

# Pemodelan Struktur Kecepatan 3D Gelombang Seismik Daerah Sumatera Barat Menggunakan Data Gempa Bumi Januari 2010-Desember 2017

Rizki Wulandari<sup>1\*</sup>, Tedi Yudistira<sup>2</sup>, Erlangga Ibrahim Fattah<sup>1</sup>, Atin Nur Aulia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Manufaktur dan Kebumihan, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Way Huwi, Lampung Selatan, Lampung 35365

<sup>2</sup>Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung, Jalan Tamansari 64, Bandung, Jawa Barat 40116

<sup>3</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jalan Sangkuriang, Kompleks LIPI, Bandung, Jawa Barat 40136

\*Corresponding author's email: [rizki.12116060@student.itera.ac.id](mailto:rizki.12116060@student.itera.ac.id)

**Abstract:** This study aims to analyze of anomalies the P wave velocity ( $V_p$ ) and  $V_p/V_s$  ratio based on 3D seismic tomography in West Sumatra. Seismic tomography is a method of developing the characteristics of the 1D velocity model into a 3D velocity model based on seismic wave data. This research data uses secondary data obtained from the Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) with a time span from January 2010 to December 2017, obtained as many as 472 earthquake events and 21 seismic stations that recorded the earthquake events. The stages in this research are the hypocenter relocation which will simultaneously renew the 1D velocity model using VELEST software, then tomographic inversion using SIMULPS12 software. The minimum anomaly  $V_p/V_s$  ratio value is around 1,39, while the maximum anomaly  $V_p/V_s$  ratio value is around 2,05. In general the results of the  $V_p$  distribution have low values and high  $V_p/V_s$  ratio values around the Sumatra Fault Zone and Mentawai Fault Zone. Anomaly results from the tomogram of this area have an association with saturated pressure sedimentary areas and the presence of fractures will further contribute to earthquake events.

**Keywords:** seismic tomography, P waves,  $V_p/V_s$  ratio

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis anomali kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) dan  $V_p/V_s$  berdasarkan tomografi seismik 3D di daerah Sumatera Barat. Metode tomografi seismik merupakan metode pengembangan karakteristik model kecepatan 1D menjadi model kecepatan 3D berdasarkan data gelombang seismik. Data penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari *Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS) dengan rentang waktu Januari 2010 hingga Desember 2017, diperoleh data sebanyak 472 event gempa dan 21 stasiun seismik yang mencatat kejadian gempa tersebut. Tahapan-tahapan dalam penelitian ini yaitu relokasi hiposenter yang secara simultan akan memperbaharui model kecepatan 1D dengan menggunakan *software* VELEST, kemudian dilakukan inversi tomografi menggunakan *software* SIMULPS12. Nilai anomali rasio  $V_p/V_s$  minimum sekitar 1,39, sedangkan nilai anomali rasio  $V_p/V_s$  maksimum sekitar 2,05. Secara umum hasil distribusi  $V_p$  memiliki nilai rendah dan nilai rasio  $V_p/V_s$  yang tinggi di sekitar bagian *Sumatera Fault Zone* dan *Mentawai Fault Zone*. Anomali hasil tomogram daerah ini memiliki asosiasi dengan daerah sedimen bertekanan jenuh dan kehadiran rekahan selanjutnya akan berkontribusi pada kejadian gempa bumi.

**Kata kunci:** tomografi seismik, gelombang P, rasio  $V_p/V_s$

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, dan Laut Filipina [1]. Pertemuan lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya tatanan tektonik yang rumit, seperti terbentuknya busur kepulauan yang memiliki karakteristik adanya palung samudera, busur *non-gunung api* yang tersusun oleh prisma akresi, busur gunung api, dan cekungan busur belakang [2]. Gesekan antar lempeng menimbulkan pelepasan energi, dimana energi tersebut menimbulkan efek gelombang elastis,

sehingga terjadi getaran yang dapat dirasakan di permukaan atau disebut dengan gempa bumi.

Salah satu wilayah yang termasuk dekat dengan zona pertemuan lempeng serta memiliki struktur geologi yang kompleks ialah Sumatera Barat. Wilayah ini memiliki potensi bahaya gempa yang cukup tinggi. Selain subduksi antara lempeng tektonik Indo-Australia dengan Eurasia, terdapat dua sesar aktif yaitu *Mentawai Fault Zone* (MFZ) dan *Sumatera Fault Zone* (SFZ). Pergeseran sesar ini menghasilkan zona lemah yang memungkinkan menjadi jalan keluarnya magma pada aktivitas vulkanisme dan menghasilkan jajaran Pegunungan Barisan dan Pegunungan Mediterania [3].

Hal ini dibuktikan oleh beberapa kejadian gempa yang merusak pada wilayah ini, diantaranya gempa bumi Padang Panjang tahun 2007 dengan Mw 6,4 dan 6,3, gempa bumi Pariaman tahun 2009 Mw 7,9 dan gempa bumi Pagai Selatan Kepulauan Mentawai tahun 2010 dengan Mw 7,2.

Peristiwa ini menyebabkan kerusakan fasilitas dan jatuhnya korban jiwa. Upaya mitigasi secara optimal perlu dilakukan untuk meminimalisir adanya dampak bencana yang terjadi. Upaya yang dapat dilakukan adalah mengidentifikasi zona seismik aktif dengan menggunakan metode pencitraan struktur bawah permukaan bumi. Salah satu metode tersebut ialah tomografi seismik, metode ini merekonstruksi struktur bawah permukaan bumi menggunakan data waktu tempuh (*travel time*) dari gelombang seismik. Pada prinsipnya tomografi seismik akan menyajikan gambaran bawah permukaan bumi dalam domain kecepatan [4]. Sehingga struktur bawah permukaan bumi yang digambarkan sebagai parameter kedalaman dan litologi di bawah permukaan bumi.

## LOKASI DAN GEOLOGI REGIONAL

Penelitian ini secara administratif terletak di Provinsi Sumatera Barat. Sumatera Barat merupakan daerah yang berada dalam wilayah Indonesia yang terletak di Pulau Sumatera. Pulau Sumatera memanjang dari Barat Laut hingga ke Tenggara dengan panjang 1.650 km dari Ule Lhee sampai Tanjung Cina. Di sebelah utara berbatasan dengan Teluk Benggala, di sebelah timur berbatasan dengan Selat Malaka, di sebelah selatan dengan Selat Sunda dan di sebelah barat dengan Samudera Hindia.

