

KAITAN ANALISIS DATA GAYABERAT DENGAN STRUKTUR YANG BERKEMBANG, POTENSI SUMBER DAYA GEOLOGI, DAN GEMPA BUMI DI DAERAH SINABANG, SUMATERA

D.A. Nainggolan *)

SARI

Analisis data gaya berat daerah Lembar Sinabang menghasilkan suatu model struktur geologi bawah permukaan termasuk konfigurasi alas kerak kontinen maupun kerak samudera. Penafsiran bentuk geometri anomali Bouguer, model-model penampang bawah permukaan, termasuk struktur geologinya mencerminkan proses geologi, tektonik, dan kaitannya dengan potensi sumber daya alam, serta hubungannya dengan gempa tektonik.

Hasil analisis kualitatif anomali Bouguer dan anomali sisa menunjukkan bahwa struktur yang berkembang di daerah penelitian pada umumnya mempunyai arah barat laut - tenggara dan barat daya - timur laut. Hasil analisis kuantitatifnya menunjukkan ada dua jenis batuan sedimen dengan rapat massa masing-masing $2,20 \text{ gr/cm}^{-3}$ and $2,35 \text{ gr/cm}^{-3}$.

Kata kunci : gaya berat, struktur geologi, gempa bumi, Sinabang

ABSTRACT

Analysis of Bouguer anomaly data in Sinabang Quadrangle produced a subsurface geological structure model including the configuration of basements of continental and oceanic crusts. Interpretation of the anomaly patterns, the subsurface profile models including the geological structures depict the geological processes, tectonics and its relationships with natural resources and tectonic earthquake.

The qualitative analyses results of residual and Bouguer anomalies indicate that the structures in the researched area generally have northwest - southeast and southwest - northeast directions. Meanwhile the quantitative analysis shows the presence of two kinds of sedimentary rock with the density of 2.20 gr/cm^{-3} and 2.35 gr/cm^{-3} .

Keywords : gravity, geological structure, earthquake, Sinabang

PENDAHULUAN

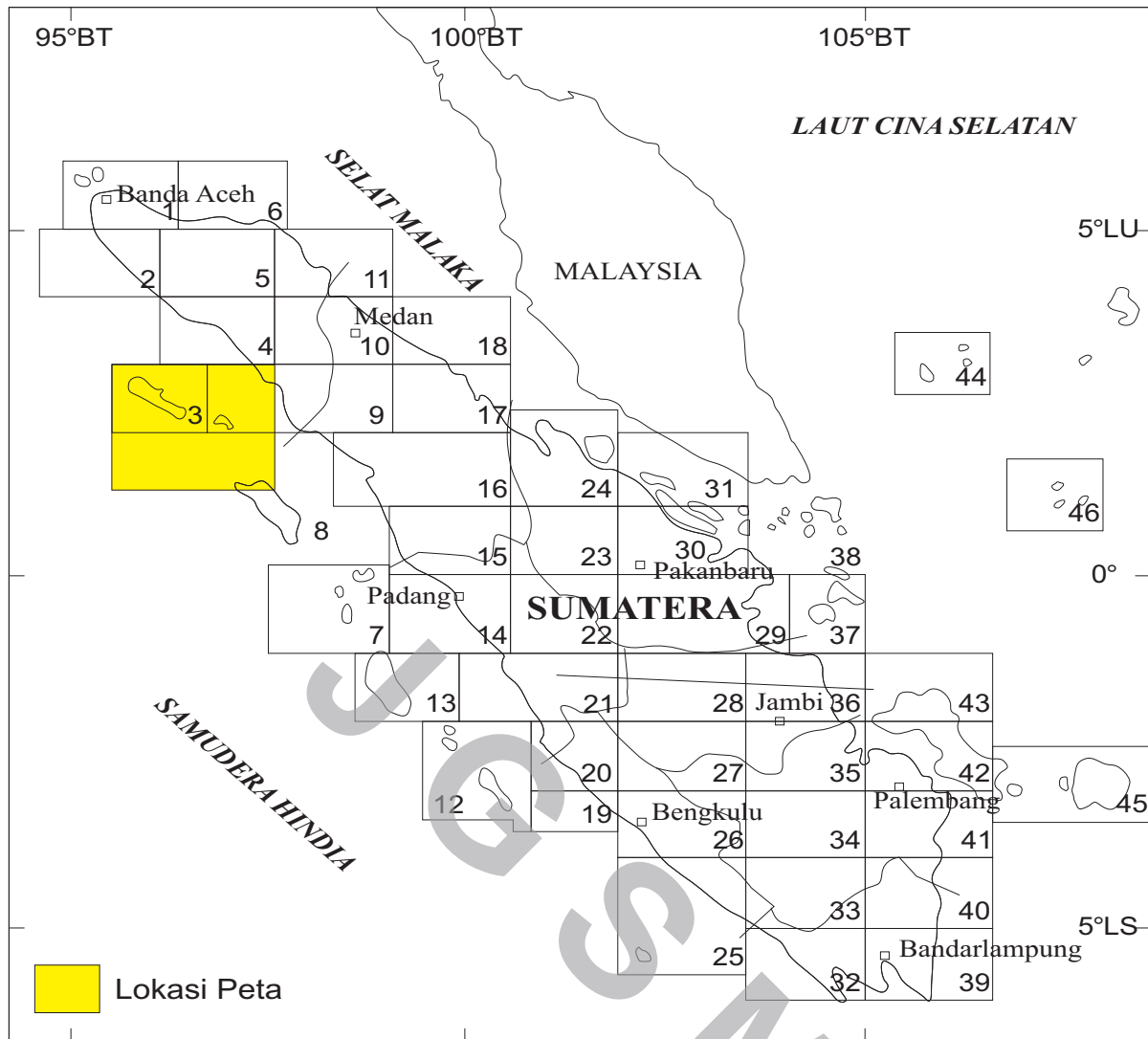
Sampai saat ini, sumber energi berupa gas alam masih sedikit yang di eksplorasi dan di eksploitasi pada cekungan-cekungan busur depan (*fore-arc basin*) dimana daerah penelitian berada (Gambar 2). Ini karena kebanyakan cekungan-cekungan ini berada pada daerah-daerah lepas pantai, sehingga biaya yang dibutuhkan untuk survei besar sekali. Ditambah lagi cekungan-cekungan busur belakang (*back-arc basin*) yang mengandung energi gas ini masih cukup banyak yang belum diolah, dimana biaya operasinya jauh lebih murah daripada yang berada pada cekungan-cekungan busur muka.

Daerah penelitian yang mempunyai koordinat 96° - 98° BT dan 1° - 3° LU, meliputi sebagian daerah Lembar Sinabang, sebagian Lembar Pulau Nias dan sedikit Lembar Sidikalang (Gambar 1). Daerah penelitian ini merupakan pusat gempa yang terjadi di propinsi Nangroe Aceh Darussalam (NAD) dan

Sumatera Utara pada 26 Desember 2004 lalu. Pulau Nias yang berada di sebelah selatan lembar Sinabang mengalami kerusakan yang cukup berat. Pada lembar ini terdapat 3 (tiga) buah bekas lubang bor kepunyaan *Union Oil Co.* yang digunakan untuk referensi bagi interpretasi selanjutnya.

Tulisan tentang gaya berat di daerah penelitian belum ada yang terpublikasikan. Publikasi peta gaya berat yang berupa peta bebas udara untuk daerah-daerah perairan dengan skala 1:2.000.000 (Indonesia), telah dibuat oleh *GEOTECH*, Leeds University, England, bekerja sama dengan Komite Gaya Berat Nasional (KGN) tahun 1994. Tulisan ini diharapkan bisa menjadi bahan referensi untuk melokalisasikan daerah-daerah yang menarik untuk eksplorasi sumber daya alam yang mungkin terdapat pada daerah penelitian. Demikian juga gempa tektonik yang terjadi di propinsi Nangroe Aceh Darussalam (NAD) yang mengakibatkan tsunami yang sangat dahsyat dan memakan korban jiwa yang sangat besar di Aceh dan Sumut (Indonesia), Srilanka, Thailand, India, dan Malaysia. Di Aceh sendiri tsunami ini

*) Pusat Survei Geologi



Gambar 1. Peta Lokasi lembar Pulau Banyak, Sumatera.

hampir tidak berpengaruh di daerah Tapak Tuan, Singkil (NAD) serta Barus dan Sibolga di Sumut, sedangkan Pulau Nias yang berada masih di sebelah selatan Barus dan Sibolga mengalami kerusakan yang cukup parah dan tsunami ini memakan korban yang cukup besar. Karena itulah penulis akan mencoba membahasnya berdasarkan hasil-hasil interpretasi yang didapat.

Dalam makalah ini, penulis membahas dan menganalisis anomali Bouguer secara kualitatif dan kuantitatif yang digunakan untuk mempelajari aspek-aspek geologinya. Aspek-aspek tersebut meliputi jenis dan kedalaman batuan dasar, rapat massa batuan dasar dan struktur yang berkembang di sana serta kaitannya dengan gempa yang terjadi, dan kemungkinan potensi sumber daya geologi yang ada di sana.

