

DELINEASI CEKUNGAN BUSUR MUKA SIMEULUE BERDASARKAN DATA ANOMALI GAYA BERAT

L.D.Santi, I. Setiadi, H. Panggabean

Pusat Survei Geologi
Jl. Diponegoro No 57 Bandung - 40122

Sari

Penelitian cekungan busur muka di barat Pulau Sumatra telah banyak dilakukan untuk mengetahui potensinya sebagai cekungan pembawa hidrokarbon. Cekungan Simeulue sebagai bagian dari rangkaian cekungan busur muka, baru-baru ini banyak disinggung sebagai hasil publikasi terbaru dari penelitian team BGR-Jerman yang memperlihatkan adanya akumulasi sedimen yang relatif tebal. Meskipun banyak informasi baru dan juga spekulasi yang timbul dari hasil penelitian tersebut, namun batas – batas Cekungan Simeulue sendiri belum diketahui secara pasti. Delineasi Cekungan Simeulue pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data anomali gaya berat yang mampu mencakup wilayah yang lebih luas, sehingga penentuan batas pelampiran sedimen dapat dilakukan dengan lebih pasti. Hasil pembuatan profil gaya berat menggunakan metode *forward modelling* memperlihatkan geometri cekungan yang melampar dengan panjang maksimum 418 km, bagian utara dan selatannya dibatasi oleh tinggian yang memisahkannya dengan cekungan – cekungan lain yang berdekatan.

Kata kunci : Delineasi cekungan, Anomaly gaya berat

Abstract

The study of hydrocarbon potential at the fore-arc basins of west offshore Sumatra has been done by many writers. Recently, Simeulue basin, has been put at the spotlight as the Germany's BGR research team published several latest seismic lines showing great sediment accumulation in this basin. Although many new information and speculation emerge by the result of that research, until now the exact basin boundary itself has never been discussed. Delineation process of Simeulue basin in this study is done by applying gravity anomaly data that covers a wide area enough to determine the apparent boundary of sediment distribution within the basin. A gravity anomaly profile is produced using forward modeling method, showing the geometry of the basin, with maximum length of 418 km. The northward and southward of this basin is bounded by high topographies that separate Simeulue basin with the other adjacent basins.

Keywords : Basin delineation, Gravity anomaly

Pendahuluan

Cekungan Simeulue merupakan bagian dari rangkaian cekungan busur muka di depan zona subduksi Sumatra yang memanjang dengan arah barat laut – tenggara. Kegiatan penelitian dan pembuatan profil seismik telah dilakukan oleh tim peneliti BGR, tahun 2006, yang bekerja sama dengan BPPT. Hasilnya telah mengungkapkan bahwa cekungan ini memiliki sedimen tebal dan diduga berpotensi sebagai cekungan pembawa hidrokarbon.

Penelitian terdahulu di daerah ini belum mengungkapkan dengan tepat nama resmi maupun batas cekungan yang dianggap sebagai bagian dari

Cekungan Simeulue. Secara umum cekungan ini terletak di antara 2°LU – 4.5°LU dan 95°BT – 98°BT yang berada di sebelah barat Pulau Sumatra. Barber dan Crow, (dalam Barber *et al.*, 2005) menyebut cekungan ini sebagai Cekungan Meulaboh, sedangkan Rose, 1983, dan Syam dr., 2007, menyebutkan sebagai bagian dari Cekungan Sibolga. Penelitian-penelitian tersebut umumnya memakai metode korelasi seismik dan data log. Namun, profil seismik dan sebaran titik sumur pemboran yang ada di daerah ini kurang memadai untuk delineasi cekungan. Panjang profil seismik yang terbatas hanya memberikan sebagian citra cekungan. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan data anomali gaya berat dengan cakupan data yang lebih regional untuk memperkirakan geometri dan batas-batas cekungan secara keseluruhan.

Naskah diterima : 15 Maret 2010
Revisi terakhir : 25 Juni 2010

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari bangun struktur kerak bumi yang melandasi Cekungan Simeulue dan batas-batas pelamparannya terhadap cekungan lainnya yang berdekatan.