Sumatera Barat merupakan wilayah yang sebagian besar topografinya pegunungan dan dataran tinggi. Secara garis besar fisiografi wilayah penelitian dapat dibagi kedalam tiga bagian, yaitu wilayah pegunungan vulkanik (*inner arc*), wilayah perbukitan tersier, dan wilayah dataran rendah. Berdasarkan pembentukan bentang alam satuan geomorfologi daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga satuan, yaitu satuan perbukitan lipat patahan, satuan bukit intrusi, dan dataran aluvial.

Pada daerah penelitian juga terjadi penunjaman lempeng di Selatan Busur Sunda berupa palung. Penunjaman lempeng ini menghasilkan busur vulkanik dan *non-vulkanik*. Selain terdapat zona penunjaman lempeng terdapat pula dua patahan besar yaitu patahan Sumatera dan patahan Mentawai. Tingkat *slip-rates* di sepanjang patahan Sumatera meningkat dari <10 mm/tahun dari Selat Sunda ke ~20 mm/tahun kearah Danau Toba, dan di daerah Laut Andaman *slip-rates* >40 mm/tahun [5]. Pada daerah penelitian tingkat *slip-rates* sebesar 14-15 mm/tahun.

## METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari *Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS) dengan rentang waktu Januari 2010 hingga Desember 2017. Data yang didapatkan berupa data katalog gempa bumi yang terdapat informasi mengenai waktu kejadian gempa, *origin time*, *arrival time* gelombang P dan S, hiposenter gempa (*latitude*, *longitude*, dan kedalaman), model kecepatan 1D gelombang seismik, dan data stasiun pengamat.

Serangkaian data yang didapatkan kemudian dilakukan perbaikan model struktur kecepatan 1D, relokasi hiposenter dan koreksi stasiun dengan menggunakan metode *Couple Velocity Hypocenter* dengan menggunakan *software* VELEST. Pada metode ini dianggap bahwa bumi terdiri dari lapisan datar yang homogen isotropik, hal ini dilakukan agar waktu tiba gelombang yang terjadi karena pemantulan dan pembiasan pada setiap lapisan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan seperti berikut ini:

$$r = T^{obs} - T^{cal} = \sum_{k=1,4}^4 \frac{\partial f}{\partial h_k} \Delta h_k + \sum_{i=1,n}^n \frac{\partial f}{\partial m_i} \Delta m_i + e$$

Keterangan:

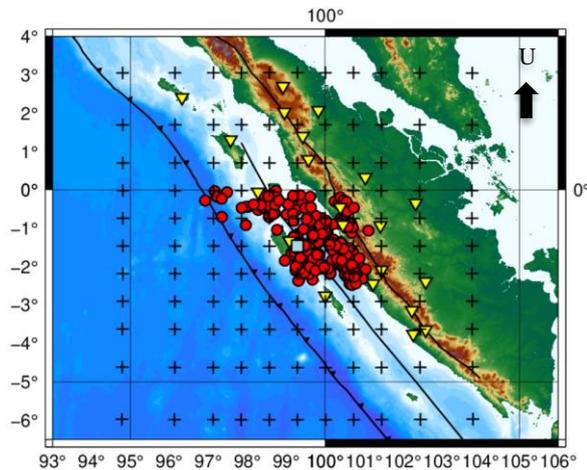
- r = residual waktu tempuh observasi dan kalkulasi
- $T^{obs}$  = waktu tempuh observasi
- $T^{cal}$  = waktu tempuh kalkulasi
- f = fungsi terhadap lokasi stasiun (s), lokasi hiposenter dan waktu tiba (h), dan model kecepatan (m)
- e = koreksi stasiun
- k = jumlah hiposenter
- i = jumlah lapisan

Serangkaian data yang telah diolah menggunakan *software* VELEST kemudian dilakukan pengolahan dengan metode tomografi seismik. Metode tomografi seismik merupakan suatu metode pencitraan 3D struktur bawah permukaan bumi, dengan parameter berupa waktu penjalaran suatu gelombang seismik dari sumber (*source*) yang melewati suatu medium tertentu dan tercatat pada stasiun (*receiver*). Penjalaran suatu gelombang seismik dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$T = \int_i^j u dl$$

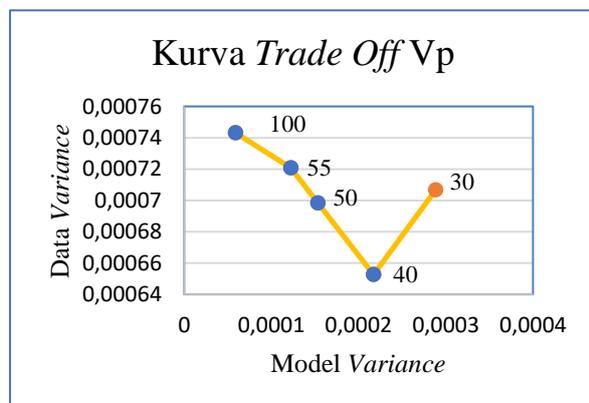
dimana  $T$  merupakan waktu tempuh gelombang seismik dari sumber ( $i$ ) ke stasiun ( $j$ ),  $u$  adalah pelambatan (*slowness*) dan  $dl$  adalah panjang segmen lintasan sinar gelombang.

Data yang digunakan untuk perhitungan inversi tomografi sebanyak 295 *event* dengan 21 stasiun perekam. Data yang digunakan adalah data kejadian gempa bumi dengan jumlah minimal stasiun pencatat 4 stasiun dan nilai *azimuth* GAP <220°. Selanjutnya dilakukan parameterisasi model ialah penentuan *grid* (**Gambar 1**) dan kecepatan model awal yang digunakan dalam proses inversi tomografi. Distribusi kerapatan stasiun seismik, posisi episenter, dan target daerah penelitian menjadi faktor pertimbangan utama untuk menentukan ukuran *grid* di suatu area.