TEKTONIK DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

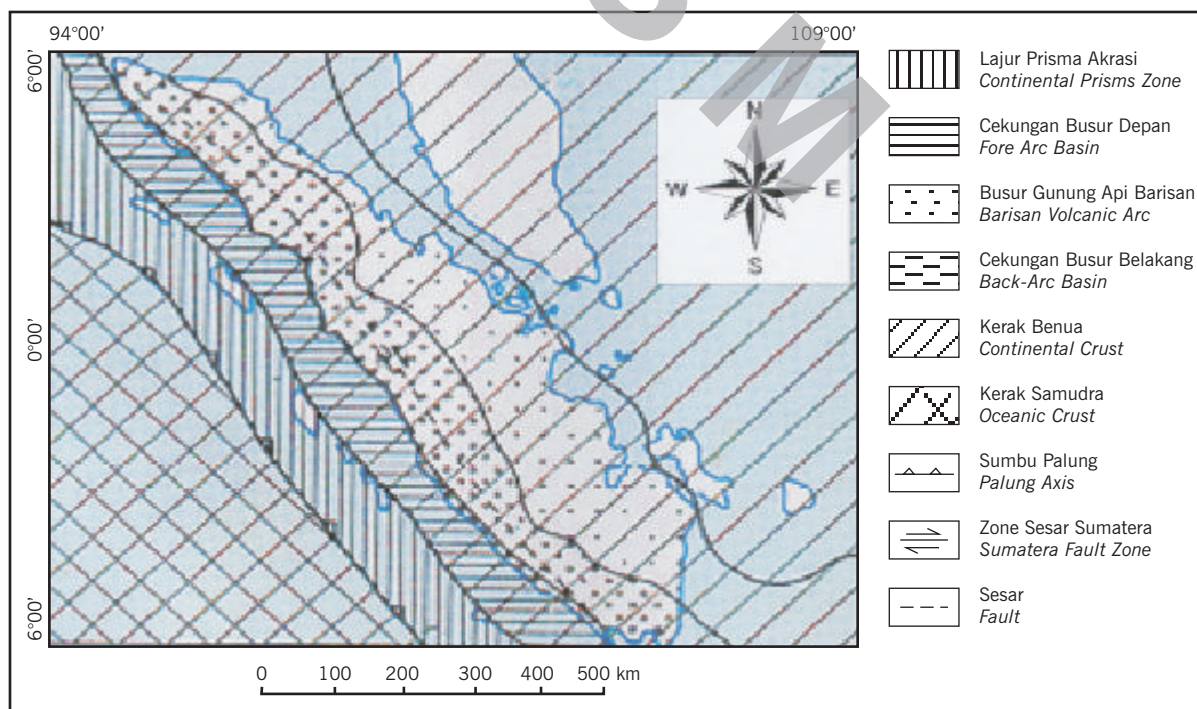
Daratan Pulau Sumatera merupakan bagian dari Paparan Sunda, yang juga merupakan pinggiran lempeng Eurasia dan terletak memanjang dengan arah barat laut-tenggara. Arah ini sesuai dengan arah zone penunjaman antara kerak samudera Hindia dan kerak benua yang berada kira-kira 300 Km dari pantai barat Sumatera dan berada 200 Km di bawah Pulau Sumatera. Menurut Scalater dan Fisher (1974) kerak samudera Hindia bergerak ke arah timur laut yang memotong tegak lurus sumbu Sumatera. Sistem struktur yang berkembang di daerah penelitian dan Pulau Sumatera pada umumnya adalah hasil penunjaman kedua lempeng tersebut dan pergerakan lempeng samudera Hindia. Struktur tersebut berupa sesar dan lipatan. Karena 75% lebih daerah penelitian merupakan lautan, geologi Lembar

Sidikalang (Aldiss dkk, 1983), geologi Lembar Sinabang (Endharto dan Sukido, 1994), dan geologi lembar Pulau Nias (Djamal dkk., 1994), semuanya dalam skala 1:250.000, dibuat menjadi referensi daerah penelitian (Gambar 2). Secara regional geologi daerah penelitian terdiri atas lajur akresi (Pulau Simeulue dan Pulau Nias), lajur Cekungan Busur Depan, dan lajur Bukit Barisan, seperti pada Gambar 3. Pulau Simelue dan Pulau Nias yang termasuk deretan kepulauan busur luar, struktur geologinya mencirikan suatu kompleks bantuh, tumbukan antara lempeng India - Australia dan lempeng Eurasia yang terjadi pada kala Oligo - Miosen. Pada kala itu struktur-struktur lipatan, kekar dan perdaunan berkembang baik. Dua pola arah sesar utama yaitu barat daya - timur laut dan barat laut - tenggara.

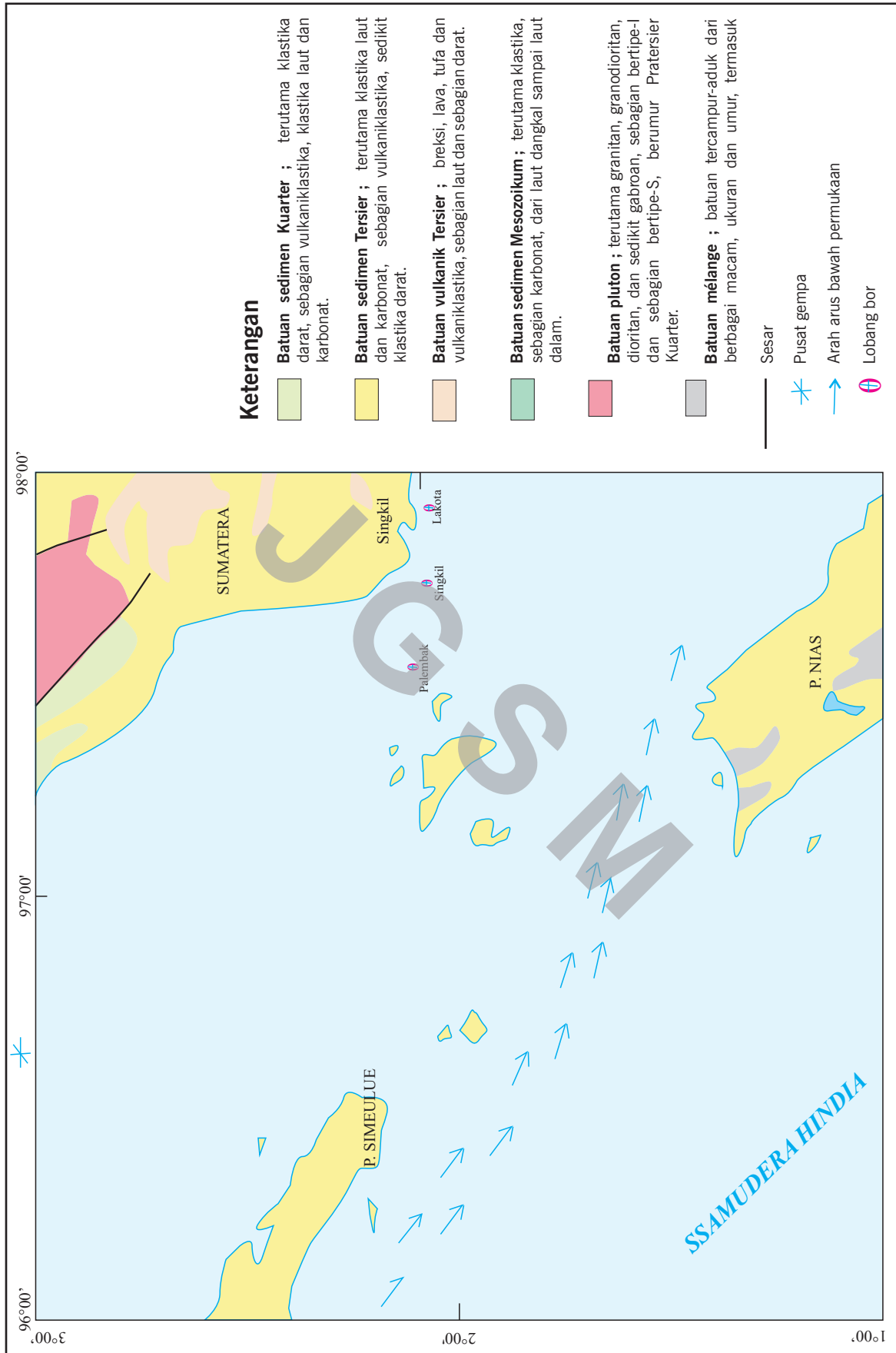
Lipatan diperkirakan terbentuk selama Pliosen Akhir hingga Plistosen yang bersamaan dengan pengangkatan pulau-pulau tersebut. Pengangkatan sejak Oligosen Akhir mengakibatkan munculnya sebagian tepi Paparan Sunda menjadi daratan Pulau Sumatera. Sedangkan bagian cekungan busur muka yang terletak di sebelah barat Pulau Sumatera masih merupakan bagian dalam yang berasosiasi dengan daerah tumbukan.

