

# INDIKASI GUNUNGAPI BAWAH LAUT DI PERAIRAN SANGEANG SUMBAWA NUSA TENGGERA BARAT

## INDICATION OF SUBMARINE VOLCANOES ON SANGIANG WATERS, SUMBAWA WEST NUSATENGGERA

Lili Sarmili dan Lukman Arifin

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung-40174

Diterima : 15-04-2015, Disetujui : 31-07-2015

### ABSTRAK

Penelitian dengan menggunakan metode seismik pantul saluran ganda (*multichannel*) dan geomagnet mengindikasikan adanya gunungapi bawah laut. Dari penampang rekaman seismik dapat ditafsirkan bahwa Gunungapi bawah laut ditandai dengan bentuk tonjolan atau terobosan menembus dasar laut. Dari data magnetik kelautan diperoleh bahwa pada lokasi gunungapi bawah laut diketahui nilai anomali intensitas magnet total cukup tinggi yaitu sekitar 124 nT. Umumnya anomali intensitas magnet tinggi terdapat di bagian selatan daerah penelitian yang ditafsirkan juga sebagai penipisan kerak atau adanya Gunungapi bawah laut. Bagian selatan memang banyak didapat Gunungapi seperti gunungapi Sangeang Api yang terdapat diujung timur dan rangkaian Gunungapi lainnya yang terdapat di pulau Sumbawa (Gunungapi Tambora dan lainnya).

**Kata Kunci :** metode seismik dan geomagnet, gunungapi bawah laut, Perairan Sangiang

### ABSTRACT

*The study is equipped by using multi-channel seismic reflection and marine geomagnetic method and it indicates a submarine volcano. The seismic reflection profile can be interpreted that the submarine volcano is characterized by the bulge or break shape penetrate the seabed. From the data obtained of marine geomagnetic, the location of submarine volcanoes known value of the total magnetic intensity anomalies is quite high which is about 124 nT. Generally, the intensity of high magnetic anomaly is located in the southern part of the study area. This anomaly is interpreted as a thinning crust or the presence of submarine volcanoes. The southern part is the area where volcanoes are found such as Sangeang Api volcano located at the eastern tip and other volcanoes series on the island of Sumbawa (volcano Tambora and others).*

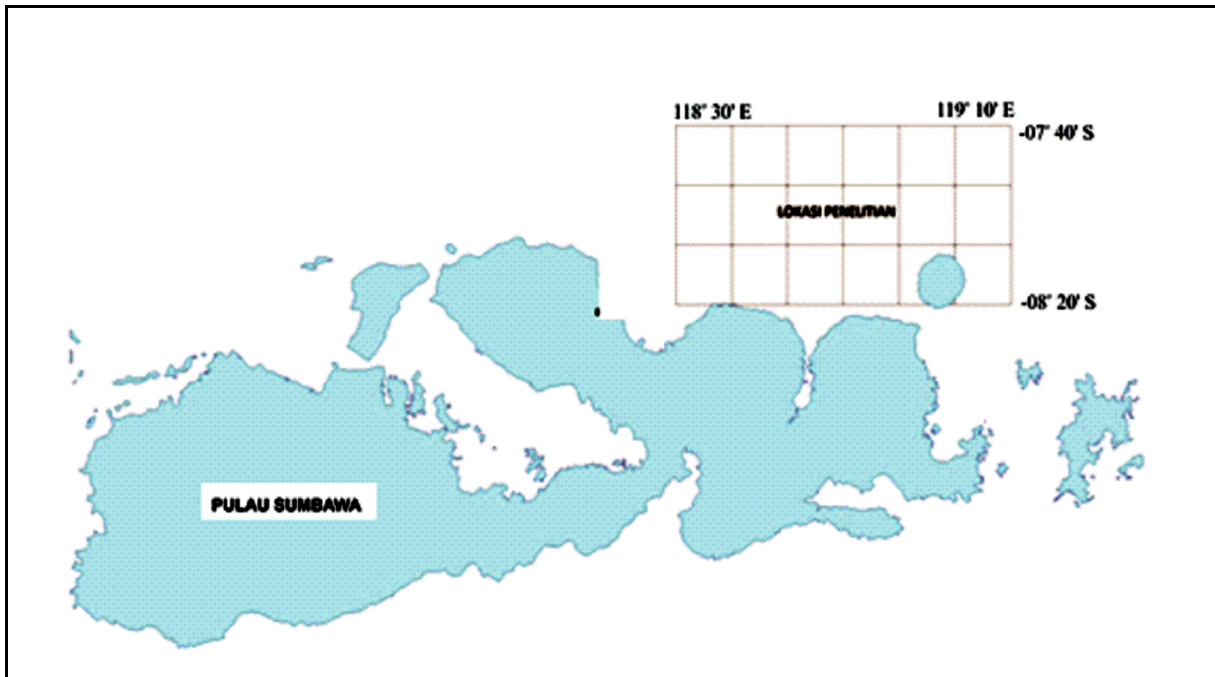
**Keywords:** seismic and geomagnetic methods, submarine volcanoes, Sangiang waters

### PENDAHULUAN

Penelitian sumberdaya mineral kelautan di Perairan Sangeang dilakukan dengan menggunakan kapal riset Geomarin 3 pada tahun 2013 (Sarmili dkk., 2013). Kegiatan ini menggunakan metode seismik pantul saluran banyak, geomagnet, pemeruman, dan pengambilan sampel sedimen. Disamping untuk penelitian sumberdaya mineral kelautan data yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk penelitian lainnya. Penelitian lain yang dapat ungkapkan adalah adanya indikasi gunungapi bawah laut di daerah penelitian. Oleh karena itu maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui indikasi gunungapi

bawah laut dengan tujuan dapat memberikan informasi tentang keberadaan gunungapi bawah dasar laut di daerah penelitian.

Daerah penelitian terletak di Perairan Sumbawa Timur tepatnya di utara kota Bima atau di utara dan barat Gunung Sangeang, Nusa Tenggara Barat (Gambar 1). Lokasi ini dicirikan dengan adanya pulau gunungapi yang masih aktif yaitu Gunungapi Sangeang, yang terletak di sebelah ujung timur dari Paparan Sunda dan posisinya dekat dengan gunungapi aktif Tambora. Gunungapi ini mempunyai ketinggian lebih dari 2000 meter dan baru meletus di Akhir bulan Mei 2014 (Tempo, 2014)



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Perairan Sangeang, Sumbawa, NTB

Perairan Sangeang terletak di cekungan busur belakang Indonesia yang banyak terdapat gunungapi bawah laut yang masih muda dan terdiri dari batuan yang bersifat menengah hingga felsik.

Pulau Sangeang dan sekitarnya merupakan pulau gunungapi yang posisinya agak bergeser ke utara dari rangkaian Gunungapi normal yang memanjang dari barat hingga ke timur mulai dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali dan lainnya. Deretan gunungapi ini terbentuk dari pertemuan antara kerak benua Eurasia dan kerak Samudera Indo-Australia. Gunungapi aktif tersebut mempunyai kedalaman magma yang cukup dalam (yaitu sekitar 200 km dari zona penunjaman).

