

**PENGGAMBARAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DENGAN  
METODE TOMOGRAFI  
(STUDI KASUS : NUSA TENGGARA BARAT DAN SEKITARNYA)**

**SKRIPSI**

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Fisika*



**OLEH**  
**RACHMA PUSPA WARDANI**  
**08021181722013**

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGGAMBARAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DENGAN METODE TOMOGRAFI

(STUDI KASUS : NUSA TENGGARA BARAT DAN SEKITARNYA)

### SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar*

*Sarjana Sains Bidang Studi Fisika*

Oleh :

**RACHMA PUSPA WARDANI**

**08021181722013**

Indralaya, November 2021

**Menyetujui,**

**Pembimbing II**



**Drs. Pradanto Poerwono, DEA**

**NIP. 195807241985031012**

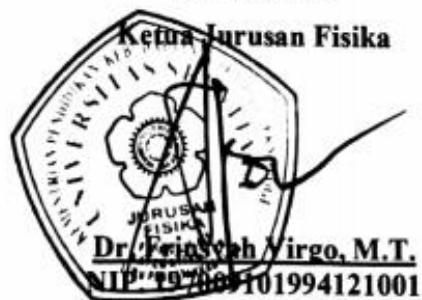
**Pembimbing I**



**M. Yusup Nur Khakim Ph.D**

**NIP. 197203041999031002**

**Mengetahui,**



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan kesehatan kepada saya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, walaupun terdapat kekurangan didalamnya. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan kita sebagai generasi penerus hingga akhir zaman. Adapun Tugas Akhir dengan judul "**PENGGAMBARAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DENGAN METODE TOMOGRAFI (STUDI KASUS : NUSA TENGGARA BARAT DAN SEKITARNYA)**" yang dilakukan di Jurusan Fisika MIPA Universitas Sriwijaya, Indralaya dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains di Jurusan Fisika MIPA Universitas Sriwijaya.

Tak lupa kiranya, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada banyak pihak yang telah membantu, baik secara moril dan materiil yang sangat berguna bagi saya selama proses pembuatan Skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan Terima kasih kepada :

1. Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah penulis dapat sampai ketitik dimana saya dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orang tua saya, Ibu dan Kanjeng yang selalu mendukung dan menguatkan saya serta mencerahkan semua yang dibutuhkan dalam studi saya, serta untuk Restia adik saya tercinta yang juga turut mendukung saya. Juga kepada keluarga saya Bani Abu Syamsudin dan Bani Ramulan yang turut mendo'akan saya.
3. Bapak Dr. M. Yusup Nur Khakim, Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama penelitian saya dan Bapak Drs. Pradanto Poerwono, DEA., selaku dosen pembimbing kedua penelitian saya. Terima kasih atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan, serta kesabaran dan waktu yang telah diberikan yang sangat berarti bagi saya.
4. Bapak Dr. Azhar K Affandi, Bapak Dr. Dedi Setiabudidaya dan Ibu Dr. Idha Royani, M.Si. selaku dosen pengajar di Jurusan Fisika dan penguji dalam penelitian ini yang telah memberikan banyak masukan demi perbaikan penelitian dan diri pribadi.

5. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika dan Bapak Dr. Supardi, M.Si Selaku Sekeretaris Jurusan Fisika atas seluruh dukungan yang telah diberikan.
6. Bapak Sutopo, S.Si., M.Si., Ibu Erni, S.Si., M.Si., Ibu Dr. Siti Sailah, Bapak Drs. Arsali, M.Sc., Bapak Drs. Muhammad Irfan, M.T., dan seluruh dosen pengajar di Jurusan Fisika atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan, kemudian Pak Nabair (Babe), kak David, dan Mbak Yun selaku pegawai Jurusan Fisika.
7. Untuk saudari seperjuangan : Elda Astrita dan Isfi Aprillia, serta keluarga Fraksi Perindu : Nadia Nur Anisa, Jenny Alanna Engka, Rendy Malikulmulki Wahid, Evan Kurniadi Wardana, Ryan Apratama, dan Amin Rusli, yang telah mendukung dan mendo'akan saya serta memberi suntikan semangat yang tak terkira.
8. Teman-teman seperjuangan GEOFISIKA 17.
9. Teman-teman FISIKA angkatan 2017.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan Allah balas dengan kebaikan dan ketaatan kepada Allah berlipat ganda, diri dan keluarga yang sehat, serta lancar dalam segala urusan baik dunia maupun dalam mempersiapkan bekal untuk di akhirat kelak.