Masa genang laut regional pada cekungan busur muka terjadi pada kala Miosen Awal. Pada kala Miosen Tengah susut laut berlangsung dan menghasilkan endapan karbonat pada cekungan busur muka. Masa Miosen Akhir sampai Pliosen pendangkalan terus terjadi yang menghasilkan endapan litoral sampai paralik. Pengangkatan dan erosi yang disertai dengan pertumbuhan terumbu koral terjadi pada Pliosen Akhir. Batuan atas Kelompok Woyla (konglomerat) yang terdiri atas rijang dan basal dan merupakan hasil gunung api yang berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Tengah terdapat di Pulau Nias, dan diyakini tererosi dari pinggiran kerak kontinen yang pada masa itu masih dalam kondisi genang laut (Karig, 1980).

Dalam Cekungan Sumatera Barat Supergrup Tersier I diwakili oleh formasi Sibolga dan formasi Barus dari Tersier II yang berhenti pada geantiklin Bukit Barisan ke arah timur (Aldiss dkk, 1983). Pada daerah penelitian ini, Cekungan Sumatera Barat terbagi menjadi dua bagian oleh tinggian batuan dasar, yang di sini dinamakan Tinggian Lakota yang mempunyai arah hampir timur laut - tenggara. Lubang bor ini menembus kedalaman lebih dari 1000 meter sedimen yang berumur Pliosen sampai Resen, dan berhenti langsung pada batuan dasar yang diyakini dari Kelompok Woyla.



Gambar 2. Tataan geologi regional / Regional geological setting (M. Endharto dkk., 1994).



Gambar 3. Peta Geologi Sumatera Bagian Barat.

Formasi Bruksah dan Formasi Bampo yang terdapat di Kepulauan Banyak mempunyai umur yang sama. Batu Lumpur gampingan yang cenderung mempunyai kemiringan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal terdapat di Pulau Tuangku, dan diyakini telah menutupi kompleks bancuh yang meliputi batuan ofiolit Bangkaru (paling barat Kepulauan Banyak).

Tiga lubang bor kepunyaan *Union Oil Co.* yang berada dalam daerah penelitian ini yaitu :

1. Lubang bor Lakota yang mempunyai koordinat 02°01'LU 97°54'BT, mempunyai kedalaman lebih dari 1000 meter yang berhenti pada batuan dasar.
2. Lubang bor Singkil, yang mempunyai koordinat 02°02'LU 97°43'BT, mempunyai kedalaman lebih dari 2000 meter pada batuan yang berumur Miosen Tengah dan belum mencapai batuan dasar.
3. Lubang bor Palembak, yang mempunyai koordinat 02°09'LU 97°28'BT, mempunyai kedalaman lebih dari 2000 meter pada batuan yang berumur Miosen Awal dan belum mencapai batuan dasar.

Berdasarkan informasi geologi ketiga lubang bor tersebut di atas, di buat kolom stratigrafi daerah penelitian seperti pada Table 1 di bawah ini.

Tabel 1. Stratigrafi Daerah Cekungan Sumatera Barat (Aldis dkk, 1993)

Kwartir	Holosen	
	Plistosen	TufaToba
Tersier	Pliosen	Formasi Tutut
	Miosen	Formasi Barus
	Oligosen	
	Eosen	Formasi Sibolga

GAYA BERAT

Data gaya berat yang dianalisis pada makalah ini adalah hasil pemetaan regional bersistem luar Jawa yang penulis lakukan pada tahun anggaran 1998/1999 di lembar Sidikalang dengan skala 1: 250.000. Data gaya berat laut diambil dari *data base* yang ada pada Komputer Kelompok Geofisika, Puslitbang Geologi, Bandung. Hasil analisis yang disajikan berupa peta anomali Bouguer, anomali sisa, anomali regional, 4 (empat) buah model geologi yang diperoleh dari hasil pemodelan anomali Bouguer, dan peta hasil interpretasi.

ANALISIS SECARA KUALITATIF

Anomali Bouguer

Peta anomali Bouguer (Gambar 4) di dapatkan dengan menyusutkan data gaya berat lapangan menurut rumus gaya berat normal IGSN 1971 (GRS 1967), dengan menggunakan rapat massa kerak rata-rata 2,67 gr/cm³. Anomali Bouguer di daerah penelitian mempunyai nilai dari -100 mgal sampai +100 mgal. Secara umum, daerah penelitian bisa di bagi menjadi 2 (dua) bagian :

1. Daerah anomali tinggi mempunyai nilai dari 0 sampai + 100 mgal, yang menempati gugusan Pulau Nias dan Pulau Simelue (jalur akresi). Walaupun demikian, jalur anomali tinggi ini terganggu oleh jalur anomali rendah berbentuk seperti graben yang berada persis di atas Pulau Nias, dengan arah hampir timur laut - barat daya (lihat Gambar. 4). Daerah anomali tinggi lainnya yaitu Tinggian Lakota yang menerus ke arah tenggara dan daerah daratan Pulau Sumatera, atas Singkil sampai Pakkat, Lembar Sidikalang (Nainggolan, dkk., 1999).

2. Daerah anomali rendah, mempunyai nilai dari 0 sampai -100 mgal, yang menempati daerah jalur cekungan busur muka, menerus ke daratan Pulau Sumatera, yang menurut (Cameron dkk., 1980) masih termasuk daerah cekungan busur muka. Daerah anomali rendah lainnya yaitu daerah sebelah selatan Pulau Simeulue atau sebelah barat Pulau Nias, yang merupakan bagian dari lajur akrasi (Gambar 4).

Secara umum, pola anomali di daerah penelitian mempunyai arah barat laut - tenggara, walaupun di beberapa tempat berubah menjadi timur laut - barat daya atau utara - selatan, yang disebabkan perkembangan struktur yang berkembang di sana.

Anomali sisa

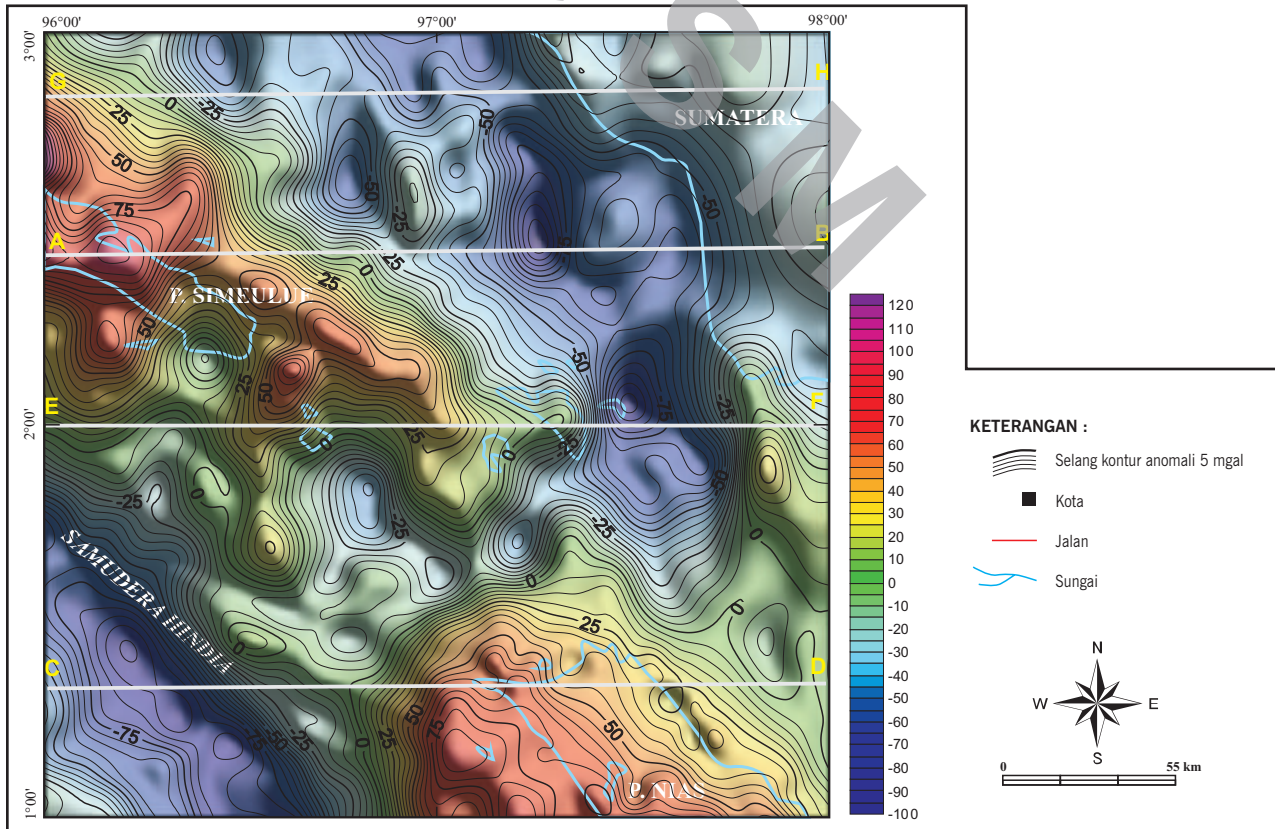
Anomali sisa diperoleh dengan menerapkan *trend surface analysis* pada data set terkisi. Anomali sisa ini diperlukan untuk mengetahui dan memperjelas keberadaan struktur-struktur dangkal (*shallow effect*). Pada daerah penelitian anomali sisa mempunyai nilai dari -50 sampai dengan +50 mgal, dengan pola kontur anomali berarah barat laut - tenggara, utara selatan dan barat daya - timur laut