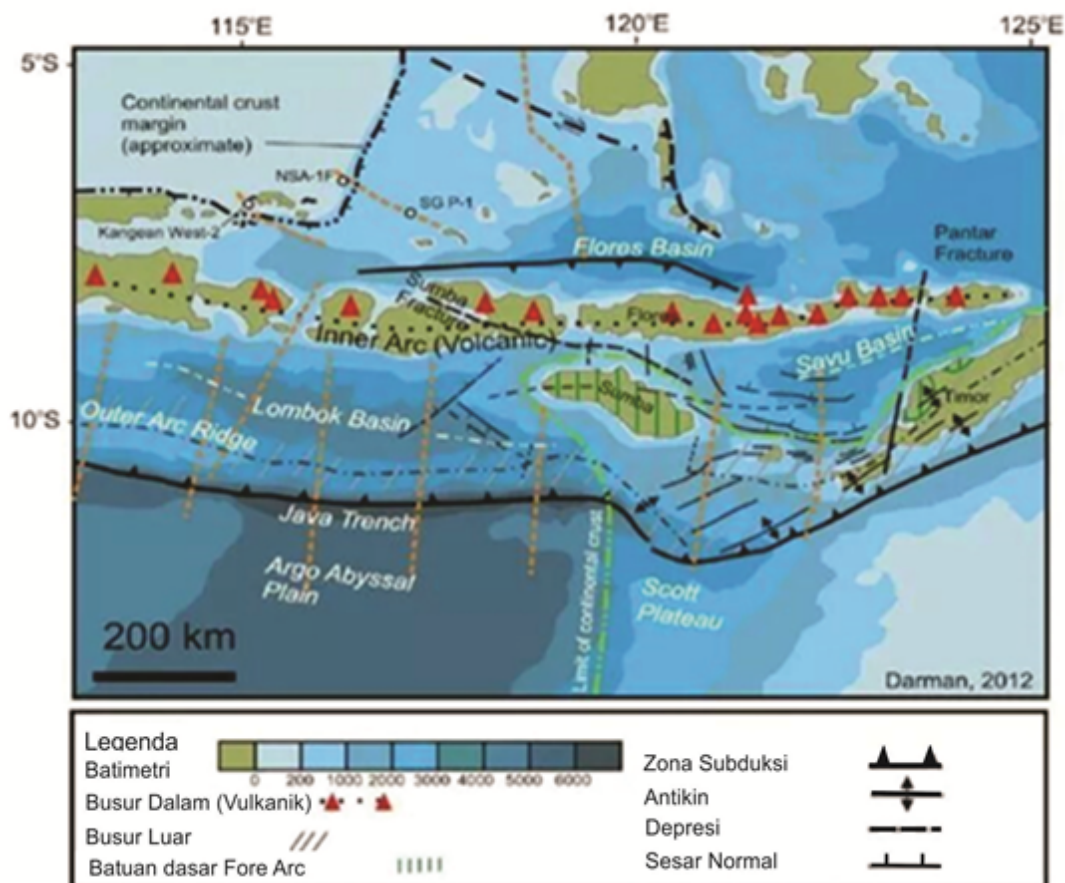
### GEOLOGI REGIONAL

Kawasan Timur Indonesia dicirikan dengan adanya sistim tunjaman-tumbukan atau subduksi-kolisi dari busur kepulauan Sunda-Banda yang menghasilkan situasi tektonik lempeng yang sangat rumit dimana tiga kerak utama Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik saling bertumbukan (Hamilton, 1979). Jalur vulkanik-plutonik yang kompleks terdiri dari 14 busur magmatik utama yang menyebar sepanjang tepian kraton benua Sunda dari kerak Eurasia hingga di utara tepian benua Australia. Busur magmatik tersebut membentuk kerak benua dan samudera. Bentuk busur segmen individu menghasilkan subduksi, obduksi, kolisi busur-busur dan busur-benua, rifting dan patahan transcurrent (Hamilton, 1979).

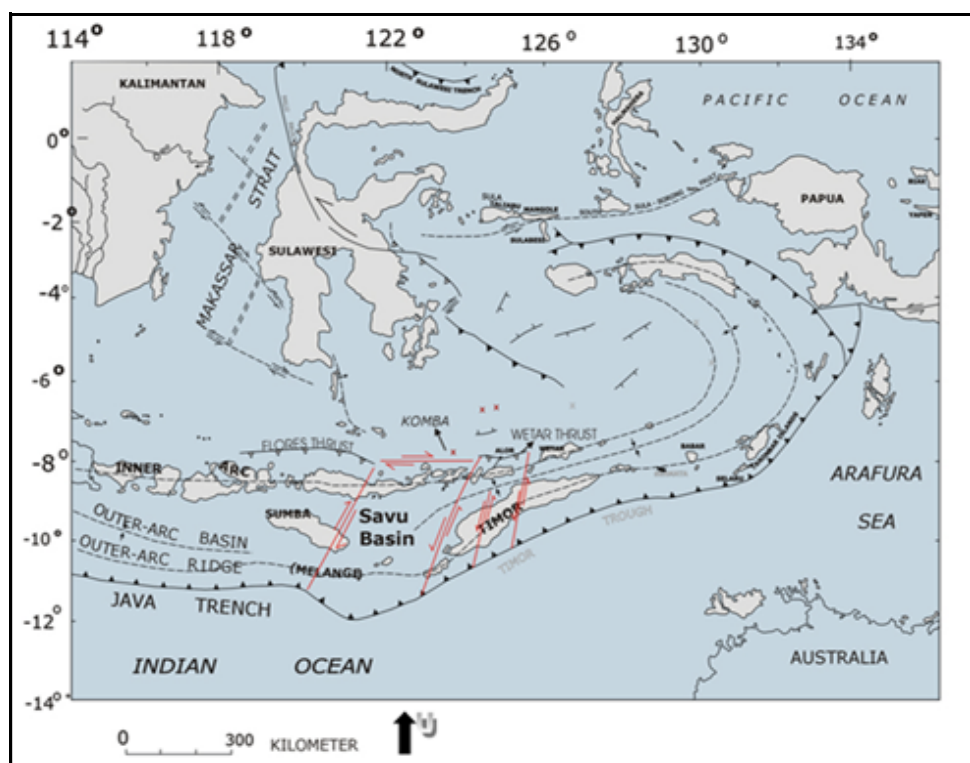
Bagian timur tepian tumbukan Sunda-Banda termasuk daerah transisi dimulai dari sistim penunjaman kerak benua India di palung Jawa hingga daerah kolisi antar kerak yang tebal benua Australia dengan busur Banda bagian selatan. Diantara zona penunjaman dan tumbukan ini terdapat daerah transisi dimana platform Scott (Gambar 2) yang diduga sebagai kerak benua yang tipis (McCaffrey, 1988). Daerah transisi ini diduga masih dominan dengan sistim tumbukan dibandingkan penunjaman. Busur kepulauan Sunda-Banda dihasilkan oleh proses tektonik tersebut juga membentuk tepian bagian selatan dan timur dari cekungan Flores-Banda (Silver, dkk., 1983) yang secara geologi membentuk tepian laut busur belakang yang berumur muda. Pada daerah ini busur kepulauan yang mempunyai Gunungapi aktif yang dipotong dan digeser oleh sistim patahan geser yang besar (Gambar 3). Oleh karena hal tersebut maka segment bagian tenggara dan timurnya menghasilkan rantaian magma yang produktif dan berhubungan dengan batuan yang mempunyai kelulusan air yang sangat baik sehingga merupakan tempat yang cocok secara kondisi geologi bagi perkembangan mineralisasi hidrotermal yang berpotensi.

Daerah penelitian terletak di bagian barat dari Cekungan Banda ini, yang juga merupakan bagian timur dari Busur Sunda dimana posisinya dekat dengan Gunungapi aktif Tambora dengan kedalaman sekitar 200 km dari zona tunjaman

## PETA TEKTONIK PULAU SUNDA



Gambar 2. Peta Tektonik Paparan Sunda bagian Timur (Darman, 2012)



Gambar 3. Tektonik regional Busur Banda (Hamilton, 1979), dan tektonik segmen Adonara–Wetar (Mc.Caffrey, 1988, garis struktur berwarna merah).