Metode

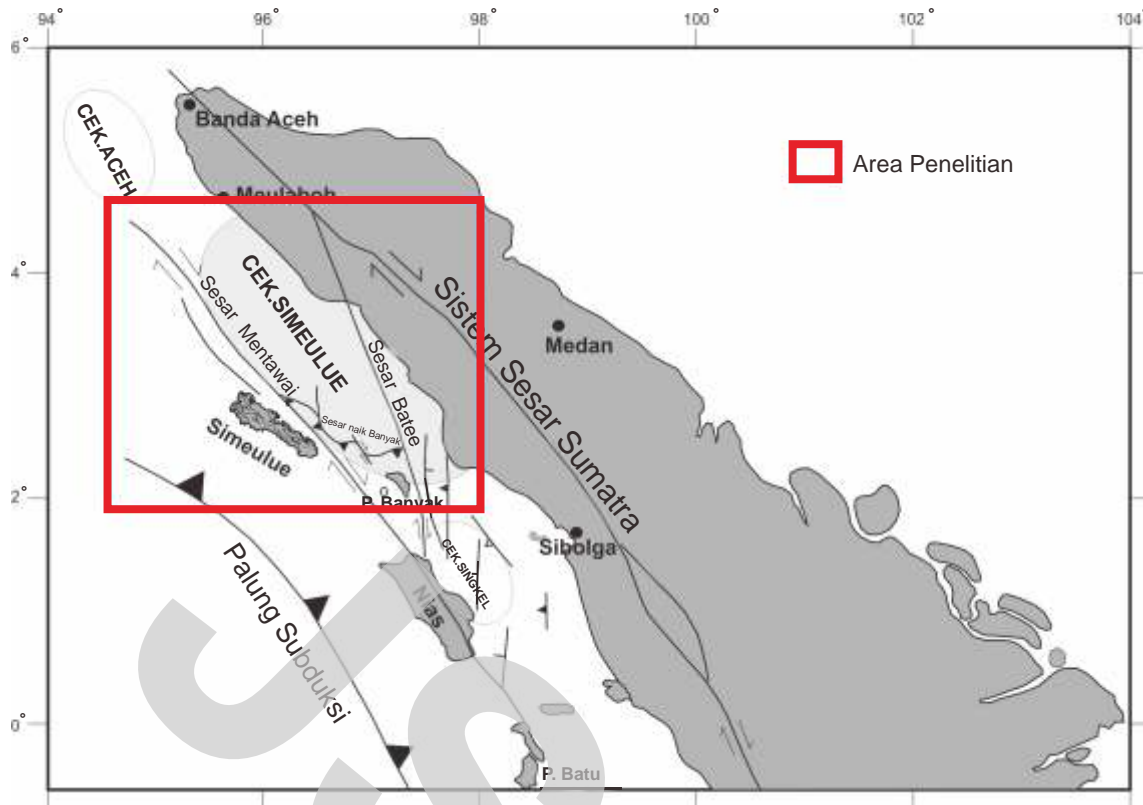
Data anomali gaya berat diperoleh melalui dua cara, yaitu anomali gaya berat di wilayah darat (*onshore*) yang merupakan kompilasi dari peta-peta anomali gaya berat yang diterbitkan oleh Pusat Survei Geologi/ Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi dengan skala 1:250.000 (Nainggolan dan Tasno, 2000; Lelitolu dr., 2000; Sjarif dr., 2000; Indragiri dan Setiadi, 2007; Mirnanda dr., 2007; Nasution dan Indragiri, 2007; Setiadi dan Mirnanda, 2007; Setiadi dan Nasution, 2007). Sementara data anomali gaya berat di perairan (*offshore*) diperoleh dari data anomali gaya berat bebas udara (*Free Air Anomaly*). Dari hasil kompilasi diperoleh peta anomali gaya berat dengan interval kontur 12.5 mgal. Variasi nilai anomali gaya berat yang terpampang merupakan cerminan dari perubahan ketebalan sedimen di dalam cekungan, kompensasi isostasi dari akar pegunungan atau deposentrum yang lebih tua, ataupun karena variasi litologi di daerah tertentu.

Tiga lintasan anomali gaya berat dibuat melintang barat laut – tenggara, tiga lintasan lainnya dibuat melintang barat daya - timur laut. Lintasan – lintasan tersebut dibuat saling berpotongan dengan tujuan untuk memperoleh bidang saling berhubungan dengan titik-titik pengontrol satu lintasan terhadap lintasan lainnya sebagai kerangka dasar untuk membangun geometri cekungan. Penampang anomali Bouger pada masing – masing lintasan diperoleh dengan mendigitasi nilai kontur di sepanjang lintasan. *Forward Modelling* menggunakan perangkat lunak (*software*) geofisika dilakukan terhadap keenam penampang untuk memperoleh profil geometri bawah permukaan. Metode ini menggunakan data anomali Bouger sebagai pengendali utama. Penampang seismik dari data BGR (BGR 135, BGR 136, BGR 137, dan BGR 139) digunakan pula sebagai panduan bagi penentuan bentuk geometri poligon dari kelompok-kelompok rapat massa batuan.