(Gambar 5). Dua lokasi anomali sisa positif yang menarik :

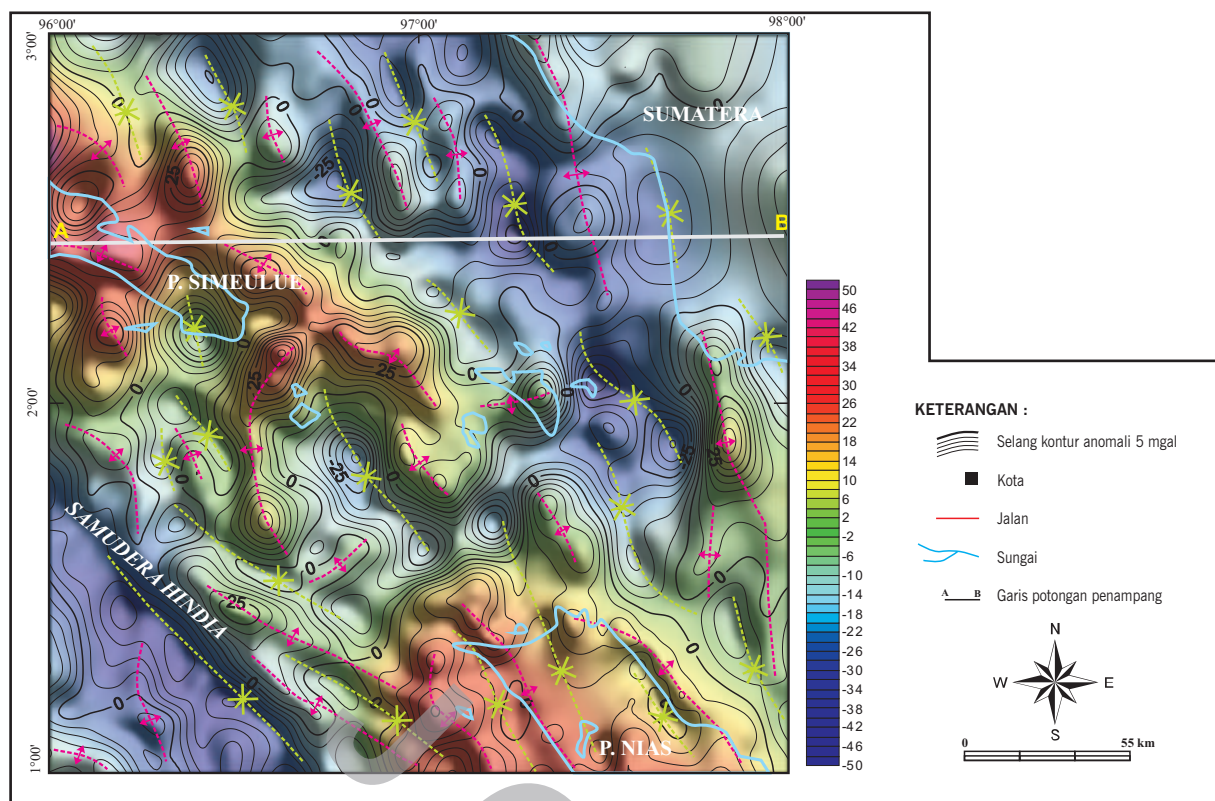
- Anomali yang berbentuk antiklin di ujung sebelah selatan Pulau Simeulue yang berarah hampir utara - selatan menerus dan membelok sampai ke Pulau Nias.
- Tinggian Lakota yang berbentuk antiklin menerus juga ke arah utara dan menyatu dengan antiklin anomali sisa yang berada di utara Subulussalam, Lembar Sidikalang (Gambar 5).

Anomali Regional

Anomali Bouguer Regional ini dihasilkan melalui pengurangan anomali Bouguer terhadap anomali sisa. Anomali regional ini dimaksudkan untuk mengurangi sifat kerancuan hasil pemodelan penampang anomali Bouguer. Karena penyebab ini adalah massa kerak yang mempunyai rapat massa lebih besar dari kerak rata-rata ($> 2,67 \text{ gr/cm}^3$) seperti intrusi-intrusi batuan beku dengan rapat massa $> 2,67 \text{ gr/cm}^3$, juga depressi-depressi atau cekungan sedimen yang dalam dan mempunyai rapat massa $< 2,67 \text{ gr/cm}^3$.



Gambar 4. Peta Anomali Bouguer Daerah Pulau Banyak, Sumatera.



Gambar 5. Peta Anomali Sisa Daerah Pulau Banyak, Sumatera.

Anomali regional memperlihatkan (Gambar 6), bahwa permukaan kerak (batuan dasar) tidak mempunyai topografi yang rata, atau dengan kata lain ada beda permukaan batuan dasar antara jalur akresi dengan jalur cekungan busur muka. Secara umum anomali regional ini secara konsisten tetap mempunyai pola kontur dengan arah barat laut tenggara.

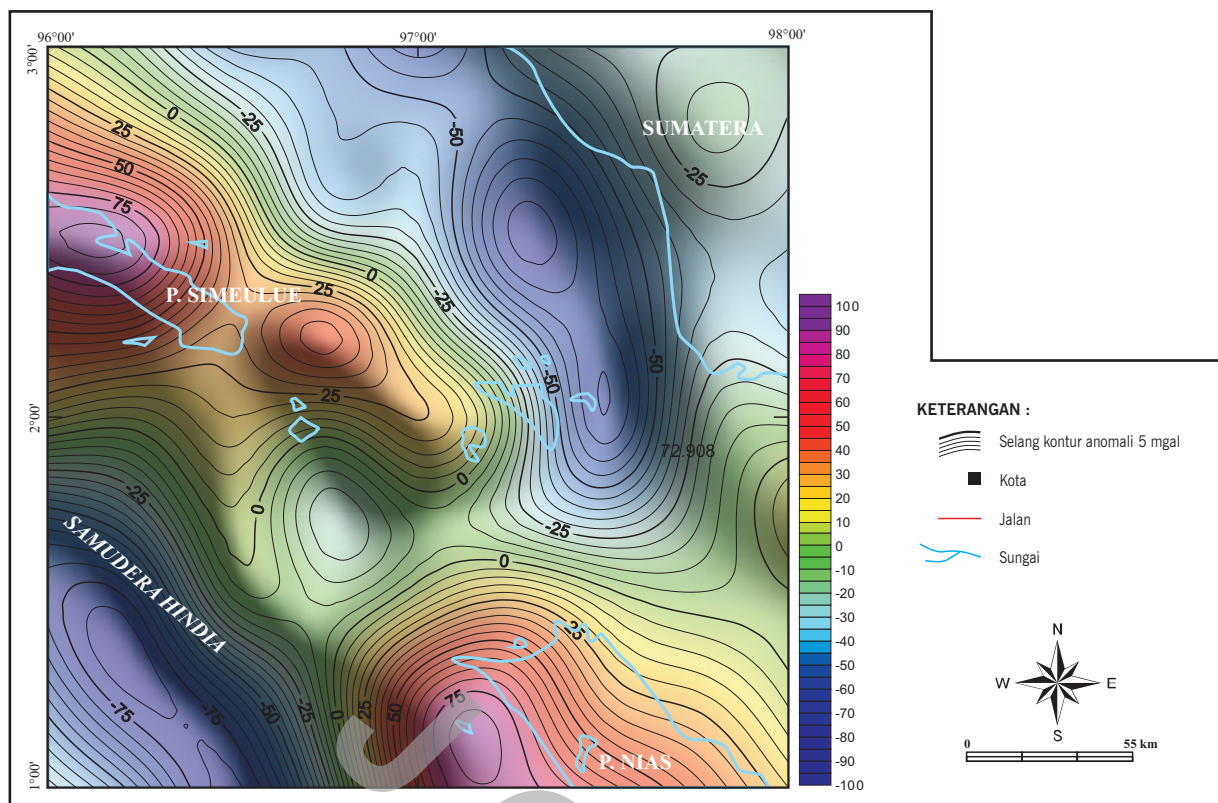
ANALISIS KUANTITATIF

Dalam makalah ini, empat buah penampang anomali Bouguer dan sebuah penampang anomali sisa dibuat model penampang geologinya. Untuk pemodelan, semua informasi geologi seperti keberadaan struktur, lubang bor, kedalaman struktur dan lain-lain harus digunakan untuk mengurangi sifat ketidakunikan analisis kuantitatif ini, sehingga hasil yang didapat lebih mendekati keadaan yang sebenarnya.

