

# PENENTUAN TIPE SISTEM PANASBUMI DAN SEBARAN FLUIDA INJEKSI PADA AREA LAPANGAN PANASBUMI X BERDASARKAN ANALISIS *POISSON'S RATIO*

Ika Wahyu Utami<sup>1</sup>, Sukir Maryanto<sup>1</sup>, Tommy Hendriansyah<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>)Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya, Malang.

<sup>2</sup>)PT. Pertamina Geothermal Energy, Jakarta.

Email: ikawahyu26@gmail.com

## Abstrak

Lapangan panasbumi X terletak pada jalur gunung api aktif yang pembentukannya dikontrol oleh proses-proses geologi dan diindikasikan oleh adanya struktur geologi yang merupakan salah satu penyebab timbulnya gempa. Dalam periode bulan Januari 2013 hingga Agustus 2014, tercatat sebanyak 409 *event* gempa mikro. Hasil penentuan nilai *Poisson's ratio* yang diperoleh dari analisis kecepatan gelombang seismik, diketahui bahwa nilai *Poisson's ratio* di lapangan panasbumi X adalah dominan rendah sehingga lapangan panasbumi X dapat dikatakan sebagai lapangan dengan sistem panasbumi dominasi uap. Pola distribusi *Poisson's ratio* menunjukkan bahwa sistem *recharge* di area lapangan panasbumi X berlangsung dengan baik. Hasil *overlay* antara sebaran nilai *Poisson's ratio* dengan data pendukung menunjukkan bahwa fluida injeksi mengalir dari sumur injeksi menuju sumur produksi melalui struktur geologi yang terdapat di area lapangan panasbumi X.

**Kata kunci :** panasbumi, gempa mikro, *Poisson's ratio*, sitem panasbumi, distribusi fluida injeksi

## Pendahuluan

Lapangan panasbumi X merupakan lapangan panasbumi yang terletak di Kabupaten Bandung, Indonesia. Pada area lapangan panasbumi X, aktivitas gempa mikro merupakan fenomena yang selalu terjadi. Gempa mikro pada lapangan panasbumi X terjadi akibat adanya aktivitas injeksi fluida yang bertekanan tinggi.

Aplikasi metode MEQ selain digunakan untuk memonitor distribusi kejadian gempa mikro pada reservoir juga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengetahui sebaran nilai *Poisson's ratio* dari suatu zona reservoir panasbumi [1]. Penentuan nilai *Poisson's ratio* dari pengolahan data gempa mikro dapat dilakukan dengan menggunakan diagram wadati [2]. Nilai *Poisson's ratio* nantinya dapat memberikan informasi mengenai jenis fluida yang terkandung di reservoir panasbumi. Sebaran nilai *Poisson's ratio* selanjutnya akan di-*overlay* dengan data pendukung yang berupa data posisi sumur injeksi, data posisi sumur produksi, dan data sebaran patahan lapangan panasbumi X agar distribusi fluida injeksi pada area reservoir lapangan panasbumi X dapat ditentukan.

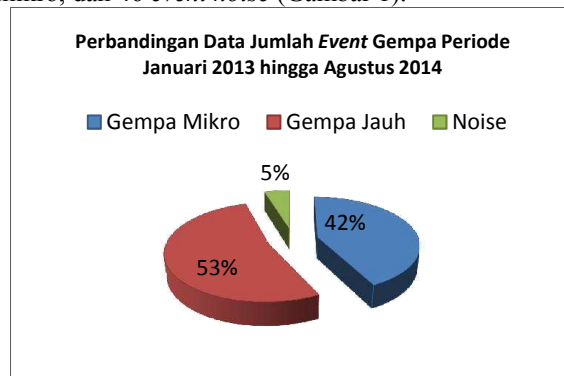
## Metodologi Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data *event* gempa mikro periode Januari 2013 hingga Agustus 2014, model kecepatan 1D, data posisi stasiun perekaman MEQ, data distribusi patahan, dan data posisi sumur injeksi serta data posisi sumur produksi pada lapangan panasbumi X. Secara garis besar, tahapan penelitian dimulai dari proses konversi data. Data *event* gempa yang telah dikonversi selanjutnya akan mengalami proses pemilihan data. Proses selanjutnya setelah dilakukan pemilihan data adalah dilakukan *picking* gelombang gempa mikro agar diketahui nilai *tp* dan *ts* setiap *event*. Informasi nilai