(*benioff zone*). Menurut Curray, dkk (1977) ketebalan kerak samudera secara magmatik dan tektonik adalah sangat tebal dimana terletak batas Mohonya sekitar 14 sampai 17 km dalamnya.

Gunungapi Sangeang meletus pada akhir bulan Mei 2014. Menurut Turner (2002), hasil letusan menghasilkan produk batuan bersifat potasik, banyak kandungan volatil, lava dengan silika dibawah jenuh (*silica-undersaturated*) yang kaya akan piroksen, dan batuan basa dan ultra basa yang mengandung batuan asing (*xenolith*). Selanjutnya, endapan lava menghasilkan batuan *trachy basalt* sampai ke *tracy andesit* yang bersifat potasik.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah seismik pantul saluran ganda dan geomagnet dan pemeruman. Akuisisi seismik pantul saluran banyak menggunakan 60 saluran dengan *digital streamer* tipe *Sercel* sepanjang 600 meter dan *air gun array* dengan daya 400 cu in. Interval ledakan diatur setiap 12,5 detik dimana sama dengan kapal berjalan setiap 25 meter.

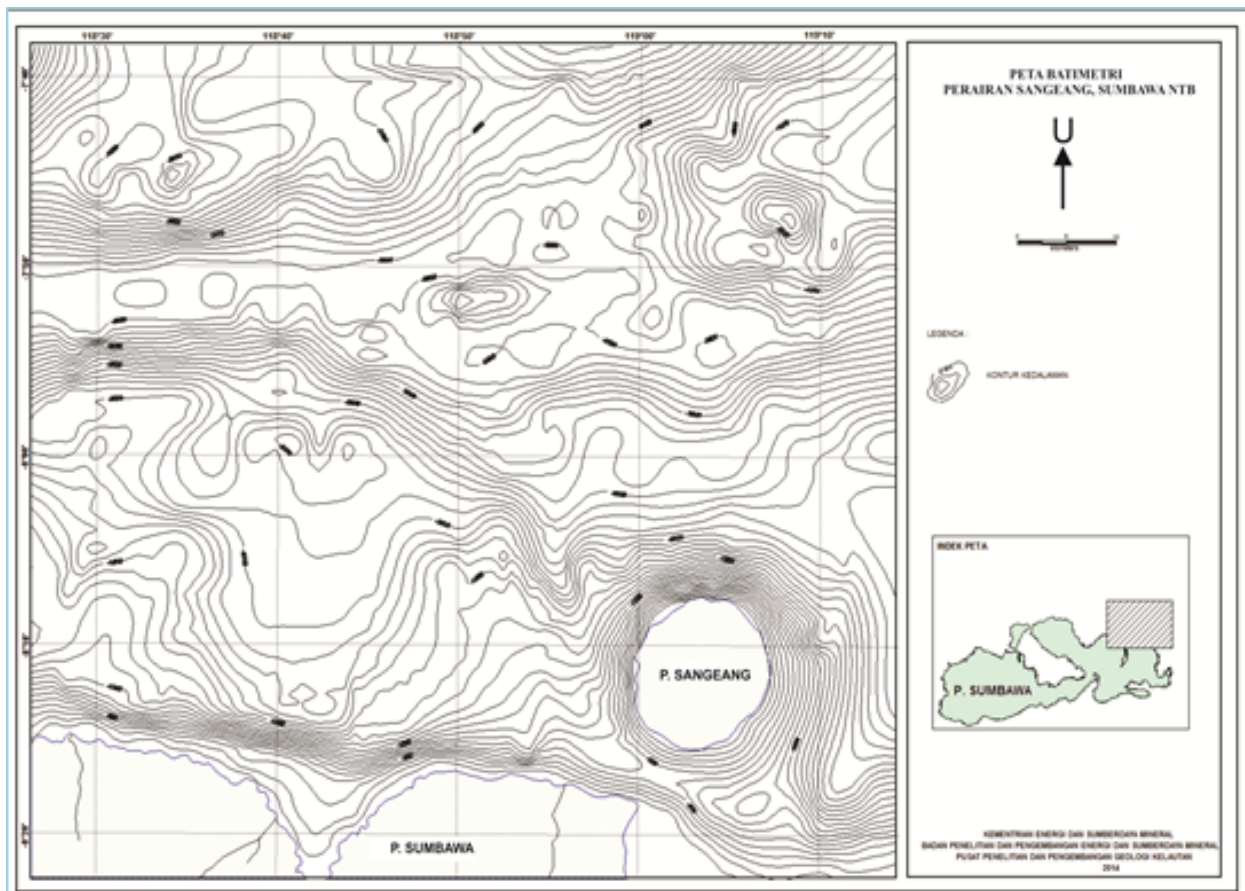
Metode geomagnet menggunakan alat magnetometer *SeaSpay* dengan perangkat lunak *SeaLink*. Posisi kapal ditentukan dengan menggunakan sistem *DGPS (Differential Global Positioning System) C-NAV*. Untuk pengukuran kedalaman dasar laut digunakan alat *Chirp Sub-bottom Profiler Bathy 2010*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Batimetri

Pemeruman (*sounding*) dilakukan di sepanjang lintasan survei yang berarah utara-selatan dan barat-timur (Gambar 4). Sebenarnya untuk mengetahui struktur geologi maka lintasan utara-selatan ini yang lebih baik, sedangkan untuk lintasan pengontrol dan melengkapi data kedalaman adalah lintasan barat-timur.

Secara umum lintasan yang di lakukan menggambarkan kondisi morfologi bawah laut dengan kemiringan lereng yang beragam dengan lembah terdalam sekitar 4400 m dibawah permukaan laut dan yang terdangkal kurang lebih 1000 meter. Lintasan batimetri dimulai dari selatan



Gambar 4. Peta Batimetri perairan Sangeang, Sumbawa, NTB (Hasil Penelitian)



ke utara, yang diawali umumnya dengan menurun lereng ke arah utara dan dimulai dari kedalaman 2000 meter hingga 3500 meter atau lebih (Gambar 5). Di kedalaman mulai dari 3500 meter ini dijumpai bentukan lembah yang memanjang hampir barat-timur dan kadang-kadang dapat mencapai hingga kedalaman 4400 meter. Setelah melewati lembah ini, morfologi menanjak ke utara hingga mencapai kedalaman 1000 meter atau lebih. Secara umum dari perbedaan morfologi ini, dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) bagian yaitu bagian selatan, bagian utara dan bagian tengah sebagai zona depressi karena diapit ke dua lereng utara dan selatannya.