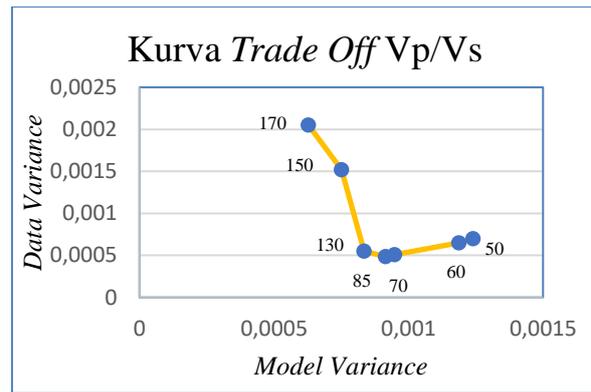


**Gambar 1.** Konfigurasi *grid* yang digunakan untuk perhitungan tomografi seismik waktu tempuh dengan distribusi episenter dan stasiun perekam gempa bumi. Episenter yang digunakan merupakan hasil dari relokasi hiposenter dengan menggunakan metode *Coupled Velocity Hypocenter*

Pada penelitian ini, dilakukan uji *damping* dengan menggunakan analisis kurva *trade-off* untuk mendapatkan nilai redaman (*damping*) yang optimum. Nilai redaman dicari untuk mendapatkan nilai redaman yang optimum, nilai redaman optimum dilakukan agar meningkatkan nilai varians model dan menurunkan varians data. Pada penelitian ini didapatkan nilai redaman optimum  $V_p$  sebesar 40 pada **Gambar 2** dan  $V_p/V_s$  sebesar 85 pada **Gambar 3**.

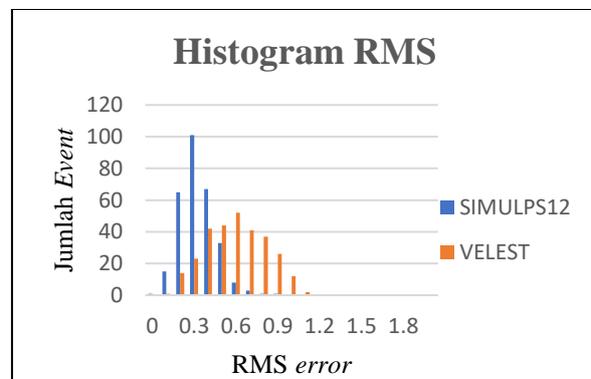


**Gambar 2.** Kurva *trade off*  $V_p$  yang memperlihatkan varians data dengan varians model dimana terlihat *damping* 40 merupakan nilai yang optimum



**Gambar 3.** Kurva *trade off*  $V_p/V_s$  yang memperlihatkan varians data dengan varians model dimana terlihat *damping* 85 merupakan nilai yang optimum

Setelah tahap inversi tomografi dilakukan uji resolusi yang bertujuan untuk melihat resolusi yang dihasilkan dan dilakukan sebelum interpretasi tomogram hasil inversi data observasi. Dalam penelitian ini dilakukan dua metode uji resolusi yaitu *Checkboard Resolution Test* (CRT) dan *Derivative Weight Sum* (DWS). Uji resolusi CRT digunakan untuk menguji model menggunakan metode pemodelan kedepan. Apabila hasil yang didapatkan dari proses CRT ini sama atau mendekati model awal, maka hasil inversi tomografi sudah baik. Selanjutnya uji resolusi dengan DWS membantu menguji hasil inversi berdasarkan distribusi *ray* untuk setiap *node*.



**Gambar 4.** Histogram *RMS error*, dimana warna oranye merupakan hasil *software* VELEST dan warna biru merupakan hasil relokasi dengan *software* SIMULPS12

Sebagai validasi dari penelitian relokasi hiposenter dibuat perbandingan antara frekuensi nilai residual sebelum dan sesudah relokasi hiposenter pada **Gambar 4**. Validasi ini dilakukan untuk menguji keakuratan hasil relokasi, hasil relokasi dikatakan baik jika nilai waktu residual mendekati nol. Nilai RMS residual yang didapatkan sesudah direlokasi lebih kecil dibandingkan dengan sebelum direlokasi. Hal ini dapat disebabkan karena model kecepatan yang digunakan ialah model kecepatan 3D sehingga hasil relokasi yang didapatkan lebih baik.

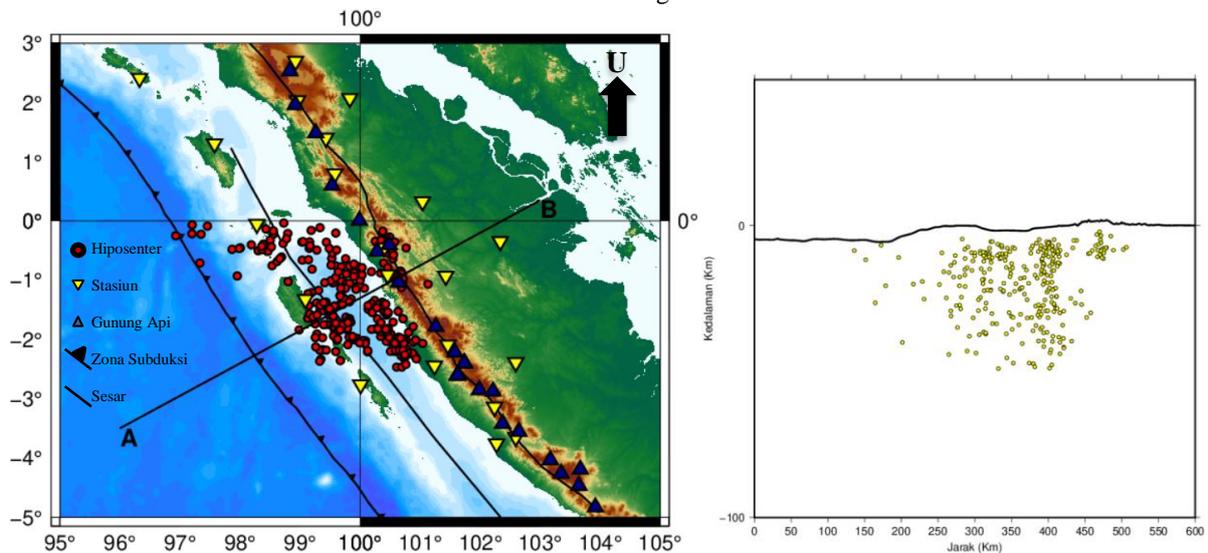
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Relokasi Hiposenter

Berdasarkan hasil relokasi hiposenter yang secara simultan dengan model kecepatan 3D menggunakan *software* SIMULPS12 didapatkan posisi hiposenter yang lebih baik ditunjukkan pada **Gambar 5**. Secara horizontal gempa setelah relokasi tidak begitu mengalami perubahan, namun secara vertikal terjadi perubahan. Perbedaan tersebut terjadi karena dengan dilakukannya relokasi maka lokasi hiposenter gempa bumi akan lebih tepat.