Dalam analisis dan pemodelan untuk membuat profil bawah permukaan, digunakan nilai rapat masa dari

Telford dr. (1990). Model gaya berat yang dihasilkan merupakan hasil susunan poligon-poligon dari kelompok-kelompok rapat massa batuan sebagai berikut :

1. Kelompok rapat massa 1.03 gr/cc adalah massa air laut di sekitar Pulau Simeulue perairan sekitarnya.
2. Kelompok rapat massa 3,07 gr/cc merupakan rapat massa dari mantel bagian atas.
3. Kelompok rapat massa 2,77 gr/cc merupakan rapat massa kelompok material yang menyusun kerak samudra (*basaltic layer*). Rapat massa ini diperoleh berdasarkan rata-rata rapat massa material penyusun kerak samudra secara umum, yang terdiri atas batu-batuan ultrabasa, batu-batuan malihan derajat tinggi, dan sedimen-sedimen pelagos.
4. Kelompok rapat massa 2,67 gr/cc adalah kelompok material penyusun kerak benua berupa batuan granitik.
5. Kompleks akresi yang tersusun atas percampuran batuan malihan, batuan vulkanik, sedimen halus, dan sedimen pelagos diberi harga rapat massa 2,60 gr/cc.
6. Nilai dari kelompok *outer arc ridge* dianggap sama dengan nilai rapat massa Pulau Simeulue, yaitu 2,50 gr/cc. Pulau ini tersusun atas bantuan malihan derajat rendah aneka bahan (filit, batusabak, metasedimen), baturijang, gabro, batugamping, konglomerat aneka bahan, batupasir, napal dan batulempung (Endharto dan Sukido, 1995).
7. Kelompok rapat massa 2,15 gr/cc diberikan untuk rata-rata batuan sedimen pengisi cekungan. Nilai rapat massa batuan sedimen umumnya adalah 2,20 gr/cc. Namun sedimen di cekungan muka busur umumnya banyak dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme yang bersifat menurunkan nilai rapat massa batuan (Setyanta dan Setiadi, 2007). Oleh karena itu, nilai 2,15 gr/cc dianggap lebih mewakili sifat pelamparan batuan sedimen dalam cekungan Simeulue.
8. Kelompok rapat massa 2,40 gr/cc diberikan untuk batuan penyusun Pulau Sumatra yang terdiri atas kerak granitik yang telah terfragmentasi, batuan malihan Pre-Tersier, batuan vulkanik, dan batuan sedimen.



Gambar 1. Struktur regional Pulau Sumatra dengan perkiraan pelamparan cekungan Simeulue (dimodifikasi dari Barber *et al.*, 2005).

Delineasi Cekungan dari Profil Gaya Berat

Bagian barat daya peta merupakan wilayah perairan yang didominasi oleh nilai anomali positif yang berkisar antara + 50 mgal hingga +280 mgal. Ke arah timur laut nilai anomali menunjukkan penurunan hingga mencapai -170 mgal. Tiga profil gaya berat yang dibuat dari lintasan tegak lurus terhadap arah jurus jalur anomali (lintasan GH, IJ, dan KL, Gambar 2) menunjukkan bahwa rata-rata nilai anomali positif tinggi dihasilkan oleh posisi Moho yang relatif dangkal di zona subduksi, di bawah fragmen kerak benua dan sedimen penutup tipis. Penurunan nilai gaya berat semakin besar ke arah timur laut seiring bertambahnya sudut dan kedalaman penunjaman, menebalnya kerak benua, dan menebalnya sedimen penutup di atasnya.

Tiga profil gaya berat lainnya dibuat sejajar dengan jalur subduksi (lintasan AB, CD, dan EF, Gambar 2). Tujuan profil tersebut adalah untuk memperoleh arah sumbu panjang cekungan busur muka. Nilai anomali pada ketiga lintasan umumnya berkisar antara +55 mgal hingga -20 mgal. Hasil pembuatan profil AB, CD, dan EF menunjukkan adanya perubahan

ketebalan kerak benua dan kedalaman Moho yang membesar seiring makin menjauhnya dari jalur tunjaman (*trench*) (Gambar 3). Namun demikian, ketebalan kerak relatif konstan di sepanjang profil itu sendiri, menandakan bahwa kerak tidak mengalami penipisan (*thinning*) atau penarikan (*stretching*) seperti umumnya terjadi pada daerah *rifting* di busur belakang. Dengan adanya fakta ini maka pembentukan cekungan di daerah busur muka Simeulue diperkirakan berasal dari gaya lepasan (*release tension*) sebagai pengaruh gaya-gaya regional yang bekerja di daerah ini.

Hasil pembuatan profil gaya berat dan peta ketebalan sedimen (Gambar 5) menunjukkan bahwa cekungan Simeulue memanjang dengan arah barat laut – tenggara, mencapai panjang maksimum 418 km, sedangkan lebar cekungan sebesar 140 km ke arah utara, dan menyempit ke arah selatan sebesar 110 – 115 km. Cekungan ini dibatasi pada bagian utaranya oleh tinggian Meulaboh (Gambar 2), yang memisahkan Cekungan Simeulue dengan Cekungan Aceh. Pada bagian selatan cekungan ini dibatasi oleh Sesar Banyak, yang menciptakan tinggian yang memisahkannya dengan Cekungan Singkel.

