^2}$ (21) Dengan δd vektor koreksi dan s adalah toleransi ($s > 0$) (Maochen,

2003). C. Poisson's Ratio Pada dasarnya poisson's ratio didefinisikan dengan rasio

regangan tegak lurus terhadap jenis gaya deformasi dalam arah gaya itu sendiri. Dapat

juga didefinisikan sebagai perbandingan kecepatan gelombang kompresi dengan

kecepatan gelombang transversal (Mavko dkk., 2003). $PR = \frac{Vp^2 - 2Vs^2}{2(Vp^2 - Vs^2)}$ (22)

$PR = \frac{(Vp/Vs)^2 - 2}{2[(Vp/Vs)^2 - 1]}$ (23) Dimana PR adalah poisson's ratio, Vp adalah

kecepatan gelombang kompresi dan Vs adalah kecepatan gelombang transversal.

Poisson's ratio dapat diperkirakan dengan memeriksa waktu perjalanan relatif gelombang

kompresi dan transversal dari event gempa mikro yang terekam pada beberapa stasiun

(Foulger, 1982). Dilakukan pengukuran poisson's ratio di laboratorium terhadap batu pasir

kering dan jenuh air dari Lapangan Panasbumi Cerro Prieto dengan nilai 0,1 untuk kering

dan 0,3 untuk sampel basah (Somerton, 1978). Nilai poisson's ratio untuk Lapangan

Panasbumi Geysir dengan metode seismik pasif diperoleh nilai 0,15 sampai 0,2 dalam zona

produksi dan nilai yang lebih tinggi di luar zona itu. Rendahnya nilai yang diperoleh

dianggap mencerminkan dominasi uap dari batuan reservoir (Majer dan Evilly, 1979). Pada

daerah dominasi uap, nilai poisson's ratio yang dominan adalah rendah. Nilai poisson's

ratio lebih rendah dari 0,25 untuk daerah dominasi uap sedangkan pada sistem panasbumi

dominasi air, maka harga poisson's ratio lebih besar dari 0,25 (Silitonga dan Suroso,

2005). IV. METODOLOGI PENELITIAN A. Perangkat Lunak dan Data Penelitian Perangkat

lunak yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: a. Software MATLAB

versi 2013 untuk membuat GUI. Data penunjang pada lapangan panasbumi lainnya

(geologi dan topografi) digunakan untuk penunjang interpretasi. b. Software Surfer 11,

Global Mapper dan Arc GIS untuk membuat peta lokasi dan geologi daerah penelitian. c.

Software microsoft excel untuk perhitungan poisson's ratio. d. Software Geosoft Oasis

Montaj 8.3, digunakan untuk memodelkan nilai poisson's ratio. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data katalog gempa mikro Lapangan Panasbumi Desert Peak sebelum EGS (September 2008 hingga Agustus 2010) dan sesudah EGS (Maret 2013 hingga Februari 2015). Sumber data dari Northern California Earthquake Data Center (NCEDC) dan merupakan data sekunder yang meliputi waktu tiba gelombang P dan S, posisi stasiun serta model kecepatan 1 dimensi. B. Diagram Alir

Secara umum, penelitian ini terdiri dari penentuan hiposenter dan poisson's ratio. Berikut ini adalah tahap-tahap yang dilakukan: 1. Penentuan hiposenter menggunakan metode SED dengan data awal berupa waktu tiba gelombang P dan S, model kecepatan 1 dimensi dan lokasi stasiun (UTM X, UTM Y dan elevasi). 2. Penentuan poisson's ratio menggunakan diagram wadati dengan data awal berupa selisih antara waktu tiba gelombang P dan S dengan origin time. V. HASIL DAN PEMBAHASAN A. Program Penentuan Hiposenter Program penentuan hiposenter yang dikembangkan penulis sudah berbasis GUI sehingga pemakaian menjadi mudah. Program ini terdiri dari dua file yang berekstensi .fig dan .m dengan ukuran 21KB dan 260KB. Program ini dijalankan dengan Matlab dengan cara sebagai berikut. 1. Buka Matlab, lalu ketikkan "guide" di command window. 2. Pilih Open Existing GUI, lalu pilih GUI1.fig. Kemudian pilih open. 3. Menjalankan fig file dapat dilakukan dengan cara klik tombol run figure atau (Ctrl+T). 4. Dalam program ini terdapat beberapa input yang harus diisi sehingga program dapat dijalankan. Input yang harus dilakukan pengguna yaitu, jumlah stasiun, koordinat stasiun (x, y, z), waktu tiba gelombang primer (tp), waktu tiba gelombang sekunder (ts), kecepatan gelombang primer (vp), kecepatan gelombang sekunder (vs), kedalaman lapisan (dl), hiposenter awal dan origine time (t0) awal. 5. Setelah semua data input selesai, maka klik run. Selain untuk menentukan hiposenter gempa, program ini juga menentukan origine time, RMS, eror x, eror y, eror z dan eror origine time. Berikut ini adalah tampilan program penentuan hiposenter pada Gambar 3. B. Hiposenter