*tp* dan *ts* ini digunakan untuk mencari lokasi kejadian *event* gempa mikro serta nilai  $V_p/V_s$ . Dari nilai  $V_p/V_s$  nantinya akan didapatkan sebaran nilai *Poisson's ratio* yang memberikan informasi mengenai jenis fluida yang terkandung pada reservoir lapangan panasbumi X. Peta sebaran nilai *Poisson's ratio* yang diperoleh dari pemodelan sebaran nilai *Poisson's ratio* selanjutnya akan di-*overlay* dengan data pendukung agar distribusi fluida injeksi pada area reservoir lapangan panasbumi X dapat ditentukan.

## Hasil dan Pembahasan

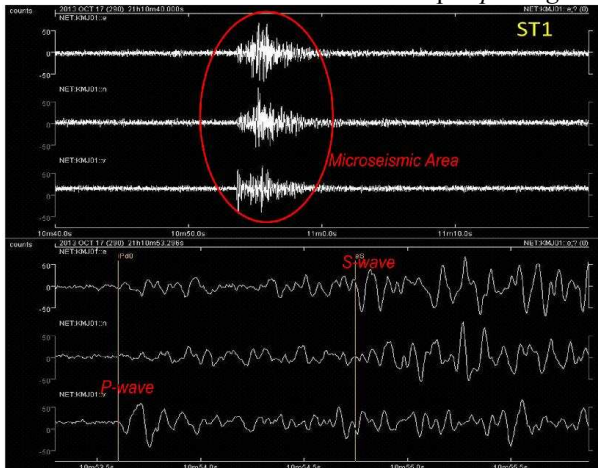
Data rekaman *event* gempa yang berekstensi \*.cd11 akan dikonversi menjadi format \*.sac. Data format \*.sac tersebut akan digabungkan menjadi sebuah *network file*. Tercatat terdapat 962 *event* gempa yang terjadi selama periode Januari 2013 hingga Agustus 2014, dimana dari sejumlah *event* tersebut terdapat 507 *event* gempa jauh, 409 *event* gempa mikro, dan 46 *event noise* (Gambar 1).



**Gambar 1.** Diagram perbandingan jumlah *event* gempa mikro, gempa jauh, dan *noise*.

Rekaman data *event* gempa mikro dengan format \*.sac kemudian ditampilkan dengan *software*

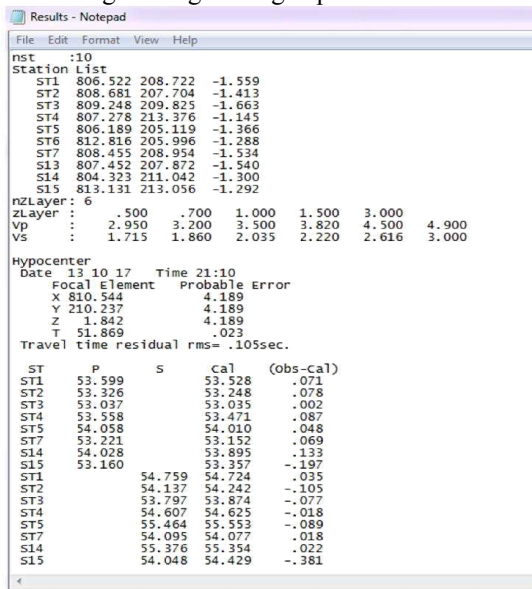
SeisGram2K dalam *display waveform* dan *pick windows* untuk kemudian dilakukan tahapan *picking*.



Gambar 2. Contoh *pick windows* gempa mikro.

Contoh proses *picking* gelombang P dan gelombang S pada salah satu *event* gempa mikro yang terjadi pada tanggal 17 Oktober 2013 di area reservoir lapangan panasbumi X ditunjukkan oleh gambar di atas (Gambar 2). Hasil *picking* pada stasiun perekaman ST1 memperlihatkan nilai *tp* adalah 21:10:53.599 sedangkan nilai *ts* adalah 21:10:54.759. Besar nilai *ts - tp* adalah sebesar 1,16 sekond.