Penjelasan terperinci setiap profil yang dibuat adalah sebagai berikut :

Lintasan AB

Lintasan AB dibuat dengan arah barat laut – tenggara, sejajar sumbu panjang cekungan sedimen, dengan panjang total 418 km. Lintasan ini diapit oleh lintasan CD dan EF. Hasil pembuatan profil AB menunjukkan kedalaman Moho 35 km. Kerak benua pada lintasan AB menunjukkan ketebalan konstan sebesar 25 km. Di atas, kerak benua menunjukkan adanya perkembangan dua deposentrum yang dipisahkan oleh suatu tinggian antara jarak 226 – 322 km di sepanjang lintasan. deposentrum pertama, disebut sebagai D1, melampar sepanjang 250 km, dengan ketebalan rata-rata sedimen sebesar 5,1 km. deposentrum kedua, disebut sebagai D2 yang terbentuk sejauh 91 km, dengan ketebalan sedimen mencapai 7,9 km. Ketebalan sedimen pada D2 merupakan ketebalan sedimen terbesar di Cekungan Simeulue.

Lintasan CD

Lintasan CD yang relatif sejajar di sebelah barat dari lintasan AB, merupakan lintasan paling barat terhadap posisi jalur subduksi. Lintasan ini memiliki panjang 300 km, namun demikian lintasan ini hanya melingkupi jarak 202 km dari bagian deposentrum D1, sedangkan sisa lintasan ini melewati tinggian yang meluas di arah barat (Gambar 2 dan Gambar 3). Kedalaman Moho pada lintasan ini adalah 30 km, sedangkan kerak benua mencapai ketebalan sekitar 23 km. Ketebalan sedimen rata-rata dari D1 pada lintasan ini sebesar 3,8 km, dengan ketebalan maksimum mencapai 4,9 km.

Lintasan EF

Lintasan EF memiliki panjang total 306 km, berada paling timur dari ketiga lintasan yang sejajar dengan jalur subduksi. Pada lintasan ini Moho terletak pada kedalaman 45 km, dan ketebalan kerak benua hingga alas cekungan setebal 34 km. Pada lintasan ini tinggian yang memisahkan dua deposentrum hanya melampar sepanjang 12 km, membatasi deposentrum D1 sepanjang 175 km dan deposentrum D2 147 km. Makin ke timur pelamparan tinggian makin menyempit hingga akhirnya dua deposentrum bergabung menjadi satu (Gambar 2). deposentrum D1 pada lintasan ini memiliki ketebalan rata-rata sedimen sebesar 4,5

km, dengan ketebalan terbesar mencapai 5,9 km. deposentrum D2 memiliki rata-rata ketebalan 4,8 km, dengan ketebalan sedimen terbesar hingga 6,4 km.

Lintasan GH

Lintasan GH dibuat dengan arah barat daya – timur laut, dengan panjang total 213 km. Lintasan ini tegak lurus terhadap jalur penunjaman, sehingga profil lintasan ini dapat menggambarkan perubahan geometri bawah permukaan dari kompleks akresi hingga busur magmatik. Lintasan GH memotong hampir tegak lurus lintasan AB, CD, dan EF, dan merupakan lintasan yang dibuat paling selatan di daerah penelitian.

Profil lintasan GH menunjukkan adanya perubahan sudut penunjaman dari arah barat ke timur. Sudut penunjaman di bagian barat (mendekat ke arah *trench*) memiliki besar sudut penunjaman 16° hingga 20°. Ke arah timur (menjauhi *trench*) sudut penunjaman makin besar, dan mencapai sudut 27°.

Pada lintasan ini geometri cekungan sedimen pada sumbu barat daya – timur laut (sumbu pendek) memiliki lebar hingga 115 km. Sedimen menebal ke arah timur laut, dengan ketebalan terbesarnya mencapai 6,9 km. Diduga cekungan masih melampar hingga daratan. Ketebalan sedimen pada poligon Pulau Sumatra yang dilewati lintasan ini mencapai 23 km. Ketebalan yang relatif besar ini merupakan hasil kompensasi isostasi saat profil gaya berat melewati pegunungan.

Lintasan IJ

Lintasan IJ terletak di sebelah utara lintasan GH, dan memiliki panjang total 222 km. Pada lintasan ini sudut penunjaman lebih mendatar dibandingkan pada lintasan GH, yaitu 12° hingga 16° di bagian yang mendekati *trench*, dan mencapai 20° ke arah busur magmatik.

Geometri cekungan sedimen pada lintasan ini lebarnya mencapai 125 km, dengan ketebalan rata-rata sedimen sebesar 4,4 km. Bagian profil yang melewati pulau Sumatra pada lintasan ini menunjukkan ketebalan sedimen 6,5 km. Tebal sedimen Pulau Sumatra yang jauh lebih tipis dibandingkan terhadap profil GH ini disebabkan tidak terpengaruhnya profil oleh kompensasi isostasi, karena profil tidak melewati akar pegunungan.