Penentuan lokasi hiposenter merupakan hal yang penting dalam analisis persebaran event. Berikut ini merupakan hasil lokasi episentris gempa mikro sebelum EGS yang ditampilkan pada Gambar 4 dengan jumlah event gempa mikro sebanyak 99. Event gempa

sebelum EGS menyebar mengikuti arah dari Sesar Ridge Rhyolite. Sebaran hiposenter penampang utara-selatan diperlihatkan pada Gambar 5. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa elevasi event bervariasi dari -1000 m sampai 1400 m. Namun umumnya sebaran event berkumpul di elevasi 0m, 500m dan 1000m. Elevasi 0m berada di Batuan Lumpur dan pada sumur 27-15 berada di Batuan Pre-Tersier yang mempunyai patahan. Elevasi 500 m berada dibagian bawah Batuan Ryolite Bawah yang berbatasan dengan Batuan Pre-Tersier Atas dan banyak terdapat rekahan-rekahan berdasarkan banyaknya zona lost circulation di sumur 21-2, 27-15 dan 7421. Sedangkan elevasi 1000m berada di Batuan Dasit dan banyak terdapat rekahanrekahan berdasarkan adanya zona lost circulation di sumur 27-15. Sebaran hiposenter hasil penampang timur-barat diperlihatkan pada Gambar 6. Umumnya sebaran event berkumpul di elevasi 0m, 500m dan 1000m. Elevasi 0m berada di Batuan Lumpur, elevasi 500m berada di bagian bawah Batuan Riolit Bawah yang berbatasan dengan Batuan Pre-Tersier Atas, dan elevasi 1000m berada di Batuan Dasit pada sumur 74-21 dan semakin ke timur berada di Batuan Riolit Atas. Gambar 7, menunjukkan grafik RMS tiap event. Semua nilai RMS kurang dari 1. Untuk grafik eror tiap event diperlihatkan pada Gambar 8. Nilai eror yang ditampilkan merupakan rata-rata dari eror x, y dan z. Semua nilai eror kurang dari 1. Hasil lokasi episenter gempa mikro sesudah EGS yang ditampilkan pada Gambar 9. Sesudah dilakukannya EGS, sebaran event tetap berada di Sesar Ridge Rhyolite dan menyebar mengikuti arah dari sesar tersebut. Dibandingkan dengan sebaran hiposenter sebelum EGS, sebaran hiposenter setelah EGS lebih terpusat di antara sumur EGS sampai sumur produksi. Gempa mikro yang terekam setelah EGS dua kali lebih banyak dibandingkan sebelum EGS, berjumlah 186 events. Sebaran hiposenter penampang utara-selatan diperlihatkan pada Gambar 10. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa elevasi event bervariasi dari -1000 m sampai 1400 m. Namun umumnya sebaran event berkumpul di elevasi 0m, 500m dan 1000m. Elevasi 0m berada di Batuan Lumpur dan pada sumur 27-15 berada di Batuan Pre-Tersier yang mempunyai patahan. Elevasi 500 m berada dibagian bawah Batuan Ryolite Bawah yang berbatasan dengan Batuan Pre-Tersier Atas dan banyak terdapat rekahan-rekahan berdasarkan banyaknya zona lost circulation di

sumur 21-2, 27-15 dan 7421. Sedangkan elevasi 1000m berada di Batuan Dasit dan banyak terdapat rekahanrekahan berdasarkan adanya zona lost circulation di sumur 27-15.