Saya menyadari bahwa di dalam penyusunan Skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karna itu saya mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun dan dapat memacu saya untuk berkarya lebih baik di kesempatan yang akan datang. Akhir kata saya berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi saya khususnya, dan pembaca pada umumnya. Sekian dan terima kasih.

Indralaya, November 2021



**Rachma Puspa wardani**  
**08021181722013**

**PENGGAMBARAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DENGAN  
MENGGUNAKAN METODE TOMOGRAFI  
(STUDI KASUS : NUSA TENGGARA BARAT DAN SEKITARNYA)**

**Rachma Puspa Wardani  
08021181722013**

**ABSTRAK**

Daerah Nusa Tenggara Barat rawan akan terjadinya gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan struktur bawah permukaan dengan memanfaatkan data gempa bumi yang didapat dari katalog ISC (*International Seismological Center*). Struktur bawah permukaan di buat model dengan metode tomografi menggunakan *software LOTOS-13 (Local Earthquake Tomography Software)*. Data diambil dari rentang waktu Januari 2000 hingga Desember 2020. Dari model Vp, Vs, dan rasio Vp/Vs yang didapatkan akan digunakan untuk menginterpretasi kondisi bawah permukaan wilayah Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya. Distribusi seismisitas menunjukkan adanya aktifitas yang sangat aktif di daerah utara dan selatan daerah Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya. Dari model anomali kecepatan gelombang, dapat menunjukkan adanya indikasi patahan yang terbentuk akibat adanya pertemuan dua lempeng dan adanya zona subduksi, dimana lempeng ini merupakan pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Selain itu, didapat anomali berupa dapur magma yang menandai keberadaan Gunung Rinjani di daerah penelitian. Daerah ini ditandai dengan adanya anomali negatif pada kedalaman 0-15 km.

Kata Kunci : Gempa Bumi, Tomografi, LOTOS-13, Gunung Rinjani, Nusa Tenggara Barat

**IMAGING OF UNDER SURFACE STRUCTURE USING TOMOGRAPHY  
METHOD  
(CASE STUDY: WEST NUSA TENGGARA AND SURROUNDINGS)**

**Rachma Puspa Wardani  
08021181722013**

**ABSTRACT**

West Nusa Tenggara is prone to earthquakes. This study aims to describe subsurface structure by utilizing earthquake data obtained from the International Seismological Center catalog. The subsurface structures were modelled by tomography technique based on the LOTOS-13 (Local Earthquake Tomography Software) software. The data were utilized for a period of January 2000 December 2020. Estimated velocity models of  $V_p$ ,  $V_s$ , and  $V_p/V_s$  ratio interpret the subsurface of the West Nusa Tenggara region and its surroundings. seismicity distribution map indicates that there are active structures in the northern and southern areas of West Nusa Tenggara. In addition, the wave velocity anomaly models indicate faults formed from the meeting of two plates plates in the subduction zone, namely the Indo-Australian plate with the Eurasian plate. Furthermore, an anomaly in the form of a magma chamber which is associated with the Mount Rinjani activities. This area is characterized by negative anomaly exist in depth range of 0-15 km.

Keywords: Earthquake, Tomography, LOTOS-13, Mount Rinjani, West Nusa Tenggara

## **DAFTAR ISI**

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II .....	4
2.1. Geologi Regional dan Kegempaan Nusa Tenggara Barat dan Sekitarnya.....	4
2.2. Gempa Bumi .....	6
2.2.1. Patahan .....	6
2.2.2. Zona Sumber Gempa Bumi.....	7
2.3. Gelombang Seismik .....	8
2.4. Inversi Linier .....	10
2.5. Tomografi Seismik .....	11
2.6. Parameterisasi.....	11
2.7. <i>Ray Tracing</i> .....	11
2.8. Uji Resolusi <i>Checkerboard</i> .....	12
2.9. LOTOS (Local Earthquake Tomography Software) .....	12
BAB III.....	14
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	14
3.2. Data Penelitian .....	14