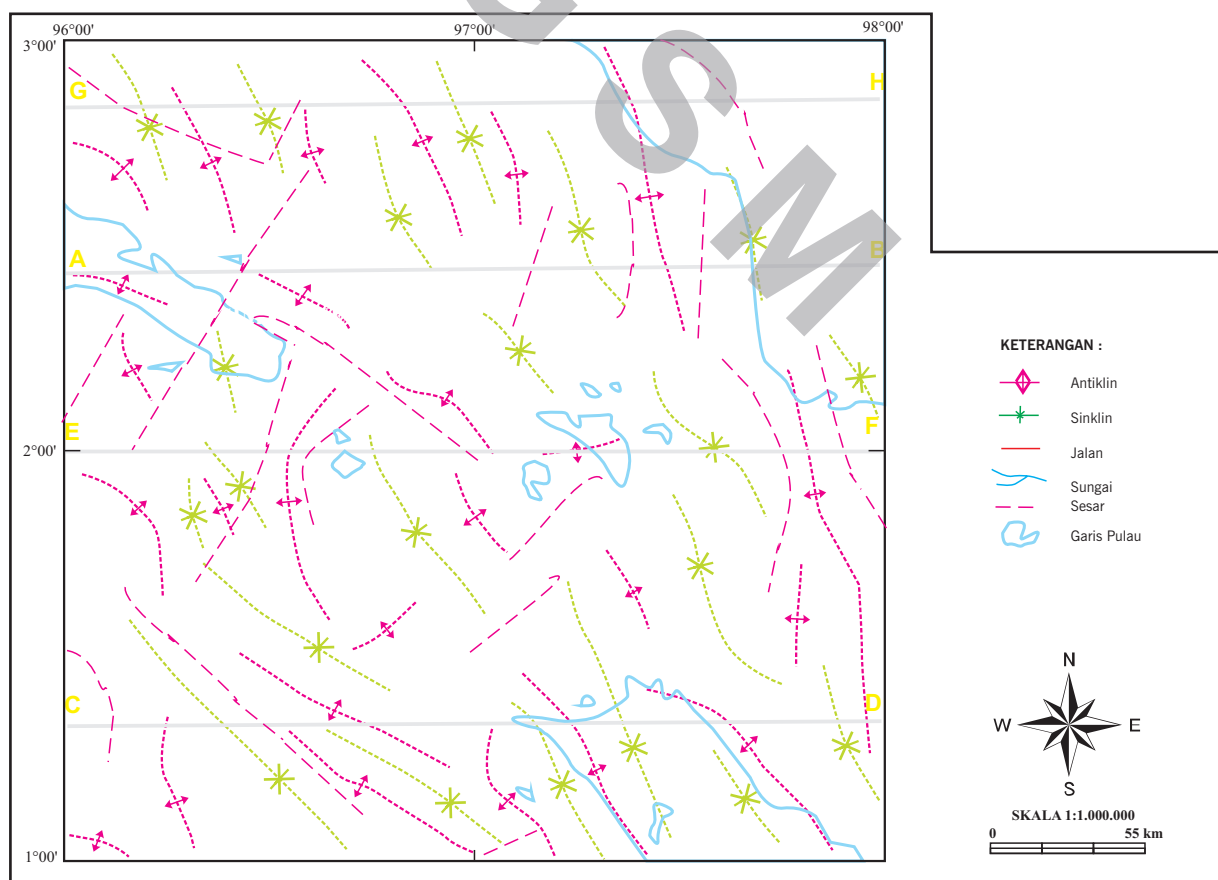
Penampang A - B

Penampang ini dibuat dengan arah barat - timur, memotong Pulau Simeulue dengan koordinat $2^{\circ}25,9'LU$, $96^{\circ}00'$ - $98^{\circ}00'BT$, hingga mempunyai panjang penampang sekitar 225 kilometer (Gambar 8). Pada penampang ini, anomali Bouguer

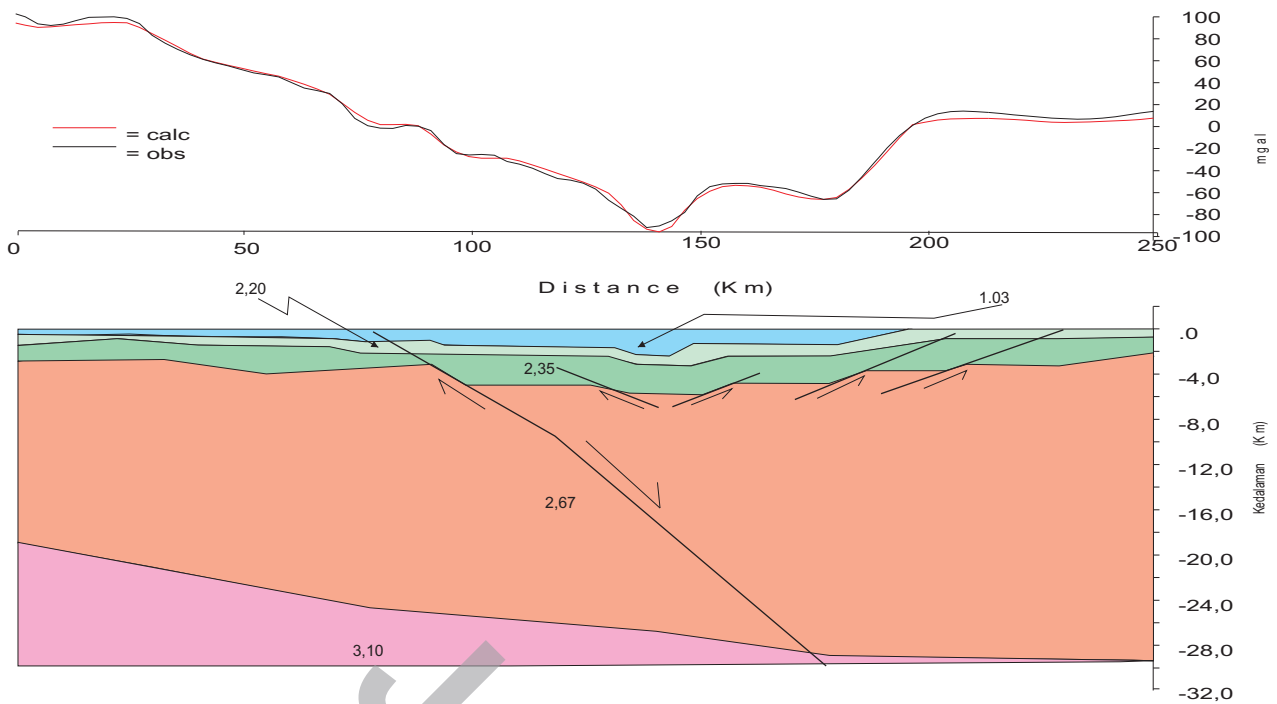
mempunyai nilai dari -100 mgal sampai +100 mgal. Pada awal penampang sampai kilometer 25 nilai anomali Bouguer sekitar 100 mgal, yang kebetulan merupakan Pulau Simeulue (daerah akresi). Kemudian dari kilometer 25 anomali menurun sampai -100mgal pada kilometer 140, walaupun antara kilometer 70 dan 100 terjadi gelombang anomali yang disebabkan oleh adanya suatu sistem sesar disana. Daerah ini ditempati oleh sedimen cekungan busur muka yang cukup tebal yang mencapai lebih dari 4 kilometer. Dari kilometer 100 sampai kilometer 150 anomali naik dari -100 mgal sampai -60 mgal. Dari kilometer 150 sampai kilometer 180 anomali cenderung mengalami penurunan menjadi sekitar -70 mgal. Dari kilometer 180 sampai kilometer 200 anomali naik dengan tajam, dari -70 mgal sampai sekitar +8 mgal dan diyakini disebabkan oleh adanya suatu sesar. Dari kilometer 25 sampai kilometer 200 ditempati oleh cekungan busur muka. Dari kilometer 200 sampai ujung penampang (daratan Pulau Sumatera) besaran anomali cenderung mempunyai harga yang sama. Anomali sisa pada penampang ini mempunyai nilai dari -40 mgal sampai +30 mgal, dimana bentuk gelombang anomalnya hampir sama dengan bentuk gelombang anomali Bouguer (Gambar 8a).