Lintasan KL

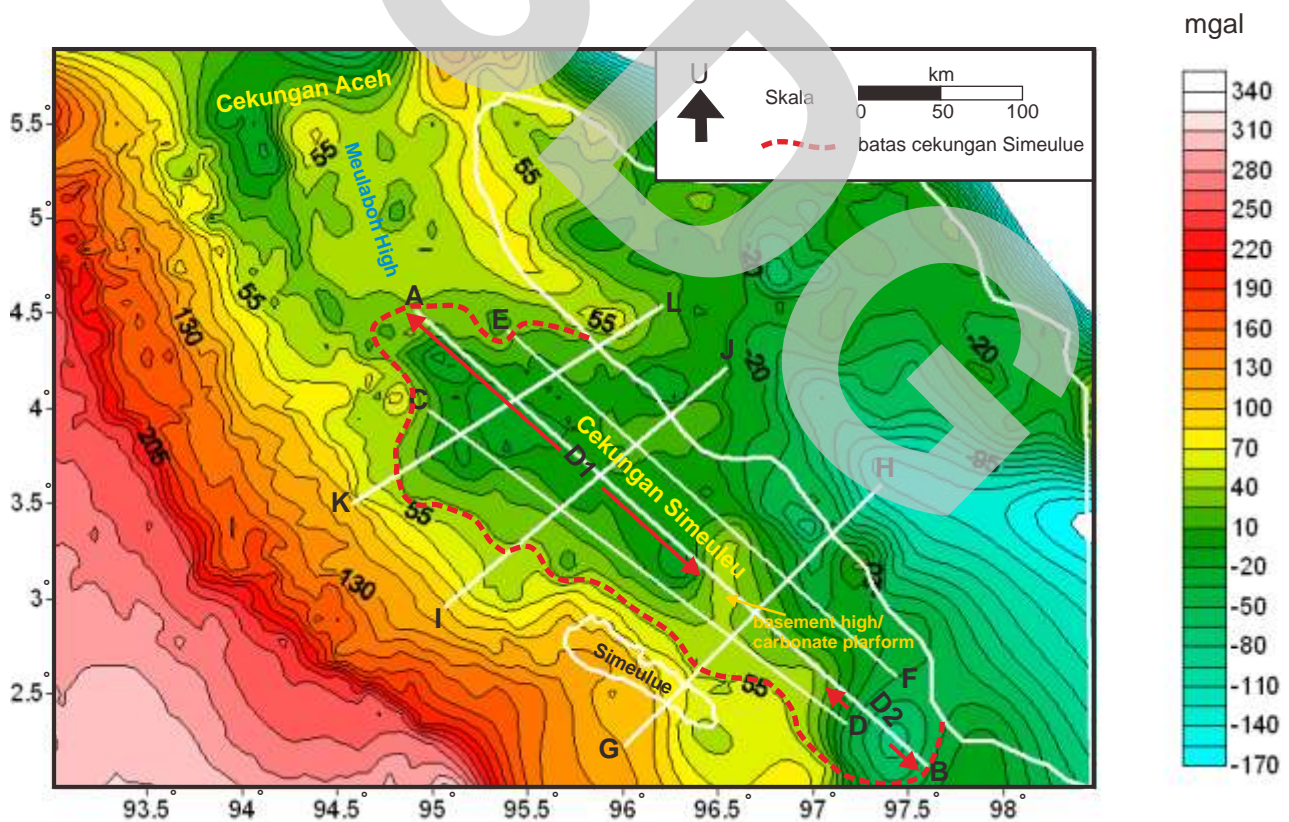
Lintasan KL berada paling utara di area penelitian, dengan panjang total 220 km. Lintasan ini memperlihatkan bahwa geometri cekungan makin melebar ke arah utara, mencapai 140 km. Ketebalan maksimum sedimen yang terlintasi mencapai 5,3 km, menipis ke arah daratan Pulau Sumatra. Profil bagian Pulau Sumatra yang dilewati oleh lintasan KL hanya memiliki ketebalan sedimen sebesar 1,5 – 3 km. Tipisnya sedimen yang terbentuk di bagian utara ini diduga karena erosi yang lebih intensif, sebagai akibat lebih terangkatnya bagian utara Pulau Sumatra saat fase kompresional berlangsung di daerah ini.

Geometri subduksi pada lintasan paling utara ini juga memperlihatkan makin mendangkal, dengan sudut penunjaman 12° hingga 15° .