Data *tp* dan *ts* tiap *event*, data posisi stasiun perekaman MEQ, dan data kecepatan 1D lapangan panasbumi X kemudian diolah guna mengetahui posisi dari kejadian gempa serta waktu kejadian gempa mikro untuk masing-masing *event* gempa.

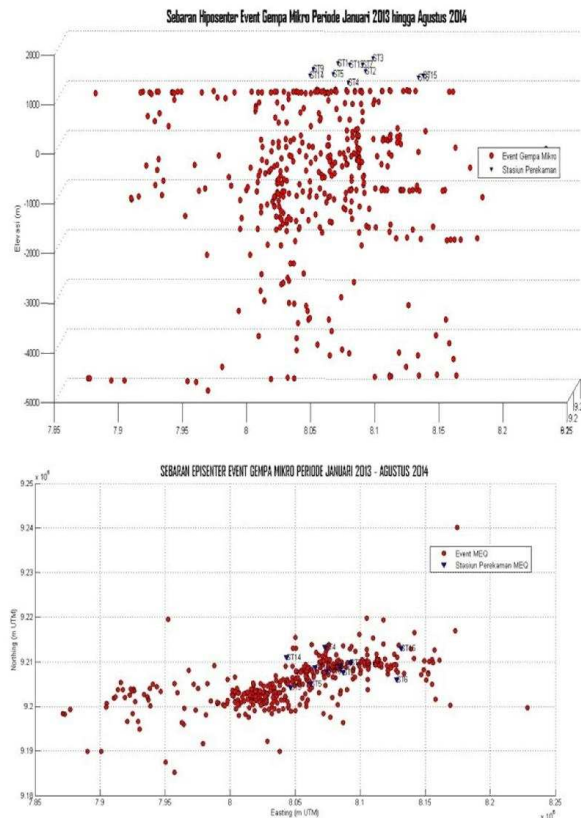


Gambar 3. Hasil pengolahan *software* GAD.

Sebagai contoh, pada gambar di atas (Gambar 3) didapatkan posisi sumber gempa mikro pada tanggal 17 Oktober 2013 adalah sebesar UTM 810544 m dan 9210237 m dengan kedalaman -1842 m. *Event* gempa mikro tersebut terjadi pada pukul 21:10:51.869. Nilai *error* yang didapatkan adalah sebesar 4,189 untuk posisi *latitude*, *longitude*, dan kedalaman serta sebesar 0,023 untuk waktu kejadian gempa. Besarnya nilai *error* ini cukup dipengaruhi oleh tahapan *picking*

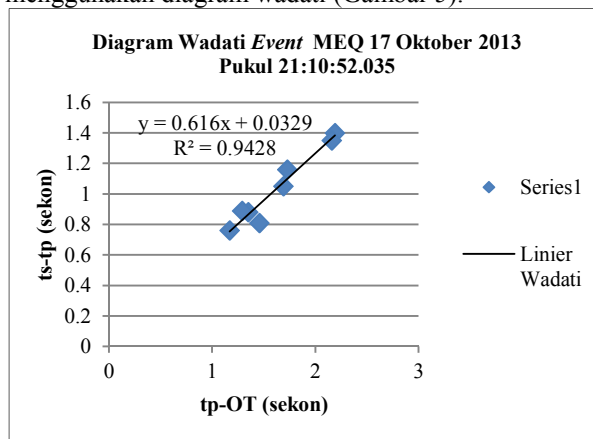
waktu tiba gelombang. Penentuan hiposenter gempa mikro dengan metode SED ini mengiterasi hingga nilai RMS mencapai 0,105 sekond. Nilai RMS merupakan selisih antara *travel time* kalkulasi dengan *travel time* observasi. Nilai RMS yang didapatkan dalam penelitian harus memiliki nilai kurang dari 1 [3].

Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat ditampilkan peta sebaran hiposenter dan episenter *event* gempa mikro periode Januari 2013 hingga Agustus 2014 di area reservoir lapangan panasbumi X sebagai berikut (Gambar 4).