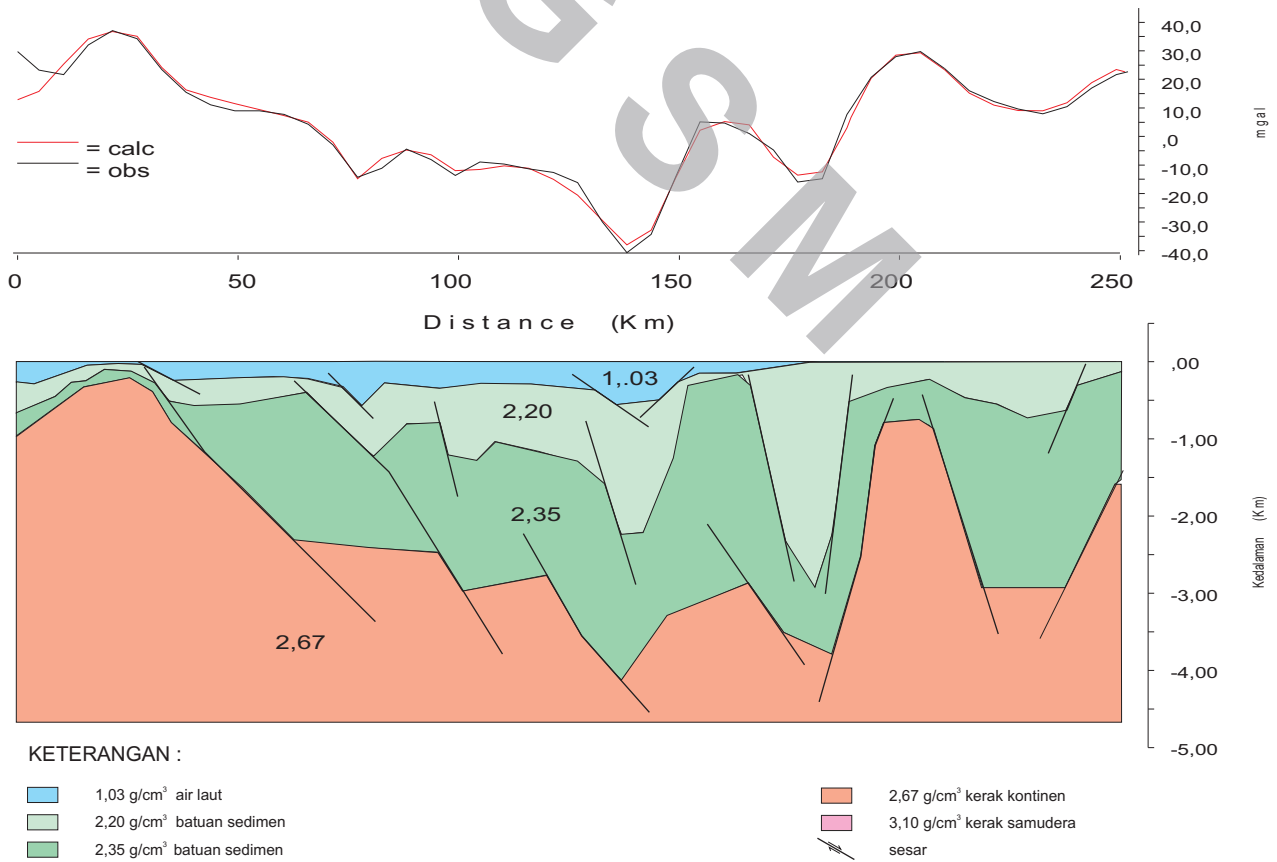
Gambar 6. Peta Anomali Regional Daerah Pulau Banyak, Sumatera.



Gambar 7. Peta struktur hasil analisis kualitatif dan kuantitatif.



Gambar 8. Model geologi Penampang A - B anomali Bouguer



Gambar 8a. Model geologi dari Penampang A - B, anomali sisa.

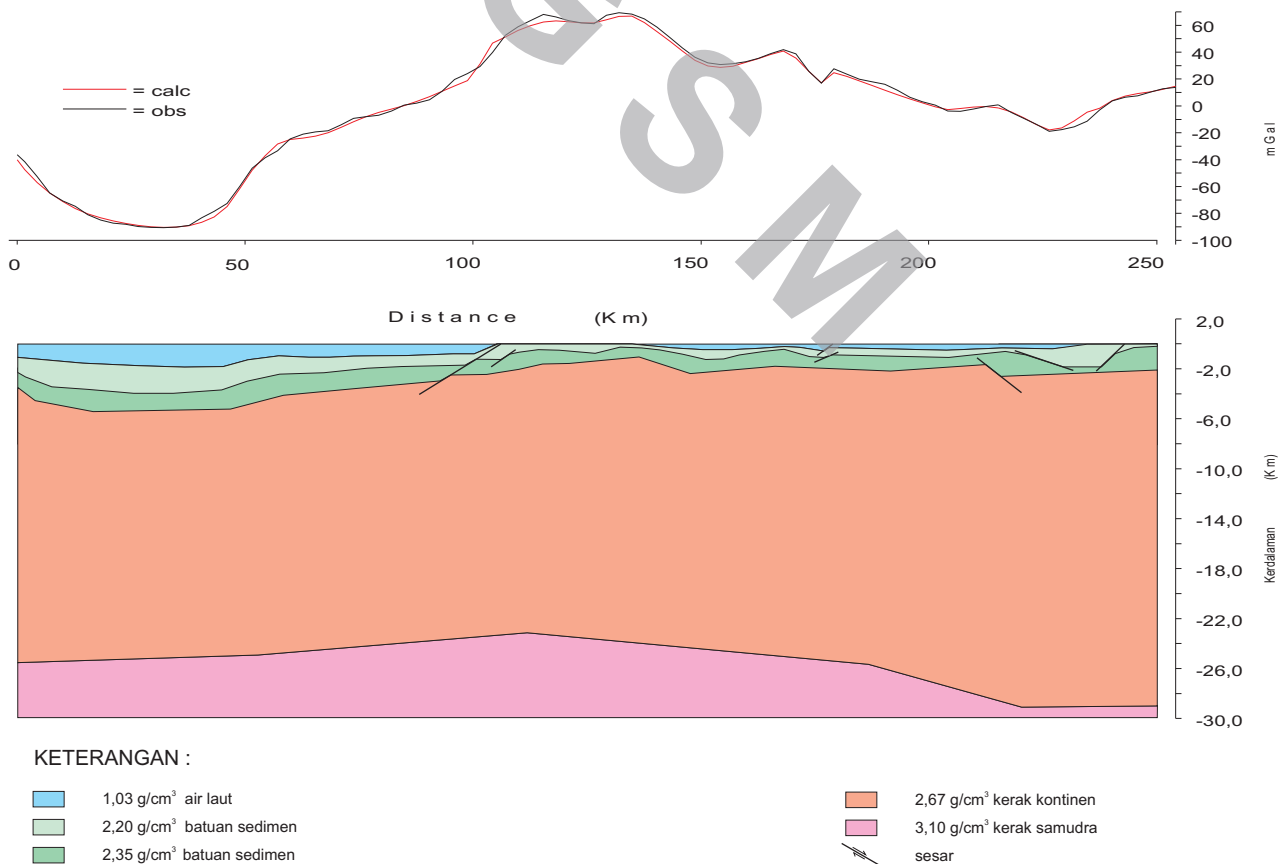
Penampang C - D

Penampang ini dibuat dengan arah barat - timur, memotong Pulau Nias dengan koordinat 1°18,95'LU, 96°00' - 98°00'BT, hingga mempunyai panjang penampang sekitar 225 kilometer (Gambar 9). Pada penampang ini, anomali Bouguer mempunyai nilai dari -90 mgal sampai +60 mgal. Pada awal penampang sampai kilometer 60 anomalnya membentuk cekungan anomali dengan nilai anomali Bouguer dari -20 mgal sampai -80 mgal, yang ditempati oleh laut yang lebih dalam dan sedimen yang tebal (Hamilton, 1974). Kemudian dari kilometer 60 anomali naik sampai +60 mgal pada kilometer 110. Dari kilometer 110 sampai kilometer 135 anomali cenderung rata walaupun di antaranya ada suatu lekukan anomali yang disebabkan oleh adanya suatu sistem sesar di sana, dan merupakan Pulau Nias. Awal penampang sampai kilometer 135 merupakan daerah akrasi. Dari kilometer 135 sampai kilometer 150 anomali turun dari +60 mgal sampai +30 mgal, dan dari sini naik menjadi +40 pada kilometer 165. Dari sini

sampai kilometer 175 anomali turun dengan tajam menjadi sekitar +20 mgal, kemudian naik menjadi +25 mgal pada kilometer 180. Dari kilometer 180 sampai kilometer 205 anomali mengalami penurunan, dari +25 mgal sampai sekitar 0 mgal, kemudian naik menjadi sekitar +10 mgal pada kilometer 215. Dari sini anomali, kemudian naik sampai +10 mgal pada ujung penampang. Kilometer 135 sampai ujung penampang ditempati oleh daerah cekungan busur muka. Pendeknya perubahan-perubahan gelombang anomali diyakini sebagai sumber penyebab adanya perubahan-perubahan struktur pada lapisan yang dekat permukaan.

Penampang E - F

Penampang ini dibuat dengan arah barat - timur, dengan koordinat 2°00'LU, 96°00' - 98°00'BT, hingga mempunyai panjang penampang sekitar 220 kilometer (Gambar 10). Pada penampang ini, anomali Bouguer mempunyai nilai dari -86 mgal sampai +40 mgal. Pada awal penampang anomali Bouguer mempunyai nilai 10mgal, naik sampai 20



Gambar 9. Model geologi dari penampang C - D, anomali Bouguer.

mgal pada kilometer 17, kemudian turun lagi sampai 0 mgal pada kilometer 35. Dari kilometer 35 ini anomalnya naik lagi dengan tajam mencapai maksimum 40 mgal pada kilometer 60 dan merupakan batas daerah akresi. Dari sini anomali turun lagi dengan landaian yang cukup tajam dan mencapai 10 mgal pada kilometer 80, kemudian naik lagi sampai 30 mgal pada kilometer 110. Dari sini anomali mengalami penurunan secara landai hingga mencapai 0 mgal pada kilometer 145, kemudian turun lagi dengan sangat tajam hingga mencapai titik minimum (sekitar -86 mgal) pada kilometer 166. Dari sini naik lagi dengan tajam, yang mencapai sekitar 5 mgal pada kilometer 205, kemudian turun lagi menjadi -20 mgal pada ujung penampang