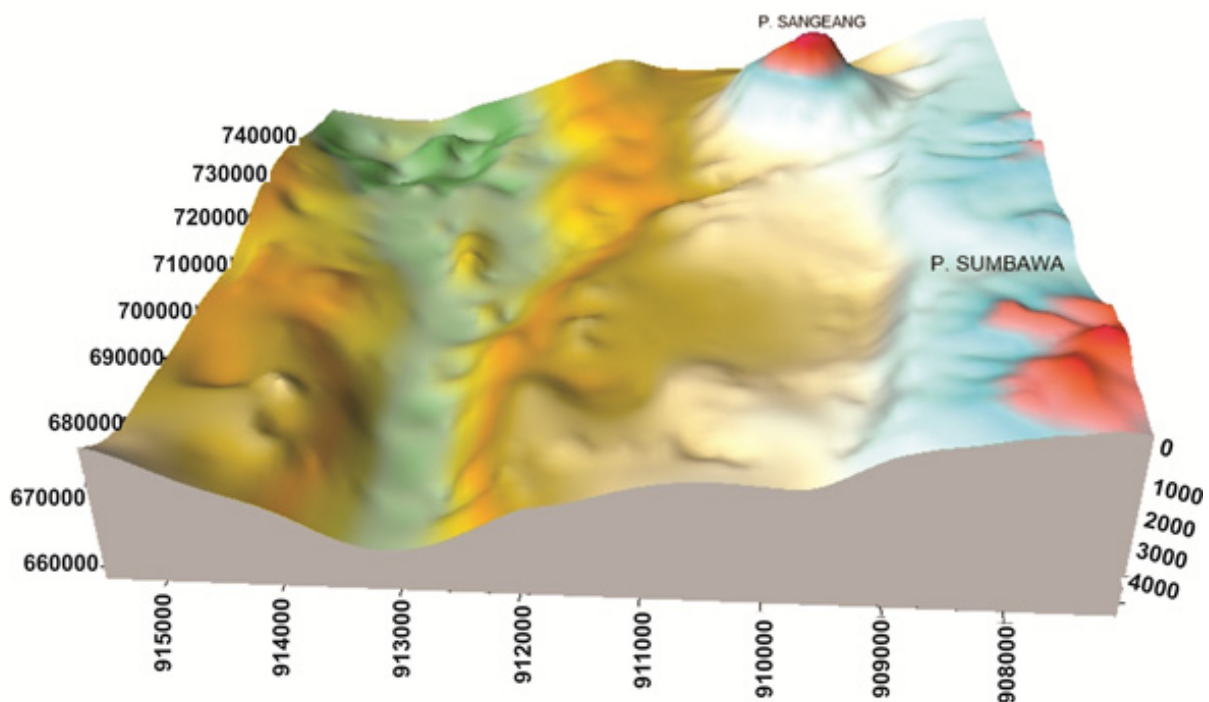
### Geomagnetik

Lintasan magnetik kelautan panjangnya hampir sama dengan lintasan batimetri. Secara umum terlihat adanya nilai anomali intensitas magnet total rendah di bagian tengah dan bagian tengah utara, sedangkan yang tinggi terutama terdapat di bagian selatan dan sedikit di bagian utara. Nilai anomali intensitas magnet rendah (negatif) yaitu dibawah 0 hingga 100 nT, terdapat di bagian tengah dan agak ke utara daerah penelitian dapat ditafsirkan sebagai penebalan kerak (*thickening crust*). Penebalan kerak di daerah

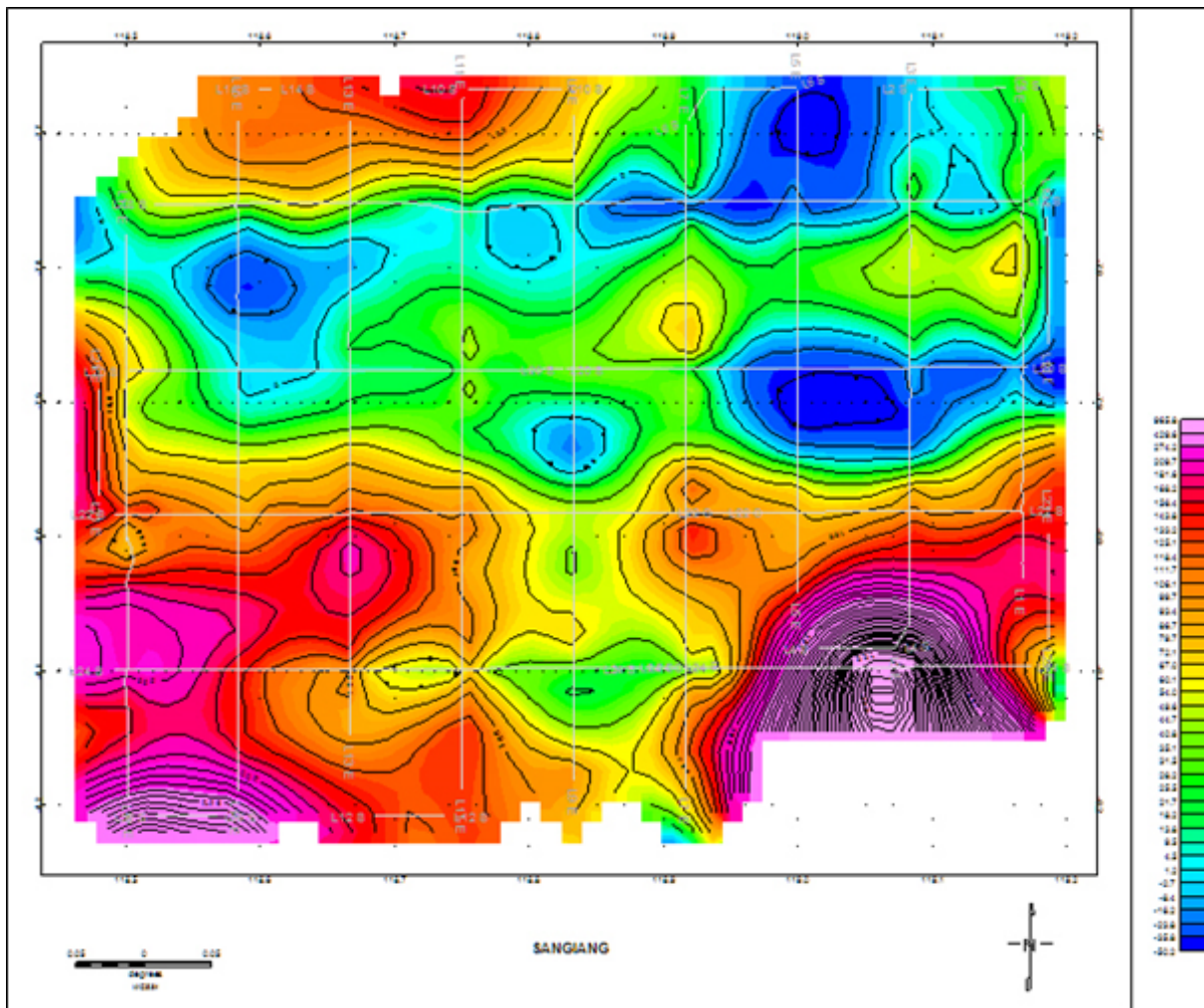
penelitian ini diperkirakan sebagai kerak benua yang terletak di bagian selatan. Juga dikarenakan adanya penumpukan sedimen di bagian atas dan banyaknya longoran dari arah selatan ke utara (terutama ke arah bagian tengah). Lokasi ini merupakan batas utara dari busur belakang yang umumnya terisi oleh sedimen, bagian bawahnya berupa kerak benua dan bagian selatannya banyak diterobos oleh Gunungapi yang hingga sekarang masih aktif.

Secara umum di bagian selatan ini mempunyai nilai anomali magnetik rendah yaitu sekitar - 28,28 nT atau mempunyai kerak yang tebal tetapi di beberapa lintasan yaitu lintasan L 13 dan L 21 mempunyai anomali tinggi sehingga menimbulkan pertanyaan kenapa adanya anomali tinggi (positif) tersebut. Nilai anomali dari magnetik tersebut sekitar 124 nT (Gambar 6).