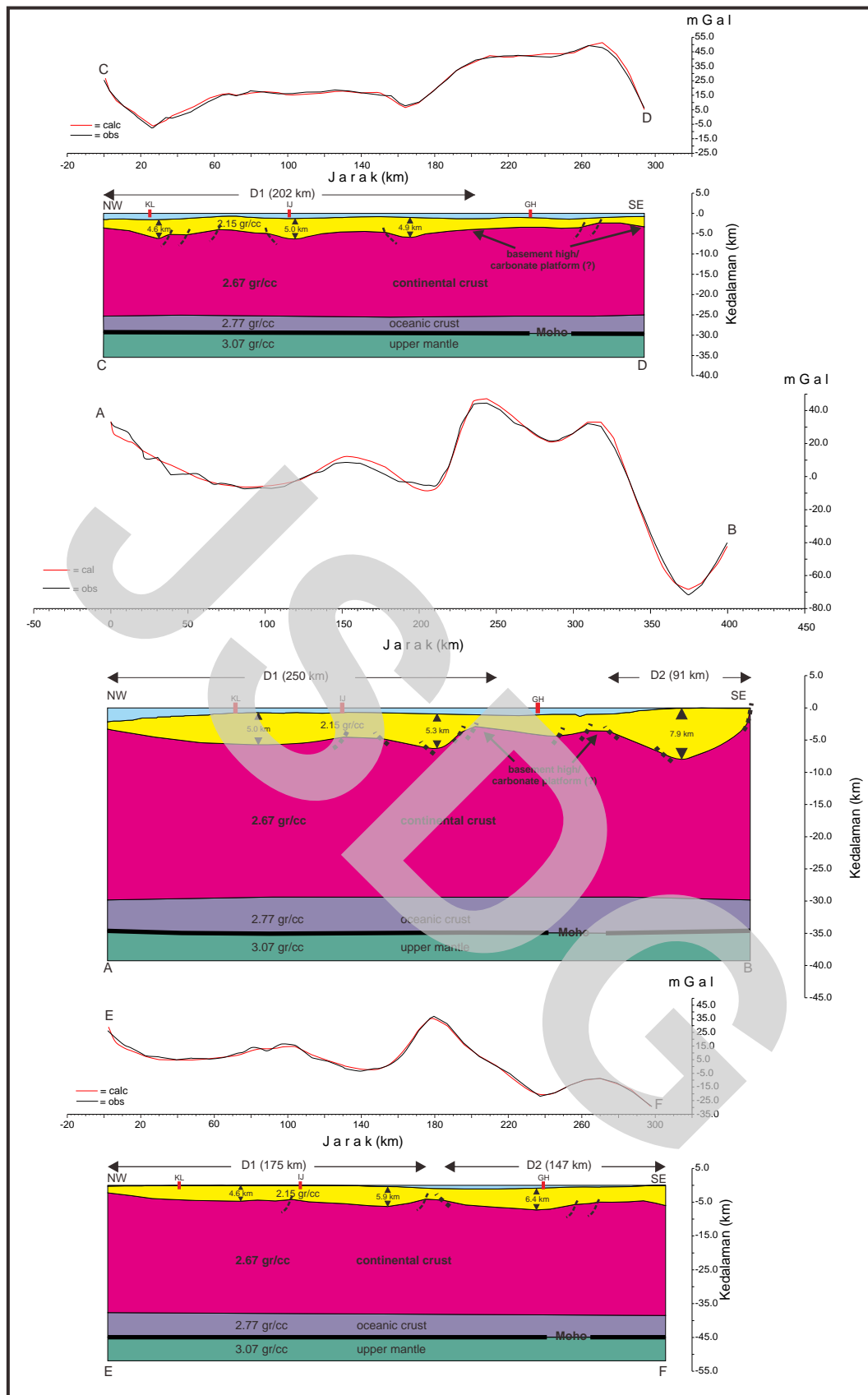
Kesimpulan

Cekungan Simeulue merupakan cekungan busur muka yang memiliki geometri cukup besar. Cekungan ini memiliki sumbu panjang maksimum mencapai 418 km dan sumbu lebar maksimum 140 km. Geometri cekungan ini melebar ke arah utara (140 km) dan menyempit ke arah selatan (115 km). Tinggian yang terbentuk dengan arah timur laut – barat daya di depan Pulau Simeulue telah menyebabkan terbentuknya dua deposentrum dalam cekungan ini. deposentrum D1 memiliki sumbu panjang maksimum 250 km, sumbu lebar maksimum 140 km dan ketebalan sedimen terbesar 5,9 km. deposentrum D2 memiliki sumbu panjang maksimum 91 km, sumbu lebar maksimum 60 km, dan ketebalan sedimen terbesar 7,9 km.