Anomali-anomali yang berbentuk antiklin seperti pada kilometer 10, 60, 110, dan kilometer 205 diinterpretasikan disebabkan oleh pendangkalan air laut atau penipisan lapisan sedimen. Sedangkan anomali-anomali berbentuk sinklin seperti pada kilometer 35, 80 dan kilometer 165 diinterpretasikan sebagai akibat air laut yang lebih dalam atau lapisan sedimen yang lebih dalam. Kedalaman sedimen pada kilometer 40 dan kilometer 165 masing-masing mencapai hampir 4000 dan 5000 meter, sesuai dengan kedalaman sedimen yang dibuat oleh Hamilton (1974). Posisi ketiga lubang bor terhadap penampang ini adalah sebagai berikut : lubang bor Lakota berada pada kilometer 213 dan 1,87 Km ke arah utara, lubang bor Singkil berada pada kilometer 193,4 dan 3,74 Km ke arah utara, sedangkan lubang bor Palembang berada pada kilometer 165 dan 17 Km ke arah utara (Gambar 10). Dari hasil pemodelan yang dihasilkan, ketiga lubang bor tersebut terlihat dengan jelas berada pada suatu cekungan sedimen yang cukup luas dan dalam, dan ini yang menyebabkan nilai anomali Bouguer mencapai minimum (sekitar -86 mgal) pada kilometer 166. Pada penampang ini, daerah akresinya (dari awal penampang sampai kilometer 60) merupakan suatu anomali, karena biasanya daerah akresi mempunyai nilai Bouguer ≥ 40 mgal. Ini menandakan bahwa daerah akresi ini sudah mengalami proses perkembangan tektonik yang cukup pesat.

Penampang G - H

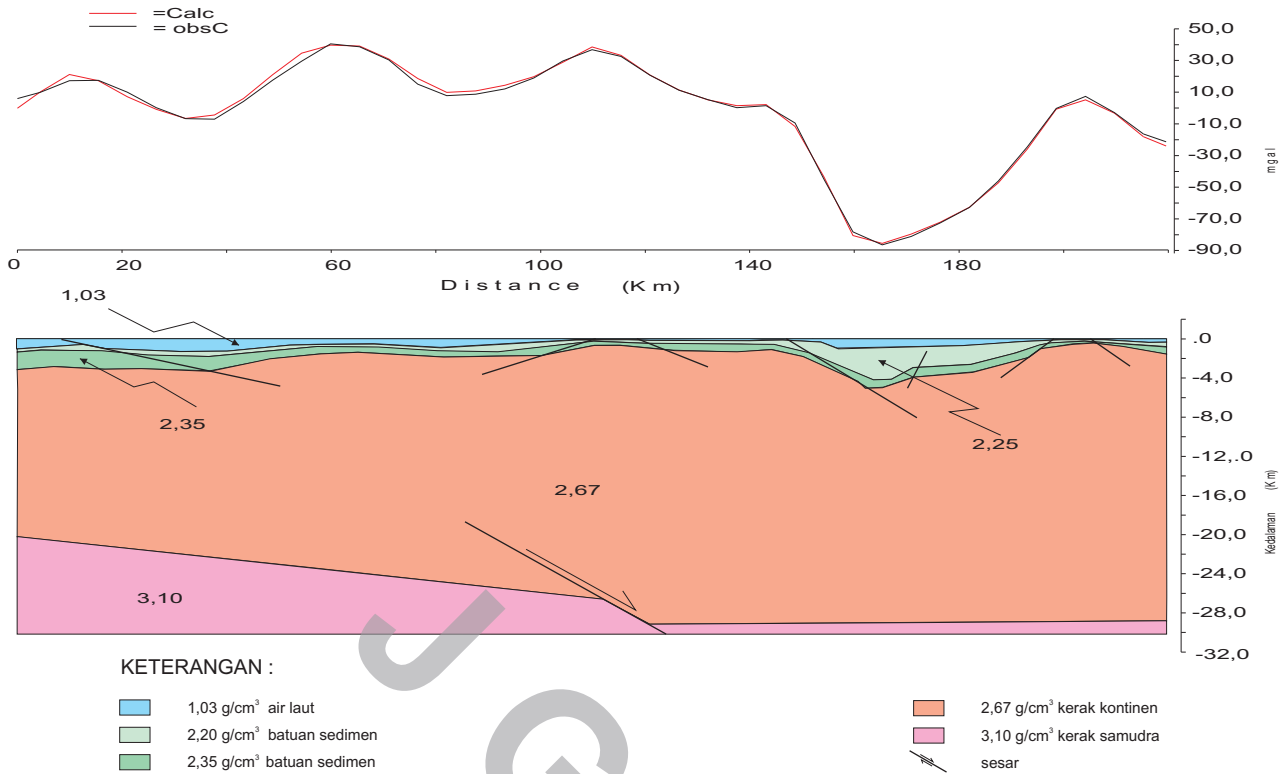
Penampang ini dibuat dengan arah barat - timur, memotong Pulau Nias dengan koordinat

$2^{\circ}47,06'LU, 96^{\circ}00' - 98^{\circ}00'BT$, hingga mempunyai panjang penampang sekitar 250 kilometer (Gambar 11). Pada penampang ini, anomali Bouguer mempunyai nilai dari -80 mgal sampai +20 mgal. Pada awal penampang, nilai anomali adalah 20 mgal dan cenderung turun dengan kemiringan landai sampai kilometer 35 dengan nilai anomali -15 mgal. Dari kilometer 35 sampai kilometer 65, anomali membentuk cekungan anomali (sinklin) dengan nilai minimum anomali Bouguer -60 mgal pada kilometer 50. Kemudian dari kilometer 65 anomali cenderung agak rata sampai kilometer 140, walaupun antara kilometer 90 dan 140 terjadi gelombang anomali yang membetuk sinklin dan antiklin anomali. Dari kilometer 140 sampai ujung penampang nilai anomali cenderung naik dengan kemiringan yang agak landai dengan nilai anomali sampai -10 mgal, walaupun mengalami gelombang anomali yang membentuk sinklin/antiklin anomali di beberapa tempat (Gambar 11). Khusus sinklin/antiklin antara kilometer 210 dan kilometer 250, dimana sebagian sisi sinklinnya sudah diluar daerah penelitian dan sudah berada di daratan Pulau Sumatera. Ini dibuat untuk bahan referensi untuk pemodelan ini, dimana sistem sinklin/antiklin ini merupakan terusan sinklin/antiklin yang ada di timur laut Singkil (Nainggolan drr, 2004). Secara keseluruhan penampang ini merupakan daerah cekungan busur muka. Turunnya atau naiknya anomali yang membentuk sinklin/antiklin lebih disebabkan oleh suatu sistem sesar di daerah ini.

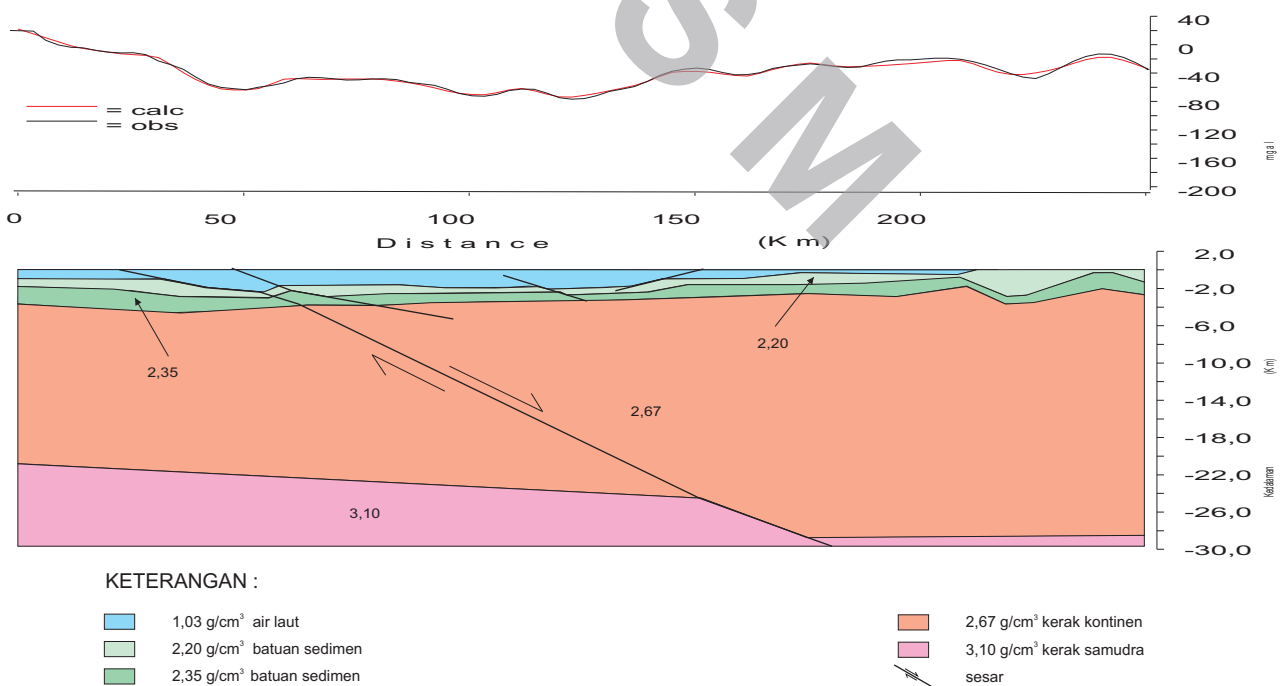
Hasil-hasil interpretasi analisis kualitatif maupun kuantitatif terdapat pada peta penyebaran struktur (Gambar 11).