Hasil penafsiran anomali tinggi ini adalah dikarenakan adanya penipisan kerak atau adanya Gunungapi bawah laut. Pada bagian selatan daerah penelitian ini, terdapat rangkaian Gunungapi yang berarah barat timur dimana anomali magnetik tinggi umumnya terdapat pada bagian Gunungapi yang memanjang hampir barat-timur dan merupakan bagian dari jajaran busur Gunungapi Indonesia yang masih aktif. Sarmili dan Suryoko



Gambar 5. 3D batimetri hasil penelitian di perairan Sangeang, Sumbawa, NTB.



Gambar 6. Anomali Magnet Kelautan perairan Sangeang, Sumbawa, NTB.

(2012) menemukan nilai anomali magnet tinggi ini diperairan Komba (laut Flores Timur) dan hasil penafsirannya adalah dikarenakan adanya Gunungapi bawah laut Abang dan Ibu Komba. Gunungapi bawah laut tersebut merupakan bagian dari Gunungapi yang terletak di cekungan busur belakang yang memanjang hingga ke laut Banda. Di daerah penelitian, gunungapi tersebut dari bagian timurnya diwakili oleh Gunungapi Sangeang dan ke arah barat berupa Gunungapi yang terdapat di Pulau Sumbawa yang juga merupakan bagian dari cekungan busur belakang. Jika hasil penafsiran ini memang berupa Gunungapi bawah laut, maka gunung bawah laut tersebut sejajar dengan Gunungapi Sangeang yang berada di sebelah timur daerah penelitian.

#### Seismik pantul

Dari semua lintasan seismik yang di lakukan hanya pada L7, L13, L15 dan L17 yang

menunjukkan morfologi yang diduga merupakan gunungapi bawah laut.

Penampang seismik lintasan L 7, yang berarah dari utara ke selatan sepanjang 65 km. Terlihat morfologi semacam lereng yang menurun ke arah utara dan kedalaman laut semakin dalam. Bentuk tonjolan di kedalaman 3500 meter ditafsirkan sebagai Gunung bawahlaut dan dari data magnetik kelautan mempunyai anomali yang tinggi. Dengan adanya anomali tinggi ini, maka Gunung bawahlaut di lintasan L 7 ini yang letaknya hampir sejajar dengan gunung api Sangeang mempunyai batuan yang tinggi akan sifat magnetiknya. Biasanya gunung bawahlaut tersebut mempunyai magma dibawahnya (Sarmili l., dan Mustaba Ari, 2012) dan diduga sebagai calon gunung api yang serupa dengan gunung api Sangeang. Menurut Hamilton (1979), gunung api Rinjani, Tambora dan Sangeang mempunyai kedalaman *beni off* sekitar 165 sampai 190 km. Demikian juga dengan gunung bawahlaut yang

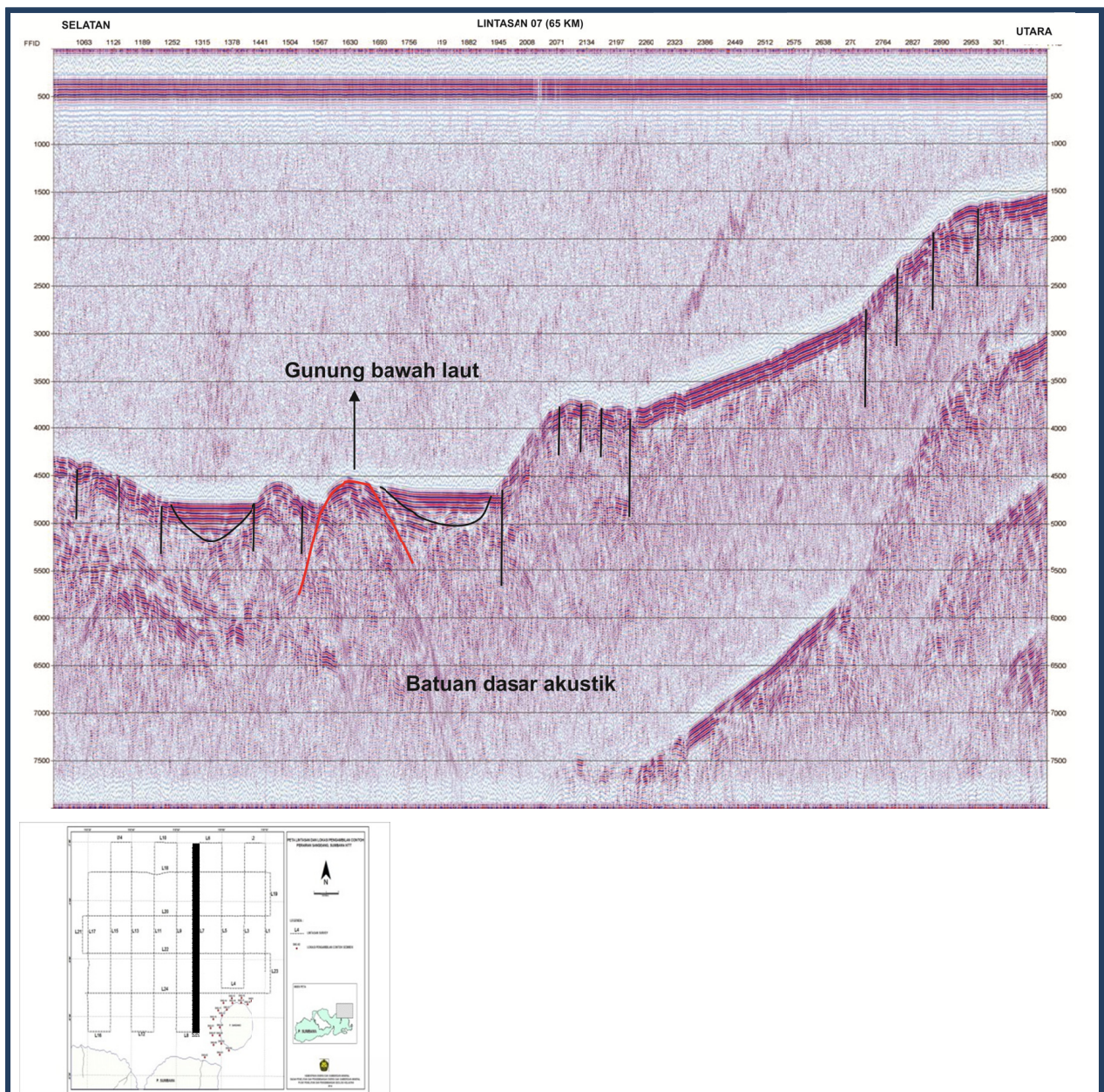


berada di lintasan L 7 ini dikarenakan posisinya hampir sejajar dengan kedalaman *beni off* gunung api-gunung api tersebut.

Penampang seismik L 7 ini juga memperlihatkan adanya struktur sesar normal yang menindikasikan adanya batuan yang bersifat rentan akan sesar terutama pada batuan yang terangkat ke atas permukaan dasar laut. Beberapa sesar normal terlihat di ujung selatan dan beberapa lainnya di bagian tengah dan utara lintasan. Di bagian lereng utara terlihat adanya peneumpukan sedimen yang ditafsirkan sebagai sedimen longSORan yang berasal dari arah utara.