Gambar 4. Persebaran hiposenter dan episenter kejadian gempa mikro di area lapangan panasbumi X.

Penentuan nilai *Poisson's ratio* dari pengolahan data gempa mikro sendiri dilakukan dengan menggunakan diagram wadati (Gambar 5).

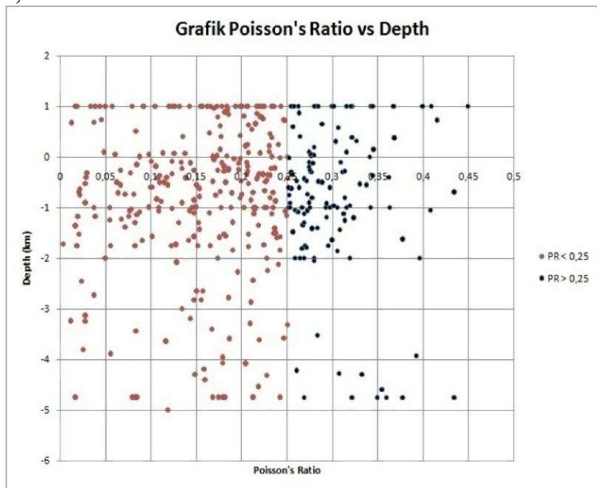


Gambar 5. Diagram wadati *event* gempa mikro

Nilai gradien pada diagram wadati gambar 5 adalah sebesar 0,616 dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,942.

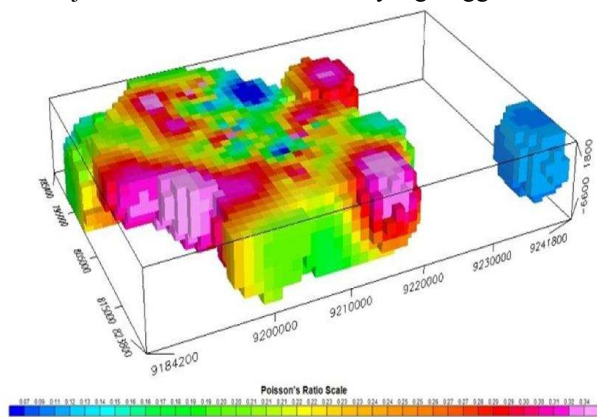
Nilai  $R^2$  merupakan nilai koefisien korelasi hubungan antara data ( $tp-OT$ ) dan ( $ts-tp$ ). Semakin mendekati nilai 1 (satu), nilai  $R^2$  menunjukkan nilai yang baik. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan nilai  $vp/vs$  sebesar 1,616 untuk kasus pada gambar di atas (Gambar 5).

Data  $Vp/Vs$  yang didapat dari perhitungan diagram wadati nantinya yang akan digunakan untuk mencari nilai *Poisson's ratio*. Pada penelitian ini, nilai *Poisson's ratio* yang didapat berada pada kisaran nilai 0,002 hingga 0,449. Nilai *Poisson's ratio* tersebut kemudian digambarkan dalam bentuk hubungan *Poisson's ratio* terhadap kedalaman (Gambar 6). Nilai *Poisson's ratio* pada gambar 6 terbagi menjadi 2 (dua) zona nilai, yaitu zona nilai *Poisson's ratio* kurang dari 0,25 yang ditandai oleh lingkaran berwarna merah dan zona nilai *Poisson's ratio* lebih dari 0,25 yang ditandai oleh lingkaran berwarna biru dimana dari gambar di atas dapat dilihat bahwa reservoir lapangan X memiliki nilai *Poisson's ratio* dominan rendah yaitu kurang dari 0,25.



**Gambar 6.** Grafik hubungan nilai *Poisson's ratio* terhadap kedalaman.

Nilai *Poisson's ratio* ini kemudian akan dimodelkan secara 3D (Gambar 7), dimana nilai *Poisson's ratio* ditunjukkan dengan penanda warna yang bermacam-macam. Nilai biru sampai kuning pada legenda menunjukkan nilai *Poisson's ratio* yang rendah sedangkan nilai orange sampai merah muda menunjukkan nilai *Poisson's ratio* yang tinggi.