Distribusi episenter gempa bumi terlihat pada daerah *Sumatera Fault Zone* yaitu di daerah segmen Barumun

hingga segmen Sianok, *Forearc Basin* dan *Mentawai Fault Zone*. Seperti yang kita ketahui bahwa daerah patahan merupakan daerah zona lemah yang memungkinkan terjadinya kejadian gempa bumi. Secara tektonik pulau Sumatera merupakan zona Busur Sunda bagian barat. Sumatera Barat merupakan wilayah aktif yang berada pada zona kerak kontinental dan merupakan bagian dari sesar besar Sumatera. Sieh dan Natawidjaya (2000) membagi zona sesar Sumatera menjadi 19 segmen, 6 diantaranya berada pada wilayah penelitian yaitu segmen Barumun, segmen Sianok, segmen Suliti, segmen Siulak, segmen Dikit dan segmen Ketaun.



**Gambar 5.** Hasil sesudah relokasi menggunakan *software* SIMULPS12.

### Hasil Uji Resolusi dan Inversi Tomografi Kecepatan 3D Gelombang P ( $V_p$ ) dan $V_p/V_s$

Perbedaan kualitas dan jumlah data *arrival time* antara gelombang P ( $V_p$ ) dan gelombang S ( $V_s$ ) akan menghasilkan artefak yang berbeda pada setiap model. Sehingga untuk menghindari hal tersebut, kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) dimodelkan langsung dari *arrival time* gelombang P, namun untuk  $V_s$  dimodelkan dengan pendekatan yang lebih baik yang digunakan dalam *software* SIMULPS12 yaitu inversi Ts-Tp secara langsung untuk mendapatkan model  $V_p/V_s$  [7]. Sehingga uji resolusi dilakukan pada hasil inversi tomografi  $V_p$  dan  $V_p/V_s$ .

Seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 7 a)** adalah hasil DWS gelombang P dimana blok-blok yang memiliki resolusi baik merupakan blok-blok yang banyak dilewati sinar gelombang. Pada penelitian ini didapatkan nilai DWS  $V_p$  minimum sebesar 0 dan nilai maksimum sebesar 12.665. Dalam penelitian ini didapatkan nilai rata-rata DWS  $V_p$  sebesar 400, sehingga nilai DWS yang lebih besar dari 400 dipilih untuk membatasi daerah yang banyak dilewati sinar gelombang sehingga dapat terlihat perubahannya yang

ditandai dengan garis hitam putus-putus. Pada hasil uji resolusi dengan DWS  $V_p$  terlihat daerah yang banyak dilewati sinar gelombang adalah *slice* horizontal dengan kedalaman 0 km, 10 km, 20 km, 30 km dan 50 km. **Gambar 7 b)** merupakan hasil uji resolusi dengan CRT  $V_p$  yang memperlihatkan blok-blok yang teresolusi dengan baik terlihat pada daerah yang terkonstruksi kembali seperti model papan catur yaitu *slice* horizontal dengan kedalaman 20 km, 30 km dan 50 km. **Gambar 7 c)** merupakan hasil inversi tomografi, anomali kecepatan tinggi ditandai gradasi warna biru dengan hasil tomogram yang berkisar antara +5% hingga +10% yang relatif tinggi dibandingkan sekitarnya, sedangkan anomali kecepatan rendah ditandai dengan gradasi warna merah yang terlihat berkisar antara -5% hingga -10% yang relatif lebih rendah dibandingkan daerah disekitarnya.

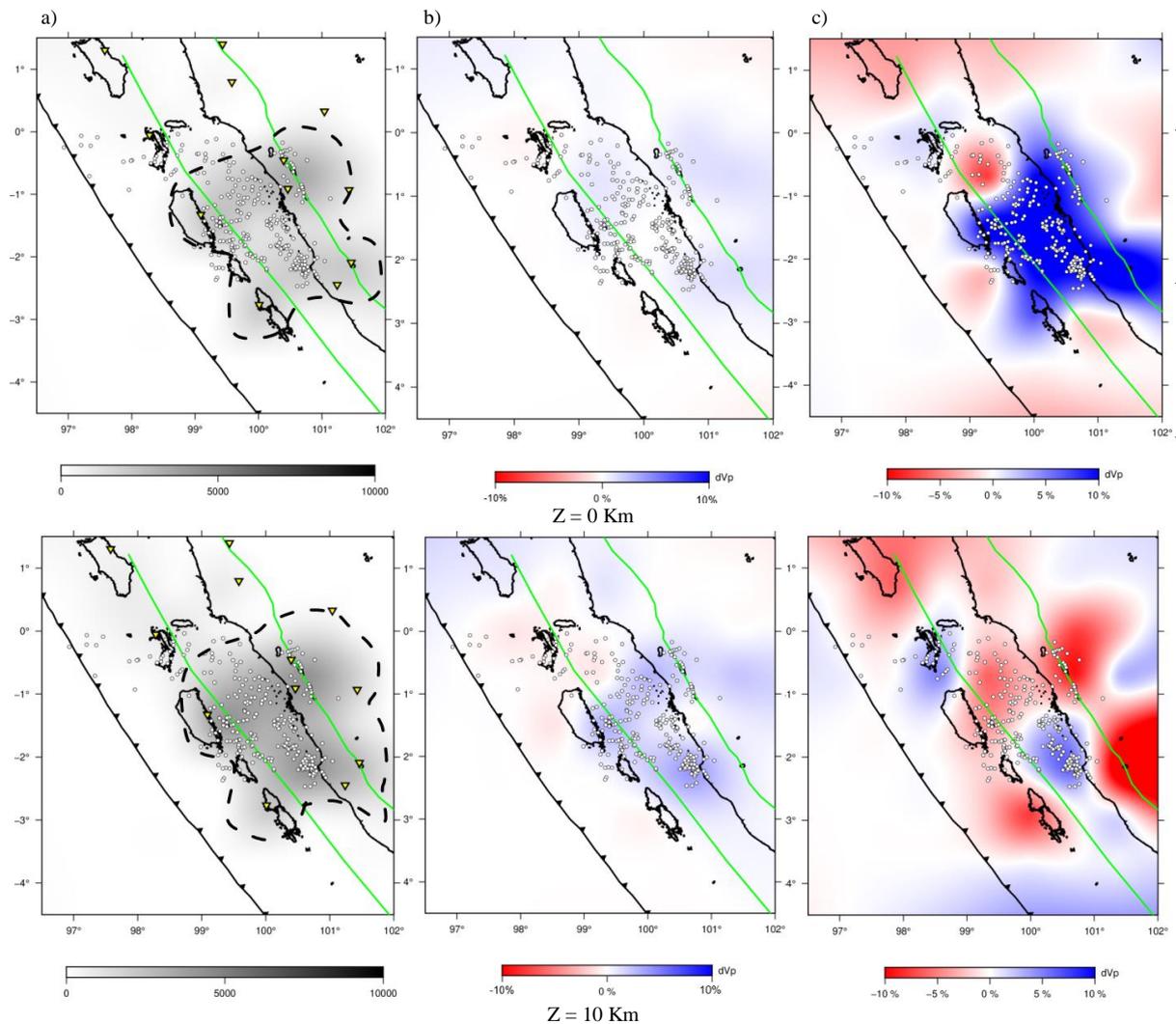
Seperti halnya gelombang P, pada  $V_p/V_s$  juga dilakukan uji resolusi dan didapatkan hasil yang ditunjukkan pada **Gambar 8 a)** hasil uji resolusi dengan DWS  $V_p/V_s$ . Pada penelitian ini didapatkan nilai DWS  $V_p/V_s$  minimum sebesar 0 dan nilai maksimum sebesar 1.172. Dalam penelitian ini didapatkan nilai rata-rata DWS  $V_p/V_s$  sebesar 125,