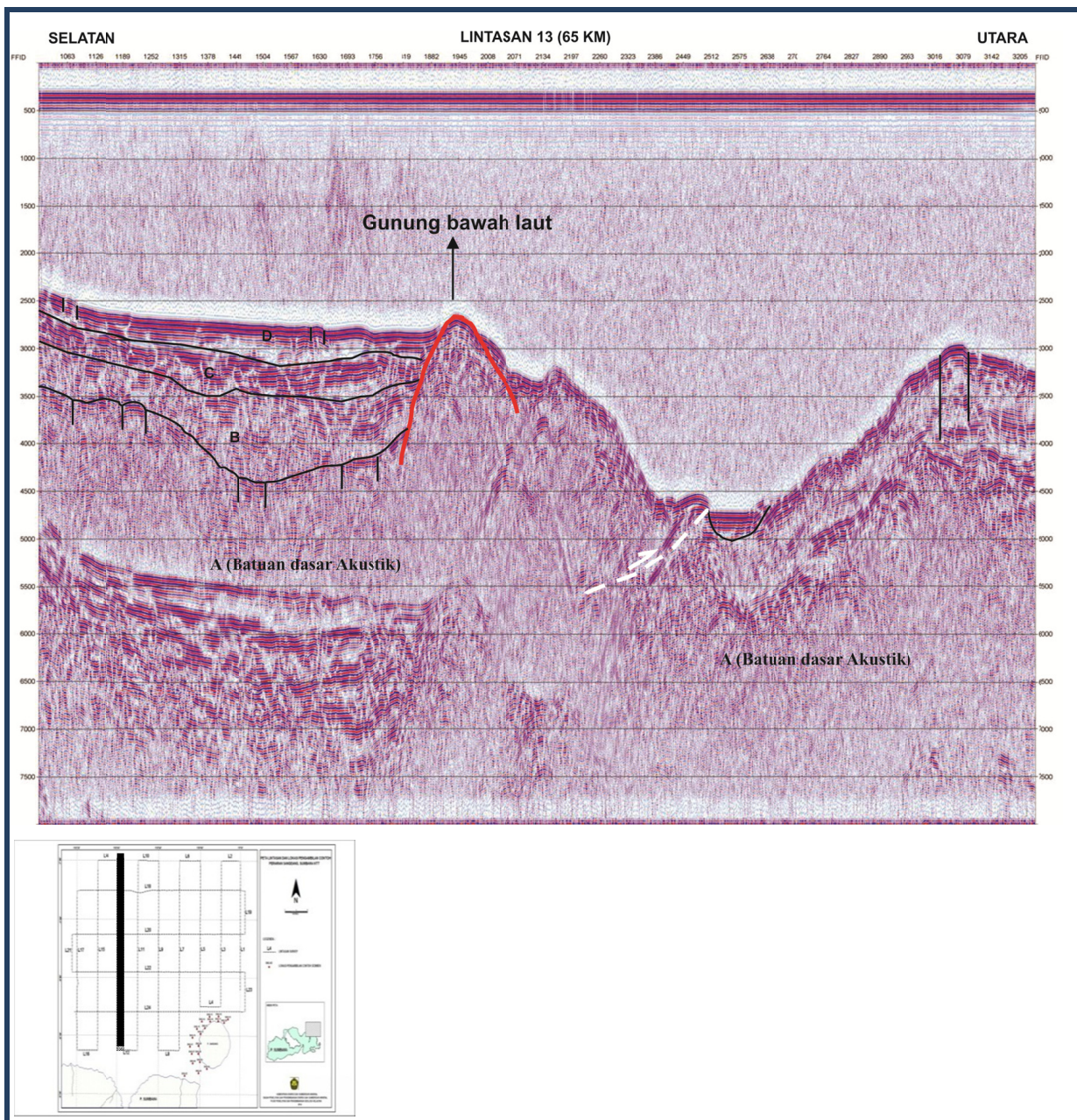
Ke arah barat dari lintasan L 7, penampang seismik lintasan L 13 yang berarah utara-selatan sepanjang 65 km, lintasan ini menunjukkan adanya sedimentasi yang cukup tebal di bagian selatan penampang dan terlihat pula adanya tonjolan batuan yang naik ke atas permukaan dasar laut dan ditafsirkan sebagai gunung bawahlaut pada bagian selatan lokasi penampang seismik ini yang menunjukkan nilai magnetik kelautan yang tinggi.

Lintasan L 13 ini menunjukkan sedimentasi yang lebih tebal di arah selatan dibandingkan di bagian utaranya. Minimal ada 4 (empat) sekuen terdapat di penampang lintasan L 13 ini. Kerak bagian selatan ini yang mengalami proses sesar



Gambar 7. Penampang seismik L 7 sepanjang 65 km dan berarah utara – selatan.





Gambar 8. Penampang seismik lintasan L 13 berarah utara – selatan

naik dimana kerak bagian selatan relatif lebih naik daripada kerak bagian utara. Sesar naik ini biasanya disebut sebagai sesar naik busur belakang atau *Back Arc Thrusting* (Silver, dr. 1983). Dari ketebalannya, minimal ada 4 (empat) sekuen yang dimulai dari sekuen A (batuan dasar akustik), sekuen B, C dan D (gambar 8). Batuan dasar akustik tersesar naikan ke arah utara dan tidak terlihat jelas kontak dengan batuan dasar akustik bagian utaranya. Diduga kedua batuan dasar akustik ini berbeda jenis batumannya maupun asal usulnya. Ditafsirkan bagian selatan lebih ke arah produk gunung api karena posisinya lebih dekat dengan jajaran gunung api aktif, sedangkan

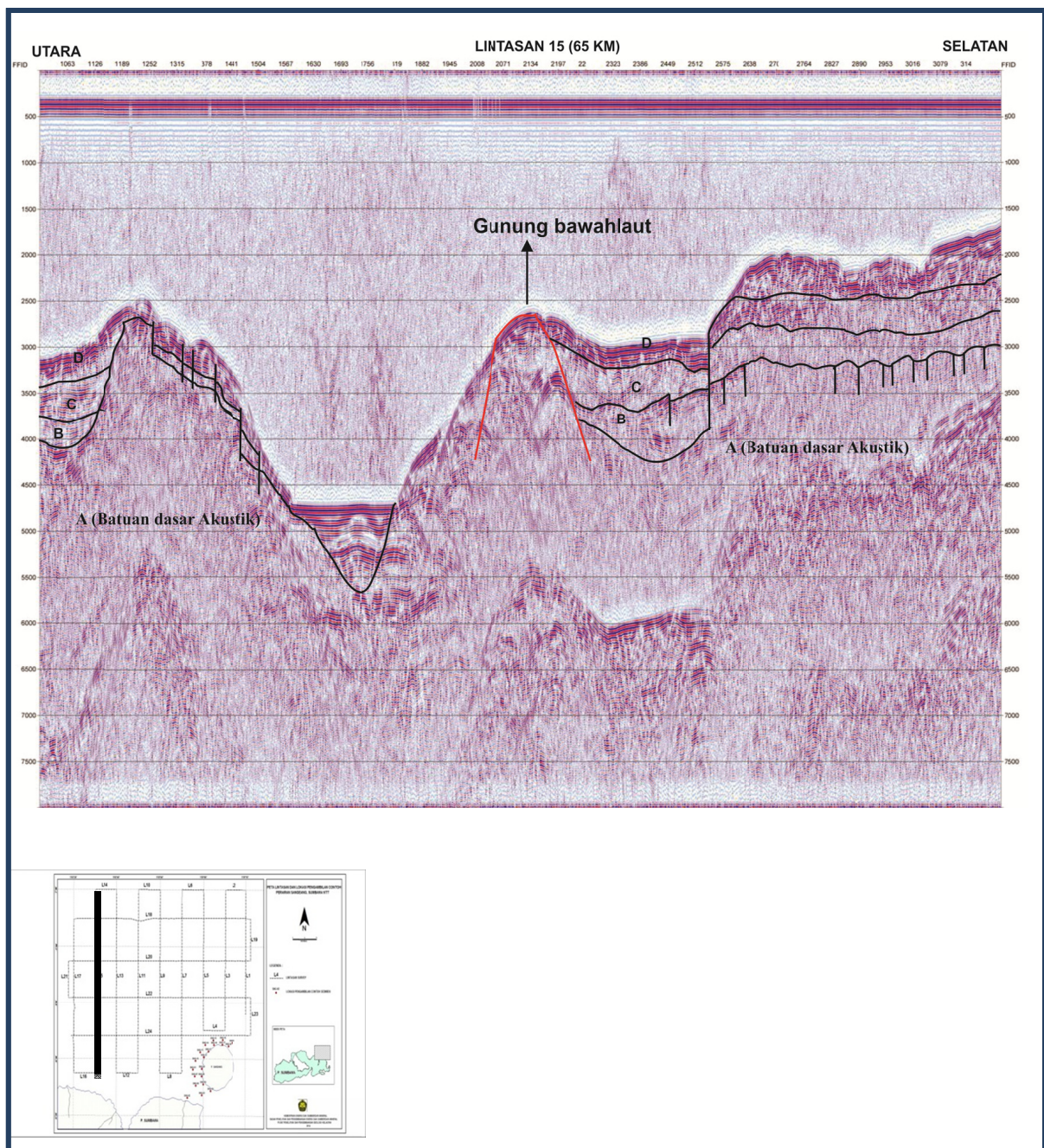
bagian utara kemungkinannya berasal dari hasil erosi pulau Sulawesi dan sekitarnya atau asal kerak benua Eurasia (Hamilton, 1979). Sekuen lainnya seperti sekuen B dan C yang sudah tertutup oleh sekuen yang paling muda yaitu sekuen D yang masih aktif diendapkan. Lintasan L 13 ini memiliki nilai magnetik kelautan tinggi di bagian selatan - tengah dan ditafsirkan merupakan Gunungapi bawah laut.