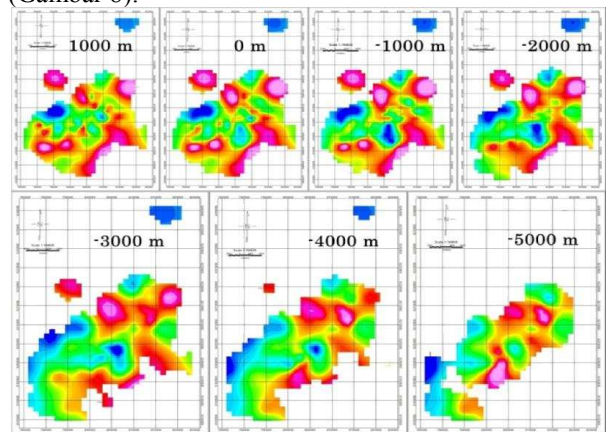
**Gambar 7.** Penampang 3D sebaran *Poisson's ratio*.

Dari perhitungan nilai *Poisson's ratio* pada penelitian ini diketahui bahwa area reservoir lapangan panasbumi X dominan memiliki nilai *Poisson's ratio* yang rendah sehingga dapat dikatakan bahwa lapangan panasbumi X merupakan lapangan panasbumi dengan sistem dominasi uap. Nilai *Poisson's ratio* yang tinggi pada area reservoir lapangan panasbumi X dianggap sebagai area sumur injeksi air.

Pada daerah panasbumi dominasi uap, nilai *Poisson's ratio* yang dominan adalah rendah. Hal tersebut terjadi akibat nilai  $Vp$  akan berkurang lebih cepat dibanding nilai  $Vs$  ketika merambat dan melewati medium berupa uap. Perbandingan kedua parameter tersebut memberikan nilai *Poisson's ratio* lebih rendah dari 0,25 untuk daerah dominasi uap sedangkan pada sistem panasbumi dominasi air, maka harga *Poisson's ratio* akan lebih besar dari 0,25 [4].

Hasil penelitian yang telah dilakukan pada beberapa lapangan panasbumi dominasi uap di dunia, diperkirakan bahwa pada kedalaman jauh di bawah reservoir uap, terdapat reservoir air dimana pada reservoir air berisi air yang mendidih. Namun, pada lapangan panasbumi X masih belum diketahui apakah benar pada kedalaman jauh di bawah reservoir uap terdapat reservoir air. Hal tersebut dikarenakan pada lapangan panasbumi X, kedalaman bor terdalam baru mencapai kedalaman 2000 m di bawah permukaan laut.

Penampang 3D sebaran *Poisson's ratio* untuk selanjutnya akan dilakukan *cross section* secara horizontal dengan interval ketinggian sebesar 1000 m (Gambar 8).

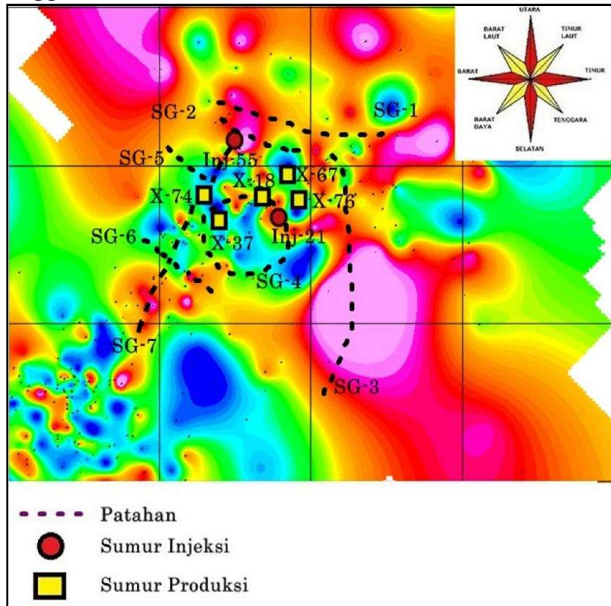


**Gambar 8.** Tampilan 2D hasil *cross section* nilai *Poisson's ratio*.

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa untuk tiap lapisan dengan interval 1000 m pada lapangan panasbumi X memiliki sebaran nilai *Poisson's ratio* yang bervariasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa di bawah permukaan lapangan panasbumi X fluida injeksi cenderung tersebar ke berbagai arah dan terjadi pencampuran antara fluida uap dan fluida injeksi.