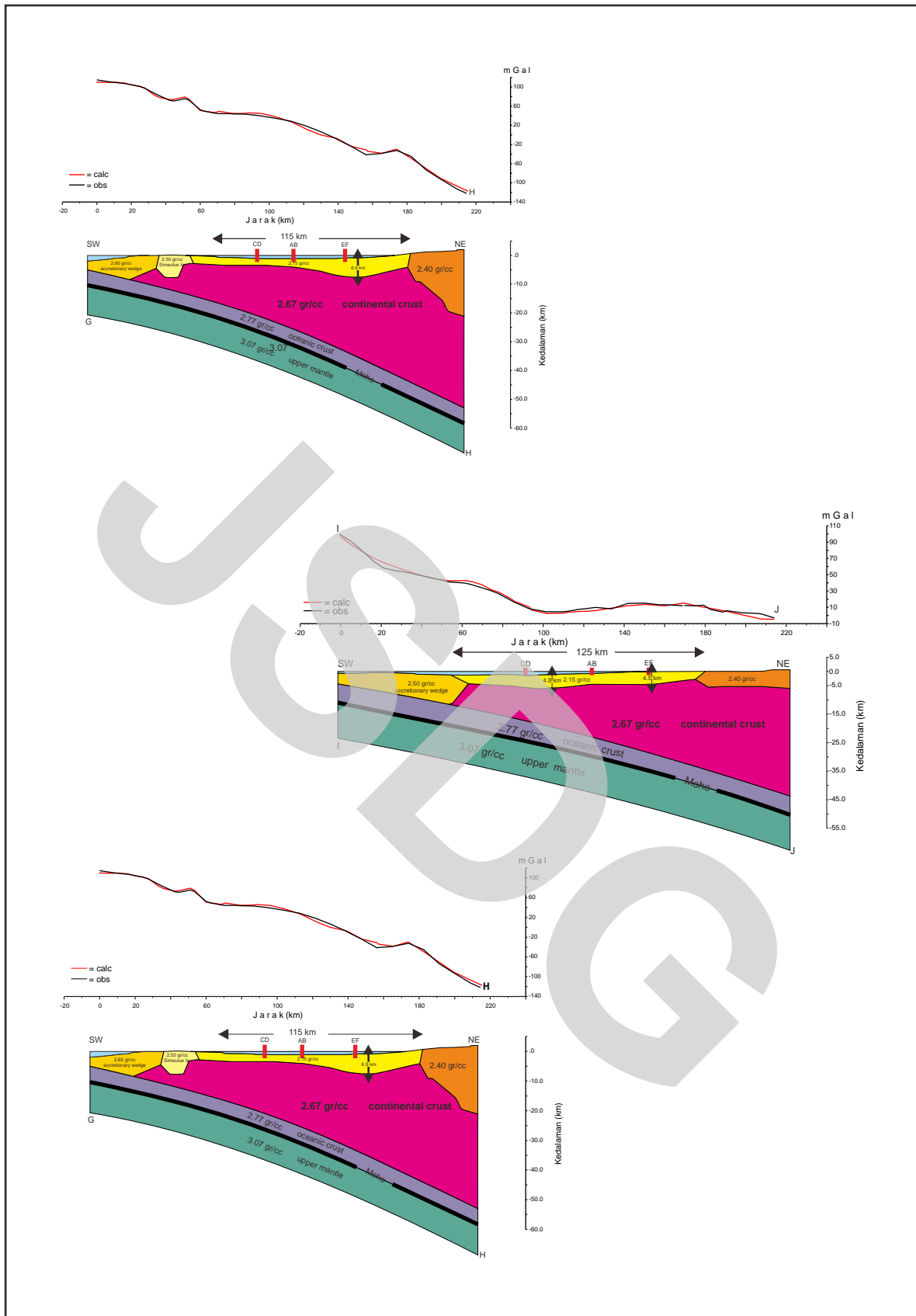
Penelitian yang lebih terperinci mengenai potensi cekungan perlu dilakukan, bukan hanya pada bagian utara cekungan yang menjadi bagian D1, tetapi juga pada deposentrum D2 yang lebih kecil dengan tebal sedimen yang paling besar.



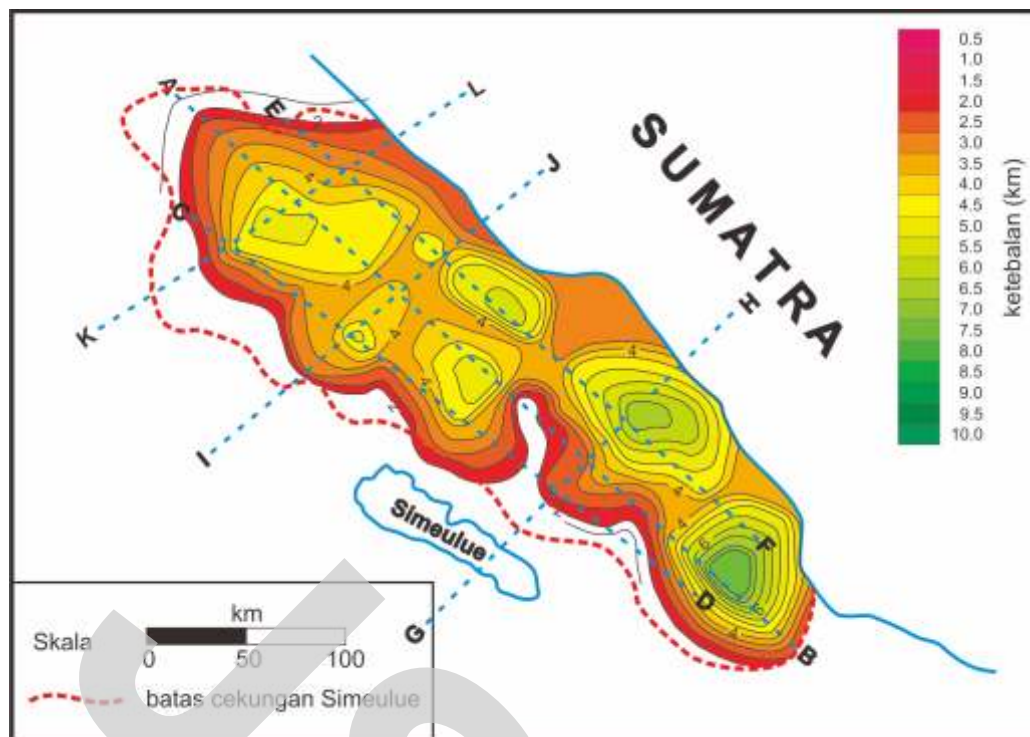
Gambar 2. Peta anomali gaya berat daerah Simeulue dan sekitarnya (Sumber : kumpulan peta anomali gaya berat terbitan P3G/ PSG periode 2000 – 2007 dan *Free Air Gravity*).