3.3. Pengolahan Data dan Interpretasi .....	15
BAB IV .....	18
4.1. Hasil .....	18
4.1.1. Pengujian Papan Catur .....	18
4.1.2. Distribusi kecepatan 3D .....	24
4.1.3. Distribusi rasio Vp/Vs .....	30
4.2. Pembahasan.....	33
BAB V .....	37
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Geologi serta titik-titik sumber gempa di NTB dan Sekitarnya .....	4
Gambar 2.2 Gunung Rinjani dalam peta pulau Lombok .....	5
Gambar 2.3 Gelombang Seismik dan cara rambatannya .....	9
Gambar 3.1 Peta daerah penelitian Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya .....	14
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 4.1. Hasil pengujian papan catur untuk kecepatan gelombang P (horizontal). ....	18
Gambar 4.2. Hasil pengujian papan catur untuk kecepatan gelombang S (horizontal) .....	19
Gambar 4.3. Hasil pengujian papan catur untuk rasio Vp/Vs (horizontal).....	20
Gambar 4.4. Hasil pengujian papan catur untuk kecepatan gelombang P (vertikal) .....	21
Gambar 4.5. Hasil pengujian papan catur untuk kecepatan gelombang S (vertikal) .....	22
Gambar 4.6. Hasil pengujian papan catur untuk rasio Vp/Vs (vertikal) .....	23
Gambar 4.7. Anomali Vp pada penampang horizontal .....	24
Gambar 4.8. Anomali Vs pada penampang horizontal .....	25
Gambar 4.9 Garis <i>cross section</i> untuk menampilkan anomali Vp, Vs dan rasio Vp/Vs dalam penampang vertikal .....	26
Gambar 4.10 Anomali penampang vertikal Vp .....	27
Gambar 4.11 Anomali penampang vertikal Vs .....	28
Gambar 4.12. distribusi rasio Vp/Vs penampang horizontal .....	30
Gambar 4.13. distribusi rasio Vp/Vs penampang vertikal Vs .....	31
Gambar 4.14. Interpretasi struktur kecepatan di bawah pulau Lombok .....	33
Gambar 4.15. Interpretasi model kecepatanVp (Widyarta dkk., 2020).....	34
Gambar 4.16. Relokasi gempa bumi pada wilayah Pulau Lombok dan sekitarnya (Supendi dkk., 2020).....	34
Gambar 4.17. Peta distribusi seismisitas wilayah Nusa Tenggara Barat dan Sekitarnya .....	35

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Di era Globalisasi ini, perkembangan pengetahuan semakin pesat. Kebutuhan akan ilmu pengetahuan pun semakin bertambah. Begitu pula dalam bidang keilmuan Geofisika. Salah satunya yang sangat menarik untuk dibahas ialah gempa bumi. Di Indonesia sendiri sering terjadi gempa bumi dengan skala yang kecil maupun skala besar. Kondisi ini, tidak terlepas dari kondisi tektonik Indonesia itu sendiri yang sangat aktif. Dimana, 80% dari wilayah Indonesia itu terletak pada daerah seismik yang beresiko tinggi di dunia. Kadangkala gempa bumi yang terjadi di Indonesia dengan skala besar, diikuti oleh terjadinya tsunami (Naryanto, 2008). Secara geografi, Indonesia terletak pada tiga lempengan aktif, lempeng Indo-Australian di sebelah selatan, lempeng Pasifik di sebelah timur dan lempeng Eurasian di sebelah utara. Hal inilah yang menjadikan Indonesia sebagai negara yang sangat rawan terjadi bencana seperti gempa bumi (Kholil dkk., 2019).

Dilihat dari kondisi geologisnya, Nusa Tenggara Barat memiliki dua sumber gempa utama yang aktif, yaitu patahan Flores di utara pulau Lombok dan zona subduksi pulau Jawa di sebelah selatan (Palipi dkk., 2020). Sedangkan wilayah sekitar Nusa Tenggara Barat seperti pulau Bali, terletak pada zona pertemuan lempeng tektonik dimana lempeng Indo-Australia menyusup dibawah lempeng Eurasia yang dapat disebut zona subduksi. Zona subduksi ini menghasilkan struktur geologi berupa sesar aktif (Hidayatunnisa dkk., 2014). Dari letak dan kondisi geologis ini, dapat dilihat bahwa pulau Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya memiliki aktifitas kegempaan yang tinggi sehingga sangat menarik untuk dipelajari.