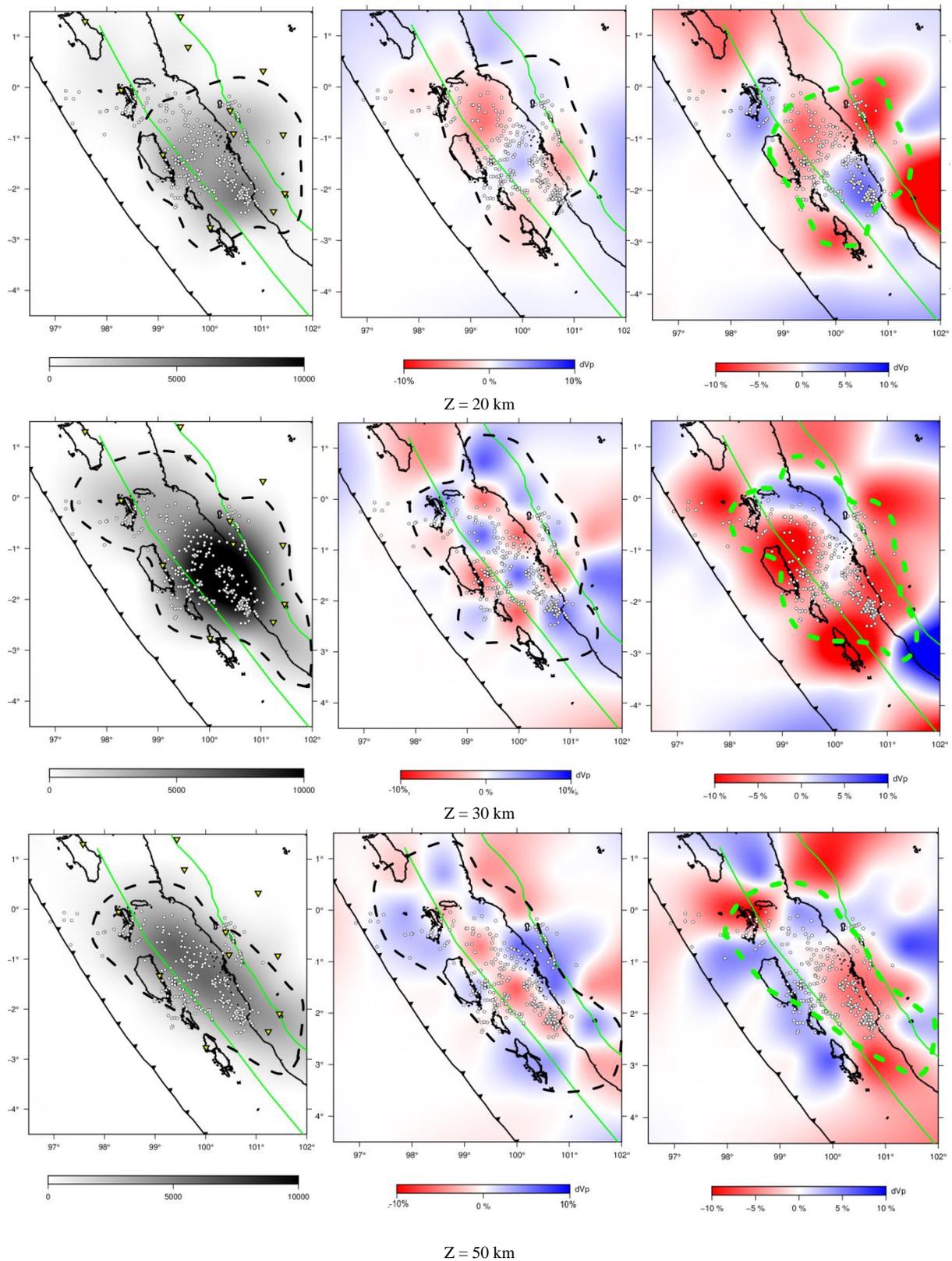
sehingga nilai DWS  $V_p/V_s$  yang lebih besar dari 125 dipilih untuk membatasi daerah yang banyak dilewati sinar gelombang sehingga dapat terlihat perubahannya yang ditandai dengan garis hitam putus-putus. Pada **Gambar 8 b)** merupakan hasil uji resolusi dengan CRT  $V_p/V_s$  yang memperlihatkan blok-blok yang teresolusi dengan baik terlihat pada daerah yang terekonstruksi kembali seperti model papan catur yaitu *slice* horizontal dengan kedalaman 20 km, 30 km dan 50 km. Terlihat sedikit perbedaan antara hasil uji resolusi pada  $V_p$  dan  $V_p/V_s$ , dimana hasil CRT gelombang P memperlihatkan pola papan catur yang lebih baik. Hal ini dapat disebabkan oleh kualitas data dan jumlah fasa gelombang P lebih banyak yang digunakan pada proses inversi tomografi. Pada **Gambar 8 c)** merupakan hasil inversi tomografi  $V_p/V_s$ . Nilai rasio  $v_p/V_s$  yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 1,73. Dalam penelitian ini diperoleh nilai maksimum rasio  $V_p/V_s$

minimum sebesar 1,39 dan nilai rasio  $V_p/V_s$  maksimum sebesar 2,05.