Lintasan L 15 yang berarah utara – selatan sepanjang 65 km dengan morfologi dari arah selatan yang agak mendatar dan menangga hingga kedalaman air mencapai 2500 meter. Selanjutnya, menurun tajam hingga kedalaman 3500 meter



membentuk lembah dengan sedimentasi mendatar. Ke arah utara terdapat morfologi yang menanjak cukup curam hingga puncaknya di kedalaman 2500 meter dan berakhir di utara dengan agak datar. Sedimentasi yang cukup tebal di kerak bagian selatan yang dibagi menjadi 4 (empat) sekuen, yaitu sekuen A, B, C, dan D. Sekuen A dianggap sebagai sekuen tertua yaitu batuan dasar akustik (gambar 9). Batas bawah dari sekuen ini tidak dapat diketahui. Batas atas dari batuan dasar akustik ini ditutupi oleh sedimen lainnya diduga secara tidak selaras. Hal ini kemungkinannya

dikarenakan perbedaan umur yang berbeda juga diperkirakan diendapkan pada orogenesis yang berbeda. Sama seperti penafsiran batuan dasar akustik sebelumnya, sekuen ini sumber sedimennya ditafsirkan berbeda antara batuan dasar akustik di selatan dan di utaranya. Batuan dasar akustik selatan diduga berasal dari batuan piroklastik asal jajaran gunung api Nusa Tenggara Barat, sedangkan batuan dasar akustik sebelah utara diduga berasal dari hasil erosi di sekitar pulau Sulawesi dan kerak benua Eurasia. Demikian juga dengan sekuen B, C dan D diduga



Gambar 9. Penampang lintasan L 15 yang berarah utara – selatan

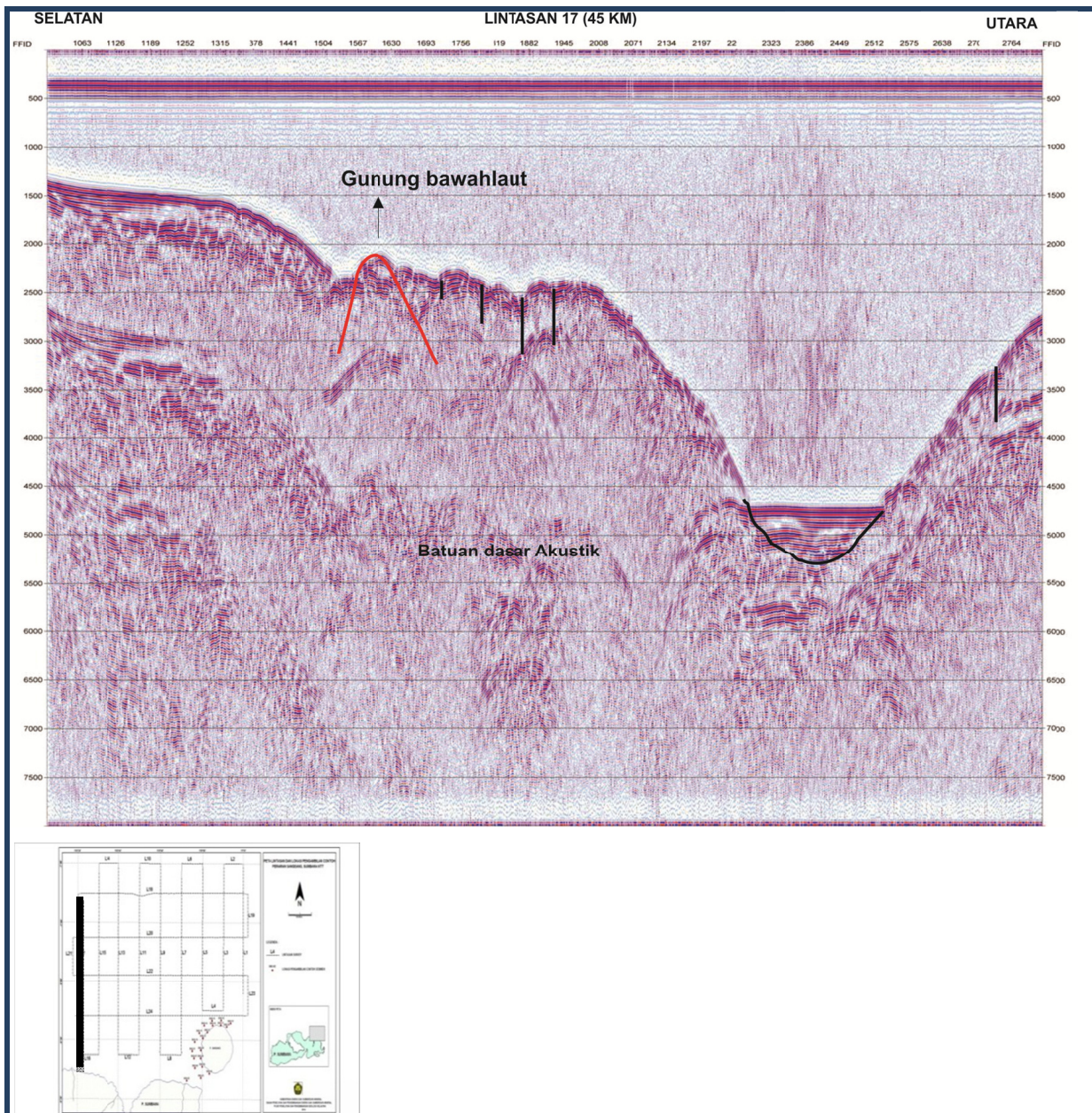


merupakan sekuen yang mempunyai sumber sedimen yang berbeda antara kerak bagian selatan dan bagian utara. Kerak bagian utara mungkin berasal dari hasil erosi kerak benua Eurasia dan p. Sulawesi dan sekitarnya dan asal sedimen di kerak bagian selatan berasal dari hasil erosi asal jajaran gunung api di sekitar pulau-pulau Nusa Tenggara Barat. Pada bagian tengah lintasan seismik menunjukkan nilai magnetik kelautan tinggi yang mengindikasikan adanya gunungapi bawahlaut.