Sebelumnya telah dilakukan beberapa penelitian di daerah Nusa Tenggara Barat dengan beberapa metode. Diantaranya menggunakan metode Analisa *Peak Ground Acceleration* (Santoso dan Agustawijaya, 2020) dan Deformasi Berdasarkan Data GPS (Sulaeman dkk., 2019). Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan di daerah Nusa Tenggara Barat ini, dapat ditemukan keterbatasan dari masing masing metode diatas. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Sulaeman dkk., (2019) yang hanya

mendapatkan hasil penelitian sebatas irisan horizontal daerah penelitian. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Santoso dan Agustawijaya (2020), hasil penelitian tidak dihubungkan dengan kondisi geologi dan struktur bawah permukaan daerah penelitian sehingga terbatas hanya sampai hingga distribusi seismisitasnya saja.

Penggunaan metode tomografi seismik untuk penggambaran bawah permukaan merupakan pilihan yang sesuai karena dengan metode ini, penggambaran atau citra yang didapat akan lebih akurat (Hidayatunnisaq dkk., 2014). Pencitraan dari tomografi seismik menggunakan gelombang seismik yang dihasilkan dari gempa bumi atau letusan untuk membuat citra 3D dari lapisan interior bumi. Pada tomografi seismik digunakan nilai anomali  $V_p$ ,  $V_s$  dan  $V_p/V_s$  untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah penelitian (Anggraini dkk., 2020). Sehingga penggambaran struktur bawah permukaan yang didapat akan semakin jelas dan memudahkan untuk dilakukan interpretasi nantinya. Maka dengan menggunakan data dari gempa yang telah terjadi di daerah studi kasus, dilakukan penelitian ini untuk menggambarkan bawah permukaan dengan metode tomografi seismik agar didapatkan hasil yang akurat dan dapat mendekati kondisi asli daerah studi kasus yang digunakan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka didapat rumusan masalah sebagai berikut :

- a) Bagaimana hubungan antara distribusi sumber gempa terhadap aktivitas kegempaan pada wilayah Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya?
- b) Bagaimana model anomali (vertikal dan horizontal) yang didapatkan dari kecepatan gelombang P ( $V_p$ ), kecepatan gelombang S ( $V_s$ ) dan rasio ( $V_p/V_s$ )?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

- a) Menganalisis distribusi sumber gempa terhadap aktivitas kegempaan pada wilayah Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya.
- b) Menganalisis kondisi geologi berdasarkan model anomali (vertikal dan horizontal) kecepatan gelombang P ( $V_p$ ), kecepatan gelombang S ( $V_s$ ) dan rasio ( $V_p/V_s$ ) untuk wilayah Nusa Tenggara Barat dan sekitarnya.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini ialah, data yang digunakan berasal dari *International Seismological Center* (ISC) dalam rentang waktu 1 Januari 2000 - 31 Desember 2020 untuk wilayah Nusa Tenggara Barat dan Sekitarnya.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini diantaranya adalah dapat mengetahui struktur bawah permukaan Nusa Tenggara Barat dan Sekitarnya serta hubungannya dengan seismisitas daerah tersebut. Serta dapat digunakan pengadaan mitigasi bencana alam di daerah tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, N., Pujiastuti, D., & Aulia, A. N., 2020. *Tomografi Kecepatan Seismik 3D Daerah Danau Toba Menggunakan SimulPS12*. Jurnal Fisika Unand, 9(4) : 457–464.
- Grandis, H., 2009. *Pemodelan Inversi Geofisika. Religion and Society* (Vol. 21). [https://doi.org/10.20594/religionandsociety.21.0\\_173](https://doi.org/10.20594/religionandsociety.21.0_173)
- Hidayatunnisak, S., Susilo, A., & Anshori, M., 2014. *Studi tomografi seismik untuk menentukan model kecepatan gelombang p daerah bali*. Brawijaya Physics Journal, 2(1) : 1–5.
- Husein, S., 2015. *Bencana Gempabumi. Proceeding of DRR Action Plan Workshop: Strengthened Indonesian Resilience: Reducing Risk from Disasters* (Vol. 2). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1112.6808>
- Hutapea, B. M., 2009. *Analisis Hazard Gempa dan Usulan Ground Motion pada Batuan Dasar untuk Kota Jakarta*. Jurnal Teknik Sipil, 16(3) : 121–132.
- Juwitarini, A., & Supardiyono., 2019. *ANALISIS MODEL KECEPATAN TOMOGRAFI 3D BODY WAVES PADA GEMPA BUMI DI WILAYAH SULAWESI TENGAH TAHUN 2008-2018 MENGGUNAKAN LOTOS-12*. Jurnal Invoasi Fisika Indonesia, 8(3) : 45–51.
- Kholil, Setyawan, A., Ariani, N., & Ramli, D. S., 2019. *Disaster Communication in 4.0 Era: Review of Earthquake Disaster Mitigation in Lombok West Nusa Tenggara*. Asian Journal of Environment & Ecology, 11(1) : 1–9. <https://doi.org/10.9734/ajee/2019/v11i130128>
- Maneno, R., & Santosa, B. J., 2019. *3d seismic velocity structure imaging beneath Flores region using local earthquake tomography*. Journal of Physics: Conference Series, 1245(1) : 0–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1245/1/012012>
- Naryanto, H. S., 2008. *ANALISIS POTENSI KEGEMPAAN DAN TSUNAMI*. Jurnal Sains dan Teknologi, 10(2) : 71–78.