Gambar 3. Profil geometri bawah permukaan dari hasil pemodelan pada lintasan-lintasan gaya berat AB, CD, dan EF (lokasi lintasan dari barat ke timur pada gambar 2).



Gambar 4. Profil geometri bawah permukaan dari hasil pemodelan pada lintasan-lintasan gaya berat GH, IJ dan KL (lokasi lintasan dari utara ke selatan pada gambar 2).



Gambar 5. Peta pola penyebaran ketebalan sedimen dalam cekungan Simeulue.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian yang kami lakukan. Penulis juga berterima kasih pada tim geofisika Pusat Survei Geologi yang telah menyediakan data gaya berat

yang digunakan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih ditujukan pula untuk tim penelitian cekungan Simeulue dari Lemigas yang telah banyak membantu dalam penyediaan data pendukung serta dalam diskusi mengenai Cekungan Simeulue.

Acuan

- Barber, A.J., Crow, M.J., Milsom, J.S. (ed.), 2005. *Sumatra, Geology, Resources, and Tectonic Evolution. Geological Society Memoir No. 31*, Geological Society, London.
- Syam Beiruny, Permana Wahyu, Perdana Aulia, Tiggi Choanji, 2007. *The petroleum system of Sibolga basin based on correlation seismic and well log data*, Proceedings of Indonesian Petroleum Association Annual Convention. Thirty-First Annual Convention and Exhibition, May 2007
- BGR Research Team, 2006. *Geo-Risk Potential Along The Active Convergence Zone Between The Eastern Eurasian and Indo Australian Plates of Indonesia*, Cruise Report Sonne Cruise SO-186-2 SeaCause II, Unpublished Report.
- Endharto, M. dan Sukido, 1995. *Peta Geologi lembar Sinabang, Sumatra. Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Indragiri, N.M., Setiadi, I., 2007. *Peta Anomali Bouger Lembar Calang, Sumatra. Skala 1:250.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung
- Lelitolu, D., Ermawan, T., Buyung, N., 2000. *Peta Anomali Bouger Lembar Pematangsiantar, Sumatra. Skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung

- Mirnanda, E., Hayat, D.Z., Setiadi, I., Indragiri, N.M., 2007. *Peta Anomali Bouger Lembar Takengon, Sumatra. Skala 1 : 250.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung
- Nainggolan, D.A., Tasno, D.P., 2000. *Peta Anomali Bouger Lembar Sidikalang, Sumatra, Pusat Survei Geologi. Skala 1 : 250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung
- Nasution, J., Indragiri, N.M., 2007. *Peta Anomali Bouger Lembar Tapaktuan, Sumatra. Skala 1 : 250.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Rose Robert, 1983. Miocene carbonate rocks of Sibolga basin northwest Sumatra, *Proceeding Indonesian Petroleum Association Annual Convention. Twelfth Annual Convention, June 1983*, p. 107-125
- Setiadi, I., Mirnanda, E., 2007. *Peta Anomali Bouger Lembar Langsa, Sumatra. Skala 1 : 250.000* Pusat Survei Geologi, Bandung
- Setiadi, I., Nasution, J., 2007. *Peta Anomali Bouger Lembar Sinabang, Sumatra. Skala 1:250.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung
- Setyanta, B., Setiadi, I., 2007. Anomali Gaya Berat dan Tataan Tektonik Sekitar Perairan Laut Banda dan Pulau Seram, *Jurnal Sumber Daya Geologi Vol. XVII No. 6*, Pusat Survei Geologi, Bandung
- Sjarif, N., Tasno, D.P., Manurung, A., Widijono, B.S., Mirnanda, E., 2000. *Peta Anomali Bouger Lembar Medan, Sumatra. Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics (2nd Edition)*, Cambridge University Press, London