Tipe fluida lapangan panasbumi X yang dominan uap menjadikan keberadaan sumur injeksi sangatlah penting. Pada proses produksi uap di lapangan panasbumi X, arah aliran fluida sumur injeksi harus selalu dimonitor secara rutin. Gambar di bawah (Gambar 9) menunjukkan hasil *overlay* antara base

map sebaran nilai *Poisson's ratio* pada lapangan panasbumi X beserta posisi beberapa sumur injeksi dan sumur produksi. Sumur yang digunakan pada pengamatan penelitian adalah sumur produksi X-18, X-37, X-64, X-74, dan X-76 serta sumur injeksi Inj-21 dan Inj-55. Pada gambar dapat terlihat bahwa nilai *Poisson's ratio* pada area sumur produksi menunjukkan skala warna *Poisson's ratio* rendah sedangkan nilai *Poisson's ratio* pada area sumur injeksi menunjukkan skala warna *Poisson's ratio* tinggi.



Gambar 9. Overlay peta sebaran nilai *Poisson's ratio*.

Gambar 9 menunjukkan bahwa aliran fluida yang berasal dari sumur injeksi mengalir ke arah sumur produksi melalui struktur geologi yang ada di lapangan panasbumi X. Terlihat bahwa struktur geologi patahan SG-7 yang berarah barat daya-timur laut menjadi media aliran fluida injeksi dari sumur injeksi Inj-55 menuju sumur produksi X-74. Struktur

SG-4 juga berperan sebagai media penyalur fluida sumur injeksi Inj-21 ke arah sumur produksi X-18 dan X-37. Selain itu, juga terdapat struktur patahan barat laut-tenggara (BL-TG), struktur patahan barat-barat laut-timur-timur laut (BBL-TTL), dan struktur patahan utara-selatan (U-S). Struktur patahan BL-TG diinterpretasikan sebagai struktur patahan SG-1 dan SG-2 yang merupakan media aliran fluida injeksi dari sumur Inj-55 ke arah sumur produksi X-67 dan sumur produksi X-76. Struktur patahan BBL-TTL diinterpretasikan sebagai struktur patahan SG-5 dan SG-6. Struktur patahan U-S diinterpretasikan sebagai struktur patahan SG-3.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa estimasi nilai *Poisson's ratio* dapat digunakan untuk kegiatan *monitoring* arah aliran fluida injeksi di lapangan panasbumi X. Arah aliran fluida injeksi yang mengalir ke arah sumur produksi melalui jalur patahan menunjukkan bahwa sistem injeksi yang berfungsi sebagai *recharge* dapat berjalan dengan baik dan tentunya menghasilkan sebuah siklus fluida yang berkesinambungan.

### Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis *Poisson's ratio* menunjukkan bahwa lapangan panasbumi X merupakan lapangan panasbumi dominasi uap.
2. Pola sebaran nilai *Poisson's ratio* pada lapangan panasbumi X menunjukkan bahwa sistem *recharge* di area lapangan panasbumi X berlangsung dengan baik.
3. Hasil *overlay* antara sebaran *Poisson's ratio* dan data pendukung menunjukkan bahwa fluida injeksi mengalir dari sumur injeksi ke arah sumur produksi melalui struktur geologi lapangan panasbumi X.

### Daftar Pustaka

- [1] Foulger. Geothermal Exploration and Reservoir Monitoring Using Earthquake and Passive Seismic Method. Geothermics Vol 11 No. 4, 259-268. 1982.
- [2] Manzella, Adele. Geophysical Methods in Geothermal Exploration. Italian National Research. 1990.
- [3] Kissling, Kradolfer dan Maurer, H. Program VELEST User's Guide - Short Introduction. Zurich: Institute of Geophysics and Swiss Seismological Service. 1995.
- [4] Silitonga dan Suroso. A Poisson's Ratio Distribution From Wadati Diagram as Indicator of Fracturing of Lahendong Geothermal Field, North Sulawesi, Indonesia. Proceedings World Geothermal Congress 2005 , 1-5. 2005.