- Nur, A. M., 2010. *Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya*. Jurnal Geografi, 7(1). <https://doi.org/10.15294/jg.v7i1.92>
- Palupi, I. R., Raharjo, W., & Alfiani, O. D., 2020. *Subduction modelling by Tomography inversion around Lombok*. Journal of Physics: Conference Series, 1568(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1568/1/012031>
- Rinaldi, Z., Purwantiasning, A. W., & Nur'aini, R. D., 2015. *Analisa Konstruksi Tahan Gempa Rumah Tradisional Suku Besemah di Kota Pagaralam Sumatera Selatan*. Seminar Nasional Sains, 3(2) : 1–10.
- Rohmainah, K., & Supardiyo., 2019. *Analisis Model Kecepatan 3D pada Gempa Bumi di Selat Sunda Menggunakan Lotos-12 (Local Earthquake Tomography Software)*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, 08(3) : 39–44.
- Ry, rexha V., 2013. *Aplikasi Metode Inversi Simulated Annealing pada Penentuan Hipoenter Gempa Mikro dan Tomografi Waktu Tunda 3-D Struktur Kecepatan Seismik untuk Studi Kasus Lapangan Panas Bumi “ RR .”* <https://doi.org/10.13140/2.1.2630.1762>
- Santoso, C. B., & Agustawijaya, D. S., 2020. *Seismic risk for Sumbawa Island based on seismicity and peak ground acceleration*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/413/1/012009>
- Sukrisna, B., Kirbani, S. B., Sunardi, B., Suryanto, W., & Wahyudi., 2013. *Analysis of seismic activity 1973-2012 in the volcanic arc system of West Nusa Tenggara ( NTB ) to examine the Rinjani VolcanoActivity*. The Third Basic Science International Conference - 2013.
- Sulaeman, C., Minarno, P. A., Afif, H., Haunan, R. R., Solikhin, A., Omang, A., ... Meilano, I., 2019. *Deformasi PulauLombok Berdasarkan Data GPS*. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 10(1) : 11. <https://doi.org/10.34126/jlbg.v10i1.182>
- Supendi, P., Nugraha, A. D., Widiyantoro, S., Pesicek, J. D., Thurber, C. H., Abdullah, C. I., ... Rosalia, S., 2020. *Relocated aftershocks and background seismicity in*

*eastern Indonesia shed light on the 2018 Lombok and Palu earthquake sequences.*  
Geophysical Journal International, 221(3) : 1845–1855.  
<https://doi.org/10.1093/gji/ggaa118>

Widyarta, R., Wijaya, S. K., Rosid, M. S., & Rohadi, S., 2020. *Identification of Fault Structure in Lombok region , West Nusa Tenggara using Tomography Lombok Earthquake Data of July-August 2018, 0–7.* <https://doi.org/10.1088/1757-899X/854/1/012054>.