Penambahan event terlihat paling banyak berada di elevasi 500 yang merupakan daerah target stimulasi EGS. Sebaran hiposenter penampang timur-barat diperlihatkan pada Gambar 11. Umumnya sebaran event berkumpul di elevasi 0m, 500m dan 1000m. Elevasi 0m berada di Batuan Lumpur, elevasi 500m berada dibagian bawah Batuan Riolit Bawah yang berbatasan dengan Batuan Pre-Tersier Atas, dan elevasi 1000m berada di Batuan Dasit pada sumur 74-21 dan semakin ke timur berada di Batuan Riolit Atas. Sama dengan penampang utara-selatan, penambahan event terlihat paling banyak berada di elevasi 500 yang merupakan daerah target stimulasi EGS. Gambar 12, menunjukkan grafik RMS tiap event. Semua nilai RMS hasil pengolahan kurang dari 1. Untuk grafik error tiap event diperlihatkan pada Gambar 13. Nilai error yang ditampilkan merupakan rata-rata dari error x, y dan z. Semua nilai error hasil pengolahan kurang dari 1. C. Poisson's Ratio Penentuan nilai poisson's ratio dari pengolahan data gempa mikro hasil pengolahan software Matlab dengan source code yang dikembangkan oleh penulis dilakukan dengan menggunakan diagram wadati. Nilai gradient pada diagram wadati Gambar 38, adalah 0,906 dengan nilai R2 sebesar 0,955. Nilai R2 adalah koefisien korelasi hubungan antara data Tpo dan Tsp. Sedangkan nilai vp/vs adalah 1,906 untuk diagram wadati di Gambar 14. Data vp/vs yang didapat digunakan untuk mencari nilai poisson's ratio. Nilai poisson's ratio kemudian dimodelkan secara 3 dimensi. Gambar 15, merupakan model 3 dimensi sebaran poisson's ratio sebelum EGS. Sedangkan Gambar 16, merupakan model 3 dimensi sebaran poisson's ratio sesudah EGS. Nilai poisson's ratio sebelum stimulasi EGS sebesar 0,067 sampai 0,477, sedangkan sesudah dilakukan stimulasi EGS sebesar 0,083 sampai 0,467. Warna biru tua menunjukkan nilai kurang dari 0.15 yang berarti batuan kering, warna biru muda menunjukkan nilai 0.15 sampai 0.25 yang berarti uap, sedangkan warna hijau sampai merah muda menunjukkan nilai diatas 0,25 yang berarti air, dimana semakin tinggi nilai poisson's ratio semakin banyak kandungan fluidanya. Berdasarkan model 3 dimensi poisson's ratio sebelum dan sesudah EGS, lapangan panasbumi desert peak memiliki sebaran nilai

poisson's ratio yang bervariasi. Umumnya area reservoir lapangan panas bumi desert peak memiliki nilai poisson's ratio tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa lapangan panas bumi desert peak memiliki sistem dominasi air. Pada Gambar 17, terdapat warna biru tua di area EGS yang menunjukkan batuan kering. Batuan kering inilah yang menjadi target EGS dalam meningkatkan permeabilitas sehingga fluida dari area injeksi dapat melalui area batuan kering tersebut. Pada Gambar 18, terlihat warna biru tua yang ada di area EGS ketika sebelum EGS berubah menjadi warna (merah, kuning dan hijau). Batuan kering ini menjadi batuan basah yang berarti meningkatnya permeabilitas sehingga fluida dari area injeksi dapat melalui area batuan kering tersebut. Selanjutnya dibuat penampang horisontal pada model 3 dimensi sebaran poisson's ratio. Penampang horizontal ini dibuat pada elevasi 500 m dimana di elevasi tersebutlah area EGS berada. Pada Gambar 19, terdapat warna biru tua di area EGS yang menunjukkan batuan kering. Batuan kering inilah yang menjadi target EGS dalam meningkatkan permeabilitas sehingga fluida dari area injeksi dapat melalui area batuan kering tersebut. Pada Gambar 20, terlihat warna biru tua yang ada di area EGS ketika sebelum EGS berubah menjadi warna (merah, kuning dan hijau). Batuan kering ini menjadi batuan basah yang berarti meningkatnya permeabilitas sehingga fluida dari area injeksi dapat melalui area batuan kering tersebut.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya: 1. Penentuan hiposenter gempa mikro berhasil dilakukan menggunakan program GUI di MATLAB yang dikembangkan penulis. 2. Sebaran hiposenter gempa mikro sebelum dan sesudah stimulasi EGS mengikuti alur sesar ridge rhyolite yang merupakan lokasi utama Lapangan Panas bumi Desert Peak. Sesudah dilakukannya stimulasi EGS sebaran gempa mikro meningkat 2 kali, dengan peningkatan paling tinggi berada di elevasi 500m (zona stimulasi EGS). 3. Terjadi peningkatan nilai poisson's ratio sesudah dilakukan stimulasi EGS terutama di elevasi 500m (zona stimulasi EGS). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan saturasi air di area EGS sesudah stimulasi EGS. A. Saran Perlu dilakukannya penentuan faktor damping yang optimal sehingga ketidakstabilan dalam proses inversi dapat diredam. UCAPAN TERIMA KASIH Terimakasih kepada Northern California

Earthquake Data Center (NCEDC) yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan data penelitian. Ucapan terimakasih pula kepada segenap dosen pembimbing serta seluruh pihak yang membantu penelitian dan penulisan jurnal ini.

Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

Gambar 2. Alur SED

Gambar 3. Program penentuan hiposenter

Gambar 4. Sebaran episenter sebelum EGS

Gambar 5. Sebaran hiposenter sebelum EGS S-N

Gambar 6. Sebaran hiposenter sebelum EGS W-E

Gambar 7. Grafik RMS sebelum EGS

Gambar 8. Grafik eror sebelum EGS

Gambar 9. Sebaran episenter sesudah EGS 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1 6 11 16 21 26 31 36 41 46 51 56 61 66 71 76 81 86 91 96

Grafik RMS Tiap Event 0 0,2 0,4 0,6 0,8 1 1 6 11 16 21 26 31 36 41 46 51 56 61 66 71 76 81 86 91 96

Grafik Eror Tiap Event

Gambar 10. Sebaran hiposenter sesudah EGS S-N

Gambar 11. Sebaran hiposenter sesudah EGS W-E

Gambar 12. Grafik RMS sesudah EGS

Gambar 13. Grafik eror sesudah EGS

Gambar 14. Diagram Wadati hasil penelitian 0 0,5 1 1 10 19 28 37 46 55 64 73 82 91 100 109 118 127 136 145 154 163 172 181

Grafik RMS Tiap Event 0 0,5 1 1 10 19 28 37 46 55 64 73 82 91 100 109 118 127 136 145 154 163 172 181

Grafik Eror Tiap Event T_p T_{sp}

Gambar 15. Model 3 dimensi sebaran poisson's ratio sebelum EGS

Gambar 16. Model 3 dimensi sebaran poisson's ratio sesudah EGS

Gambar 17. Penampang vertikal sebelum EGS

Gambar 18. Penampang vertikal sesudah EGS EGS EGS

Gambar 19. Penampang horizontal elevasi 500 m sebelum EGS

Gambar 20. Penampang horizontal elevasi 500 m sesudah EGS EGS EGS

Sources

1	https://iptek.its.ac.id/index.php/geosaintek/article/view/6549 INTERNET 1%
2	https://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/4155 INTERNET 1%
3	https://id.scribd.com/document/337373135/Menentukan-Hiposenter-Gempa-Mikro-Dengan-Menggunakan-Metode-Single-Event-Determination-SED INTERNET 1%
4	https://ncedc.org/ INTERNET 1%
5	https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2006230075/12116060_4_153203.pdf INTERNET <1%
6	https://media.neliti.com/media/publications/213720-karakterisasi-cap-rock-dan-reservoir-are.pdf INTERNET <1%
7	https://www.scribd.com/document/432723256/Inversi-geofisika INTERNET <1%
8	https://akamigas.ac.id/media-info/berita/sistem-panas-bumi/ INTERNET <1%
9	https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/16521/05.4%20bab%204.pdf?sequence=9 INTERNET <1%
10	https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB1908300003/PEG0048_5_141523.pdf INTERNET <1%
11	https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/jiaf/article/download/10910/pdf INTERNET <1%
12	https://roboguru.ruangguru.com/question/jelaskan-tentang-gelombang-p-dan-s-apa-perbedaannya-QU-QAG047F8 INTERNET <1%
13	https://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ahjop/article/download/130/pdf_6 INTERNET <1%
14	https://www.kompas.com/sains/read/2021/05/22/113100023/struktur-lapisan-bumi-beserta-penjelasan-per-lapisan?page=all INTERNET <1%

15	https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2009140058/12116008_4_094643.pdf INTERNET <1%
16	https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2102080012/12116133_4_155414.pdf INTERNET <1%
17	https://id.scribd.com/document/372094184/Bahan-Kuliah-Seismologi-II-Seri-1-pdf INTERNET <1%
18	http://eprints.undip.ac.id/83486/7/6_BAB_VI_Kesimpulan_dan_Saran.pdf INTERNET <1%
19	https://id.scribd.com/doc/299952985/Inversi-Non-Linear-Dengan-Pendekatan-Linear INTERNET <1%
20	http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/fis/article/download/1837/1445 INTERNET <1%
21	http://eprints.dinus.ac.id/18785/11/bab3_17788.pdf INTERNET <1%
22	https://id.wikipedia.org/wiki/Struktur_Bumi INTERNET <1%
23	https://www.ruangguru.com/blog/mengenal-dataran-tinggi-gunung-danau-lembah-dan-sungai INTERNET <1%
24	https://www.sciencedirect.com/journal/geothermics/vol/35 INTERNET <1%
25	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/776/1/012114/pdf INTERNET <1%
26	https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2007080004/PEG0048_20_162902.pdf INTERNET <1%
27	http://jmua.fmipa.unand.ac.id/index.php/jmua/article/download/522/511 INTERNET <1%
28	https://ichi.pro/id/memahami-regularisasi-dalam-machine-learning-237344307928549 INTERNET <1%
29	https://miqbalrp.medium.com/penyelesaian-spl-menggunakan-python-dekomposisi-lu-bag-3-3f4279817c8e INTERNET <1%

30

https://repo.itera.ac.id/assets/file_upload/SB2108200064/12117136_4_223940.pdf
INTERNET
<1%

31

<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/8183/0841-BAB%20III%20METODE%20PENELITIAN.pdf?sequence=7>
INTERNET
<1%