Lintasan L 17 merupakan lintasan paling barat dari lokasi penelitian yang berarah utara – selatan dengan panjang lintasan sekitar 40 sampai 50 km.

Bentuk morfologi seperti prisma akresi ini dimulai dari kedalaman 1500 meteran hingga 3500 meteran. Dari lembah yang dalam, morfologi langsung menanjak tajam ke arah utara dan berakhir di ujung lintasan L 17 (gambar 10). Ke arah utara dari kedalaman 3500 meter hingga 1500 meter menanjak cukup curam diduga terdiri dari batuan yang padat dan keras. Kerak bagian utara ini pada umumnya terbentuk dari kerak benua Eurasia yang berakhir di ujung selatan pulau Sulawesi.

Kerak bagian selatan diduga diendapkan batuan asal gunung api yang berasal dari bagian



Gambar 10. Penampang Lintasan L 17 yang berarah utara-selatan

selatannya, sedangkan kerak bagian utaranya asal sedimentasinya merupakan hasil erosi dari kerak benua Eurasia atau dari p. Sulawesi dan sekitarnya.

Bagian tengah antara ke dua kerak yang biasa disebut sebagai zona depresi, diendapkan sedimen yang dihasilkan dari erosi ke dua kerak yang masih aktif diendapkan hingga saat sekarang. Bukit bawah laut yang umumnya terjadi di zona depresi ini nampaknya pada lintasan ini tidak ada dan hanya diwakili oleh sedimentasi yang mempunyai pola reflektor sejajar atau berfraksi halus, kemungkinannya lempung pelagik. Zona depresi ini tidak terlalu tebal dan mempunyai perlapisan mendatar. Pada bagian selatan – tengah lintasan seismik L 17 menunjukkan nilai magnetik kelautan tinggi yang mengindikasikan adanya gunung bawah laut.

## KESIMPULAN

Kedalaman laut dari selatan ke arah utara bisa mencapai 4400 meter, hal ini dikarenakan dari bagian selatan morfologi dari jajaran busur Gunungapi menurun lereng dengan tajam hingga mencapai lembah yang memanjang barat-timur. Lembah ini yang mungkin dapat disebut zona depresi yang membatasi antara kerak busur Gunungapi di selatan dan kerak benua Eurasia di utaranya. Dari data batimetri diperjelas dengan menggunakan data seismik refleksi yang hasilnya menunjukkan beberapa bukti adanya morfologi berupa tonjolan yang diduga merupakan gunung bawah laut. Nilai anomali intensitas magnet menunjukkan anomali tinggi pada bagian selatan daerah penelitian. Secara regional daerah penelitian yang mempunyai anomali magnetik tinggi yaitu 124 nT ini umumnya merupakan lokasi yang mempunyai kerak tipis (*thinning crust*) yang biasanya terdapat pada kerak samudera. Di daerah penelitian, anomali magnetik tinggi ini umumnya terletak pada daerah busur gunungapi di busur belakang. Diduga bahwa lokasi penelitian diperkirakan mempunyai kerak yang tipis dan diterobos oleh Gunungapi yang memanjang barat timur sepanjang Nusa Tenggara Barat hingga Nusa Tenggara Timur. Beberapa anomali tinggi terdapat di bagian barat daya penelitian menunjukkan bahwa batuan di daerah tersebut diperkirakan sebagai bagian dari Gunungapi yang muncul ke permukaan dasar laut. Hasil penafsiran seismik pantul menunjukkan bahwa walaupun ada penebalan kerak yaitu yang diisi oleh sedimentasi diduga bahwa materialnya mengandung unsur magnetik yang tinggi. Unsur magnetik yang tinggi tersebut

diperkirakan berasal dari Gunungapi yang mempunyai magma di bawahnya dan berasal dari sebelah selatannya.

Adanya anomali magnetik kelautan yang rendah dengan nilai -28,28 nT menunjukkan adanya penebalan kerak yang berupa sedimen non magnetik dan lokasi ini berada di bagian tengah dan bagian utara lokasi penelitian, hal ini juga dibuktikan dari penampang seismik pantul. Anomali rendah ini yang terdapat di bagian utara diduga berupa batuan yang berasal dari kerak benua Eurasia atau kerak benua Australia yang beumur pra Cretaceous yang terpisah dari busur Sula Besar (Greater Sula Spur) pada waktu Miosen akhir (Bowin, drr; 1980. Dengan ditemukannya beberapa gunung bawahlaut ini maka dapat menambahkan data keberadaan gunung bawah laut di daerah penelitian. Keberadaan gunung bawah laut ini juga dapat mengindikasikan adanya potensi sumberdaya mineral kelautan yang kelak di masa yang akan datang dapat dimanfaatkan.

## DAFTAR ACUAN

- Bowin, Carl; Purdy, G M; Johnston, Chris; Shor, George; Lawver, Lawrence A; Hartono, H M S; Jezek, Peter, 1980. Arc-continent collision in Banda Sea region. *AAPG Bulletin*, 64, 868-915
- Curry, J. R Frans J. Emmel, David G. Moore, Russel W. Raitt. 1977. *Structure Tectonics, and Geological History of the Northeastern Indian Ocean*, The Ocean Basins and Margins, The Indian Ocean
- Darman, 2012. Tectonic models of the Lesser Sunda Islands, *Berita Sedimentologi, the Indonesian Journal of Sedimentary Geology*, No. 25, 6 Desember 2012.
- Hamilton, W., 1979. *Tectonic of the Indonesian Region*. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1078, U.S. Geological Survey, Washington.
- Mc.Caffrey, Robert., 1988. *Active Tectonics of the Eastern Sunda Arcs*. *Journal of Geophysical Research*, vol. 93, December 10, 1988, No B12, pages 15, 163-15, 182,
- Prasetyo, H., 1989. *Marine Geology And Tectonic Development Of The Banda Sea Region Eastern Indonesia, a Model of an "Indo-Borderland" Marginal Basin*. Disertation of Doctor Philosophy in Earth Sciences, University of California, Santa Cruz. Marine Geological Institute, Directorate General Of

Geology And Mineral Resources, Ministry  
Of Mines And Energy, Bandung

- Sarmili, L., Widiatmoko, H.C., Mustafa, M.A., Kamiludin, U., Aryanto, N.C.D., 2013. *Laporan Penelitian Sumberdaya Mineral Kelautan Perairan Sangeang, Sumbawa Nusa Tenggara Timur*, Puslitbang Geologi Kelautan Bandung, tidak di publikasi
- Sarmili, L. and M. A.Suyoko. 2012. The Formation of Submarine Baruna Komba Ridge on Northeast Flores Waters in relation to low anomaly of marime magnetism, *Bulletin of*

*The marine geology*, Vol27, No. 2, December 2012

- Silver, E.A., Reed, D., McCaffrey, R., 1983. *Back-arc Thrusting in The Eastern Sunda Arc, Indonesia: A Consequence of Arc-continent Collision*, *Journal of Geophysical Research*, 88.
- Tempo, 2014. Gunung Sangeang di Bima Meletus, Jakarta
- Turner, 2002. *The Origin of Arcs: Invited Papers Presented at the International Conference*.