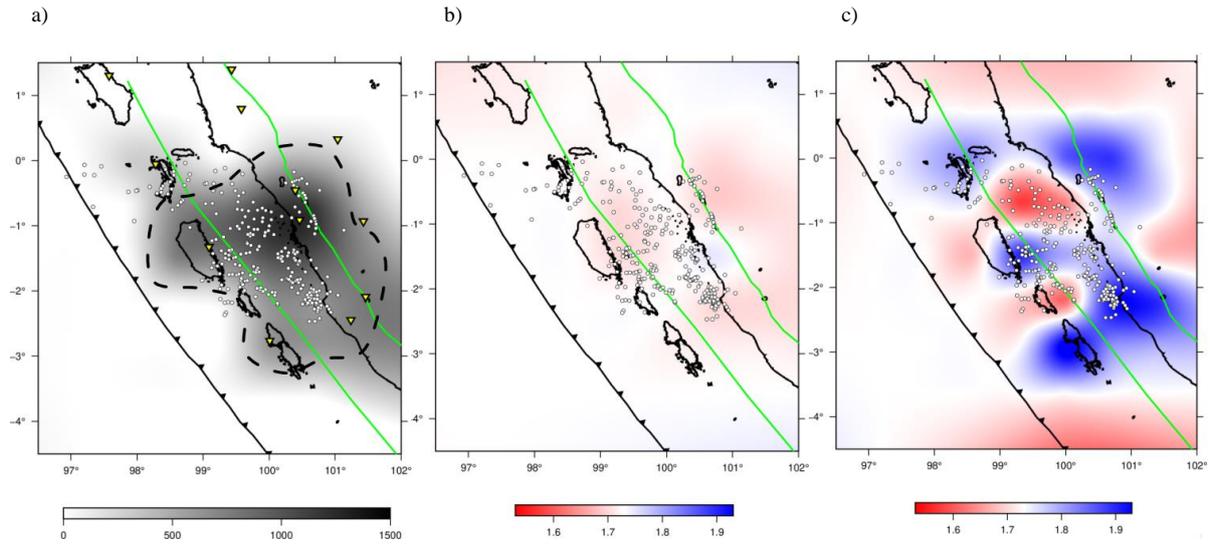
Gradasi warna biru tua menunjukkan anomali kecepatan positif maksimum, sedangkan warna merah tua menunjukkan anomali kecepatan negatif maksimum. Anomali kecepatan positif menunjukkan bahwa kecepatan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan yang kecepatan model awal pada daerah tersebut serta menandakan adanya batuan keras dan bersifat lebih padat pada daerah tersebut.

Anomali kecepatan negatif menunjukkan bahwa kecepatan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan kecepatan rata-rata daerah tersebut. Nilai kecepatan gelombang P yang lebih rendah teramati dalam batuan yang memiliki porositas tinggi dan kehadiran rekahan juga akan mengurangi kecepatan seismik dibandingkan dengan batuan utuh [8].

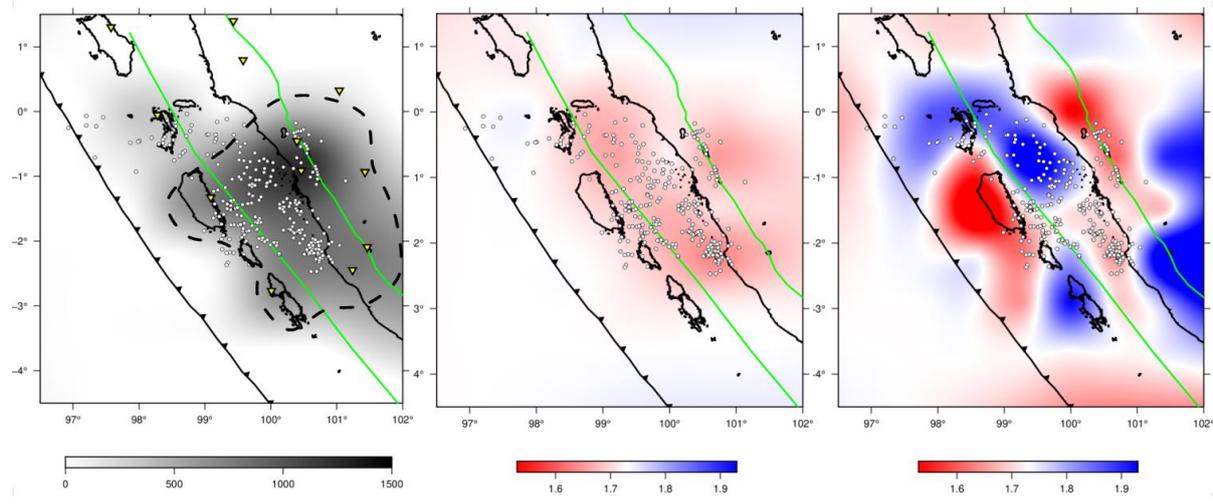




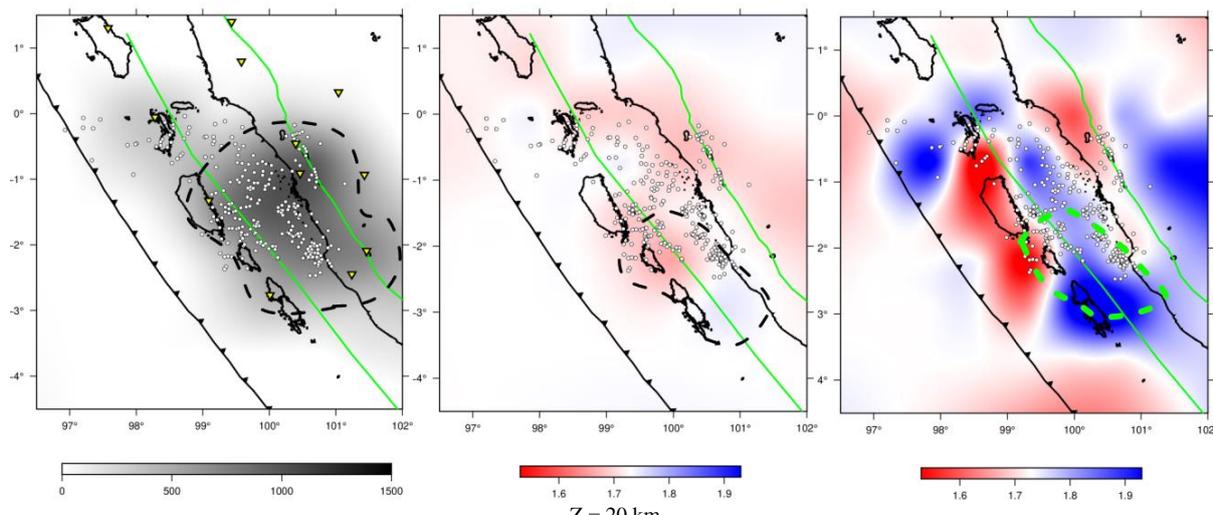
**Gambar 7.** Tomogram slice horizontal gelombang P a). *Derivative Weight Sum (DWS)*, b). *Checkerboard Resolution Test (CRT)*, dan c). Hasil inversi tomografi seismik. Segitiga kuning merupakan stasiun perekam gempa bumi, garis hijau tebal merupakan patahan, garis hitam tebal merupakan *trench*, garis hitam putus-putus merupakan daerah yang memiliki resolusi baik, garis hijau putus-putus merupakan daerah yang dapat dilakukan interpretasi, dan lingkaran putih merupakan posisi hiposenter.