POTENSI SUMBER GEOLOGI

sumber daya geologi yang kemungkinan cukup potensial di daerah penelitian adalah endapan hidrokarbon dan gas alam. Dari tiga lubang bor oleh *Union Oil Co.* dilaporkan bahwa tidak ditemukan resapan minyak, walaupun Formasi Barus bisa menjadi resevoir yang baik untuk endapan minyak. Untuk gas alam, *Union Oil Co.* menemukan cadangan yang cukup besar (Aldiss dkk, 1983). Kalau kita perhatikan posisi ketiga lubang bor tersebut terhadap model geologi penampang E - F dan pada peta anomali sisa, posisi tersebut tidaklah pas untuk cebakan minyak, karena ketiga lubang bor tersebut terletak pada suatu cekungan batuan sedimen yang cukup tebal. Lubang bor Lakota yang



Gambar 10. Model geologi dari penampang E - F, anomali Bouguer.



Gambar 11. Model geologi dari penampang G - H, anomali Bouguer.

hanya mencapai kedalaman lebih 1000 meter sudah mencapai batuan dasar dan terletak pada sisi luar sebelah timur cekungan, dan kira-kira 2 Km arah utara penampang E - F. Sedangkan lubang bor Singkil dan Palembang yang terletak kira-kira 4 dan 17 kilometer ke arah utara penampang tersebut merupakan bagian cekungan paling dalam, yang dari hasil pemodelan batuan dasarnya mencapai lebih dari 4 kilometer (Gambar 10). Analisis kualitatif terhadap anomali Bouguer dan anomali sisa menunjukkan bahwa daerah lubang bor mempunyai nilai yang sangat rendah dan merupakan suatu sinklin yang mempunyai arah hampir barat laut-tenggara, sesuai dengan hasil pemodelan. Biasanya lapisan-lapisan sedimen yang berpotensi untuk cebakan minyak adalah lapisan-lapisan yang berbentuk antiklin yang bisa dilihat pada peta struktur (Gambar 11). Di Pulau Bangkaru, dijumpai batuan ofiolit yang ditutupi oleh batulumpur gampingan dari Formasi Brokhsah dan Bampoo berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal (Aldiss dkk, 1983). Menurut penulis daerah ini kemungkinan bisa menjadi suatu daerah yang potensial sebagai cebakan minyak, karena dewasa ini banyak pakar kebumihan menyetujui bahwa selain secara organik hidrokarbon bisa juga terbentuk secara anorganik (abiogenik) atau melalui proses yang lebih dikenal dengan *Fischer-Tropsch* (F-T) system (Awang, 2003, Nainggolan dkk., 2004), walaupun pembentukan hidrokarbon secara abiogenik ini sulit dibuktikan secara kongkrit.

GEMPA BUMI / TSUNAMI

Ada beberapa faktor yang bisa mendukung terjadinya suatu tsunami, seperti :

- Gempa tersebut terjadi di tengah laut.
- Pusat gempa tersebut terdapat di antara dua pulau.
- Goyangan kerak bumi yang ditimbulkan gempa tersebut terjadi di atas 30 detik.
- Gempa tektonik tersebut menimbulkan bukaan kerak bumi yang cukup besar dan dalam dan beberapa saat kemudian menutup kembali. Para ahli sepakat bahwa gempa bumi jenis inilah yang terjadi di Propinsi NAD 26 desember 2004 lalu.

Pusat gempa tersebut berada pada koordinat 3°02'LU dan 96°42' (sebelah utara Pulau Simeulue)

dimana kedalaman air laut sekitar 1000 meter lebih (Hamilton, 1974, 1979). Gempa tersebut terjadi melalui suatu sesar yang menerus dan bersatu dengan sesar Sumatera di utara Pulau Sabang, dan menurut penulis kerak bumi membuka cukup lebar dan dalam. Kerak tersebut terbuka beberapa saat, sehingga air laut sempat tersedot cukup besar dan pantai Banda Aceh mengalami surut air yang cukup luas (media tv). Sesudah lapisan kerak bumi tersebut kembali ke posisi semula (bersatu lagi), air tertekan dengan kuat sekali, dan membentuk suatu aliran arus bawah permukaan yang sangat kuat. Arus bawah permukaan ini sudah pasti jauh lebih besar ke arah timur karena lautan ke sebelah barat jauh lebih luas daripada ke arah timur, yang memberikan tekanan air jauh lebih besar dari arah barat. Sifat viscositas air laut menyebabkan pergerakan arus bawah permukaan tidak menimbulkan gelombang air laut pada permukaan laut sekitar pusat gempa. Tapi makin menjauh dari pusat gempa, gelombang air laut pada permukaan air laut tersebut semakin besar. Sebenarnya arus bawah permukaan ini bergerak ke semua arah pada dasar laut yang mempunyai permukaan yang relatif rata dan pada ketinggian dasar laut tertentu. Dari hal tersebut di atas, penulis menyimpulkan bahwa sekeliling gugusan Pulau Simeulue dan Pulau Sinabang yang menyambung ke daratan Pulau Sumatera terdapat perbedaan permukaan dasar laut yang cukup besar. Hal ini menyebabkan arus bawah permukaan yang menghasilkan tsunami tidak sampai ke Tapak Tuan, Singkil dan Barus. Sedangkan antara Pulau Simeulue dan Pulau Nias terdapat topografi permukaan dasar laut yang relatif sama dengan topografi permukaan dasar laut pada pusat gempa tersebut, yang menerus ke pantai daratan Pulau Sumatera di timur Pulau Nias. Sedangkan Pantai Pulau Sumatera di sana mempunyai topografi yang curam sehingga membalikkan arus bawah permukaan ini kembali ke arah barat dan menimbulkan tsunami di daratan timur Pulau Nias yang memang mempunyai topografi yang landai ke arah timur. Demikian juga daerah-daerah sepanjang pesisir barat Semenanjung Malaka dimana daerah-daerah yang mempunyai pantai yang landai langsung mengalami tsunami, sedangkan pantai yang curam akan memantulkannya dan yang mengalami tsunami adalah pantai timur yang landai di Sumatrera Utara.

KESIMPULAN

Antiklin/sinklin anomali Bouguer di daerah penelitian cukup banyak terlihat di daerah penelitian terutama dari peta anomali sisa dan peta bayangan citra, dimana ini bisa menjadi suatu daerah yang mungkin berpotensi sebagai cebakan hidrokarbon dan gas.

Sekitar pusat gempa dan sekitar gugusan kepulauan Simeulue - Sinabang terdapat suatu perbedaan topografi permukaan dasar laut yang cukup curam, sehingga arus dasar laut (bawah permukaan) tidak bisa sampai ke daerah Tapak Tuan, Singkil, dan Barus, sehingga terhindar dari tsunami.

Dari hasil pemodelan penampang A-B, C-D dan E-F, disimpulkan bahwa arus bawah permukaan yang menyebabkan tsunami di Pulau Nias merambat melalui sebelah barat dan selatan Pulau Simeulue dan menerus ke arah timur dari antara Pulau Nias dan Pulau Simeulue.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bpk Dr. Djadjang Sukarna selaku Kepala Pusat Survei Geologi, Dewan Redaksi, Tim Editor, beserta semua yang terlibat dalam penerbitan makalah ini. ■

ACUAN

- Aldiss D. T., Sjadudien a.G. Kusjono., 1983. *The Geology of The Sidikalang Quadrangle, Sumatera. Dept. Perambangan dan Energy, Dirjen Pertambangan Umum Puslitbang Geologi, Bandung, Indonesia.*
- Awang. H. Setyana., 2003. "Fischer-Tropsch" Petroleum Formatiaon in Collision Zones of Eastern Indonesia: Possible abiogenic genesis of petroleum. *Majalah Geologi Indonesia (IAGI)*, vol 18, no. 1, pages 10-22.
- Cameron.N.R., Clarke.M.C.G., Aldiss.D.T., Aspde.J.A., and Djunuddin.A.,1980. The Geological Evolution of Northern Sumatera. *The Proceedings Indonesian Petroleum Association. Ninth Annual convention*, May 1980.
- Djamal.B., Gunawan.W., Simanjuntak.T.O., and Ratman.N., 1994. Geological Map of The Nias Quadrangle, Sumatera. *Dept. Energy dan sumber daya Mineral, Dirjen Geology dan sumber daya Mineral, Puslitbang Geologi, Bandung, Indonesia.*
- Endarto.M., and Sukido., 1994. Geological Map of The Sinabang Sheet, Sumatera. *Dept. Energy dan sumber daya Mineral, Dirjen Geology dan Sumber daya Mineral, Puslitbang Geologi, Bandung, Indonesia.*
- Karig, D.E., Suparka, S., Moore, G.F. & Hehanusa, P.E. (1980). Structure and Cenozoic evolution of the Sunda arc in the Central Sumatera Region. *United nations ESCAP, CCOP Tech. Bull.* 12, 87 108.