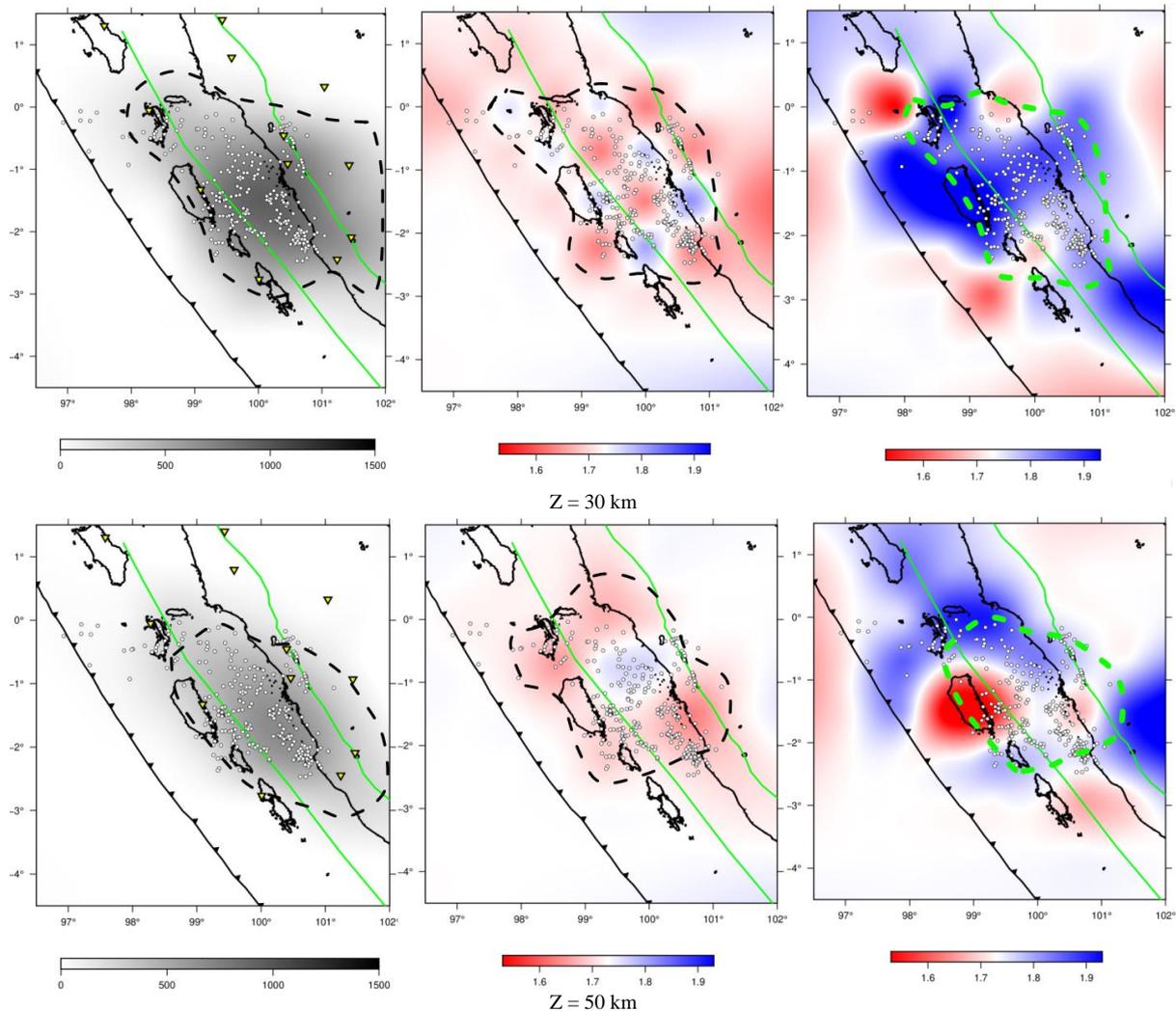
Z = 0 km



Z = 10 km



Z = 20 km



**Gambar 8.** Tomogram *slice* horizontal  $V_p/V_s$  a). *Derivative Weight Sum* (DWS), b). *Checkerboard Resolution Test* (CRT), dan c). Hasil inversi tomografi seismik. Segitiga kuning merupakan stasiun perekam gempa bumi, garis merah tebal merupakan patahan, garis hitam tebal merupakan *trench*, garis hitam putus-putus merupakan daerah yang memiliki resolusi baik, garis hijau putus-putus merupakan daerah yang dapat dilakukan interpretasi, dan lingkaran putih merupakan posisi hiposenter.

Interpretasi tomogram dilakukan dengan pada hasil inversi tomografi yang memiliki hasil yang baik pada saat uji resolusi. Daerah yang memiliki resolusi baik ialah daerah dengan *slice* horizontal pada kedalaman 20 km, 30 km, dan 50 km. Secara umum *slice* horizontal pada hasil tomogram dengan kedalaman 20 km terlihat bahwa kejadian gempa bumi berada pada daerah *forearc* dan *Mentawai Fault Zone*. Pada daerah tersebut terlihat memiliki anomali kecepatan gelombang P yang rendah kecuali pada daerah Pulau Batu, sedangkan untuk tomogram  $V_p/V_s$  didapatkan nilai rasio  $V_p/V_s$  yang relatif tinggi (1,73–2,05). Selain itu, pada sepanjang daerah *Sumatra Fault Zone* terlihat memiliki anomali kecepatan gelombang P rendah yang ditandai dengan anomali berwarna merah. Namun, pada hasil tomogram  $V_p/V_s$  memiliki nilai rasio  $V_p/V_s$  tinggi pada daerah segmen Siulak, segmen Dikit, dan segmen Ketaun. Hal ini dapat mengidentifikasi bahwa pada daerah ketiga segmen tersebut merupakan daerah yang memiliki porositas

tinggi. Sedangkan pada daerah segmen Sianok memiliki nilai rasio  $V_p/V_s$  yang rendah (1,29–1,73). Hal ini menandakan bahwa daerah ini memiliki batuan yang keras dan lebih padat dibandingkan daerah disekitarnya.

Pada *slice* horizontal dengan kedalaman 30 km secara umum terlihat bahwa di sepanjang daerah *Sumatra Fault Zone* memiliki anomali kecepatan gelombang P yang rendah sedangkan nilai rasio  $V_p/V_s$  yang tinggi. Pada daerah *Mentawai Fault Zone* terlihat memiliki anomali kecepatan gelombang P yang rendah dan hasil tomogram  $V_p/V_s$  didapatkan nilai rasio  $V_p/V_s$  yang relatif tinggi. Hasil tomogram pada kedalaman 50 km terlihat bahwa di daerah *Sumatra Fault Zone* memiliki anomali kecepatan gelombang P yang rendah kecuali pada daerah segmen Barumun dan segmen Ketaun sedangkan didapatkan nilai rasio  $V_p/V_s$  yang rendah. Pada kedalaman ini terdapat juga perbedaan anomali kecepatan gelombang P dan  $V_p/V_s$  pada daerah Pulau

Siberut dimana kecepatan gelombang P yang tinggi sedangkan nilai rasio Vp/Vs rendah. Secara umum hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh R. Collings, dkk (2007) menyatakan bahwa daerah yang berada di *forearc* teramati memiliki nilai Vp rendah serta nilai rasio Vp/Vs yang lebih

tinggi dan ditafsirkan sebagai daerah rekahan atau sedimen yang bertekanan jenuh. Diament *et al* (1992) juga berpendapat bahwa linearitas dan *flower structures* yang berada di patahan Mentawai mirip dengan patahan Sumatera.

**Tabel 1.** Katalog interpretasi dari beberapa peneliti

Vp	Vp/Vs	Interpretasi	Referensi
Rendah	Tinggi	Kehadiran rekahan atau daerah sedimen yang bertekanan jenuh	R. Collings dkk., 2007
Rendah	Rendah	Keberadaan daerah lemah seperti sesar atau struktur bawah permukaan hasil kegiatan tektonik	Aki dkk., 1976
Tinggi	Rendah	Bekas konduit dari intrusi magma yang membeku atau daerah batuan keras	Wang, Z dkk., 1990

## KESIMPULAN

Hasil distribusi kecepatan gelombang P dan Vp/Vs terdapat variasi anomali Vp dan Vp/Vs di sekitar bagian *Sumatera Fault Zone* dan *Mentawai Fault Zone*. Anomali Vp yang rendah dan nilai rasio Vp/Vs tinggi memiliki asosiasi dengan daerah yang memiliki porositas tinggi dan kehadiran rekahan. Pada daerah yang memiliki nilai Vp yang tinggi dan nilai rasio Vp/Vs rendah merupakan daerah intrusi magma yang telah membeku atau daerah batuan keras dan lebih padat dibandingkan batuan sekitarnya. Sedangkan pada daerah yang memiliki Vp rendah dan nilai rasio Vp/Vs yang rendah merupakan bidang retakan. Daerah yang berasosiasi dengan daerah sedimen bertekanan jenuh akan berpengaruh terhadap tekanan pori yang akan berkontribusi pada kejadian gempa bumi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yaitu Bapak Dr. Tedi Yudistira S.Si., M.Si. dan Bapak Erlangga Ibrahim Fattah S.Si., M.T. yang telah memberikan arahan dan bimbingannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Serta mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen Program Studi Teknik Geofisika Institut Teknologi Sumatera.

## REFERENSI

[1] Hall, R., 2002. *Cemozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of SE Asia and the SW Pacific: Computer Based Recrontruction, Model and Animation*. Journal of Asian Earth Science (20) 2002, 353 – 431.

[2] Hamilton, W.R., 1979. *Tectonics of The Indonesia Region*. United States Geological Survei.

[3] Darman, H. dan Sidi, H. 2000. *An Outline of The Geology of Indonesia*, IAGI-200.

[4] Shelawisata, H. G., Dwa Desa Warnana, dan Rochman, J. P.G. N. 2018. *Pemodelan 3D Kecepatan Gelombang P Dengan Metode Double Difference Dan Tomografi Travel Time Untuk Identifikasi Patahan (Studi Kasus: Patahan Palu-Koro)*. Jurnal Geosaintek, 4 No.2, 51–62.

[5] Bellier, O. dan M. Sebrier. 1994. *Relationship between tectonism and volcanism along the Great Sumatran Fault zone deduced by SPOT image analyses*. Tectonophysics 233, p. 215-231.

[5] Sieh, K., dan D. Natawidjaja. 2000. *Neotectonics of the Sumatran fault*. Indonesia.J. Geophys. Res., 28, 295-326. 2000.

[6] Zandomenoghi, D. 2007. *Passive and Active Seismic Tomography of Volcano san Miguel (Portugal) and Deception (Antartica)*, Disertasi Doktor, University of Granada, Granada.

[7] Evans, J.R., Eberhart-Philips, and D., Thurber, C.H. 1994. *User's Manual for SIMULPS12 for Imaging Vp and Vp/Vs : A Derivative of the "Thurber" Tomographic Inversion SIMUL3 for Local Earthquakes and Explosions*, U.S. Geological Survey. USGS-OFR-94-431.

[8] R. Collings, D. Lange, A. Rietbrock, F. Tilmann, D. Natawidjaja, B. Suwargadi, M. Miller dan J. Saul. 2011. *Structure and seismogenic properties of the Mentawai segment of the Sumatra*

*subduction zone by local earthquake traveltime tomography.* J. Geophys. Res., 117, 0148-0227.

- [9] Diament, M., H. Harjono, K. Karta, C. Deplus, D. Dahrin, M. T. Zen Jr., M. Gerard, O. Lassal, A. Martin, and J. Malod. 1992. *Mentawai fault zone off Sumatra: A new key to the geodynamics of western Indonesia*, Geology, 20(3), 259-262.
- [10] Aki, K. and Lee, W.H.K. 1976. *Determination OF Three-Dimensional Velocity Anomalies Under a Seismic Array Using First P Arrival Times from Local Earthquakes, A Homogeneous Initial Model*, Journal Geophysics. Res, Vol.81. No.23 hal. 43814399.
- [11] Wang, Z., M.L Batze, and A.M Nur. 1990. *Effect of Different Pore Fluids on Seismic Velocities in Rock*, Can. J. Explore. Geophysics., Vol.26 No 5. 1 & 2, P 104-112.